

Os números dos capítulos, das seções e dos exercícios são os da 12ª edição do livro Física IV de Sears e Zemansky. Os números entre parênteses se referem aos capítulos, às seções e aos exercícios correspondentes da 10ª edição.

Capítulo 35(37): Interferência

- Número de aulas: **3 aulas** de 16/9 a 24/9
- Seções do livro texto: *35.1 Interferência e Fontes Coerentes; 35.2 Interferência da Luz Produzida por Duas Fontes; 35.3 Intensidade das Figuras de Interferência; 35.4 Interferência em Películas Finas e 35.5 O Interferômetro de Michelson (37.1 a 37.6)*
- Exercícios sugeridos: 35.9(37.11), 35.11(37.9), 35.18(37.8), 35.23(37.13), 35.27(37.19), 35.32(37.26), 35.36(37.24), 35.37(37.27), 35.44(37.38), 35.52(37.46), 35.54(37.46), 35.58(37.50).

Seção 33.7(34.8): Princípio de Huygens e Capítulo 36(38): Difração

- Número de aulas: **3 aulas** de 25/9 a 3/10
- Seções do livro texto: *33.7(34.8) Princípio de Huygens e 36.1 Difração de Fresnel e Difração de Fraunhofer; 36.2 Difração Produzida por uma Fenda Simples; 36.3 Intensidade na Difração Produzida por uma Fenda Simples; 36.4 Fendas Múltiplas; 36.5 Rede de Difração; 36.6 Difração de Raios X e 36.7 Orifícios Circulares e Poder de Resolução (38.1 até 38.8)*
- Exercícios sugeridos: 36.18(38.12), 36.21(38.15), 36.25(38.19), 36.36(38.22), 36.45(38.35), 36.53(38.39), 36.67(38.51), 36.62(38.52), 36.69(38.53), 36.72(38.58).

Capítulo 38(40): Fótons, Elétrons e Átomos

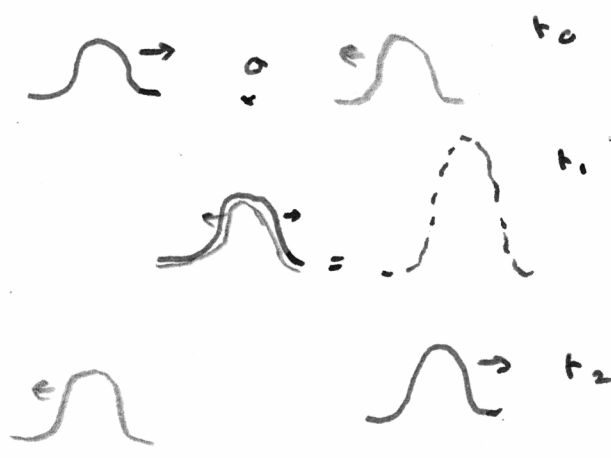
- Número de aulas: **2 aulas** de 7/10 a 10/10
- Seções do livro texto: *38.8(40.9) Espectro contínuo e 38.2(40.3) O Efeito Fotoelétrico*
- Exercícios sugeridos: 38.42(40.36), 38.77(40.65), 38.4(40.2), 38.12(40.8), 38.13(40.7), 38.14(40.9), 38.18(40.12), 38.55(40.47).

P2 em 15 de outubro às 13:10

superposição de pulsos:

