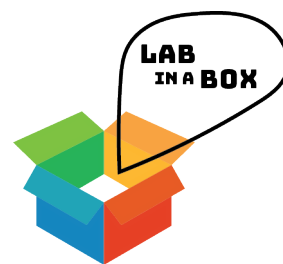


DIFRAÇÃO



Nesta atividade iremos observar o fenômeno de difração por um cabelo e usar a equação que descreve a posição angular dos mínimos da figura de difração para medir a sua espessura.

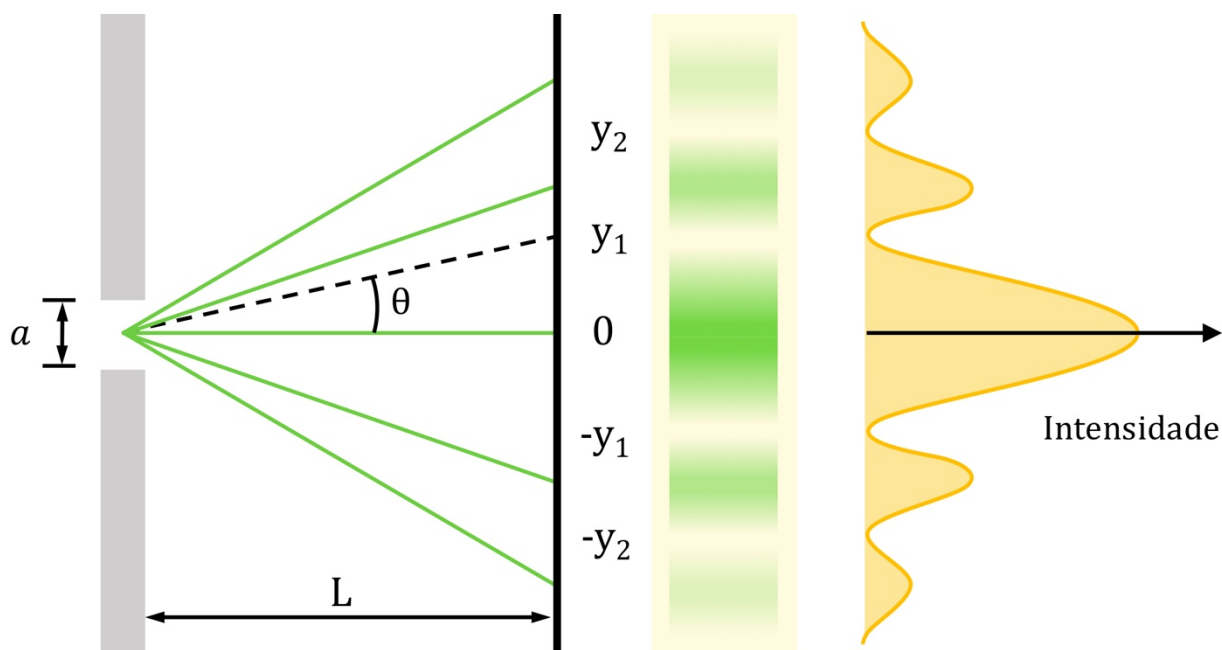
DISCIPLINA Física - 12º ano	PROGRAMA CURRICULAR Extracurricular
---------------------------------------	---

Qual a espessura de um cabelo?

O padrão de difração de luz que se observa quando a luz passa por uma fenda de abertura a pode ser determinado a partir das condições de interferência destrutiva de infinitos raios paralelos que atravessam a fenda, vindo para a posição angular dos mínimos

$$a \sin \theta = m \lambda$$

em que a é a largura da fenda, λ o comprimento de onda da luz utilizada, $m = \pm 1, \pm 2, \dots$ que representa cada um dos mínimos e θ a posição angular respectiva.



O padrão de difração produzido por um obstáculo de largura a é idêntico ao de uma fenda de largura a , pelo que a fórmula anterior permite também determinar a localização dos mínimos do padrão que se obtém por interposição de um objeto de largura a nesse mesmo feixe de luz.

Nesta experiência utiliza-se o padrão de difração para determinar a espessura de um cabelo.

EXPERIÊNCIAS

11 - Medir a espessura de um cabelo.

PRECEDÊNCIAS

11 - nenhuma

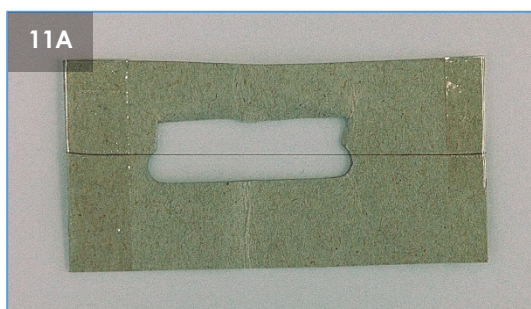
MATERIAL

- Laser; 🎨
- Plasticina; 🎨
- Fita-cola; 🎨
- Fita-métrica com 2 m ou mais;
- Cartão duro com cerca de 5 cm por 3 cm;
- X-ato; 🎨
- Régua; 🎨
- 1 cabelo (sugere-se a utilização de um cabelo fino);
- papel quadriculado e máquina de calcular (ou acesso a uma folha de cálculo para ajustes lineares).

