

INTERFERENCIA E DIFRACCIÓN

OBJECTIVOS

- Analizar os fenómenos de interferencia e difracción empregando un láser.
- Determinar a lonxitude de onda dun láser a partir das medidas dos patróns de difracción.
- Determinación de lonxitudes aplicando os fenómenos de interferencia e difracción (diámetro dun cabelo)

FUNDAMENTO TEÓRICO

Ao redor do ano 1800, Thomas Young realizou un experimento que produciu un fenómeno inexplicable en termos da teoría corpuscular da luz. Observou a imaxe que producía a luz ao pasar primeiro a través dunha fenda e logo a través de dúas fendas moi próximas entre si, unha paralela á outra. Utilizou luz filtrada dun arco de mercurio para asegurarse de traballar con luz o máis monocromática posible. Deste xeito Young observou unha serie de áreas iluminadas e escuras, e observou ademais que un certo punto na pantalla iluminábase cando unha das fendas era tapada mentres que se convertía nun punto escuro cando ambas as fendas estaban descubertas. Noutras palabras observou que “luz + luz” ás veces produce unha zona iluminada e outras unha zona escura.

Se a luz tivese unha natureza corpuscular, como sostiñan a maioría dos físicos de entón, o fenómeno descuberto por Young non tería unha explicación acertada.

PROCEDIMENTO

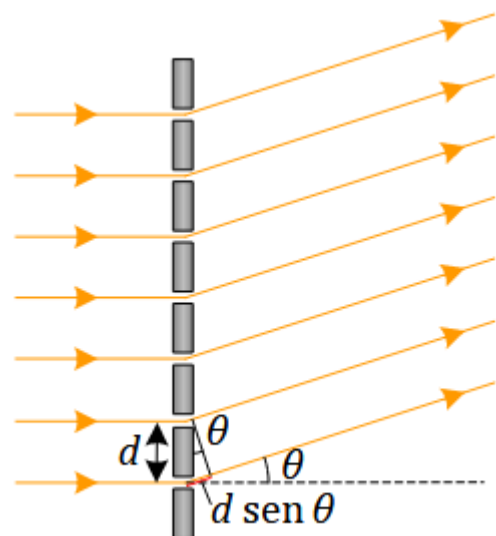
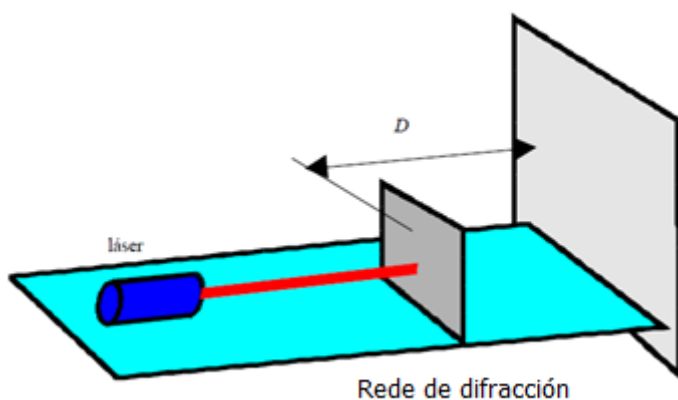
a) Medición de λ empregando unha rede de difracción

Usando un láser e unha rede de difracción, pódese determinar a lonxitude λ de onda do seu láser. Para iso, faise incidir o láser sobre a rede calibrada e cunha separación, d , entre liñas coñecida ($1 \text{ mm}/n^\circ$ de liñas), usando un esquema similar ao indicado na figura. A partir das medicións das posicións do máximo central e a posición dos primeiros máximos de interferencia (primeira e segunda orde), pódese determinar o valor da lonxitude de onda do láser.

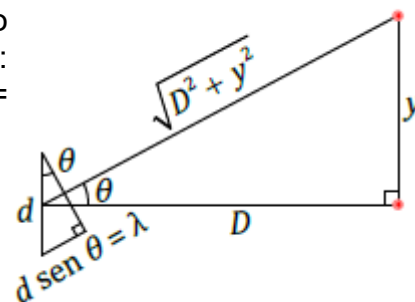
$$\frac{y}{D} = \text{sen } \theta_{\text{máx}} = m \cdot \lambda \cdot d, \text{ onde } (m \in 0, 1, 2, 3 \dots) \text{ (para } y \ll D)$$

Para $m \neq 0$, $\lambda = \frac{d \cdot y}{m \cdot D}$

IMPORTANTE: Calcula d dividindo 1mm entre o n° de liñas da rede de difracción. Esa información aparece na etiqueta da rede.