Introdução
aula 8

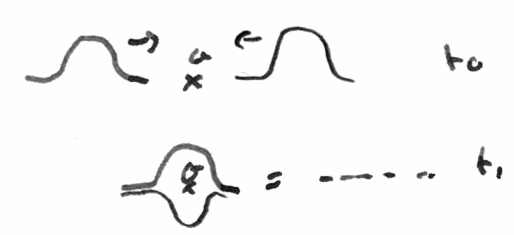
1



o a igual dist. das 2 fontes
i.e. $\Delta x = 0$

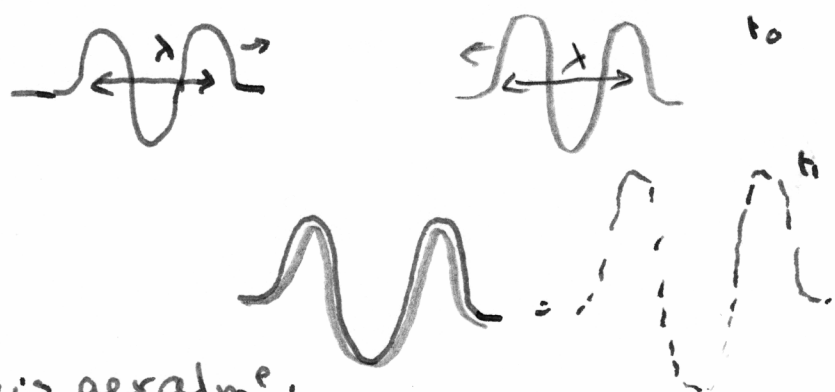
interf. construtiva em 0

2



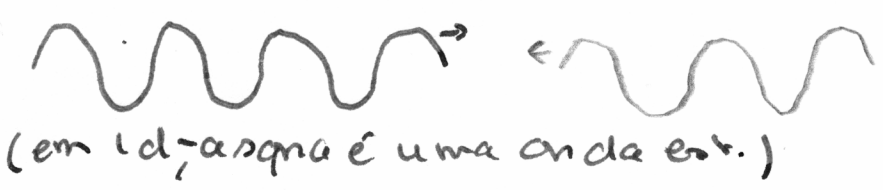
interf. destr. em 0

3



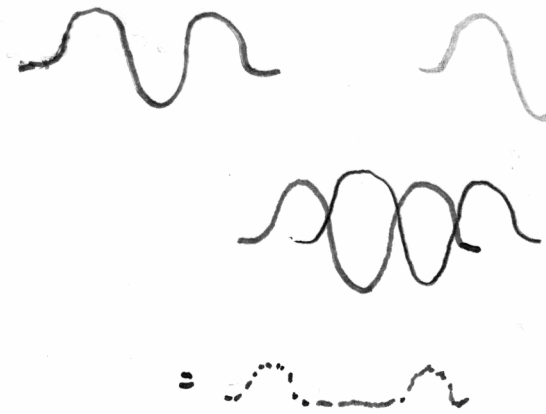
interf. const. nos pontos
que tem $\Delta x = \lambda, 0, 2\lambda$

Mais geralm^e!



interf. const. nos pontos
com $\Delta x = m\lambda$ $m = 0, \pm 1, \pm 2$

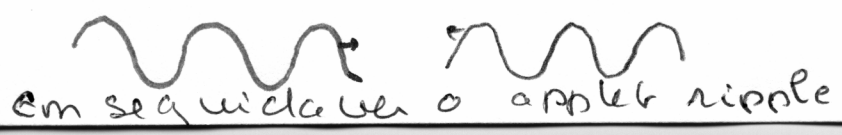
4



existe esta configuração antes de t,
i.e. pontos com interf. destr.
eles tem $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$ e $\frac{3\lambda}{2}$

Mais geralmente

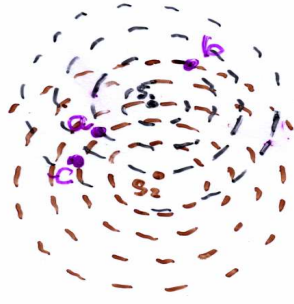
tem interf. destr. para



$\Delta x = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $m = 0, \pm 1, \dots$

java -jar ripple.jar

Condição de interferência em termo de caminho percorrido



Supomos S_1 e S_2 em fase.
 a está equidistante de S_1 e $S_2 \Rightarrow$ as ondas saem de S_1 e S_2 em fase e chegam em a em fase
 \Rightarrow as ondas se somam em a e a amplitude resultante é o dobro da amplitude de S_1 e S_2 .

Analogamente a distância de b a S_2 é 3λ maior do que a distância de b a S_1 , que é 2λ
 \Rightarrow uma crista proveniente de S_1 chega em b $\frac{3}{2}$ ciclos ^{antes} que uma crista emitida no mesmo instante em $S_2 \Rightarrow$ as cristas chegam em fase em b \Rightarrow as ondas se somam como no caso anterior.

