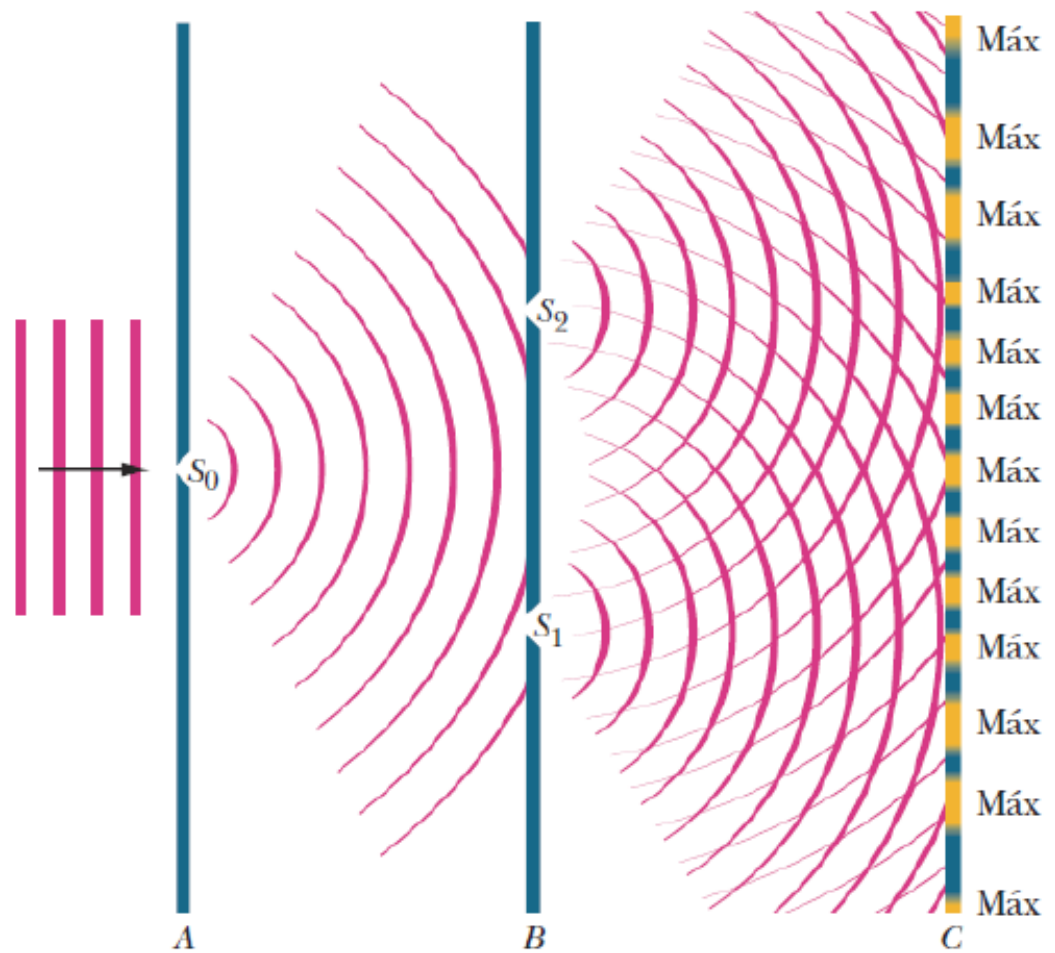


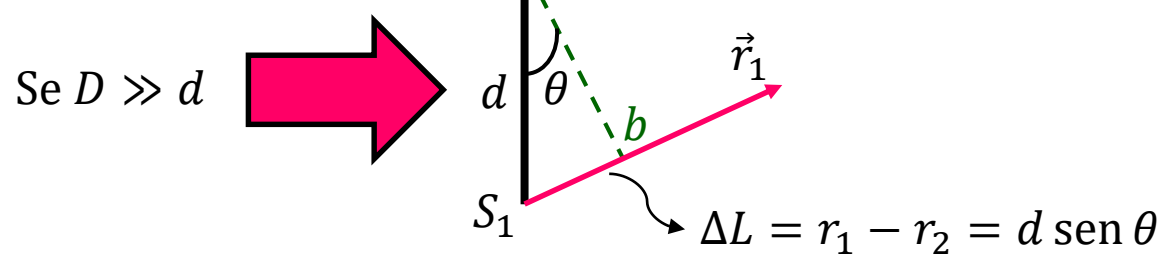
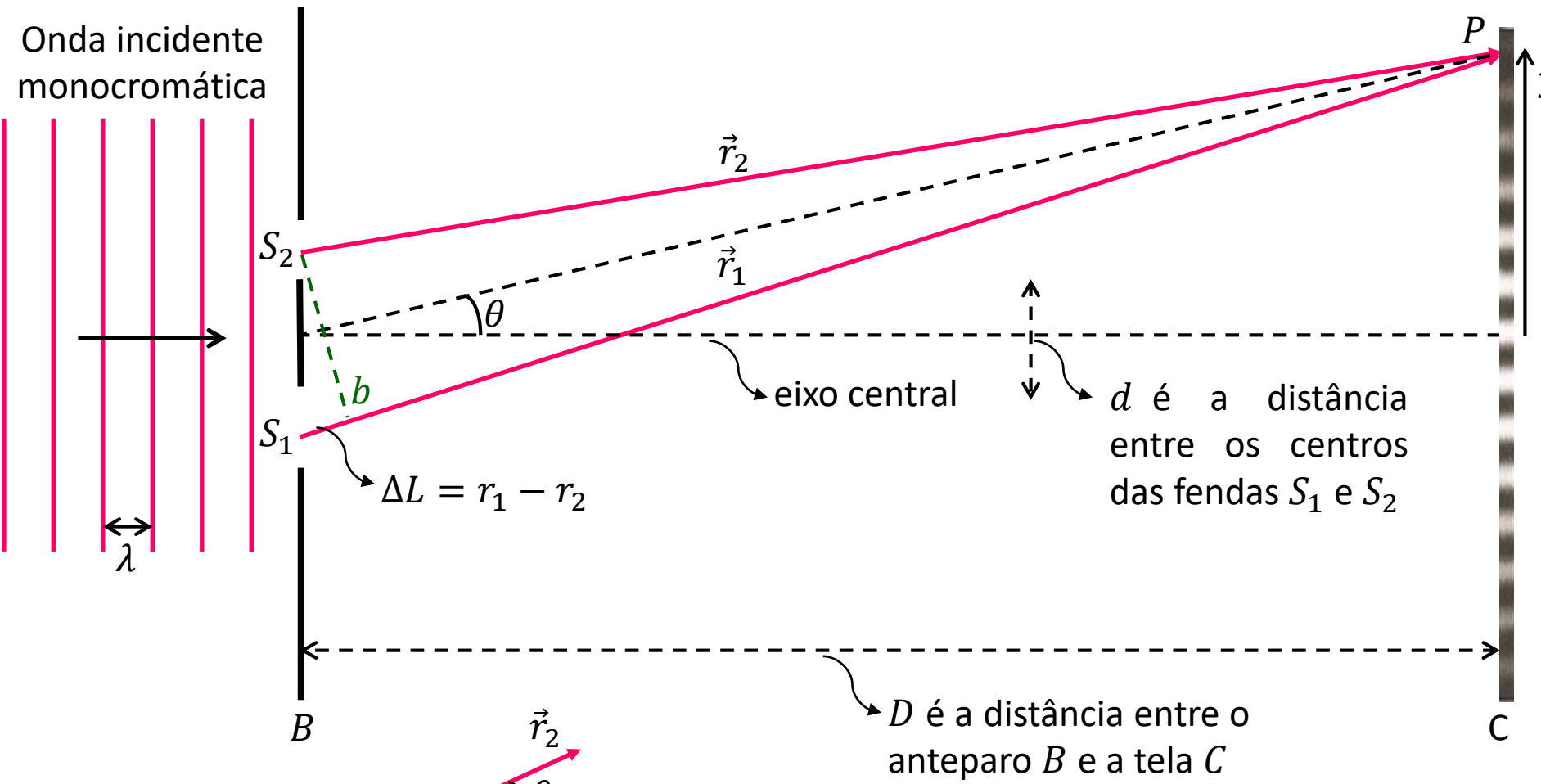
35.4 O Experimento de Young

As ondas que passam pelas duas fendas se superpõem e formam uma figura de interferência.

