

Фокусировка спектрографа.

СПЕКТРОГРАФ

Прежде, чем выполнить работу, необходимо ознакомиться с устройством спектрографа и его основными характеристиками (дисперсия, светосила, разрешающая способность, нормальная ширина щели), а также знать, как правильно осветить щель спектрографа (т.е. получить нужное увеличение изображения источника и заполнить спектрограф светом). Наиболее распространенные оптические схемы призмных спектрографов даны в настоящем описании. Конструкция и оптическая схема спектрографа ИСП-51, используемого в настоящей работе, дана в руководстве, которое выдается в лаборатории.

ФОКУСИРОВКА СПЕКТРОГРАФА

Во всяком призмном спектрографе должны быть соблюдены следующие условия:

1. На призму должен падать параллельный пучок света.
2. Щель должна быть параллельна преломляющему ребру призмы.
3. Оптические оси коллиматора и камеры должны проходить через одно и то же главное сечение призмы.
4. Лучи должны проходить через призму симметрично, т.е. в условиях наименьшего отклонения. В некоторых случаях этой установкой пренебрегают с целью увеличения угловой дисперсии прибора.
5. Светочувствительная поверхность ПЗС-линейки должна быть совмещена с фокальной поверхностью, на которой расположено изображение спектра.

При соблюдении этих условий четкость спектров получается наилучшей.

В спектрографах призма уже установлена в соответствии с пунктами 2,3,4 и трогать ее не следует.

Для того чтобы на призму падал параллельный пучок света, щель должна быть установлена точно в фокальной плоскости линзы коллиматора. (См., например, "Практикум по спектроскопии" под редакцией проф. Л.В.Левина, изд. МГУ, 1976 г, гл.1, §3, задача № 1 в §§ 1-3, стр. 8-23, или "Техника и практика спектроскопии" Ф.Н.Зайдель, Г.В.Островская, Ю.И.Островский, изд. "Наука", 1976 г, главы 3-4, §1,7). В установке это условие выполнено.

Таким образом, задача фокусировки сводится к совмещению поверхности, на которой расположен спектр, с поверхностью ПЗС-линейки. Т.к. фокальная поверхность спектрограф с линзовой оптикой не плоская (в следствии нелинейной зависимости фокусных расстояний объектива и коллиматора от длины волны), а ПЗС-линейка плоская, то их полное совмещение не возможно.

Следовательно, максимально резкое изображение можно получить лишь для ограниченного участка спектра, лежащего в той части фокальной плоскости, где размытие в следствии дефокусировки не превышает размера светочувствительного элемента ПЗС-линейки (пикселя).

Прежде чем приступить к фокусировке, следует установить источник света на оси коллиматора спектрографа.

На щель коллиматора надеть юстировочную крышку с крестообразной маркой и наблюдать попеременно уменьшенное и увеличенное изображение источника на крышке щели и каждый раз совмещать его с центром креста. При уменьшенном изображении надо устанавливать конденсор, а при увеличенном - исправлять

положение источника. Эти операции следует повторять до тех пор, пока изображение источника не перестанет смещаться с центра креста, при перемещении конденсора вдоль рельса.

Окончив юстировку конденсора и источника, надо установить их на таких расстояниях от щели, чтобы на ней получилось изображение источника в натуральную величину или увеличенное (при уменьшенном изображении краевые эффекты в источнике могут привести к искажению изображения спектра). При этом коллиматор спектрографа должен быть заполнен светом. Убедится в этом можно визуально (предварительно сняв фотоэлектрическую кассету с ПЗС-линейкой), расположив глаз вблизи прореза камеры, будет виден объектив камеры, полностью и равномерно освещенный каким-либо цветом, который фокусируется в этой точке, либо выполнив необходимый расчет, зная фокусное расстояние конденсора его световой диаметр, а также относительное отверстие коллиматора спектрографа.

Необходимость тщательной установки источника света на оси коллиматора и такой установки конденсора, при которой оптика целиком заполняется светом, обусловлена тем, что в этом случае полностью используется светосила спектрографа, т.е. экспозиции будут минимальны.

