

## Лекция 12. Дифракция и поляризация

### Дифракция на системе щелей

Дифракционная решётка состоит из большого числа одинаковых щелей, разделённых непрозрачными промежутками. Дифракционные картины, создаваемые каждой щелью, совпадают по виду и интерферируют друг с другом. Суммарная картина наблюдается как результат интерференции когерентных волн, выходящих из всех щелей решётки.

Пусть ширина каждой щели равна  $b$ , ширина непрозрачной прослойки между щелями —  $a$ . Тогда полный период решётки  $d = a + b$ . Это расстояние между центрами двух соседних щелей. Также  $d = \frac{1}{N_0}$ , где  $N_0$  — число щелей на единицу длины решётки (пространственная плотность щелей).

Разность хода между волнами, идущими из двух соседних щелей под углом  $\theta$  к нормали, равна:

$$\Delta = d \sin \theta$$

Условия наблюдения дифракционной картины:

- **Главные максимумы (интерференционные пики)** наблюдаются, когда волны от всех  $N$  щелей приходят в фазе:

$$d \sin \theta = m\lambda, \quad m \in \mathbb{Z}$$

- **Главные минимумы** для одной щели возникают, если края щели создают волны в противофазе:

$$b \sin \theta = m\lambda$$

Это определяет подавление интенсивности для каждой отдельной щели. При этом даже если выполняется условие максимума решётки, максимум может исчезнуть, если  $\theta$  также соответствует минимуму одиночной щели.

- **Дополнительные минимумы** (между главными максимумами) появляются при:

$$d \sin \theta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

Их физическая природа связана с частичной компенсацией амплитуд от разных щелей. Между каждыми двумя соседними главными максимумами находится  $N - 1$  дополнительных минимумов.

Интенсивность в направлении главного максимума в  $N^2$  раз превышает интенсивность от одной щели:

$$I_{\max} = N^2 I_1$$

где  $I_1$  — интенсивность от одной щели в направлении главного максимума. Это происходит

потому, что амплитуды складываются:

$$A_{\max} = NA_1 \Rightarrow I \propto A^2$$

Фазовые сдвиги при интерференции можно учесть, считая колебания от первой щели:

$$A_1(t) = A_0 \cos \omega t$$

От второй щели:

$$A_2(t) = A_0 \cos(\omega t - \Delta\varphi)$$

От  $k$ -й щели:

$$A_k(t) = A_0 \cos(\omega t - (k-1)\Delta\varphi)$$

Эти колебания можно представить как сумму комплексных экспонент:

$$\sum_{k=1}^N A_0 e^{i(\omega t - (k-1)\Delta\varphi)} = A_0 e^{i\omega t} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-ik\Delta\varphi}$$

Это конечная геометрическая прогрессия, которая может быть просуммирована. Таким образом можно получить зависимость амплитуды и интенсивности от угла  $\theta$ .

Центральный (нулевой) максимум наблюдается при  $\theta = 0$  и не зависит от длины волны  $\lambda$ . Поэтому он содержит все длины волн и выглядит белым на экране при освещении белым светом.

## Поляризация света

Свет — это электромагнитная волна, в которой переменные электрическое и магнитное поля колеблются перпендикулярно направлению распространения. При этом электрическое поле играет основную роль при взаимодействии с веществом, поэтому его направление называют направлением поляризации.

Если вектор электрического поля сохраняет своё направление при распространении, такая волна называется линейно или плоско-поляризованной. Поляризация — это проявление поперечной природы световых волн.

Поляризатор — это устройство, преобразующее неполяризованный свет в поляризованный. Анализатор — прибор, позволяющий проверить, поляризован ли свет.

Явление, при котором степень поглощения света зависит от направления колебаний электрического поля, называется дихроизмом.

Поляририд — это полимерная плёнка, содержащая ориентированные кристаллы дихроичного вещества. Он пропускает колебания только в одном направлении и поглощает в перпендикулярном, эффективно действуя как поляризатор.

**Закон Малюса:** Если на анализатор падает линейно-поляризованный свет, и угол между

направлениями поляризации и пропускания анализатора равен  $\varphi$ , то:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

где  $I_0$  — интенсивность падающего света,  $I$  — интенсивность прошедшего через анализатор.

**Угол Брюстера:** при падении света на границу двух сред под некоторым углом, отражённый свет становится полностью поляризованным. Этот угол определяется из условия:

$$\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

**Формулы Френеля:** описывают амплитуды отражённых и преломлённых волн при падении под произвольным углом на границу двух диэлектриков. Они позволяют рассчитать степень поляризации отражённого света.

**Степень поляризации** света определяется как:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

где  $I_{\max}$  и  $I_{\min}$  — максимальная и минимальная интенсивности при вращении анализатора.

**Эффект Керра:** в сильных электрических полях в некоторых веществах возникает искусственная двойная лучепреломляемость. Свет, проходящий через такое вещество, становится частично поляризованным.