GABARITO EXERCICIOS ADICIONAIS LISTA 2 FÍSICA IV
Interferência (9 edição do Halliday)

Capítulo 35

10. (a) O ângulo de saída é igual ao ângulo de entrada, devido ao que se pode chamar de natureza "transitiva" da lei de Snell: $n_1 \operatorname{sen}\theta_1 = n_2 \operatorname{sen}\theta_2 = n_3 \operatorname{sen}\theta_3 = \ldots$

(b) Como a velocidade da luz em um certo meio é c/n, na qual n é o índice de refração do meio, e o tempo que a luz passa em um certo meio é igual à distância percorrida dividida pela velocidade, temos:

$$t = nL/c = (1{,}45)(25 \times 10^{-19}\,\text{m})/(3{,}0 \times 10^{8}\,\text{m/s}) = 1{,}4 \times 10^{-13}\,\text{s} = 0{,}14\,\text{ps}.$$

27. Considere as duas ondas, uma proveniente de cada fenda, que produzem a sétima franja lateral clara na ausência da mica. As ondas estão em fase ao deixarem as fendas e percorrem

distâncias diferentes até a posição da sétima franja clara, onde a diferença de fase entre as ondas é $2\pi m = 14\pi$. Quando uma placa de mica de espessura x é colocada na frente de uma das fendas, a diferença de fase entre as ondas muda. Mais especificamente, as ondas deixam as fendas com uma diferença de fase dada por

$$\frac{2\pi x}{\lambda_m} - \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{2\pi x}{\lambda}(n-1)$$

em que $\lambda_m = \lambda/n$ é o comprimento de onda na mica e n é o índice de refração da mica. Como agora as ondas chegam à tela em fase,

$$\frac{2\pi x}{\lambda}(n-1) = 14\pi,$$

o que nos dá

$$x = \frac{7\lambda}{n-1} = \frac{7(550 \times 10^{-9}\,\text{m})}{1{,}58-1} = 6{,}64 \times 10^{-6}\,\text{m} = 6{,}64\,\mu\text{m}.$$

33. Usando o método dos fasores, este problema equivale a calcular a soma vetorial $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$, na qual, na notação módulo-ângulo, $\vec{A} = (10\angle 0°)$, $\vec{B} = (5\angle 45°)$ e $\vec{C} = (5\angle -45°)$, em que os módulos estão em μV/m. Podemos usar uma calculadora científica para calcular o vetor resultante,

$$\vec{R} = (10\angle 0°) + (5\angle 45°) + (5\angle -45°) = (17{,}1\angle 0°),$$

que, convertido de volta para a forma de função, nos dá

$$E_R = (17{,}1\ \mu\text{V/m})\,\text{sen}[(2{,}0 \times 10^{14}\ \text{rad/s})t].$$

40. Como a luz incidente está em um meio de baixo índice de refração, o filme fino de acetona tem um índice de refração maior $n = n_2$ e a última camada tem um índice de refração $n_3 > n_2$; a condição para que a interferência da luz refletida seja destrutiva é

$$L = \frac{(m+1/2)\lambda}{2n} = \frac{(m+1/2)(600\ \text{nm})}{2(1{,}25)} = (m+1/2)(240),$$

o que nos dá as seguintes espessuras para as quais ocorre interferência destrutiva:

$$L = 120\ \text{nm},\ 360\ \text{nm},\ 560\ \text{nm},\ 840\ \text{nm},\ 1120\ \text{nm},\ ...$$

e a condição para que a interferência da luz refletida seja construtiva é

$$L = \frac{m\lambda}{2n} = \frac{(m)(700\ \text{nm})}{2(1{,}25)} = m(280\ \text{nm}),$$

o que nos dá as seguintes espessuras para as quais ocorre interferência construtiva:

$$L = 280\ \text{nm},\ 560\ \text{nm},\ 840\ \text{nm},\ 1120\ \text{nm},\ ...$$

A espessura procurada é a menor espessura que as duas listas têm em comum:

$$L = 840\ \text{nm}.$$

57. Neste caso, como $n_2 > n_1$ e $n_2 > n_3$, a condição para transmissão mínima (reflexão máxima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \lambda = \frac{4Ln_2}{2m+1}, \quad m = 0,1,2,...$$

Assim,

$$\lambda = \begin{cases} 4Ln_2 = 4(285\ \text{nm})(1{,}60) = 1824\ \text{nm} & (m=0) \\ 4Ln_2/3 = 4(415\ \text{nm})(1{,}59)/3 = 608\ \text{nm} & (m=1) \\ 4Ln_2/5 = 4(415\ \text{nm})(1{,}59)/5 = 365\ \text{nm} & (m=2) \end{cases}$$

Como o comprimento de onda deve estar na faixa da luz visível, λ = 608 nm.

58. Neste caso, como $n_2 > n_1$ e $n_2 > n_3$, a condição para transmissão mínima (reflexão máxima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n_2}, \quad m = 0,1,2,...$$

A terceira maior espessura é

$$L = \left(2 + \frac{1}{2}\right)\frac{382\ \text{nm}}{2(1{,}75)} = 273\ \text{nm}.$$

59. Neste caso, como $n_2 < n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão máxima (reflexão mínima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \lambda = \frac{4Ln_2}{2m+1}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

Assim, temos:

$$\lambda = \begin{cases} 4Ln_2 = 4(415 \text{ nm})(1,59) = 2639 \text{ nm} \ \ (m=0) \\ 4Ln_2/3 = 4(415 \text{ nm})(1,59)/3 = 880 \text{ nm} \ \ (m=1) \\ 4Ln_2/5 = 4(415 \text{ nm})(1,59)/5 = 528 \text{ nm} \ \ (m=2) \\ 4Ln_2/7 = 4(415 \text{ nm})(1,59)/7 = 377 \text{ nm} \ \ (m=3) \end{cases}$$

Como o comprimento de onda deve estar na faixa da luz visível, $\lambda = 528$ nm.

