

Московский физико-технический институт

Лабораторная работа 5.2.2/ 5.2.3

**Изучение спектров атома водорода и молекулы
йода**

Бертол Наталия
Б01-005а

Цель работы:

Провести калибровку барабана спектрометра по спектрам неона и ртути. Определить длины волн нескольких первых спектральных линий серии Бальмера для водорода, рассчитать постоянную Ридберга. Определить длины волн нескольких первых спектральных линий нулевой серии Деландера молекулы йода, вычислить энергию колебательного кванта, энергию диссоциации в основном и возбужденном состоянии.

Теория

1.1 Спектр водорода

Атом водорода является простейшей квантовой системой, для которой уравнение Шрёдингера может быть решено точно. Это также верно для водородоподобных атомов, то есть атомов с одним электроном на внешней оболочке. Из решения уравнения Шрёдингера следует, что внешний электрон в таких атомах обладает дискретным энергетическим спектром:

$$E_n = - \frac{m_e (Ze^2)^2}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2}$$

где n есть номер энергетического уровня, Z есть зарядовое число ядра рассматриваемого атома, которое в случае атома водорода равно 1.

При переходе электрона с n -го на m -й уровень излучается фотон с энергией

$$E_\gamma = E_n - E_m = \frac{m_e e^2}{2\hbar^2} Z^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Длина волны соответствующего излучения $\lambda_{n,m}$ связана с номерами уровней следующим соотношением:

$$\lambda_{n,m}^{-1} = \frac{m_e e^2}{4\pi\hbar^3 c} Z^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = RyZ^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

где $Ry = \frac{m_e e^2}{4\pi\hbar^3 c}$ есть постоянная Ридберга.

В данной работе будет исследоваться серия Бальмера атома водорода, в которой электроны совершают переходы с некоторого уровня n на уровень $m=2$

1.2 Спектр йода

В первом приближении энергия молекулы может быть представлена в виде:

$$E = E_e + E_0 + E_r$$

где E_e есть энергия электронных уровней, E_0 есть энергия колебательных уровней, E_r есть энергия вращательных уровней.

В настоящей работе рассматриваются оптические переходы, то есть переходы, связанные с излучением фотонов в видимом диапазоне длин волн. Они соответствуют переходам между различными электронными состояниями. При этом также происходят изменения вращательного и колебательного состояний, однако в реальности ввиду малости характерных энергий вращательные переходы ненаблюдаемы. Более конкретно, излучаются переходы из колебательного состояния с номером n_1 основного электронного уровня с энергией E_1 в колебательное состояние с номером n_2 на электронный уровень с энергией E_2 . Энергия таких переходов описывается формулой:

$$h\nu_{n_1 n_2} = (E_2 - E_1) + h\nu_2(n_2 + 1/2) - h\nu_1(n_1 + 1/2)$$

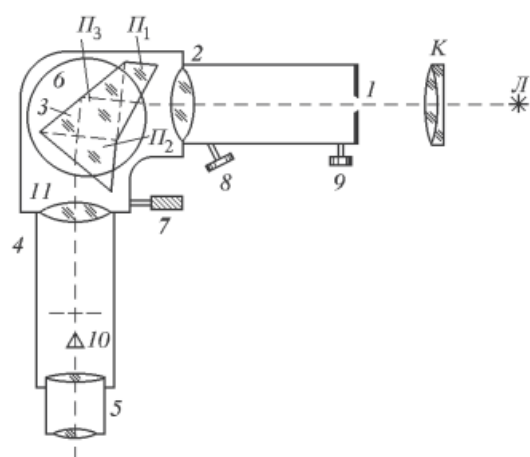
где ν_1 и ν_2 суть энергии колебательных квантов на электронных уровнях с энергиями E_1 и E_2 .

При достаточно больших квантовых числах n_1 и n_2 колебательные уровни переходят в непрерывный спектр, что соответствует диссоциации молекулы. Наименьшая энергия, которую нужно сообщить молекуле в нижайшем колебательном состоянии, чтобы она диссоциировала, называется энергией диссоциации. В данной работе определяются энергии диссоциации на первых двух электронных уровнях.

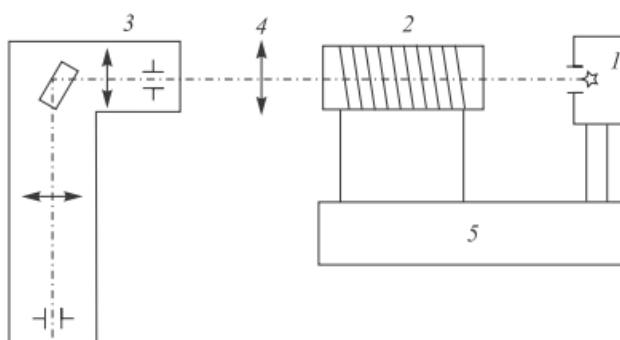
2. Экспериментальная установка

Основные элементы монохроматора представлены на (а).

Спектр поглощения паров йода наблюдается визуально на фоне сплошного спектра лампы накаливания схема, питаемой от блока питания (b).

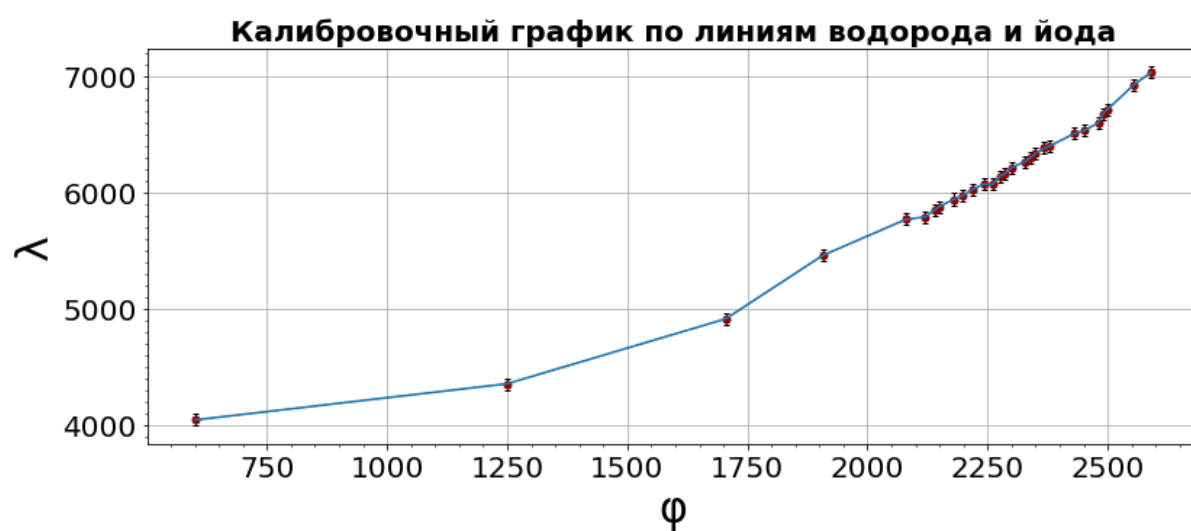


(a)



(b)

3. Обработка результатов



5. Вывод

По результатам работы, получены характеристики спектров йода и водорода, по которым рассчитаны свойства их молекул и атомов соответственно.