

8. Проанализировать полученные результаты измерений радиуса кривизны плосковыпуклой линзы, оценить погрешность измерений. Формулу для вычисления погрешности определения радиуса линзы R получить самостоятельно.

505. ДИФРАКЦИЯ ПЛОСКИХ ВОЛН ОТ ЩЕЛИ И НИТИ. ОДНОМЕРНАЯ ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

505.1. Цель работы

Изучение дифракции от щели, нити и одномерной дифракционной решетки. Определение длины волны излучения лазера и периода дифракционной решетки.

505.2. Разделы теории

Дифракция Фраунгофера на одной щели, на дифракционной решетке [1. Гл.23, §176–181]; [2. Гл.XVIII, §125–130]; [3. Гл.5, 5.1–5.6].

505.3. Приборы и принадлежности

Оптический квантовый генератор (лазер) ЛГН208А, раздвижная щель, нить, дифракционные решетки, экран, оптическая скамья.

505.4. Описание установки

Использование газового лазера в качестве источника излучения позволяет наблюдать дифракционную картину непосредственно на экране (без собирающей линзы). Это возможно вследствие высокой когерентности и достаточно большой мощности излучения лазера (1 мВт).

Экспериментальная установка собирается по схеме рис. 505.1. Лазер 1 устанавливается на оптической скамье так,

чтобы часть скамьи (не менее 1 м) оставалась свободной. На оптической скамье устанавливают стойку 2 с держателем для дифракционных элементов (щель, нить, дифракционные решетки) и экран для наблюдений 3. Стойка может перемещаться и фиксироваться винтом в любом положении на скамье. Держатель имеет поворотное кольцо для установки дифракционного элемента, высота держателя регулируется шайбой на стойке. Для отсчета положения стойки относительно лазера и экрана в комплект оборудования входит рулетка длиной 1 м с ценой деления 1 мм.

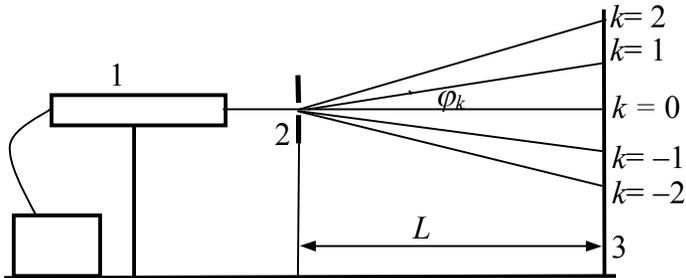


Рис. 505.1

На панели лазерного излучателя (рис. 505.2) располагаются оптические блоки 1, выполненные в виде револьверных головок. Каждая из головок имеет собственную оптическую ось вдоль оси распространения лазерного луча. Шторка 2 предназначена для экранирования лазерного излучения.



Рис. 505.2

При выключенном приборе, установке или смене дифракционных элементов шторка должна быть установлена рисковей против черной точки. На панели имеются также индикатор работы лазера 3 и выключатель прибора 4.

Используемые в работе дифракционные решетки представляют собой прозрачные пластинки с нанесенными параллельными полосками. Полоски играют роль темного промежутка между щелями – прозрачными участками пластинки. Необходимо отметить, что обращение с дифракционными решетками требует осторожности ввиду их хрупкости, брать их следует только за края держателя (пластинки).

Для определения характерных размеров препятствий или длины волны излучения лазера надо рассчитать углы дифракции, под которыми расположены на экране дифракционные максимумы (см. рис. 505.1)

$$\sin \varphi_k = \frac{l_k}{\sqrt{L^2 + l_k^2}} \approx \frac{l_k}{L}, \quad (505.1)$$

так как $l_k \ll L$,

где L – расстояние от щели (нити, дифракционной решетки) до экрана; l_k – расстояние от центрального максимума до максимума k -го порядка ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$).

Условие дифракционного максимума на одной щели выражается в виде

$$b \sin \varphi_k = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (505.2)$$

где k – порядок максимума; b – ширина щели; λ – длина волны излучения.

Из выражения (505.2) с учетом (505.1) ширина щели определяется по формуле

$$b = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{l_k}. \quad (505.3)$$

При наблюдении дифракции от нити и определении толщины нити учитывается тот факт, что дифракционные картины от препятствия (нить) и от равного ему отверстия (щель) долж-

ны быть одинаковы. Таким образом, дифракционная картина от нити будет такой же, как и от щели, ширина которой равна толщине нити. Поэтому для определения толщины нити можно пользоваться формулой (505.3).

Период дифракционной решетки, угловое положение дифракционных максимумов и длина волны излучения связаны соотношением

$$d \sin \varphi = k \lambda . \quad (505.4)$$

В работе изучается распределение максимумов и минимумов в наблюдаемых дифракционных картинах. Отметим, что наблюдаемые дифракционные картины обладают центральной симметрией. Поэтому, распределение дифракционных максимумов и минимумов однозначно определяется измерением их положений относительно центрального максимума нулевого порядка.