Quando as ondas provenientes de várias fontes chegam em fase em um ponto, a amplitude resultante é soma das amplitudes individuais. Isto se chama INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA.

Como vimos, isto ocorre quando as diferenças de caminho satisfazem:

$$k(r_2 - r_1) = m 2\pi$$

$$\Downarrow$$

$$r_2 - r_1 = m \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

interferência construtiva
 as fontes em fase.

Para pontos como c, a diferença de caminho é um número semi-inteiro de $\lambda \Rightarrow$

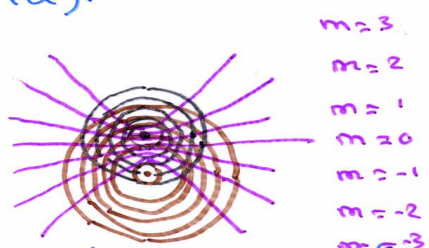
As ondas chegam a e com uma diferença de fase de meio ciclo \Rightarrow uma crista de s_1 chega ao mesmo tempo do que uma crista invertida de $s_2 \Rightarrow$ a amplitude resultante é nula.

$$k(r_2 - r_1) = m 2\pi + \pi$$

$$r_2 - r_1 = (m + \frac{1}{2}) \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

interferência destrutiva
pl fontes em fase

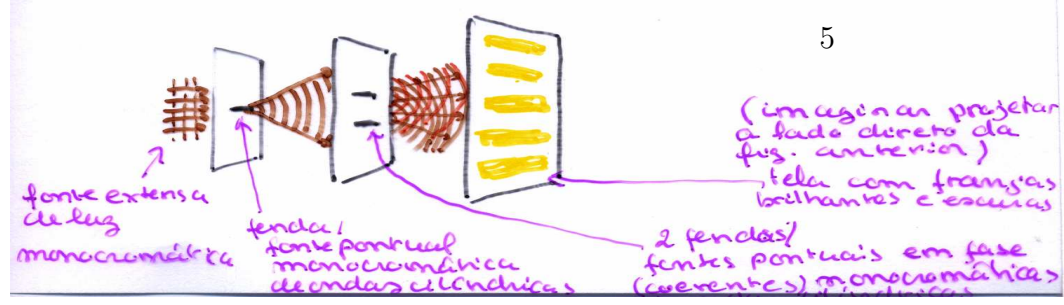
Pode-se representar as curvas onde há interferência construtiva. São chamadas curvas antinodais (mas a onda resultante das ondas emitidas por s_1 e s_2 não é estacionária).



$$s_1 = A(r_1) \cos(kr_1 - \omega t) \quad s_2 = A(r_2) \cos(kr_2 - \omega t)$$

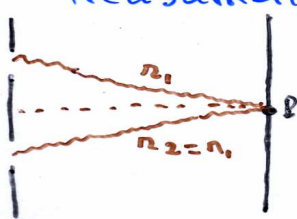
Se $A(r_1) \sim A(r_2) \sim A$: $s = s_1 + s_2 \sim 2A \cos\left[\frac{k(r_1 + r_2)}{2}\right] \cos\left[\frac{k(r_1 - r_2)}{2} - \omega t\right]$
 nós fixos e nos antinós: $s = 2A \cos(kr - \omega t)$ \forall k e ω \Rightarrow interferência construtiva

Experiência de dupla fenda (du de Young)

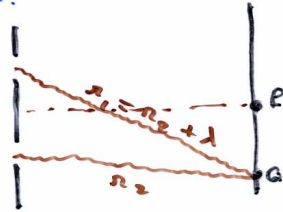


FILIPAPER
 FOTOCOPIADORA P&B
 IMPRIMIR NO OUTRO LADO

60 O fato de ver uma série de franjas e não só 2, correspondendo as 2 fendas não é óbvio. Vem da natureza ondulatória da luz, que permite o fenômeno de interferência. Precisamente:



