Если свет представляет собой поток волн, то должно наблюдаться явление интерференции света. Однако получить интерференционную картину (чередование максимумов и минимумов освещённости экрана) с помощью двух независимых источников света, например двух электрических лампочек, невозможно. Включение ещё одной лампочки лишь увеличивает освещённость поверхности, но не создаёт чередования минимумов и максимумов освещённости.

Выясним, в чём причина этого и при каких условиях можно наблюдать интерференцию света.

Условие когерентности световых волн. Причина отсутствия интерференционной картины в опыте с двумя лампочками в том, что световые волны, излучаемые независимыми источниками, не согласованы друг с другом. Разность фаз колебаний, вызванных этими волнами, непрерывно изменяется во времени. Для получения же устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы в данной точке пространства разность фаз оставалась постоянной, т. е. чтобы колебания были когерентны. Как вы уже знаете, волны, возбуждающие в пространстве когерентные колебания, называются когерентными волнами.

От значения разности фаз зависит амплитуда колебаний, вызванных когерентными волнами. Длины когерентных волн также должны быть равны. Точного равенства длин волн от двух источников добиться нетрудно. Для этого достаточно использовать хорошие светофильтры, пропускающие свет в очень узком интервале длин волн. Но невозможно осуществить постоянство разности фаз от двух независимых источников. Атомы источников излучают свет независимо друг от друга отдельными «обрывками» (цугами) синусоидальных волн, имеющими обычно длину около метра. И такие цуги волн от обоих источников налагаются друг на друга. Моменты излучения атомов согласовать невозможно. В результате амплитуда колебаний в любой точке пространства хаотично меняется со временем в зависимости от того, как в данный момент времени цуги волн от различных источников сдвинуты относительно друг друга по фазе. Волны от различных источников света некогерентны из-за того, что разность фаз волн не остаётся постоянной (исключение составляют квантовые источники света — лазеры, созданные в 1960 г.). Никакой устойчивой картины с определённым распределением максимумов и минимумов освещённости в пространстве наблюдаться не будет.

Интерференция в тонких плёнках. Тем не менее интерференцию света удаётся наблюдать. Хотя её и наблюдали очень давно, но только никак не объясняли.

Вы тоже много раз видели интерференционную картину, когда в детстве развлекались пусканием мыльных пузырей или наблюдали за радужным переливом цветов тонкой плёнки бензина на поверхности воды.

Окраску тонких плёнок можно объяснить согласно идее Томаса Юнга сложением волн 1 и 2 (рис. 7.50), одна из которых (7) отражается от наружной поверхности плёнки, а другая (2) — от внутренней. При этом происходит интерференция световых волн — сложение двух волн, вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Результат интерференции (усиление или ослабление результирующих колебаний) зависит от угла падения света на плёнку, её толщины и длины волны света.

Усиление света произойдёт в том случае, если преломлённая волна 2 отстанет от отражённой волны 1 на целое число длин волн.

Если же вторая волна отстанет от первой на половину длины волны или на нечётное число полуволн, то произойдёт ослабление света.

Цуг волн от каждого излучающего атома разделяется плёнкой на два цуга, а затем эти части сводятся вместе и интерферируют.

Когерентность волн, отражённых от наружной и внутренней поверхностей плёнки, возникает из-за того, что они являются частями одного и того же светового пучка.

Юнг понял также, что различие в цвете связано с различием в длине волны (или частоте световых волн). Световым пучкам различного цвета соответствуют волны с разной длиной волны X. Для взаимного усиления волн, отличающихся друг от друга длиной волны (углы падения предполагаются одинаковыми), требуется различная толщина плёнки. Следовательно, если плёнка имеет неодинаковую толщину, то при освещении её белым светом должны появиться различные цвета.

Кольца Ньютона.

Интерференционная картина, возникающая в тонкой прослойке воздуха между стеклянной пластиной и лежащей на ней плоско-выпуклой линзой, сферическая поверхность которой имеет большой радиус кривизны, получила название колец Ньютона.

Ньютон наблюдал и исследовал их не только в белом свете, но и при освещении линзы одноцветным (монохроматическим) пучком.

Оказалось, что радиусы колец одного и того же порядкового номера увеличиваются при переходе от фиолетового конца спектра к красному; красные кольца имеют максимальный радиус. Расстояния между соседними кольцами уменьшаются с увеличением их радиусов (см. рис. III, 2, 3 на цветной вклейке).

Удовлетворительно объяснить, почему возникают кольца, Ньютон не смог. Удалось это Юнгу. Проследим за ходом его рассуждений. В их основе лежит предположение о том, что свет — это волны. Рассмотрим случай, когда волна определённой длины волны падает почти перпендикулярно на плоско-выпуклую линзу (рис. 7.51). Волна 1 появляется в результате отражения от выпуклой поверхности линзы на границе двух сред стекло—воздух, а волна 2 — в результате отражения от пластины на границе двух сред воздух—стекло. Эти волны когерентны: они имеют одинаковую длину волны и постоянную разность фаз, которая возникает из-за того, что волна 2 проходит больший путь, чем волна 1.

Отметим, что при отражении света от оптически более плотной среды фаза колебаний вектора напряжённости Е электромагнитной волны изменяется на л. Это изменение можно учесть, вычтя (или прибавив) из разности хода половину длины волны. Говорят, что при таком отражении происходит потеря половины длины волны.

Если вторая волна отстаёт от первой на целое число длин волн, то, складываясь, волны усиливают друг друга.

Напротив, если вторая волна отстаёт от первой на нечётное число полуволн, то колебания, вызванные ими, будут происходить в противоположных фазах и волны погасят друг друга.

Если известен радиус кривизны R выпуклой поверхности линзы, то можно вычислить, на каких расстояниях от точки соприкосновения линзы со стеклянной пластиной разности хода таковы, что волны определённой длины волны X гасят друг друга. Эти расстояния и являются радиусами тёмных колец Ньютона. Ведь линии постоянной толщины воздушной прослойки представляют собой окружности. Измерив радиусы колец, можно вычислить длины волн.

Длина световой волны. В результате измерений было установлено, что для красного света Л.кр = 7,6 • 10'' м, а для фиолетового — = 3,8 • 1СГ7 м. Длины волн, соответствующие другим цветам спектра, принимают промежуточные значения. Для любого цвета длина световой волны очень мала. Поясним это на простом примере. Представьте себе среднюю морскую волну длиной волны в несколько метров, которая увеличилась настолько, что заняла весь Атлантический океан от берегов Америки до Европы. Длина световой волны, увеличенной в той же пропорции, лишь ненамного превысила бы ширину этой страницы.

Явление интерференции не только доказывает наличие у света волновых свойств, но и позволяет измерить длину волны. Подобно тому как высота звука определяется его частотой, цвет света определяется частотой колебаний или длиной волны.

В природе нет никаких красок, есть лишь волны разных длин волн. Глаз — сложный физический прибор, способный обнаруживать различие в цвете, которому соответствует весьма незначительная (около 10 6 см) разница в длинах световых волн.

При переходе света из одной среды в другую длина волны изменяется. Это можно увидеть. Заполним водой или другой прозрачной жидкостью с показателем преломления п воздушную прослойку между линзой и пластиной. Радиусы интерференционных колец уменьшатся.

Почему это происходит? Мы знаем, что при переходе света из вакуума в какую-нибудь среду скорость света уменьшается в п раз. Частота волны при переходе не изменяется, а так как v = A.V, то изменяется в п раз длина волны.