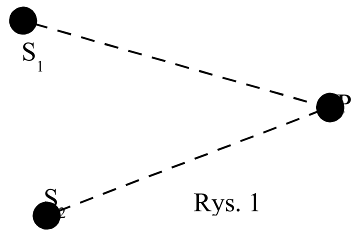
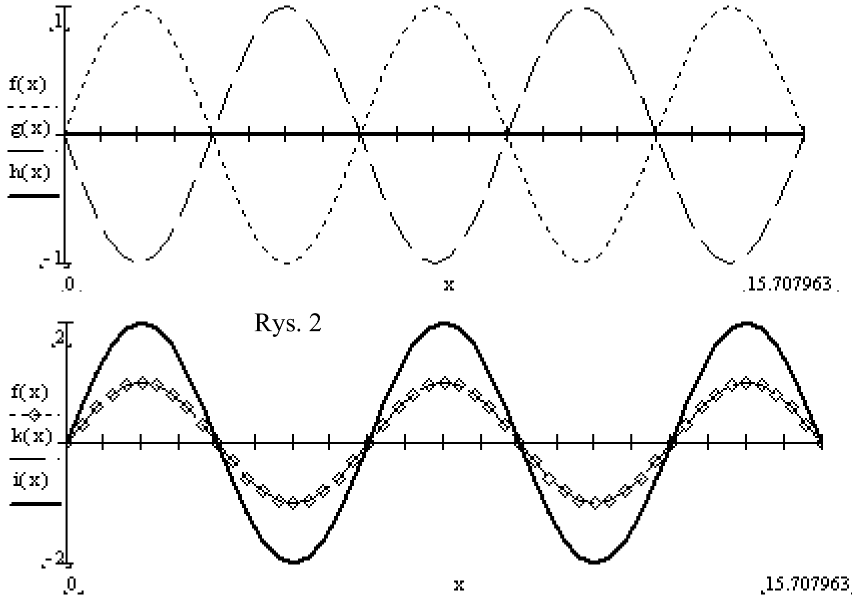
Interferencja

Interferencją nazywamy nakładanie się fal. Efekt interferencji można pokazać, nakładając na siebie dwie folie zarysowane współśrodkowymi okręgami, których promienie wzrastają zawsze o tę samą wartość. Wychodzące wtedy z punktów S_1 i S_2 dwie jednakowe fale (rys.1), mające tę samą długość fali, częstotliwość i prędkość rozchodzenia się dochodzą do punktu P, w którym się nakładają. Różnią się te fale tylko przebytą drogą między punktami S_1 (lub S_2) i P. Takie fale nazywamy ***spójnymi***.



Rys. 1

Mechanizm powstawania interferencji fal jest szczególnie ważny, gdy rozważamy fale sinusoidalnie zmienne biegnące wzdłuż jednej prostej (rys.2a i 2b). Jeżeli odległość punktów w których fale są wytwarzane, wynosi $\Delta x = \lambda / 2$, to w wyniku ich nałożenia nastąpi *wygaszenie fal* (Rys. 2a). Wygaszenie wystąpi również dla $\Delta x = \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, ...$ czyli ogólnie dla $\Delta x = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ gdzie n=0,1,2,... W przypadku, gdyby źródła fal były odległe od siebie o $\Delta x = \lambda$, zaobserwujemy *wzmocnienie fal* (Rys. 2b). Nastąpi ono również dla: $\Delta x = n\lambda$, gdzie n=0,1,2,3,....



Rys. 2

Powróćmy teraz do ogólnego przypadku, gdy fale nie biegną wzdłuż jednej prostej (Rys. 1). Źródła fal leżą w punktach S_1 i S_2 zaś my rozpatrujemy punkt P, w którym się one nakładają. Równania fal wychodzących z punktów S_1 i S_2 odpowiednio zapiszemy:

$$y_1 = A\sin\omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right) \quad \text{oraz} \quad y_2 = A\sin\omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right).$$

W punkcie P fale nakładają się na siebie, a więc mamy:

$$y = y_1 + y_2 = A\sin\omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right) + A\sin\omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right).$$

Wiedząc, że zachodzi równość:

$$\sin\beta + \sin\gamma = 2\sin\left(\frac{\beta+\gamma}{2}\right)\cos\left(\frac{\beta-\gamma}{2}\right)$$

możemy zapisać:

$$y = y_1 + y_2 = 2A\cos\omega\left(\frac{x_2 - x_1}{2v}\right)\sin\omega\left(t - \frac{x_1 + x_2}{2v}\right).$$

Ostatnie równanie jest równaniem nowej fali powstałej po nałożeniu się dwóch fal składowych. Jest ono również równaniem fali harmonicznej i warto zauważyć, że amplitudą B tej fali jest:

$$B = 2A\cos\omega\left(\frac{x_2 - x_1}{2v}\right). \quad (*)$$

Amplituda nowej fali zależy od położenia punktu P względem poszczególnych źródeł. Ostatecznie możemy zapisać:

$$y = B\sin\omega\left(t - \frac{x_1 - x_2}{2v}\right).$$

Wracając do wzoru na amplitudę (*) i wiedząc, że funkcja cosinus przyjmuje największe wartości bezwzględne w przypadkach:

$$\cos\omega\left(\frac{x_2 - x_1}{2v}\right) = \cos n\pi \text{, gdzie } n = 0, \pm1, \pm2, ...$$

możemy zapisać:

$$x_2 - x_1 = 2n\frac{\pi v}{\omega} = \frac{2n\pi v}{\frac{2\pi}{T}} = n\lambda \ .$$

Jeżeli więc różnica dróg fal dochodzących do punktu P równa się zeru lub całkowitej wielokrotności długości fal, to w punkcie tym otrzymamy maksimum interferencyjnym.

Łatwo sprawdzić, że gdy różnica dróg wynosi nieparzystą wielokrotność połówek długości fal, czyli:

$$x_2 - x_1 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

to otrzymamy ***minimum interferencyjne.***