



Дифракция света

Лекция 3

The background is a dark blue/black field. In the center is a spiral composed of many thin, dark blue segments radiating from a central point. Overlaid on this are several thick, bright blue lines: one diagonal line from the top-left, one curved line forming a semi-circle at the bottom, and one horizontal line at the bottom right. There are also several small, solid blue circles scattered across the background.



**3.1. Дифракция света на
дифракционной решетке.**

**3.2. Дифракция на
пространственных решетках.**

**3.3. Спектральная разрешающая
способность оптических
приборов.**

3.1. Дифракция света на дифракционной решетке



Дифракция света на дифракционной решетке

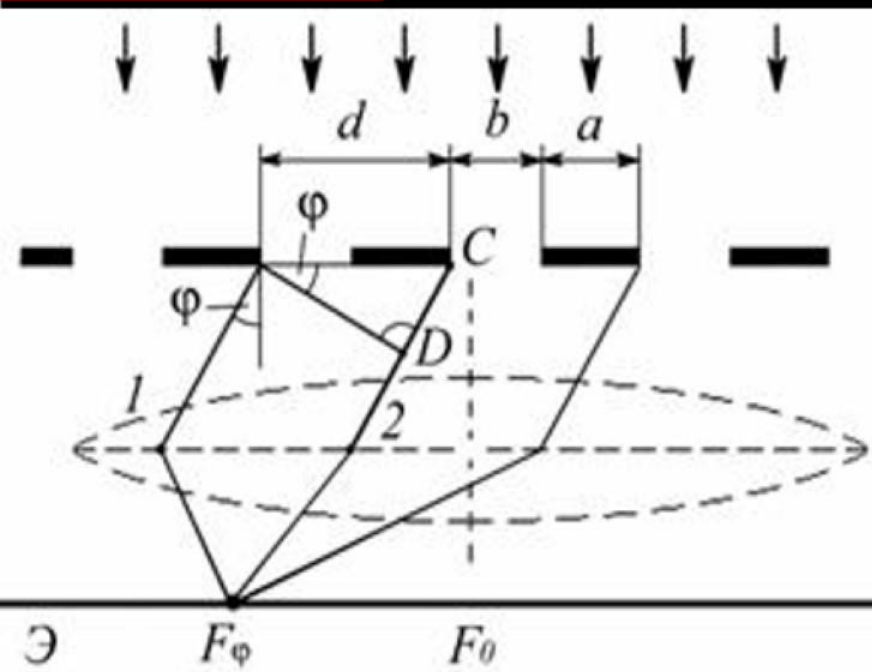


Рис. 2.6. Дифракция света на дифракционной решетке

Одномерная дифракционная решетка представляет собой систему из большого числа N одинаковых по ширине и параллельных друг другу щелей в экране, разделенных также одинаковыми по ширине непрозрачными промежутками.

b - ширина щели решетки;
 a - расстояние между щелями;
 $a+b=d$ - постоянная дифракционной решетки.

Дифракция света на дифракционной решетке

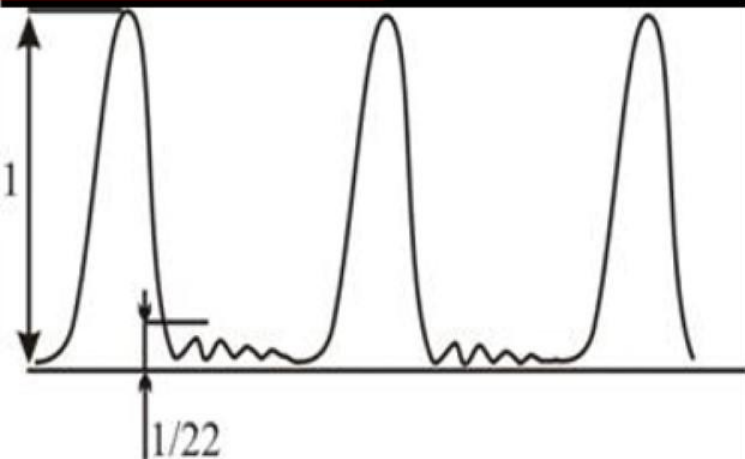


Рис. 2.7. Образование
побочных
дифракционных
максимумов и
минимумов

Дифракционная картина на решетке определяется как результат взаимной интерференции волн, идущих от всех щелей, т.е. в дифракционной решетке осуществляется многолучевая интерференция когерентных дифрагированных пучков света, идущих от всех щелей.

