

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА»

А.Л. Суркаев

**ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО
ПРИБОРА – МОНОХРОМАТОРА УМ-2**

Методические указания



Волгоград
2015

УДК 53 (075.5)

Рецензент:

Канд. физ.-мат. наук, доцент Т.А. Сухова

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

А.Л. Суркаев, **Изучение спектрального прибора – монохроматора УМ-2**
[Электронный ресурс]: методические указания //Сборник «Методические указания» Выпуск 3.-Электрон. текстовые дан.(1файл:141Kb) – Волжский: ВПИ (филиал) ГОУВПО ВолГТУ, 2015.-Систем.требования:Windows 95 и выше; ПК с процессором 486+; CD-ROM.

Методические указания содержат рекомендации к выполнению лабораторной работы, представленной в третьей части практикума кафедры «Прикладная физика и математика» Волжского политехнического института.
Предназначены для студентов всех форм обучения.

©Волгоградский
государственный
технический
университет, 2015
© Волжский
политехнический
институт, 2015

Лабораторная работа №346

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРИБОРА – МОНОХРОМАТОРА УМ-2

346.1. Цель работы: Ознакомление с принципом действия и устройством спектрального прибора – монохроматора УМ-2, построение градировочного графика монохроматора и определение его дисперсионных характеристик.

346.2. Содержание работы

В практике заводских лабораторий и научных исследований широкое распространение получили спектральные приборы для решения большинства спектрально-аналитических задач. Можно назвать некоторые из этих задач: быстрый контроль состава больших партий готовых деталей готовых деталей, которые после контроля идут для сборки изделий, экспрессный контроль состава пробы литейного цеха, определение состава незначительного включения на поверхности детали, контроль новых соединений, определение ничтожных концентраций микроэлементов в биофизике, агрохимии, медицине, биологии и т.д.

Спектральные приборы обеспечивают разложение идущего от источника света излучения в спектр по длинам волн. Применяются два типа спектрального разложения: при преломлении света в призмах (призменные спектральные приборы) и при дифракции света в дифракционных решетках (дифракционные спектральные приборы).

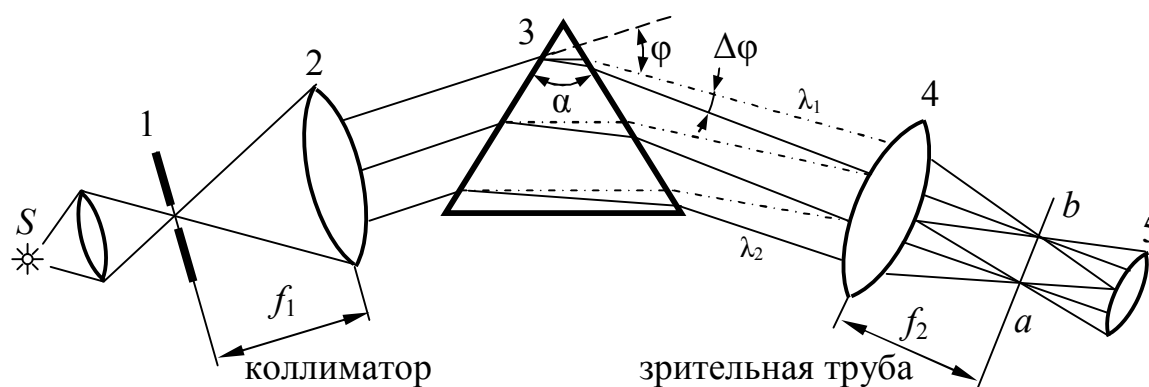


Рис. 346.1

Принципиальная оптическая схема призмного спектрального прибора представлена на рис.346.1. Основными частями прибора являются:

- коллиматор, состоящий из щели 1 и объектива 2 с фокусным расстоянием f_1 ;
- диспергирующая призма 3;
- камерный объектив 4 или зрительная труба 4-5.

Коллиматор служит для получения параллельного пучка света, для чего щель 1 помещается в фокальной плоскости объектива коллиматора 2.

