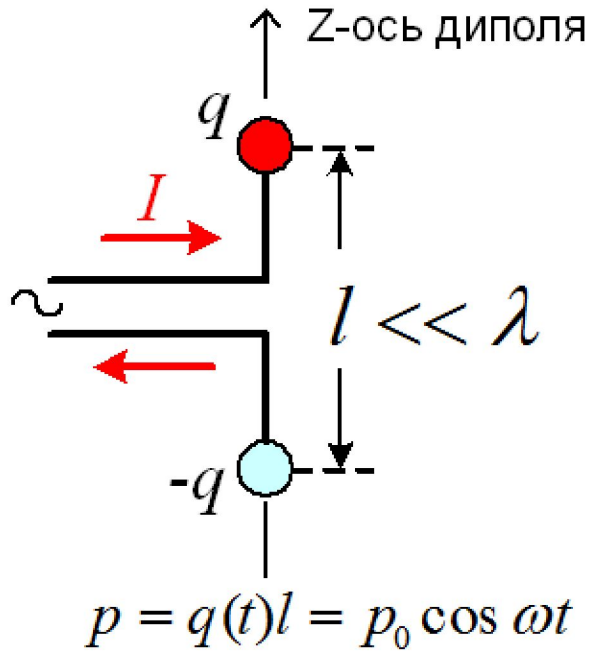


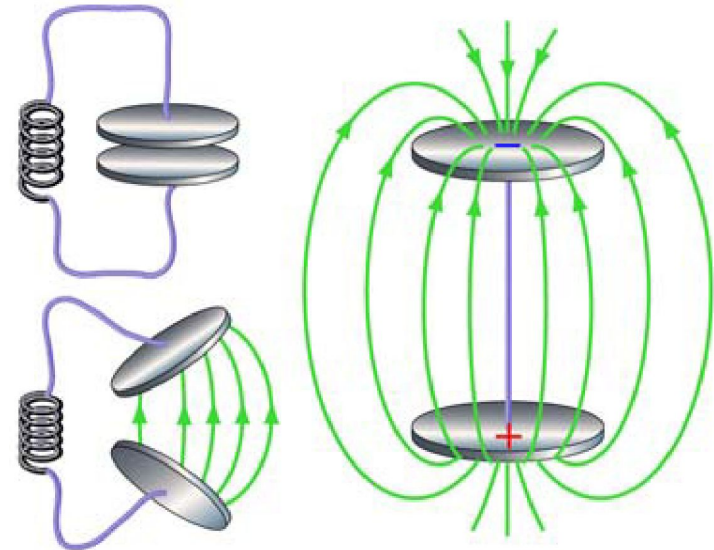
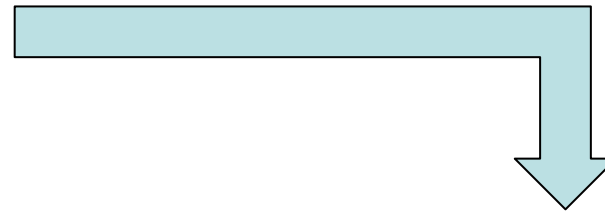
Лекция 19.

Электромагнитные волны.
Явления интерференции и
дифракции.

Источник электромагнитных волн: диполь Герца



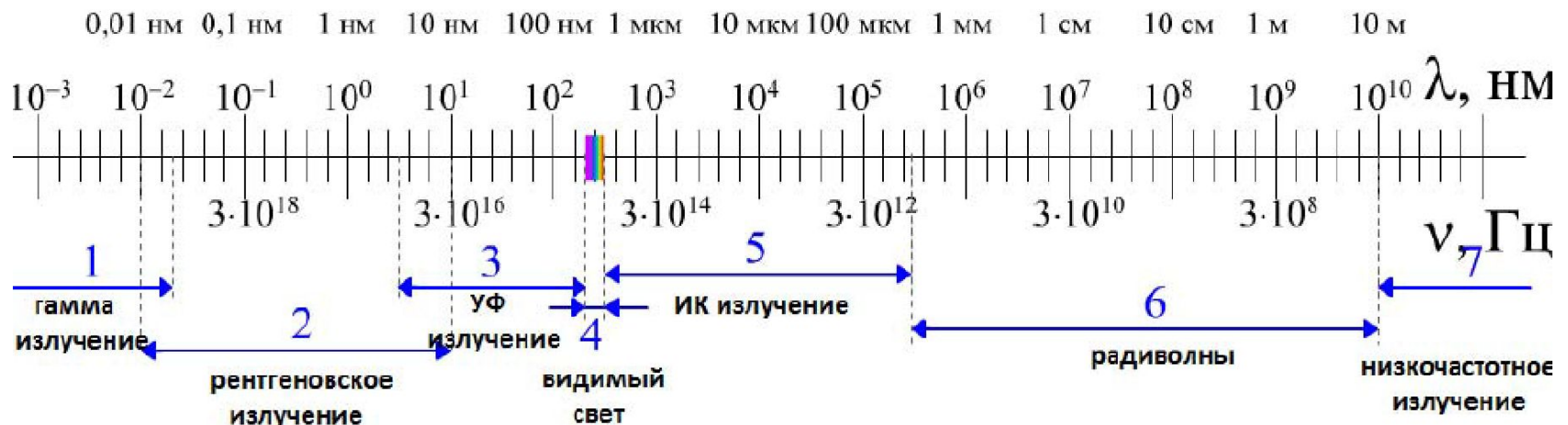
Диполь Герца представляет собой аналог открытого колебательного контура (антенны)



Шкала электромагнитных волн.

