

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6.

СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ АТОМА НАТРИЯ ¹.

Целью настоящей работы является изучение расположения энергетических уровней атомов щелочных металлов, соответствующих орбитальному квантовому числу $L=1$ (так называемых P -уровней), и проверка выражения для энергии атомов щелочных элементов (см. (В.1)):

$$E_{nl} = -\frac{Ry}{(n-\Delta_l)^2} \quad (1)$$

Здесь n - главное квантовое число; Δ_l - квантовый дефект, Ry - ридберг (13,6 эВ).

Описываемый ниже метод позволяет легко установить положение довольно большого числа P - уровней щелочных элементов. Принцип метода состоит в следующем. Когда свет, характеризующийся сплошным спектром, проходит через кювету, наполненную парами щелочного металла, то он частично поглощается. Поглощение носит селективный характер, т.е. происходит при вполне определенных частотах. Положение этих частот в спектре зависит от состава и состояния вещества в кювете (т.е. от сорта и состояния атомов и от количества тех образований, которые могут появиться: так, если в кювете заключены, например, пары натрия, линии поглощения будут не

¹Прежде чем ознакомиться с описанием данной задачи, необходимо изучить некоторые элементы спектроскопии атома и общие сведения о структуре энергетического спектра и спектральных линий атомов щелочных металлов, изложенные во введении к лабораторным работам 6 и 7.

только в области собственных частот атомов Na , но и в области собственных частот молекул Na_2 , образующихся, в частности, при испарении натрия: например, при $T=527^\circ C$ в насыщенном паре содержится 95,5% атомов и 4,5% молекул натрия [2]).

Распределение атомов по уровням энергии при тепловом равновесии определяется законом Больцмана. В условиях проведения данного эксперимента ($T \cong 500 K$) практически все атомы находятся в основном состоянии.

Применение правил отбора (см. (В.29)) показывает, что при поглощении возможны оптические переходы из основного состояния $^2S_{1/2}$ только в $^2P_{1/2}$ и $^2P_{3/2}$ состояния (обратные переходы дают главную серию в излучении). Кроме этих переходов, из основного состояния возможны также переходы в неквантованные состояния: при таких переходах происходит ионизация атома. Зная длины волн линий поглощения, можно легко определить величины энергии $^2P_{1/2}$ и $^2P_{3/2}$ - уровней атома. Действительно, энергия i -го уровня есть $E_i = E_0 + hc/\lambda_i$, где E_0 - энергия ионизации атома (со знаком минус). Если E_0 - в электронвольтах, то расчетная формула приобретает вид

$$E_i = E_0 + \frac{hc}{\lambda_i \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} \quad (\text{эВ}) \quad , \quad (2)$$

где

$$E_0 = - \frac{hc}{\lambda_\infty \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} \quad (\text{эВ}) \quad . \quad (3)$$

Здесь λ_∞ - предельное значение λ (метод определения см. далее); $h = 6,6 \cdot 10^{-27}$ эрг·с; $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с; $\lambda_i, \lambda_\infty$ - в сантиметрах.

Как указывалось во "Введении к лабораторным работам N 6 и 7", линии главной серии атомов щелочных металлов (переходы ${}^2P_{1/2,3/2} \rightarrow {}^2S_{1/2}$) имеют сложную структуру - они дублетны.

К сожалению, с помощью спектрографа ИСП-30 дублетное расщепление линий натрия можно наблюдать лишь визуально для первой линии исследуемой главной серии при малых температурах печи (см. ниже).

1. Описание установки.

Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис.3. Свет от источника 1 через конденсор 2 направляется на кювету 3 с парами щелочного элемента. Затем прошедший через кювету свет для анализа спектрального состава конденсором 4 направляется на входную щель спектрографа 5.

1. Источником света, обладающим сплошным спектром в области длин волн ниже 6000 \AA , является водородная лампа 1 (рис.3) типа ДВС-25. Лампа представляет собой баллон, заполненный водородом, с впаянными внутрь баллона электродами - катодом и анодом. Анод лампы имеет в центре небольшое круглое отверстие для вывода излучения из области разряда. В соответствующем месте стеклянного баллона лампы имеется окошко из увиолевого стекла,

пропускающее излучение в ультрафиолетовой области спектра.