PROCEDIMENTO

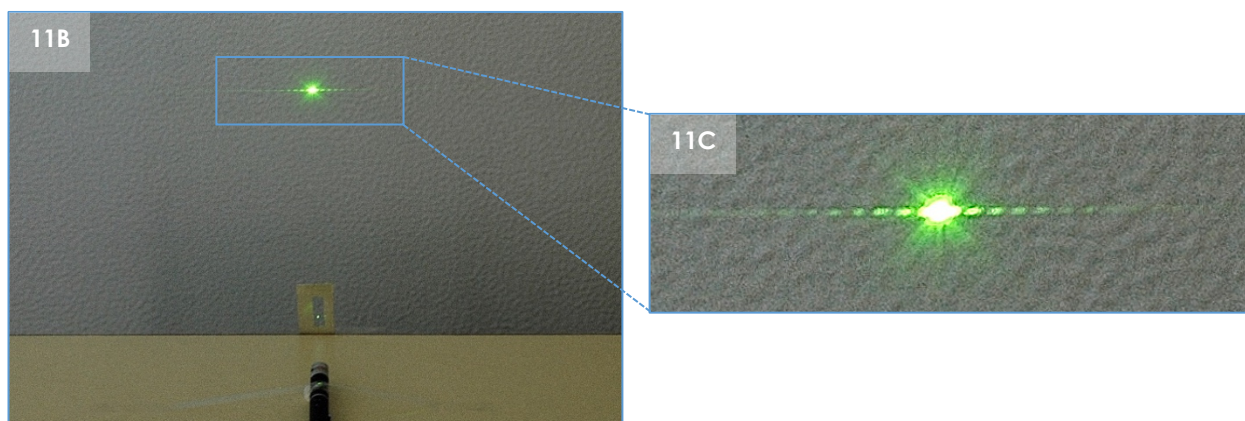
EXPERIÊNCIA 11 – Medir a espessura de um cabelo

1. Corta-se com o X-ato uma abertura com cerca de 1 cm por 3 cm no cartão duro.
2. Prende-se com a fita cola uma das extremidades do cabelo num dos extremos do cartão por forma a que ele possa atravessar o centro da ranhura ao longo da sua maior dimensão.
3. Prende-se o cabelo bem esticado com a fita cola no outro extremo do cartão (Fig. 11A).



4. A experiência é realizada em cima de uma mesa próxima de uma parede e com um dos lados paralelos a esta.
5. Prepara-se o lado da bancada paralelo à parede fixando o laser de acordo com o procedimento 7.1 perto da borda da mesa e apontado para a parede.

6. Cola-se com fita-cola o cartão com o cabelo à borda da mesa, de modo a que o laser incida no cabelo (Fig. 11B).



7. Mede-se a distância do cabelo ao ponto luminoso na parede alinhado com o laser (risca central).

8. Medem-se as distâncias da risca central ao ponto médio de cada zona escura da figura de difração à esquerda e à direita (mínimos de ordem superior) ao longo da parede (pelo menos três para cada lado) (Fig. 11C).

9. Calcula-se para cada uma das riscas ($m = -3, -2, -1, 1, 2$ e 3) os valores de θ (ângulo a partir do cabelo entre a direção da risca central e as direções dos mínimos de ordem superior).

10. Com os valores calculados constrói-se uma tabela com os valores de $m \lambda$ e $\text{sen} \theta$ a partir da qual se faz um gráfico de $m \lambda$ em função $\text{sen} \theta$ para os 6 pontos obtidos; verifica-se a partir deste gráfico que esta dependência é linear em que a é o declive da reta que passa aproximadamente pelos pontos experimentais.

11. Compara-se com os valores típicos para o cabelo humano de $20 \mu\text{m}$ a $200 \mu\text{m}$.

RESULTADOS ESPERADOS e CONCLUSÕES

EXPERIÊNCIA 11

Seguindo o procedimento, começámos por medir a distância do CD à risca central

$$L = 140,0 \text{ cm}$$

O erro experimental é superior ao da fita métrica, devido à dificuldade de medir esta distância. De seguida mediu-se a distância de cada um dos mínimos ao máximo central:

$$y_{-3} = -4,2 \text{ cm}$$

$$y_{-2} = -2,8 \text{ cm}$$

$$y_{-1} = -1,4 \text{ cm}$$

$$y_1 = 1,4 \text{ cm}$$

$$y_2 = 2,8 \text{ cm}$$

$$y_3 = 4,2 \text{ cm}$$

Aqui o erro experimental é superior ao da fita métrica devido à fraca definição da risca na parede, que se encontra ligeiramente esbatida.

