

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

Привалова А.С., студент гр. ГСс-161, II курс
Научный руководитель: Кошкина Г.К., к.ф.-м.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Объяснение интерференции света

Интерференция света – это чередование максимумов и минимумов интенсивности света, при наложении когерентных волн. Некоторые явления И. с. наблюдались ещё И. Ньютоном в 17 в., но не могли быть объяснены с точки зрения его корпускулярной теории. Правильное объяснение И. с. Как волнового явления было дано в нач. 19 в. франц. физиком О. Ж. Френелем и англ. учёным Т. Юнгом.

Интерференция света - это сложение полей световых волн от двух или нескольких источников. В общем случае поляризация каждой из интерферирующих волн (т. е. направление, вдоль которого колеблется вектор электрического поля) имеет свое направление, и сложение двух волн есть векторное сложение.

Для того, чтобы в некоторой точке наложения двух когерентных световых волн наблюдался максимум, т. е. усиление волн, на протяжении разности хода должно укладываться целое число длин волн; для того, чтобы наблюдался минимум, разность хода должна вмещать нечетное число полуволн.

Световые лучи от разных источников могут двигаться в средах с различными показателями преломления n_1 и n_2 . Так как скорость света в среде уменьшается: $u = c/n$, где c - скорость света в вакууме, то уменьшается и длина волны:

$$l = uT = (c/n)T = l_0/n,$$

где T - период колебаний, l_0 - длина волны в воздухе (или в вакууме)

На одном и том же расстоянии в веществе укладывается в n раз больше число волн, чем в вакууме. Поэтому для разности фаз важна не сама по себе геометрическая разность путей интерферирующих лучей, а величина $n \cdot l$, где l - геометрический путь. Эта величина называется оптической длиной пути, и она характеризует число длин волн, укладываемых на геометрическом пути

светового луча в данной среде с показателем преломления n . Разность d оптических длин путей двух лучей называется оптической разностью хода:

$$d = n_2 l_2 - n_1 l_1,$$

где l_1, l_2 - геометрические пути, проходящие лучами в средах с показателями преломления n_1 и n_2 .

Интерференционная картина

Интерференционная картина наложения волн двух монохроматических источников представляет собой систему чередующихся светлых и темных полос. Если оба источника испускают белый (немонохроматический) свет, то интерференционная картина будет окрашенной, т.е. каждой длине волны будет соответствовать свой угол φ , при котором наблюдается максимум.

Опыт Юнга

Требование когерентности налагает ограничения на угловые размеры источника и на ширину спектра излучения. Так, например, в классическом опыте Юнга, в котором малый источник с линейным размером излучающей поверхности S освещает две узкие щели (рис. 1), когерентность обеспечивается условием: $S \leq \lambda R/d$, где λ – средняя длина волны света, R - расстояние от источника до экрана со щелями, d - расстояние между щелями. Когерентность также зависит от разности хода d интерферирующих лучей, которая называется порядком интерференции. С ростом d когерентность падает тем быстрее, чем шире спектр $\Delta\lambda$ света. Максимальная разность хода, при которой и. к. ещё видна, имеет порядок $(\Delta\lambda)^{-1}$. В белом свете наблюдается и. к. самых низких порядков (1-2-го), причём окрашенная, поскольку положение максимумов и минимумов интенсивности света на и. к. зависит от λ . Для узких спектральных линий порядок и. к. может достигать до $10^5 - 10^6$, что соответствует разности хода в несколько см.

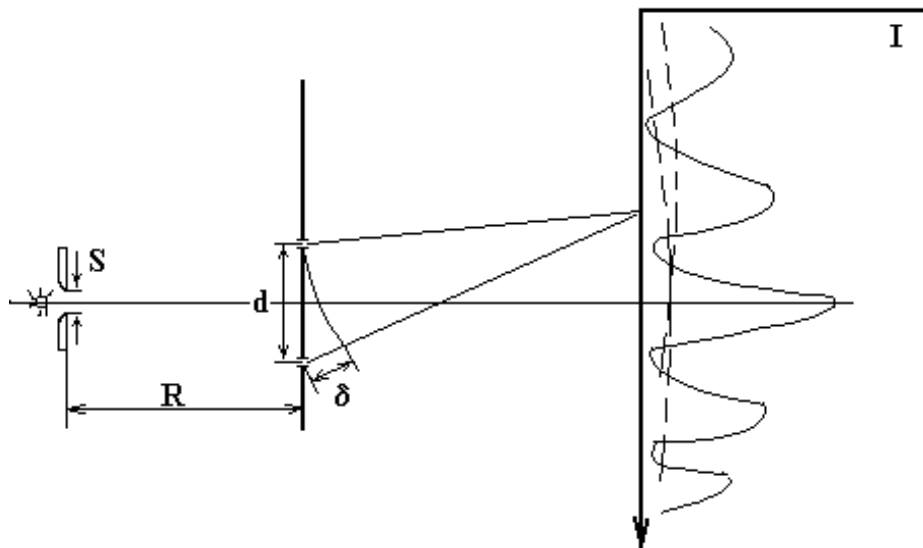


Рис. 1. Схема опыта Юнга. Справа сплошной линией представлена зависимость интенсивности на экране от координаты, нормальной щелям; пунктиром показана освещённость экрана при поочерёдном закрывании щелей

Виды интерференции света

Различают двухлучевую и многолучевую И. с. В первом случае свет в каждую точку и. к. приходит от общего источника по двум путям, как на рис. 2, при этом распределение интенсивности на и. к. является гармонической функцией ($\sim \cos^2 2pd/l$).