Линза собирает все лучи, падающие на нее под одним углом и не вносит никакой дополнительной разности хода.

Дифракция света на дифракционной решетке

Пусть луч 1 падает на линзу под углом φ (угол дифракции). Световая волна, идущая под этим углом от щели, создает в точке F_φ максимум интенсивности. Вторым луч, идущий от соседней щели под этим же углом φ , придет в ту же точку F_φ . Оба эти луча придут в фазе и будут усиливать друг друга, если оптическая разность хода будет равна $m\lambda$:

$$\Delta = CD = d \sin \varphi$$

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda$$

Условие максимума для
дифракционной решетки (2.10)
где $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

Дифракция света на дифракционной решетке

Максимумы, условию 2.10, называются главными максимумами. Значение величины m , соответствующее тому или иному максимуму называется порядком дифракционного максимума.

В точке F_0 всегда будет наблюдаться нулевой или центральный дифракционный максимум.

Так как свет, падающий на экран, проходит только через щели в дифракционной решетке, то условие минимума для щели и будет условием главного дифракционного минимума для решетки:

$$b \sin \varphi = \pm m \lambda \quad (2.11)$$

Дифракция света на дифракционной решетке

При большом числе щелей, в точки экрана, соответствующие главным дифракционным минимумам, от некоторых щелей свет будет попадать и там будут образовываться побочные дифракционные максимумы и минимумы (рис. 2.7). Но их интенсивность, по сравнению с главными максимумами, мала ($\approx 1/22$).

При условии $\Delta = d \sin \varphi = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$ волны, посылаемые каждой щелью, будут гаситься в результате интерференции и появятся дополнительные минимумы.