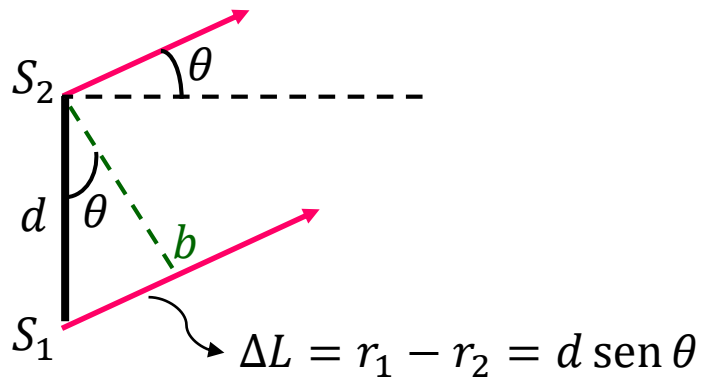


No experimento de interferência Young, a luz monocromática incidente é difratada pela fenda S_0 , que se comporta como uma fonte luminosa pontual, emitindo frentes de onda semicirculares. Quando a luz chega ao anteparo B , é difratada pelas fendas S_1 e S_2 , que se comportam como duas fontes pontuais. As ondas luminosas que deixam as fendas S_1 e S_2 se combinam e sofrem interferência, formando um padrão de interferência, composto de máximos e mínimos, na tela de observação C . A ilustração é apenas uma seção reta; as telas, as fendas e as figuras de interferência se estendem para dentro e para fora do papel. Entre os anteparos B e C , as frentes de onda semicirculares com centro em S_2 (em S_1) mostram as ondas semicirculares que existiriam se apenas a fenda S_2 (em S_1) estivesse descoberta.

A Localização das Franjas



➤ A diferença de fase ϕ entre duas ondas pode mudar se as ondas percorrerem distâncias diferentes.



- Em um experimento de interferência de dupla fenda de Young, a intensidade luminosa em cada ponto da tela de observação depende da diferença ΔL entre as distâncias percorridas pelos dois raios que chegam ao ponto.

$$\Delta L = d \sin \theta. \quad (35.12) \quad (\text{se } D \gg d)$$

- **INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA:** No caso de uma **franja clara**, ΔL é igual a zero ou a um número inteiro de comprimentos de onda. Essa condição pode ser expressa da seguinte forma:

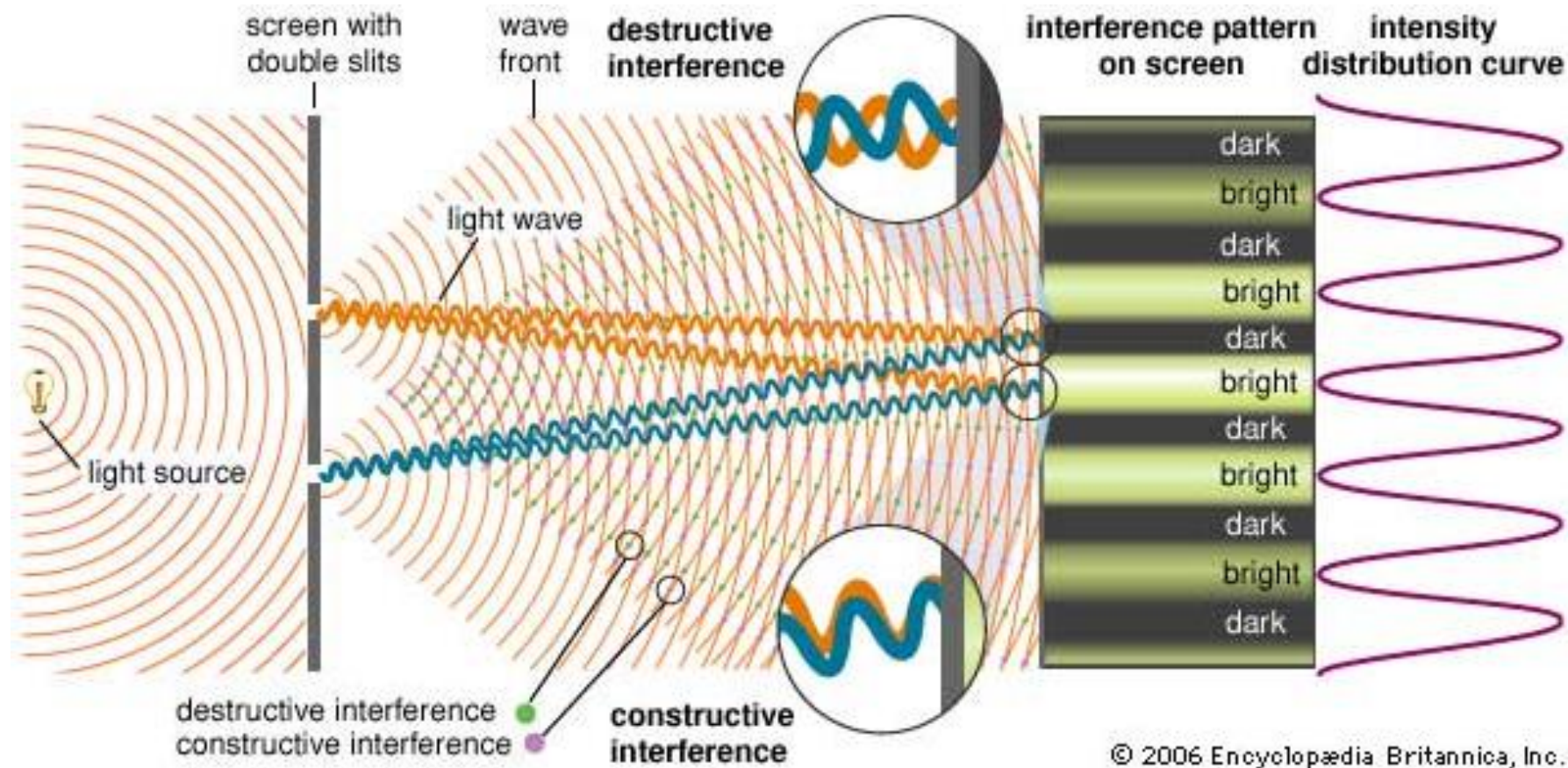
$$\Delta L = d \sin \theta = (\text{número inteiro})\lambda \quad \Rightarrow \quad d \sin \theta_m = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots (35.14)$$

↓
máximos laterais de ordem $|m|$

- **INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA:** No caso de uma **franja escura**, ΔL é igual a um múltiplo ímpar de metade do comprimento de onda. Essa condição pode ser expressa da seguinte forma:

