**9. Кольца Ньютона. Расчет интерференционной картины в отраженном и проходящем свете.**

|  |
| --- |
| **Интерференция света от двух когерентных источников (схема Юнга).**  *Постановка задачи.* (Схема Юнга, монохроматический свет от источников)  Есть два *монохроматических когерентных* источника *S*1 и *S*2, разделённых расстоянием *d*. Длина волны света, излучаемого источниками, равна *λ*. На расстояние *L* от источников находится экран, где наблюдается интерференция, (расстояния выбираются так, чтобы *d << L*). Определить координаты точек на экране, где наблюдается максимум и минимум интерференции (рисунок 6.3.1.).  Рисунок 6.3.1 Рисунок 6.3.1. – Схема опыта Юнга и распределение интенсивности света на экране Из геометрии системы при условии *d<<L*, получим: http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image005_0000.gif (см. треугольники http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image007_0000.gif и http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image009_0000.gif на рисунке 6.3.1), отсюда разность хода равна: http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image011_0000.gif. Из условия максимума при интерференции можно получить координаты максимума на экране наблюдения http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image013_0000.gif, а из условия минимума – координаты минимума http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image015_0000.gif, для обоих случаев *m* = 0, 1, 2, 3…. В интерференционной картине Юнга ширина максимума равна ширине минимума http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image017_0000.gif. |
| **Схема Юнга (белый свет от источников).**  Если источники посылают белый свет, то интерференционная картина меняется. Белый свет имеет непрерывный спектр от фиолетового (http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image025_0000.gif) до красного (http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image027_0000.gif). Нулевые максимумы всех цветов расположены в центре экрана (в точке *О*), поэтому там наблюдается белый центральный максимум. Максимум первого порядка распадется на семь максимумов, соответствующих семи цветам, из которых состоит белый свет (от фиолетового ближе к середине до красного). Совокупность максимумов первого порядка разных цветов называется *спектром первого порядка* (рисунок 6.3.2) и т.д.  Рисунок 6.3.2  Рисунок 6.3.2. – Интерференция белого света. Схема опыта Юнга. |
| **Интерференция в тонких плёнках** *Постановка задачи*. Из среды с показателем преломления http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image035.gif на тонкую плёнку толщиной *d* и показателем преломления http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image037.gifпод углом http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image039.gif падает плоская монохроматическая световая волна. Показатель преломления http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image041.gif, т.е. пленка – среда оптически более плотная. Длина световой волны в вакууме равна http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image043.gif(рисунок 6.3.3). Определить условие максимума и минимума интерференции на данной плёнке.  Рисунок 6.3.3  Рисунок 6.3.3. –  Разделения луча 1 плоской волны, падающей на тонкую пленку  **Интерференция в отраженном свете** Когерентные лучи *1′* и *2′* – параллельные и дают интерференционную картину на бесконечности, поэтому для наблюдения интерференции ставится линза, в фокусе которой расположен экран наблюдений Отражение луча в точке *А* происходит от оптически более плотной среды, а в точке *В* – от оптически менее плотной среды, поэтому в разности хода появляется слагаемое http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image045.gif.  Разность хода лучей в отраженном свете в плоскопараллельной пластине  http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image047.gif, где http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image049.gif – показатели преломления среды, из которой падает волна, и плоскопараллельной пластины,  http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image051.gif – толщина пластины, http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image053.gif – угол падения света, http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image055.gif – угол преломления, http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image057.gif – длина волны. Условие максимума http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image059.gif, условие минимума  http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image061.gif. **Интерференция в проходящем свете** Когерентные лучи назовем *1´´* и *2´´*, вдоль них распространяются когерентные волны в проходящем свете.  При сложении таких волн наблюдается интерференционная картина в проходящем свете (взгляд на нижнюю сторону пленки). Условие максимума интенсивности в интерференционной картине в проходящем свете http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image063.gif. Условие минимума http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image065.gif,  где  http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image067.gif |