Электромагнитные волны можно условно разделить на несколько видов:

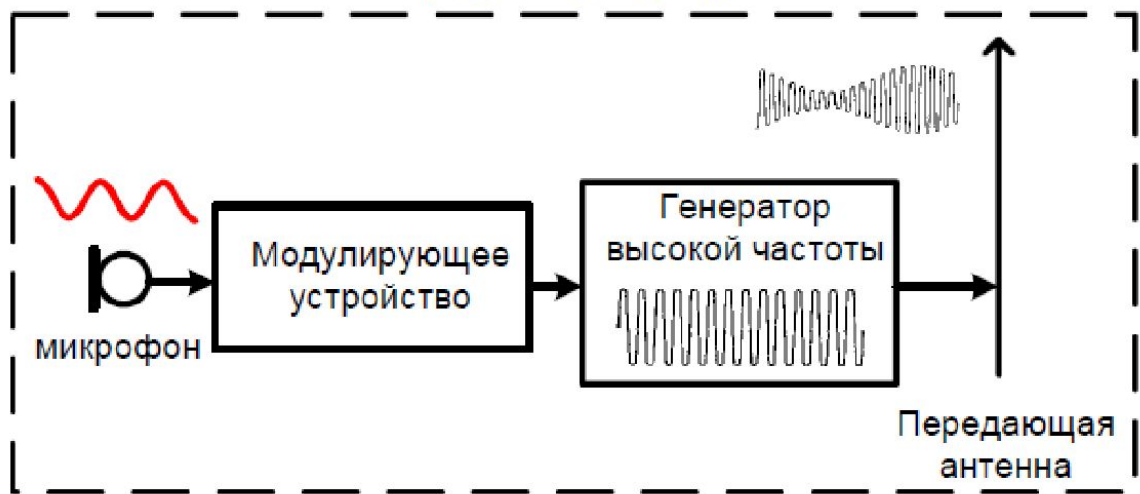
- 1) низкочастотное излучение ($\lambda > 10$ м),
- 2) радиоволны (1 мм $< \lambda < 10$ м),
- 3) световые волны
 - 3.1) инфракрасное излучение (770 нм $< \lambda < 1$ мм),
 - 3.2) видимый свет (380 нм $< \lambda < 770$ нм),
 - 3.3) ультрафиолетовое излучение (10 нм $< \lambda < 380$ нм)),
- 4) рентгеновское излучение ($0,01$ нм $< \lambda < 10$ нм)
- 5) гамма-излучение ($\lambda < 0,1$ нм).



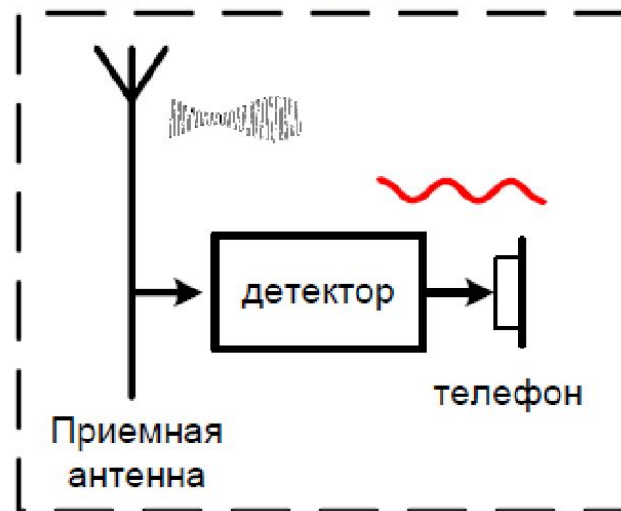
Принципы радиосвязи

Любая информация (звук, изображение) должна быть преобразована в электромагнитные волны, но информационный сигнал является низкочастотным и не может передаваться на большие расстояния. Для радиоволн необходимы высокие частоты. Процесс наложения (кодирования) низкочастотного информационного сигнала на высокочастотный несущий называется *модуляцией*.