60. Neste caso, como $n_2 < n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão máxima (reflexão mínima) é

$$2L = m\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \lambda = \frac{2Ln_2}{m}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

Assim, temos:

$$\lambda = \begin{cases} 2Ln_2 = 2(380 \text{ nm})(1,34) = 1018 \text{ nm} \ \ (m=1) \\ Ln_2 = (380 \text{ nm})(1,34) = 509 \text{ nm} \ \ (m=2) \\ 0,5Ln_2 = (0,5)(380 \text{ nm})(1,34) = 255 \text{ nm} \ \ (m=3) \end{cases}$$

Como o comprimento de onda deve estar na faixa da luz visível, $\lambda = 509$ nm.

61. Neste caso, como $n_2 > n_1$ e $n_2 > n_3$, a condição para transmissão mínima (reflexão máxima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \lambda = \frac{4Ln_2}{2m+1}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

Assim,

$$\lambda = \begin{cases} 4Ln_2 = 4(325 \text{ nm})(1,75) = 2275 \text{ nm} \ \ (m=0) \\ 4Ln_2/3 = 4(325 \text{ nm})(1,75)/3 = 758 \text{ nm} \ \ (m=1) \\ 4Ln_2/5 = 4(325 \text{ nm})(1,75)/5 = 455 \text{ nm} \ \ (m=2) \\ 4Ln_2/7 = 4(325 \text{ nm})(1,75)/7 = 325 \text{ nm} \ \ (m=3) \end{cases}$$

Como o comprimento de onda deve estar na faixa da luz visível, $\lambda = 455$ nm.

62. Neste caso, como $n_2 < n_1$ e $n_2 > n_3$, a condição para transmissão máxima (reflexão mínima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n_2}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

A segunda menor espessura é

$$L = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\frac{342 \text{ nm}}{2(1,59)} = 161 \text{ nm}.$$

63. Neste caso, como $n_2 > n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão máxima (reflexão mínima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n_2}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

A segunda menor espessura é

$$L = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\frac{482 \text{ nm}}{2(1,46)} = 248 \text{ nm}.$$

64. Neste caso, como $n_2 > n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão máxima (reflexão mínima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{4Ln_2}{2m+1}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

Assim, temos:

$$\lambda = \begin{cases} 4Ln_2 = 4(210 \text{ nm})(1{,}46) = 1226 \text{ nm} \quad (m = 0) \\ 4Ln_2/3 = 4(210 \text{ nm})(1{,}46)/3 = 409 \text{ nm} \quad (m = 1) \\ 4Ln_2/5 = 4(210 \text{ nm})(1{,}46)/5 = 245 \text{ nm} \quad (m = 2) \end{cases}$$

Como o comprimento de onda deve estar na faixa da luz visível, λ = 409 nm.

65. Como, neste caso, $n_2 < n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão mínima (reflexão máxima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \quad L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n_2}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

A segunda menor espessura é

$$L = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\frac{632 \text{ nm}}{2(1{,}40)} = 339 \text{ nm}.$$

66. Neste caso, como $n_2 < n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão máxima (reflexão mínima) é

$$2L = m\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{2Ln_2}{m}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

Assim, temos:

$$\lambda = \begin{cases} 2Ln_2 = 2(200 \text{ nm})(1{,}40) = 560 \text{ nm} \quad (m = 1) \\ 2Ln_2/2 = 2(200 \text{ nm})(1{,}40)/2 = 280 \text{ nm} \quad (m = 2) \end{cases}$$

Como o comprimento de onda deve estar na faixa da luz visível, λ = 560 nm.

67. Neste caso, como $n_2 < n_1$ e $n_2 < n_3$, a condição para transmissão mínima (reflexão máxima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \quad L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n_2}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

A segunda menor espessura é

$$L = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\frac{587 \text{ nm}}{2(1{,}34)} = 329 \text{ nm}.$$

68. Neste caso, como $n_2 > n_1$ e $n_2 > n_3$, a condição para transmissão mínima (reflexão máxima) é

$$2L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_2} \quad \Rightarrow \quad L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n_2}, \quad m = 0, 1, 2, \ldots$$

A terceira menor espessura é

$$L = \left(2 + \frac{1}{2}\right)\frac{612 \text{ nm}}{2(1{,}60)} = 478 \text{ nm}.$$

78. De acordo com o gráfico da Fig. 35-46, o tempo necessário para que um mínimo migre até a posição do mínimo vizinho é $\Delta t = 12$ s, o que envolve uma variação de espessura $\Delta L = \lambda/2n_2$ (veja a Eq. 35-37) e, portanto, uma variação de volume

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta L = \frac{\pi r^2 \lambda}{2n_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^2 \lambda}{2n_2 \Delta t} = \frac{\pi(0{,}0180 \text{ m})^2 (550 \times 10^{-9} \text{ m})}{2(1{,}40)(12 \text{ s})} = 1{,}67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Equação 35-37 mencionada é: $2L = m\,\lambda/n_2$ para $m = 0,1,2,....$ (mínimos; filme escuro no ar)