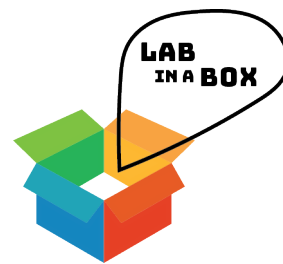


INTERFERÊNCIA



Nesta atividade iremos observar os máximos de interferência criados por uma rede de difração e medir a distância entre as pistas de um CD.

DISCIPLINA
Física - 12º ano

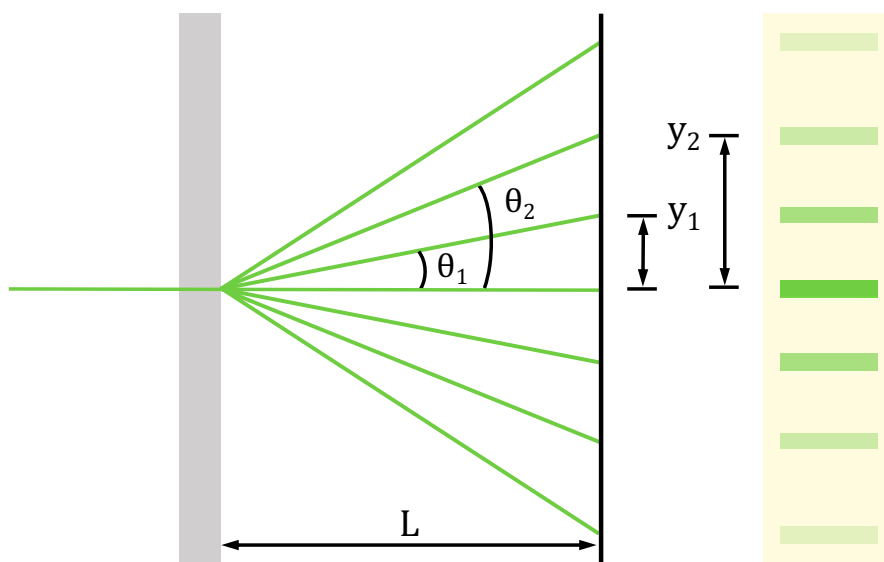
PROGRAMA CURRICULAR
Extracurricular

Como medir a distância entre as pistas de um CD?

A interferência entre fontes de luz ocorre quando há uma sobreposição de ondas coerentes, isto é, quando as condições que conduzem a uma adição ou cancelamento das ondas não varia no tempo. Quando a luz passa por uma rede de difração, são gerados múltiplos raios de luz com origens bem determinadas que por percorrerem trajetórias diferentes irão interferir construtivamente (reforçam a intensidade) em pontos bem definidos:

$$Nd \sin\theta = Nm \lambda$$

em que N é o número de intervalos entre raios paralelos com origem na rede, d a distância entre eles, λ o comprimento de onda da luz utilizada, m um número inteiro que representa cada um dos máximos ($m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) e θ a posição angular respetiva. Quanto maior o N , mais estreitas ficam as riscas no ecrã.



Na primeira experiência utiliza-se um CD para determinar os máximos de interferência de um raio laser que o atravessa e com essa informação calcular a distância entre as pistas de CD.

De seguida usa-se o CD para observar o espectro da radiação visível.

Sugere-se também uma experiência complementar com um DVD que permitirá comparar o efeito do espaçamento entre as fontes dos raios de luz no padrão de interferência.

EXPERIÊNCIAS

10.1 - Medir a distância entre as pistas de um CD.

10.2 - Observar o espectro da radiação visível.

PRECEDÊNCIAS

10.1 - nenhuma

10.2 - 10.1

MATERIAL

- Laser;
- Plasticina;
- Fita-cola;
- Fita adesiva larga de embalar (normalmente castanha);
- CD;
- Fita-métrica com 2 m ou mais;
- Papel quadriculado e máquina de calcular (ou acesso a uma folha de cálculo para ajustes lineares);
- Uma fonte de luz numa zona obscurecida.