Передающее устройство

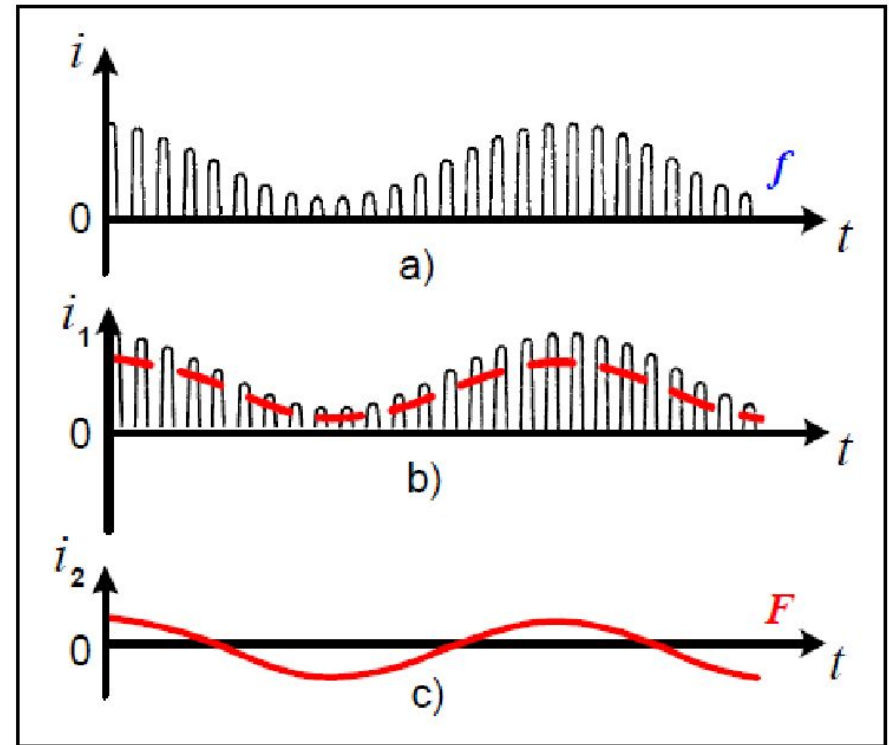
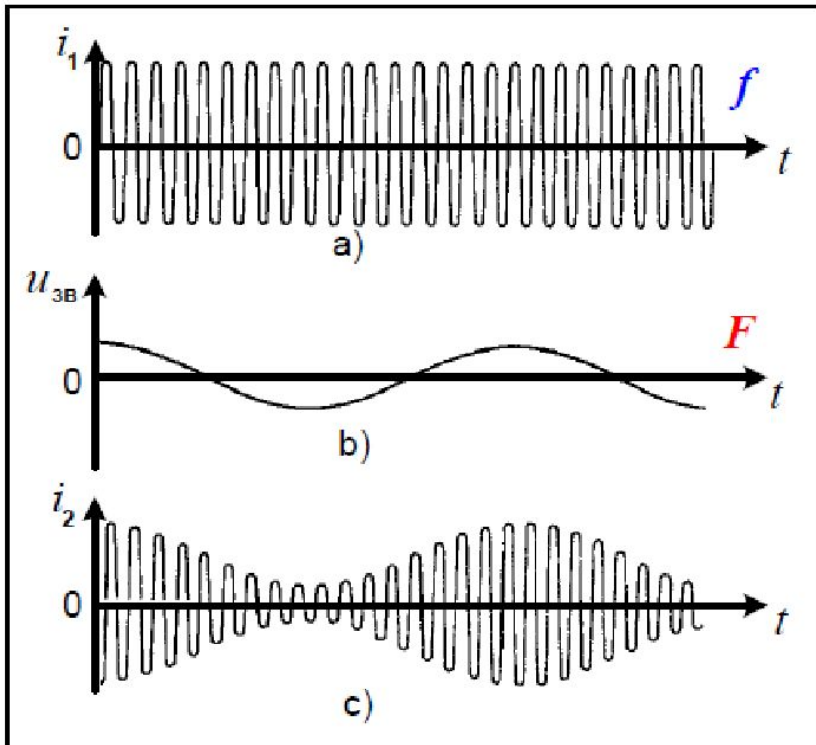


Приемное устройство



Амплитудная модуляция

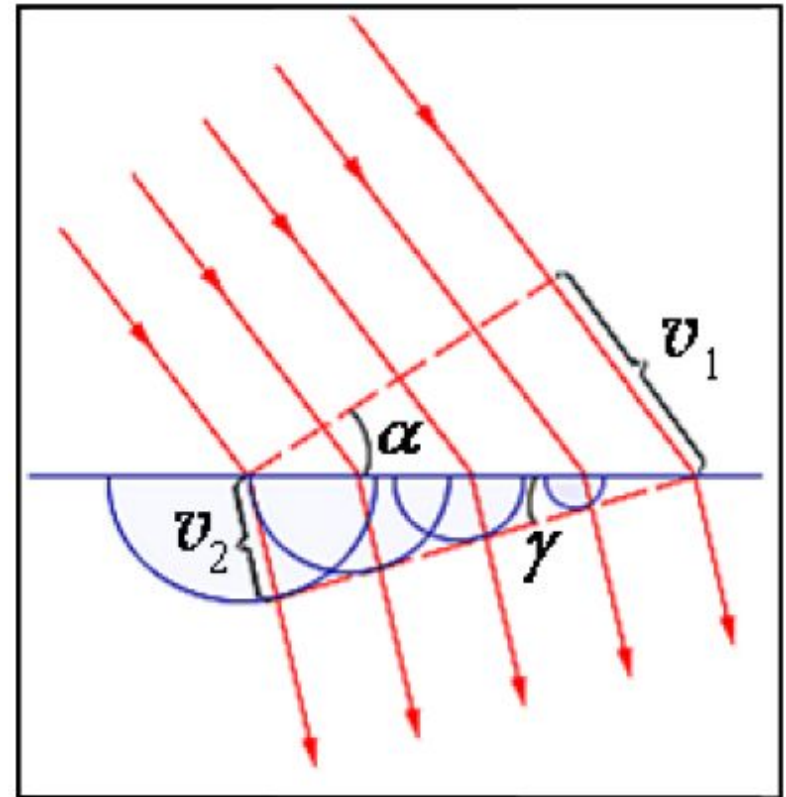
Простейшим методом модуляции является т.н. амплитудная модуляция, когда низкочастотный сигнал $F(t)$ используется в качестве изменяющейся амплитуды для высокочастотного сигнала $f(t)$