Всякая фокусировка делается при узкой щели спектрографа, однако, сужать щель целесообразно только до некоторого предела - до т.н. нормальной ширины щели. При ширине щели, близкой к нормальной, уменьшение ширины линий начинает отставать от уменьшения ширины щели. При ширине щели меньше нормальной сужение щели не вызывает уменьшение ширины линии, но очень быстро начинает падать яркость линии. Это объясняется тем, что начинает заметно сказываться дифракция света на объективах и призме спектрографа.

Таким образом, необходимо установить такую ширину щели, при которой линии спектра будут максимально узкими и яркими.

Перед щелью нужно вставить диафрагму, оставляющую открытой среднюю часть щели так, чтобы на щель проектировалась средняя часть изображения источника.

ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ ДИСПЕРСИИ

Линейная дисперсия прибора определяется, как известно, величиной $L^{ik} = \frac{l_i - l_k}{\lambda_i - \lambda_k}$,

где $l_i - l_k$ есть расстояние на спектре между линиями с длинами волн $\lambda_i - \lambda_k$. Вместо линейно дисперсии на практике удобнее использовать величину обратную

линейной дисперсии $\Lambda^{ik} = \frac{\lambda_i - \lambda_k}{l_i - l_k}$, которая выражается в Å/мм, и относится к

средней длине волны $\lambda_{ik} = \frac{\lambda_i + \lambda_k}{2}$.

Для вычисления значений дисперсии надо сопоставить линии полученного спектра с линиями атласа спектра того же химического элемента. И измерить величины l_i и l_k , зная размер пикселя ПЗС-линейки.

ЗАДАНИЕ

1. Отъюстировать осветительную систему и заполнить апертуру прибора светом.
2. Выбрать и установить ширину щели.

3. Сфокусировать камерную часть спектрографа.
4. Расшифровать спектрограмму по атласу.
5. Построить кривую обратной дисперсии прибора.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

1. Представить полученный спектр.
2. Дать оптическую схему установки с указанием апертуры пучков.
3. Проверить выбранную оптимальную ширину щели ее расчетом для средней части спектра, исходя из величины светосилы прибора.
4. Дать таблицу измерения дисперсии с указанием погрешности ее измерения.
5. Представить график зависимости обратной дисперсии от длины волны, на графике указать погрешность измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Определив Λ^{ik} для различных участков спектра, строят кривую дисперсии спектрографа, откладывая по оси абсцисс длины волн, а по оси ординат соответствующую обратную линейную дисперсию.

Во многих спектрографах и монохроматорах используется призма Аббе (рис.1).

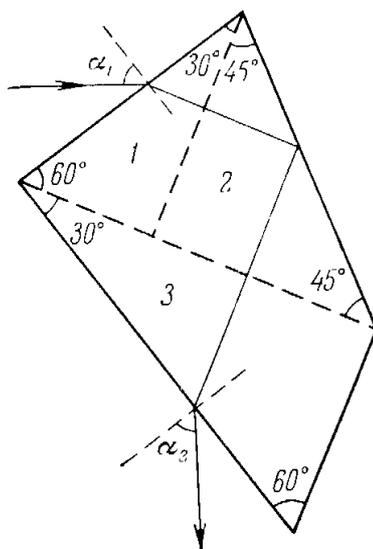


Рис.1.

Призма постоянного отклонения (призма Аббе) устроена так, что луч, идущий в условиях наименьшего отклонения, выходит из призмы всегда перпендикулярно входящему лучу.

Устройство этой призмы легко понять из рисунка 3, на котором призма Аббе условно разделена на 3 призмы, из которых средняя 2 является призмой полного внутреннего отражения, поворачивающей луч на 90° , 3 и 1 - тридцатиградусные призмы.

Схема монохроматора спектрографа МС-2 с применением призмы Аббе дана на рис.2, Большую дисперсию дает диспергирующая система спектрографа ИСП-51, собранная по схеме Фестерлинга (рис. 3).

