

FÍSICA

com Rogério Andrade

Interferência





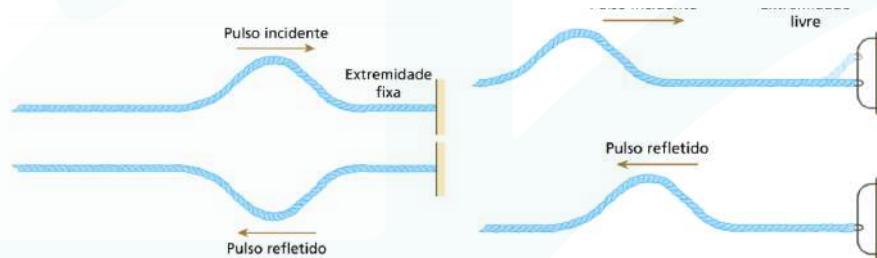
INTERFERÊNCIA

REFLEXÃO DE ONDAS

A reflexão é um dos fenômenos que podem ocorrer quando uma onda encontra um obstáculo ou uma mudança no meio em que se propaga.

Na reflexão de ondas, parte (ou toda) a energia da onda é redirecionada de volta ao meio de origem, obedecendo a certas leis. Esse fenômeno pode ser observado tanto em ondas mecânicas (como ondas em cordas, na água ou no som), quanto em ondas eletromagnéticas (como a luz).

Considere uma onda propagando-se por uma corda. Quando essa onda atinge uma extremidade fixa, ela é refletida com inversão de fase — ou seja, a crista da onda refletida se transforma em vale, e vice-versa. Já se a extremidade for livre, a onda se reflete sem inversão de fase.



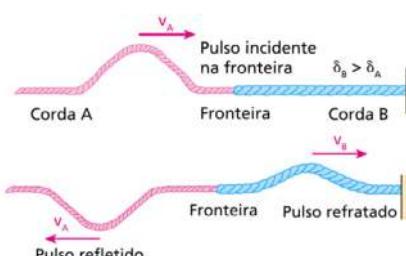
MUDANÇA DE MEIO (REFRAÇÃO)

Quando uma onda se propaga em uma corda e atinge a **interface** com outra corda de características diferentes (como massa linear ou densidade), ela sofre um fenômeno semelhante à refração das ondas de luz: parte da onda é **refletida** e parte é **transmitida** para o novo meio.

Essa mudança de meio provoca **alterações na velocidade e na amplitude** da onda transmitida, embora a frequência permaneça a mesma.

Exemplo prático

Considere duas cordas unidas, uma mais leve e outra mais pesada. Quando uma perturbação (como um pulso) se propaga na corda leve e atinge a junção com a corda pesada:

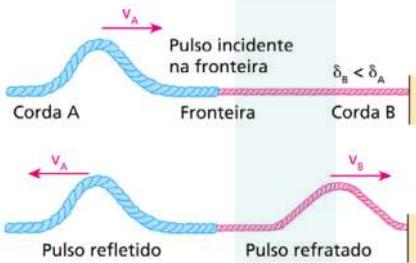



CÁLCULOS E NOTAS

Parte da onda é **refletida com inversão de fase** (a crista vira vale).

Parte da onda é **transmitida** para a corda pesada, mas com menor velocidade e menor amplitude.

Se o pulso vier da corda **pesada para a leve**, a onda refletida **não inverte a fase**, e a onda transmitida se move com **maior velocidade**.



Características da refração em cordas:

A frequência da onda não se altera ao mudar de meio.

A velocidade e o comprimento de onda variam, pois dependem das propriedades do meio (massa por unidade de comprimento e tensão).

A **energia da onda se divide** entre a parte refletida e a transmitida.

