

## Interferómetro de Mach-Zehnder 1014617

### Instrucciones de uso

07/15 ALF



### 1. Advertencias de seguridad

El interferómetro se debe poner en funcionamiento con un Láser de He-Ne de clase 2. Un vistazo directo en el rayo del Láser puede conducir a quemaduras en la retina y es necesario evitarlo.

- ¡Las prescripciones de seguridad que acompañan al Láser se deben seguir estrictamente!

En el divisor de rayo rotulado con (4) la luz del láser se refleja no solamente en los dos espejos (9) sino también hacia abajo (con referencia a la Fig. 1). Además, dependiendo del montaje experimental, la luz del láser puede salir también como rayo a partir del segundo divisor de rayo, el cual alcanza a sobrepasar la región de la placa base.

- Para proteger al experimentador, se colocan pantallas opacas a la luz, dependiendo de las condiciones del espacio de trabajo.
- El interferómetro se monta sobre una mesa

estable o en otro lugar apropiado, de tal forma que no se pueda caer y que debido a su peso pueda herir a alguna persona.

Los botones soporte (6) sirven para elevar el interferómetro y así poder agarrar con seguridad por debajo de la placa base.

La presión máxima permitida en la célula de vacío (11) es de 200 kPa (2 bar) correspondiendo a 100 kPa (1 bar) de sobrepresión.

- En caso de daños en el vidrio de la célula, como ralladuras o fisuras, es necesario poner la célula inmediatamente fuera de servicio y dejarla reparar.
- Al experimentar con sobrepresión es necesario estar seguro de que ninguna persona se encuentre en la sección de sobrepresión de la célula, en caso dado se deben utilizar gafas de protección.

## 2. Volumen de suministro

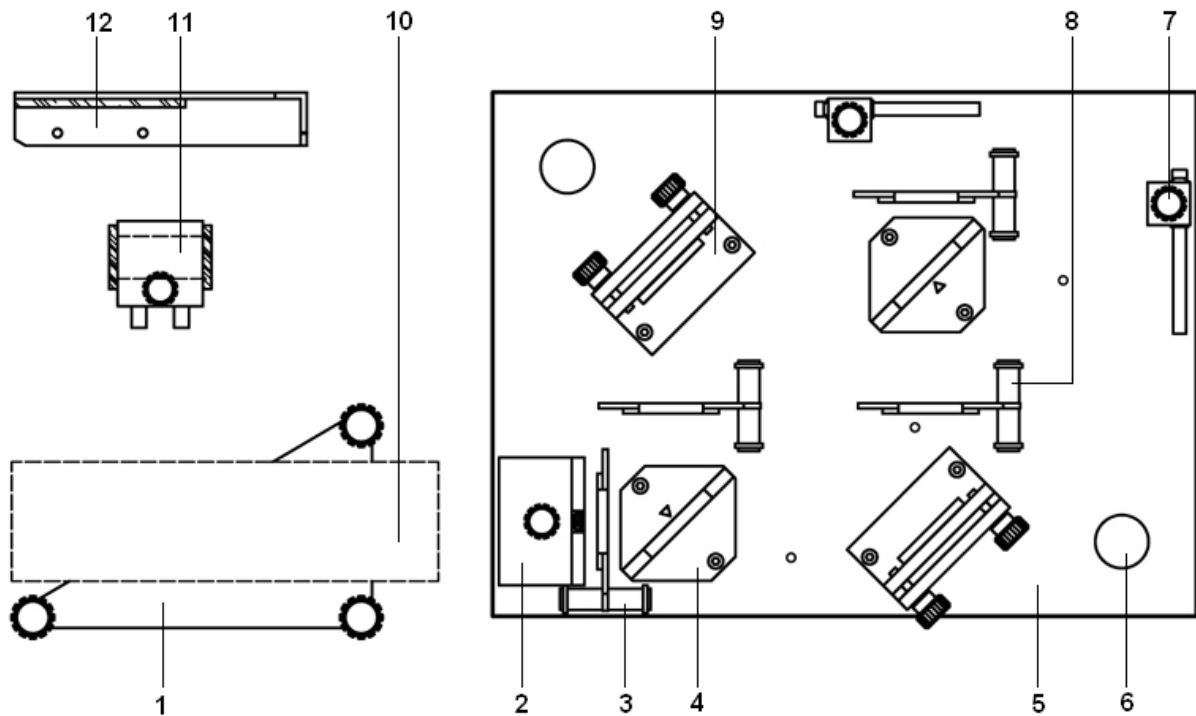


Fig. 1 Volumen de suministro y eventualmente componentes adicionales requeridas

- 1 Portador del láser
- 2 Lente de ensanchamiento
- 3 Filtro de polarización, Lámina (2x)
- 4 Divisor de rayo (2x)
- 5 Placa base
- 6 Botón portador
- 7 Pantalla (2x)
- 8 Filtro de polarización, Vidrio (2x)
- 9 Espejo plano ajustable (2x)
- 10 Láser (no hace parte del volumen de suministro)
- 11 Célula de vacío (en el juego adicional de aparatos 1002652)
- 12 Placa de vidrio sobre soporte (en el juego adicional de aparatos 1002652)

No representado en la gráfica:

- 13 Recipiente de plástico robusto
- 14 Destornillador hexagonal
- 15 Herramienta de ajuste para los divisores de rayo
- 16 Instrucciones de uso

### 3. Descripción

El interferómetro de Mach-Zehnder es un desarrollo ulterior y más elaborado que el interferómetro de Jamin. El interferómetro de Mach-Zehnder fue presentado por Ludwig Zehnder en 1891, casi al mismo tiempo e independientemente fue también desarrollado por Ludwig Mach, pero éste último sólo lo mencionó en 1892.

Un rayo de luz incidente es dividido en dos rayos parciales, por medio de un divisor de rayo, los cuales llegan a un segundo divisor de rayo pasando por caminos ópticos diferentes, donde se vuelven a superponer y debido a los caminos ópticos se genera una interferencia (destruccion o constructiva).

Teniendo una longitud de onda conocida, el interferómetro de Mach-Zehnder se puede usar para la medición de distancias muy cortas, lo cual, entre otras cosas, es muy importante para la comprobación de la calidad de la superficie de componentes ópticas.

