



# Física Teórica 3

**A**

3<sup>a</sup> prova - 2º período de 2019 07/12/2019

**Atenção: Leia as recomendações abaixo antes de fazer a prova.**

1. A prova consiste em 15 questões de múltipla escolha, e terá duração de 2 horas
2. Os aplicadores não poderão responder a nenhuma questão, a prova é autoexplicativa e o entendimento da mesma faz parte da avaliação.
3. É permitido o uso apenas de calculadoras científicas simples (sem acesso wifi ou telas gráficas).
4. É expressamente proibido portar telefones celulares durante a prova, mesmo no bolso. **A presença de um celular levará ao confisco imediato da prova e à atribuição da nota zero.**
5. Antes de começar, assine seu nome e turma de forma LEGÍVEL em todas as páginas e no cartão de respostas ao lado.
6. Marque as suas respostas no CARTÃO RESPOSTA. **Preencha INTEGRALMENTE (com caneta) o círculo referente a sua resposta.**
7. Assinale apenas uma alternativa por questão. Em caso de erro no preenchimento, rasure e indique de forma clara qual a resposta desejada.
8. Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudar você a encontrar erros.
9. Caso alguma questão seja anulada, o valor da mesma será redistribuído entre as demais.
10. Escolha as respostas numéricas mais próximas do resultado exato.

Nome				
Prof(a)		Turma		

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
1	<input type="radio"/>		11	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
2	<input type="radio"/>		12	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
3	<input type="radio"/>		13	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
4	<input type="radio"/>		14	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
5	<input type="radio"/>		15	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
6	<input type="radio"/>		16	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
7	<input type="radio"/>		17	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
8	<input type="radio"/>		18	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
9	<input type="radio"/>		19	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
10	<input type="radio"/>		20	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					

Versão da Prova  
(preenchido pelo professor)

Get this form and more at: [ZipGrade.com](http://ZipGrade.com)

Copyright 2015 ZipGrade LLC.  
This work available under  
Creative Commons Attribution  
ShareAlike 3.0 license.

**Constantes e conversões:**  $1\text{ m}^3 = 10^6\text{ cm}^3 = 10^3\text{ L}$   $1\text{ atm} = 101,3\text{ kPa}$   $\rho_{\text{água}} = 10^3\text{ kg/m}^3$   $c_{\text{água}} = 4186\text{ J/(kg K)}$

$c_{\text{gelo}} = 2090\text{ J/(kg K)}$   $L_{f\text{-água}} = 3,33 \times 10^5\text{ J/kg}$   $L_{v\text{-água}} = 22,6 \times 10^5\text{ J/kg}$   $T_F = (9/5)T_C + 32$   $T_K = T_C + 273$

$N_A = 6,02 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$   $1u = 1,66 \times 10^{-27}\text{ kg}$   $R = 8,314\text{ J/mol}\cdot\text{K}$   $k_B = 1,38 \times 10^{-23}\text{ J/K} = R/N_A$

$g = 9,8\text{ m/s}^2$   $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}\text{ W/K}\cdot\text{m}^2$   $1\text{ m} = 10^3\text{ mm} = 10^6\text{ }\mu\text{m} = 10^9\text{ nm}$

**Superposição:**  $k = 2\pi/\lambda$   $\omega = 2\pi/T$   $v = \lambda f = \omega/k$

$$D(r,t) = A \sin(kr_1 - \omega t + \phi_{01}) + A \sin(kr_2 - \omega t + \phi_{02}) = 2A \cos(\Delta\Phi/2) \sin(kr - \omega t);$$

$$\Delta\Phi = k\Delta r + \Delta\Phi_0; \quad D_{\text{estacionária}}(x,t) = 2A \sin(kx) \cos(\omega t); \quad f_{\text{bat}} = f_1 - f_2$$

Tubo aberto-aberto:  $L = m\lambda_m/2$ ;  $f_m = mf_1$ ;  $m = 1, 2, 3, \dots$ ; Tubo aberto-fechado:  $L = n\lambda_n/4$ ;  $f_n = nf_1$ ;  $n = 1, 3, 5, \dots$

**Ótica:**  $\Delta m = 2\Delta L/\lambda$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$

Máximos dupla fenda:  $m \lambda = d \sin(\theta_m) \approx d y_m/L$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$

Máximos rede de difração:  $m \lambda = d \sin(\theta_m)$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$ ;  $I_R = N^2 I$

Mínimos fenda simples:  $p \lambda = a \sin(\theta_p) \approx a y_p/L$ ;  $p = 1, 2, 3, \dots$

Primeiro mínimo abertura circular  $\sin(\theta_1) = 1,22 \lambda / D_{\text{circulo}}$

$$1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2); \quad 1/s + 1/s' = 1/f$$

1) Uma onda sonora se propaga até encontrar uma parede, refletindo e produzindo eco. Uma pessoa posicionada a 5 metros da parede não ouve nenhum som. Ao caminhar em direção à parede, em linha reta e perpendicular à mesma, ela percebe o som proveniente da onda sonora, mas após se mover 70 cm ela deixa de ouvir qualquer som novamente. Qual o comprimento da onda sonora original?

- A) 35 cm
- B) 70 cm
- C) 120 cm
- D) 140 cm**
- E) 430 cm

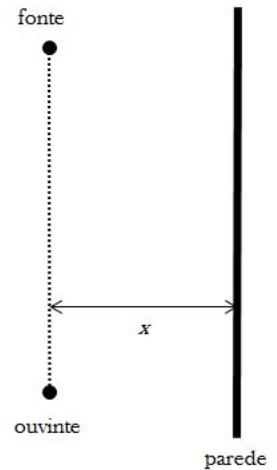
A diferença de fase da onda que reflete na parede é dada exclusivamente pela diferença de caminho entre a onda original e a refletida. Entre dois mínimos de interferência, a diferença de fase será sempre de  $\pi$ . Logo,  $\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} (70\text{cm})$ . Portanto,  $\lambda = 140\text{ cm}$ .

2) Onde um objeto deve ser colocado na frente de uma lente convergente para obter uma imagem virtual?

- A) No ponto focal
- B) Com o dobro da distância focal
- C) Maior que a distância focal
- D) Entre o ponto focal e a lente**
- E) Entre a distância focal e o dobro da distância focal

3) Uma fonte sonora emite um som que se propaga até uma ouvinte localizada a uma certa distância  $L$ . Uma parede, paralela à reta ligando fonte e ouvinte, se encontra a uma certa distância  $x$  de ambos (ver figura). A parede reflete o som, e a onda sonora refletida chega à ouvinte e interfere com o som que vem diretamente da fonte. A ouvinte não ouvirá som algum apenas se:

- A) As distâncias  $L$  e  $x$  forem iguais
- B) A distância  $(L - x)$  for um número inteiro de comprimentos de onda
- C) A distância  $(L - x)$  for um número ímpar de meio comprimentos de onda
- D) A distância  $[(L^2 + 4x^2)^{1/2} - L]$  for um número inteiro de comprimentos de onda
- E) A distância  $[(L^2 + 4x^2)^{1/2} - L]$  for um número ímpar de meio comprimentos de onda**



A diferença de caminho, para interferência destrutiva, deverá ser de um número ímpar de meio comprimentos de onda. No caso, um dos caminhos é  $L$ . O outro é dado pelas hipotenusas dos dois triângulos retângulos de base  $L$  e altura  $x$  (catetos). Logo,  $2 \times (L^2/4 + x^2)^{1/2}$ , ou  $(L^2 + 4x^2)^{1/2}$

4) Um arranjo experimental de interferência de fenda dupla (incluindo fonte de luz, fendas e anteparo) é observado no ar. Depois ele é todo submerso em água e novamente observado. Como o padrão de franjas se modifica?

- A) Nada muda, ele permanece igual.
- B) Todas as franjas se deslocam para um mesmo lado, assim como os raios de luz são desviados ao penetrarem numa piscina.
- C) As franjas se afastam umas das outras.
- D) As franjas de cada lado do máximo central todas se afastam juntas deste, mantendo sua distância relativa.
- E) As franjas se aproximam umas das outras.**

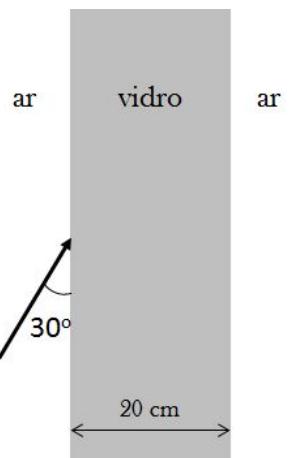
Temos que  $v = f\lambda$ , como na agua a velocidade cai segundo o índice de refração,  $v \Rightarrow v/n$  e  $f$  não muda, temos que  $\lambda \Rightarrow \lambda/n$  - o espaçamento entre as franjas diminui  $= \lambda L/dn$ .

### O enunciado abaixo se refere às questões 5 e 6!

Um raio luminoso, vindo do ar (cujo índice de refração vale 1,00), incide sobre a superfície de um vidro que possui espessura de 20 cm e índice de refração 1,50. O ângulo entre o raio luminoso e a **superfície** vale 30°, como ilustrado na figura ao lado.

5) Com que ângulo, com respeito à direção original de propagação, o raio é refratado para dentro do vidro, aproximadamente?

- A) 30°
- B) 35°
- C) 43°
- D) 57°
- E) 60°



Ângulo de incidência vale 60°. Logo, usando a lei de Snell,  $(1,00) \sin(60^\circ) = (1,50) \sin \theta$ .

$$\theta = \arcsin [(1,00/1,50) \times (0,866)] = 35^\circ$$

6) Quanto vale o ângulo, com a *superficie* do vidro, com o qual emerge o raio luminoso do outro lado do vidro, após atravessar o mesmo completamente?

- A) 30°
- B) 45°
- C) 60°
- D) 75°

E) Não há raio emergente do outro lado do vidro, pois ocorre reflexão interna total dentro do vidro.

A lei de Snell é simétrica. Portanto, o ângulo que o raio entra de um lado do vidro tem de ser o mesmo com o qual ele sai do outro lado do vidro.

7) Uma pesquisadora está analisando uma estrela distante usando uma rede de difração que possui 400 linhas/mm (ou fendas/mm). No entanto, a rede é danificada accidentalmente e ela é forçada a trocar por uma que possui 800 linhas/mm, mantendo o resto do experimento intacto. Que modificação ela percebe nas franjas luminosas observadas?

- A) O espaçamento entre as franjas dobra.
- B) O espaçamento entre as franjas cai pela metade.
- C) A intensidade luminosa do centro das franjas é duplicada.
- D) A intensidade luminosa do centro das franjas é reduzida a um quarto.
- E) A cor das franjas é alterada.

O espaçamento entre as franjas  $= \lambda L/d$

8) Em um experimento de fenda dupla, uma aluna observa que a intensidade máxima luminosa, no centro de cada franja brilhante, vale 16 cd (*candela*, unidade clássica de intensidade luminosa). A aluna resolve então, com um instrumento cortante apropriado, abrir mais uma fenda, ao lado da segunda, de forma que a separação entre a terceira fenda e a segunda seja igual à separação entre a segunda e a primeira. Qual a diferença entre a nova intensidade luminosa máxima e a anterior?

- A) 4 cd a menos (franjas menos brilhantes com a terceira fenda).  
 B) 11 cd a menos (franjas menos brilhantes com a terceira fenda).  
**C) 20 cd a mais (franjas mais brilhantes com a terceira fenda).**  
 D) 8 cd a mais (franjas mais brilhantes com a terceira fenda).  
 E) Nenhuma.

$I_R = N^2 I \rightarrow$  com duas fendas,  $16 = 4 I$ , portanto  $I = 4 \text{ cd}$ . Logo,  $I_R' = N^2 I = 9 \times 4 = 36 \text{ cd}$ . A diferença é de 20 cd a mais.

- 9) Em um interferômetro de Michelson, uma cientista observa que o feixe combinado de duas cores diferentes produz um padrão de interferência no anteparo. Ela move um dos espelhos vagarosamente de uma distância de 3  $\mu\text{m}$ , e percebe que o padrão de interferência é modificado da seguinte forma: uma das cores alterna 10 vezes entre máximos e mínimos (i.e., sai de um máximo, passa por um mínimo e chega a um novo máximo 10 vezes), enquanto a outra produz essa alternância 15 vezes. Quais as cores observadas pela cientista no anteparo?

- A) Amarelo e Laranja  
**B) Violeta e Laranja**  
 C) Azul e Vermelho  
 D) Azul e Verde  
 E) Verde e Vermelho

Cor	Comprimento de Onda
violeta	380 - 450 nm
azul	450 - 495 nm
verde	495 - 570 nm
amarelo	570 - 590 nm
laranja	590 - 620 nm
vermelho	620 - 750 nm

$\lambda = 2 \Delta L / \Delta m$ ; portanto, para variações de 3  $\mu\text{m}$  e mudanças de franjas de 10 e 15, temos respectivamente comprimentos de onda iguais a  $[2(3 \times 10^{-6})/10] = 600 \text{ nm}$  e  $[2(3 \times 10^{-6})/15] = 400 \text{ nm}$ , sendo portanto os comprimentos de onda equivalentes às cores Violeta e Laranja.

- 10) Duas fendas separadas por 0,10 mm são iluminadas com luz verde ( $\lambda = 540 \text{ nm}$ ). Calcule a distância (em cm) da região central brilhante até a quinta faixa brilhante se a tela estiver 1,0 m atrás das fendas.

- A) 2,3 cm  
 B) 2,5 cm  
**C) 2,7 cm**  
 D) 2,1 cm  
 E) 2,0 cm

$$m\lambda = d \operatorname{sen}(\theta_m) \approx d y_m / L \Rightarrow y_m = m\lambda L / d$$

$$y_0 = 0 \lambda L / d = 0$$

$$y_5 = 5\lambda L / d$$

$$\text{Daí: } \Delta y = y_5 - y_0 = 5\lambda L / d = 5 \times (540 \times 10^{-9} \text{ m}) \times (1,0 \text{ m}) / (0,10 \times 10^{-3} \text{ m}) = 2,7 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,7 \text{ cm}$$

- 11) Um músico afina uma corda de seu violão com um diapasão que vibra com um frequência de 440 Hz. Ao tocar a corda a o diapasão simultaneamente, ele ouve 4 batimentos por segundo. Ao aumentar a tensão sobre a corda do violão, ele percebe que a frequência de batimentos diminui. Qual a frequência da nota produzida pela corda de violão originalmente, antes da tensão sobre a mesma ser aumentada?

- A) 110 Hz  
 B) 424 Hz  
**C) 436 Hz**

- D) 444 Hz  
E) 456 Hz

A frequência de batimento ( $f_{bat} = 4$  batimentos por segundo = 4 Hz) é a diferença entre as 2 frequências, então podemos ter  $440 - 4 = 436$  Hz ou  $440 + 4 = 444$  Hz. Como a frequência de batimentos diminui com o aumento da tensão, e f aumenta com a raiz quadrada da tensão ( $v = \lambda f = (T/\mu)^{1/2}$ ), a corda tinha que estar em 436 Hz, de forma a diminuir a diferença entre elas.

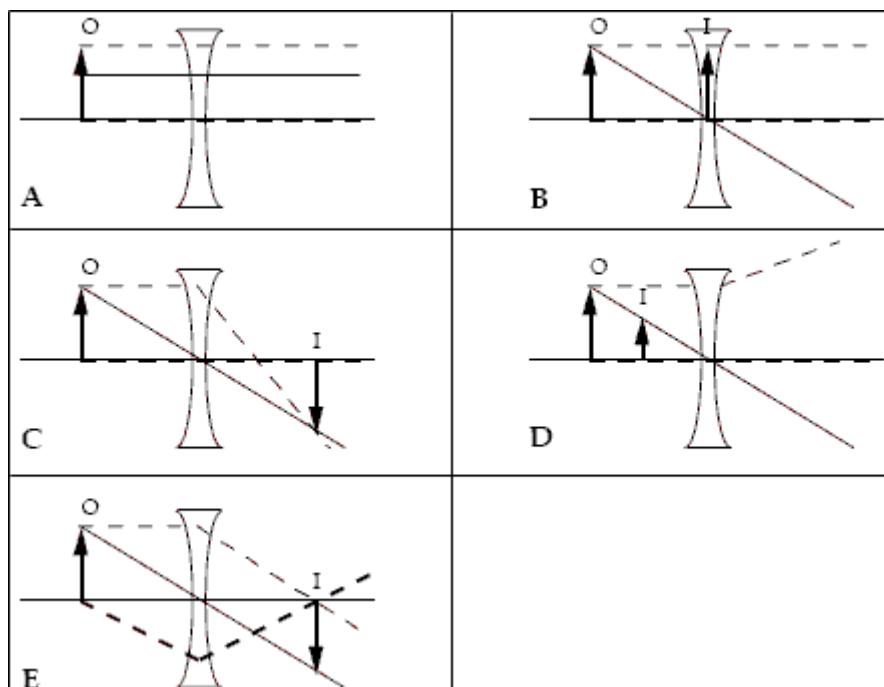
12) Uma estudante faz incidir luz vermelha (comprimento de onda igual a 670 nm) sobre um anteparo contendo um par de fendas distantes 0,2 mm entre elas. Cada fenda tem 0,05 mm de largura. Ao observar a figura de franjas brilhantes e escuras na parede, típica de um padrão de difração e interferência, colocada 1,5 m atrás do anteparo com as fendas, a estudante nota que em um determinado local onde deveria haver um máximo de interferência há, na verdade, uma franja escura. Qual das opções abaixo pode equivaler à ordem deste máximo, lembrando que zero é o máximo central?

- A) 1  
B) 2  
C) 3  
D) 4  
E) 5

Isto ocorre porque mínimos de difração podem “cancelar” máximos de interferência, caso o ângulo de um bata com o ângulo do outro. Portanto, isso ocorre quando  $\sin \theta = m\lambda/d = p\lambda/a$ . Portanto,  $d/a = m/p$ . Como  $d/a = 0,2/0,05 = 4$ , temos que toda vez que  $m = 4p$  isto ocorre. O primeiro mínimo de difração ( $p=1$ ), por conseguinte, anula o quarto máximo ( $m=4$ ) de interferência.

13) Qual diagrama de raio está correto? Os três raios em cada diagrama são distinguidos por diferentes tipos de linhas.

- A) A                    B) B                    C) C                    D) D                    E) E



14) A diferença de fase entre as duas ondas que dão origem a uma franja escura no experimento de fenda dupla de Young é (onde  $m$  = número inteiro)

- A) zero
- B)  $2\pi m + \pi/8$
- C)  $2\pi m + \pi/4$
- D)  $2\pi m + \pi/2$
- E)  $2\pi m + \pi$

Franja escura  $\Rightarrow$  Interferencia Destruativa. No caso da fenda dupla, temos 2 “fontes” idênticas, de modo que a diferença de fase é

$$\Delta\Phi = (m+1/2) \times 2\pi = 2\pi m + \pi$$

15) A luz passa por uma rede com 200 linhas/mm e é observada em uma tela de **60 cm** de largura posicionada a 1,0 m atrás da rede. Três franjas brilhantes são detectadas por um sensor foto-sensível em cada lado da franja central. Qual o valor **máximo** possível para o comprimento de onda da luz usada?

- A) 478 nm
- B) 733 nm
- C) 558 nm
- D) 644 nm
- E) 745 nm

Angulo máximo é  $\arctg 0.3 = 16.6^\circ$ . Ambos casos  $d = 1/200 \text{ mm} = 5000 \text{ nm}$

$$3 \lambda_{\max} = d \operatorname{sen} \theta_{\max} \text{ ou } \lambda_{\max} = 5000 \operatorname{sen} 16.6^\circ / 3 = 478 \text{ nm}$$



# Física Teórica 3

**B**

3<sup>a</sup> prova - 2º período de 2019 07/12/2019

**Atenção: Leia as recomendações abaixo antes de fazer a prova.**

11. A prova consiste em 15 questões de múltipla escolha, e terá duração de 2 horas
12. Os aplicadores não poderão responder a nenhuma questão, a prova é autoexplicativa e o entendimento da mesma faz parte da avaliação.
13. É permitido o uso apenas de calculadoras científicas simples (sem acesso wifi ou telas gráficas).
14. É expressamente proibido portar telefones celulares durante a prova, mesmo no bolso. **A presença de um celular levará ao confisco imediato da prova e à atribuição da nota zero.**
15. Antes de começar, assine seu nome e turma de forma LEGÍVEL em todas as páginas e no cartão de respostas ao lado.
16. Marque as suas respostas no CARTÃO RESPOSTA. **Preencha INTEGRALMENTE (com caneta) o círculo referente a sua resposta.**
17. Assinale apenas uma alternativa por questão. Em caso de erro no preenchimento, rasure e indique de forma clara qual a resposta desejada.
18. Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudar você a encontrar erros.
19. Caso alguma questão seja anulada, o valor da mesma será redistribuído entre as demais.
20. Escolha as respostas numéricas mais próximas do resultado exato.

Nome				
Prof(a)		Turma		

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
1	<input type="radio"/>		11	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
2	<input type="radio"/>		12	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
3	<input type="radio"/>		13	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
4	<input type="radio"/>		14	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
5	<input type="radio"/>		15	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
6	<input type="radio"/>		16	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
7	<input type="radio"/>		17	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
8	<input type="radio"/>		18	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
9	<input type="radio"/>		19	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
10	<input type="radio"/>		20	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					

Versão da Prova  
(preenchido pelo professor)

Get this form and more at: [ZipGrade.com](http://ZipGrade.com)

Copyright 2015 ZipGrade LLC.  
This work available under  
Creative Commons Attribution  
ShareAlike 3.0 license.

**Constantes e conversões:**  $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ L}$   $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$   $\rho_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$   $c_{\text{água}} = 4186 \text{ J/(kg K)}$

$c_{\text{gelo}} = 2090 \text{ J/(kg K)}$   $L_{f\text{-água}} = 3,33 \times 10^5 \text{ J/kg}$   $L_{v\text{-água}} = 22,6 \times 10^5 \text{ J/kg}$   $T_F = (9/5)T_C + 32$   $T_K = T_C + 273$

$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   $1 \mu = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$   $R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$   $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = R/N_A$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$   $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$   $1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm}$

**Superposição:**  $k = 2\pi/\lambda$   $\omega = 2\pi/T$   $v = \lambda f = \omega/k$

$$D(r,t) = A \sin(kr_1 - \omega t + \phi_{01}) + A \sin(kr_2 - \omega t + \phi_{02}) = 2A \cos(\Delta\Phi/2) \sin(kr - \omega t);$$

$$\Delta\Phi = k\Delta r + \Delta\Phi_0; \quad D_{\text{estacionária}}(x,t) = 2A \sin(kx) \cos(\omega t); \quad f_{\text{bat}} = f_1 - f_2$$

Tubo aberto-aberto:  $L = m\lambda_m/2$ ;  $f_m = mf_1$ ;  $m = 1, 2, 3, \dots$ ; Tubo aberto-fechado:  $L = n\lambda_n/4$ ;  $f_n = nf_1$ ;  $n = 1, 3, 5, \dots$

**Ótica:**  $\Delta m = 2\Delta L/\lambda$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$

Máximos dupla fenda:  $m \lambda = d \sin(\theta_m) \approx d y_m/L$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$

Máximos rede de difração:  $m \lambda = d \sin(\theta_m)$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$ ;  $I_R = N^2 I$

Mínimos fenda simples:  $p \lambda = a \sin(\theta_p) \approx a y_p/L$ ;  $p = 1, 2, 3, \dots$

Primeiro mínimo abertura circular  $\sin(\theta_1) = 1,22 \lambda / D_{\text{circulo}}$

$$1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2); \quad 1/s + 1/s' = 1/f$$

1) Uma onda sonora se propaga até encontrar uma parede, refletindo e produzindo eco. Uma pessoa posicionada a 5 metros da parede não ouve nenhum som. Ao caminhar em direção à parede, em linha reta e perpendicular à mesma, ela percebe o som proveniente da onda sonora, mas após se mover 70 cm ela deixa de ouvir qualquer som novamente. Qual o comprimento da onda sonora original?

- A) 140 cm
- B) 35 cm
- C) 120 cm
- D) 70 cm
- E) 430 cm

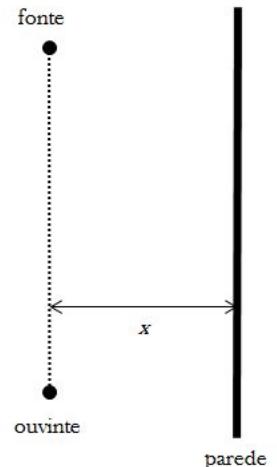
A diferença de fase da onda que reflete na parede é dada exclusivamente pela diferença de caminho entre a onda original e a refletida. Entre dois mínimos de interferência, a diferença de fase será sempre de  $\pi$ . Logo,  $\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} (70\text{cm})$ . Portanto,  $\lambda = 140\text{ cm}$ .

2) Onde um objeto deve ser colocado na frente de uma lente convergente para obter uma imagem virtual?

- A) Entre o ponto focal e a lente
- B) Entre a distância focal e o dobro da distância focal
- C) Com o dobro da distância focal
- D) Maior que a distância focal
- E) No ponto focal

3) Uma fonte sonora emite um som que se propaga até uma ouvinte localizada a uma certa distância  $L$ . Uma parede, paralela à reta ligando fonte e ouvinte, se encontra a uma certa distância  $x$  de ambos (ver figura). A parede reflete o som, e a onda sonora refletida chega à ouvinte e interfere com o som que vem diretamente da fonte. A ouvinte não ouvirá som algum apenas se:

- A) A distância  $[(L^2 + 4x^2)^{1/2} - L]$  for um número ímpar de comprimentos de onda
- B) A distância  $[(L^2 + 4x^2)^{1/2} - L]$  for um número ímpar de meio comprimentos de onda
- C) A distância  $(L - x)$  for um número ímpar de comprimentos de onda
- D) A distância  $(L - x)$  for um número ímpar de meio comprimentos de onda
- E) As distâncias  $L$  e  $x$  forem iguais



A diferença de caminho, para interferência destrutiva, deverá ser de um número ímpar de meio comprimentos de onda. No caso, um dos caminhos é  $L$ . O outro é dado pelas hipotenusas dos dois triângulos retângulos de base  $L$  e altura  $x$  (catetos). Logo,  $2 \times (L^2/4 + x^2)^{1/2}$ , ou  $(L^2 + 4x^2)^{1/2}$

4) Um arranjo experimental de interferência de fenda dupla (incluindo fonte de luz, fendas e anteparo) é observado no ar. Depois ele é todo submerso em água e novamente observado. Como o padrão de franjas se modifica?

- A) Nada muda, ele permanece igual.
- B) As franjas se aproximam umas das outras.
- C) As franjas se afastam umas das outras.
- D) As franjas de cada lado do máximo central todas se afastam juntas deste, mantendo sua distância relativa.
- E) Todas as franjas se deslocam para um mesmo lado, assim como os raios de luz são desviados ao penetrarem numa piscina.

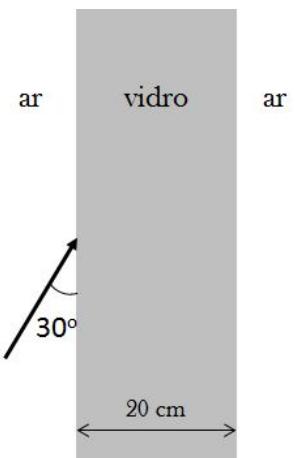
Temos que  $v = f\lambda$ , como na agua a velocidade cai segundo o índice de refração,  $v \Rightarrow v/n$  e  $f$  não muda, temos que  $\lambda \Rightarrow \lambda/n$  - o espaçamento entre as franjas diminui  $= \lambda L/dn$ .

### O enunciado abaixo se refere às questões 5 e 6!

Um raio luminoso, vindo do ar (cujo índice de refração vale 1,00), incide sobre a superfície de um vidro que possui espessura de 20 cm e índice de refração 1,50. O ângulo entre o raio luminoso e a **superfície** vale 30°, como ilustrado na figura ao lado.

5) Com que ângulo, com respeito à direção original de propagação, o raio é refratado para dentro do vidro, aproximadamente?

- A) 30°
- B) 60°
- C) 43°
- D) 57°
- E) 35°



Ângulo de incidência vale 60°. Logo, usando a lei de Snell,  $(1,00) \sin(60^\circ) = (1,50) \sin \theta$ .

$$\theta = \arcsin [(1,00/1,50) \times (0,866)] = 35^\circ$$

6) Quanto vale o ângulo, com a *superficie* do vidro, com o qual emerge o raio luminoso do outro lado do vidro, após atravessar o mesmo completamente?

- A) Não há raio emergente do outro lado do vidro, pois ocorre reflexão interna total dentro do vidro.
- B) 45°
- C) 30°
- D) 75°
- E) 60°

A lei de Snell é simétrica. Portanto, o ângulo que o raio entra de um lado do vidro tem de ser o mesmo com o qual ele sai do outro lado do vidro.

7) Uma pesquisadora está analisando uma estrela distante usando uma rede de difração que possui 400 linhas/mm (ou fendas/mm). No entanto, a rede é danificada accidentalmente e ela é forçada a trocar por uma que possui 800 linhas/mm, mantendo o resto do experimento intacto. Que modificação ela percebe nas franjas luminosas observadas?

- A) A intensidade luminosa do centro das franjas é duplicada.
- B) A intensidade luminosa do centro das franjas é reduzida a um quarto.
- C) O espaçamento entre as franjas dobra.
- D) O espaçamento entre as franjas cai pela metade.
- E) A cor das franjas é alterada.

O espaçamento entre as franjas  $= \lambda L/d$

8) Em um experimento de fenda dupla, uma aluna observa que a intensidade máxima luminosa, no centro de cada franja brilhante, vale 16 cd (*candela*, unidade clássica de intensidade luminosa). A aluna resolve então, com um instrumento cortante apropriado, abrir mais uma fenda, ao lado da segunda, de forma que a separação entre a terceira fenda e a segunda seja igual à separação entre a segunda e a primeira. Qual a diferença entre a nova intensidade luminosa máxima e a anterior?

- A) 4 cd a menos (franjas menos brilhantes com a terceira fenda).  
 B) 11 cd a menos (franjas menos brilhantes com a terceira fenda).  
 C) 8 cd a mais (franjas mais brilhantes com a terceira fenda).  
**D) 20 cd a mais (franjas mais brilhantes com a terceira fenda).**  
 E) Nenhuma.

$I_R = N^2 I \rightarrow$  com duas fendas,  $16 = 4 I$ , portanto  $I = 4 \text{ cd}$ . Logo,  $I'_R = N^2 I = 9 \times 4 = 36 \text{ cd}$ . A diferença é de 20 cd a mais.

- 9) Em um interferômetro de Michelson, uma cientista observa que o feixe combinado de duas cores diferentes produz um padrão de interferência no anteparo. Ela move um dos espelhos vagarosamente de uma distância de 3  $\mu\text{m}$ , e percebe que o padrão de interferência é modificado da seguinte forma: uma das cores alterna 10 vezes entre máximos e mínimos (i.e., sai de um máximo, passa por um mínimo e chega a um novo máximo 10 vezes), enquanto a outra produz essa alternância 15 vezes.

Quais as cores observadas pela cientista no anteparo?

- A) Amarelo e Laranja  
 B) Azul e Vermelho  
 C) Azul e Verde  
 D) Verde e Vermelho  
**E) Violeta e Laranja**

Cor	Comprimento de Onda
violeta	380 - 450 nm
azul	450 - 495 nm
verde	495 - 570 nm
amarelo	570 - 590 nm
laranja	590 - 620 nm
vermelho	620 - 750 nm

$\lambda = 2 \Delta L / \Delta m$ ; portanto, para variações de 3  $\mu\text{m}$  e mudanças de franjas de 10 e 15, temos respectivamente comprimentos de onda iguais a  $[2(3 \times 10^{-6})/10] = 600 \text{ nm}$  e  $[2(3 \times 10^{-6})/15] = 400 \text{ nm}$ , sendo portanto os comprimentos de onda equivalentes às cores Violeta e Laranja.

- 10) Duas fendas separadas por 0,10 mm são iluminadas com luz verde ( $\lambda = 540 \text{ nm}$ ). Calcule a distância (em cm) da região central brilhante até a quinta faixa brilhante se a tela estiver 1,0 m atrás das fendas.

- A) 2,3 cm  
 B) 2,5 cm  
 C) 2,1 cm  
**D) 2,7 cm**  
 E) 2,0 cm

$$m\lambda = d \operatorname{sen}(\theta_m) \approx d y_m / L \Rightarrow y_m = m\lambda L / d$$

$$y_0 = 0 \lambda L / d = 0$$

$$y_5 = 5\lambda L / d$$

$$\text{Daí: } \Delta y = y_5 - y_0 = 5\lambda L / d = 5 \times (540 \times 10^{-9} \text{ m}) \times (1,0 \text{ m}) / (0,10 \times 10^{-3} \text{ m}) = 2,7 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,7 \text{ cm}$$

- 11) Um músico afina uma corda de seu violão com um diapasão que vibra com um frequência de 440 Hz. Ao tocar a corda a o diapasão simultaneamente, ele ouve 4 batimentos por segundo. Ao aumentar a tensão sobre a corda do violão, ele percebe que a frequência de batimentos diminui. Qual a frequência da nota produzida pela corda de violão originalmente, antes da tensão sobre a mesma ser aumentada?

- A) 110 Hz  
 B) 456 Hz  
 C) 424 Hz

D) 436 Hz

E) 444 Hz

A frequência de batimento ( $f_{bat} = 4$  batimentos por segundo = 4 Hz) é a diferença entre as 2 frequências, então podemos ter  $440 - 4 = 436$  Hz ou  $440 + 4 = 444$  Hz. Como a frequência de batimentos diminui com o aumento da tensão, e f aumenta com a raiz quadrada da tensão ( $v = \lambda f = (T/\mu)^{1/2}$ ), a corda tinha que estar em 436 Hz, de forma a diminuir a diferença entre elas.

12) Uma estudante faz incidir luz vermelha (comprimento de onda igual a 670 nm) sobre um anteparo contendo um par de fendas distantes 0,2 mm entre elas. Cada fenda tem 0,05 mm de largura. Ao observar a figura de franjas brilhantes e escuras na parede, típica de um padrão de difração e interferência, colocada 1,5 m atrás do anteparo com as fendas, a estudante nota que em um determinado local onde deveria haver um máximo de interferência há, na verdade, uma franja escura. Qual das opções abaixo pode equivaler à ordem deste máximo, lembrando que zero é o máximo central?

A) 4

B) 2

C) 1

D) 3

E) 5

Isto ocorre porque mínimos de difração podem “cancelar” máximos de interferência, caso o ângulo de um bata com o ângulo do outro. Portanto, isso ocorre quando  $\sin \theta = m\lambda/d = p\lambda/a$ . Portanto,  $d/a = m/p$ . Como  $d/a = 0,2/0,05 = 4$ , temos que toda vez que  $m = 4p$  isto ocorre. O primeiro mínimo de difração ( $p=1$ ), por conseguinte, anula o quarto máximo ( $m=4$ ) de interferência.

13) Qual diagrama de raio está correto? Os três raios em cada diagrama são distinguidos por diferentes tipos de linhas.

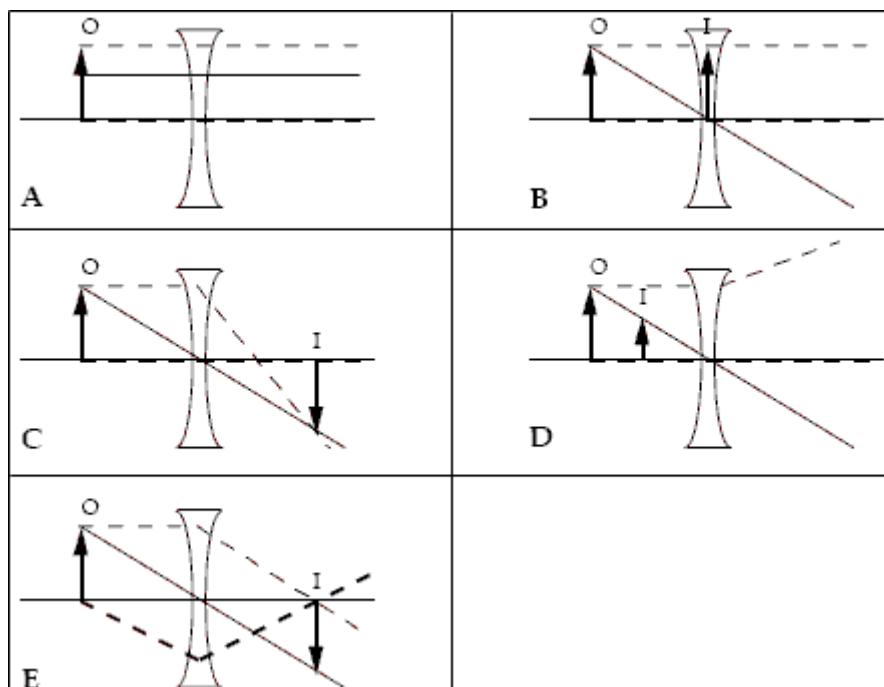
A) A

B) B

C) C

D) D

E) E



14) A diferença de fase entre as duas ondas que dão origem a uma franja escura no experimento de fenda dupla de Young é (onde  $m$  = número inteiro)

- A) zero
- B)  $2\pi m + \pi$
- C)  $2\pi m + \pi/2$
- D)  $2\pi m + \pi/4$
- E)  $2\pi m + \pi/8$

Franja escura  $\Rightarrow$  Interferencia Destruativa. No caso da fenda dupla, temos 2 “fontes” idênticas, de modo que a diferença de fase é

$$\Delta\Phi = (m+1/2) \times 2\pi = 2\pi m + \pi$$

15) A luz passa por uma rede com 200 linhas/mm e é observada em uma tela de **60 cm** de largura posicionada a 1,0 m atrás da rede. Três franjas brilhantes são detectadas por um sensor foto-sensível em cada lado da franja central. Qual o valor **máximo** possível para o comprimento de onda da luz usada?

- A) 733 nm
- B) 558 nm
- C) **478 nm**
- D) 644 nm
- E) 745 nm

Angulo máximo é  $\arctg 0.3 = 16.6^\circ$ . Ambos casos  $d = 1/200 \text{ mm} = 5000 \text{ nm}$

$$3 \lambda_{\max} = d \operatorname{sen} \theta_{\max} \text{ ou } \lambda_{\max} = 5000 \operatorname{sen} 16.6^\circ / 3 = 478 \text{ nm}$$



# Física Teórica 3

C

3<sup>a</sup> prova - 2º período de 2019 07/12/2019

**Atenção: Leia as recomendações abaixo antes de fazer a prova.**

21. A prova consiste em 15 questões de múltipla escolha, e terá duração de 2 horas
22. Os aplicadores não poderão responder a nenhuma questão, a prova é autoexplicativa e o entendimento da mesma faz parte da avaliação.
23. É permitido o uso apenas de calculadoras científicas simples (sem acesso wifi ou telas gráficas).
24. É expressamente proibido portar telefones celulares durante a prova, mesmo no bolso. **A presença de um celular levará ao confisco imediato da prova e à atribuição da nota zero.**
25. Antes de começar, assine seu nome e turma de forma LEGÍVEL em todas as páginas e no cartão de respostas ao lado.
26. Marque as suas respostas no CARTÃO RESPOSTA. **Preencha INTEGRALMENTE (com caneta) o círculo referente a sua resposta.**
27. Assinale apenas uma alternativa por questão. Em caso de erro no preenchimento, rasure e indique de forma clara qual a resposta desejada.
28. Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudar você a encontrar erros.
29. Caso alguma questão seja anulada, o valor da mesma será redistribuído entre as demais.
30. Escolha as respostas numéricas mais próximas do resultado exato.

Nome				
Prof(a)		Turma		

A B C D E	A B C D E		
1	○ ○ ○ ○ ○	11	○ ○ ○ ○ ○
2	○ ○ ○ ○ ○	12	○ ○ ○ ○ ○
3	○ ○ ○ ○ ○	13	○ ○ ○ ○ ○
4	○ ○ ○ ○ ○	14	○ ○ ○ ○ ○
5	○ ○ ○ ○ ○	15	○ ○ ○ ○ ○
6	○ ○ ○ ○ ○	16	○ ○ ○ ○ ○
7	○ ○ ○ ○ ○	17	○ ○ ○ ○ ○
8	○ ○ ○ ○ ○	18	○ ○ ○ ○ ○
9	○ ○ ○ ○ ○	19	○ ○ ○ ○ ○
10	○ ○ ○ ○ ○	20	○ ○ ○ ○ ○

Versão da Prova  
(preenchido pelo professor)

A

B

C

D

Get this form and more at: [ZipGrade.com](http://ZipGrade.com)

Copyright 2015 ZipGrade LLC.  
This work available under  
Creative Commons Attribution  
ShareAlike 3.0 license.

**Constantes e conversões:**  $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ L}$   $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$   $\rho_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$   $c_{\text{água}} = 4186 \text{ J/(kg K)}$

$c_{\text{gelo}} = 2090 \text{ J/(kg K)}$   $L_{f-\text{água}} = 3,33 \times 10^5 \text{ J/kg}$   $L_{v-\text{água}} = 22,6 \times 10^5 \text{ J/kg}$   $T_F = (9/5)T_C + 32$   $T_K = T_C + 273$

$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   $1 \mu = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$   $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$   $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = R/N_A$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$   $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$   $1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm}$

**Superposição:**  $k = 2\pi/\lambda$   $\omega = 2\pi/T$   $v = \lambda f = \omega/k$

$$D(r,t) = A \sin(kr_1 - \omega t + \phi_{01}) + A \sin(kr_2 - \omega t + \phi_{02}) = 2A \cos(\Delta\Phi/2) \sin(kr - \omega t);$$

$$\Delta\Phi = k\Delta r + \Delta\Phi_0; \quad D_{\text{estacionária}}(x,t) = 2A \sin(kx) \cos(\omega t); \quad f_{\text{bat}} = f_1 - f_2$$

Tubo aberto-aberto:  $L = m\lambda_m/2$ ;  $f_m = mf_1$ ;  $m = 1, 2, 3, \dots$ ; Tubo aberto-fechado:  $L = n\lambda_n/4$ ;  $f_n = nf_1$ ;  $n = 1, 3, 5, \dots$

**Ótica:**  $\Delta m = 2\Delta L/\lambda$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$

Máximos dupla fenda:  $m \lambda = d \sin(\theta_m) \approx d y_m/L$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$

Máximos rede de difração:  $m \lambda = d \sin(\theta_m)$ ;  $m = 0, 1, 2, \dots$ ;  $I_R = N^2 I$

Mínimos fenda simples:  $p \lambda = a \sin(\theta_p) \approx a y_p/L$ ;  $p = 1, 2, 3, \dots$

Primeiro mínimo abertura circular  $\sin(\theta_1) = 1,22 \lambda / D_{\text{circulo}}$

$$1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2); \quad 1/s + 1/s' = 1/f$$

1) Uma onda sonora se propaga até encontrar uma parede, refletindo e produzindo eco. Uma pessoa posicionada a 5 metros da parede não ouve nenhum som. Ao caminhar em direção à parede, em linha reta e perpendicular à mesma, ela percebe o som proveniente da onda sonora, mas após se mover 70 cm ela deixa de ouvir qualquer som novamente. Qual o comprimento da onda sonora original?

- A) 430 cm
- B) 140 cm**
- C) 120 cm
- D) 70 cm
- E) 35 cm

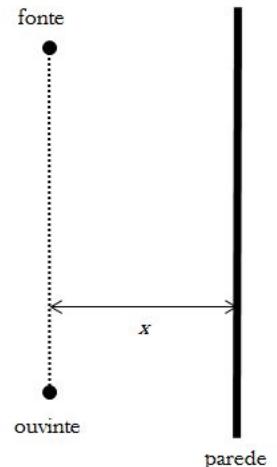
A diferença de fase da onda que reflete na parede é dada exclusivamente pela diferença de caminho entre a onda original e a refletida. Entre dois mínimos de interferência, a diferença de fase será sempre de  $\pi$ . Logo,  $\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} (70\text{cm})$ . Portanto,  $\lambda = 140\text{ cm}$ .

2) Onde um objeto deve ser colocado na frente de uma lente convergente para obter uma imagem virtual?

- A) No ponto focal
- B) Entre o ponto focal e a lente**
- C) Com o dobro da distância focal
- D) Maior que a distância focal
- E) Entre a distância focal e o dobro da distância focal

3) Uma fonte sonora emite um som que se propaga até uma ouvinte localizada a uma certa distância  $L$ . Uma parede, paralela à reta ligando fonte e ouvinte, se encontra a uma certa distância  $x$  de ambos (ver figura). A parede reflete o som, e a onda sonora refletida chega à ouvinte e interfere com o som que vem diretamente da fonte. A ouvinte não ouvirá som algum apenas se:

- A) As distâncias  $L$  e  $x$  forem iguais
- B) A distância  $[(L^2 + 4x^2)^{1/2} - L]$  for um número inteiro de comprimentos de onda
- C) A distância  $[(L^2 + 4x^2)^{1/2} - L]$  for um número ímpar de meio comprimentos de onda**
- D) A distância  $(L - x)$  for um número inteiro de comprimentos de onda
- E) A distância  $(L - x)$  for um número ímpar de meio comprimentos de onda



A diferença de caminho, para interferência destrutiva, deverá ser de um número ímpar de meio comprimentos de onda. No caso, um dos caminhos é  $L$ . O outro é dado pelas hipotenusas dos dois triângulos retângulos de base  $L$  e altura  $x$  (catetos). Logo,  $2 x (L^2/4 + x^2)^{1/2}$ , ou  $(L^2 + 4x^2)^{1/2}$

4) Um arranjo experimental de interferência de fenda dupla (incluindo fonte de luz, fendas e anteparo) é observado no ar. Depois ele é todo submerso em água e novamente observado. Como o padrão de franjas se modifica?

- A) Nada muda, ele permanece igual.
- B) Todas as franjas se deslocam para um mesmo lado, assim como os raios de luz são desviados ao penetrarem numa piscina.
- C) As franjas se aproximam umas das outras.**
- D) As franjas se afastam umas das outras.
- E) As franjas de cada lado do máximo central todas se afastam juntas deste, mantendo sua distância relativa.

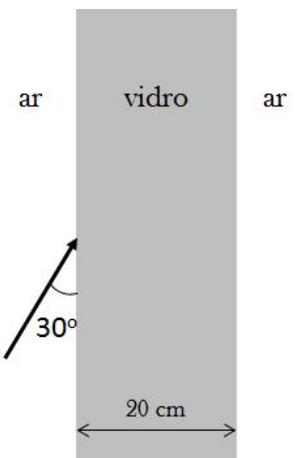
Temos que  $v = f\lambda$ , como na agua a velocidade cai segundo o índice de refração,  $v \Rightarrow v/n$  e  $f$  não muda, temos que  $\lambda \Rightarrow \lambda/n$  - o espaçamento entre as franjas diminui  $= \lambda L/dn$ .

### O enunciado abaixo se refere às questões 5 e 6!

Um raio luminoso, vindo do ar (cujo índice de refração vale 1,00), incide sobre a superfície de um vidro que possui espessura de 20 cm e índice de refração 1,50. O ângulo entre o raio luminoso e a **superfície** vale 30°, como ilustrado na figura ao lado.

5) Com que ângulo, com respeito à direção original de propagação, o raio é refratado para dentro do vidro, aproximadamente?

- A) 60°
- B) 57°
- C) 43°
- D) 35°**
- E) 30°



Ângulo de incidência vale 60°. Logo, usando a lei de Snell,  $(1,00) \sin(60^\circ) = (1,50) \sin \theta$ .

$$\theta = \arcsin [(1,00/1,50) \times (0,866)] = 35^\circ$$

6) Quanto vale o ângulo, com a *superficie* do vidro, com o qual emerge o raio luminoso do outro lado do vidro, após atravessar o mesmo completamente?

- A) Não há raio emergente do outro lado do vidro, pois ocorre reflexão interna total dentro do vidro.
- B) 75°
- C) 60°
- D) 45°
- E) 30°**

A lei de Snell é simétrica. Portanto, o ângulo que o raio entra de um lado do vidro tem de ser o mesmo com o qual ele sai do outro lado do vidro.

7) Uma pesquisadora está analisando uma estrela distante usando uma rede de difração que possui 400 linhas/mm (ou fendas/mm). No entanto, a rede é danificada accidentalmente e ela é forçada a trocar por uma que possui 800 linhas/mm, mantendo o resto do experimento intacto. Que modificação ela percebe nas franjas luminosas observadas?

- A) A cor das franjas é alterada.
- B) A intensidade luminosa do centro das franjas é reduzida a um quarto.
- C) A intensidade luminosa do centro das franjas é duplicada.
- D) O espaçamento entre as franjas cai pela metade.
- E) O espaçamento entre as franjas dobra.**

O espaçamento entre as franjas  $= \lambda L/d$

8) Em um experimento de fenda dupla, uma aluna observa que a intensidade máxima luminosa, no centro de cada franja brilhante, vale 16 cd (*candela*, unidade clássica de intensidade luminosa). A aluna resolve então, com um instrumento cortante apropriado, abrir mais uma fenda, ao lado da segunda, de forma que a separação entre a terceira fenda e a segunda seja igual à separação entre a segunda e a primeira. Qual a diferença entre a nova intensidade luminosa máxima e a anterior?

- A) 20 cd a mais (franjas mais brilhantes com a terceira fenda).  
 B) 8 cd a mais (franjas mais brilhantes com a terceira fenda).  
 C) 4 cd a menos (franjas menos brilhantes com a terceira fenda).  
 D) 11 cd a menos (franjas menos brilhantes com a terceira fenda).  
 E) Nenhuma.

$I_R = N^2 I \rightarrow$  com duas fendas,  $16 = 4 I$ , portanto  $I = 4 \text{ cd}$ . Logo,  $I'_R = N^2 I = 9 \times 4 = 36 \text{ cd}$ . A diferença é de 20 cd a mais.

- 9) Em um interferômetro de Michelson, uma cientista observa que o feixe combinado de duas cores diferentes produz um padrão de interferência no anteparo. Ela move um dos espelhos vagarosamente de uma distância de 3  $\mu\text{m}$ , e percebe que o padrão de interferência é modificado da seguinte forma: uma das cores alterna 10 vezes entre máximos e mínimos (i.e., sai de um máximo, passa por um mínimo e chega a um novo máximo 10 vezes), enquanto a outra produz essa alternância 15 vezes.

Quais as cores observadas pela cientista no anteparo?

- A) Amarelo e Laranja  
 B) Azul e Vermelho  
 C) Azul e Verde  
 D) Violeta e Laranja  
 E) Verde e Vermelho

Cor	Comprimento de Onda
violeta	380 - 450 nm
azul	450 - 495 nm
verde	495 - 570 nm
amarelo	570 - 590 nm
laranja	590 - 620 nm
vermelho	620 - 750 nm

$\lambda = 2 \Delta L / \Delta m$ ; portanto, para variações de 3  $\mu\text{m}$  e mudanças de franjas de 10 e 15, temos respectivamente comprimentos de onda iguais a  $[2(3 \times 10^{-6})/10] = 600 \text{ nm}$  e  $[2(3 \times 10^{-6})/15] = 400 \text{ nm}$ , sendo portanto os comprimentos de onda equivalentes às cores Violeta e Laranja.

- 10) Duas fendas separadas por 0,10 mm são iluminadas com luz verde ( $\lambda = 540 \text{ nm}$ ). Calcule a distância (em cm) da região central brilhante até a quinta faixa brilhante se a tela estiver 1,0 m atrás das fendas.

- A) 2,7 cm  
 B) 2,5 cm  
 C) 2,3 cm  
 D) 2,1 cm  
 E) 2,0 cm

$$m\lambda = d \operatorname{sen}(\theta_m) \approx d y_m / L \Rightarrow y_m = m\lambda L / d$$

$$y_0 = 0\lambda L / d = 0$$

$$y_5 = 5\lambda L / d$$

$$\text{Daí: } \Delta y = y_5 - y_0 = 5\lambda L / d = 5 \times (540 \times 10^{-9} \text{ m}) \times (1,0 \text{ m}) / (0,10 \times 10^{-3} \text{ m}) = 2,7 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,7 \text{ cm}$$

- 11) Um músico afina uma corda de seu violão com um diapasão que vibra com um frequência de 440 Hz. Ao tocar a corda a o diapasão simultaneamente, ele ouve 4 batimentos por segundo. Ao aumentar a tensão sobre a corda do violão, ele percebe que a frequência de batimentos diminui. Qual a frequência da nota produzida pela corda de violão originalmente, antes da tensão sobre a mesma ser aumentada?

- A) 436 Hz  
 B) 424 Hz  
 C) 110 Hz

- D) 444 Hz  
E) 456 Hz

A frequência de batimento ( $f_{bat} = 4$  batimentos por segundo = 4 Hz) é a diferença entre as 2 frequências, então podemos ter  $440 - 4 = 436$  Hz ou  $440 + 4 = 444$  Hz. Como a frequência de batimentos diminui com o aumento da tensão, e f aumenta com a raiz quadrada da tensão ( $v = \lambda f = (T/\mu)^{1/2}$ ), a corda tinha que estar em 436 Hz, de forma a diminuir a diferença entre elas.

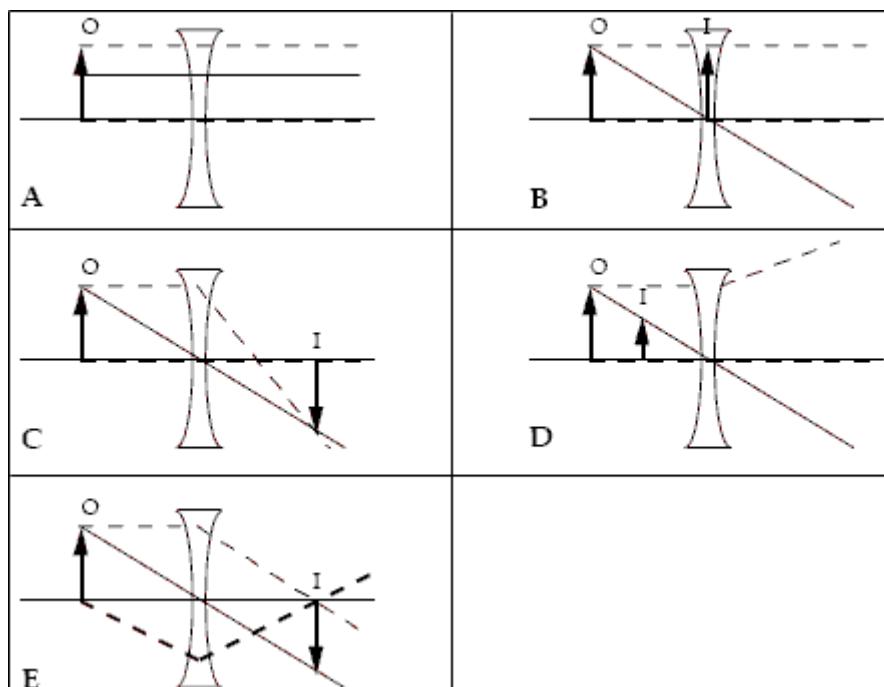
12) Uma estudante faz incidir luz vermelha (comprimento de onda igual a 670 nm) sobre um anteparo contendo um par de fendas distantes 0,2 mm entre elas. Cada fenda tem 0,05 mm de largura. Ao observar a figura de franjas brilhantes e escuras na parede, típica de um padrão de difração e interferência, colocada 1,5 m atrás do anteparo com as fendas, a estudante nota que em um determinado local onde deveria haver um máximo de interferência há, na verdade, uma franja escura. Qual das opções abaixo pode equivaler à ordem deste máximo, lembrando que zero é o máximo central?

- A) 5  
B) 4  
C) 3  
D) 2  
E) 1

Isto ocorre porque mínimos de difração podem “cancelar” máximos de interferência, caso o ângulo de um bata com o ângulo do outro. Portanto, isso ocorre quando  $\sin \theta = m\lambda/d = p\lambda/a$ . Portanto,  $d/a = m/p$ . Como  $d/a = 0,2/0,05 = 4$ , temos que toda vez que  $m = 4p$  isto ocorre. O primeiro mínimo de difração ( $p=1$ ), por conseguinte, anula o quarto máximo ( $m=4$ ) de interferência.

13) Qual diagrama de raio está correto? Os três raios em cada diagrama são distinguidos por diferentes tipos de linhas.

- A) A                    B) B                    C) C                    D) D                    E) E



14) A diferença de fase entre as duas ondas que dão origem a uma franja escura no experimento de fenda dupla de Young é (onde  $m$  = número inteiro)

- A) zero
- B)  $2\pi m + \pi/8$
- C)  **$2\pi m + \pi$**
- D)  $2\pi m + \pi/2$
- E)  $2\pi m + \pi/4$

Franja escura  $\Rightarrow$  Interferencia Destruativa. No caso da fenda dupla, temos 2 “fontes” idênticas, de modo que a diferença de fase é

$$\Delta\Phi = (m+1/2) \times 2\pi = 2\pi m + \pi$$

15) A luz passa por uma rede com 200 linhas/mm e é observada em uma tela de **60 cm** de largura posicionada a 1,0 m atrás da rede. Três franjas brilhantes são detectadas por um sensor foto-sensível em cada lado da franja central. Qual o valor **máximo** possível para o comprimento de onda da luz usada?

- A) 745 nm
- B) 733 nm
- C) 558 nm
- D) 644 nm
- E) 478 nm

Angulo máximo é  $\arctg 0.3 = 16.6^\circ$ . Ambos casos  $d = 1/200 \text{ mm} = 5000 \text{ nm}$

$$3 \lambda_{\max} = d \operatorname{sen} \theta_{\max} \text{ ou } \lambda_{\max} = 5000 \operatorname{sen} 16.6^\circ / 3 = 478 \text{ nm}$$