CÁLCULOS E NOTAS

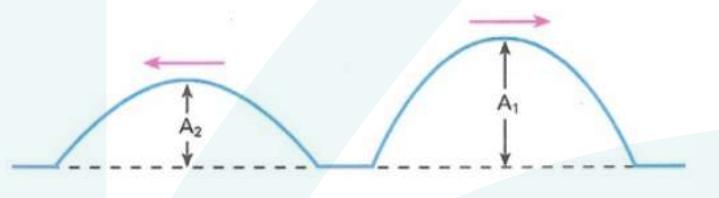
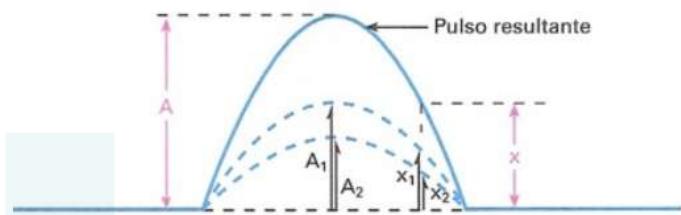
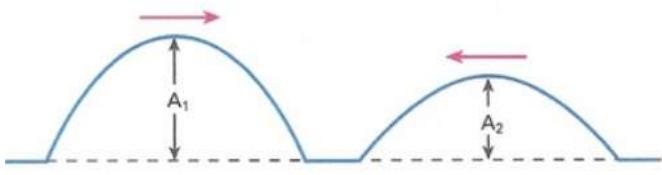
SUPERPOSIÇÃO DE DUAS OU MAIS ONDAS

Quando **duas ou mais ondas** se encontram em um mesmo ponto do espaço, ocorre o fenômeno da superposição. Nesse ponto, o efeito resultante é a **soma algébrica** dos efeitos que cada onda produziria **individualmente**.

Esse princípio é conhecido como o **Princípio da Superposição**, e vale tanto para ondas mecânicas quanto para ondas eletromagnéticas (como a luz).

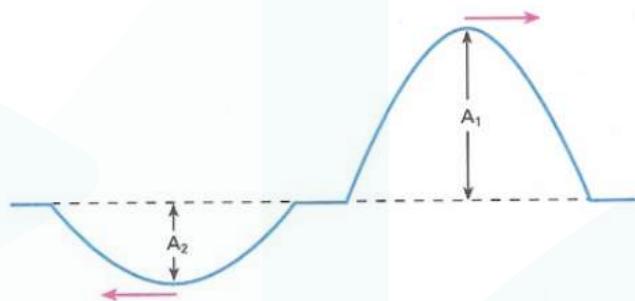
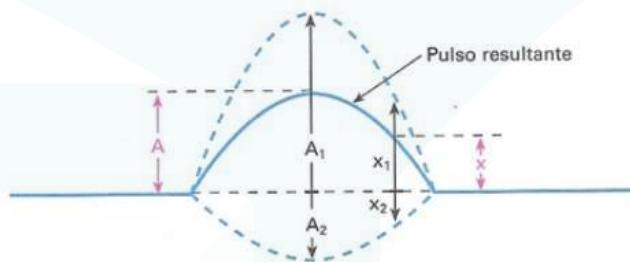
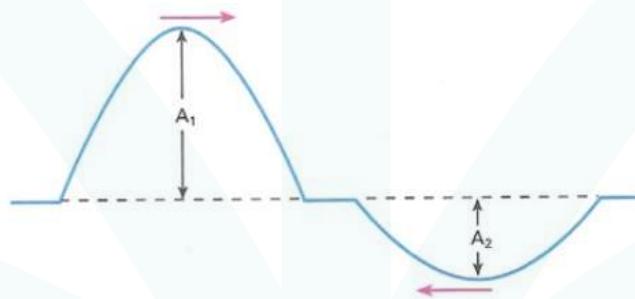
A superposição pode gerar diferentes efeitos, dependendo da **fase relativa** entre as ondas:

Interferência construtiva: ocorre quando as cristas e vales das ondas coincidem (mesmo sentido). O resultado é uma onda com **amplitude maior**.



$$A = A_1 + A_2$$

Interferência destrutiva: ocorre quando cristas coincidem com vales (sentidos opostos). O resultado é uma p que pode chegar a zero se as ondas tiverem mesma amplitude e estiverem completamente fora de fase.



$$A = A_1 - A_2$$

Importante:

A superposição é temporária. Depois de interagirem, as ondas mantêm suas características originais e continuam se propagando. O princípio da superposição é essencial para compreender fenômenos como batimentos, interferência de fendas, e ondas estacionárias.