Con el interferómetro de Mach Zehnder se pueden realizar, entre otros, los siguientes experimentos:

1. Estudio del cambio de la dirección de polarización en el divisor de rayo y en la superficie del espejo plano
2. Estudio de la calidad de la superficie de componentes ópticas (cualitativa, no cuantitativamente) \*
3. Determinación del índice de refracción del aire \*\*
4. Experimento de analogía para el borrador cuántico ("Analogía" porque el experimento descrito no se realiza con fotones aislados.)
5. Interferencia de luz blanca \*\*\*

\* Con el juego complementario para el interferómetro (1002652)

\*\* Con el juego complementario para el interferómetro (1002652) y una bomba manual de vacío (1012856)

\*\*\* Con lámpara óptica con diafragma de orificio (1017284)

Gracias a las posiciones prescritas para las componentes sobre la placa base, es posible una modificación rápida de los montajes para la realización de los diferentes experimentos.

El juego de aparatos „Interferómetro de Mach Zehnder" se compone de: Dos divisores de rayo, dos espejos planos, dos pantallas de observación y cuatro filtros de polarización. Las componentes ópticas de alta calidad se colocan sobre una placa base pesada y libre de torsiones que garantiza mediciones precisas y

reproducibles. Las componentes ópticas grandes hacen posible la proyección clara y nítida de patrones de interferencia, los cuales pueden ser observados con luz clara, porque las dos pantallas de proyección reflejantes se pueden variar en su inclinación. Es posible el cambio rápido de los montajes de los diferentes experimentos y por lo tanto se garantiza un tiempo de preparación experimental extremadamente corto.

Inclusive caja de plástico estable para el almacenamiento del interferómetro montado y ajustado, así como placa portadora para el láser.

### 4. Datos técnicos

#### Divisores de rayo:

Diámetro:	40 mm
Planidad:	$\lambda/10$ (Parte delantera), $\lambda/4$ (Reverso)

#### Espejos planos:

Dimensiones:	40x40 mm <sup>2</sup>
Planidad:	$<\lambda/2$

#### Filtros de polarización:

Diámetro:	30 mm
Alcance de orientación:	$\pm 105^\circ$
Material:	Vidrio (2x), Lámina (2x)
Divisiones angulares:	3°, 15°

#### Placa base:

Masa:	5,5 kg
Dimensiones:	245x330x25 mm <sup>3</sup>

### 5. Manejo

#### 5.1 Montaje del láser

- Se monta el láser sobre el portador del láser.

Como el portador del láser está diseñado para diferentes tamaños de láser, este lleva tres orificios para tornillos avellanados (M5 ó M6), de los cuales normalmente se necesita sólo uno. El orificio correcto para el correspondiente láser depende del centro de gravedad del láser y de las posibilidades de fijación. Independientemente del montaje, el centro de gravedad del láser se debe encontrar aproximadamente por encima del orificio central.

La altura necesaria del rayo láser por encima de la placa de trabajo es de 60 a 62 mm. Cuando el alcance de ajuste de los tornillos moleteados no es suficiente, se debe montar un anillo distanciador apropiado, o algo similar, debajo del láser.

La longitud del tornillo de fijación se debe seleccionar así que la carcasa del láser, resp. partes internas no sean destruidas.

- Para ello, es conveniente primero determinar la máxima profundidad posible del tornillo en el alojamiento del láser y luego se selecciona el tornillo apropiado, cuya rosca salga aprox. 2 mm menos que el portador del láser (se entregan, un tornillo y una tuerca cuadrada, que pasan en las ranuras más corrientes).

## 5.2 Divisor de rayo

El vidrio del divisor de rayo es antirreflejante de un lado y al otro lado lleva un recubrimiento transparente en un 50%, el cual se encuentra señalado con un triángulo; se puede también observar en los montajes experimentales dibujados.

## 5.3 Montaje, Ajustes básicos

El montaje de las componentes sobre la placa base se observa en la Fig. 1. En la siguiente descripción del montaje se da por entendido que todos los ajustes básicos se deben realizar.

- 1. Se hace un atornillado flojo del divisor de rayo (se tiene en cuenta  $\nabla$ ), se coloca encima la herramienta de montaje y se afianza con tornillos (observe la. Fig. 2). Los espejos ahora se podrán dejar desplazar muy poco conjuntamente sobre la placa base. Al apretar los tornillos de los espejos se controla que no se cree una ranura entre el portador del espejo y la herramienta. Se retira la herramienta.



Fig. 2 Herramienta de montaje para el divisor de rayo

- 2. En ambos espejos planos, se ajusta la ranura entre el portaespejo y la pared trasera del espejo a 4 mm a lo largo de todo el borde (ver Fig. 3).
- Como ayuda para el ajuste se pueden utilizar 2 monedas, cada una de 10 cent de Euro superpuestas. Se atornillan los espejos en la placa base, sin apretar. Al apretar los tornillos, los espejos se presionan hacia afuera, de tal forma que el juego en los

orificios no conduzca a un torcimiento de los espejos relativo a los divisores de rayo.



Fig. 3 Ajuste básico de los espejos planos

- 3. Se montan las pantallas.
- 4. Se atornilla la lente sin apretar y se orienta paralelamente a la placa base.
- 5. Se conecta el láser y se orienta hacia la lente y hacia a la placa base de tal forma que en el centro de cada una de las pantallas se observe un punto de luz.
- 6. Se gira la lente en aprox.  $90^\circ$  en sentido contrario a las manecillas del reloj sacándola del paso de los rayos.

Sobre cada una de las pantallas se observan ahora 2 puntos claros y además otros puntos de luz más débiles (en caso de un ajuste óptimo fortuito se observará sólo un punto claro).

- Los dos puntos claros se hacen coincidir girando los tornillos moleteados en los espejos planos.

En caso de una coincidencia se observará posiblemente un parpadeo (interferencia).

- Se gira nuevamente hacia el paso de los rayos.