| **Интерференция на клине (полосы равной толщины)**  *Постановка задачи* Две поверхности, расположенные под малым углом http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image074.gif (рисунок 6.3.4), образуют систему, получившую название клин. На клин нормально падает монохроматическая волна и на его поверхности образуется интерференционная картина, состоящая из чередующихся темных и светлых (окрашенных) полос. Определим ширину интерференционной полосы. Показатель преломления вещества, из которого изготовлен клин, равен http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image076.gif.  Рисунок 6.3.4  Рисунок 6.3.4. –  а) Интерференционная картина на поверхности клина (чередующиеся светлые и темные    полосы на поверхности клина); б) схематичное изображение клина (для расчетов)  Рассмотрим случай интерференции в отраженном свете. Расстояние между интерференционными полосами на поверхности клина http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image078.gif. Так как угол при вершине мал (он составляет 10’http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image080.gif 30’), тогда http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image082.gif и ширина интерференционных полос равна http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image084.gif, http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image086.gif – угол при вершине клина, измеренный в радианах. |
| **Кольца Ньютона** *Постановка задачи* Плосковыпуклая линза (с большим радиусом кривизны *R*, точка *О* – центр линзы) выпуклой поверхностью лежит на плоской пластине и соприкасается с ней в точке *B*. Между линзой и пластиной налита жидкость с показателем *n*, рисунок 6.3.5. Параллельный пучок монохроматического света (плоская волна) нормально падает на плоскую поверхность линзы. Рассчитать интерференционную картину.  Рисунок 6.3.5  Рисунок 6.3.5. – Схема установки для получения интерференционной картины (колец Ньютона)  • Кольца Ньютона образуются лучами, полученными при отражении света (см. рисунок 6.3.5) от поверхности воздушной прослойки, которая образована между стеклянной пластиной и соприкасающейся с ней выпуклой поверхностью линзы радиусом *R*. Интерференционная картина располагается на поверхности линзы и состоит из чередующихся темных и светлых колец. Светлые кольца имеют цвет монохроматического света. В центре интерференционной картины в отраженном свете – тёмное пятно. Радиусы колец равны:  http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image002.gif, http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image002_0000.gif, где m = 0, 1, 2…. – номер кольца.  • Кольца Ньютона в проходящем свете: http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image002_0001.gif, http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image002_0002.gif, где m – номер кольца.  Рисунок 6.3.6  Рисунок 6.3.6. – Интерференционная картина (кольца Ньютона) в отраженном свете |
| **Интерферометры**  Явление интерференции используется в ряде точных измерительных приборов, одним из которых является *интерферометр*. Рассмотрим два типа интерферометров.  Рисунок 6.3.7              Рисунок 6.3.7. – Схема интерферометра Жамена  Рисунок 6.3.8  Рисунок 6.3.8. – Схема интерферометра Майкельсона.  Разность хода лучей в интерферометре Жамена http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image007_0006.gif, где http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image009_0006.gif – плечи интерферометра (рисунок 6.3.7.). Для интерферометра Майкельсона http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image011_0006.gif, т.к. соответствующие лучи проходят плечи интерферометров дважды: до зеркала и от зеркала (см. рисунок 6.3.8). |
| **Просветление оптики** Для ослабления отраженного от поверхности света вследствие интерференции в тонких пленках на передние поверхности линз и призм, используемых в приборах, наносят тонкие прозрачные пленки, абсолютный показатель преломления http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image002_0003.gif которых меньше показателя преломления материала, из которого сделана линза или призма (http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image004_0002.gif). Свет падает на линзу из воздуха http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image006_0003.gif(см. рисунок 6.3.9).http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image008_0003.gif Таким образом, выполняется соотношение: http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image010_0003.gif<http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image012_0003.gif<http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image014_0009.gif. Толщина пленки подбирается так, чтобы осуществлялся минимум интерференции для отраженного света с длиной волны 550 *нм*, соответствующей наибольшей чувствительности глаза. Для других цветов условие минимума не выполняются, они отражаются от поверхности пленки, и она кажется окрашенной в красно – фиолетовый цвет. Такой прием ослабления отраженного света называется *просветлением оптики.*  Рисунок 6.3.9  Рисунок 6.3.9. – Ход лучей в пленке, наклеенной на поверхности линзы.  Коэффициент преломления пленки подбирается так, чтобы осуществлялось наиболее полное гашение световых волн от верхней и нижней поверхностей пленки. Это имеет место при равенстве коэффициентов отражения от обеих поверхностей. Отсюда для оптимального значения показателя преломления наносимой пленки получаем http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image020_0003.gif. Минимальная толщина пленки, при которой максимально гасятся отраженные лучи равна http://physics.sibsutis.ru/docs/Library/TextBooks/Lisejkina,%20Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C76_clip_image022_0003.gif. |