Empregando o diagrama de raios e a disposición dos elementos da práctica, para os primeiros puntos de composición construtiva de raios á beira do máximo central, podemos observar dous triángulos semellantes: Un, no esquema da rede de difracción, de lados: d ; $d \sin \theta = \lambda$; $d \cos \theta$, no que d é a hipotenusa, e



Outro, no diagrama da práctica, de lados, correlativamente,

$$\sqrt{D^2 + y^2} ; y; D$$

Polo que temos a relación

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{y}{\sqrt{D^2 + y^2}}$$

En xeral, para calquera dos máximos: $m\lambda = \frac{y}{\sqrt{D^2 + y^2}}$ onde $m \in 0; 1; 2; 3; \dots$; xa que a interferencia construtiva ten lugar cando a diferenza percorrida entre un raio e outro sexa un número enteiro de lonxitudes de onda. Para o primeiro máximo:

$$\lambda = \frac{d \cdot y}{\sqrt{D^2 + y^2}}$$

Se o ángulo θ é pequeno, pódese facerse a aproximación: $\sqrt{D^2 + y^2} \approx D$, e a expresión que nos permite calcular de forma aproximada a lonxitude de onda λ' é: $\frac{d \cdot y}{D}$

A relación entre o valor calculado para a lonxitude de onda aproximada, λ' , e o valor obtido para λ sen a aproximación depende da lonxitude de onda do láser e da distancia d entre as liñas da rede:

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\sqrt{D^2 + y^2}}{D} = \frac{d}{d \cdot \cos \theta} = \frac{d}{\sqrt{d^2 - \lambda^2}} \quad \text{Só ler esta parte}$$

Como apunte, para unha $\lambda = 670 \text{ nm}$ (vermello) e unha rede de difracción de 1000 liñas/mm, o ángulo é $\theta = 42^\circ$, o que impide que se poida aproveitar a aproximación proposta polo seu gran erro. Neste caso, a lonxitude de onda aproximada λ' gardaría unha relación coa λ real de 1,35:

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{10^{-6}}{\sqrt{(10^{-6})^2 - (670 \cdot 10^{-9})^2}} = 1,35$$

É dicir: un erro relativo ε do 35 %. Para a mesma lonxitude de onda, pero usando unha rede de 80 liñas/mm, resultaría $\varepsilon = 0,14 \%$: unha aproximación totalmente aceptable.

b) Determinación de lonxitudes usando difracción (espesor dun cabelo)

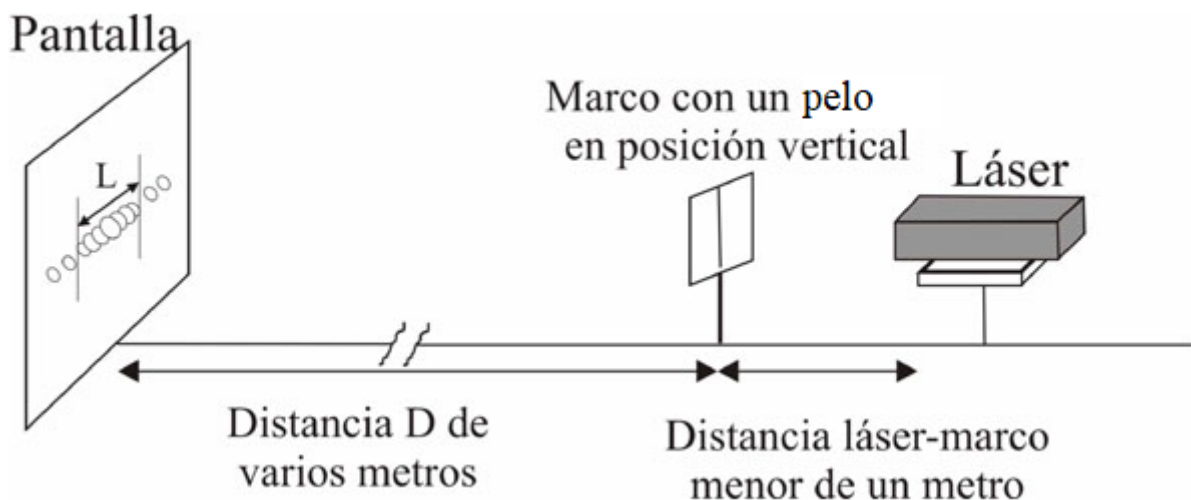
Faise incidir o raio láser sobre un cabelo e determínase o espesor do cabelo a través do patrón de difracción que se observa. Débense analizar os erros de medición. Cando a luz láser se fai incidir sobre un cabelo humano, a imaxe de difracción que se obtén é similar á que produce nunha dobre fenda. Existe un máximo principal de difracción fortemente iluminado e aos seus lados, separados por zonas escuras, aparecen outros máximos, chamados secundarios. Os máximos secundarios son moito menos intensos que o principal e por iso apenas se aprecian.



