

4.4.4 (5.9). ИНТЕРФЕРОМЕТР ФАБРИ–ПЕРО

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

24-II-2016 г.

В работе используются: ртутная лампа, натриевая лампа, интерферометры Фабри–Перо, катетометры, линзы, светофильтры, оптические скамьи.

Экспериментальная установка. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Свет от ртутной лампы S , пройдя через линзу L_0 и светофильтр C , попадает на интерферометр Фабри–Перо (ИФП). Линза L_0 служит для формирования пучка лучей (слегка сходящегося или слегка расходящегося). Интерференционные кольца наблюдаются в фокальной плоскости линзы L . Картина рассматривается через зрительную трубу T , сфокусированную на эту плоскость. Диаметры колец измеряются с помощью микроскопа катетометра.

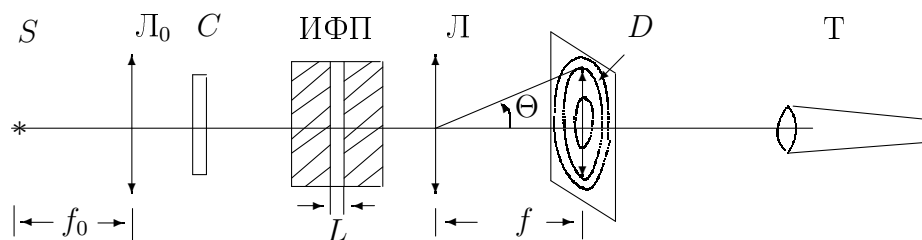


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Зрительная труба T и отсчётный микроскоп — элементы катетометра — прибора, предназначенного для измерения расстояний в вертикальной плоскости вдоль вертикальной оси. Техническое описание (ТО) катетометра и инструкция к пользованию прилагаются к работе.

При достаточной яркости ртутной лампы можно увидеть, что зелёная линия ртути состоит из нескольких компонентов. Расщепление этой спектральной линии связано с дополнительной энергией, возникающей как в результате взаимодействия магнитных моментов ядра и электрона — *сверхтонкая структура* (магнитное поле ядра действует на спиновой магнитный момент электрона), так и с *изотопическим сдвигом* (в парах ртути присутствуют в заметных количествах изотопы с атомными массами от 198 до 204 а.е.м.). Каждое зелёное кольцо содержит более десятка близко расположенных компонентов, но разрешение нашего прибора не позволяет все их рассмотреть.

Спектр натриевой лампы исследуется по аналогичной схеме, но светофильтр в этом случае не нужен, а интерферометр, линзы и зрительная труба катетометра имеют другие параметры.

ЗАДАНИЕ

В работе предлагается по результатам измерения диаметров интерференционных колец определить расстояния между зеркалами и спектральные характеристики (разрешающую способность, дисперсионную область и линейную дисперсию) для двух интерферометров, один из которых освещается светом ртутной лампы, второй — светом натриевой.

I. Юстировка системы

1. Включите лампу в сеть. Для ртутной лампы кроме тумблера на блоке питания следует нажать кнопку «Пуск».

Натриевую лампу следует включать ТОЛЬКО на время измерений из-за небольшого срока её службы. Яркость натриевой лампы достигает максимума через 3-5 минут после включения.

2. На интерферометр должен падать слегка расходящийся пучок света, поэтому источник света S располагается вблизи фокуса линзы L_0 . С помощью листа бумаги проследите за пучком света, падающим на интерферометр. Чем ближе интерферометр к линзе L_0 , тем большая часть пучка сквозь него проходит. *Не снимайте интерферометр со скамьи, чтобы не сбить его настройку.*

3. Отодвиньте линзу L и, приблизив глаз к интерферометру, рассмотрите систему колец невооружённым глазом. Если интерферометр отъюстирован правильно (зеркала параллельны), то при смещении глаза вправо-влево или вверх-вниз видимые размеры колец не изменяются. В том случае, когда при смещении глаза кольца сбегаются к центру или выплывают из него, обратитесь за помощью к лаборанту.

Снова поставьте за интерферометром линзу L и в её фокальной плоскости получите изображение колец на листе бумаги (фокусное расстояние линзы указано на её оправе). На фокальную плоскость линзы L должна быть сфокусирована зрительная труба катетометра, на объективе которого указаны допустимые расстояния до плоскости наблюдения. Убедитесь, что система колец лежит внутри рабочего интервала зрительной трубы.

Система колец должна быть резкой и равномерно освещена по вертикали (число видимых колец, расположенных выше и ниже центра, одинаково).

4. Пользуясь описанием катетометра, познакомьтесь с устройством прибора, правилами его настройки и техникой измерений.