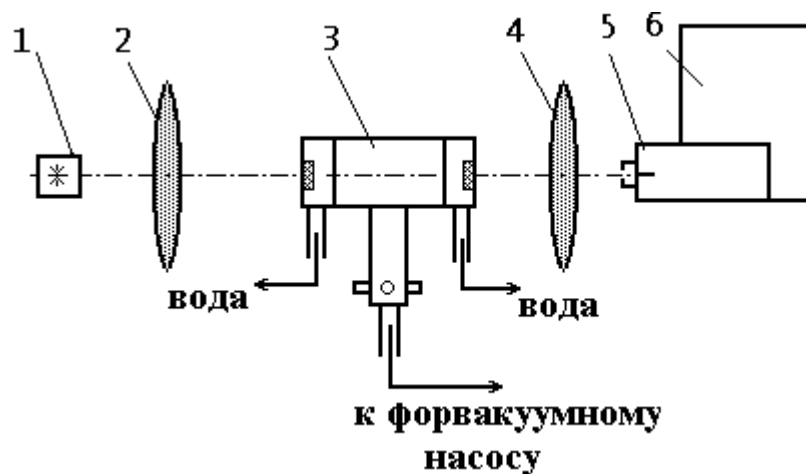


Рис. 3. Блок-схема установки: 1-спектральная лампа (ртутная или водородная); 2-конденсор; 3-кювета; 4-конденсор; 5-спектрограф ИСП-30; 6-блок управления.

Разряд в лампе возникает при столкновении ускоренных электронов с молекулами водорода. Образующиеся при этом электроны и ионы поддерживают разряд. Эти же частицы ответственны за появление интенсивного рекомбинационного свечения разряда в ультрафиолетовой области спектра. При сближении электрона и иона может образоваться нейтральный атом. Поскольку энергия нейтрального атома меньше, чем сумма энергий исходных частиц, избыток энергии выделяется в виде фотона соответствующей частоты. Частота эта может быть определена из условия

$$\hbar\omega = E_{n0} + \frac{\mu v^2}{2}. \quad (4)$$

Здесь E_{n0} - энергия связи электрона в атоме, v - относительная скорость электрона и иона, μ - их приведенная масса. Энергия связи электрона в атоме - определенная величина (мы обозначили ее E_{n0} , а не E_0 , чтобы подчеркнуть то обстоятельство, что образовавшийся при рекомбинации иона атом может быть и не в основном состоянии; скорость же v может иметь различные значения в разных элементарных актах).

Рассмотрим совокупность тех актов рекомбинации, в результате которых возникли атомы, находящиеся в связанном состоянии с энергией E_{n0} . Частота излучения, возникающего при рекомбинации, есть

$$\omega = \frac{1}{\hbar} \left(E_{n0} + \frac{\mu v^2}{2} \right) = \omega_{n0} + \frac{1}{\hbar} \frac{\mu v^2}{2} \quad (5)$$

здесь :

$$\omega_{n0} = \frac{E_{n0}}{\hbar} .$$

Если $v=0$, то $\omega = \omega_{n0}$, если $v \neq 0$, то $\omega > \omega_{n0}$. Видно, что спектр излучения имеет "красную границу" - ω_{n0} . Для различных энергетических уровней, характеризуемых значениями E_{n0} , "красные границы" будут, конечно, разными. Граница сплошного спектра со стороны больших частот ("фиолетовая граница") отсутствует. Однако, вероятность рекомбинации при больших относительных скоростях иона и электрона мала, т.е. практически (на пластинке) всегда можно найти

эту границу. В отличие от "красной границы", "фиолетовая граница" не является физической постоянной, а зависит от условий разряда в лампе. Кроме областей непрерывного спектра, при рекомбинации наблюдаются также спектральные линии, соответствующие обычному эмиссионному спектру. Они возникают за счет высвечивания атомов, образовавшихся в возбужденных состояниях.