Дифракция света на дифракционной решетке

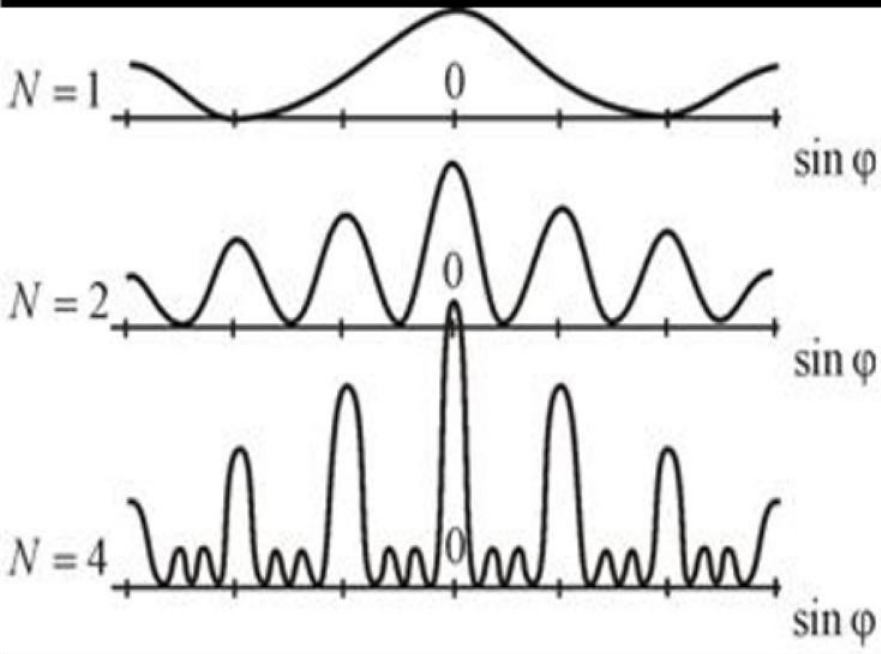


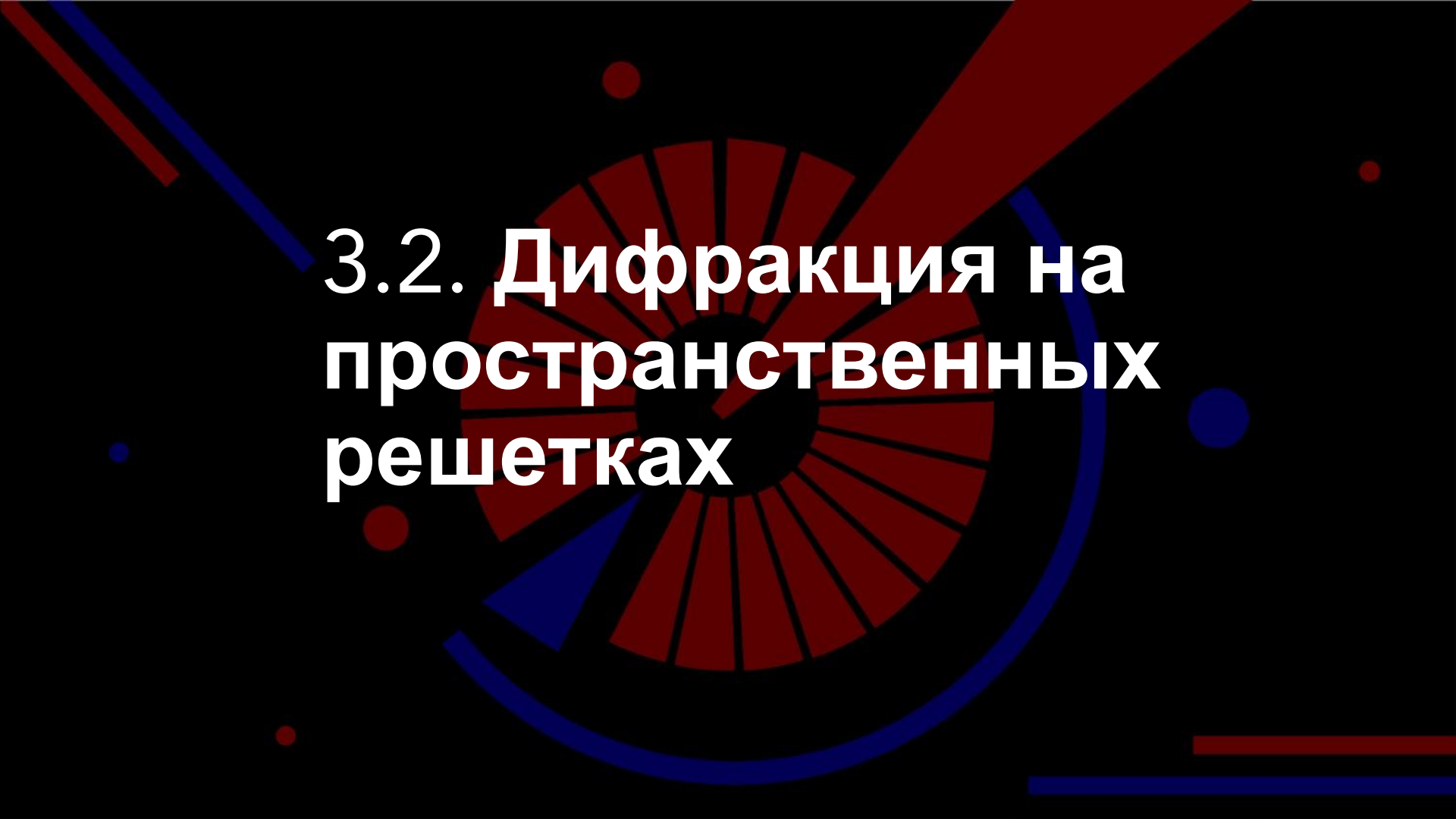
Рис. 2.8

Количество щелей определяет световой поток через решетку. Чем их больше, тем большая энергия переносится волной через нее. Кроме того, чем больше число щелей, тем больше дополнительных минимумов помещается между соседними максимумами. Следовательно, максимумы будут более узкими и более интенсивными (рис. 2.8).

Дифракция света на дифракционной решетке

Угол дифракции пропорционален длине волны λ . Значит, дифракционная решетка разлагает белый свет на составляющие, причем отклоняет свет с большей длиной волны (красный) на больший угол (в отличие от призмы, где все происходит наоборот).

