Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Departamento de Física
FIS01044
UNIDADE III

Difração

Lista de Problemas

Problemas extraídos de "HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de física 4: ótica e física moderna.** 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996, cap. 41". O número do problema no original é indicado entre parêntesis.

Problemas:

1) (2) Sobre uma fenda estreita incide luz monocromática de 441 nm. Num anteparo, a 2,00 m de distância, o afastamento linear entre o segundo mínimo de difração e o máximo central é de 1,50 cm.
   a) Calcule o ângulo de difração θ deste segundo mínimo.
   b) Ache a largura da fenda.

(**Resposta**: (a) 0,43°; (b) 0,118 mm)

2) (3) Luz de comprimento de onda de 633 nm incide sobre uma fenda estreita. O afastamento angular entre o primeiro mínimo de difração, num lado do máximo central, e o primeiro mínimo no outro lado é 1,20°. Qual é a largura da fenda?

(**Resposta**: 60,4 μm)

3) (5) Em uma figura de difração de fenda única, a distância entre o primeiro e o quinto mínimo é de 0,35 mm. O anteparo dista 40 cm da fenda e o comprimento de onda da luz usada é de 550 nm.
   a) Encontre a largura da fenda.
   b) Calcule o ângulo θ do primeiro mínimo de difração.

(**Resposta**: (a) 2,5 mm; (b) $2{,}2 \times 10^{-4}$ rad.)

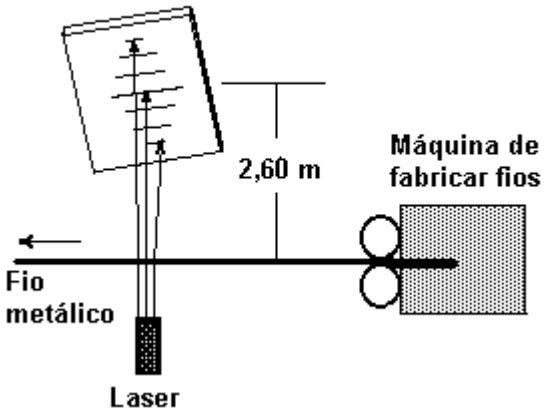
4) (7) Uma onda plana, de comprimento de onda igual a 590 nm, incide numa fenda com a = 0,40 mm. Uma lente convergente delgada, com distância focal igual a + 70 cm, é colocada atrás da fenda e focaliza a luz sobre o anteparo.
   a) A que distância está o anteparo da lente ?
   b) Qual é a distância, sobre o anteparo, entre o centro da configuração de difração e o primeiro mínimo ?

(**Resposta**: (a) 70 cm; (b) 1 mm.)

5) (9) Ondas sonoras, com freqüência de 3000 Hz e velocidade escalar de 343 m/s, difratam-se pela abertura retangular de uma caixa de alto-falante, para o interior de um grande auditório. A abertura, que tem uma largura horizontal de 30,0 cm, está a 100 m distante de uma parede. Em que ponto dessa parede um ouvinte estará no primeiro mínimo de difração e terá, por isso, dificuldade em ouvir o som?

(**Resposta**: 41,2 m, a partir da perpendicular ao alto-falante.)

6) (10) Os fabricantes de fios metálicos (e de outros objetos de pequenas dimensões) usam, as vezes, raios laser para controlar continuamente a espessura do produto. O fio intercepta um feixe de laser produzindo uma figura de difração semelhante àquela de uma fenda única com largura igual ao diâmetro do fio (veja figura ao lado). Suponhamos que um laser de He-Ne, de comprimento de onda de 632,8 nm, ilumine um fio e que a figura de difração seja observada sobre um anteparo a 2,60 m de distância. Se o diâmetro desejado para o fio é de 1,37 mm, qual é a distância, no anteparo, entre os dois mínimos de décima ordem (de um lado e do outro lado do máximo central)?



(**Resposta**: 24,0 mm.)

7) (11) Uma fenda de 0,10 mm de largura é iluminada por luz de comprimento de onda de 589 nm. Considere os raios que são difratados a $\theta = 30°$ e calcule a diferença de fase, no anteparo, entre as ondas de Huygens provenientes do topo e do ponto médio da fenda.

(**Resposta**: 160°)

8) (12) Luz monocromática com comprimento de onda igual a 538 nm incide sobre uma fenda de largura igual a 0,025 mm. A distância entre a fenda e o anteparo é de 3,5 m. Considere um ponto no anteparo a 1,1 cm do máximo central.
   a) Calcule θ
   b) Calcule α ($= \varphi / 2$).

c) Calcule a razão entre a intensidade deste ponto e a intensidade do máximo central.