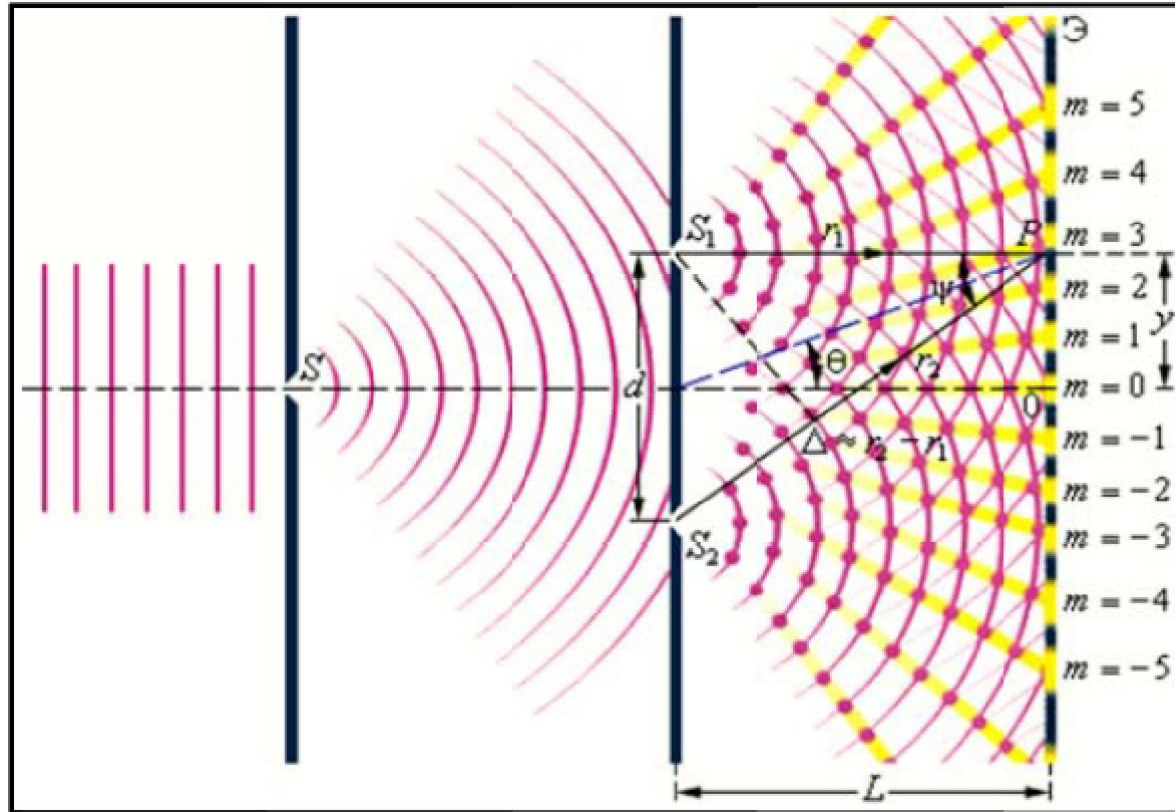
Волновая теория излучения. Принцип Гюйгенса.

$$\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - kr + \varphi_0)$$

Принцип Гюйгенса: каждая точка, до которой доходит волна, служит центром вторичных волн, огибающая этих волн дает положение волнового фронта в следующий момент времени.



Интерференция. Опыт Юнга (1802 г.).



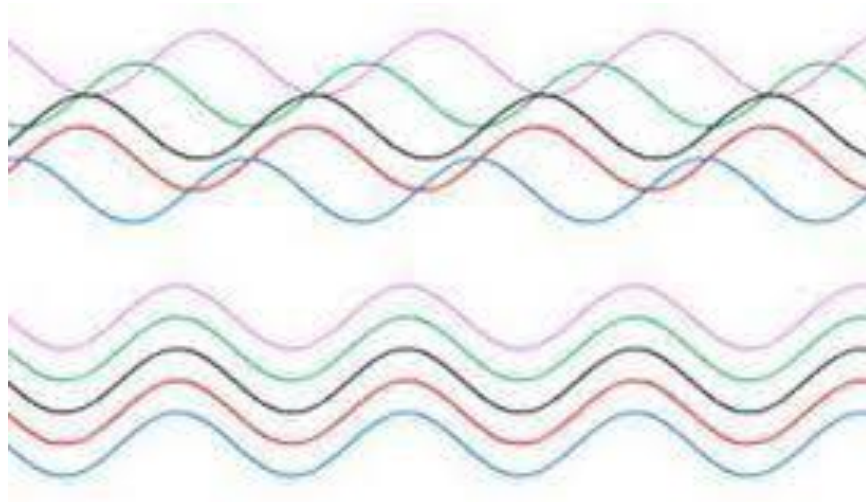
Интерференция волн — сложение в пространстве нескольких когерентных волн, результатом которого является усиление или ослабление амплитуды волны в разных точках пространства.

