**Лекция 3 ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА**

План

3.1 Сложение световых волн от обычных источников света.

3.2 Когерентные источники света. Получение когерентных источников света.

3.3 Интерференция света.

3.4 Интерференция света в тонких пленках (полосы равного наклона).

3.5 Интерференция света в тонких пленках (полосы равной толщины).

**1.5**

Свет является электромагнитной волной. Сложение волн, распространяющихся в среде, определяется сложением соответствующих колебаний. Рассмотрим наиболее простой случай сложения ЭМВ (**частоты их** **одинаковы, направления электрических векторов совпадают**).

*S*1

*S*2

*l*1

*l*2

Δ*l*

*M*

Э

Рисунок 1.5 Сложение световых волн.

- ***геометрическая разность хода***

В этом случае для каждой точки среды, в которой происходит сложение волн, амплитуда результирующей волны для напряженности электрического поля равна:

, (1.5)

где Δφ – разность фаз слагаемых волн.

Интенсивность волны пропорциональна квадрату амплитуды, значит можно записать: .

Обычные источники представляют собой совокупность огромного числа излучающих атомов. Излучение атомов в таких источниках не согласовано друг с другом. При этих условиях Δφ=0 , следовательно:

 или  (2.5)

Таким образом, для обычных источников света интенсивность суммарного излучения равна сумме интенсивностей слагаемых волн. То есть обычные источники света (например, лампочки накаливания) явления интерференции не дают.

**2.5**

Результат сложения будет иным, если разность фаз будет иметь некоторое постоянное значение, что реализуется при использовании когерентных источников.

***Когерентные источники*** – такие источники, которые обеспечивают постоянную во времени разность фаз слагаемых волн в различных точках.

Условию когерентности удовлетворяют *монохроматические волны* – неограниченные в пространстве волны одной определенной и строго постоянной частоты (ν = const).

Основная трудность в осуществлении явления интерференции света заключается в получении когерентных световых волн. Существует лишь одна возможность - каким-либо способом разделить свет, излучаемый каждым источником, на две группы волн, которые в силу общности происхождения должны быть когерентными. Практически это можно осуществить с помощью щелей (метод Юнга), зеркал (метод зеркал Френеля), преломляющих тел (метод бипризмы Френеля) и т.д.

|  |  |
| --- | --- |
| *S*  *S*1  *S*2  Э  *В*  *С* | http://loshkomoiniki.narod.ru/physic/physics/students/allowances/allowance3/lection3/3/image1756.gif |
| Рис. 2.5  Схема интерференции  по методу Юнга | чСхема интерференции  Через бипризму Френеля |

**Метод Юнга**. Источником света служит ярко освещенная щель S (рис. 2.5), от которой световая волна падает на две узкие равноудаленные щели S1 и S2, параллельные щели S. Таким образом, щели S1 и S2 играют роль когерентных источников. Интерференционная картина (область ВС) наблюдается на экране Э, расположенном на некотором расстоянии параллельно S1 и S2. Юнгу принадлежит первое наблюдение явления интерференции.

**Бипризма Френеля** состоит из двух одинаковых сложенных основаниями призм. Свет от источника S преломляется в обеих призмах, в результате чего за призмой распространяются лучи, как бы исходящие от мнимых источников S1 и S2, являющихся когерентными. Таким образом, на экране Э (область ВС) наблюдается интерференционная картина.

**Зеркала Френеля.** Свет от источника S (рис. 4.5) падает расходящимся пучком на два плоских зеркала А1О и A2О, расположенных относительно друг друга под углом, лишь немного отличающимся от 180° (угол φ мал). Используя правила построения изображения в плоских зеркалах, можно показать, что и источник, и его изображения S1 и S2 (угловое расстояние между которыми равно 2φ) лежат на одной и той же окружности радиуса r с центром в О (точка соприкосновения зеркал).

Световые пучки, отразившиеся от обоих зеркал, можно считать выходящими из мнимых источников S1 и S2*,* являющихся мнимыми изображениями S в зеркалах. Мнимые источники S1 и S2 взаимно когерентны, и исходящиеиз них световые пучки, встречаясь друг с другом, интерферируют в области взаимного перекрывания (на рис. 4.5 она заштрихована). Можно показать, что максимальный угол расхожде­ния перекрывающихся пучков не может быть больше 2φ. Интерференционная карти­на наблюдается на экране (Э), защищенном от прямого попадания света заслон­кой (3).

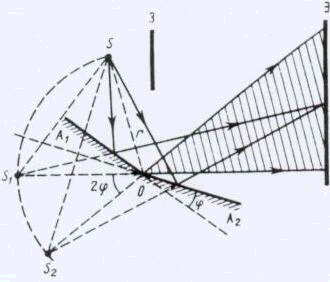


Рис. 4.5 Зеркала Френеля.

**3.5**

При сложении двух когерентных волн интенсивность результирующей волны принимает в различных точках пространства значения от минимального (когда ) до некоторого максимального значения (когда ). При этом наблюдается явление интерференции.

***Интерференция света*** – такое сложение световых волн, в результате которого происходит пространственное перераспределение энергии, приводящее к образованию устойчивой картины их усиления или ослабления.

При сложении плоских когерентных волн амплитуда результирующего колебания определяется формулой: , где – разность фаз слагаемых волн.

Если , где k = 0, 1, 2, 3, … , то  и  – происходит усиление колебания.

Если , то  и  - происходит ослабление колебания. Если при этом , то А – происходит полное гашение света светом.

Условия максимумов и минимумов удобнее выражать не через разность фаз, а через разность хода, так как пути, проходимые когерентными волнами при интерференции, обычно известны.

Формула, связывающая разность фаз и оптическую разность хода

, (3.5)

где - ***оптическая разность хода***.