$n_2 - n_1 = 0 \Rightarrow$ franja brilhante em P

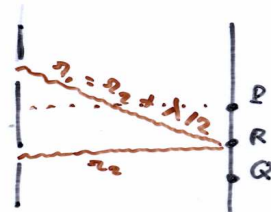


$n_2 - n_1 = \lambda \Rightarrow$ franja brilhante em Q

$$\vec{E}_1(P) \propto \cos(k(n_2 + \lambda) - \omega t) \hat{u}$$

$$\propto \cos(kn_2 - \omega t) \hat{u}$$

$$= \vec{E}_2(P)$$



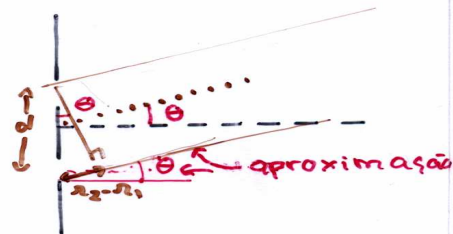
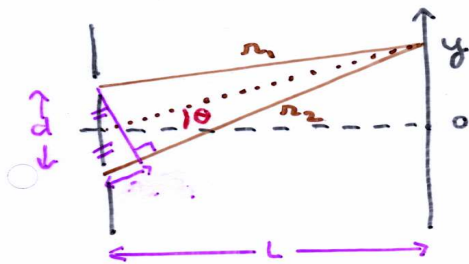
$n_2 - n_1 = \lambda/2 \Rightarrow$ franja escura em R

$$\vec{E}_1(P) \propto \cos(k(n_2 + \lambda/2) - \omega t) \hat{u}$$

$$\propto \cos(kn_2 - \omega t + \pi) \hat{u}$$

$$= -\vec{E}_2(P)$$

Vamos re-escrever as condições de interferência construtiva e destrutiva usando a geometria do problema.



Se $L \gg d$, podemos fazer a aproximação de raios paralelos e calcular

$$n_2 - n_1 = d \sin \theta$$

com $\theta =$ ângulo ao eixo horizontal

Se $d \gg \lambda$, temos

$$\sin \theta \sim \tan \theta = \frac{y}{L}$$

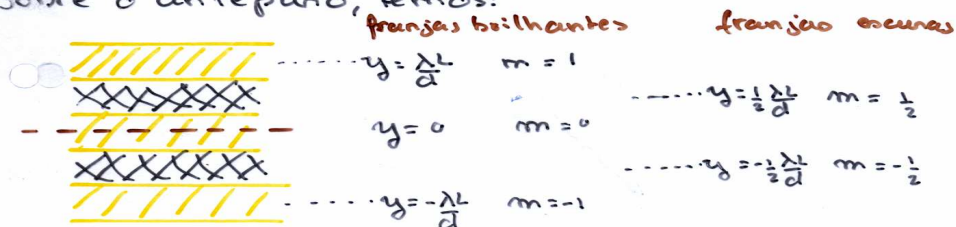
(pois a escala $p/\sin \theta \ll$ da ordem λ/d)

* Para ondas esféricas ou cilíndricas, E_m depende de r , mas isto é desprezível.

Podemos usar estas formulas que valem para qualquer n_1 ou n_2 (se $L \gg d$ e $d \gg \lambda$) para localizar as franjas sobre o anteparo:

brilhante:	$n_2 - n_1 = d \sin \theta = d \frac{y}{L}$	$\Leftrightarrow y = \frac{\lambda L}{d} m$
	$= m \lambda$	
escura:	$n_2 - n_1 = d \sin \theta = d \frac{y}{L}$	$\Leftrightarrow y = \frac{\lambda L}{d} (m + \frac{1}{2})$
	$= (m + \frac{1}{2}) \lambda$	

Sobre o anteparo, temos:



[obs.: y em cada caso é o meio da franja]

Exemplo:

É uma experiência com fenda dupla, a distância entre fendas é $0,20 \text{ mm}$ e a tela está a $1,0 \text{ m}$. A terceira franja brilhante acima da do meio forma-se a $7,5 \text{ mm}$ dela. Qual é o valor de λ ?