Когерентность волн

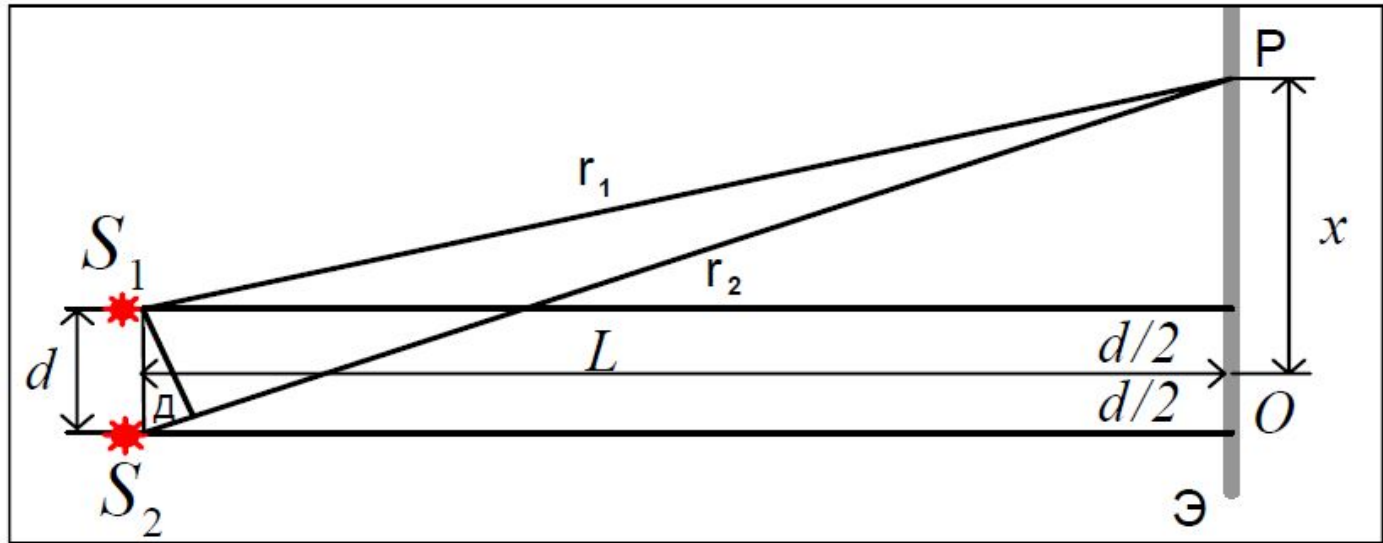
Согласованное протекание во времени и пространстве нескольких волновых процессов связано с понятием когерентности.

Волны называются **когерентными**, если они имеют одинаковую частоту и разность их фаз остается постоянной во времени.

Гармонические волны, имеющие одинаковую частоту, когерентны всегда.



Расчет интерференционной картины от двух источников.



$\Delta = r_2 - r_1$ - разность хода 2-х лучей. Из рисунка находим

$$r_2^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2; \quad r_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

$$\Delta = r_2 - r_1 = \frac{2xd}{r_1 + r_2} \approx \frac{xd}{L}$$

Тогда максимумы интенсивности будут наблюдаться в точках

$$x_{\max} = m \frac{L}{d} \lambda_0 \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

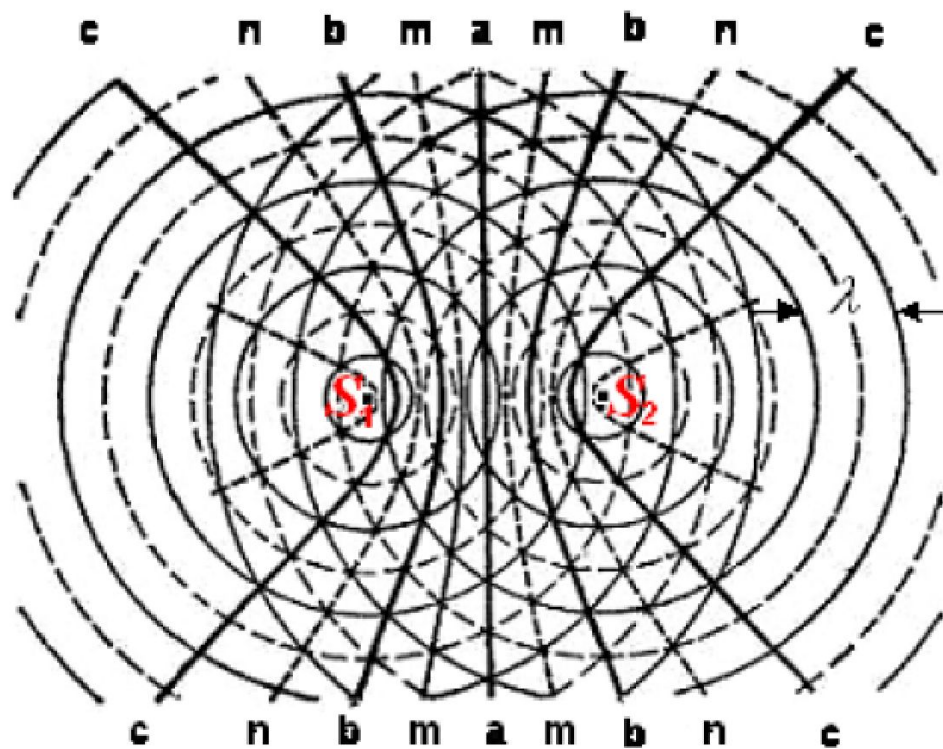
а минимумы интенсивности - в точках

$$x_{\min} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{L}{d} \lambda_0 \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

Расстояние между максимумами

$$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda_0$$

Интерференция когерентных волн в пространстве



Наложение двух когерентных сферических волн

$$\xi_1 = \frac{A_0}{r_1} \cos(\omega t - kr_1 + \varphi_1) \quad \xi_2 = \frac{A_0}{r_2} \cos(\omega t - kr_2 + \varphi_2)$$