Это свойство дифракционных решеток используется для определения спектрального состава света (дифракционные спектрографы, спектроскопы, спектрометры).



3.2. Дифракция на пространственных решетках

Дифракция на пространственных решетках

Пространственной, или трехмерной, дифракционной решеткой называется такая оптически неоднородная среда, в которой неоднородности периодически повторяются при изменении всех трех пространственных координат.

Дифракция на пространственных решетках

Условия прохождения света через обычную дифракционную решетку периодически изменяются только в одном направлении, перпендикулярном к оси щели. Поэтому такую решетку называют одномерной.

Дифракция на пространственных решетках

Простейшую двумерную решетку можно получить, сложив две одномерные решетки так, чтобы их щели были взаимно перпендикулярны. Главные максимумы двумерной решетки должны одновременно удовлетворять условию максимума для каждой из решеток:

$$d_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda \quad \text{и} \quad d_2 \sin \varphi_2 = \pm m_2 \lambda$$

где φ - угол между направлением на главный максимум (направление луча) и нормалью к решетке;
 m – порядок дифракционного максимума.

Дифракция на пространственных решетках

$$d_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda$$

Дифракция на пространственных решетках

В 1913 г. русский физик Г.В. Вульф и английские ученые отец и сын Генри и Лоуренс Брэгги, независимо друг от друга, предложили простой метод расчета дифракции рентгеновских лучей в кристаллах. Дифракцию рентгеновских лучей можно рассматривать как результат отражения рентгеновских лучей от плоскостей кристалла. Это отражение, в отличие от обычного, происходит лишь при таких условиях падения лучей на кристалл, которые соответствуют максимуму интерференции для лучей, отраженных от разных плоскостей.

Дифракция на пространственных решетках

Направим пучок рентгеновских лучей 1 и 2 на две соседние плоскости кристалла AA' и BB'

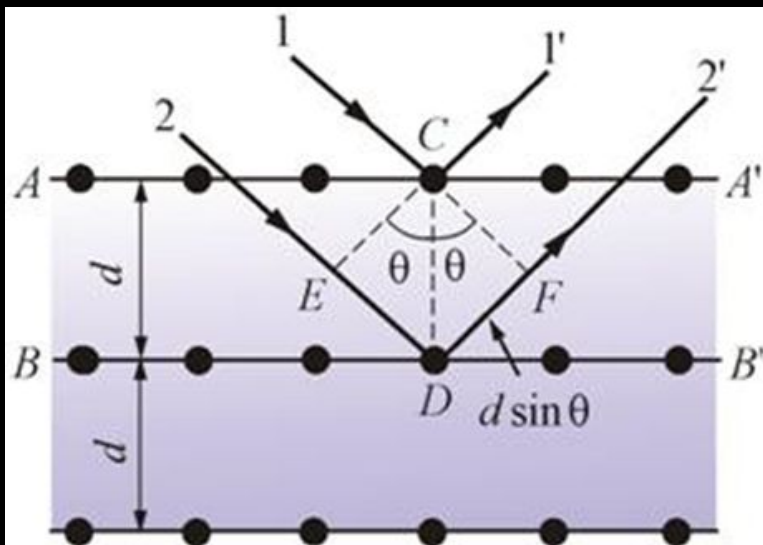


Рисунок 3.2.1

Дифракция на пространственных решетках

Абсолютный показатель преломления всех веществ для рентгеновских лучей равен 1. Поэтому оптическая разность хода между лучами 1' и 2'

$$d_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda \quad (3.2.1)$$

$$a_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda$$

Дифракция на пространственных решетках

Интерференционные максимумы должны удовлетворять условию Вульфа–Брэгга:

$$d_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda \quad (3.2.2)$$

где θ – угол между падающими и отраженными лучами и плоскостью кристалла (угол скольжения).

Дифракция на пространственных решетках

Из (3.2.2) следует, что наблюдение дифракционных максимумов возможно только при определенных соотношениях между λ и θ . Этот результат лежит в основе спектрального анализа рентгеновского излучения, так как длину волны определяют по известным d , m и измеренному на опыте углу.

Дифракция на пространственных решетках

Исследуя дифракцию рентгеновских лучей, можно решить и обратную задачу: если известна длина волны λ рентгеновских лучей, можно определить период кристаллической решетки d и ориентацию атомных плоскостей в пространстве.