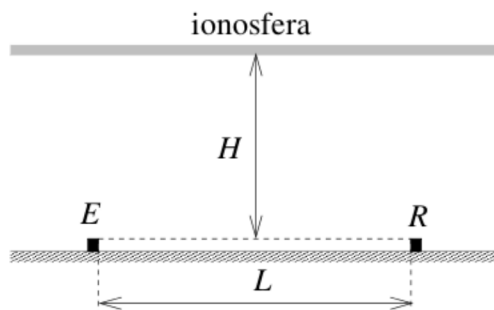
aquí $m=3$, assim $y = 7,5 \text{ mm} = 3 \frac{\lambda L}{d}$

$\Rightarrow \lambda = 7,5 \text{ mm} \times \frac{d}{3L} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3} \times 0,20 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 1,0} = 500 \text{ nm}$

Física IV - 4320402
Escola Politécnica - 2012
GABARITO DA P2
16 de outubro de 2012

Questão 1

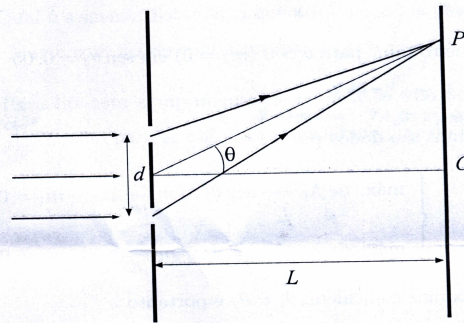
Ondas longas de rádio, com comprimento de onda λ , de uma estação radioemissora E podem chegar a um receptor R por dois caminhos diferentes. Um deles é uma trajetória retilínea do emissor até o receptor, a uma distância L . O segundo envolve uma reflexão na ionosfera (camada de moléculas de ar ionizadas, quase no topo da atmosfera) que está a uma altura H da superfície da Terra. Admita que a reflexão ocorra num ponto a meio caminho do emissor e do receptor e que a onda sofra uma mudança de fase de π radianos ao ser refletida pela ionosfera.



- (a) (1,5 ponto) Que condições devem ser obedecidas entre H , L e λ para que haja uma interferência destrutiva entre o feixe direto e o feixe refletido?
- (b) (0,5 ponto) A ionosfera começa a uma altura de aproximadamente 90 km. Se a frequência do emissor é igual a 50 kHz e a distância L entre a estação e o receptor é igual a 240 km mostre que nenhum sinal é recebido pelo receptor. Dado: velocidade da luz $c = 300\,000$ km/s.

Questão 2

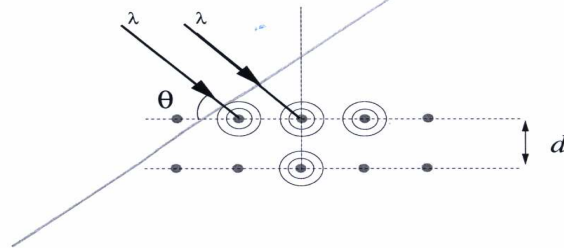
Em um experimento de Young, a separação $d = 6 \mu\text{m}$ entre as fendas é muito maior do que a largura delas. A luz que parte das fendas incide sobre um anteparo localizado a uma distância $L \gg d$ muito grande, paralelo ao plano das fendas. Uma luz composta por duas ondas de comprimentos de onda λ_1 e λ_2 incide normalmente sobre o plano das fendas. São observados dois padrões de interferência no anteparo, cada um deles correspondendo a uma das componentes.



- (a) (0,5 ponto) A componente com λ_1 produz o primeiro máximo para $\theta > 0$, a um ângulo de observação θ_1 tal que $\text{sen } \theta_1 = 0.08$. Determine λ_1 .
- (b) (0,5 ponto) A componente com λ_2 produz o primeiro mínimo para $\theta > 0$, a um ângulo de observação θ_2 tal que $\text{sen } \theta_2 = 0.05$. Determine λ_2 .
- (c) (1,0 ponto) Para $\theta = 0$ os máximos de λ_1 e λ_2 se sobrepõem. Qual é o menor valor de $\theta > 0$ para o qual os máximos de λ_1 e λ_2 vão se sobrepor novamente?