Амплитуда результирующей волны

$$\begin{aligned} A^2 &= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\Delta\varphi) = \\ &= A_0^2 \left\{ \frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_1r_2} \cos[k(r_1 - r_2) - (\varphi_1 - \varphi_2)] \right\} \end{aligned}$$

Интерференционный максимум

$$k(r_1 - r_2) - (\varphi_1 - \varphi_2) = \pm 2m\pi$$

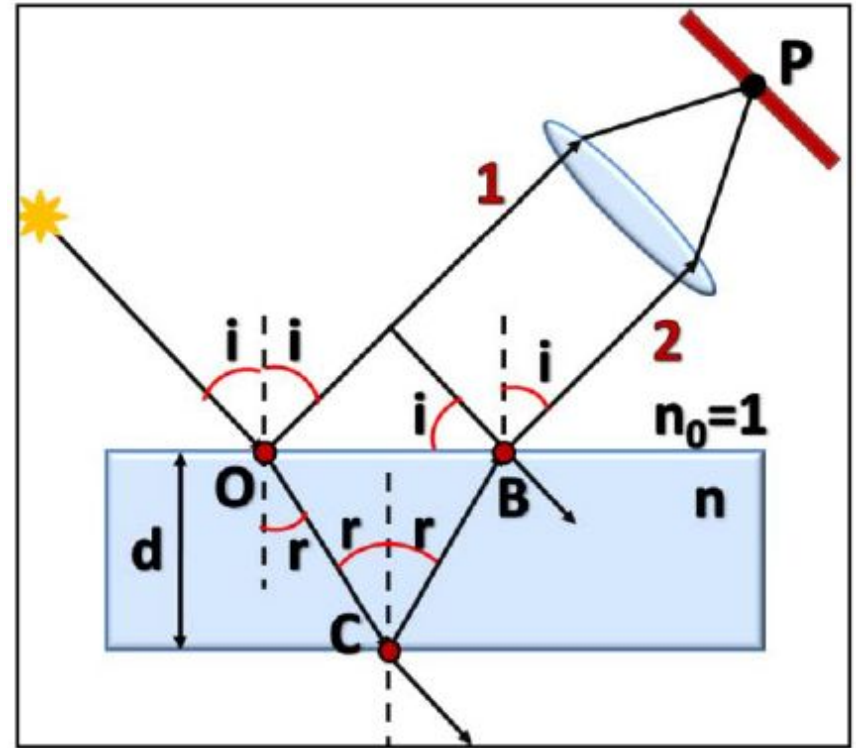
Полосы равного наклона.

Разность хода интерферирующих лучей

$$\Delta = n(OC + CB) - \left(OA - \frac{\lambda_0}{2} \right)$$

В результате геометрических преобразований получаем

$$\Delta - \frac{\lambda_0}{2} = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$



Интерференционный максимум

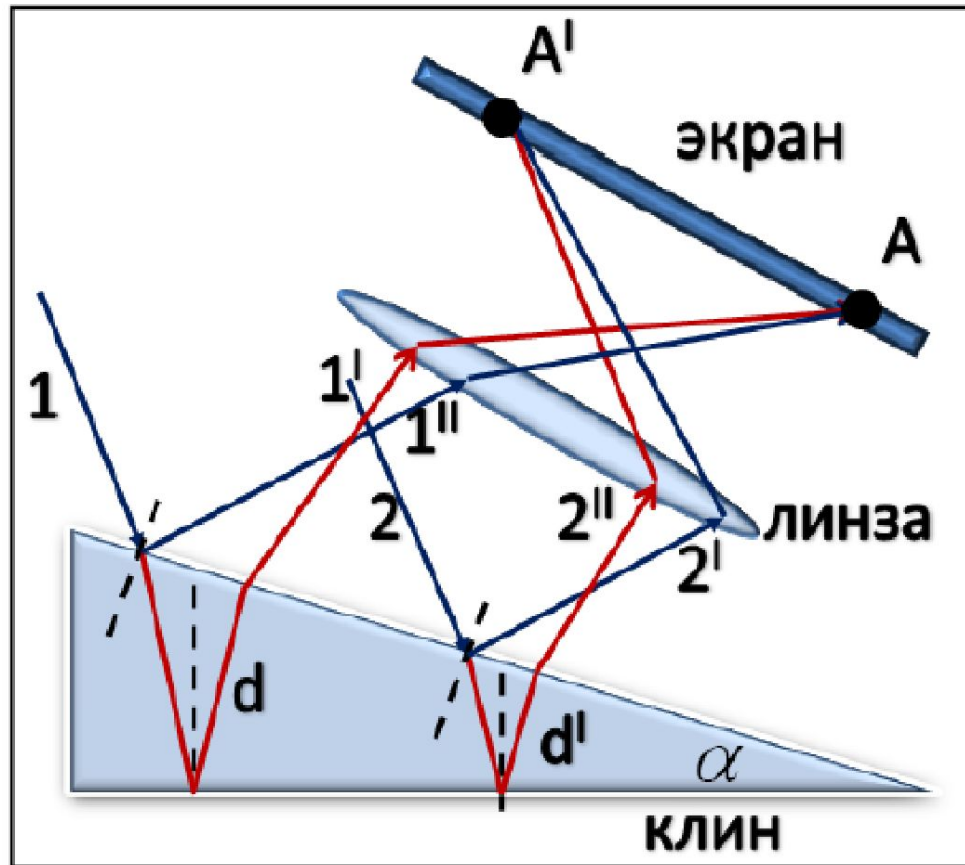
$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = 2m\frac{\lambda_0}{2} \quad m = 0,1,2,3\dots$$