505.5. Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Включить лазер кнопкой 4. При этом на панели лазера должен загореться индикатор 3 (см. рис. 505.2).

Внимание! *Не допускайте случайного попадания в глаза прямого или отраженного лазерного луча!*

2. Открыть шторку 2 (риска установлена против красной точки), на экране появляется «пятно» лазерного пучка.

Упражнение 1. Изучение дифракции на одномерной решетке и определение длины волны излучения лазера.

1. Поместить на скамью между лазером и экраном стойку. На стойку установить и зафиксировать винтами дифракционную решетку с известной постоянной (периодом) дифракционной решетки. Открыть шторку лазерного излучателя. Перемещая стойку вдоль оптической скамьи, получить на экране дифракционную картину, содержащую главные максимумы не менее третьего порядка.

2. Выяснить, как изменяется дифракционная картина при повороте решетки вокруг вертикальной оси. Результат наблюдений записать в отчет.

3. Установить плоскость решетки строго перпендикулярно падающему на нее лучу лазера. Зарисовать полученную дифракционную картину на миллиметровой бумаге.

4. Измерить расстояние от решетки до экрана L , а также расстояния l_k между главным максимумом нулевого порядка и главными максимумами 1, 2 и 3-го порядков в отдельности. Результаты занести в таблицу.

5. Определить длину волны излучения лазера по формуле (505.4).

6. Сделать выводы по результатам наблюдений. Оценить погрешность измерений.

Упражнение 2. Изучение дифракции от щели.

1. Поместить на скамью между лазером и экраном стойку. На стойку установить и зафиксировать винтами раздвижную щель. Открыть шторку лазерного излучателя. Используя винты, повернуть держатель щели так, чтобы лазерный луч был расположен симметрично щели, и на экране появилась четкая дифракционная картина в виде центрального наиболее яркого максимума и системы симметричных, относительно него, максимумов высших порядков.

2. Провести несколько раз наблюдения, изменяя ширину щели микрометрическим винтом. Следует начинать с относительно широкой щели, когда видны дифракционные максимумы нескольких порядков. Затем, наблюдать изменение дифракционной картины до ситуации, когда на экране виден только один широкий и слабый дифракционный максимум нулевого порядка (центральный или главный максимум).

3. Установить ширину щели такой, чтобы наблюдаемая картина была удобной для измерений (расстояние между минимумами не менее 2 мм). Зарисовать полученную дифракционную картину на миллиметровой бумаге.

4. Измерить расстояние L от щели до экрана. Определить расстояния l_k между центрами главного максимума и максимумов 1, 2 и 3-го порядков в отдельности. Записать значения L, l_k в таблицу.

5. Повторить измерения по п. 4, изменив расстояние L .

6. Рассчитать ширину щели по формуле (505.3).

7. Сделать выводы по результатам наблюдений. Оценить погрешность измерений.

Упражнение 3. Изучение дифракции от нити.

1. Поместить на скамью между лазером и экраном стойку. На стойке установить и зафиксировать винтами держатель с нитью. Открыть шторку лазерного излучателя. Используя винты, повернуть держатель так, чтобы лазерный луч попал на нить. На экране должна появиться четкая дифракционная картина в виде центрального наиболее яркого максимума и системы симметричных, относительно него, максимумов высших порядков. Зарисовать полученную дифракционную картину на миллиметровой бумаге.

2. Измерить расстояние L от нити до экрана. Определить расстояния l_k между центрами главного максимума и максимумов 1, 2 и 3-го порядков в отдельности. Записать значения L и l_k в таблицу.

3. Повторить измерения по п. 2, изменив расстояние L .

4. Рассчитать толщину нити по формуле (505.3).

5. Сделать выводы по результатам наблюдений. Оценить погрешность измерения.

Упражнение 4. Определение периода одномерной дифракционной решетки.

1. Получить дифракционную картину от решетки с неизвестным периодом. Произвести все измерения аналогично тому, как описано в пп. 1–4 упр. 1.

2. Рассчитать период (постоянную) дифракционной решетки, пользуясь формулой (505.4). Определить число штрихов N ,

приходящихся на 1 мм длины решетки.

3. Оценить погрешность измерений.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается принцип Гюйгенса – Френеля?
2. Чем отличается дифракция Фраунгофера от дифракции Френеля?
3. В чем заключается метод зон Френеля?
4. Как изменяется дифракционная картина, если поворачивать дифракционную решетку относительно луча?
5. Как изменяется дифракционная картина от щели при изменении ширины щели?
6. Чем отличаются дифракционные картины белого и монохроматического света?
7. Объяснить изменения в дифракционной картине при изменении числа щелей дифракционной решетки.
8. Записать условие минимумов и максимумов при дифракции на щели.

506. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА

506.1. Цель работы

Измерение показателя преломления газов с помощью интерферометра.

506.2. Разделы теории

Интерферометры [1. Гл. 22, §175]; [2. Гл. XVII, §123,124]; [3. Гл.4, 4.5,4.6].

506.3. Приборы и принадлежности

Интерферометр L1-3 (интерферометр Релея), манометри-