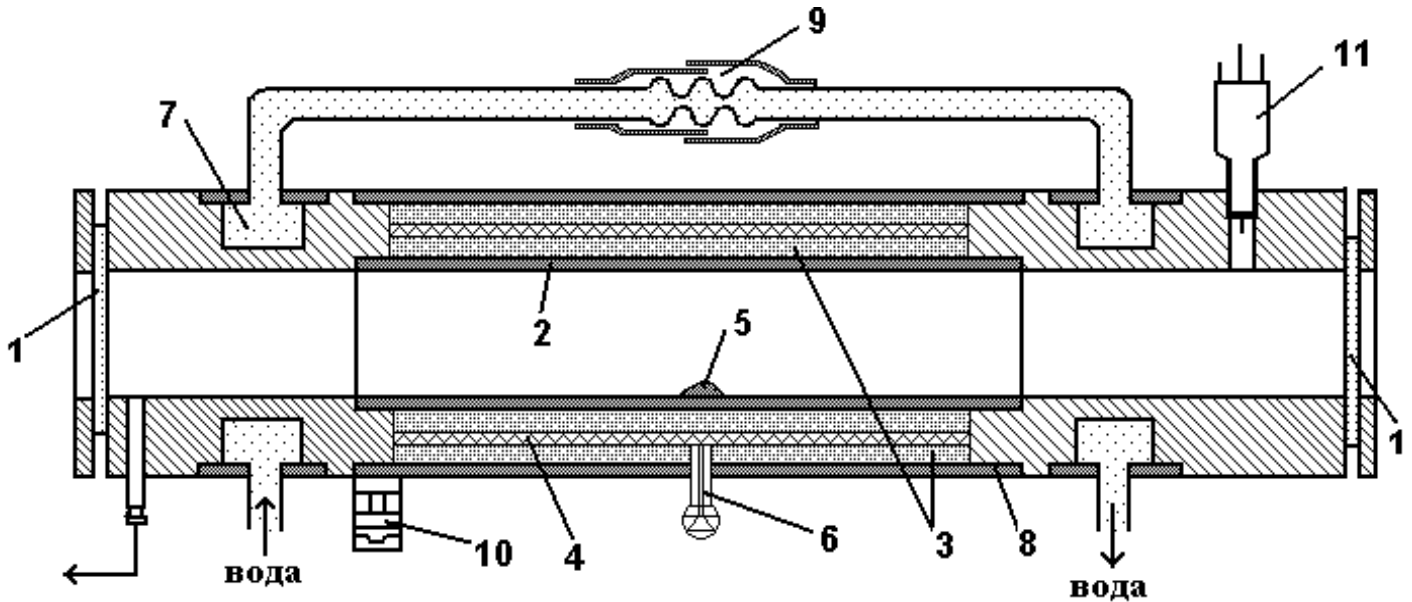
2. Источником спектра сравнения, необходимого для построения градуировочной кривой спектрографа, по которой определяются длины волн линий поглощения, является ртутная лампа 1 (рис.3) типа ДРГС-12. Длины волн спектра сравнения приведены на фотокопии пластинки, находящейся возле компаратора.

3. Кварцевые конденсоры 2 и 4 (рис.3) направляют свет, идущий от источников, на щель спектрографа.

4. Поглощающая среда создается следующим образом. Кусочек щелочного металла (натрия) помещается внутрь цилиндрической вакуумной кюветы из нержавеющей стали (рис.4) с внутренним диаметром в 30 мм. Торцы кюветы закрыты кварцевыми окошками 1, которые шайбами и винтами через резиновые вакуумные уплотнения прижаты к фланцу кюветы. Для того, чтобы щелочной металл не окислялся, кювета откачивается форвакуумным насосом до давления $10^{-2} - 10^{-3}$ мм Нг, а затем для предохранения насоса от паров щелочного металла отключается от него зажимом.

