

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ  
«СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ХИМИИ»**

*Лабораторная работа №5*

**ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ ИСПУСКАНИЯ И  
ПОГЛОЩЕНИЯ**

## ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ ИСПУСКАНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ

**Цель:** Исследовать закономерности спектров испускания и поглощения.

**Приборы и принадлежности:** разрядная трубка с разреженными парами ртути; монохроматор (спектроскоп); источник белого света; набор кювет с окрашенными растворами и дистиллированной водой.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко применяется такой метод распознавания веществ как спектральный анализ. Его возможности шире, чем у химического анализа. С помощью спектрального анализа можно определять химический состав звезд, состав атмосферы планет Солнечной системы, быстро и надежно устанавливать содержание примесей в различных металлах и т.д. В астрофизике под спектральным анализом понимают не только определение химического состава звезд, но и нахождение по спектрам многих других характеристик этих объектов: температуры, давления, скорости движения и др. В чем суть спектрального анализа?

#### Линейчатые (атомные) спектры

Во 2-ой половине 19-го века были выполнены многочисленные тщательные исследования оптических спектров различных веществ, возникающих в условиях, когда газ или пары данного элемента обладают не слишком большой плотностью, т.е. спектров свободных или слабо взаимодействующих атомов.

Совокупность частот электромагнитных волн, которые присутствуют в излучении любого тела, называется **спектром излучения**. Т.е. спектром излучения называется набор длин волн или частот излучения, которое испускается данным телом. Аналогично говорят о спектре поглощения.

В результате исследований было установлено, что пары каждого элемента при соответствующем возбуждении излучают вполне определенный спектр, состоящий из совокупности отдельных линий, так называемый «линейчатый спектр». Так были заложены основы спектрального анализа – физического метода определения качественного и количественного состава вещества путем изучения его спектров.

Одним из самых убедительных доказательств этого способа анализа состава вещества было открытие элемента гелия в спектре Солнца до того, как его обнаружили на Земле.

Первым подробно был изучен спектр атомарного водорода. Показано, что он состоит из нескольких серий, причем в видимой области спектра обнаруживается спектральная серия, названная серией Бальмера. Исследования

в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра привели к открытию ряда других серий, длины волн которых могут бы найдены из обобщенной формулы Бальмера

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где  $R = 109\,677 \text{ см}^{-1}$  — постоянная Ридберга для водорода,  $n'$  — основной уровень серии. Спектральные линии, возникающие при переходах на основной энергетический уровень, называются резонансными.

Из формулы Бальмера следует, что при  $n \rightarrow \infty$  линии сгущаются к некоторому пределу. Это соответствует действительности. Так, в области видимого света  $\lambda_{\infty} = 274.19 \text{ нм}$  определяет коротковолновую границу серии Бальмера. Формулу Бальмера можно записать в иной форме, обозначая

$$T(n) = R/n^2, \quad T(n') = R/(n')^2,$$

Тогда

$$\lambda^{-1} = T(n) - T(n').$$

Числа  $T(n)$  и  $T(n')$  называются спектральными термами. Т.е. любую линию в спектре водорода можно представить как разность двух термов атома, иначе как результат комбинации двух термов. Это утверждение получило название комбинационного принципа Ритца (1908г).

Исследование спектров более сложных, чем водород, атомов показало, что волновые числа их линий также могут быть представлены в виде разности термов, характерных для данного атома. Например, для щелочных элементов термы имеют вид

$$T = R/(n + \sigma)^2,$$

где  $\sigma$  - некоторая постоянная. Обсуждавшиеся спектральные закономерности и комбинационный принцип не могут быть объяснены с точки зрения классической физики. Эти затруднения были сняты после выдвижения датским физиком Нильсом Бором квантовой теории атома водорода, которая основывалась на трех постулатах.

### Виды спектров

Спектры бывают *сплошные*, *линейчатые* и *полосатые*.

