

Лекция 3. Дифракция света: основные принципы и примеры явлений

Целью лекции о дифракции света является представление студентам основных принципов дифракции, объяснение явлений дифракции света, а также демонстрация практических примеров и применений данного феномена. Кроме того, лекция нацелена на понимание значимости дифракции в различных областях науки и технологии.

Результаты обучения:

По окончании лекции студенты будут иметь следующие результаты обучения:

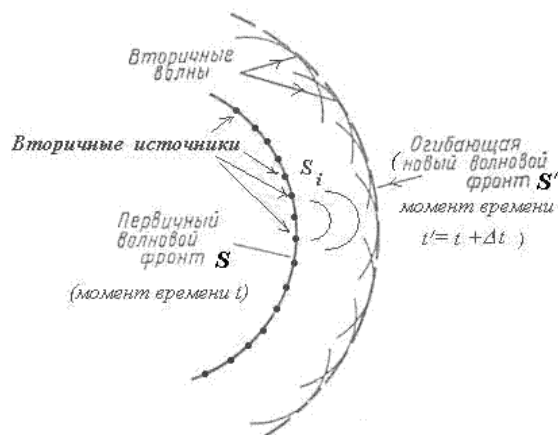
- Понимание основ дифракции света: Студенты смогут понять фундаментальные принципы дифракции, включая принципы интерференции волн, законы и условия, определяющие интерференционные узоры.
- Знание основных явлений дифракции: Студенты смогут объяснить основные явления дифракции, такие как дифракция на узких щелях, на краю объектов, на сферических поверхностях и другие.
- Понимание практических применений дифракции: Студенты узнают о практических применениях дифракции в различных областях, включая создание голограмм, интерференционных фильтров, применение в медицине и в других технологиях.
- Умение анализировать и применять знания: Студенты смогут анализировать и использовать знания о дифракции света для понимания сложных оптических явлений, а также применять их в решении практических задач.
- Осознание значимости дифракции в науке и технологии: Студенты осознают значимость и важность дифракции в различных областях науки и технологии, а также ее вклад в современные технологические разработки и исследования.

1. Введение в дифракцию

Определение дифракции: Дифракция представляет собой изгибание света вокруг препятствий или через узкие щели. Это явление, которое происходит, когда свет проходит через или вдоль препятствий и создает характерные интерференционные узоры.

Основные принципы:

- Интерференция волн: Дифракция происходит из-за интерференции волн, когда они проходят через узкие отверстия или вокруг объектов.
- Принцип Гюйгенса-Френеля: Каждый элемент волнового фронта является источником вторичных сферических волн, которые интерферируют друг с другом.

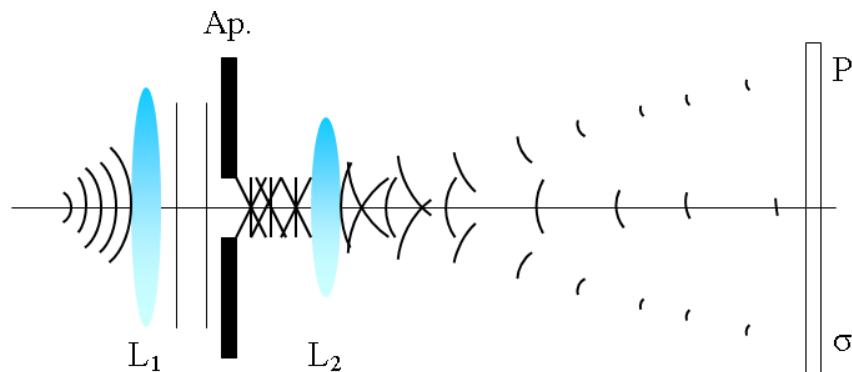


- Интерференционные узоры: При дифракции образуются характерные интерференционные узоры, которые могут быть наблюдаемыми.

2. Принципы дифракции

Дифракция на щели:

Дифракция Фраунгофера: Дифракция на узкой щели, когда расстояние от щели до экрана значительно больше ширины щели.



Дифракция Фраунгофера описывает дифракцию на узкой щели, когда экран, на котором наблюдают дифракционные явления, находится достаточно далеко от источника света и щели. В случае дифракции Фраунгофера можно использовать формулы для расчета угловой координаты минимумов и максимумов дифракционных узоров. Вот некоторые формулы, связанные с дифракцией Фраунгофера:

$$\text{Ширина главного максимума} = \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

где:

λ - длина волны света,

L - расстояние от щели до экрана,

d - ширина щели.

Угловое положение минимумов:

$$\sin\theta = m \frac{\lambda}{d}$$

где:

θ - угол до минимума или максимума,

m - порядок минимума или максимума (целое число),

λ - длина волны света,

d - ширина щели.

Расстояние между минимумами:

$$x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

где:

x - расстояние между минимумами на экране,

λ - длина волны света,

L - расстояние от щели до экрана,

d - ширина щели.

Эти формулы помогают предсказать ширину главных максимумов, угловое положение минимумов и максимумов, а также расстояние между минимумами на экране при условии дифракции Фраунгофера на узкой щели.