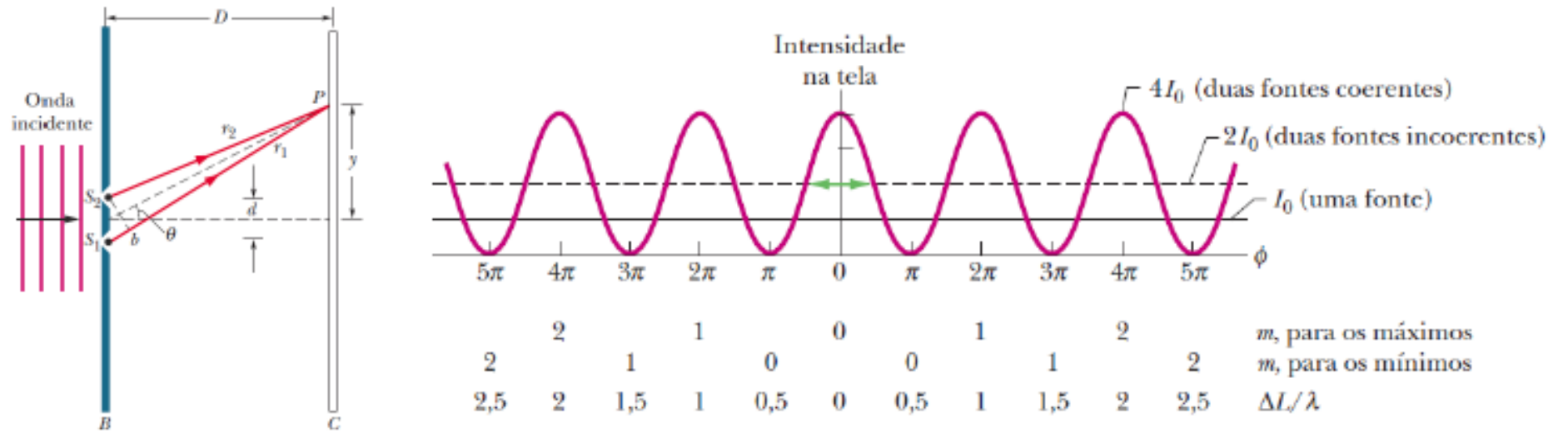
$$\Delta L = d \sin \theta = (\text{número ímpar})\frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad d \sin \theta_m = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots (35.16)$$

35.5 Coerência



- Para que uma figura de interferência apareça na tela C , é preciso que a diferença de fase entre as ondas que chegam a um ponto qualquer da tela não varie com o tempo. Quando isso acontece, dizemos que os raios luminosos que saem das fendas S_1 e S_2 são **coerentes**.
- Se a diferença de fase entre dois raios luminosos varia com o tempo, dizemos que os raios luminosos são **incoerentes**.

35.6 Intensidade das Franjas de Interferência



As componentes do campo elétrico das duas ondas que chegam ao ponto P da tela são dadas por:

$$E_1(t) = E_0 \text{sen } \omega t \quad (35.20)$$

$$E_2(t) = E_0 \text{sen}(\omega t + \phi) \quad (35.21)$$

A intensidade da luz no ponto P da tela é

$$I = 4I_0 \cos^2 \left(\frac{\phi}{2} \right), \quad (35.22)$$

onde a diferença de fase ϕ entre as ondas é dada por

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\Delta L}{\lambda} \Rightarrow \phi = \frac{2\pi d \text{sen } \theta}{\lambda}. \quad (35.23)$$

$$I = 4I_0 \cos^2 \left(\frac{\phi}{2} \right) \quad (35.22)$$

$$\phi = \frac{2\pi d \sin \theta}{\lambda} \quad (35.23)$$

$$d \sin \theta_m = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots (35.14)$$

$$d \sin \theta_m = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots (35.16)$$

POSIÇÕES DOS MÁXIMOS

Examinando a equação (35.22), vemos que os máximos de intensidade ocorrem quando

$$\frac{\phi}{2} = m\pi \quad \Rightarrow \quad \frac{2\pi d \sin \theta}{2\lambda} = m\pi \quad \Rightarrow \quad d \sin \theta_m = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots (35.25)$$