Con un poco de suerte ya se pueden observar bandas de interferencia. En caso contrario entonces se escanea en la siguiente forma:

- En un espejo se gira lentamente el tornillo moleteado inferior en  $+90^\circ$ , se retorna, lentamente se lleva a  $-90^\circ$  y se retorna nuevamente a  $0^\circ$ .
- Si tampoco aparecen bandas de interferencia, entonces se le da vuelta al tornillo moleteado superior en max.  $+30^\circ$  (= a la distancia de 2 pasos de rosca del tornillo moleteado) y el tornillo inferior se vuelve a girar lentamente en  $\pm 90^\circ$ . Este procedimiento se repite con  $-30^\circ$ ,  $+60^\circ$  y  $-60^\circ$  del tornillo moleteado superior, este procedimiento de escaneo se suspende cuando aparezcan las bandas de interferencia. En caso contrario se vuelve a iniciar con el montaje de los divisores de rayo.
- Después de la aparición de las bandas de interferencia los tornillos moleteados se giran

muy lentamente, las bandas se hacen más y más anchas y al final se logra llegar al centro del patrón de interferencia.

Como con este procedimiento los caminos de los rayos son casi iguales, en el centro del patrón de interferencia se observa una mancha grande clara resp. una oscura, además se observa que las manchas de las dos pantallas son complementarias entre sí.

7. Para observar un patrón de interferencia “bello”, con muchos anillos, los caminos de los rayos deben tener diferentes longitudes.

- Para ello, a los 3 tornillos del espejo plano trasero se le da a cada uno 1,5 vueltas hacia adentro (= camino óptico más largo) y a los 3 tornillos del espejo plano delantero se le da a cada uno 1,5 hacia afuera (= camino óptico más corto).
- 8. La lente de ensanchamiento se saca del camino del rayo.

La interferencia ahora no tiene lugar en la superposición de los dos puntos claros sino a una distancia de 6 a 7 mm, quedando el punto del espejo anterior en la pantalla trasera a la izquierda (en la pantalla de la derecha se encuentra a la derecha).

- Para encontrar el patrón de interferencia se procede nuevamente a escanear como se indica en el punto 6.

En esta forma se cierra el ajuste básico.

**Alternativa 1:** La longitud de los caminos ópticos se puede variar empleando la célula de vacío (Posición según la Fig. 7). Los pasos 7. y 8. de la instrucción de ajuste de arriba no son entonces necesarios.

**Alternativa 2:** Después de realizar los pasos de ajuste de 1. hasta 5., se puede montar de nuevo la lente de ensanchamiento en el punto de salida del rayo. Si es necesario se vuelve a ajustar el láser hasta que en la pantalla de la derecha aparezcan de 1 a 2 manchas de luz. Las manchas de luz se pueden hacer interferir fácilmente cambiando la posición de los tornillos moleteados de los espejos planos. Pero un patrón de anillos no se puede lograr con este montaje.

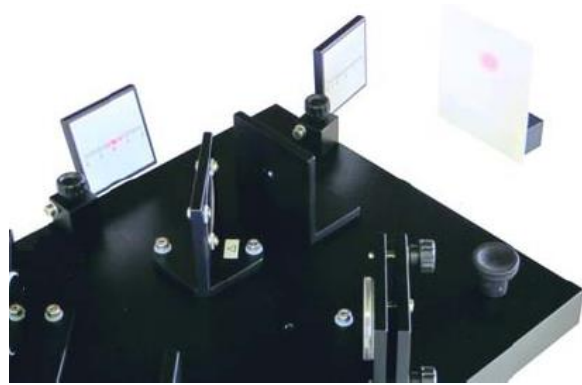


Fig. 4 Alternativa 2

#### 5.4 Limpieza de las componentes ópticas

- Los espejos planos, los filtros de polarización de vidrio, la lente de ensanchamiento y los discos de la célula de vacío se pueden limpiar, frotando suavemente, con un trapo suave si es posible embebido de etanol (alcohol etílico).
- ¡Nunca rallar con presión! Mejor es trabajar con mucho etanol y poca fuerza.
- La placa de vidrio en el soporte (12) se limpia sólo en seco (en su caso, soplar sobre ella), de lo contrario la banda adhesiva se puede despegar.
- Los filtros de polarización de lámina sólo se soplan.

## 6. Ejemplos experimentales

### 6.1 Experimentos de polarización

Estos experimentos previos pueden ser omitidos, sin embargo ellos son útiles para la interpretación de efectos inesperados en los experimentos propios de interferencia con filtros de polarización.

#### Polarización del Láser utilizado

Cuando se utiliza un Láser con dirección de polarización indicada (normalmente horizontal o vertical), entonces las condiciones están claras. Sin embargo frecuentemente la dirección de polarización se indica con „random” (aleatoria) lo cual indica que no está definida claramente. Se pueden diferenciar los siguientes casos:

1. El Láser tiene exactamente una dirección de polarización, pero no se ha considerado en el momento del montaje (Diodos láser tienen siempre un solo plano de polarización).
2. El Láser tiene dos direcciones de polarización, las cuales normalmente son ortogonales entre sí, pero no son emitidas en el tiempo con intensidad constante.

3. El Láser tiene más de dos direcciones de polarización. Pero esto aparece sólo con tubos de Láser de muy larga longitud, los cuales ya no caen en la clase 2 de láseres.

La determinación de la dirección de polarización del láser utilizado es sencillamente posible con uno de los dos filtros de polarización de vidrio, compare el montaje de experimentación de la Fig. 7, pero sin la placa de vidrio y sólo con un filtro de polarización. Se determina el ángulo para el cual se observa el máximo oscurecimiento. Para ese ángulo el plano de polarización se encuentra girado en  $90^\circ$ .

Recomendable es un Láser de He-Ne o un diodo-láser bien estabilizado, porque los diodos láser sencillos emiten longitudes de onda un poco diferentes en dependencia con la temperatura y estas pueden ser emitidas al mismo tiempo, lo cual puede conducir a que no se pueden observar patrones de interferencia bien definidos (Sugerencia: Un calentamiento suave con la palma de la mano puede ayudar).

#### **Polarización de la luz en la reflexión en el divisor de rayo**

- Se monta el experimento según la Fig. 5.
- En las posiciones 1 y 2 se colocan los filtros de polarización de vidrio y en la posición 4 la lente de ensanchamiento, aquí sólo interrumpe el paso del rayo.
- Se ajusta en el primer filtro de polarización el ángulo  $\alpha$  del rayo incidente.
- El filtro de polarización detrás del divisor de rayo se gira ahora hasta que el punto luminoso sobre la pantalla muestre una claridad mínima. Se anota el ángulo correspondiente  $\gamma$ .

La dirección de polarización principal de la luz reflejada  $\beta$  está rotada con respecto a  $\gamma$  en  $90^\circ$ .

