

## TAREAS

- Montaje y ajuste de un interferómetro de Mach-Zehnder.
- Observación del patrón de interferencia en caso de, posible, no posible e información del camino borrada.

## OBJETIVO

Ilustración del borrador cuántico en un experimento de analogía

## RESUMEN

También la luz se describe en la mecánica cuántica por medio de funciones de onda a partir de las cuales se puede calcular la distribución espacial de la densidad de probabilidades como el cuadrado de la magnitud de la función de onda. Por lo tanto, la luz es apropiada para la ilustración de fenómenos cuánticos en experimentos de analogía. Para la ilustración del llamado borrador cuántico se monta el interferómetro de Mach-Zehnder en un experimento de analogía y se observa la interferencia de los dos haces parciales sobre una pantalla. Si dos polarizadores perpendiculares el uno al otro se encuentran en el paso de rayo de cada uno de los haces parciales, la interferencia desaparece, porque desde un punto de vista cuántico se puede ganar la información de cual ha sido el camino que ha tomado el fotón. Con un tercer polarizador ajustado en 45° directamente enfrente de la pantalla se borra esta información y se vuelve a observar la interferencia.

## EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Interferómetro de Mach-Zehnder	1014617
1	Láser de He y Ne	1003165

## FUNDAMENTOS GENERALES

También la luz se describe en la mecánica cuántica por medio de funciones de onda a partir de las cuales se puede calcular la distribución espacial de la densidad de probabilidades como el cuadrado de la magnitud de la función de onda. El superponer dos caminos de rayos corresponde a una superposición de dos funciones de onda. La densidad de probabilidades contiene entonces un término mezclado, que describe el patrón de interferencia. En esta forma la luz es apropiada para la ilustración de fenómenos mecánico-cuánticos en experimentos de analogía.

2

Para la ilustración del llamado borrador cuántico se monta el interferómetro de Mach-Zehnder en un experimento de analogía. Como haz de luz coherente se aplica el haz de luz ensanchado de un láser. Se divide en dos haces parciales por medio del divisor de haces BS1, en este caso un polarizador P hace posible ajustar la misma intensidad en ambos haces parciales (véase Fig 1). A continuación los haces parciales se propagan por caminos diferentes y vuelven a ser reunidos por medio de un segundo divisor de rayos BS2.

Así se suman los campos eléctricos  $E_1$  y  $E_2$  de los dos rayos parciales – desde un punto de vista ondulatorio clásico - obteniendo:

$$(1) \quad E = E_1 + E_2$$

y – desde un punto de vista mecánico cuántico – sus funciones de onda  $\Psi_1$  y  $\Psi_2$  dando:

$$(2) \quad \Psi = \Psi_1 + \Psi_2$$

Se cumple por lo tanto:

$$(3) \quad |E|^2 = |E_1|^2 + |E_2|^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2$$

resp.

$$(4) \quad |\Psi|^2 = |\Psi_1|^2 + |\Psi_2|^2 + 2 \cdot \langle \Psi_1 | \Psi_2 \rangle,$$

teniendo que el término mezclado en (3) resp. en (4) a su vez, describe el patrón de interferencia que se puede observar en la pantalla. La ecuación (4) describe el comportamiento de un solo fotón. Este interfiere consigo mismo siempre que no se observe por medio de un proceso de medición o se pueda observar “qué camino ha recorrido”. Se dice en este contexto que el fotón “se comporta como una onda cuando no se tiene información sobre el camino” y muestra interferencia. Sin embargo, en caso de que se tenga información sobre el camino, el fotón se “comporta” como una partícula clásica y no es posible una interferencia.

Por dos polarizadores adicionales P1 y P2 en los haces parciales 1 y 2 se influye sobre el patrón de interferencia. Orientando los polarizadores perpendicularmente entre sí, desaparece en sentido clásico (3) el producto escalar  $E_1 \cdot E_2$  resp. en la descripción mecánico cuántica el término de interferencia (4)  $\langle \Psi_1 | \Psi_2 \rangle$  y por lo tanto también el patrón de interferencia. Este último es el caso observado desde el punto de vista mecánico cuántico, porque en base a la polarización se puede determinar claramente si el fotón se ha propagado por el camino 1 o por el camino 2.

