

Кольца Ньютона

Цель работы: изучить явление двухлучевой интерференции.

Решаемые задачи:

- приобрести навыки юстировки оптической схемы «Кольца Ньютона» в проходящем и отраженном свете;
- пронаблюдать кольца Ньютона в проходящем и отраженном свете;
- пронаблюдать изменения интерференционной картины в зависимости от степени монохроматичности света;
- измерить радиус кривизны линзы;
- определить длину световой волны монохроматического источника.

Оптические элементы и аппаратура (рис.2,3):

- ✓ устройство «Кольца Ньютона» (1);
- ✓ полупрозрачное зеркало (2);
- ✓ 2 линзы с фокусными расстояниями $f = +100$ мм и $f = +200$ мм; (3)
- ✓ светофильтры на разные длины волн;
- ✓ экран (4);
- ✓ осветитель с лампой накаливания (5) и блок питания (6);
- ✓ осветитель с ртутной или натриевой лампой (7) и блок питания (8);
- ✓ оптическая скамья (9);
- ✓ рейтеры (10);
- ✓ консоль (11);

В схеме «Кольца Ньютона» когерентные волны создаются методом деления амплитуды.

В данной установке кольца Ньютона наблюдаются в тонком воздушном клине толщины d , который образуется между поверхностями выпуклой линзы L с большим радиусом кривизны и соприкасающейся с ней плоской полированной пластинки P (рис.1).

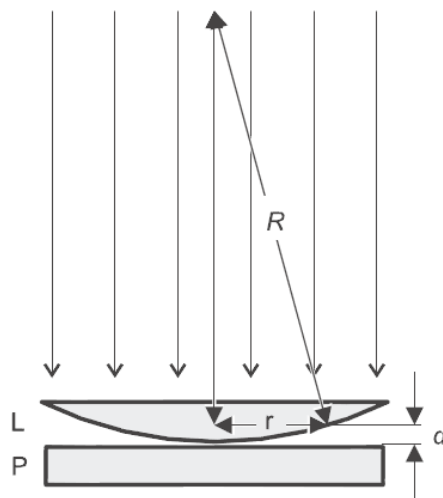


Рис.1

Разность хода, возникающая между волнами, отраженными от верхней и нижней поверхностями воздушного клина, равна:

$$\Delta = 2d + \lambda/2. \quad (1)$$

Толщина воздушного зазора d связана с радиусом кривизны линзы R и радиусом m -го кольца r_m^2 соотношением:

$$d = \frac{r_m^2}{2R}. \quad (2)$$

Условие наблюдения m -го темного кольца имеет вид:

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

Из соотношений (1) – (3) следует:

$$r_m^2 = mR\lambda,$$

или для диаметров колец D_m :

$$D_m^2 = 4R\lambda m. \quad (4)$$

Таким образом, график зависимости D_m^2 от m будет представлять собой прямую линию с тангенсом угла наклона равным $4R\lambda$.

Порядок выполнения работы:

Упражнение 1. Сборка установки для наблюдения колец Ньютона в схемах «на просвет» и «отражение». Наблюдение колец Ньютона в белом и монохроматическом свете.

1. Собрать установку, фотография которой приведена на рис.2. Фотографии некоторых оптических элементов даны на рис.3

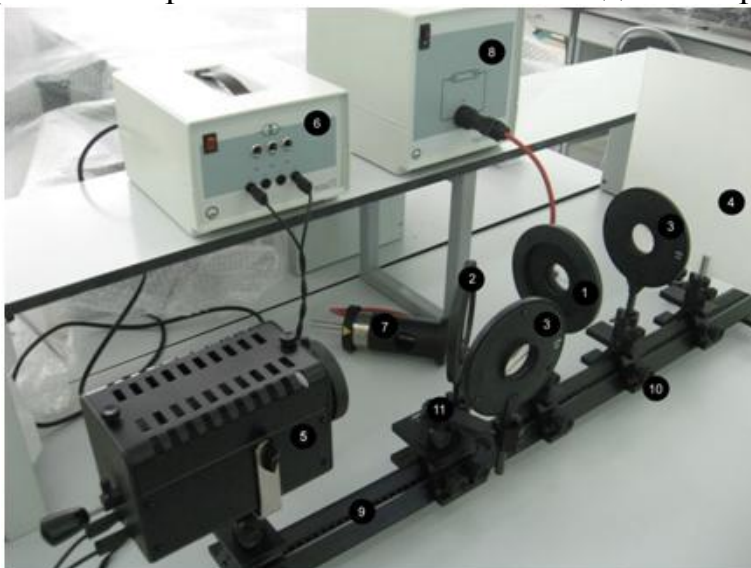


Рис.2 Внешний вид установки для наблюдения «Колец Ньютона».

На нулевой отметке оптической скамьи 9 (отсчет ведется по левому краю рейтера) установить осветитель 5, подключить его к источнику питания

6 (установить 12 В) и направить световой пучок параллельно оптической скамье. На отметке ~40 см установить устройство «Кольца Ньютона» 1. На конце оптической скамьи закрепить экран 4.