Figura de difracción formada por un cabelo.

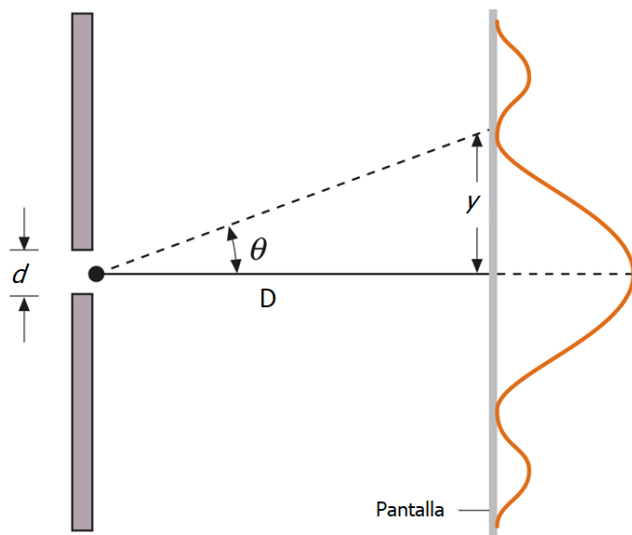
Asemade, se nos fixamos no máximo principal, este pode aparecer seccionado nunha serie de zonas brillantes separadas por zonas escuras -máximos e mínimos-. Isto débese a un fenómeno de interferencia producido polos bordos do cabelo, resultando sobrepostas unha difracción e unha interferencia.

Dado que a imaxe de interferencia que se obtén co cabelo humano non é moi definida, fixarémonos só no máximo principal de difracción, e a partir de medidas realizadas sobre el determinarase aproximadamente o diámetro dun cabelo humano.



D é a distancia entre o cabelo e a pantalla. A distancia D debe ser de varios metros. O láser está a apuntar ao cabelo, situado a unha distancia menor dun metro. A imaxe de difracción recóllese na pantalla.

A partir da teoría ondulatoria da luz establécese unha ecuación matemática que relaciona o diámetro do cabelo d , coa distancia entre el e a pantalla D , a lonxitude λ de onda do láser e a distancia L entre os mínimos nulos de intensidade de luz, que limitan a esquerda e dereita o máximo principal de difracción.



De xeito parello ó caso da rede de difracción,

$$y = \frac{L}{2} = \frac{\lambda \cdot D}{d} \rightarrow d = \frac{2\lambda}{D} \cdot L$$

Como pode resultar difícil determinar esta distancia L (ver figura anterior), xa que as zonas escuras non aparecen claramente delimitadas, poderíamos determinar a distancia entre un número determinado de mínimos consecutivos e dividir entre o número de intervalos tomados.

Poderíase determinar o grosor de diferentes cabelos para obter un valor medio e establecer a incerteza da medición dun pelo ao chou.

Ancho do máximo principal (m)					
Tipo de cabelo					

CUESTIÓNS

.- Determinar o valor medio do grosor dos cabelos medidos e determinar a súa incerteza, expresando correctamente o resultado do medida. (Calcular a desviación media para os dous cabelos. A desviación media é a media aritmética dos erros absolutos asociados a cada medida. Ese será o erro asociado á medición realizada. Tomaremos como valor verdadeiro do espesor do cabelo humano a media aritmética do espesor dos dous cabelos usados na experiencia) **IMPORTANTE:** Se non dá tempo facer o experimento só cun cabelo

.- Explicar cualitativamente o fenómeno da difracción a partir de datos experimentais.

.- Relacionar o grosor do cabelo coa distancia entre mínimos.

.- Que acontece no patrón de difracción se aumenta o grosor do pelo, sen variar D e lambda? Resposta a través dalgunha expresión teórica do fenómeno.

.- Pensas que o cabelo humano é un cilindro perfecto? Como pode afectar isto ao patrón luminoso formado? Resposta cualitativamente.