Для получения паров щелочного металла кювета нагревается с помощью намотанной на ее корпус 2 нихромовой спирали 4. Горячую кювету следует держать строго горизонтально, не допуская перекоса. Необходимо помнить, что щелочные металлы сильно взаимодействуют с кварцем, попадание капель

расплавленного металла на окошки выводит их из строя. В целях предотвращения конденсации паров щелочного металла на торцевых кварцевых окошках 1



**к форвакуумному
насосу**

и предохранения их вакуумных резиновых уплотнений Рис.4. Схема кюветы: 1-кварцевые окна; 2-корпус кюветы; 3-асбестовые прокладки; 4-нихромовая спираль; 5-щелочной металл; 6-термопара; 7-система охлаждения; 8-кожух; 9-сильфон (для предотвращения деформации корпуса кюветы при нагревании); 10-электроразъем; 11-ввод для манометрической лампы.

от воздействия повышенной температуры торцы кюветы охлаждаются водой (система 7).

Как уже указывалось, при прохождении света, имеющего непрерывный спектр, через кювету с парами щелочного металла происходит его поглощение. Спектр поглощения атомарного щелочного металла состоит из ряда отдельных линий и называется линейчатым спектром. Спектр поглощения молекул состоит из тесно расположенных повторяющихся групп линий и называется полосатым спектром поглощения.

Поскольку молекулы могут образовываться, в частности, при испарении щелочного металла, количество молекул в кювете (а, следовательно, и развитость полос поглощения) определяется, в конечном счете, температурой кюветы. Регулируя температуру, можно подобрать такую плотность поглотителя, в котором линии поглощения атомарного элемента резко выражены, а полосы поглощения практически отсутствуют. От температуры кюветы зависит также ширина линий поглощения. С увеличением температуры эта ширина растет (доплеровское уширение, уширение за счет столкновений – все это относится в равной мере как к линиям эмиссии, так и к линиям поглощения) и точность измерений уменьшается. Поэтому необходимо следить за температурой кюветы и не допускать ее перегрева.

При температуре печи, превышающей на $150\text{--}200^\circ\text{C}$ температуру плавления щелочного металла, давление его паров достаточно, чтобы обеспечить необходимую для уверенной регистрации спектра поглощения оптическую длину при длине кюветы в 450 мм. Кювета с помощью специальных держателей размещается на оптической скамье между источником света и спектрографом (см.рис.3). Конструкция держателей позволяет, не снимая кюветы со скамьи, отводить ее в сторону от оптической оси установки, что дает возможность, не нарушая юстировки, впечатывать на пластинку, наряду со спектром поглощения, эталонный спектр, а также наблюдать и фотографировать спектры источников света.

5. Выбранная температура кюветы поддерживается постоянной с помощью терморегулятора ВРТ-3. Терморегулятор состоит из трех блоков: измерительного И-101, регулирующего Р-111 и

усилителя У-252 с тиристорным выходным каскадом. Термопара 6 контролирует температуру кюветы в точке максимальной температуры в середине кюветы. Сигнал с термопары (напряжение, пропорциональное температуре) подается в измерительный блок: здесь происходит сравнение этого сигнала с опорным. Напряжение, пропорциональное разности этих двух сигналов поступает в блок Р-111, который формирует управляющий сигнал для усилителя У-252,