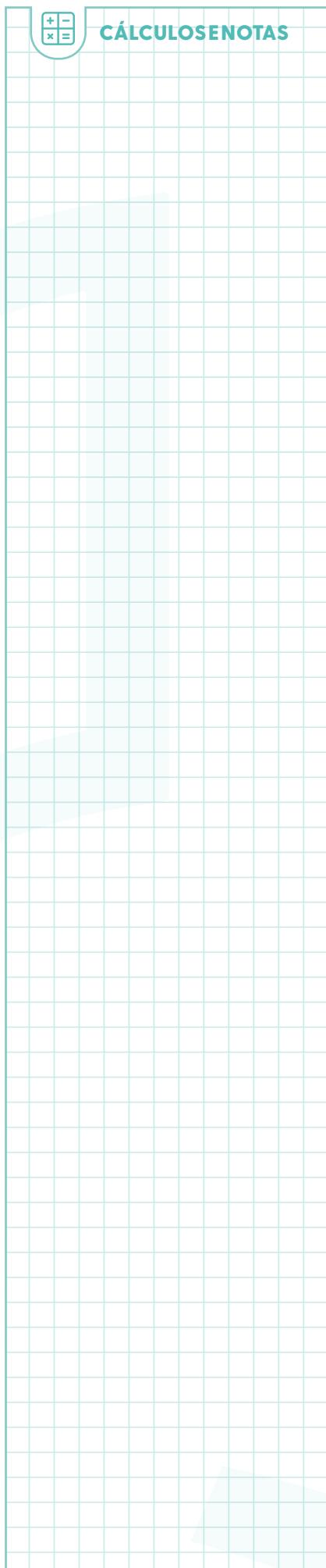
POLARIZAÇÃO DE ONDAS

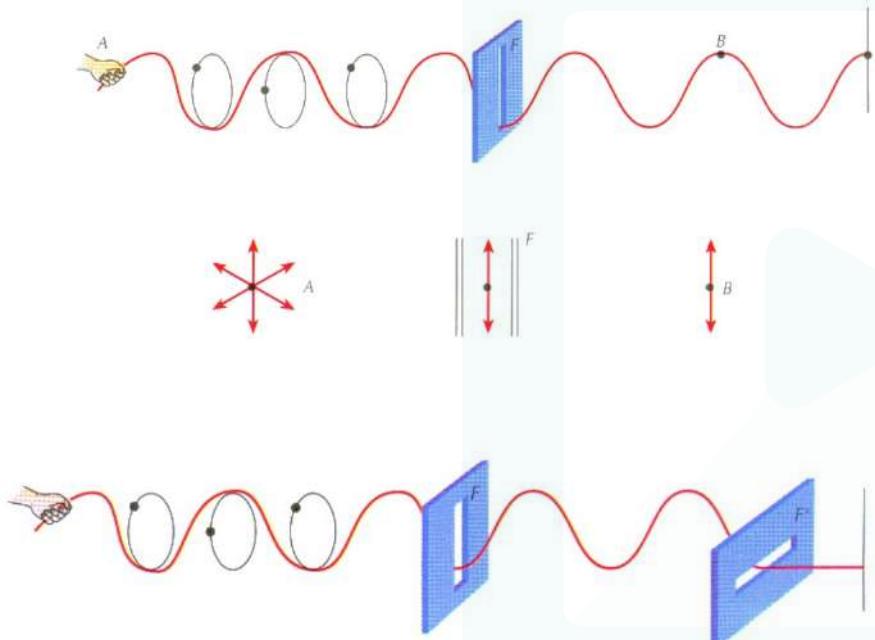
Movimentando-se a extremidade de uma corda para cima, para baixo e lateralmente, obtém-se na corda uma onda denominada onda não-polarizada ou natural. Nessas condições, as partes constituintes do meio oscilam em várias direções, perpendiculares à direção de propagação da onda. Quando as oscilações de todas as partes de um meio estão em um mesmo plano, diz-se que a onda é POLARIZADA.



