

Работа 4.21

Изучение призмённого спектрального прибора

Оборудование: универсальный монохроматор УМ-2, источник линейчатого спектра.

Введение

Спектральными называют такие приборы, которые пространственно разделяют лучи разных длин волн и дают возможность получать изображение спектра излучения. Они часто применяются в заводских и учебных лабораториях, научно-исследовательских институтах для решения большого количества спектрально-аналитических задач.

Главной частью любого спектрального прибора является дисперсионное приспособление, которое отклоняет излучение разных длин волн на различные углы. В качестве дисперсионного приспособления применяются специальные призмы, дифракционные решетки или какой-нибудь интерференционный прибор. В призмённых спектральных приборах дисперсионным приспособлением является специальная призма, которая получила название *призмы Корню*. В такой призме компенсируется двойное лучепреломление и вращение плоскости поляризации, что улучшает качество спектра. Кроме дисперсионной призмы спектральный прибор включает коллиматор и камеру. Назначение коллиматора — направить на призму параллельный пучок излучения. Назначение камеры — сфокусировать излучение разных длин волн, выходящее из призмы, в определенной плоскости. Наблюдаемые спектральные линии представляют собой монохроматические изображения входного отверстия прибора, образованные его оптической системой. Совокупность этих монохроматических изображений входного отверстия называется *спектром*.

В зависимости от назначения существуют разные типы спектральных приборов: спектрографы, спектроскопы, монохроматоры, полихроматоры.

Когда прибор предназначен для работы в видимой области спектра, то призма и линзы оптической системы обычно изготавливаются из оптического стекла. При работе в ультрафиолетовой области спектра стекло не подходит из-за сильного поглощения ультрафиолетового излучения. Прозрачным для этого излучения материалом является кварц. Поэтому призмы и линзы оптической системы прибора в этих случаях изготавливают из кварцевого стекла.

Основными количественными характеристиками спектрального прибора является *угловая дисперсия* D_θ и связанная с ней *линейная дисперсия* D_l . Линейная дисперсия играет важную роль в ряде характеристик, так как

определяет возможность применения конкретного спектрального прибора для получения спектров разной сложности. Кроме того, линейная дисперсия определяет реальную *разрешающую способность* прибора.

Угловая дисперсия определяется выражением

$$D_\phi = \frac{d\phi}{d\lambda}, \quad (1)$$

где $d\phi$ — разность углов выхода для лучей, длина волн которых отличается на $d\lambda$.

Угловая дисперсия определяет угловое расстояние $d\phi$, образуемое системой призмы прибора, между двумя лучами с близкими длинами волн.

Линейная дисперсия определяется выражением

$$D_l = \frac{dl}{d\lambda}, \quad (2)$$

где dl — расстояние между двумя линиями, длины волн которых отличаются на $d\lambda$.

Обычно линейную дисперсию измеряют в мм/нм. На практике для характеристики спектрального прибора вместо линейной дисперсии часто используют обратную ей величину, которая называется *обратной линейной дисперсией*. Она определяет величину интервала длин волн (в нм), которая приходится на 1 мм длины спектра:

$$\frac{1}{D_l} = \frac{d\lambda}{dl}. \quad (3)$$

Линейная дисперсия прибора зависит от преломляющего угла призмы, показателя преломления вещества призмы и фокусного расстояния камерного объектива. Существенную роль также играет угол, образуемый фокальной плоскостью камерного объектива с оптической осью.

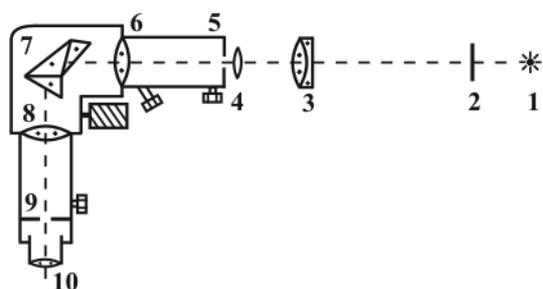


Рис. 4.44

Разрешающую способность прибора определяют в равной степени два фактора — действующая щель (d) и угловая дисперсия $\left(\frac{d\phi}{d\lambda}\right)$:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = d \frac{d\phi}{d\lambda}.$$

Описание установки. В работе используется универсальный монохроматор УМ-2 (рабочий диапазон длин волн составляет 380 — 1000 нм). Оптическая схема монохроматора показана на рисунке 4.44.

Свет от источника 1, пройдя через защитное стекло 2 кожуха лампы, при помощи конденсора 3 и линзы 4 направляется на входное отверстие 5. После

отверстия свет попадает на объектив коллиматора 6 и затем на дисперсионную призму 7. Под углом 90° к пучку света, падающего на призму, располагается выходная труба монохроматора. Объектив зрительной трубы 8 фокусирует лучи, выходящие из призмы, на плоскость выходного отверстия 9. Поворачивая призмный столик на разные углы относительно пучка света, в выходном отверстии получают свет с разной длиной волны, проходящий через призму. При помощи окуляра 10 можно наблюдать спектр излучения источника. Поворот призмного столика производится при помощи барабана монохроматора, на котором нанесены деления в градусах.

Источником линейчатого спектра служит ртутная лампа ДРШ.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Определение обратной линейной дисперсии универсального монохроматора УМ-2.

1. Включите источник света.

2. Проведите градуировку монохроматора при помощи ртутной лампы. Источник света установите так, чтобы объектив коллиматора был равномерно заполнен светом. Ширину входного отверстия установите 0,01 — 0,02 мм. Установите указатель окуляра выходной трубы при помощи микрометрического винта в центральное положение. Положение указателя окуляра оставьте в этом состоянии до конца измерений. Совместите спектральную линию с указателем в окуляре. По спектральному барабану снимите соответствующий отсчет n . Аналогичные измерения проведите для всех линий спектра ртути (таблица 21 спектральных линий в приложении).

Постройте градуировочную кривую зависимости длин волн λ от величины отсчета n .

3. Определите обратную линейную дисперсию $\Delta \lambda / \Delta l$ для разных длин волн (не менее пяти). Для этого при помощи микрометрического винта, установленного в выходном отверстии, измерьте расстояние Δl между двумя близкими линиями в спектре. Подсчитав $\Delta \lambda$ для этих линий, определите обратную дисперсию. Постройте график зависимости обратной линейной дисперсии $\Delta \lambda / \Delta l$ от длины волны λ .

4. Определите ширину входного отверстия, при которой левая и правая желтые линии становятся разрешимыми.

5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	λ , нм	n	Δl , мм	$\frac{\Delta \lambda}{\Delta l}$, нм/мм



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое основное назначение спектральных приборов?
2. Какое физическое явление лежит в основе принципа действия призмного спектрального прибора?
3. Назовите основные части любого спектрального прибора.
4. Перечислите основные количественные характеристики спектрального прибора.
5. Что значит провести градуировку монохроматора?
6. Что характеризует угловая дисперсия?
7. Какую спектральную величину называют обратной линейной дисперсией?
8. Какие дисперсионные устройства применяют в спектральных приборах?
9. Для чего в спектральном приборе применяют призму Корню?
10. Что характеризует разрешающая способность спектральных приборов?