Resultados de experimentación típicos se encuentran recopilados en la siguiente tabla:

Ángulo de polarización $\alpha$ , Entrada	Ángulo de polarización $\gamma$ , Salida, oscuro	Ángulo de polarización $\beta$ , Salida = $\gamma - 90^\circ$
$0^\circ$	$90^\circ$	$0^\circ$
$15^\circ$	$81^\circ$	$-9^\circ$
$30^\circ$	$69^\circ$	$-21^\circ$
$45^\circ$	$57^\circ$	$-33^\circ$
$60^\circ$	$39^\circ$	$-51^\circ$
$75^\circ$	$18^\circ$	$-72^\circ$
$90^\circ$	$0^\circ$	$-90^\circ$

#### **Polarización de la luz al paso a través del divisor de rayo**

- Se llevan los dos divisores de rayo de vidrio a las posiciones 1 y 3 de acuerdo con la Fig. 5 y para interrumpir el camino óptico superior, la lente de ensanchamiento a la posición 2.

#### **Polarización de la luz en la reflexión en el espejo**

- Para este experimento se colocan los divisores de rayo en las posiciones 3 y 4. La lente de ensanchamiento permanece en la posición 2.

Los resultados de medida de los 3 experimentos se encuentran recopilados en la Fig. 6. Es de reconocer que en la reflexión la componente horizontal experimenta una rotación especular, mientras la componente vertical permanece invariante. La curvatura de ambas curvas del divisor de rayo se puede interpretar como una débil actividad óptica.

#### **Doble refracción en la banda adhesiva transparente**

Además, es posible con este montaje un experimento interesante referente a la doble refracción, cuando se tiene a disposición la „placa de vidrio en soporte” que forma parte del juego de aparatos complementarios. El montaje experimental se muestra en la Fig. 7.

- Los dos filtros de polarización se ajustan en las posiciones  $+45^\circ$  y  $-45^\circ$  así que sin placa de vidrio prácticamente no llega ninguna luz a la pantalla de observación.

Cuando ahora se desliza en el rayo la placa de vidrio con la cinta adhesiva, aparece entonces una mancha de luz en la pantalla. Con combinación de ángulo de  $90^\circ$ , en el primer divisor de rayo y  $0^\circ$  en el segundo, la pantalla permanece oscura también con la banda adhesiva en el rayo (combinación de ángulos perpendiculares entre si, con una tolerancia de  $\pm 10^\circ$  debido a la banda adhesiva).

La doble refracción en la banda adhesiva se lleva a efecto de la siguiente manera: Durante la producción el material portador se estira fuertemente en una dirección, por lo tanto las cadenas de hidrocarburos se alargan y se orientan en esa dirección. Por eso el índice de refracción es diferente, dependiendo de si el vector E de la onda de luz oscila paralela o verticalmente a la dirección de alargamiento.

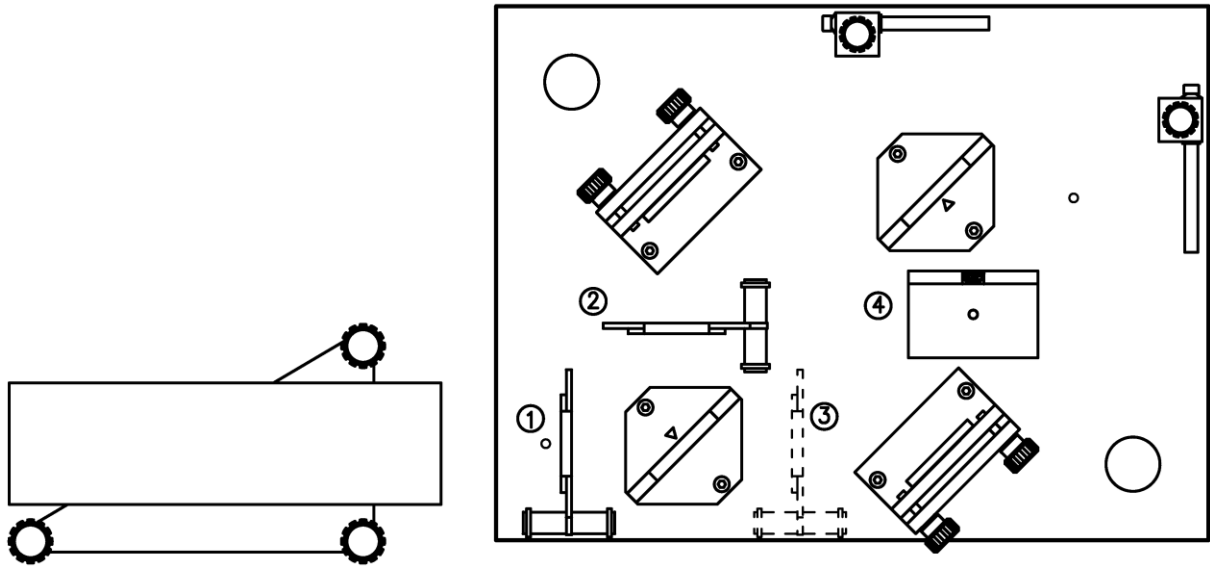


Fig. 5 Montaje experimental para los estudios de polarización. La lente de ensanchamiento sirve aquí sólo para la interrupción del camino del rayo