Si detrás del segundo divisor de rayo se coloca ahora un polarizador A ajustado a 45°, aparece nuevamente el patrón de interferencia. Desde un punto de vista mecánico cuántico es este el caso, porque el polarizador A “borra” la información sobre el camino, es decir, porque después del polarizador A no se puede decidir cuál es el camino que ha tomado el fotón. En un cuadro oscilatorio clásico de luz, el tercer polarizador hace que los haces parciales polarizados estén un poco atenuados pero sin embargo tengan nuevamente la misma polarización.

## EVALUACIÓN

Sin los dos polarizadores P1 y P2 no se tiene ninguna información sobre el camino; aparece interferencia.

Empleando los dos polarizadores se gana información sobre el camino; no aparece interferencia.

El tercer polarizador A borra la información sobre el camino; vuelve a aparecer interferencia.

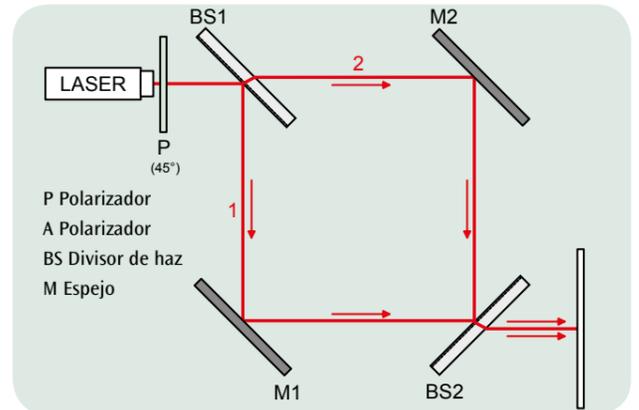


Fig. 1: Paso de los rayos por el interferómetro de Mach-Zehnder (sin información sobre el camino)

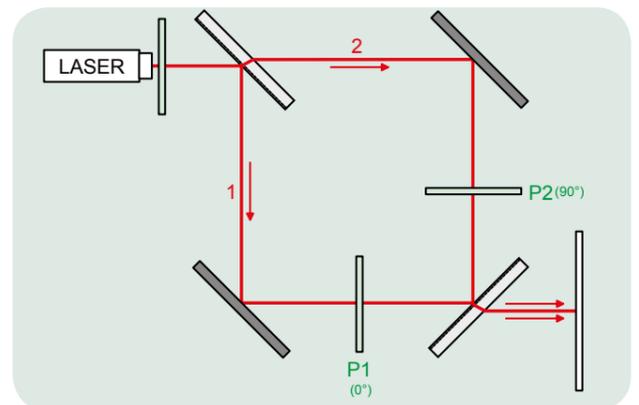


Fig. 2: Paso de los rayos en el interferómetro de Mach-Zehnder (con polarizadores P1 y P2 en los haces parciales para ganar información sobre el camino)

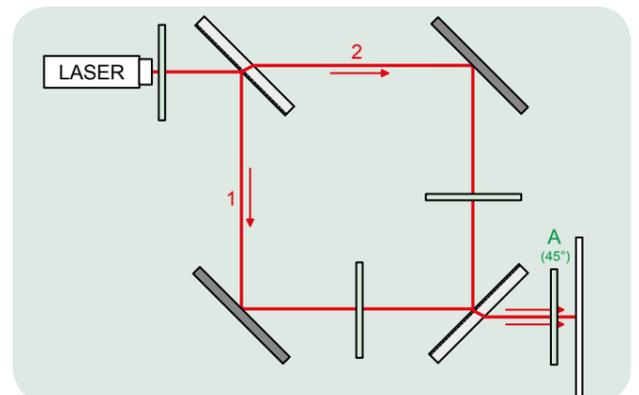


Fig. 3: Paso de los rayos por el interferómetro de Mach-Zehnder (con polarizador A para borrar la información sobre el camino)