ANOTAÇÕES

CÁLCULOSENOTAS

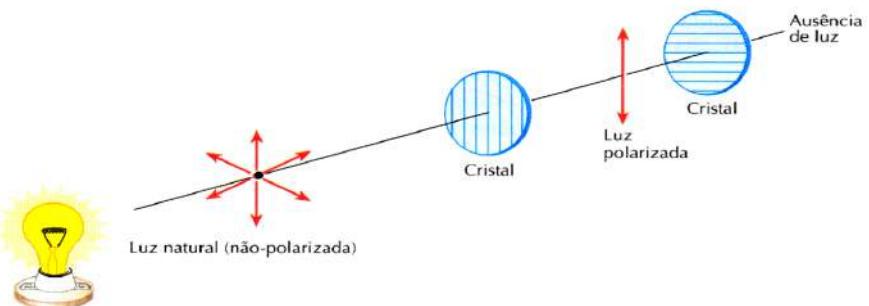




OBS: As ondas longitudinais não podem ser polarizadas.

POLARIZAÇÃO DA LUZ

O primeiro cristal é o polarizador e o segundo é o analisador. O primeiro permite obter a luz polarizada e o outro nos revela o fenômeno, uma vez que nossa vista não consegue distinguir a luz natural da luz polarizada.



PRINCÍPIO DE HUYGENS

O Princípio de Huygens, proposto pelo físico holandês Christiaan Huygens no século XVII, fornece uma maneira intuitiva e eficaz de entender a propagação das ondas.

Segundo esse princípio:

"Cada ponto de uma frente de onda, em um dado instante, pode ser considerado como uma fonte de novas ondas secundárias (ondas esféricas), que se propagam com a mesma velocidade da onda original. A nova frente de onda, em um instante posterior, é dada pela superfície que tangencia essas ondas secundárias."

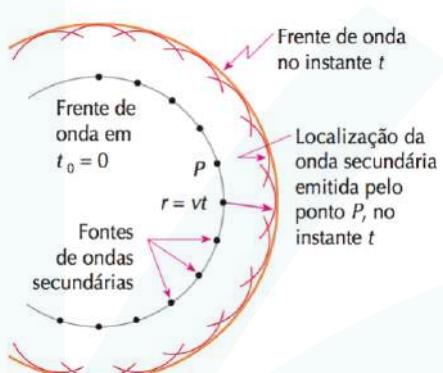
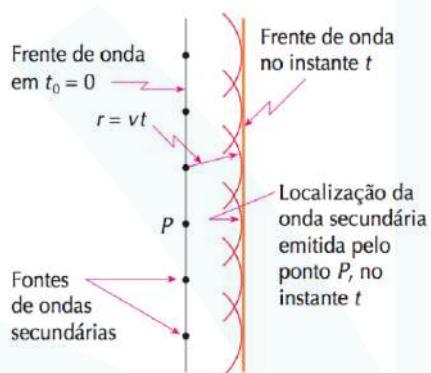
Esse modelo permite explicar diversos comportamentos das ondas, como:

A **propagação retilínea** em meios homogêneos;

A **reflexão** e a **refração**, quando a onda encontra uma superfície ou muda de meio;

A **difração**, que ocorre quando a onda contorna obstáculos ou passa por fendas.

O Princípio de Huygens também é essencial para compreender a natureza ondulatória da luz e serve como base para o desenvolvimento da óptica ondulatória.



DIFRAÇÃO DE ONDAS

Quando segurarmos uma **placa metálica contra a luz do Sol**, observamos no chão a **sombra projetada** da placa. Se fizermos um pequeno furo nessa placa, veremos uma **mancha luminosa** no chão com as **mesmas dimensões do orifício**. Isso nos leva a concluir que as **ondas luminosas se propagam em linha reta**, dentro de um raio bem definido.

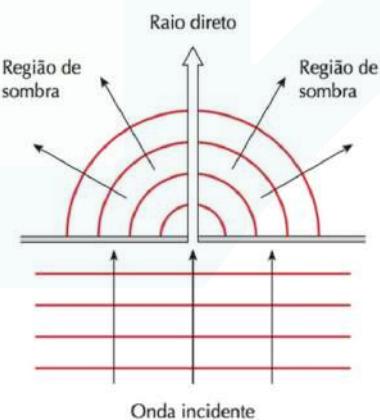
Agora, realizando uma experiência semelhante com **ondas na superfície da água**, considere que essas ondas se propagam até um obstáculo com uma **estreita abertura**. Observa-se que, ao passar por essa abertura, as ondas **não seguem apenas em linha reta**, mas **se espalham em todas as direções** a partir do orifício. Esse fenômeno é chamado de difração.