Интеграл, который описывает дифракцию Фраунгофера в рамках скалярной оптики, связан с определением поля в фокальной плоскости отклонения или преломления света на отверстиях, щелях или препятствиях. Он может быть представлен следующим образом:

Для случая, когда предметом дифракции является узкая щель или апертура, интеграл для поля в фокальной плоскости Фраунгофера может быть записан через интеграл Фурье:

$$U(x') = \frac{e^{ikR}}{R} \iint U(x, y) e^{-ik\left(\frac{x'x+y'y}{f}\right)} dx dy$$

где:

$U(x')$ - поле в фокальной плоскости,

x' и y' - координаты в фокальной плоскости,

$U(x, y)$ - поле на апертуре или щели,

k - волновое число ($k = \frac{2\pi}{\lambda}$)

R - расстояние до фокальной плоскости,

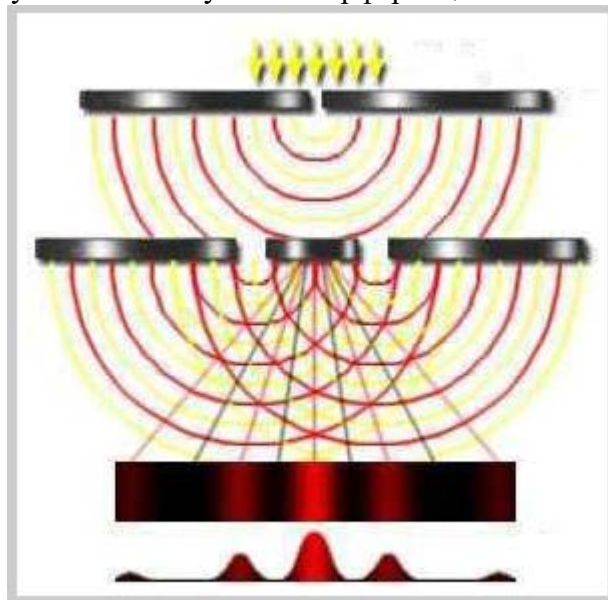
f - фокусное расстояние линзы, через которую происходит дифракция.

Этот интеграл Фурье позволяет вычислить поле в фокальной плоскости Фраунгофера, учитывая поле на апертуре или щели. Он описывает, как происходит переход от пространственного распределения света на апертуре к его распределению в фокальной плоскости.

Дифракция на двух щелях:

Интерференция от двух параллельных узких щелей, приводящая к появлению интерференционных полос.

Условия максимумов и минимумов интерференционных полос.

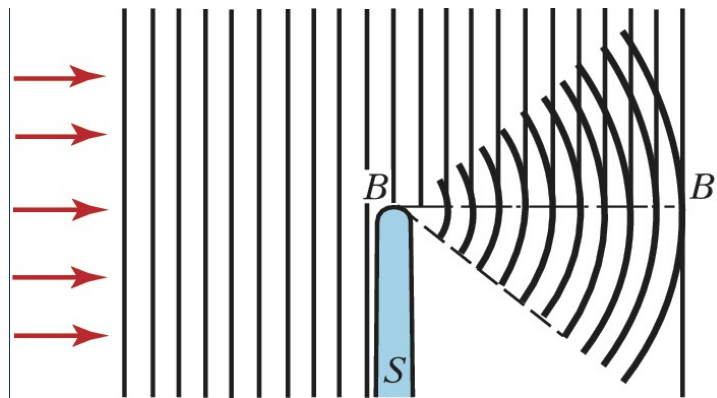


Дифракция света на двух щелях

Дифракция на краю препятствия:

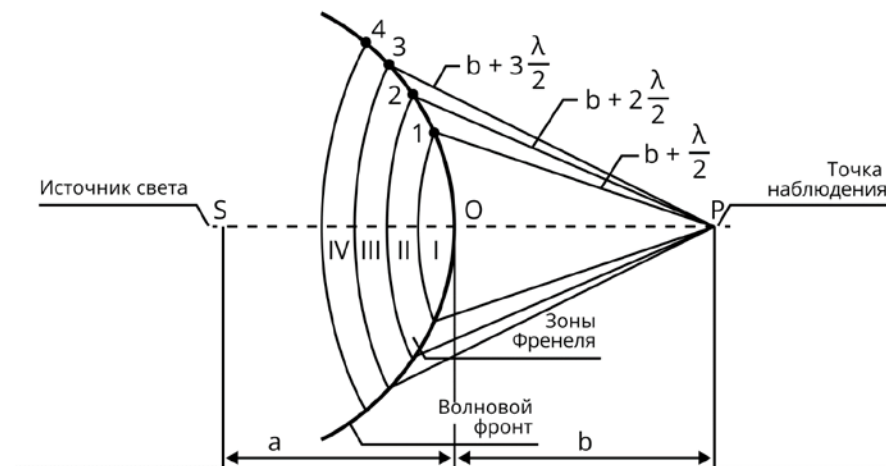
Дифракция света на краю объекта, ведущая к изгибанию света вокруг объекта.

Характерные интерференционные узоры при дифракции на краю объекта.



Дифракция на сферических поверхностях:

Дифракция света на сферических объектах и возможные интерференционные узоры при таком явлении.



3. Примеры дифракционных явлений

Дифракция на диске Юнга: Эксперимент Юнга, демонстрирующий интерференцию света от двух щелей.

Дифракция Фраунгофера: Изучение дифракции на узких щелях в условиях, когда экран находится достаточно далеко от источника света.

Дифракция на волоконной оптике: Применение принципов дифракции в волоконно-оптических системах для передачи информации и сигналов.

Дифракция в природе: Примеры дифракции света в природе, такие как радуга и другие оптические явления.

4. Практические приложения дифракции

Интерференционные фильтры: Применение дифракции для создания интерференционных фильтров в спектральной области.

Голография: Принципы дифракции используются для создания трехмерных изображений с помощью голограмм.

Медицинские приложения: Использование дифракции в медицине для диагностики и измерения.

Заключение

Дифракция света играет важную роль в понимании свойств света и применяется в различных областях, начиная от науки до технологии и медицины.

Значение в науке и технологии: Значение и применение дифракции в современном мире.

Этот конспект представляет основные принципы дифракции света, примеры явлений и их применение в различных областях, а также демонстрирует значимость этого явления в научных и технических приложениях.