Условие **интерференционных максимумов**

. (4.5)

Условие **интерференционных минимумов**:

 (5.5)

Интерференционная картина на экране имеет вид полос, параллельных щели. Если источник *S* излучает монохроматический свет (одного цвета − одинаковой частоты ν), то интерференционная картина представляет собой чередование светлых и темных полос − это максимумы иминимумыинтерференции.

Результат расчета интерференционной картины от двух когерентных источни­ков можно привести на примере опыта Юнга. Щели S1и S2(рис. 5) находятся на расстоянии d друг от друга и являются когерентными источниками света.

Интерференция наблюдается в произвольной точке M экрана, расположенного параллельно обеим щелям на расстоянии b , причем b >> d . Начало отсчета выбрано в т. О экрана, расположенной симметрично относительно щелей S1 и S2 .

*S*1

*S*2

b

Δ*l*

*l*1

*l*2

0

*M*

Э

*d*/2

*d*/2

*d*

*x*

Рис. 5.5 Схема к расчету интерференционной картины

Интенсивность в любой точке М экрана, лежащей на расстоянии х от точки 0, определяется разностью хода .

**Максимумы** интен­сивности будут наблюдаться при

 (6.5)

**минимумы** интенсивности – при

 (7.5)

Расстояние между двумя соседнимимаксимумами илиминимумами,называемое шириной интерференционной полосы,

 *.* (8.5)

Если источник S излучает свет не монохроматический, а белый, то интерференционные максимумы имеют вид радужных полос (кроме центрального максимума, где k = 0). Это объясняется тем, что условие максимума интерференции (3.5) для данной длины волны выполняется только в определенной точке экрана. Поэтому белый свет в результате интерференции разлагается в интерференционный спектр. В центре интерференционной картины, где k = 0, результат интерференции не зависит от длины волны λ .

**4.5**

Радужная окраска мыльных пленок, тонких пленок нефти и минерального масла на поверхности воды, оксидных пленок на поверхности закаленных стальных деталей (цвета побежалости). Все эти явления обусловлены интерференцией света в тонких прозрачных пленках, возникающей в результате наложения когерентных волн, возникающих при отражении от верхней и нижней поверхностей пленки.

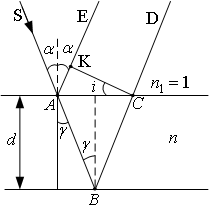


Рис. 6.5 Схема получения полос равного наклона на плоскопараллельной пластине

На рисунке представлена тонкая пленка толщиной d, на нее под углом α к нормали падает параллельный пучок лучей. Рассмотрим результат интерференции в лучах, отраженных от пленки. Луч SA, попадая в точку А, частично отражается (АЕ), частично преломляется (АВ). Преломленный луч АВ испытывает отражение от нижней поверхности пленки в точке В и, преломляясь в точке С, выходит из пленки (СD). Лучи АЕ и CD когерентны, так как образованы от одного луча А. Найдем оптическую разность хода лучей АЕ и CD. Для этого из точки С проведем нормаль СК к лучам АЕ и CD. Оптические пути лучей АЕ и CD от нормали СК до места их наложения одинаковы. Так как луч АЕ проходит в первой среде (воздух, ) оптический путь АК, а луч CD проходит во второй среде (пленке) оптический путь (АВ+ВС)n, то .

Условие **максимума интерференции**

, (9.5)

Условие **минимума интерференции**

 , (10.5)

При освещении пленки белым светом она окрашивается в какой-либо определенный цвет, длина волны которого удовлетворяет максимуму интерференции. Следовательно, по цвету пленки можно оценивать её толщину.

Интерференция наблюдается также и в *проходящем* свете. Оптическая разность хода (Δ*L*) для проходящего света отличается от ее значения для отраженного света на λ0/2. Следовательно, максимуму интерференции в отраженном свете для данной длины волны соответствует минимум интерференции в проходящем, т.е. в отраженном и проходящем свете пленка окрашивается в дополнительные (до белого) цвета.

Рис. 7.5

Схема интерференции

«кольца Ньютона»

*r*

*d*

*R*

**5.5**

Если пленка имеет переменную толщину *d* ≠ соnst, то на экране возникает система интерференционных полос, называемых *полосами равной толщины*. Каждая из полос возникает за счет отражения от мест пленки, имеющих одинаковую толщину.

Классическим примером полос равной толщины являются *кольца Ньютона.* Они наблюдаются при отражении света от воздушного зазора, образованного плоскопараллельной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзой с большим радиусом кривизны *R* (рис. 7.5). В этом случае свет падает нормально на плоскую поверхность линзы. При наложении лучей, отраженных от верхней и нижней поверхностей воздушного клина, возникают интерференционные полосы равной толщины, имеющие вид концентрических окружностей.

В отраженном свете оптическая разность хода (с учетом потери полуволны *λ*0/2 при отражении от плоскопараллельной пластинки):

, где d **–** ширина зазора.

Из рис. 7.5 следует, что, где *R* **–** радиус кривизны линзы; *r* **–** радиус кольца Ньютона (все точки кольца соответствуют одинаковой толщине *d* зазора). . Учитывая, что , получим . Следовательно, .

Приравняв последнее уравнение к условиям максимума и минимума (4.5) и (5.5), получим выражения радиусов светлых и темных колец Ньютона в отраженном свете:

для **светлых колец** , (11.5)

для **темных колец** ,  (12.5)

Система светлых и темных полос получается только при освеще­нии монохроматическим светом. В белом свете интерференционная картина изменяется: каждая светлая полоса превращается в спектр.

Кольца Ньютона можно наблюдать и в проходящем свете. При этом максимумы интерференции в отраженном свете соответствуют минимумам в проходящем и наоборот.