Эта идея была высказана немецким физиком М. Лауэ в 1912 г.

Дифракция на пространственных решетках

Поликристаллические образцы представляют собой множество мелких кристалликов, ориентированных хаотически в пространстве. Направим на кристалл монохроматический пучок рентгеновских лучей с известной длиной волны λ , и всегда найдутся кристаллы, ориентированные под нужным углом, а рефлексы (светлые точки на фотопластинке) от разных кристаллов образуют концентрические окружности D_1, D_2, D_3 (рис. 3.2.2).

Дифракция на пространственных решетках

Облучение монохроматическим рентгеновским излучением от источника S поликристаллического образца

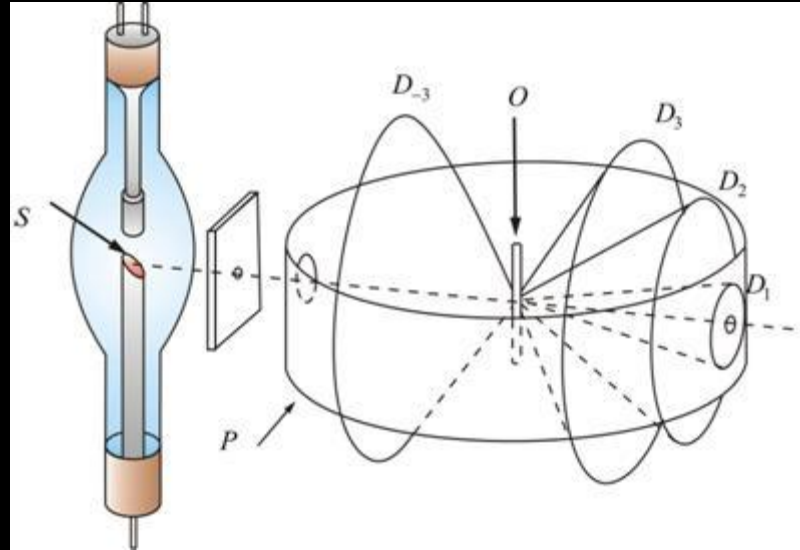


Рисунок 3.2.2

Дифракция на пространственных решетках

При облучении монохроматическим рентгеновским излучением от источника S поликристаллического образца O с беспорядочной ориентацией кристаллических плоскостей для различных направлений возникают конусы направлений $D_1, D_2, D_3, \dots$, в которых выполнено условие Вульфа-Брэгга. Этот метод был предложен в 1926 г. П. Дебаем и П. Шеррером (метод Дебая–Шеррера).



3.3. Спектральная разрешающая способность оптических приборов

Спектральная разрешающая способность оптических приборов

Изображение объекта в любом оптическом приборе (телескопе, фотоаппарате) получается с помощью ограниченного пучка света, попадающего в прибор.

Ограничение производится апертурной диафрагмой.

Уменьшение диаметра апертурной диафрагмы способствует ослаблений различных искажений изображения (абберраций оптической системы).

Спектральная разрешающая способность оптических приборов

Дифракция света приводит к тому, что изображение света имеет вид не точки, а светлого пятна, окруженного системой концентрических интерференционных колец.

Это явление ограничивает разрешающую способность оптического прибора, то есть способность давать раздельные изображения двух ближайших точек объекта.

Спектральная разрешающая способность оптических приборов

Спектральная разрешающая способность дифракционной решётки:

$$d_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda \quad (3.3.1)$$

где $\delta\lambda$ — наименьшая разность двух соседних спектральных линий λ , $\lambda + \delta\lambda$, при которых эти линии могут быть видны отдельно в спектре дифракционной решётки, N — полное число штрихов решётки, m — порядковый номер главного дифракционного максимума.

Спектральная разрешающая способность оптических приборов

Угловая разрешающая способность объектива телескопа

$$d_1 \sin \varphi_1 = \pm m_1 \lambda \quad (3.3.2)$$

где β – наименьшее угловое расстояние между двумя светящимися точками, при котором их дифракционные изображения в фокальной плоскости телескопа видны раздельно, D – диаметр объектива телескопа



- разрешающая сила телескопа

*СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!*