A **difração** é a capacidade que uma onda tem de **contornar obstáculos ou atravessar fendas**, espalhando-se em regiões que estariam na “sombra” se a onda se comportasse como um feixe retilíneo.

A difração é mais perceptível quando o **tamanho da abertura é da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda**.

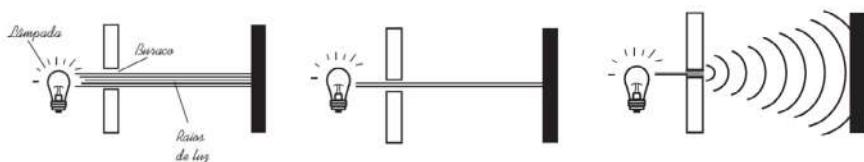
Em ondas de água, som ou rádio (com comprimentos de onda maiores), a difração é facilmente observada.

Em luz (cujo comprimento de onda é muito pequeno), a difração ocorre, mas exige fendas muito estreitas para ser perceptível.



EXEMPLO 1

(ENEM) Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.




CÁLCULOSENOTAS

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

- Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

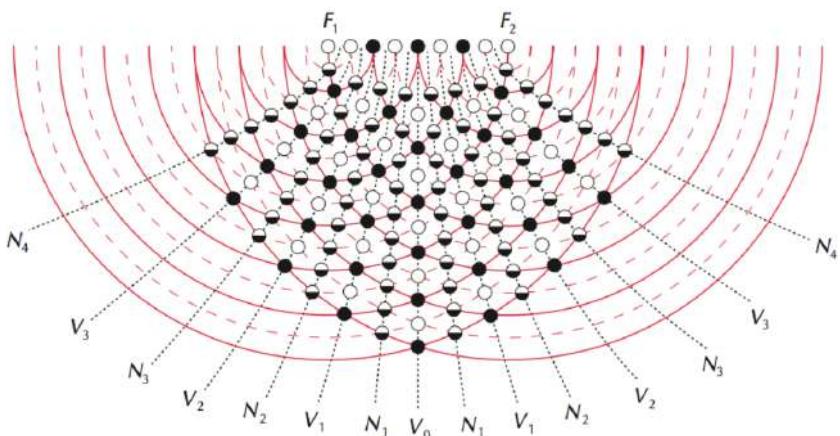
INTERFERÊNCIA EM DUAS DIMENSÕES

Considerando F_1 e F_2 originando ondas periódicas em fase na superfície da água, isto é, elas apresentam a mesma frequência e originam ondas iguais no mesmo instante. Essas fontes são denominadas fontes coerentes.

Na figura as circunferências cheias representam as cristas, e as circunferências tracejadas, os vales originados pelas ondas provenientes das fontes F_1 e F_2 . Os pontos onde ocorrem as interferências construtivas e destrutivas obedecem ao código abaixo:

- Interferência Construtiva (Crista + Crista)
- Interferência Construtiva (Vale + Vale)
- Interferência Destrutiva (Crista + Vale)

As linhas pontilhadas e designadas por V_0 , V_1 , V_2 , e V_3 , denominadas linhas ventrais, são aquelas em que ocorre reforço completo, isto é, interferência construtiva. As linhas pontilhadas e indicadas por N_1 , N_2 , N_3 e N_4 , denominadas linhas nodais, são aquelas em que ocorre interferência destrutiva.



Para fontes em *Concordância de Fase*

Interferência construtiva

$$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}$$

$$N = 0, 2, 4, 6, \dots$$

Interferência Destrutiva

$$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}$$

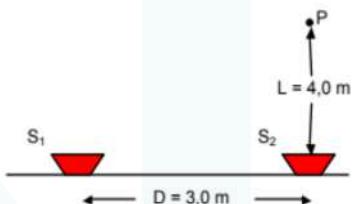
$$N = 1, 3, 5, 7, \dots$$

EXEMPLO 2

(UFPE) Duas fontes S_1 e S_2 , separadas pela distância $D = 3,0\text{ m}$, emitem, em fase, ondas sonoras de comprimento de onda λ . Um ouvinte, ao se afastar da fonte S_2 , percebe o primeiro mínimo de interferência quando se encontra no ponto P, a uma distância $L = 4,0\text{ m}$ desta fonte (ver figura). Qual o valor de λ , em metros?