Параллельный пучок света падает на призму диспергирующей системы. Отклонение φ луча после прохождения призмы зависит от преломляющего угла α призмы и от ее показателя преломления n и определяется следующей формулой (в случае наименьшего отклонения, то есть в том ее положении, когда внутри призмы луч идет параллельно основанию):

$$\sin \frac{\alpha + \varphi}{2} = n \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (346.1)$$

Вследствие дисперсии в призме ($n = f(\lambda)$) из нее выходят пучки различных направлений. Угловое расстояние $\Delta\varphi$ между пучками для крайних длин волн определяется разностью показателей преломления Δn для этих длин волн и с достаточным приближением может быть получено из (346.1) в следующем виде:

$$\Delta\varphi = \frac{2\Delta n \sin \alpha/2}{\cos(\alpha + \varphi)/2}. \quad (346.2)$$

Для многопризменных приборов угловая ширина $\Delta\varphi$ увеличивается в зависимости от числа призм K , и тогда

$$\Delta\varphi = 2K \frac{\Delta n \sin \alpha/2}{\cos(\alpha + \varphi)/2}. \quad (346.3)$$

Лучи разных длин волн λ_1 и λ_2 не параллельны друг другу, но световой пучок, состоящий из лучей одной длины волны λ_1 или λ_2 , остается строго параллельным. Такой пучок попадает в камерный объектив 4.

Камерный объектив 4 собирает эти параллельные пучки в своей фокальной поверхности а-в. На экране, расположенном в фокальной плоскости камеры, наблюдаются изображения входной щели в монохроматическом свете, соответствующие различным длинам волн – спектральные линии. Совокупность спектральных линий составляет *спектр*. Если для наблюдения спектра устанавливается окуляр 5 (визуальное наблюдение), то прибор называется спектроскопом. Можно в фокальной плоскости а-в установить фотопластинку и получить спектрограмму – фотографию спектра. Такой прибор носит название спектрографа.

Основными характеристиками спектрального прибора являются угловая и линейная дисперсии.

Угловая дисперсия β определяется углом между направлением лучей различных длин волн в спектре, приходящимся на единичный интервал длин волн, т.е.

$$\beta = \frac{d\varphi}{d\lambda}, \quad (346.4)$$

где $d\varphi$ - угол между направлениями лучей с длинами волн λ_1 и $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ (рис.346.1).

Угловая дисперсия определяется по (346.3) дисперсии призмы $dn/d\lambda$, преломляющим углом α , показателем преломления n призмы и числом призм k .

Линейная дисперсия определяется расстоянием на фокальной плоскости $a-b$, на которое разделены лучи с единичным интервалом длин волн, т.е. $dl/d\lambda$. Выражается линейная дисперсия в миллиметрах на нанометр (мм/нм). На практике обычно употребляют обратную величину $d\lambda/dl$, называемую *обратной линейной дисперсией*, определяющей значение интервала длин волн, приходящегося на 1 мм длины спектра.

По значению угловой дисперсии β можно определить линейную дисперсию

$$\frac{dl}{d\lambda} = f_2 \frac{d\varphi}{d\lambda}, \quad (346.5)$$

где f_2 - фокусное расстояние камерного объектива.

В разных участках спектра угловая и линейная дисперсии призмных спектральных приборов имеют различные значения. Поэтому угловое и линейное расстояние между спектральными линиями, отличающимися по длине волны на одно и тоже значение, будут также различными в разных участках спектра.

Тип спектра, получаемого с помощью спектрального прибора, зависит от используемого источника света S .

Если источником света S служит, например, лампа накаливания, то в фокальной плоскости наблюдается *сплошной спектр* с плавным изменением окраски от красной до фиолетовой. Если источником света служит газоразрядная лампа низкого давления, электрическая дуга или искра между металлическими электродами, когда вещество переводится в атомарное состояние (атомы практически не взаимодействуют), то наблюдается *линейчатый спектр* – набор спектральных линий, каждая из которых является изображением щели I в свете частот, характерных для излучения данного источника.