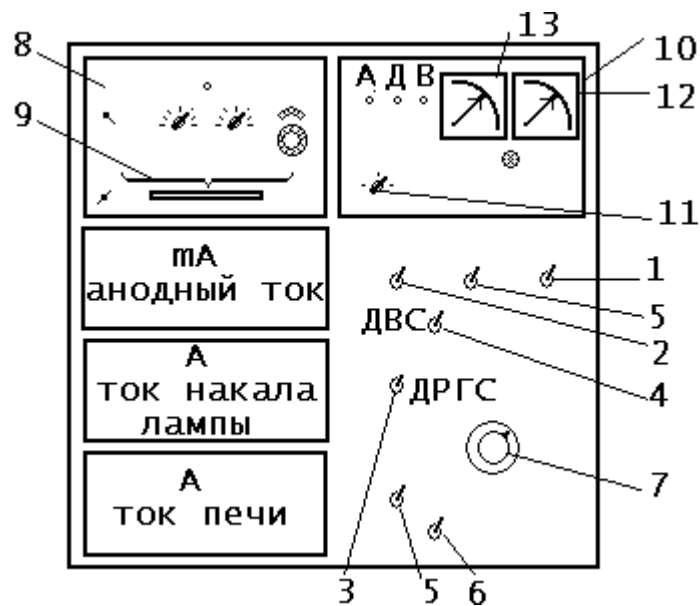


Рис.5. Передняя панель блока управления: 1-тумблер включения блока (сеть); 2, 3-тумблеры включения анода и накала лампы ДРГС-12 или ДВС-25 соответственно; 4-тумблер переключения питания на лампы ДРГС или ДВС; 5-тумблер включения печи кюветы; 6-тумблер переключения печи на режим терморегулирования или ручного управления (ЛАТР); 7-ЛАТР; 8-измерительный блок И-101; 9-переключатели установки напряжения датчика; 10-регулирующий блок Р-111; 11-переключатель режима работы Р-111; А-режим автоматического регулирования; В-выкл.; Д-режим дистанционного

управления; 12-индикатор рабочего тока; 13-индикатор разбаланса.

включенного в цепь питания кюветы. Изменение сигнала управления на входе блока У-252 приводит к увеличению или уменьшению мощности в цепи активной нагрузки (кюветы) усилителя.

Схема расположения органов управления и индикаторов системы ВРТ-3 приводится на рис. 5. Индикатор 12 контролирует рабочий ток системы, индикатор 13 - сигнал ошибки в задании температуры.

Тумблер 6 позволяет переключать систему в режим ручного управления. В этом случае в цепь питания кюветы вместо У-252 будет включен автотрансформатор. Его напряжение регулируется ручкой 7.

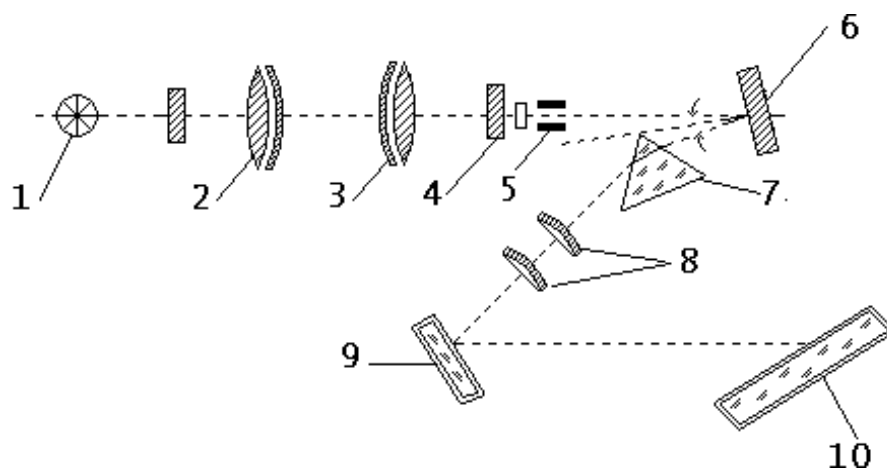


Рис.6. Оптическая схема спектрографа ИСП-30; 1-источник света; 2, 3, 4,-трехлинзовый осветитель; 5-щель; 6-коллиматор с зеркальным объективом,

отклоняющий лучи; 7-призма; 8-объектив; 9-поворотное зеркало; 10-фотопластинка.

6. Поскольку в основном линии главной серии натрия лежат в ультрафиолетовой области, в работе используется кварцевый спектрограф ИСП-30, позволяющий фиксировать излучение в диапазоне длин волн от 2000 до 6000 Å° . На рис.6 приведена его оптическая схема. Параллельный пучок от зеркального объектива 6 падает на призму 7, разлагающую его в спектр. Объектив 8 собирает лучи в фокальной плоскости. Зеркало 9 поворачивает пучок. В фокальной плоскости объектива расположена фотопластинка 10.

2. Порядок выполнения работы.

1. Зарядите кассету. В середину кассеты закладывается пластинка, чувствительная к ультрафиолетовой области спектра (изоорто; 9×12). На этой пластинке фиксируется ультрафиолетовая область спектра с $\lambda < 3500 \text{ Å}^\circ$.