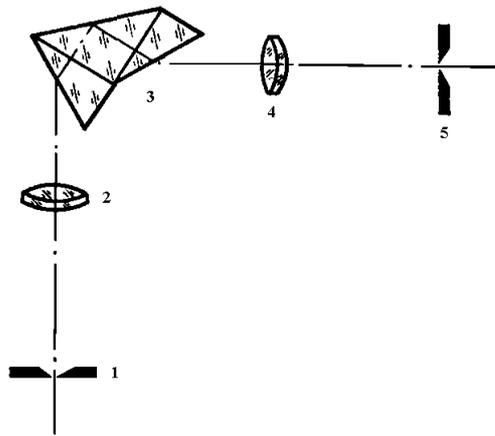


Рис. 2

1 – входная щель, 2 – коллиматор, 3 – диспергирующая система, 4 – объектив камеры, 5 – выходная щель.

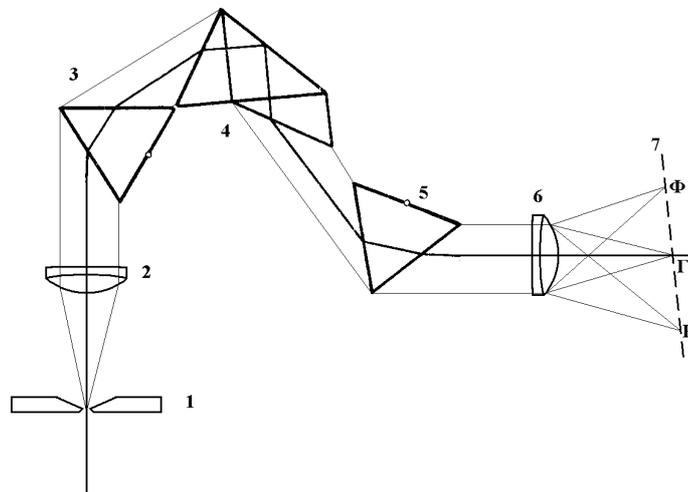


Рис.3.

Здесь, 1- щель спектрографа, 2 - ахроматический объектив коллиматора. Диспергирующая система состоит из трех призм (3, 4, 5) собранных по схеме Фестерлинга, 6 – объектив камеры, 7 – фокальная плоскость объектива камеры. Взаимное расположение призм и их взаимное движение обеспечивают прохождение в минимуме луча любой длины волны, идущей по оптической оси камеры, и отклонение его на постоянный угол 90° по отношению к оси коллиматора. Две из этих призм (3 и 5) трехгранные с преломляющим углом 63° , средняя (4) - призма Аббе с эквивалентным преломляющим углом 63° . Такая конструкция обеспечивает высокие качества спектра и плоское поле.

Пусть на рисунке 4 OO' – оптическая ось спектрографа, PP' – положение фокальной плоскости, RR' – положение плоскости ПЗС-линейки. В самом общем случае эти две плоскости не совмещены и даже не параллельны друг другу. В спектрографе ИСП-51 ось вращения камерной части проходит через плоскость, в которой установлена ПЗС-линейка, в том месте где она пересекается с оптической

осью объектива. В этом случае фокусировка производится в два этапа показанные на рисунке 4.

1. Передвинуть объектив камеры вдоль оптической оси.
2. Повернуть кассету до совмещения плоскости ПЗС-линейки с фокальной плоскостью спектрографа.

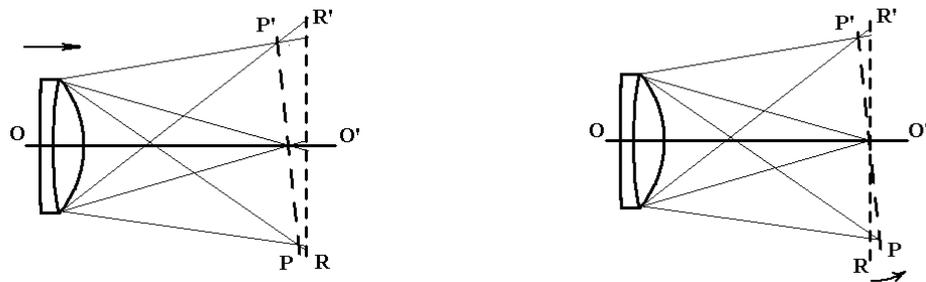


Рис. 4.