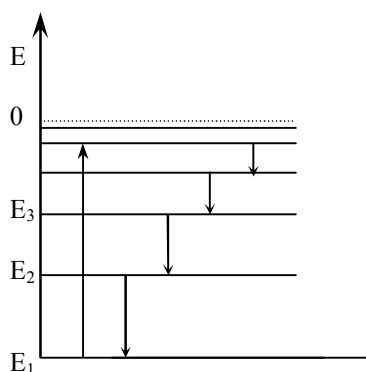


Рис. 346.2

Линейчатые спектры свидетельствуют о дискретности энергии атомов, т.е. энергия атомов принимает ряд определенных значений E_1, E_2, \dots . Каждое значение энергии в атомной физике принято представлять в виде энергетического уровня, изображаемого на схеме горизонтальной линией (рис.346.2). Самый нижний энергетический уровень E_1 валентного (оптического) электрона называется основным и соответствует *нормальному* (невозбужденному) состоянию атома. Все остальные уровни отвечают возбужденным состояниям атома. Значение энергии, равное нулю, соответствует ионизации атома. Для пере-

вода атома в возбужденное состояние необходимо передать ему определенную энергию (атом поглощает). В возбужденном состоянии атом находится около 10^{-8} с и возвращается на более низкие энергетические уровни.

При переходе с уровня E_n на уровень E_m ($n > m$) атом испускает квант излучения

$$h\nu = E_n - E_m,$$

где ν - частота излучения, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка.

Разрешенные и запрещенные оптические переходы определяются квантовомеханическими правилами отбора. Соответствующие переходы на схеме (рис.346.2) изображаются стрелками.

Атомы каждого химического элемента характеризуются вполне определенным набором дискретных значений энергии и своим линейчатым спектром (набором частот). По наличию совокупности линий элемента в спектре можно судить о наличии данного элемента в составе вещества (качественный спектральный анализ). По интенсивности линий элемента можно судить о его концентрации в веществе (количественный спектральный анализ).

В настоящей работе необходимо по линейчатому спектру ртути построить градуировочный график, определить линейную дисперсию спектрального прибора – монохроматора УМ-2 – во всем диапазоне видимого спектра и построить график зависимости линейной дисперсии от длины волны.

346.3. Описание установки

Оптическая схема монохроматора УМ-2 приведена на рис.346.3, а внешний вид установки на рис.346.4

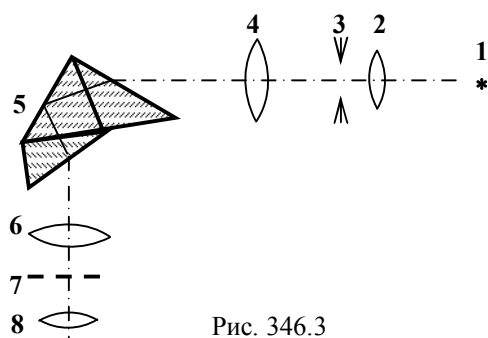


Рис. 346.3

Источником света 1 является ртутная лампа. С помощью конденсатора 2 достигается наилучшее заполнение светом коллиматора 3-4. Маховик 12 позволяет смещать объектив коллиматора 4 относительно щели 3, чем достигается установка щели в его фокусе. На боковой стороне корпуса прибора расположена шкала с нониусом 11, показывающая положение объектива. Входная щель 3 регулируется по ширине микрометрическим винтом 13.

Щель установлена. Изменять положение микрометрического винта 13 не рекомендуется.

Щель установлена. Изменять положение микрометрического винта 13 не рекомендуется.

Из объектива 4 параллельный пучок лучей направляется на систему диспергирующих призм 5, которая пространственно разделяет лучи различных длин волн и одновременно изменяет направление всего пучка лу-

чей на 90° . Затем лучи света попадают в объектив 6 зрительной трубы, который собирает их в фокальной поверхности 7. Спектр, сформированный в фокальной поверхности, наблюдается с помощью окуляра 8. В этом случае монохроматор работает как спектроскоп.