Видимая область спектра, а именно желтая линия натрия, не попадает в поле зрения пластинки и не фиксируется ею.

Пластинки закладывают в кассету ЭМУЛЬСИОННОЙ стороной к падающему на них свету.

Режим обработки пластинок указан в фотокабине. При проявлении пластинки необходимо класть в ванночку с проявителем и фиксажем **эмульсией вверх** и следить, чтобы во время проявления они были полностью покрыты проявителем. Тщательно промойте пластинки после фиксирования (не менее 5 мин).

Если на пластинке остался серый налет, продолжайте фиксирование.

2. Проверить ширину входной щели спектрографа. Рабочая ширина щели спектрографа должна быть 0,03 мм (см. [1]). Отсчет ширины щели производят по шкале барабанчика с ценой деления 0,001 мм. (Предварительно необходимо визуально определить положение нуля барабанчика).

Ограничить высоту щели. Это делают при помощи диафрагмы с вырезами (так называемая диафрагма Гартмана), которую помещают в насадке перед щелью.

В данной работе обычно используют либо прямоугольный вырез (в средней части диафрагмы) высотой 4 мм, либо так называемый "ласточкин хвост", установленный на эту же высоту. Это позволяет, перемещая кассету по высоте, фотографировать на одну и ту же пластинку как исследуемые спектры, так и спектры сравнения.

Следует отметить, что для очень точных измерений длин волн спектральных линий рекомендуется пользоваться стоящей перед щелью диафрагмой Гартмана, а кассету не трогать. При этом диафрагму перемещают так, чтобы изучаемый спектр и спектр сравнения были слегка наложены друг на друга краями. Благодаря этому можно при компарировании достигнуть высокой точности в определении относительного расположения спектральных линий исследуемого спектра и спектра сравнения. В данном эксперименте применение такой методики не является обязательным вследствие значительной ширины линий поглощения.

Кассета перемещается по высоте автоматически (см. инструкцию). На рис. 7 представлен общий вид спектрографа ИСП-30.

3. Провести внимательное визуальное наблюдение, а затем фотографирование на одну и ту же пластинку (перемещая кассету) спектров ртутной и водородной ламп. Кювета со щелочным металлом при этом должна быть отведена от оптической оси системы.

- (тумблер 3) и анод (тумблер 2) лампы ДРГС. Отъюстировать оптическую систему для получения максимальной освещенности входной щели спектрографа: лампу поместить в фокусе конденсора 2, расстояние между конденсорами 2 и 4 (рис.1) должно быть не меньше длины кюветы со щелочным металлом.

