

Теоретическая справка к лекции 8

Первые представления о природе света возникли в древних Египте и Греции. По мере изобретения и развития различных оптических приборов эти представления трансформировались к концу XVII века в две теории света – *корпускулярную* (И.Ньютон) и *волновую* (Р.Гук и Х.Гюйгенс).

В основу волновой теории лёг *принцип Гюйгенса*: каждая точка среды, до которой дошло волновое возмущение, становится источником нового волнового возмущения. Огибающая вторичных волн даёт положение волнового фронта (поверхности постоянной фазы) в следующий момент времени.

Для случая преломления света на границе «вакуум-среда» волновая теория приводит к следующему результату:

$$\frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = \frac{c}{v} = n ,$$

где ψ , φ - углы падения и преломления света, а n – показатель преломления среды.

Интерференция – яркое проявление волновой природы света. Это явление можно наблюдать при наложении двух или нескольких пучков. Оно проявляется в усилении интенсивности результирующего колебания в одних областях пространства и одновременном её ослаблении в других областях. При интерференции белого света наблюдаются окрашенные полосы.

Примеры – цвета масляных пятен на асфальте, окраска замёрших стёкол, цветные рисунки на крыльях бабочек.

Монохроматическая волна, распространяющаяся в направлении радиус-вектора r , записывается в виде:

$$E = a \cos[\omega t - kr],$$

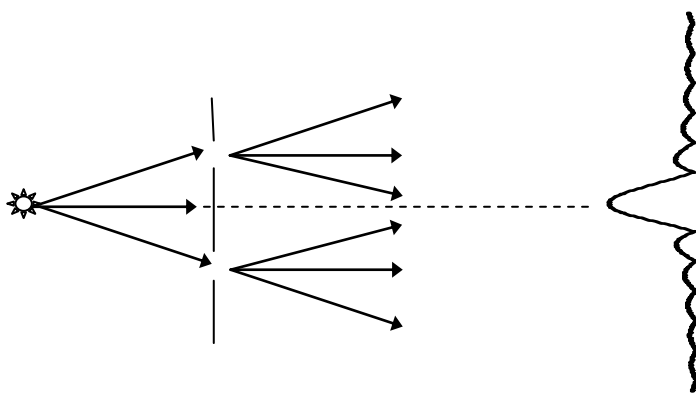
где a – амплитуда волны, величина $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$ - волновое число, λ - длина волны, ω -

круговая частота, φ - начальная фаза.

Одним из условий получения устойчивой интерференционной картины является *когерентность волн*, то есть равенство их частот и постоянство разности их начальных фаз.

В силу поперечности электромагнитных волн это условие необходимо дополнить ещё одним, а именно: колебания векторов электрического поля \mathbf{E} в накладываемых световых полях должны совершаться в одном и том же направлении, т.е. $\mathbf{E}_1 \parallel \mathbf{E}_2$.

Наипростейшая интерференционная схема – опыт Юнга (см. рис.).



Утверждение о том, что волны от вторичных источников распространяются независимо друг от друга и в точке наблюдения просто складываются, носит название *принципа суперпозиции*.

Общее выражение для суммы двух монохроматических волн одинаковой частоты:

$$I(r) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi(r),$$

где $\Delta\varphi(r) = k \cdot (r_2 - r_1)$ - разность фаз, равная произведению волнового числа на так называемую разность хода $\Delta = (r_2 - r_1)$.

В тех точках, где разность хода $\Delta = m\lambda$, ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), а фазовый сдвиг $\Delta\varphi = k\Delta = km\lambda = 2\pi m$ наблюдается *максимальная интенсивность*.

В тех точках, где разность хода

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta\varphi = k\Delta = (2m + 1)\pi, \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots),$$

наблюдаются *минимумы интенсивности*.

При смещении из одного интерференционного максимума в соседний, т.е. смещении на расстояние, равное *ширине интерференционной полосы* Λ , разность хода интерферирующих в данной точке наблюдения волн меняется на одну длину волны. На примере схемы Юнга можно приближённо получить, что

$$\Lambda \approx \frac{\lambda}{\Omega},$$

где Ω - угол схождения «лучей» в точке наблюдения.

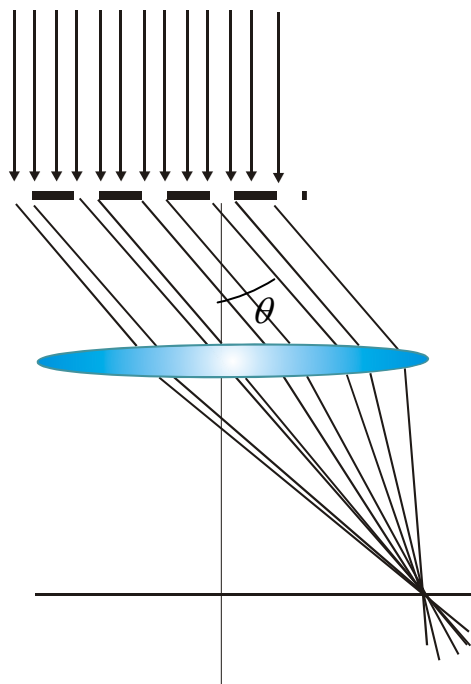
Так как длина волны λ в оптике мала (даже для видимого диапазона $\lambda \sim 0,5-1$ мкм), то для получения достаточно широкой полосы на уровне 0,1-1 см (для возможности её увидеть!), надо брать угол схождения пучков порядка $\Omega \sim 10^{-4}-10^{-5}$ рад. Поэтому приближение малости Ω в большинстве прикладных задач справедливо.

Дифракцией света называют отклонение световой волны от прямолинейного распространения при прохождении вблизи препятствий. Опыт показывает, что при определенных условиях область геометрической тени может быть размыта, т.е. свет может проникать в область геометрической тени.

Если препятствие имеет линейный характер (например, щель, нить, край экрана), то на экране, расположенном на достаточно большом расстоянии от препятствия, возникает система параллельных дифракционных полос.

Основой для рассмотрения дифракционных задач является *принцип Гюйгенса-Френеля*, который по сути представляет собой принцип Гюйгенса, дополненный возможностью интерференции вторичных волн.

Один из оптических приборов, в котором ярко проявляется явление дифракции - *дифракционная решетка*. Простейшая дифракционная решётка представляет собой систему щелей, разделенных непрозрачными участками. На неё направляется параллельный пучок исследуемого света, а наблюдение ведется в фокальной плоскости линзы, установленной за решеткой. Линза собирает «лучи», идущие под одинаковым углом дифракции, в одной из точек фокальной плоскости. Колебание в этой точке



наблюдения P является результатом интерференции вторичных волн, приходящих в эту точку от различных щелей. Условие интерференционного максимума в точке P имеет вид:

$$d \cdot \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad - \text{целое}$$

число, которое называется *порядком дифракционного максимума*, а d – период решетки.

В тех точках экрана, где это условие выполнено, располагаются так называемые *главные максимумы дифракционной картины*.