Многолучевая И. с. возникает при наложении мн. когерентных волн, получаемых делением исходного волнового фронта с помощью многократных отражений (например, в интерферометре Фабри - Перо). При многолучевой И. с. интенсивность и. к. является периодической, но не гармонической функцией d (рис. 3). Резкая зависимость интенсивности и. к. от длины волн при многолучевой И. с. широко используется в спектральных приборах.

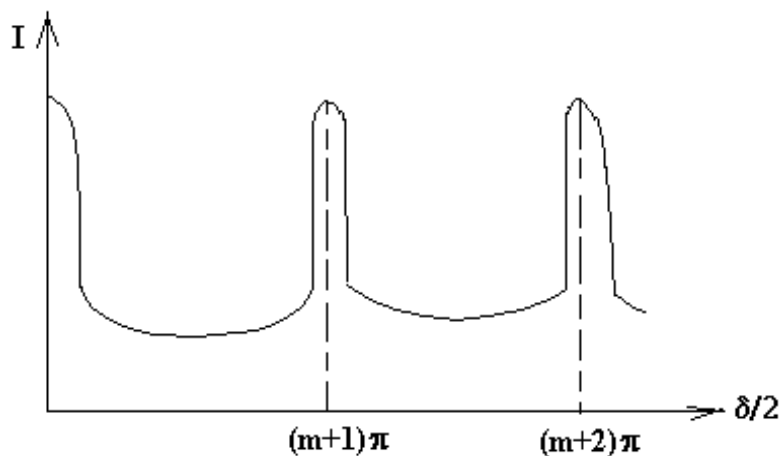


Рис. 2. Зависимость интенсивности в интерференционной картине интерферометра Фабри - Перо от разности хода d

Проявления интерференции света

Наиболее известно радужное окрашивание тонких плёнок (масляные плёнки на воде, мыльные пузыри), возникающие вследствие И. с., отражённого двумя поверхностями плёнки. В тонких плёнках переменной толщины при освещении протяжённым источником локализация и. к. происходит на поверхности плёнки, при этом данная интерференционная полоса соответствует одной и той же толщине плёнки. В белом свете полосы окрашены. В тонких плёнках строго постоянной толщины одинаковую разность хода имеют лучи, которые падают на плёнку под одним и тем же углом, и интерференционные полосы называют полосами равного наклона. Они локализованы в бесконечности, и наблюдать их можно в фокальной плоскости линзы. Если при наблюдении И. с. от обычных источников света и. к. имеет малую яркость и размеры, то при использовании лазеров явления И. с. настолько ярки и характерны, что нужны особые меры для получения равномерной освещённости.

Биения

К явлениям И. с. относятся также световые биения, возникающие при наложении световых полей разных частот. Это выражается в периодическом увеличении и уменьшении амплитуды суммарного сигнала. Биения возникают в обычных (не лазерных) схемах И. с. при изменении во времени хода интерферирующих лучей. Наблюдение биения в излучении независимых источников света возможно только для лазерных источников.

Использование интерференции

Явление интерференции света находит широкое применение в современной технике. Одним из таких применений является создание "просветленной" оптики. Отполированная поверхность стекла отражает примерно 4% падающего на нее света. Современные оптические приборы состоят из большого числа деталей, изготовленных из стекла. Проходя через каждую из этих деталей, свет ослабляется на 4%. Общие потери света в объективе фотоаппарата составляют примерно 25%, в призмённом бинокле и микроскопе - 50% и т. д.

Для уменьшения световых потерь в оптических приборах все стеклянные детали, через которые проходит свет, покрывают пленкой, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла. Толщина пленки равна четверти длины волны.

Другим применением явления интерференции является получение хорошо отражающих покрытий, необходимых во многих отраслях оптики. В этом случае используют тонкую пленку толщиной $1/4$ из материала, коэффициент преломления которого n_2 больше коэффициента преломления n_3 . Отражение от передней границы происходит с потерей полволны, так как $n_1 < n_2$, а отражение от задней границы происходит без потери полволны ($n_2 > n_3$). В результате разность хода $d = 1/4 + 1/4 + 1/2 = 1$ и отраженные волны усиливают друг друга.

Интерференция света широко используется при спектральном анализе для точного измерения расстояний и углов, в рефрактометрии, в задачах контроля качества поверхностей, для создания светофильтров, зеркал, просветляющих покрытий и др.; на явлениях интерференции света основана голография.

Список литературы:

1. Физический энциклопедический словарь. Гл. ред. А. М. Прохоров. Изд. "Советская энциклопедия", 1983
2. Справочное пособие по физике. Авт.-сост. И. Е. Гусев. -Мн.: Харвест, 1998. -576с.- (Библиотека школьника)
3. Савельев И.В. Курс общей физики: В 5 кн.: кн. 1: учебное пособие для вузов. – М.: ООО «Издательство Астрель», 2004. – 336 с
4. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. – Изд. 9–е, перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 560 с.