На отметке 24 см между осветителем и «Кольцами Ньютона» расположить полупрозрачную пластинку 2 под углом 45° . На дополнительном рейтере, установленном на отметке 30 см с помощью консоли 11 закрепить линзу 3 с фокусным расстоянием +200 мм. Перемещая устройство «Кольца Ньютона» вдоль оптической скамьи добиться резкого изображения колец на боковом экране, закрепленном на стене. Это получилась интерференционная картина в отраженном свете.

Установить вторую линзу 3 с фокусным расстоянием +100 мм на оптической скамье и, перемещая ее, добиться резкого изображения колец на экране 4. Это получилась интерференционная картина в проходящем свете. Поскольку интерференционная картина в проходящем свете не контрастна, кольца будут плохо различимы.



Рис.3. Оптические элементы

2. Пронаблюдать и сравнить вид интерференционных колец в проходящем и отраженном свете. Обратит внимание, что эти картины «дополняют» друг друга: там, где в проходящем свете наблюдаются темные полосы, в отраженном будут светлые.

3. Пронаблюдать изменения интерференционных картин при их рассмотрении невооруженным глазом и сквозь желтый светофильтр (он закреплен в квадратной рамке). Обратите внимание, что при наблюдении через желтый светофильтр, число полос существенно увеличивается.

Упражнение 2. Определение радиуса кривизны линзы в устройстве «Кольца Ньютона».

1. На устройстве «Кольца Ньютона» нанесена шкала с ценой деления 1 мм/деление. Изображения колец и шкалы на экранах получаются увеличенными. Для измерения реальных диаметров колец в мм необходимо знать увеличение системы N . Измерьте в мм расстояние между 10 делениями шкалы на боковом экране L . Тогда увеличение системы будет равно $N = L/10$.

2. Установите после осветителя держатель с интерференционным светофильтром, пропускающим свет с длиной волны 578 нм.

3. Измерьте в мм диаметры (I_m) и номера темных колец на боковом экране. Рассчитайте действительный диаметр кольца D_m в мм по формуле:

$$D_m = I_m/N.$$

4. Представьте результаты в виде таблицы:

Номер кольца, m	Диаметр изображения кольца на экране, $I_m/\text{мм}$	Действительный диаметр кольца, $D_m/\text{мм} =$	$D_m^2/\text{мм}^2$

4. Постройте график зависимости D_m^2 от m . По тангенсу угла наклона и известной длине волны пропускания светофильтра ($\lambda = 578 \text{ нм}$) определите радиус кривизны линзы R .

Упражнение 3. Определение длины волны излучения натриевой лампы.

Натриевая лампа излучает свет узкого спектрального диапазона. Светящимся телом в ней являются пары натрия. Задача этого упражнения – определить длину волны излучения этой лампы.

1. Уберите с оптической скамьи осветитель 5 и на его место установите натриевую лампу 7. Подключите лампу к источнику питания 8. После 3-5 минут прогрева лампа готова к использованию.

2. Измерьте в мм диаметры (I_m) и номера темных колец на боковом экране. Рассчитайте действительный диаметр кольца D_m в мм по формуле:

$$D_m = I_m/N.$$

3. Представьте результаты в виде таблицы:

Номер кольца, m	Диаметр изображения кольца на экране, $I_m/\text{мм}$	Действительный диаметр кольца, $D_m/\text{мм}$	$D_m^2/\text{мм}^2$

4. Постройте график зависимости D_m^2 от m . По тангенсу угла наклона и известному радиусу кривизны (он был определен в упражнении 2) определите длину волны излучения натриевой лампы.

Вопросы к обсуждению с преподавателем.

- Интерференция монохроматического света. Расчет интерференционной картины при двухлучевой интерференции (оптический путь, оптическая разность хода, условия образования максимумов и минимумов, ширина интерференционной полосы).
- Когерентные источники, способы их получения (метод деления амплитуды и метод деления волнового фронта).
- Интерференция немонахроматического света. Временная когерентность. Длина когерентности.
- Интерференция в тонких пленках. Что означает термин «тонкая пленка»?

5. Полосы равной толщины и равного наклона.
6. Кольца Ньютона в отраженном и проходящем свете. Объясните причину возникновения интерференционных полос. Почему они имеют форму колец?
7. Почему в отраженном свете интерференционная картина выглядит более контрастной, чем в проходящем свете?
8. Почему возрастает число интерференционных полос при возрастании степени монохроматичности света ($\lambda/\Delta\lambda$)?
9. Объяснить назначение всех оптических элементов, используемых в установке, описать порядок юстировки оптической схемы.
10. Вывести рабочие формулы.
11. Почему графики, построенные в упражнениях 2 и 3, не проходят через начало координат?

Рекомендуемая литература.

1. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. §§25, 26.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.4. Оптика. Изд.3. М., Физматлит, 2005. §33.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Изд.10, М., Физматлит, 2008. §122.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Изд.2, С-Пб., Невский диалект, 2003. §5.1, §5.3