

4.2.1 (5.6). КОЛЬЦА НЬЮТОНА

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

27 февраля 2017 г.

В работе используются: измерительный микроскоп с opak-иллюминатором; плоско-выпуклая линза; пластинка из чёрного стекла; ртутная лампа типа ДРШ; щель; линзы; призма прямого зрения; объектная шкала.

Экспериментальная установка. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Опыт выполняется с помощью измерительного микроскопа. На столик микроскопа помещается держатель с полированной пластинкой из чёрного стекла. На пластинке лежит исследуемая линза.

Источником света служит ртутная лампа, находящаяся в защитном кожухе. Для получения монохроматического света применяется призмный монохроматор, состоящий из конденсора К, коллиматора (щель S и объектив O) и призмы прямого зрения Π . Эти устройства с помощью рейтеров располагаются на оптической скамье. Свет от монохроматора попадает на расположенный между объективом и окуляром микроскопа opak-иллюминатор (ОИ) — специальное устройство, служащее для освещения объекта при работе в отражённом свете. Внутри opak-иллюминатора находится полупрозрачная стеклянная пластинка P , наклоненная под углом 45° к оптической оси микроскопа. Свет частично отражается от этой пластинки, проходит через объектив микроскопа и попадает на исследуемый объект. Пластинка может поворачиваться вокруг горизонтальной оси X , opak-иллюминатор — вокруг вертикальной оси.

Столик микроскопа может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью винтов препаратоводителя. Отсчётный крест окулярной шкалы перемещается перпендикулярно оптической оси с помощью микрометрического винта M .

Оптическая схема монохроматора позволяет получить в плоскости входного окна opak-иллюминатора достаточно хорошо разделённые линии спектра ртутной лампы. Изображение щели S фокусируется на поверхность линзы объективом микроскопа, т.е. точка источника и точка наблюдения спектра совпадают. Интерференционная картина не зависит от показателя преломления линзы и определяется величиной зазора между линзой и пластинкой (кольца равной толщины).

Рекомендуется сначала настроить микроскоп на кольца Ньютона в белом свете (свете ртутной лампы), затем при помощи монохроматора выделить из спектра яркую зелёную линию и провести измерения диаметров колец в монохроматическом свете.

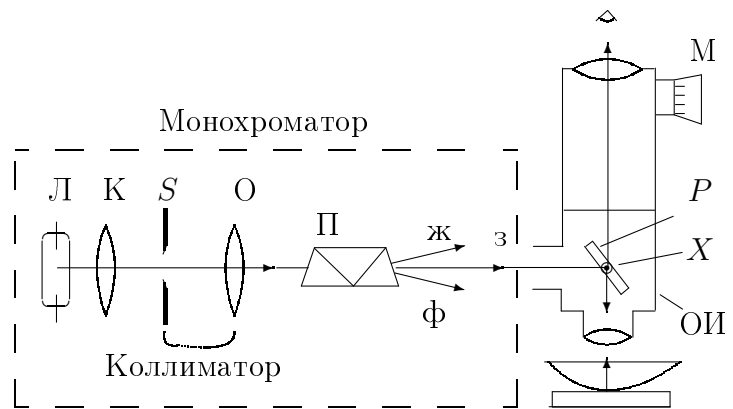


Рис. 2. Схема установки для наблюдения колец Ньютона

ЗАДАНИЕ

В работе предлагается, измерив диаметры колец Ньютона, определить радиус кривизны линзы; исследовать картину биений и рассчитать разность длин волн между жёлтой и зелёной спектральными линиями ртути.

При выполнении работы руководствуйтесь дополнительным описанием, расположенным на установке.

I. Настройка микроскопа

а) Включите ртутную лампу. Для настройки микроскопа на кольца Ньютона в белом свете (свете ртутной лампы) расположите перед окном лампы конденсор, а остальные элементы схемы (щель, объектив и призму прямого зрения) временно снимите с оптической скамьи.

б) Осветив входное окно опак-иллюминатора, расположите исследуемую линзу на столике микроскопа, прижав оправу линзы к упору препаратопроводителя.

Глядя на линзу сбоку невооружённым глазом, поворачивайте опак-иллюминатор вокруг вертикальной оси, а полупрозрачную пластинку P — вокруг горизонтальной оси X (рис. 2), пока на оправе линзы (или листе бумаги, положенном на линзу) не появится яркое световое пятно.

в) Перемещая линзу по столику микроскопа при помощи винтов-препаратопроводителей, получите яркое пятно на шероховатой оправе линзы. Сфокусируйте пятно на оправе перемещением тубуса микроскопа вдоль вертикальной оси, а затем подведите точку соприкосновения линзы к оптической оси микроскопа.

г) Вращая глазную линзу окуляра микроскопа, настройтесь на чёткое изображение окулярной шкалы.

д) Глядя в окуляр, вращением пластинки P подведите световое пятно к центру поля зрения. Слегка перемещая тубус микроскопа по вертикали, настройтесь на изображение верхней поверхности линзы (при этом видны пятна, царапины, которые перемещаются при перемещении линзы препаратопроводителями).