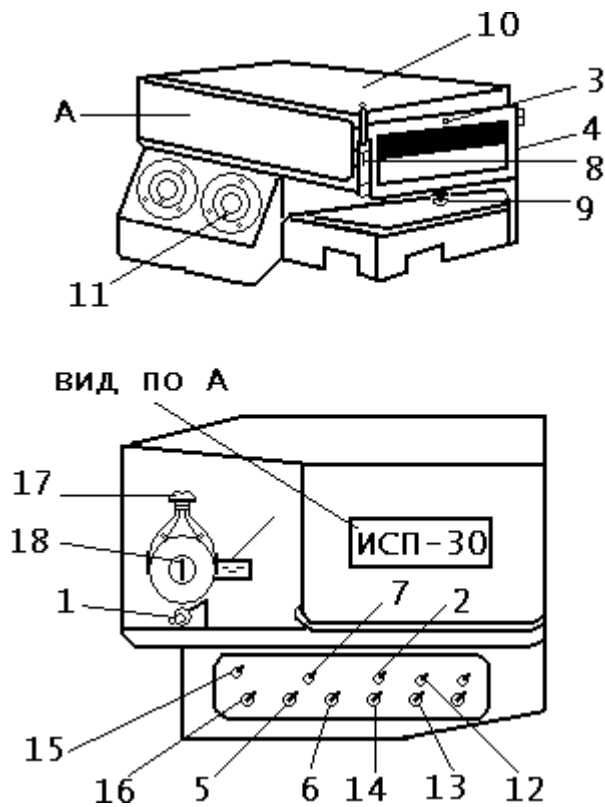


Рис.7. Общий вид спектрографа ИСП-30. 1-барабанчик для фокусировки щели; 2-выключатель затвора; 3-зажим для крепления кассеты; 4-кассетная рамка; 5,6-кнопки для опускания и подъема кассетной рамки; 7-переключатель скорости движения кассеты; 8-шкала для фиксации положения кассеты; 9-сигнальная лампочка; 10-кожух; 11-рукоятка реле времени; 12-выключатель реле времени; 13-кнопка запуска реле времени; 14-кнопка остановки кассетной рамки; 15-выключатель сети; 16-сигнальная лампочка; 17-барабанчик открытия щели; 18-щель прибора; 19-диафрагма Гартмана .

- Сфотографировать спектр (время экспозиции указано в паспорте задачи). Выключить ртутную лампу, т.е. выключить тумблер 2, а затем тумблер 3 (рис. 5);
- включить водородную лампу, для чего перевести переключатель 4 (рис.5) в положение "ДВС", а затем включить накал (тумблер 3) и анод (тумблер 2) лампы. Юстировку лампы и фотографирование ее спектра произвести как указано в п. "б" (см. паспорт задачи). Выключить водородную лампу (тумблеры 2 и 3);
- проявить пластинку. В спектре ртути должна быть хорошо выражена область длин волн $3300-2300 \text{ \AA}$.

4. Заложить новую пластинку в кассету. Переместить кювету с исследуемым веществом (**закладка щелочного металла в кювету производится только лаборантом**) на оптическую ось установки между конденсорами 2 и 4 (рис.3). Включить водородную лампу. Установить высоту конденсоров так, чтобы свет от лампы проходил через кювету, не задевая стенок, и попадал на щель спектрографа. Отъюстировать систему.

5. Включить форвакуумный насос и открыть установленный на нем вакуумный вентиль. При помощи вакуумметра ВИТ-2 (или ВИТ-3) убедиться, что насос откачивает объем. Затем снять зажим с резиновой трубки, соединяющей кювету с вакуумпроводом (рис. 4), и **включить водяное охлаждение кюветы**. По истечении 10 мин. откачки кюветы отключить ее от вакуумпровода (перезажать резиновую трубку зажимом. **Форвакуумный насос выключается лаборантом**). Далее следует включить печь. Для этого нужно:

- включить терморегулятор ВРТ-3 в режиме автоматического регулирования, т.е. перевести переключатель 6 (рис. 5) в положение "ВРТ", а переключатель 11 регулирующего блока в положение "А" (автоматическое регулирование).
- включить тумблером 5 печь кюветы.
- включить водородную лампу;

(П. 5 выполняется под наблюдением преподавателя или лаборанта) .

Запрещается включать нагреватель печи, если не перезажата резиновая трубка и не включено водяное охлаждение .

6. Провести визуальное наблюдение спектра поглощения в видимой области спектра по мере постепенного нагревания кюветы: проследить появление первой линии главной серии (единственной линии, расположенной в видимой области), так называемой "D-линии" - желтого дублета натрия. Убедиться в том, что это дублет. Дальнейшее увеличение температуры приводит к уширению линий и дублетная структура D-линии перестает разрешаться.

7. Сфотографировать спектры поглощения и сравнения (когда D-линия натрия станет интенсивного черного

цвета шириной ~ 2 мм; нахождение стрелки индикатора разбаланса 13 (рис.5) вблизи нуля указывает на то, что в печи кюветы установилась заданная температура). Для этого:

- сфотографировать спектр поглощения с тремя разными экспозициями;
- выключить водородную лампу;
- не выключая печь, осторожно отвести кювету от оптической оси установки;
- включить ртутную лампу и впечатать спектры сравнения между спектрами поглощения. Выключить ртутную лампу.

8. Проявить пластинки. Снимок считать удовлетворительным, если имеется не менее 15 линий поглощения. Если снимок оказался удовлетворительным, выключить печь, если нет – проанализировать причины неудачи и повторить п. 6 и п. 7.

3. