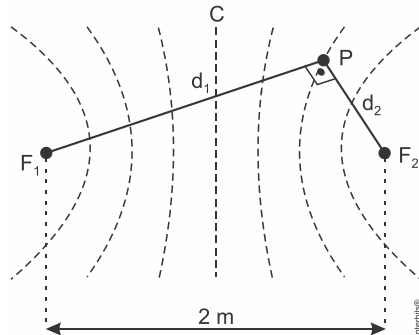


INTERFERÊNCIA BIDIMENSIONAL

01. (Epcar (Afa) 2020) Considere duas fontes pontuais F_1 e F_2 produzindo perturbações, de mesma frequência e amplitude, na superfície de um líquido homogêneo e ideal. A configuração de interferência gerada por essas fontes é apresentada na figura abaixo.



Sabe-se que a linha de interferência (C) que passa pela metade da distância de dois metros que separa as duas fontes é uma linha nodal. O ponto P encontra-se a uma distância d_1 da fonte F_1 e d_2 , da fonte F_2 , e localiza-se na primeira linha nodal após a linha central.

Considere que a onda estacionária que se forma entre as fontes possua cinco nós e que dois destes estejam posicionados sobre as fontes.

Nessas condições, o produto ($d_1 \cdot d_2$) entre as distâncias que separam as fontes do ponto P é

- a) $\frac{1}{2}$
- b) $\frac{3}{2}$
- c) $\frac{5}{4}$
- d) $\frac{7}{4}$

01. B

Como a linha que passa por C é nodal, as fontes devem estar em oposição de fase. E como há 4 nós, sendo a distância entre eles igual a meio comprimento de onda, temos que:

$$L = 4 \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

Logo:

$$d_1 = 3 \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{3}{2} \text{ m e } d_2 = \frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2} \text{ m}$$

$$\begin{cases} d_1 - d_2 = 1 \\ d_1^2 + d_2^2 = 2^2 \end{cases}$$

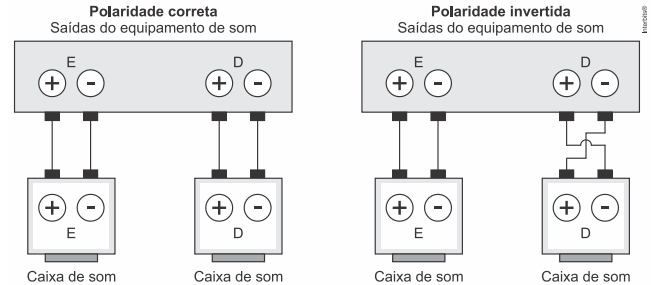
Resolvendo o sistema, chegamos a:

$$d_1 = \frac{\sqrt{28} + 2}{4} \text{ m e } d_2 = \frac{\sqrt{28} - 2}{4} \text{ m}$$

Portanto:

$$d_1 d_2 = \frac{(\sqrt{28})^2 - 2^2}{4^2} = \frac{3}{2}$$

02. (Enem 2018) Nos manuais de instalação de equipamentos de som há o alerta aos usuários para que observem a correta polaridade dos fios ao realizarem as conexões das caixas de som. As figuras ilustram o esquema de conexão das caixas de som de um equipamento de som mono, no qual os alto-falantes emitem as mesmas ondas. No primeiro caso, a ligação obedece às especificações do fabricante e no segundo mostra uma ligação na qual a polaridade está invertida.



O que ocorre com os alto-falantes E e D se forem conectados de acordo com o segundo esquema?

- a) O alto-falante E funciona normalmente e o D entra em curto-circuito e não emite som.
- b) O alto-falante E emite ondas sonoras com frequências ligeiramente diferentes do alto-falante D provocando o fenômeno de batimento.
- c) O alto-falante E emite ondas sonoras com frequências e fases diferentes do alto-falante D provocando o fenômeno conhecido como ruído.
- d) O alto-falante E emite ondas sonoras que apresentam um lapso de tempo em relação às emitidas pelo alto-falante D provocando o fenômeno de reverberação.
- e) O alto-falante E emite ondas sonoras em oposição de fase às emitidas pelo alto-falante D provocando o fenômeno de interferência destrutiva nos pontos equidistantes aos alto-falantes.

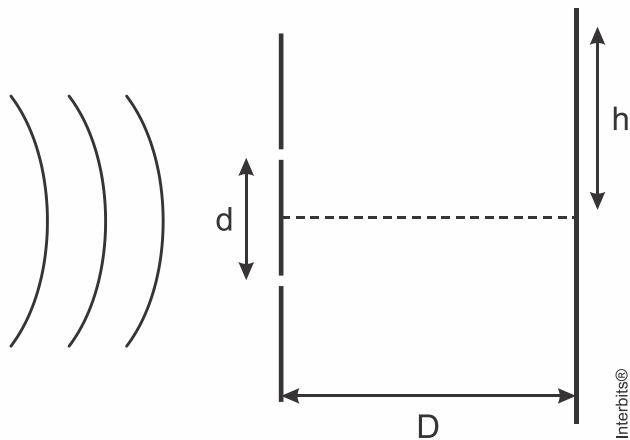
02. E

Com a inversão da polaridade da caixa de som D, as ondas passam a ser emitidas em oposição de fase, o que causa uma interferência destrutiva em pontos equidistantes dos alto-falantes.

PROFESSOR DANILO

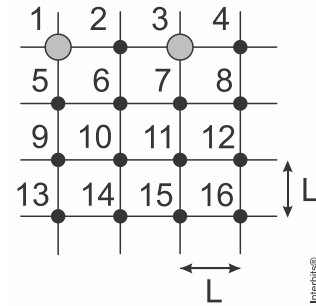
ONDULATÓRIA – INTERFERÊNCIA BIDIMENSIONAL – SEGUNDO ANO – 30/09/2019

03. (Upe-ssa 3 2018) Uma montagem de um experimento de fenda dupla foi realizada conforme ilustrada na figura ao a seguir. Para $d = 15\lambda$ e $D \gg d$, podemos afirmar que o nono máximo de interferência está a uma altura h igual a



- a) $D/3$
- b) $D/15$
- c) $3D/4$
- d) $5D/3$
- e) $3D/5$

04. (Upe-ssa 3 2018) A fim de investigar os níveis de poluição sonora, causados por dois bares que funcionam próximos a um conjunto residencial, um pequeno modelo foi esquematizado na figura a seguir.



Cada círculo representa uma instalação com uma numeração de 1 a 16. Os bares funcionam nos números 1 e 3, e as residências, nos demais números. Supondo que os bares sejam duas fontes sonoras de mesma potência, que produzem ondas de mesma fase e comprimento de onda igual a L , assinale a alternativa CORRETA.

- a) 6 é um ponto de interferência destrutiva.
- b) 3 é um ponto de interferência destrutiva.
- c) 2, 5 e 7 recebem a mesma intensidade sonora.
- d) 2 e 4 são pontos de interferência construtiva.
- e) 9 e 11 são pontos de interferência construtiva.

03. E

A questão refere-se às franjas de interferência na experiência de Young.

Em relação à linha central, a primeira interferência construtiva ocorre à altura:

$$h_1 = \frac{\lambda D}{d}$$

Como a distância entre dois máximos consecutivos é constante, a altura do nono máximo de interferência é:

$$h_9 = 9h_1 = 9 \frac{\lambda D}{d} = 9 \frac{\lambda D}{15\lambda} \Rightarrow h_9 = \frac{3D}{5}$$

04. D

Dado: $\lambda = L$

Sendo d a diferença de distâncias de cada fonte ao ponto considerado, sabe-se que, se essa diferença é um número **par** (p) de semiondas, nesse ponto ocorre interferência construtiva (IC); se for **ímpar** (i), ocorre interferência destrutiva (DC). Ou seja:

$$\begin{cases} d = p \frac{\lambda}{2} & \text{(IC)} \\ d = i \frac{\lambda}{2} & \text{(DC)} \end{cases}$$

- Os pontos 2, 6, 10 e 14 equidistam das fontes, então:

$$d = 0 \frac{\lambda}{2} \text{ (IC) .}$$

- No ponto 4:

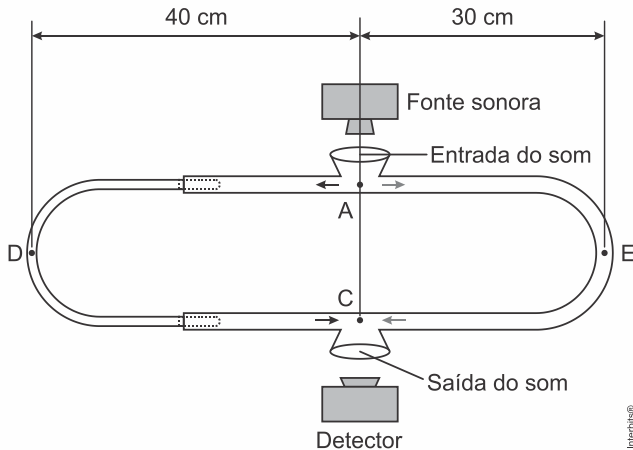
$$d = 3L - L = 2L = 2\lambda \Rightarrow d = \frac{4}{\text{par}} \frac{\lambda}{2} \text{ (IC) .}$$

Portanto, os pontos 2 e 4 são de interferência construtiva.

PROFESSOR DANILO

ONDULATÓRIA – INTERFERÊNCIA BIDIMENSIONAL – SEGUNDO ANO – 30/09/2019

05. (Enem 2017) O trombone de Quincke é um dispositivo experimental utilizado para demonstrar o fenômeno da interferência de ondas sonoras. Uma fonte emite ondas sonoras de determinada frequência na entrada do dispositivo. Essas ondas se dividem pelos dois caminhos (ADC e AEC) e se encontram no ponto C, a saída do dispositivo, onde se posiciona um detector. O trajeto ADC pode ser aumentado pelo deslocamento dessa parte do dispositivo. Com o trajeto ADC igual ao AEC, capta-se um som muito intenso na saída. Entretanto, aumentando-se gradativamente o trajeto ADC, até que ele fique como mostrado na figura, a intensidade do som na saída fica praticamente nula. Desta forma, conhecida a velocidade do som no interior do tubo (320 m/s), é possível determinar o valor da frequência do som produzido pela fonte.



O valor da frequência, em hertz, do som produzido pela fonte sonora é

- a) 3.200.
- b) 1.600.
- c) 800.
- d) 640.
- e) 400.

05. C

Como a intensidade do som foi de muito intensa para nula, a interferência no ponto C foi de construtiva para destrutiva, sendo a condição para esta última dada por:

$$d_{ADC} - d_{AEC} = \frac{\lambda}{2}$$

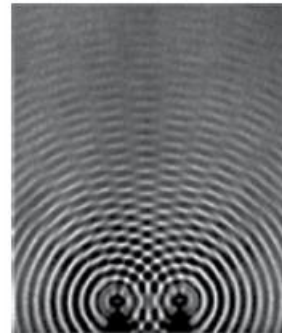
Logo, o comprimento de onda deverá ser de:

$$2(40 - 30) = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

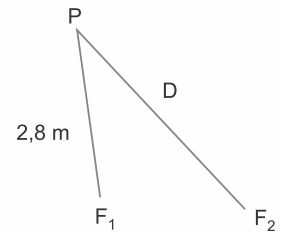
Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos a frequência pedida:

$$\begin{aligned} v &= \lambda f \\ 320 &= 0,4f \\ \therefore f &= 800 \text{ Hz} \end{aligned}$$

06. (Fgv 2017) As figuras a seguir representam uma foto e um esquema em que F_1 e F_2 são fontes de frentes de ondas mecânicas planas, coerentes e em fase, oscilando com a frequência de 4,0 Hz. As ondas produzidas propagam-se a uma velocidade de 2,0 m/s. Sabe-se que $D > 2,8 \text{ m}$ e que P é um ponto vibrante de máxima amplitude.



F_1 F_2



(educação.com.br)

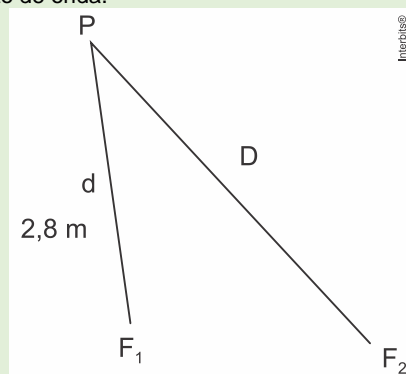
Nessas condições, o menor valor de D deve ser

- a) 2,9 m.
- b) 3,0 m.
- c) 3,1 m.
- d) 3,2 m.
- e) 3,3 m.

06. E

O problema trata de Fenômenos Ondulatórios, mais especificamente de Interferência Construtiva. A interferência construtiva acontece quando há a superposição de duas cristas ou dois vales de uma onda. Para encontros de vales e cristas temos a interferência destrutiva.

Para o caso da Interferência Construtiva, o valor absoluto da diferença das distâncias entre o ponto considerado e as fontes emissoras F_1 e F_2 é nulo ou múltiplo inteiro par de meio comprimento de onda.



$$D - d = n \left(\frac{\lambda}{2} \right), (n = 0, 2, 4, 6, \dots)$$

Para obtermos o menor valor de D, devemos utilizar o menor valor de n diferente de zero, portanto, fazer $n = 2$.

O comprimento de onda λ é calculado pela equação: $v = \lambda f$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2 \text{ m/s}}{4 \text{ Hz}} \therefore \lambda = 0,5 \text{ m}$$

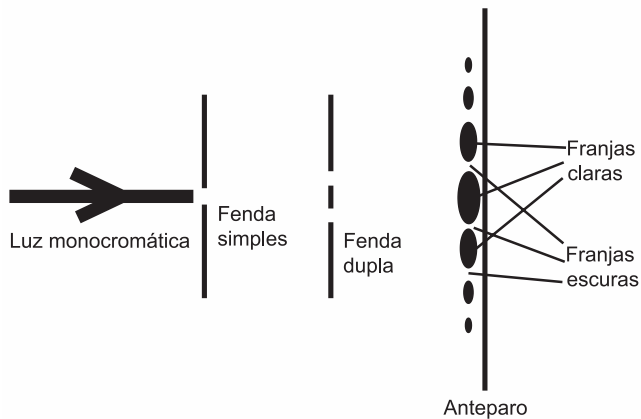
Substituindo na primeira equação, temos:

$$D - d = n \left(\frac{\lambda}{2} \right) \Rightarrow D - 2,8 \text{ m} = 2 \left(\frac{0,5 \text{ m}}{2} \right) \therefore D = 3,3 \text{ m}$$

PROFESSOR DANILO

ONDULATÓRIA – INTERFERÊNCIA BIDIMENSIONAL – SEGUNDO ANO – 30/09/2019

07. (Enem PPL 2017) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromática passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas. Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

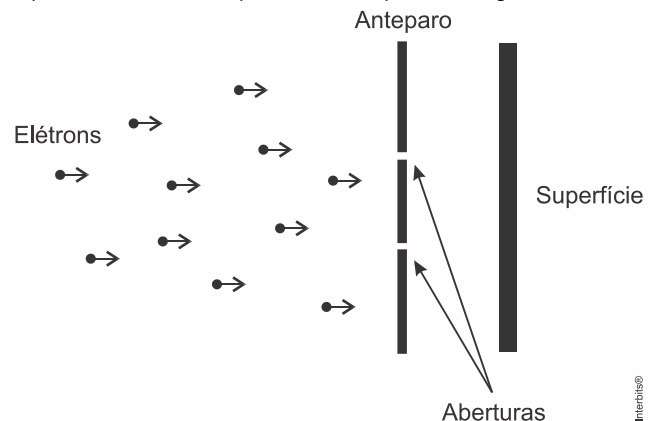


SILVA, F. W. O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, n. 1, 2007 (adaptado).

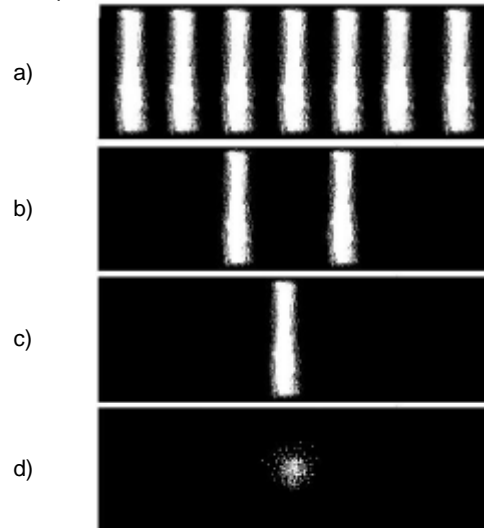
Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
- corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

08. (Ufu 2015) Um feixe de elétrons incide sobre uma superfície, demarcando os lugares onde a atinge. Todavia, há um anteparo com duas aberturas entre a fonte emissora de elétrons e a superfície, conforme representa o esquema a seguir.



Atualmente, sabe-se que a radiação tem um comportamento dual, ou seja, ora se assemelha a partículas, ora a ondas. Considerando que o diâmetro das aberturas é muito menor do que o comprimento de onda radiação incidente, que tipo de resultado será demarcado na superfície, levando em conta o comportamento ondulatório do feixe de elétrons?



08. A

Esta questão exemplifica o experimento da fenda dupla, onde um feixe de elétrons possui comportamento de interferência construtiva e destrutiva após a passagem pelas fendas, produzindo um padrão de interferência como obtido por ondas. A figura que representa esse comportamento corresponde à alternativa [A].

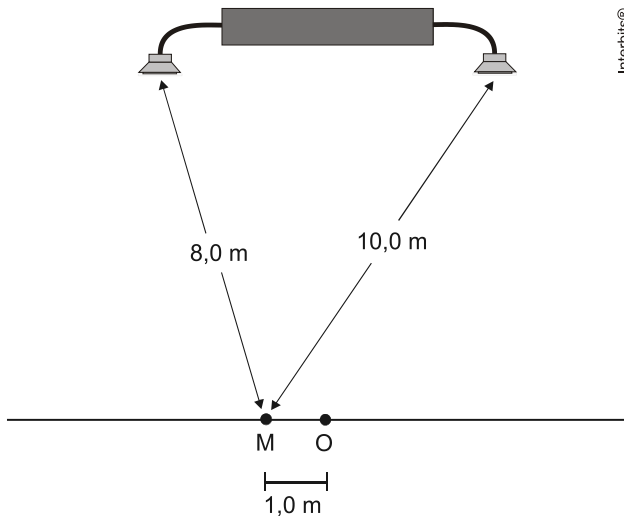
07. E

O experimento de Young consistiu no desenvolvimento de um método para a obtenção de duas fontes de luz em fase pela dupla difração dos raios luminosos através de fendas no anteparo, para assim provar a natureza ondulatória da luz devido à interferência entre as ondas geradas, ilustrada pelo aparecimento de franjas claras (interferência construtiva) e franjas escuras (interferência destrutiva).

PROFESSOR DANILO

ONDULATÓRIA – INTERFERÊNCIA BIDIMENSIONAL – SEGUNDO ANO – 30/09/2019

09. (Ufmg 2012) Dois alto-falantes idênticos, bem pequenos, estão ligados o mesmo amplificador e emitem ondas sonoras em fase, em uma só frequência, com a mesma intensidade, como mostrado nesta figura:



Igor está posicionado no ponto O, equidistante dos dois alto-falantes, e escuta o som com grande intensidade. Ele começa a andar ao longo da linha paralela aos alto-falantes e percebe que o som vai diminuindo de intensidade, passa por um mínimo e, depois, aumenta novamente. Quando Igor chega ao ponto M, a 1,0 m do ponto O, a intensidade do som alcança, de novo, o valor máximo.

Em seguida, Igor mede a distância entre o ponto M e cada um dos alto-falantes e encontra 8,0 m e 10,0 m, como indicado na figura.

- Explique por que, ao longo da linha OM, a intensidade do som varia da forma descrita e calcule o comprimento de onda do som emitido pelos alto-falantes.
- Se a frequência emitida pelos alto-falantes aumentar, o ponto M estará mais distante ou mais próximo do ponto O? Justifique sua resposta.

09. a) Dados: $x_1 = 10$ m; $x_2 = 8$ m; $d = 1$ m.
Ao longo da linha OM, há pontos onde ocorre interferência construtiva (som de intensidade máxima) e pontos onde ocorre interferência destrutiva (som de intensidade mínima). Percorrendo essa linha, entre um ponto de intensidade máxima e um de intensidade mínima, o som vai gradativamente diminuindo de intensidade.

Para que ocorra interferência construtiva, o módulo da diferença de distâncias do ponto até cada fonte ($\Delta x = |x_1 - x_2|$) deve ser um número par de meio comprimento de onda: $\left(\Delta x = p \frac{\lambda}{2}\right)$.

Para o ponto O, equidistante das fontes, $\Delta x = 0$.
Para o ponto M, próximo ponto de interferência construtiva,

$$\Delta x = 2 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \Delta x = \lambda.$$

Então:

$$|x_1 - x_2| = \lambda \Rightarrow 10 - 8 = \lambda \Rightarrow \lambda = 2 \text{ m}.$$

b) Analisemos o que ocorre com o aumento da frequência. Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}.$$

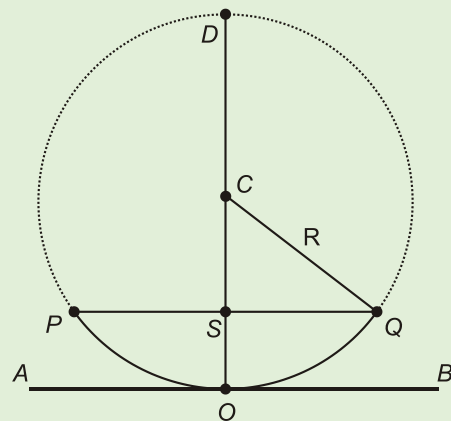
Como a velocidade é constante, se a frequência aumenta, o comprimento de onda diminui, diminuindo o módulo da diferença Δx . Para tal, x_1 diminui e x_2 aumenta; conseqüentemente, o ponto M estará mais próximo do ponto O.

10. (Ita 2010) Um feixe luminoso vertical, de 500 nm de comprimento de onda, incide sobre uma lente plano-convexa apoiada numa lâmina horizontal de vidro, como mostra a figura. Devido à variação da espessura da camada de ar existente entre a lente e a lâmina, torna-se visível sobre a lente uma sucessão de anéis claros e escuros, chamados de anéis de Newton. Sabendo-se que o diâmetro do menor anel escuro mede 2 mm, a superfície convexa da lente deve ter um raio de



- 1,0 m.
- 1,6 m.
- 2,0 m.
- 4,0 m.
- 8,0 m.

10. C



Na figura acima:

- AB: superfície plana sobre a qual se apoia a lente;
- OPDQ: seção da esfera que contém a lente. O raio da esfera é $CO = R$
- SQ: raio de um dos anéis. $SQ = r$;
- RQ: espessura da lâmina de ar. $RQ = e$.

Pela propriedade geométrica das cordas secantes podemos escrever:

$$(PS)(SQ) = (OS)(SD) \Rightarrow r^2 = e(2R - e) \Rightarrow r^2 = 2eR - e^2$$

Como nos casos de interferência, e é muito menor que R , o termo e^2 pode ser desprezado. Então:

$$r^2 = 2eR \Rightarrow e = \frac{r^2}{2R} \quad (\text{equação 1})$$

Os pontos de interferência destrutiva (anéis escuros) ocorrem para:

$$2e + \frac{\lambda}{2} = 2(k+1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2e + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} \Rightarrow e = k \frac{\lambda}{2} \quad (\text{equação 2})$$

Igualando (1) e (2), e fazendo $k = 1$ (anel de menor raio), temos:

$$\frac{r^2}{2R} = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow R = \frac{r^2}{\lambda}.$$

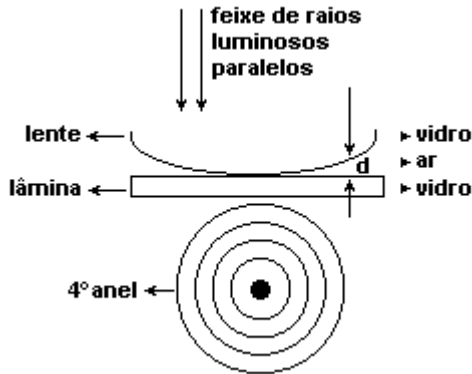
Com os dados fornecidos: $\lambda = 500 \text{ nm} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$ e $r = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$, vem:

$$R = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{5 \times 10^{-7}} \Rightarrow R = 2 \text{ m}.$$

PROFESSOR DANILO

ONDULATÓRIA – INTERFERÊNCIA BIDIMENSIONAL – SEGUNDO ANO – 30/09/2019

11. (Ita 2000) No experimento denominado "anéis de Newton", um feixe de raios luminosos incide sobre uma lente plano convexa que se encontra apoiada sobre uma lâmina de vidro, como mostra a figura. O aparecimento de franjas circulares de interferência, conhecidas como anéis de Newton, está associado à camada de ar, de espessura d variável, existente entre a lente e a lâmina. Qual deve ser a distância d entre a lente e a lâmina de vidro correspondente à circunferência do quarto anel escuro ao redor do ponto escuro central? (Considere λ o comprimento de onda da luz utilizada).



- a) 4λ .
- b) 8λ .
- c) 9λ .
- d) $8,5 \lambda$.
- e) 2λ .

11. E

Resolução similar à questão anterior.