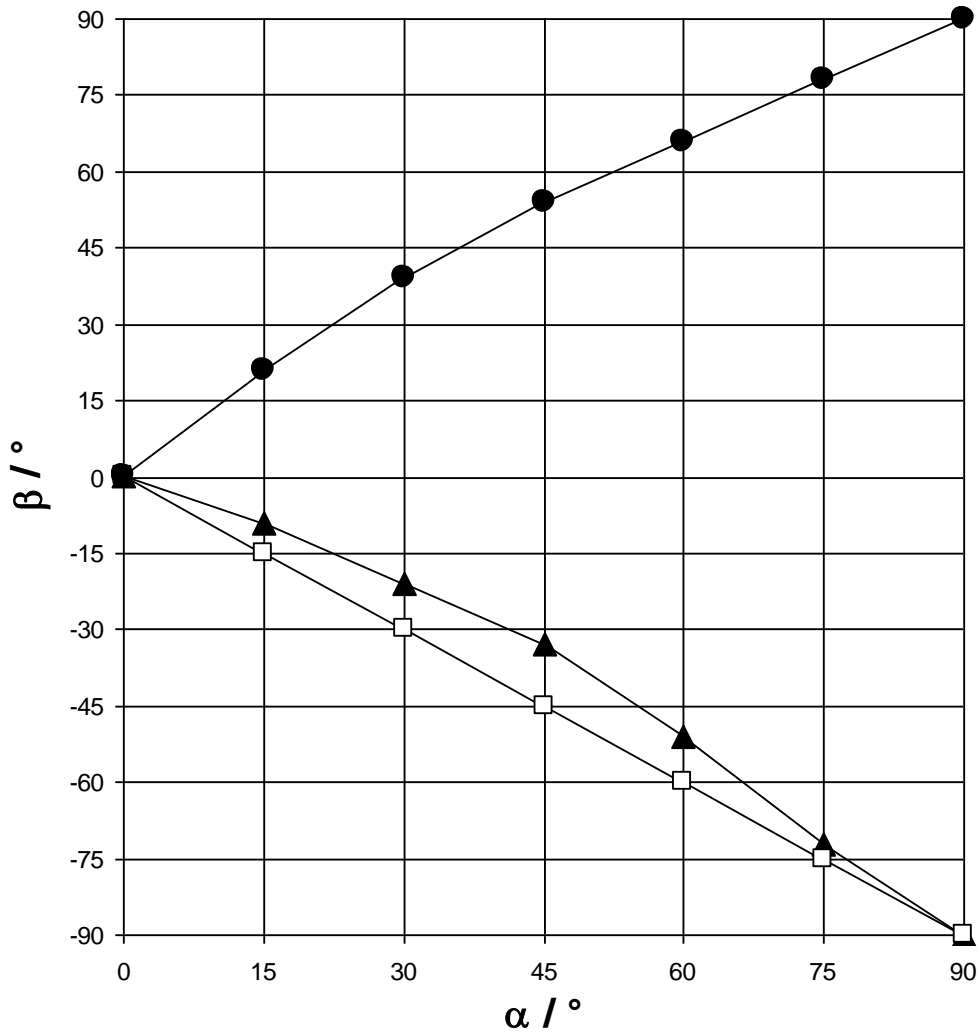


Fig. 6 Resultados de los experimentos de polarización. Círculos = Paso a través del divisor de rayo, Triángulos = Reflexión en el divisor de rayo, Cuadrados abiertos = Reflexión en el espejo plano

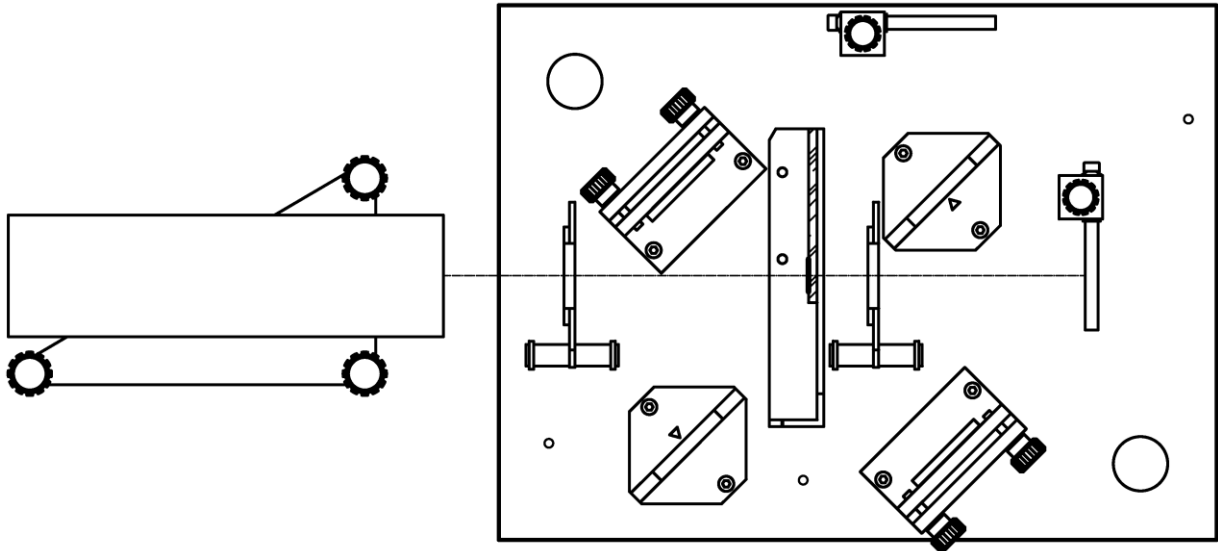


Fig. 7 Montaje experimental para el estudio de la doble refracción en la banda adhesiva transparente

## 6.2 Calidad de la superficie de componentes ópticas

Con este experimento se puede calificar cualitativamente la calidad de la superficie de componentes ópticas. Normalmente se realizan estas mediciones con un interferómetro de Twyman-Green, en el cual el rayo de luz de un Láser se ensancha y se hace paralelo. Para el entendimiento cualitativo del principio de funcionamiento se puede también utilizar un rayo de luz ensanchado y no necesariamente paralelo sino divergente.

Como ejemplo de una superficie óptica de mala calidad se utiliza una película delgada adhesiva transparente, la cual está adherida a una placa de vidrio, que al observar a través de ella aparentemente es homogénea.

- Se monta el experimento de acuerdo con la Fig. 8.
- Después de que se han realizado los ajustes básicos, según el apartado, 5 y se puedan observar anillos de interferencia en el centro de las pantallas, se desliza la placa de vidrio con soporte en el rayo parcial de la derecha.

Cuando la película adhesiva entra en el rayo, los anillos de interferencia se deshilan y en sectores que propiamente debían estar oscuros se encuentran parcialmente puntos claros y viceversa. Esto se atribuye a la superficie irregular y accidentada de la película adhesiva, porque cambios mínimos del espesor de la película se hacen visibles en un desplazamiento de los anillos de interferencia.