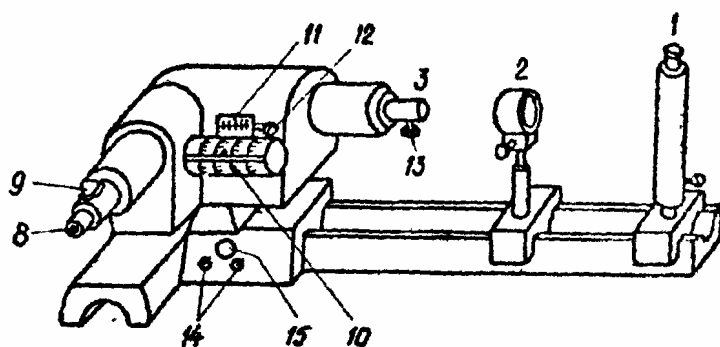


Рис. 346.4

Для установки спектральной линии в поле зрения окуляра 8 имеется указатель в виде треугольника. Вывод спектральной линии на указатель производится поворотом диспергирующей призмы 5 при помощи

барабана 10. Окуляр 8 путем вращения может устанавливаться по глазу наблюдателя на резкость изображения указателя. Включением тумблеров 14 указатель освещается лампочкой 9, под которой имеется диск с набором светофильтров. Поворачивая диск, можно осветить указатель желтым, красным, зеленым, белым светом. Подсветка может регулироваться по интенсивности вращением рукоятки 15.

346.4. Методика эксперимента

При вращении барабана 10 (рис.346.4) плавно поворачивается призма монохроматора, вследствие чего спектр перемещается в поле зрения окуляра 8. Для построения градуировочного графика монохроматора УМ-2 выводят последовательно спектральные линии в спектре излучения ртутной лампы под указатель в поле зрения окуляра 8 и производят отсчет α по шкале барабана 10. График зависимости значений α по шкале барабана от длины волны λ в спектре ртути и является градуировочным графиком данного прибора. Пользуясь им, можно по значениям α шкалы барабана определить длины волн линий в любом спектре, получаемом с помощью этого монохроматора. По графику определяется угловая дисперсия как тангенс угла наклона касательной к градуировочной кривой в определенных точках (соответствующих определенным значениям λ) в пересчете на углы поворота призмы. Затем по формуле (346.5) вычисляют линейную дисперсию и строят график зависимости линейной дисперсии от λ .

346.5. Порядок выполнения работы

1. Включите источник света.
2. Проверьте освещение входной щели 3 прибора (рис.346.4) – должно быть равномерно освещено перекрестие защитной крышки. Снимите крышку.
3. Вращая окуляр 8, установите резкое изображение указателя линий.
4. Сфокусируйте спектр вращением рукоятки 12 так, чтобы различался желтый дублет.
5. Вращая барабан 10, просмотрите через окуляр 8 весь спектр от фиолетовых до красных линий.
6. Включите осветительные лампы тумблерами 14.
7. Совместите с острием указателя желтую линию и сделайте по шкале барабана 10 пробный отсчет, который предъявите преподавателю. Если отсчет сделан верно, то можно приступить к измерениям.
8. Последовательно совмещайте с острием указателя линии спектра ртути от красной до фиолетовой и делайте отсчеты α_1 по шкале барабана монохроматора, отмечая цвет линии. (Длины волн линий в спектре ртути приведены на лабораторном столе). Затем измерения повторите в обратном порядке от фиолетовой до красной (отсчеты α_2). Результаты запишите в табл.347.1.
9. Подведите к указателю спектральную линию с неизвестной длиной волны λ_2 (по заданию преподавателя) и сделайте отсчет по барабану. Снимите отсчет α_2 , подводя эту линию с другой стороны спектра. Результаты запишите в табл.347.2 и отметьте цвет линии.

Учебное издание

Анатолий Леонидович Суркаев

**ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО
ПРИБОРА – МОНОХРОМАТОРА УМ-2**

Методические указания

в авторской редакции

Темплан 2007 г., поз.№ __27. В__

Лицензия ИД № 04790 от 18.05.2001 г.

Подписано в печать _____. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. _1,16__.

Уч.-изд. л. _1,2 на магнитоносителе

Волгоградский государственный технический университет.

400131, г. Волгоград, просп. им. В.И. Ленина 28.

РПК “Политехник” Волгоградского государственного
технического университета.

400131, Волгоград, ул. Советская, 35.