II. Измерения

5. В спектре ртутной лампы лабораторная установка позволяет наблюдать интерференционные кольца от зелёной линии и двух жёлтых, в спектре натриевой лампы — кольца жёлтого дублета. С помощью катетометра измерьте диаметры 5-6 колец для каждой спектральной линии. Рекомендуется, монотонно перемещая зрительную трубу снизу вверх, определять координаты диаметров колец, начиная с самого дальнего от центра. Пройдя центр, последовательно определяйте вторые координаты тех же колец. Если в центре системы колец наблюдается яркий максимум, то его следует исключить.

Удобно, произвольно пронумеровав кольца (например, $i = 1$ для кольца минимального диаметра), записывать соответствующие одному кольцу координаты друг под другом.

Так же измеряются диаметры колец от натриевой лампы.

Для каждой спектральной линии измерьте диаметры нескольких колец: по 5-6 колец для зелёной и двух жёлтых линий ртутной лампы (всего 30-36 отсчётов) и по 5-6 ПАР колец для натриевой лампы (всего 20-24 отсчёта). Средний диаметр близкой пары колец определяется последующим расчётом.

6. Для оценки *аппаратной* разрешающей способности (характеристика установки в целом) измерьте ширину δr одного из близких к центру колец для зелёной и жёлтой линий в спектре ртути и для одной жёлтой линии в спектре натрия.

Запишите фокусное расстояние f линзы L и величину L , указанные на установке.

7. Оцените на месте

а) максимальный порядок интерференции m (номер центрального кольца) для

зелёной и жёлтой линий ртути по формуле (4.7) Введения: $2L \cos \Theta_m = m\lambda$, полагая $L \simeq 0.1$ мм; $\lambda_{\text{зел}} \simeq 5600 \text{ \AA}$, $\lambda_{\text{жёлт}} \simeq 5800 \text{ \AA}$.

б) дисперсионную область по формуле (4.21): $\Delta\lambda = \lambda/m$,

8*. Выполняется по рекомендации преподавателя (при наличии дополнительного эталона с $L = 3$ мм для ртути).

Для оценки расщепления $\Delta\lambda$ зелёной линии ртути запишите координаты диаметров двух близких зелёных колец (широкого и узкого). В нашей установке хорошо видны тонкие зелёные кольца вблизи центра поля зрения.

Рассчитайте на месте расщепление зелёной линии $\Delta\lambda_p$ по ф-ле:

$$\Delta\lambda_p = \lambda\Theta\Delta\Theta = \frac{\lambda\bar{d}\Delta d}{4f^2}. \quad (1)$$

Формулу (1) можно получить, используя (4.13).

Сравните численный результат с естественной и доплеровской шириной спектральной линии для теплового источника.

III. Обработка результатов

1. Постройте график $d_i^2 = F(i)$ для зелёной линии ртути [$\lambda(\text{Hg}) = 5461 \text{ \AA}$]. По наклону прямой рассчитайте базу L интерферометра, используя формулу

$$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{4f^2} \frac{\Delta(d_i^2)}{\Delta(i)}. \quad (2)$$

(См. вывод: Практикум, 4.4.4, начало раздела III-Обработка результатов).

2. Рассчитайте средние диаметры \bar{d} для желтых пар колец Hg и разности диаметров Δd для колец одного порядка. Постройте график $\bar{d} = F(1/\Delta d)$. По углу наклона прямой рассчитайте разность длин волн $\Delta\lambda$ для жёлтой пары линий ртути [$\bar{\lambda}(\text{Hg}) = 5780 \text{ \AA}$], используя формулу (1).

3. Проведите аналогичные расчёты: для одной из линий дублета Na (см. п.1) и для дублета Na (см. п.2) [$\bar{\lambda}(\text{Na}) = 5893 \text{ \AA}$]. Сравните результаты с табличными.

4. Оцените экспериментальное значение линейной дисперсии интерферометров, используя разность диаметров и разность длин волн желтых пар Na и Hg

$$D_{\text{эксп}}^* = f \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{\Delta d}{2 \cdot \Delta\lambda} \quad \text{в мм/\AA}$$

и сравните с теоретическим значением [следует из (4.13)]

$$D_{\text{теор}}^* = \frac{2f^2}{\lambda \cdot d}.$$

5. Оцените аппаратную разрешающую способность, рассчитав $\delta\lambda$ через диаметр кольца d и его ширину δr . Дифференцируя (4.7), можно получить:

$$R_{\text{апп}} = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \simeq \frac{1}{\Theta \cdot \delta\Theta} \simeq \frac{4f^2}{d \cdot \delta r}. \quad (3)$$

Оцените число интерферирующих лучей по аналогии с решёткой ($R_{\text{апп}} = m \cdot N$).

Рассчитайте теоретические значения добротности интерферометров по формуле (4.20), приняв коэффициент отражения $r \simeq 0.85$; оцените число интерферирующих лучей N .

24-II-2016 г.