После этого, плавно опуская тубус, найдите изображение нижней поверхности линзы, где локализована интерференционная картина. Иногда в поле зрения видны мелкие интерференционные полосы, возникающие в оптической системе самого микроскопа, но их легко отличить по тому, что они не перемещаются при перемещении тубуса.

е) Перемещая линзу при помощи винтов-препаратопроводителей и меняя освещение наклоном полупрозрачной пластинки, приведите центральное пятно системы колец к середине поля зрения. Вращением окулярного микрометра M совместите перекрестие с центром интерференционной картины серединой тёмного пятна (при правильной настройке интерференционные кольца должны вписываться в прямой угол отсчётного креста).

На этом настройка микроскопа закончена.

II. Настройка монохроматора

С помощью конденсора (рис. 2) осветите щель S светом лампы L . Расположите объектив O на расстоянии, близком к фокусному, от щели, и разместите в промежутке между объективом и микроскопом призму прямого зрения. При этом в плоскости опак-иллюминатора появляются достаточно хорошо разделённые линии спектра ртутной лампы.

Переход от одной линии к другой осуществляется путём перемещения микроскопа, яркость линий меняется при перемещении конденсора поперёк оптической оси при помощи специального винта.

При измерении диаметров колец удобно использовать яркую зелёную линию ртути ($\lambda = 546$ нм).

Передвигая микроскоп как целое и поворачивая его вокруг вертикальной оси, добейтесь наибольшей освещённости поля зрения. Перемещение объектива O вдоль оптической оси также влияет на освещённость поля зрения.

III. Измерение диаметров колец

а) Вращая окулярный микрометрический винт, убедитесь, что перекрестие проходит через центр центрального тёмного пятна, и что поле зрения освещено симметрично слева и справа от центра.

Посмотрите, как влияет на освещённость поля зрения перемещение объектива O вдоль оптической скамьи.

б) Установите перекрестие на середину какого-либо достаточно удалённого от центра, но ещё отчётливо видимого тёмного кольца.

Снимите отсчёт по окулярной шкале: целые деления отсчитываются слева от риски, проходящей через окулярную шкалу, десятые и сотые доли деления — по окулярному микрометрическому винту M . Цена одного деления окулярной шкалы будет определена позже.

Для устранения ошибок, возникающих из-за люфта в микрометрическом винте, перекрестие следует подводить к каждому кольцу с одной стороны.

Перемещая перекрестие, последовательно устанавливайте его на середины тёмных и светлых колец и записывайте соответствующие показания окулярной шкалы и микрометра. После прохождения через центральное пятно продолжайте измерения, записывая возрастающие номера колец и координаты их диаметров (удобно координаты диаметров соответствующих колец записывать друг под другом).

в) Оцените диаметр пятна соприкосновения линзы со стеклянной пластинкой.

IV. Наблюдение «биений»

Осветите входное окно опак-иллюминатора сразу двумя спектральными компонентами ртути (например, жёлтой и зелёной); для этого расфокусируйте монохроматор, смещая объектив O и призму.

Получив картину биений, просчитайте количество тёмных полос Δm от центра одной чёткой системы полос до центра соседней чёткой системы.

Если смешать две линии не удаётся, то, убрав призму прямого зрения, можно объективом O сфокусировать на окно опак-иллюминатора белый свет ртутной лампы. Результаты измерений не изменятся, так как остальные линии в спектре ртутной лампы заметно слабее жёлтой и зелёной.

По результатам измерений оцените на месте разность длин волн и сопоставьте результат с табличным.

V. Калибровка окулярной шкалы

Для определения цены деления окулярной шкалы положите сверху на линзу калиброванную объектную шкалу. Плавно поднимая тубус микроскопа, настройтесь на стеклянную поверхность шкалы (штрихи, царапины). Перемещая столик, найдите изображение миллиметровой шкалы, совместите его с окулярной шкалой и добейтесь наибольшей чёткости.

Объектная шкала размером 1 мм разбита на 100 делений.

Используя всё поле зрения микроскопа, отметьте, какие из самых удалённых друг от друга штрихов объектной шкалы лучше всего совпадают со штрихами окулярной шкалы, и запишите соответствующие отсчёты (отсчёты, а не рассчитанную цену деления). Можно использовать для калибровки окулярный микрометр, совмещая перекрестие с началом и концом объектной шкалы.

VI. Обработка результатов

1. Рассчитайте цену деления окулярной шкалы и оцените погрешность результата.

2. Какова разность длин волн для жёлтой и зелёной линий Hg, полученная при наблюдении биений? Сравните результат с табличным.

3. Рассчитайте радиусы тёмных и светлых колец и постройте (на одном листе) графики зависимостей r_m^2 и $(r'_m)^2$ от номера m кольца. Укажите на графике границы тёмного пятна. Какой из этих графиков должен проходить через начало координат?

Деформация линзы и стеклянной пластинки в месте их соприкосновения может приводить при малых m к отступлению от формул (2.71) и (2.72). Меньше всего искажены деформацией кольца с большими номерами. При наличии искажений прямая, проведённая через точки, соответствующие не слишком малым m , не пройдёт через начало координат.

4. Зная длину волны λ , по наклону прямых рассчитайте (с учётом калибровки) радиус R кривизны линзы. Оцените погрешность результата.

Исправлено 27-II-2017 г.