



Interferómetro de Young

**Técnicas Experimentais III
(Laboratorio de Óptica)
Grao en Física**

A. OBXECTIVO XERAL

Medida da lonxitude de onda dun feixe monocromático ou case monocromático e a distancia entre dous buratos utilizando o interferómetro de Young.

B. TAREFAS A REALIZAR

1. Obtención do patrón de interferencia.
2. Medida da distancia entre máximos ou mínimos.
3. Medida da distancia entre centros das fendas/buratos.
4. Cálculo da lonxitude de onda da luz utilizada.

C. RESULTADOS A PRESENTAR

Os resultados a presentar son os que se describen no anexo 1.

D. MATERIAL DISPOÑIBLE

Fonte de luz (láser de He-Ne emitindo en 632.8 nm) / Placa con varias dobres fendas / Lámina de aluminio / Alfinete / Bastidor de diapositivas / Pantalla / Diapositiva cunha escala / Lente converxente / Cámara CMOS / PC.

Comproba que tes este material e -se falta algo- ponte en contacto coa profesora ou profesor. Por favor, non movas material dos bancos ópticos veciños.



NOTA IMPORTANTE: **NUNCA MIRE DIRECTAMENTE UN FEIXE LÁSER NIN OS SEUS REFLEXOS EN SUPERFICIES DE ALTA REFLECTANCIA. NUNCA DIRIXAS UN FEIXE LÁSER CARA AOS OLLOS DAS OUTRAS PERSOAS. A RADIACIÓN LÁSER PODE CAUSAR GRAVES LESIÓNS OCULARES.**

E. NOTAS SOBRE O PROCEDIMENTO

1. Obtención do patrón de interferencia

En 1802 Young -físico, médico e exiptólogo inglés- observou que se a luz dunha fonte puntual pasaba a través de dúas fendas próximas, a distribución da irradiancia observada nunha pantalla detrás delas non era simplemente a suma da irradiancia que cada fenda produciría por separado, senón unha distribución oscilatoria no espazo, con máximos e mínimos. Este fenómeno non atopaba doada explicación no marco da teoría corpuscular da

luz, que proviña de Newton (en torno a 1700). Porén, admitindo que a luz ten un comportamento ondulatorio, a explicación da distribución observada resulta sinxela: as ondas procedentes de ambas fendas superpóñense no espazo e a amplitude da onda resultante depende da fase relativa que haxa entre elas. Se a fase relativa (ou 'desfase') é cero ou un múltiplo enteiro de 2π , as amplitudes súmanse e hai *máximos* de interferencia. Se o desfase é un múltiplo impar de π , as amplitudes réstanse e hai *mínimos*. Para que a figura de interferencia sexa observable, as ondas que saen de cada fenda deben ser coherentes, é dicir, deben vibrar no tempo mantendo unha diferenza de fase constante. Até mediados do século XX iso podía conseguirse facendo pasar a luz dunha fonte intensa por unha primeira fenda, que actuaba á súa vez como fonte das ondas que atravesarían a dobre fenda situada tras dela (ver figura 1). A partir de 1960, coa invención do láser, podemos iluminar a dobre fenda directamente (figura 2).