(**Resposta**: (a) 0,18°; (b) 0,459 rad; (c) 0,932.)

9) (18) Os dois faróis de um automóvel que se aproxima estão afastados por 1,4 m. Com quais valores (a) da separação angular e (b) da distância máxima a vista conseguirá resolvê-los ? Considere o diâmetro da pupila do observador de 5,0 mm e o comprimento de onda de 550 nm. Considere também que a resolução seja determinada exclusivamente pelos efeitos da difração.

(Resposta: (a) 1,34 x 10^{-4} rad; (b) 10,4 km.)

10) (23) Estime, sob condições ideais, a separação linear de dois objetos, na superfície do planeta Marte que possam ser resolvidos por um observador na Terra usando (a) a vista desarmada e (b) o telescópio de 5,1 m do Monte Palomar. Use os seguintes dados: distância a Marte = 8,0 x 10^{7} km; diâmetro da pupila = 5,0 mm; comprimento de onda da luz = 500 nm.

(**Resposta**: (a) 10,74 x 10^{+3} km; (b) 10,5 km.)

11) (24) Se o Super-Homem tivesse realmente a visão de raios X para um comprimento de onda 0,10 nm e uma pupila de diâmetro igual a 4,0 mm, qual deveria ser a altitude máxima para ele poder distinguir os bandidos dos mocinhos, supondo que para isso ele precise resolver pontos separados por 5,0 cm.

(**Resposta**: 1640 km.)

12) (25) O cruzador de uma frota de guerra utiliza radar com um comprimento de onda de 1,6 cm A antena circular tem um diâmetro de 2,3 m. Num alcance de 6,2 km, qual deverá ser a menor distância entre duas lanchas para que elas sejam detectadas com dois objetos distintos pelo sistema de radar ?

(**Resposta**: 53 m.)

13) (28) Um diafragma circular de 60 cm de diâmetro de uma fonte sonora imersa em água, para detecção submarina, oscila com uma freqüência de 25 kHz. Longe da fonte, a intensidade do som é distribuída como uma configuração de difração de um orifício circular cujo diâmetro é igual ao valor do diâmetro do diafragma.
a) Considerando a velocidade do som na água igual a 1450 m/s, determine o ângulo entre a normal ao diafragma e a direção do primeiro mínimo.
b) Repita os cálculos para uma fonte com uma freqüência (audível) de 1,0 kHz.

(**Resposta**: (a) 6,7°; (b) Como 1,22λ > d, não existe nenhuma resposta para 1,0 kHz.)

14) (35) Suponhamos que a envoltória central de difração, da figura de difração em uma fenda dupla, contenha 11 franjas brilhantes. Quantas franjas brilhantes estão entre o primeiro e o segundo mínimos da envoltória ?

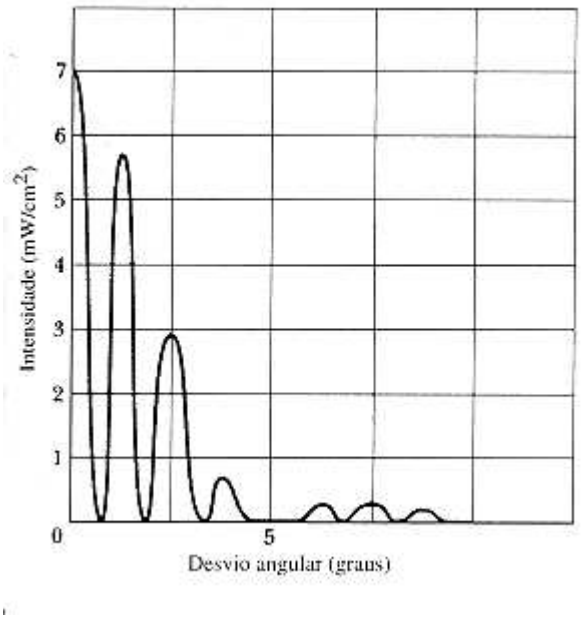
(**Resposta**: 5.)

15) (40) (a) Quantas franjas (completas) aparecem entre os primeiros mínimos da envoltória de franjas, de ambos os lados do máximo central, na figura de difração de uma fenda dupla se $\lambda = 550$ nm, $d = 0{,}150$ mm e $a = 30{,}0$ μm ?

(b) Qual é a razão entre a intensidade da terceira franja, sem contar a central, e a intensidade da franja central ?

(**Resposta**: (a) 9; (b) 0,255.)