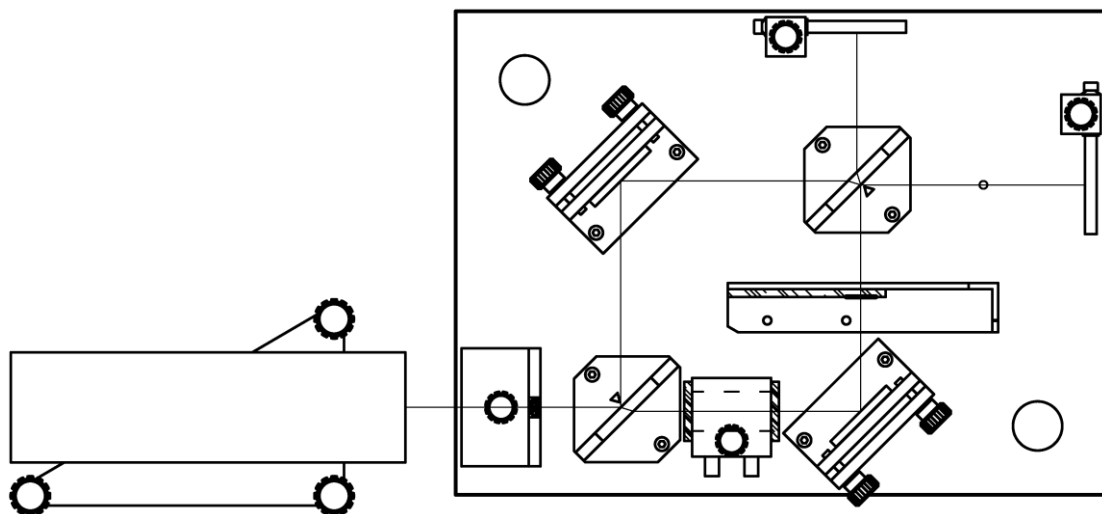


Fig. 8 Montaje experimental para la medición de la calidad de la superficie de componentes ópticas (sin célula de vacío) y montaje experimental para la medición del índice de refracción del aire (sin placa de vidrio sobre soporte)



### 6.3 Índice de refracción del aire

#### Montaje experimental

- Se monta el experimento de acuerdo con la Fig. 8.
- Después de que se hayan realizado los ajustes básicos, según el apartado 5, y se puedan observar anillos de interferencia en el centro de las pantallas, se coloca la célula de vacío en el rayo parcial inferior y se atornilla.
- Si es necesario se ajusta levemente un espejo plano para obtener los anillos de interferencia en el centro de la pantalla de atrás.

#### Realización

- Se conecta la bomba de vacío manual adecuada en la célula de vacío y a continuación se anota la presión  $p$  indicada.
- Luego se evacúa lentamente la célula y luego se cuenta el número de anillos  $m$  que se generan.
- En intervalos de tiempo regulares se anotan, la presión y el correspondiente número de anillos.
- Cuando se llega a la presión mínima (con una bomba de vacío manual sencilla, aprox. 10 kPa).
- Ahora se realiza una serie de medidas con sobrepresión (hasta una presión de 200 kPa, corresponde a 1 bar).

#### Evaluación

Con la presión  $p = 0$  el índice de refracción es  $n(p = 0) = 1$ . Al aumentar la presión aumenta el índice de refracción de acuerdo con

$$n(p) = 1 + \frac{\Delta n}{\Delta p} p$$

Para la determinación del índice de refracción a presión normal primero se debe determinar la pendiente  $\Delta n / \Delta p$ . En primera aproximación se tiene:

$$\frac{\Delta n}{\Delta p} = \frac{\lambda}{l_z} \left| \frac{\Delta m}{\Delta p} \right|$$

Siendo  $m$  el número de anillos que se generan, respectivamente, que desaparecen,  $\lambda$  es la longitud onda de la luz y  $l_z$  es la longitud interna de la célula de vacío (aquí 41 mm). Si por ejemplo se determina con una disminución de la presión de  $\Delta p = 80$  kPa la correspondiente  $\Delta m = 14$ , por lo tanto se da que  $\Delta n / \Delta p = 2,7 \cdot 10^{-9}$  1/Pa. De acuerdo a ello, el índice de refracción del aire con la presión normal del medio (100 kPa)  $n = 1,00027$ . El valor bibliográfico es de  $n = 1,00029$ . (H. Stöcker, Taschenbuch der Physik, Deutsch, 1998)

### 6.4 Experimento de analogía para el borrador cuántico

- Se monta el experimento de acuerdo con la Fig. 9.
- Después de que se hayan realizado los ajustes básicos, según el apartado 5, y se puedan observar anillos de interferencia en el centro de las pantallas, se ajusta un filtro de polarización de lámina a  $45^\circ$  y se coloca entre la lente de ensanchamiento y el primer divisor de rayo.

Esto es necesario, porque el plano de polarización de un láser por lo general no se encuentra ajustado a  $45^\circ$  y una polarización ulterior estaría a  $0^\circ$  resp. a  $90^\circ$  lo cual conduciría a intensidades de luz muy dispares entre los dos rayos parciales.

Los anillos de interferencia en las pantallas se ven ahora un poco débiles, pero siguen siendo muy bien definidos. En caso que se den reflexiones de retorno del filtro de polarización hacia el láser, esto se puede corregir colocando el filtro un poco inclinado.

- A continuación se coloca un filtro de polarización de vidrio en cada uno de los rayos parciales.

La intensidad de luz óptima para este experimento se obtiene cuando el filtro de la izquierda se ajusta en  $0^\circ$  y el de la derecha en  $90^\circ$ . (observar Fig. 6: detrás del divisor de rayo, el rayo reflejado se encuentra girado un poco en dirección  $0^\circ$ , mientras que el rayo que pasa un poco en dirección  $90^\circ$ ).

Ahora los anillos de interferencia han desaparecido de las pantallas, porque ondas ortogonales no se pueden superponer o extinguir.

- Ahora además el filtro de polarización de lámina se ajusta en  $45^\circ$  y se coloca entre el divisor de rayo de atrás y la pantalla.

Ahora se vuelven a observar anillos de interferencia. La información del camino de los cuantos de luz ha sido borrada.

Según la teoría ondulatoria esto no es nada asombroso. En la teoría cuántica, sin embargo, los fotones se consideran como objetos cuánticos no divisibles y sólo el borrado de la información del camino (polarización) a través del último divisor de rayo puede conducir a que los fotones vuelvan a mostrar interferencia hasta con luz de láser extremadamente débil – cuando prácticamente no se encuentran sino solo fotones aislados en el interferómetro e interfieren consigo mismo, a pesar de la indivisibilidad y por lo tanto la imposibilidad de pasar por dos caminos a la vez. Con esta clase de conceptos tenía también Erwin Schrödinger sus problemas – en 1926 dijo: „Cuando permanezca esta condenada saltadera cuántica, lamento del todo haberme ocupado de la teoría cuántica”.