Интерференционный минимум

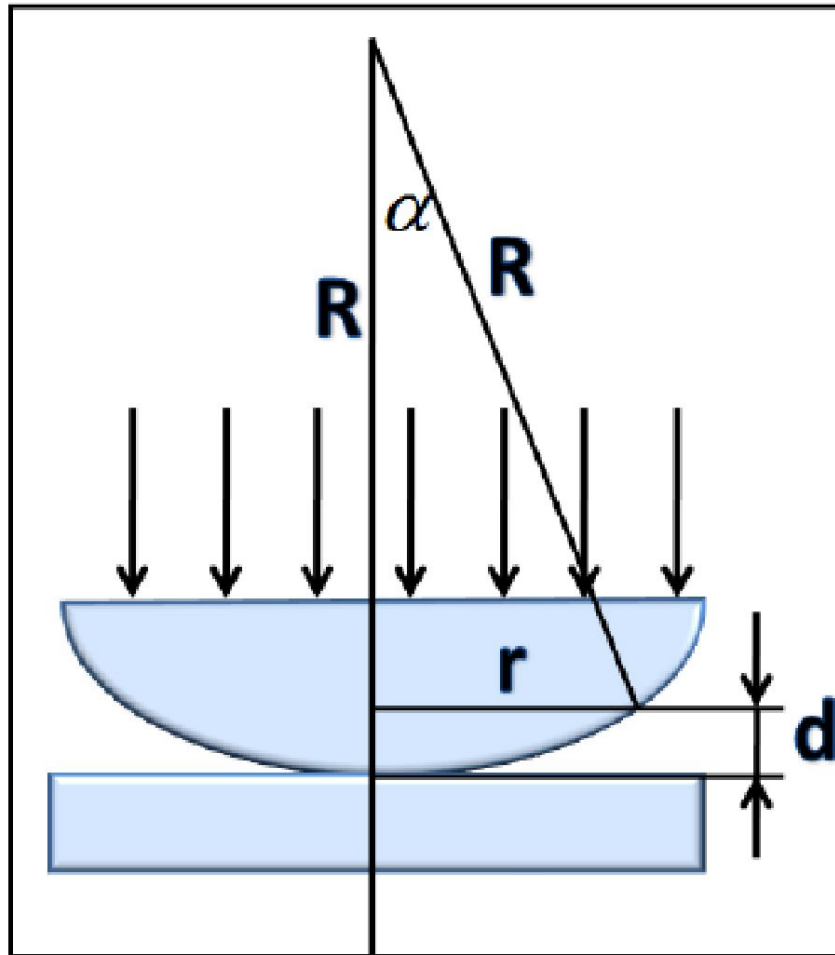
$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = (2m + 1)\frac{\lambda_0}{2} \quad m = 0,1,2,3\dots$$

Для заданных d , n , λ_0 каждому наклону лучей i соответствует своя интерференционная полоса (**полосы равного наклона**).

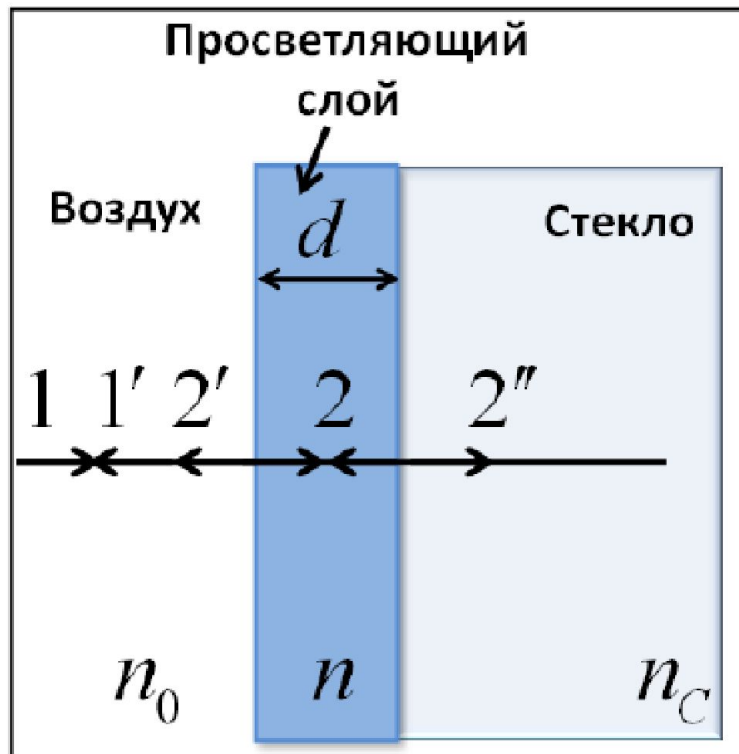
Полосы равной толщины.



Кольца Ньютона.



Просветление оптики.