**Сплошные спектры** дают все вещества, находящиеся в твердом или жидком состоянии. Сплошной спектр содержит волны всех частот видимого света и поэтому выглядит как цветная полоса с плавным переходом от одного цвета к другому в таком порядке: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый («Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»).

**Линейчатые спектры** дают все вещества в газообразном атомарном состоянии. Изолированные атомы всех веществ излучают свойственные только им наборы волн вполне определенных частот. Как у каждого человека свои личные отпечатки пальцев, так и у атома данного вещества свой, характерный только для него спектр. Линейчатые спектры излучения выглядят как цветные линии, разделенные промежутками. Природа линейчатых спектров объясняется тем, что у атомов конкретного вещества существуют только ему свойственные

стационарные состояния со своей характерной энергией, а следовательно, и свой набор пар энергетических уровней, которые может менять атом, т. е. электрон в атоме может переходить только с одних определенных орбит на другие, вполне определенные орбиты для данного химического вещества.

**Полосатые спектры** создаются молекулами не связанными или слабо связанными друг с другом. Выглядят полосатые спектры подобно линейчатому, только вместо отдельных линий наблюдаются отдельные серии линий, воспринимаемые как отдельные полосы, разделенные темными промежутками.

Характерным является то, что какой спектр излучается данными атомами, такой же и поглощается, т.е. спектры излучения по набору излучаемых частот совпадают со спектрами поглощения.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **Задание 1. Изучение спектров испускания.**

1. Установите на оптической скамье против щели монохроматора лампу с парами ртути.
2. Включите лампу.
3. Определите цену деления отсчетного барабана, с помощью которого измеряются угловые координаты спектральных линий.
4. Вращая барабан, устанавливайте поочередно визирную метку (темный клин в нижней части поля зрения) на каждой линии спектра паров ртути и снимите показания с барабана (координаты линий). Данные занесите в таблицу. Отключите лампу от сети.
5. Пользуясь данными таблицы 1 и полученными координатами спектральных линий, постройте так называемую «дисперсионную» кривую. По оси  $X$  откладываются координаты, по оси  $Y$  – длины волн спектра паров ртути.

### **Задание 2. Изучение спектров поглощения.**

1. Установите лампу накаливания против щели монохроматора. Включите ее.
2. Вращая барабан, определите координаты начала и конца сплошного спектра. По дисперсионной кривой определите соответствующие им граничные длины волн.
3. Между источником белого света и щелью монохроматора поместите столик, на который устанавливайте поочередно стаканчики с окрашенным раствором и дистиллированной водой.
4. Измерьте координаты начала и конца полос поглощения, наблюдаемых при этом в спектроскопе. По дисперсионной кривой найдите соответствующие им длины волн. Все данные занесите в таблицу.
5. По полученным данным сделайте выводы о поглощении исследуемыми жидкостями.

### Вопросы к допуску

1. Что называется спектром?
2. Что такое спектральный анализ?
3. Как на основе теории Бора можно объяснить линейчатый характер спектров атомарного водорода?

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте постулаты Бора.
2. Объясните происхождение спектральных серий водородоподобных атомов.
3. Почему молекулярные спектры называются полосатыми?
4. Устройство монохроматора.
5. В чем суть спектрального анализа? Где он применяется?

Таблица 1.

Длины волн эталонного спектра паров ртути.

Вещество	Цвет линии	Длина волны в мкм
Пары ртути	красная	0.6500
	желтая	0.5780
	зеленая	0.5460
	голубая(слабая)	0.4916
	синяя	0.4358
	фиолетовая	0.4046

### Литература

1. Корсунский М.И. Оптика. Строение атома. Атомное ядро. М.:Наука, 1964.
2. Матвеев А.Н. Квантовая механика и строение атома. М.: Высш. шк., 1965.
3. Суханов А.Д. Лекции по квантовой физике. М.: Высш. шк., 1991.
4. Яворский Б.В., Детлаф А.А. Курс физики. Т. 3. М.: Высш. шк., 1971.