16) (41) A luz, de comprimento de onda 440 nm, passa por uma fenda dupla produzindo uma figura de difração cujo gráfico da intensidade I contra o desvio angular θ é mostrado na figura abaixo. Calcule:
a) a largura da fenda;
b) a separação entre as fendas;
c) Verifique as intensidades mostradas para as franjas de interferência com $m = 1$ e $m = 2$.



(**Resposta**: (a) 5,05 μm; (b) 20,2 μm; (c) $I/I_o = 81\%$ ($m = 1$); $I/I_o = 40{,}5\%$ ($m = 2$).)

17) (43) Uma rede de difração, com 20,0 mm de largura, tem 6.000 ranhuras.
a) Calcule a distância d entre as larguras adjacentes.
b) Sob que ângulos ocorrerão os máximos de intensidade se a radiação incidente tiver um comprimento de onda de 589 nm?

(**Resposta**: (a) 3330 nm; (b) 0; $\pm 10{,}2°$; $\pm 20{,}7°$; $\pm 32{,}0°$; $\pm 45{,}0°$; $\pm 62{,}0°$.)

18) (48) Uma rede de difração com 1,0 cm de largura tem 10.000 ranhuras paralelas. Luz monocromática, incidindo normalmente à rede, sofre um desvio de 30° na primeira ordem. Qual é o comprimento de onda da luz ?

(**Resposta**: 500 nm.)

19) (49) Um feixe de luz, com comprimento de onda de 600 nm, incide normalmente sobre uma rede de difração. Ocorrem dois máximos adjacentes nos ângulos dados por sen θ = 0,2 e sen θ = 0,3, respectivamente. Os máximos de quarta ordem não aparecem.
   a) Qual é a separação entre as ranhuras adjacentes ?
   b) Qual é a menor largura possível de cada ranhura ?
   c) Quais são, com os valores calculados em (a) e em (b), as ordens dos máximos de intensidade produzidos pela rede ? E as suas intensidades relativas ?

(**Resposta**: (a) 6,0 μm; (b) 1,5 μm; (c) m = 0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9; I/I_o = 100% (m = 0); I/I_o = 81% (m = 1); I/I_o = 41% (m = 2); I/I_o = 9% (m = 3); .....)

20) (61) Uma rede tem 600 ranhuras/mm e 5,0 mm de largura.
   a) Qual o menor intervalo de comprimento de onda que pode ser resolvido, na terceira ordem, nas vizinhanças de λ = 500 nm ?
   b) Quantos máximos de ordem mais elevada podem ser observados ?

(**Resposta**: (a) 56 pm; (b) Nenhum.)

21) (62) Uma fonte contendo uma mistura de átomos de hidrogênio e deutério emite luz vermelha consistindo em dois comprimentos de onda cujo valor médio é 656,3 nm e cuja separação é 0,18 nm. Ache o número mínimo de ranhuras que deve ter uma rede de difração para resolver estas linhas na primeira ordem.

(**Resposta**: 3646 ranhuras.)

22) (63) (a) Quantas ranhuras deve ter uma rede de difração com 4,0 cm de largura para resolver comprimentos de onda de 415,496 e 415,487 nm num espectro de segunda ordem?

   (b) Em que ângulo os máximos são encontrados ?

(**Resposta**: (a) 23.100; (b) 28,7°.)

23) (66) Uma rede tem 40.000 ranhuras distribuídas sobre 76 mm. (a) Qual a dispersão esperada para a luz do sódio (λ = 589 nm) nas três primeiras ordens? (b) Qual o poder de resolução da rede nessas ordens?

(**Resposta**: (a) 32, 74 e 250 ^{o}/μm; (b) 40.000, 80.000 e 120.000.)

24) (71) Qual é o menor ângulo de Bragg com que um feixe de raios X de comprimento de onda de 30 pm pode refletir-se nos planos refletores de um cristal de calcita com espaçamento interplanar de 0,30 nm?

(**Resposta**: 2,9°.)

25) (75) Um feixe de raios X com um certo comprimento de onda incide sobre um cristal de NaCl fazendo um ângulo de 30,0^{o} com uma certa família de planos refletores de espaçamento igual a 39,8 pm. Se a reflexão nesses planos é de primeira ordem, qual é o comprimento de onda dos raios X?

(**Resposta**: 39,8 pm.)

26) (77) Um feixe de raios X contendo comprimentos de onda desde 95,0 pm até 140 pm incide sobre uma família de planos refletores espaçados por d = 275 pm. O feixe incidente forma um ângulo de 45º com a reta normal aos planos. Quais os comprimentos de onda que terão máximos de intensidade em suas reflexões por esses planos?

(**Resposta**: 97,3 e 130 pm.)