CÁLCULOSENOTAS

- a) 5,0
 b) 4,0
 c) 3,0
 d) 2,0
 e) 1,0

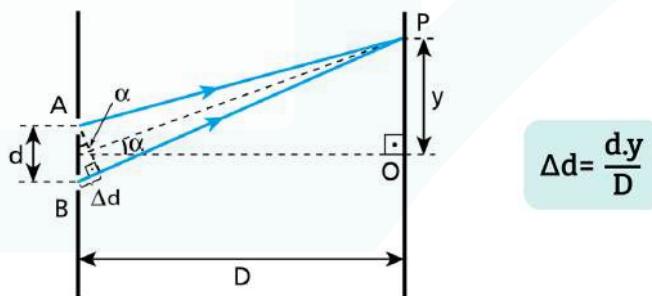
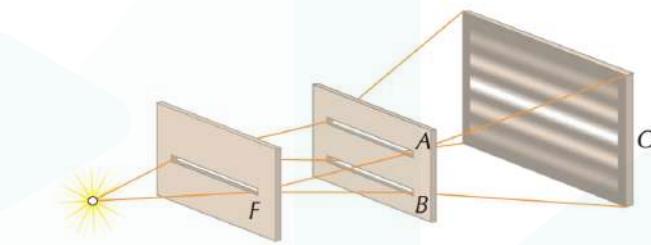


INTERFERÊNCIA DE ONDAS LUMINOSAS (EXPERIÊNCIA DE YOUNG)

Uma fonte de luz monocromática é colocada diante de uma tela opaca provida de uma fenda estreita F. Atrás dessa tela é colocada numa outra, também opaca e com duas fendas estreitas idênticas A e B. Essa disposição pode ser vista na figura abaixo.

A luz proveniente de F passa tanto por A como por B e atinge o anteparo que está sendo observado. Se ela não tivesse natureza ondulatória o anteparo deveria ficar completamente escuro pois nenhum raio de luz poderia alcançá-lo a partir de F. De acordo com o princípio de Huygens, a luz sofre difração na fenda F e as ondas difratadas sofrem nova difração nas duas fendas A e B. As ondas luminosas provenientes das fendas A e B têm a mesma frequência e estão exatamente em fase, porque a fenda F está equidistante das vendas A e B.

Em vista da interferência dessas ondas, o anteparo não é iluminado por igual, mostrando regiões claras e escuras, alternadas, que constituem as **franjas de interferência**. As franjas claras correspondem às regiões onde ocorrem interferência construtiva. As franjas escuras correspondem às regiões onde ocorre interferência destrutiva.



**Interferência
construtiva**

$$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}$$

$$N = 0, 2, 4, 6, \dots$$

**Interferência
Destruitiva**

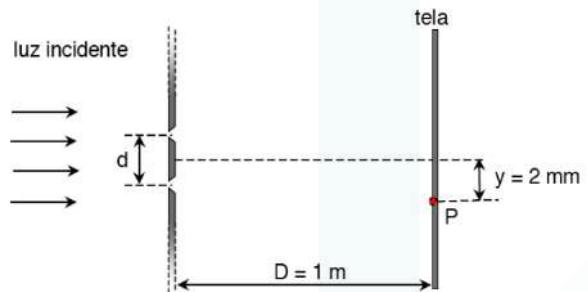
$$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}$$

$$N = 1, 3, 5, 7, \dots$$


CÁLCULOSENOTAS

EXEMPLO 3

(UFPE) Na experiência de Young com luz de comprimento de onda $\lambda = 400$ nm, o primeiro mínimo de interferência se localiza no ponto P a 2 mm do máximo central quando o padrão de interferência é observado numa tela na distância $D = 1$ m. Calcule a distância d entre as fendas, em milímetros?



ANOTAÇÕES



CÁLCULO EN NOTAS

Estamos juntos nessa!



CURSO
FERNANDA PESSOA
ONLINE

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.