POSIÇÕES DOS MÍNIMOS

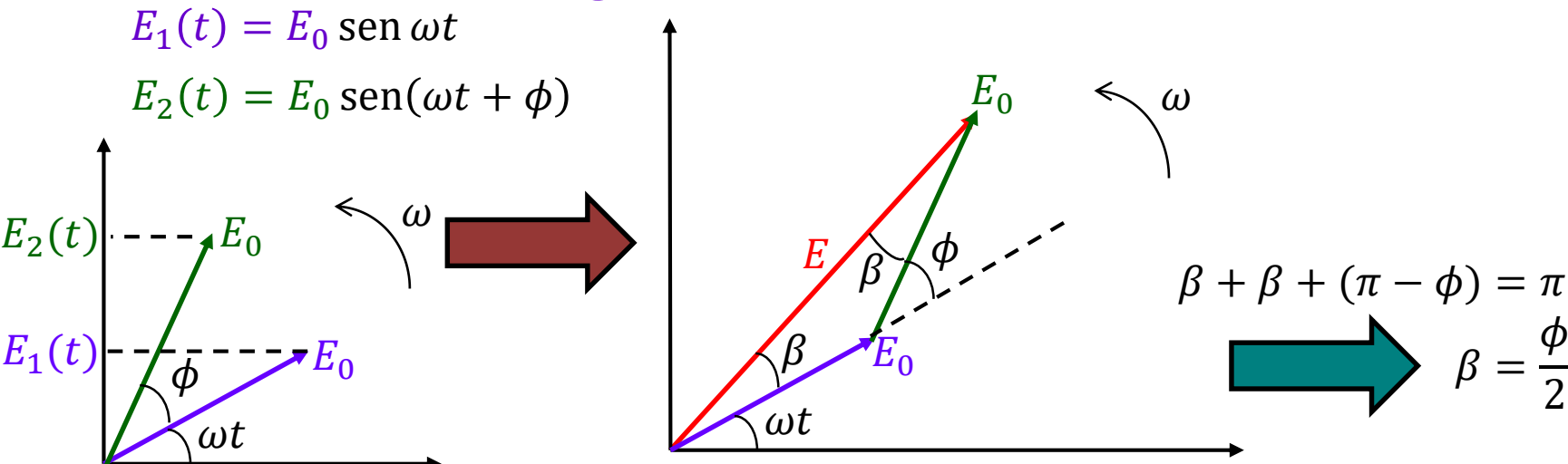
Examinando a equação (35.22), vemos que os mínimos de intensidade ocorrem quando

$$\frac{\phi}{2} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \pi \quad \Rightarrow \quad \frac{2\pi d \sin \theta}{2\lambda} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \pi$$

$$\Rightarrow \quad d \sin \theta_m = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots (35.27)$$

Demonstração da equação (35.22)

Diagrama de Fasores



$$\cos(\pi - \phi) = \underbrace{\cos \pi}_{=-1} \cos \phi + \underbrace{\sin \pi}_{=0} \sin \phi = -\cos \phi$$

$$E^2 = E_0^2 + E_0^2 - 2E_0E_0 \cos(\pi - \phi) \Rightarrow E^2 = 2E_0^2 + 2E_0^2 \cos \phi$$

$$E^2 = 2E_0^2(1 + \cos \phi) = 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \Rightarrow E^2 = 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

$$1 + \cos \phi = 2 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

$$I_0 = \frac{1}{2c\mu_0} E_0^2 \Rightarrow I = \frac{1}{2c\mu_0} E^2 = \frac{1}{2c\mu_0} 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right).$ (35.22)

Combinando Mais de Duas Ondas

Em uma situação mais complexa pode ser necessário determinar a resultante de três ou mais ondas senoidais. Para isso, basta fazer o seguinte:

- 1) Desenhe uma série de fasores para representar as ondas a serem somadas. Cada fasor deve começar onde o anterior termina, fazendo com este um ângulo igual à diferença de fase entre as ondas correspondentes.
- 2) Determine o fasor soma ligando a origem à extremidade do último fasor. O módulo do fasor soma corresponde à amplitude máxima da onda resultante. O ângulo entre o fasor soma e o primeiro fasor corresponde à diferença de fase entre os dois fasores. A projeção do fasor soma no eixo vertical corresponde à amplitude instantânea da onda resultante.

Exercícios sugeridos das Seções 35.4 e 35.6: 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33 e 34.

16) Em um experimento de fenda dupla a distância entre as fendas é 100 vezes maior que o comprimento de onda usado para iluminá-las.

(a) Qual é a separação angular em radianos entre o máximo central e o máximo mais próximo?

(b) Qual é a distância entre esses máximos em uma tela situada a 50 cm das fendas?

[Dicas: $d \sin \theta_m = m\lambda$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ e $\sin \theta_m \approx \tan \theta_m = y_m/D$]

Respostas: (a) $\theta_1 = 0,010 \text{ rad}$; (b) $y_1 = 5 \text{ mm}$.