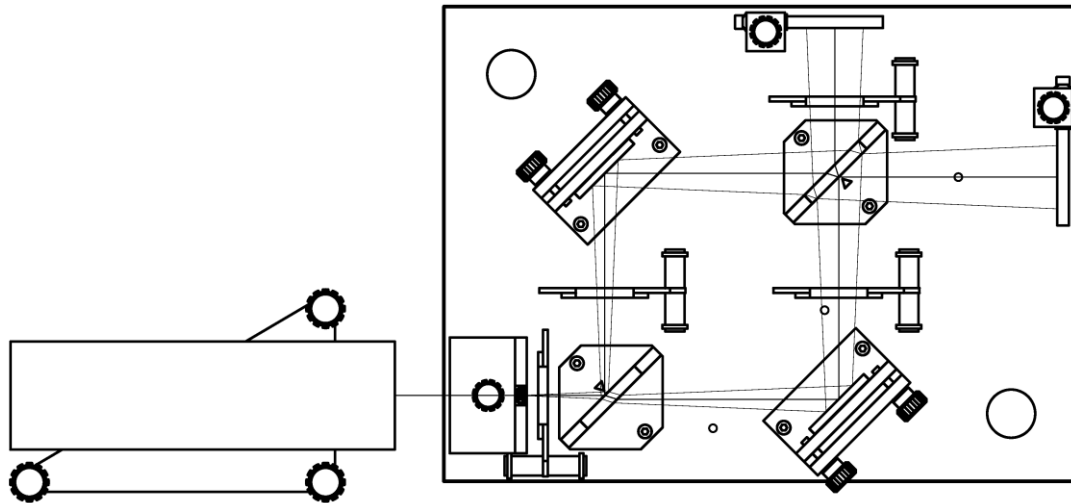


Fig. 9 Montaje experimental para el experimento de analogía referente al borrador cuántico. El paso de los rayos vale para la condición de iguales caminos ópticos en ambos divisores de rayo y no corresponde a la descripción experimental con anillos de interferencia.

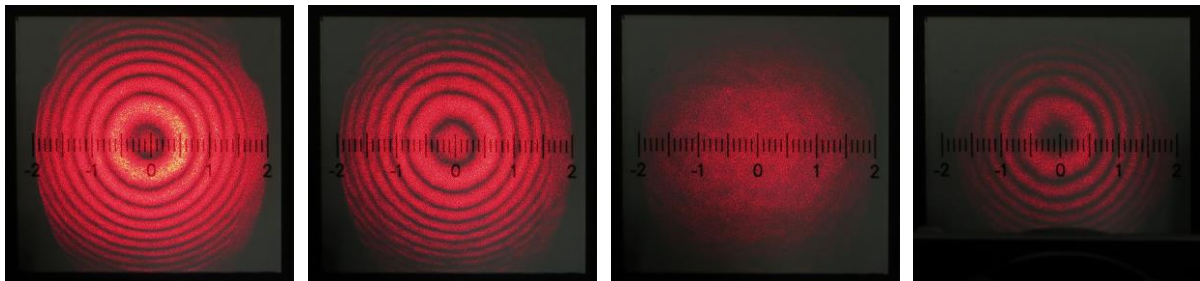


Fig. 10 De izquierda a derecha: 1. Sin filtros de polarización, 2. Un filtro de polarización ( $45^\circ$ ) entre la lente y el divisor de rayo, 3. Dos filtros de polarización adicionales ( $0^\circ$  resp.  $90^\circ$ ) en ambos rayos parciales, 4. Un cuarto filtro de polarización ( $45^\circ$ ) entre el segundo divisor de rayo y la pantalla

### 6.5 Interferencia de luz blanca

La luz blanca, debido al amplio espectro de frecuencias que lleva, tiene una longitud de coherencia muy corta. Por lo tanto, los dos caminos ópticos deben lo más iguales posibles en su longitud, para la observación de fenómenos de interferencia. En principio esta exigencia se puede cumplir en un interferómetro de Mach-Zehnder, sin embargo el ajuste requiere de mucha paciencia y delicadeza de trabajo.

**Montaje experimental:** El montaje experimental se encuentra representado en la Fig. 11. La lente de ensanchamiento del haz se encuentra montada primeramente entre el Láser y el primer divisor de rayo.

- Se realiza el ajuste básico con luz de láser siguiendo los puntos de 1 hasta 6 de la sección 5.3, teniendo en cuenta que con ambos espejos planos la rendija de 4 mm de ancho entre el soporte del espejo y la pared dorsal quede bien ajustada.

- También el láser se ajusta con cuidado en su altura.

Después del ajuste básico se observará el centro de los anillos de interferencia como una mancha grande clara u oscura en las pantallas.

- Ahora se abate la pantalla de atrás y se proyecta el patrón de interferencia sobre otra pantalla colocada a por lo menos 0,5 m de distancia (hoja de papel, pared blanca).

Esta distancia grande evita interpretaciones falsas dadas por cortes biselados en los siguientes ajustes, los cuales se hacen todos en el **espejo plano de adelante**:

- 1. Se saca la lente del paso de los rayos haciendo un giro.
- 2. Se gira en avance y retroceso el tornillo moleteado superior del espejo. Cuando el punto de luz que se mueve a uno y otro lado se encuentre a la derecha del otro se atornilla hacia afuera el tornillo Allen hasta que éste punto se desplace hacia la izquierda lo mismo que estaba antes a la

derecha. (no se tiene en cuenta el desplazamiento hacia arriba).

- 3. Por medio de los dos tornillos moleteados se llevan los dos puntos a congruencia, se retorna la lente a su puesto inicial y se ajustan los anillos de interferencia en el centro.
- 4. Se repiten los pasos 1 hasta 3, hasta que no se logre ningún mejoramiento más.
- Ahora, en lugar del láser se coloca la lámpara óptica con el diafragma perforado a una distancia de aproximadamente unos 25 cm enfrente de la placa base, teniendo alineado el borde anterior de la placa base con el soporte de la lámpara.
- El diafragma perforado se rota hasta que el agujero de diámetro de 0,7 mm se encuentre enfrente del LED.
- Se gira la lente para sacarla del paso de los rayos, la pantalla posterior se vuelve a erigir y se colocan los filtros de polarización como se indica en la Fig. 11, teniendo en cuenta que las sombras en la pantalla posterior se encuentren en la posición 1 cm.