PROCEDIMENTO

EXPERIÊNCIA 10.1 – Medir a distância entre as pistas de um CD

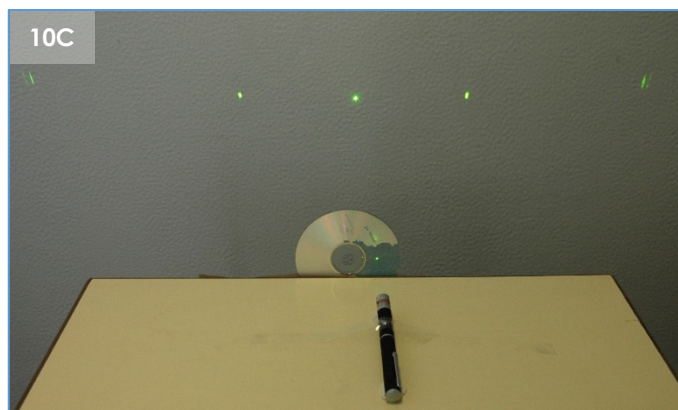
1. Remove-se alguma da película refletora do CD para se obter uma zona transparente por onde se fará passar a luz do laser; isto pode ser feito colando fita adesiva de embalar ao longo de um raio do CD na parte superior (o lado da etiqueta) e puxando rapidamente da periferia para o centro. Repete-se este processo até se conseguir remover um pedaço de película refletora, construindo assim uma *janela* por onde irá passar o laser (Fig. 10A e 10B).



2. A experiência é realizada em cima de uma mesa próxima de uma parede e com um dos lados paralelos a esta.

3. 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.

4. Cola-se o CD com fita-cola à borda da mesa, de modo a que o laser passe pela *janela* fabricada no CD; a altura do CD deve ser ajustada para que os pontos dos máximos de interferência na parede apareçam na horizontal (Fig. 10C).



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

6. Medem-se as distâncias da risca central aos pontos luminosos à esquerda e à direita (riscas de ordem superior) ao longo da parede.

7. Calcula-se para cada uma das riscas de ordem superior ($m = -2, -1, 1$ e 2) os valores de θ (ângulo a partir da superfície do CD entre a direção da risca central e as direções das riscas de ordem superior); a estes adicionam-se os valores relativos à risca central ($m = 0$ e $\theta = 0$).

8. Com os valores obtidos 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 de $\text{sen} \theta$ para os 5 pontos; verifica-se a partir deste gráfico que esta dependência é linear em que d é o declive da reta que passa aproximadamente pelos pontos experimentais.

9. Compara-se com o valor de $1,6 \mu\text{m}$ para a distância entre as pistas usado na fabricação dos CD.

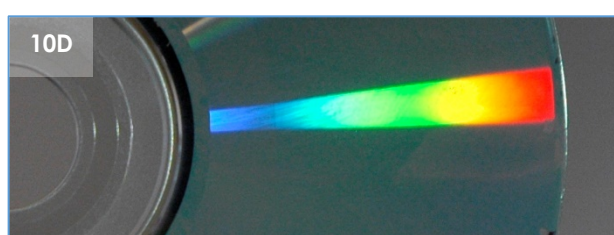
EXPERIÊNCIA 10.2 – Observar o espectro da radiação visível

1. Utiliza-se uma fonte de luz numa sala obscura (filamento de uma lâmpada de um candeeiro, armadura de lâmpadas fluorescentes de teto, led de iluminação de um telemóvel, etc.).

2. Coloca-se a zona do CD transparente junto ao olho.

3. Olha-se para a fonte de luz.

4. Observa-se a luz ao centro e o seu espectro separado (e simétrico) à esquerda e à direita (Fig. 10D).



RESULTADOS ESPERADOS e CONCLUSÕES

EXPERIÊNCIA 10.1

Começamos por medir a distância do CD à risca central,

$$L = 142,0 \text{ cm}$$

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

$$y_{-2} = -151,5 \text{ cm}$$

$$y_{-1} = -55,0 \text{ cm}$$

$$y_1 = 53,5 \text{ cm}$$

$$y_2 = 138,0 \text{ cm}$$

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

Em relação ao ângulo, o que precisamos de calcular é o valor de $\sin \theta$ para cada um dos máximos obtidos. A distância do CD à parede, $L = 142,0 \text{ cm}$, corresponde ao cateto adjacente de um triângulo retângulo (com ângulo reto no máximo central) cujo cateto oposto é dado por y_{max} . Para calcular o $\sin \theta$, precisamos da hipotenusa, h .

$$\sin \theta = \frac{c.o.}{h} \quad h = \sqrt{L^2 + y_{max}^2}$$

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

Tabela 6 – Experiência 10.1

m	$m \lambda$ (nm)	y_{max} (cm)	h (cm)	$\sin \theta$	$d = \frac{m\lambda}{\sin \theta}$ (nm)
-2	- 1064	-151,5	207,6	- 0,73	1458
-1	- 532	-55,0	152,3	- 0,36	1478
0	0	0	142,0	0	-
1	532	53,0	151,6	0,35	1520
2	1064	138,0	198,0	0,70	1520
					$\bar{d} = 1494$

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:

- a) 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 $d = 1494 \text{ nm} = 1,494 \mu\text{m}$.