O que precisamos de calcular é o valor de $\sin \theta$ para cada um dos mínimos obtidos. A distância do cabelo à parede, $L = 140,0 \text{ cm}$, corresponde ao cateto adjacente de um triângulo retângulo (com ângulo recto no máximo central) cujo cateto oposto é dado por y_{min} . Assim, para ângulos pequenos, temos:

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{c. o.}{c. a.} = \frac{y_{min}}{L}$$

O comprimento de onda do laser utilizado é $\lambda = 532 \text{ nm}$. Podemos organizar estes dados numa tabela como a seguinte:

Tabela 1 – Experiência 11.1

m	$m \lambda$ (nm)	y_{min} (cm)	$\sin \theta$	$\frac{m\lambda}{\sin \theta}$ (μm)
-3	- 1596	-4,2	-0,030	53
-2	- 1064	-2,8	-0,020	53
-1	- 532	-1,4	-0,010	53
0	0	0	0,000	-
1	532	1,4	0,010	53
2	1064	2,8	0,020	53
3	1596	4,2	0,030	53

A relação $m\lambda = d \times \sin \theta$ sugere uma relação linear entre $m\lambda$ e $\sin \theta$. Podemos verificar esta relação de 3 formas diferentes:

- Calcular $m\lambda/\sin \theta$ para todas as linhas da tabela e verificar que se obtém sempre o mesmo valor (última coluna da Tabela 1).

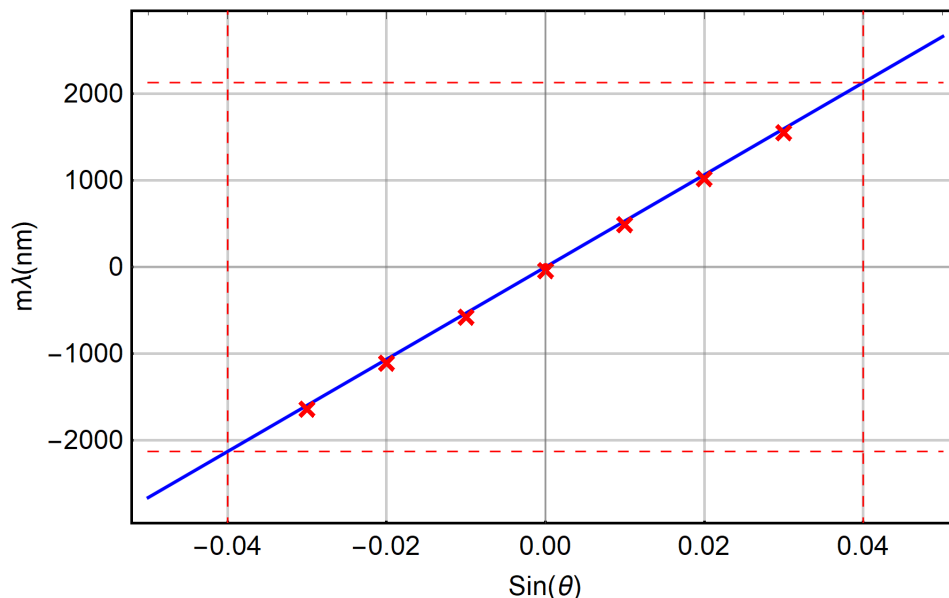
Obtém-se um valor médio $a = 53 \mu\text{m}$.

- b) Representar graficamente os pontos numa folha quadriculada e efetuar um ajuste linear à mão (desenhando com uma régua a reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos). Escolhendo dois pontos da reta, calcula-se o declive.

Se os pontos assinalados são $(-0,04; -2128)$ e $(0,04; 2128)$, como os representados no gráfico abaixo, então o declive é dado por:

$$a = \frac{2128 - (-2128)}{0,04 - (-0,04)} = 53 \mu\text{m}$$

- c) Representar graficamente os pontos usando, por exemplo, o Excel ou calculadora gráfica e efetuar o ajuste linear.



Representação gráfica dos dados da Tabela 1
(ajuste linear de equação $y = 53\,200x$, assinalaram-se os pontos $(-0,04; -2128)$ e $(0,04; 2128)$)

Do ajuste linear obtém-se o valor do declive $a = 53 \mu\text{m}$.

Para além de se verificar o comportamento linear, todos os métodos concordam no valor do declive. Conclui-se que a espessura do cabelo utilizado é $a = 53 \mu\text{m}$, que se encontra dentro do esperado para a espessura de um cabelo, por norma entre $20 \mu\text{m}$ a $200 \mu\text{m}$.

NOTAS PEDAGÓGICAS

Com a geometria utilizada, os ângulos são muito pequenos, pelo que $\sin \theta \approx \theta \approx \tan \theta$. Experimentalmente, calcula-se o θ recorrendo à distância ao ecrã e à distância entre os mínimos e o máximo central.