Los bordes de las sombras hacen más fácil el siguiente ajuste fino:

- A. En el espejo de adelante se atornilla en avance y retroceso muy lentamente el tornillo inferior, como efecto de ello, el correspondiente borde de la sombra debe

desplazarse en aprox. uno a dos milímetros hacia la izquierda resp. hacia la derecha.

- B. En caso de que no se observe ninguna banda de interferencia, entonces, el tornillo inferior del espejo de atrás se hace girar en 1/50 de revolución en sentido de las manecillas del reloj, (esto corresponde a 1 mm en el perímetro de la cabeza del tornillo moleteado, resp. el ancho de la profundidad del moleteado), y se repite el paso A. Cuando después de varios intentos no se tiene ningún éxito, se prueba en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- C. Si es necesario, se controlan los ajustes hechos con la luz del láser, tomando especialmente nota del ajuste vertical, pues puede que los tornillos moleteados superiores entre tanto hayan cambiado de posición y estén un poco desajustados.
- D. Cuando en las pantallas se observe por lo menos una interferencia angosta de luz blanca, aunque sea débil, se monta la lente de ensanchamiento para amplificar, de acuerdo con la Fig. 11.

**Sugerencia:** Se coloca un filtro cromático con ancho de paso angosto enfrente de la lámpara óptica, se puede observar un patrón de interferencia con un ajuste que no sea muy exacto.

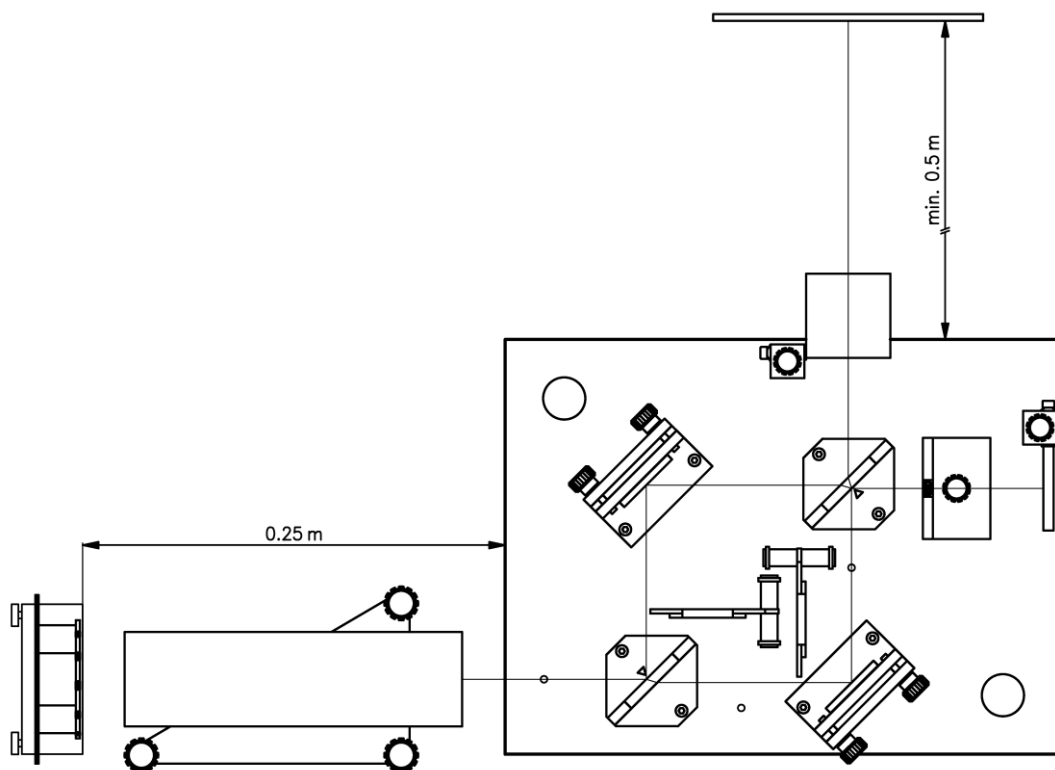


Fig. 11 Montaje experimental para la interferencia con luz blanca

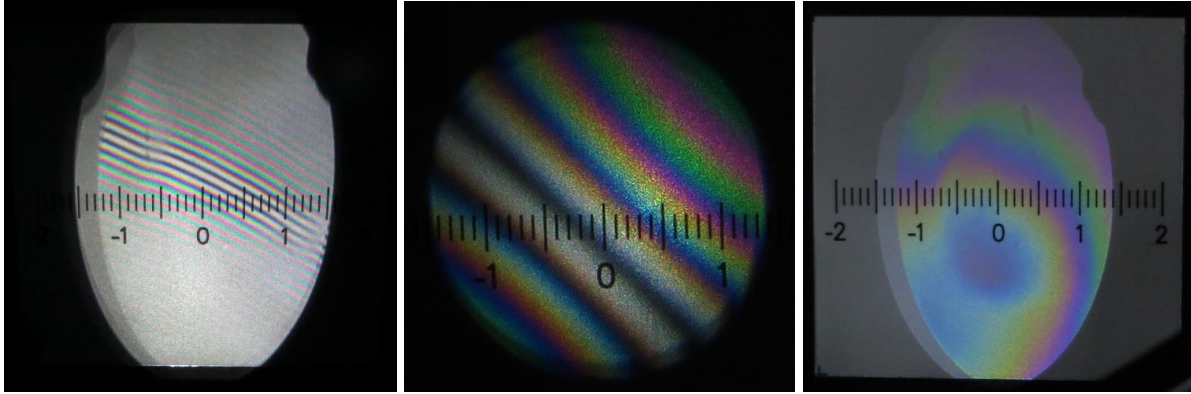


Fig. 12 Interferencia con luz blanca. La imagen de la izquierda muestra bandas con un ajuste todavía no óptimo en la pantalla posterior. Una sección aumentada por la lente de ensanchamiento se observa en la imagen central. La imagen de la derecha muestra nuevamente la pantalla posterior pero con un ajuste mejorado.