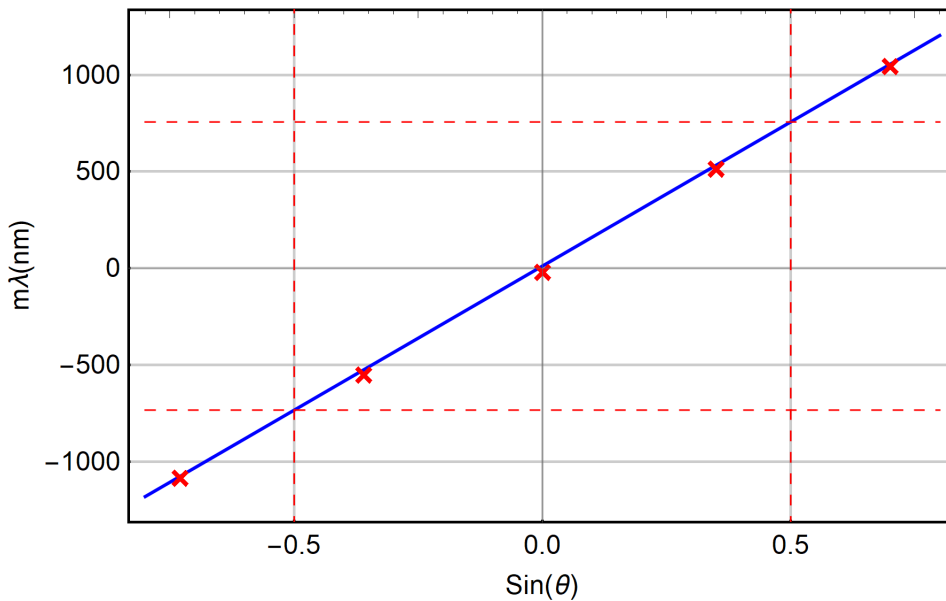
- b) Representar graficamente os pontos numa folha quadriculada e efetuar um ajuste linear à mão (desenhando com uma régua a reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos).

Escolhendo dois pontos da reta, calcula-se o declive.

Se os pontos assinalados são $(-0,5; -733)$ e $(0,5; 757)$, como os representados no gráfico abaixo, então o declive é dado por:

$$d = \frac{757 - (-733)}{0,5 - (-0,5)} = 1490 \text{ nm}$$

- 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 $y = 1490x + 12$; assinalaram-se os pontos $(-0,5; -733)$ e $(0,5; 757)$)

Do ajuste linear obtém-se o valor do declive $d = 1490 \text{ nm} = 1,490 \mu\text{m}$.

Para além de se verificar o comportamento linear, todos os métodos concordam no valor do declive. Conclui-se que a distância entre as pistas do CD utilizado é $d = 1,490 \mu\text{m}$, muito próximo do valor de referência.

EXPERIÊNCIA 10.2

Olhando para a luz através do CD, observamos o espetro da luz visível. Este corresponde ao máximo de ordem $m=1$ no padrão de interferência da luz branca ao passar pelas pistas do CD. Uma vez que as posições dos máximos dependem de λ , comprimentos de onda diferentes vão ter máximos para ângulos diferentes e, conseqüentemente, y_{max} será diferente.

O resultado é a separação dos diferentes comprimentos de onda (cores) do espetro visível que compõem a luz branca (que é a soma dos diferentes comprimentos de onda). Como podemos prever pela expressão $m\lambda = d \sin \theta$, quanto maior o comprimento de onda, mais afastado o máximo se encontra do centro, pelo que devemos observar o espetro a começar na luz violeta (comprimento de onda menor) e a acabar na luz vermelha (comprimento de onda maior).

NOTAS PEDAGÓGICAS

Nas experiências 10.1, dependendo da faixa etária, pode substituir-se a determinação gráfica do d por cálculos independentes e uma média simples.

NOTAS CURRICULARES

Efeito do espaçamento entre as fontes dos raios de luz no padrão de interferência:

Adicionalmente o professor poderá utilizar um DVD para verificar experimentalmente o efeito do espaçamento entre as fontes dos raios de luz no padrão de interferência repetindo o procedimento 10.1 mas com um DVD (a distância entre as pistas é bem menor):

- Como um DVD é constituído por dois discos sobrepostos, antes de retirar a película refletora, é necessário separar os discos um do outro: introduz-se com muito cuidado a ponta de um x-ato na borda do disco e com um ligeiro movimento de torção tenta-se separar os dois discos (em muitos DVDs comerciais é difícil separar estes dois discos pelo que é importante experimentar em diferentes tipos de DVD e em particular recorrer também a DVDs graváveis, em geral mais fáceis de separar);
- Repete-se o procedimento 10.1 usando agora um dos dois discos obtidos a partir do DVD original;
- Um DVD é fabricado com uma distância entre pistas de 740 nm.