Оптическая толщина
просветляющей пленки

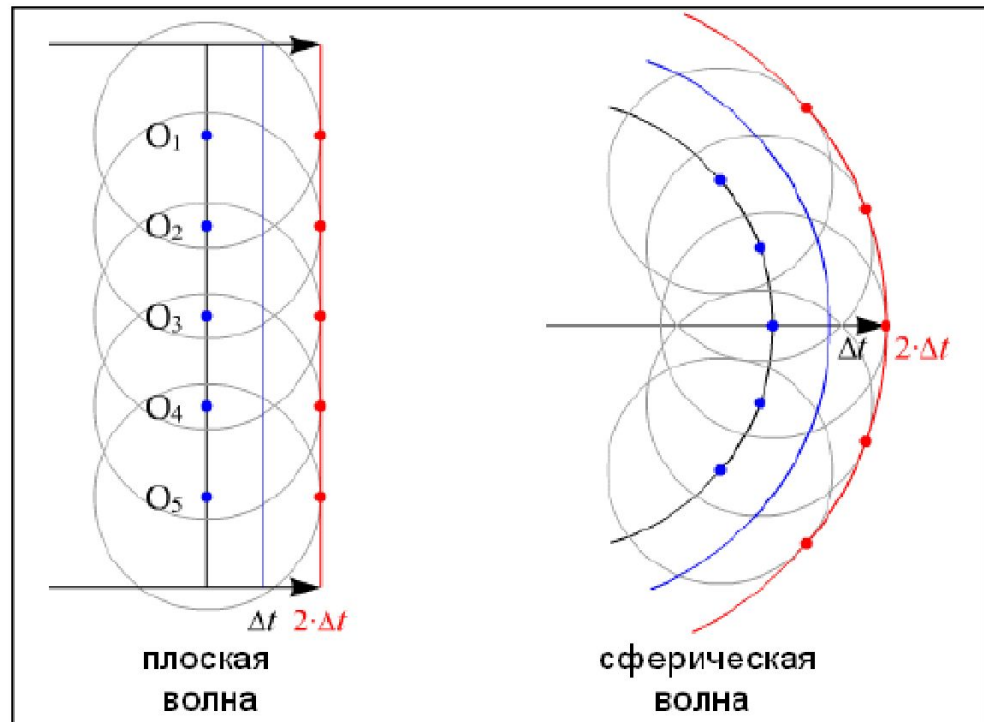
$$nd = \frac{\lambda_0}{4}$$

Дифракция волн.

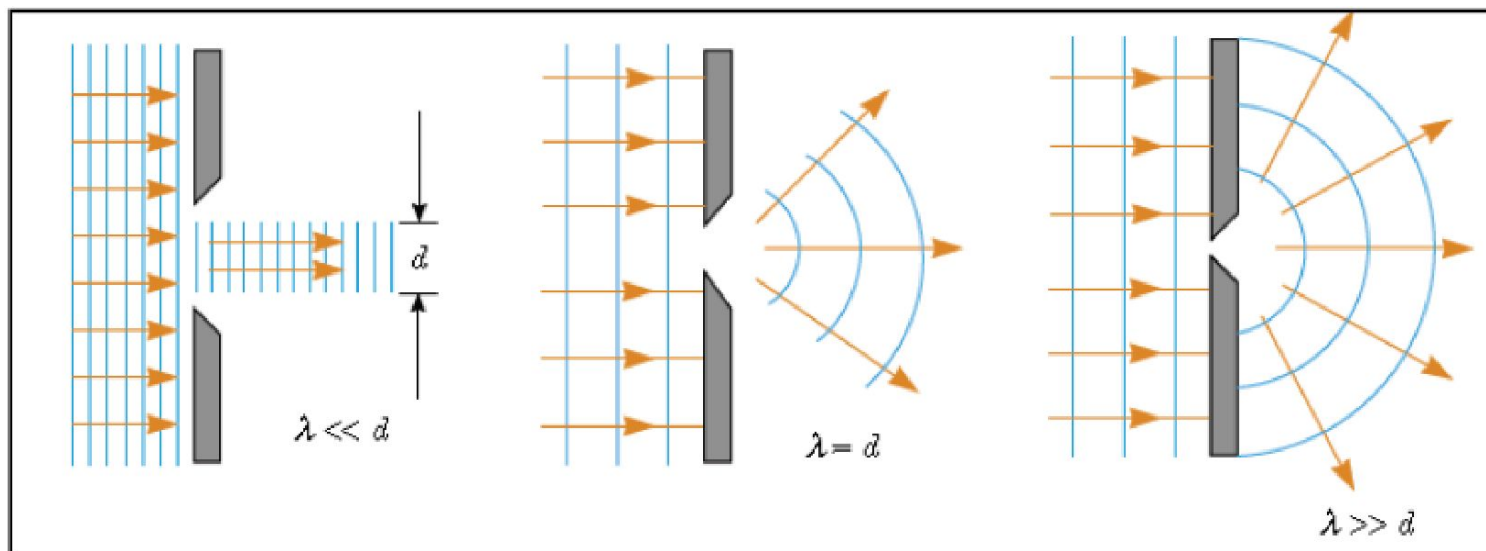
Дифракцией называется огибание волнами препятствий, встречающихся на их пути. В более широком смысле дифракция — любое отклонение направления распространения световых волн вблизи препятствий от законов геометрической оптики.

Выделяют следующие виды дифракции:

1. дифракция Фраунгофера
2. дифракция Френеля



Вхождение света в область геометрической тени



Простейшие диффракционные явления, допускающие аналитическое исследование:

- 1) диффракция Френеля на круглом отверстии,
- 2) диффракция Френеля на круглом диске,
- 3) диффракция Фраунгофера на бесконечной щели,
- 4) диффракция Фраунгофера на решетке.