Questão 3

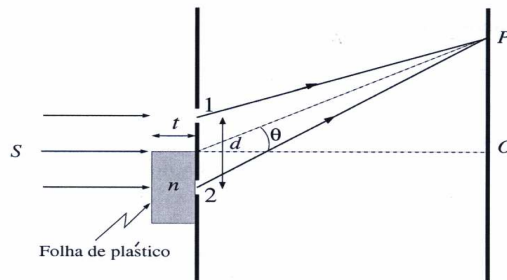
- (I) (1,5 ponto) Numa experiência de Young, duas fendas separadas de 1,5 mm, são iluminadas com luz de comprimento de onda igual a 600 nm. As franjas brilhantes de interferência são observadas em um anteparo a uma distância de 3 m do plano das fendas. Determine o espaçamento entre estas franjas.
- (II) (1,0 ponto) Deduza a condição de interferência construtiva para um raio X de comprimento de onda λ incidindo num cristal formando um ângulo θ com os planos cristalinos espaçados de d , conforme mostra a figura.



Física IV - 4320402
Escola Politécnica - 2010
GABARITO DA P2
19 de outubro de 2010

Questão 1

Uma folha de plástico, com índice de refração n e espessura t , é usada para cobrir uma das fendas em um experimento de Young (fenda 2 na figura). As fendas são iluminadas perpendicularmente com luz monocromática de comprimento de onda λ_0 (valor no vácuo), que parte de uma fonte de luz S pontual muito distante. A tela de observação é paralela e muito distante do anteparo. A largura das fendas é desprezível em relação à distância d entre elas.



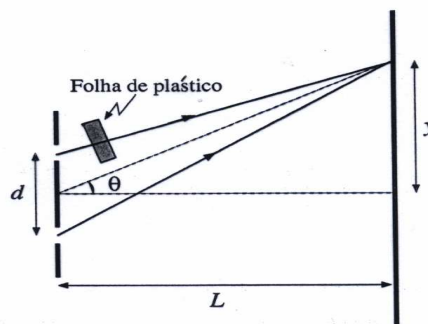
- (a) (1,5 ponto) Determine a diferença de fase $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ entre as ondas que partem da fenda 2 e da fenda 1, contribuindo para a intensidade da luz em um ponto P da tela indicado pela posição angular θ .
- (b) (1,0 ponto) Determine a espessura mínima t_{\min} da folha de plástico para que o ponto O no centro da tela fique escuro (interferência destrutiva).

Física IV

Escola Politécnica - 2008
 FAP 2204 - GABARITO DA P2
 21 de outubro de 2008

Questão 1

Considere a experiência da dupla fenda. O comprimento de onda da luz utilizada é λ_0 , a separação das fendas é d e a distância à tela é igual a L ($L \gg d$). Uma folha delgada de plástico, com espessura ϵ e índice de refração n , é colocada perto da fenda de cima. Como $L \gg d$ os raios mostrados na figura abaixo são aproximadamente paralelos.



- (a) (1,5 ponto) Deduza a condição para haver interferência construtiva entre as ondas provenientes das duas fendas. Escreva sua resposta em função de d , θ , ϵ , λ_0 , e n .
- (b) (1,0 ponto) Devido à folha de plástico, o máximo central da figura de interferência se desloca de uma distância y para cima. Para $d = 0,3 \text{ mm}$, $L = 1 \text{ m}$, $\epsilon = 0,05 \text{ mm}$ e $n = 1,5$ calcule a distância de deslocamento (o resultado independe de λ_0).

Questão 2

Uma fonte de luz emite luz com dois comprimentos de onda λ_1 e λ_2 com $\lambda_2 > \lambda_1$. A fonte é usada na experiência de Young de dupla fenda. A distância entre as fendas é d e a observação das franjas de interferência é feita num anteparo a uma distância $L \gg d$ das fendas. Os ângulos de observação das franjas são tais que $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$.

- (0,5 ponto) Faça um esquema da experiência indicando na figura L , d e θ .
- (1,0 ponto) Sabendo que o máximo de terceira ordem da luz com comprimento de onda λ_1 é observado no anteparo num ponto com ordenada y_3 , calcule o comprimento de onda λ_1 .
- (1,0 ponto) Determine a distância de separação no anteparo entre os máximos de segunda ordem correspondentes aos comprimentos de onda λ_1 e λ_2 .