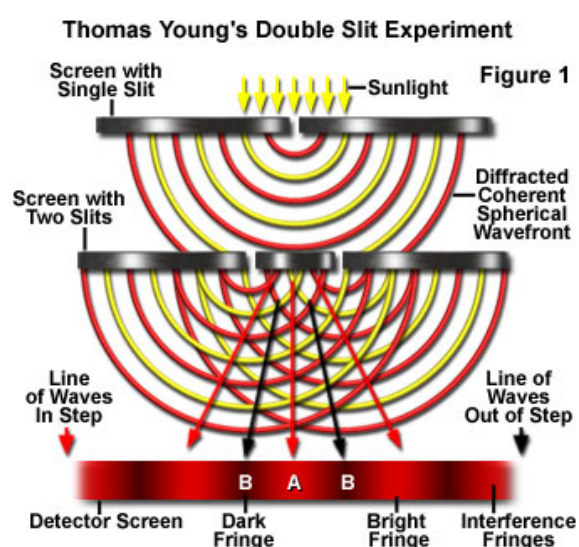


Figura 1

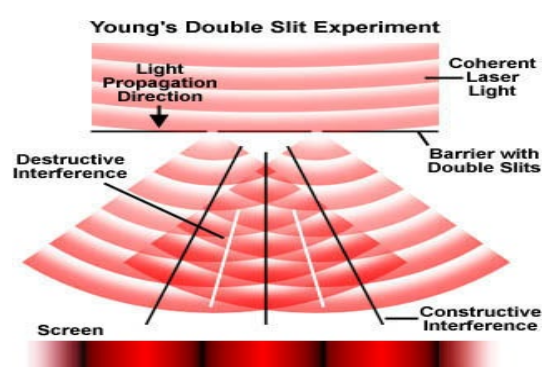


Figura 2

Para observar o patrón de interferencia, sitúa a placa coas dobres fendas no seu soporte e dirixe cara ela o feixe láser de forma que este ilumine unha das fendas dobres que contén a placa. Toma nota de cal é a iluminada, pois cumprirá medir posteriormente a separación entre os centros das aberturas. En calquera plano detrás da dobre fenda deberás poder observar a figura de interferencia.

ATENCIÓN: a placa que contén as fendas dobres está fabricada depositando metal sobre vidro, polo que reflicte o feixe láser moi eficazmente. Bloquea o reflexo coa axuda dunha carpeta, pantalla, etc, para evitar que poida incidir nas persoas que realizan outras experiencias no laboratorio.

A distribución de irradiancia na figura de interferencia, en aproximación paraxial, ven dada por unha expresión do tipo

$$I(x) = 2I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{xd}{D} \right) \right]$$

onde x é a posición no plano de observación (tomando como $x=0$ a proxección do punto medio entre as dúas fendas) I_0 é a irradiancia producida por cada fenda por separado, λ é a lonxitude de onda da luz, D é a distancia entre a placa coas fendas e o plano de observación e d é a distancia entre os centros das fendas. Esta fórmula é válida en réxime paraxial, é dicir para x e d moito menores que D .

Observa primeiro a interferencia coa axuda dunha pantalla e substitúe despois esta pola cámara, sen lente obxectivo.

2. Medida da distancia entre mínimos (ou máximos)

Da ecuación anterior dedúcese que haberá máximos de irradiancia nas posicións x tales que $xd/D = m\lambda$, e mínimos onde $xd/D = (m + 1/2)\lambda$, sendo m calquera número enteiro. A interfranja i , que é distancia entre dous máximos (ou mínimos) consecutivos é, nesta aproximación, constante e igual a

$$i = \lambda D/d$$

Daquela, se medimos con boa precisión i , D e d , podemos obter λ a partir da fórmula anterior. Esta é a base do método de Young.

Para medires i , o procedemento é o seguinte: utiliza como pantalla de observación o sensor da cámara, sen lente, marcando na imaxe observada a distancia entre N máximos (ou mínimos), e dividindo o resultado entre $N-1$. O resultado será tanto máis preciso cantos máis máximos consideres (sempre que se observen con nitidez). Ten en conta ademais que o tamaño dun píxel no sensor é de $5.2 \mu\text{m}$. Realiza a mesma operación para outras tres distancias D , entre placa e pantalla/cámara.

Repite agora o proceso anterior para un burato dobre que debes realizar na lámina de aluminio. Para iso, coloca a lámina sobre a mesa e, apoiando nela o alfinete, aperta lixeiramente ata producir un burato na mesma. Se a operación tivo éxito, observarás luz atravesando a lámina ao colocar esta diante dunha fonte de luz intensa. Realiza un segundo burato aproximadamente igual en diámetro e moi próximo o anterior. Idealmente, deberían estar separados os seus centros menos de 0.5 mm . Para acadar esa precisión, o mellor é apoiar o alfinete sobre o primeiro burato e desprazalo unha distancia pequena sobre a superficie da lámina antes de apertar para realizar o segundo burato. Redondea e iguala os dous buratos apoiando o alfinete neles e xirándoo despois cos dedos. Introduce a lámina no bastidor, este no soporte, e observa o patrón que se forma. Ademais do patrón xa visto para a fenda dobre debes de observar uns aneis concéntricos debido á difracción da luz que se produce en cada burato. Polo demais, a interfranja i , cumpre a mesma ecuación que no caso da fenda dobre, mais agora d é a distancia entre os centros dos buratos.

Atención a un efecto óptico visual: a irradiancia ao longo dos patróns interferenciais varía de xeito suave e continuo, sen saltos, como se deduce da fórmula para $I(x)$. Porén, a impresión visual é que hai "bandas claras" e "bandas escuras" separadas por unha fronteira bastante nítida. Por que? O noso sistema visual está incrementando o contraste da figura en certas zonas de xeito que a irradiancia que está por encima dun certo limiar aparece como banda clara e a que está por baixo como escura. Á hora de marcar posicións, ten en conta

que os máximos se atopan aproximadamente no centro das bandas claras e os mínimos no centro das escuras. Nunca marques a posición da "fronteira" entre elas, xa que non corresponde a ningún máximo nin mínimo.

3. Medida da distancia entre fendas e buratos dobres

Apaga o láser e retírao da túa montaxe. Ilumina a fenda ou o burato dobre cunha das lámpadas do laboratorio e coa axuda da lente converxente forma unha imaxe, da fenda e do burato dobre que usaches na sección anterior, sobre o sensor da cámara. Ten coidado para identificar correctamente a fenda dobre e procura que a imaxe se vexa ben nítida. Mide nesta imaxe a distancia entre os centros dos buratos ou das fendas ou, dado que as dúas fendas son iguais, a distancia entre bordos correspondentes. Repite este proceso tres veces e calcula a media coa súa incerteza. No caso das fendas podes facer as tres medidas a distintas alturas.

Para coñecer a distancia real entre centros das fendas ou buratos cómpre coñecer o aumento da imaxe. Con este propósito, substitúe a placa coas fendas/buratos pola diapositiva coa escala, e observa de novo a imaxe coa cámara, sen trasladar axialmente nin esta nin a lente. Se a imaxe aparece desenfocada despraza lixeiramente a diapositiva. Mide entón a distancia entre trazos da escala e calcula o aumento da imaxe tendo en conta que a distancia real entre trazos é de 0.50 ± 0.01 mm.

4. Cálculo da lonxitude de onda da luz utilizada e da distancia entre buratos realizados na lámina de aluminio

Calcula a partir dos datos anteriores, obtidos coa fenda dobre, o valor máis probable da lonxitude de onda da fonte de luz utilizada, para cada unha das distancias D , coa súa incerteza. Todos os resultados deberían ser compatibles entre si e compatibles co valor nominal da lonxitude de onda da radiación. Analiza esta compatibilidade.

Realiza tamén un axuste linear aos datos de interfranja i fronte a distancia D e calcula a lonxitude de onda a partir da pendente do axuste.

Calcula a partir das medidas do patrón interferencial obtido co burato dobre, a distancia entre os dous buratos que realizaches na lámina de aluminio, para cada unha das distancias D , coa súa incerteza. Utiliza para este cálculo a lonxitude de onda nominal da fonte. Todos os resultados deberían ser compatibles entre si e compatibles co valor que mediches formando imaxe coa lente. Analiza esta compatibilidade.

Realiza tamén un axuste linear aos datos de interfranja i fronte a distancia D e calcula a distancia entre os dous buratos a partir da pendente do axuste.

Nota: Á hora de medir D (distancia entre o plano das fendas e o sensor da cámara), ten en conta que o sensor se atopa a 3.2 ± 0.1 mm do centro do soporte da cámara.

ANEXO 1: INFORME DO TRABALLO

<p>Experiencia de Young (indica as unidades en todos os valores)</p>
lonxitude de onda nominal da fonte :

DOBRE FENDA		
distancia entre centros das fendas d (+/- σ_d):		
distancia D (+/- σ_D)	interfranxa i (+/- σ_i)	Lonxitude de onda calculada λ (+/- σ_λ)
Axuste lineal:		Lonxitude de onda calculada:

DOBRE BURATO		
distancia medida entre centros dos buratos d (+/- σ_d):		
distancia D (+/- σ_D)	interfranxa i (+/- σ_i)	Distancia entre centros calculada d (+/- σ_d)
Axuste lineal:		Distancia entre centros calculada:

Engade as gráficas dos axustes realizados e fai un xuízo crítico sobre a compatibilidade dos resultados obtidos para a lonxitude de onda nominal/calculada e para a distancia entre buratos medida/calculada.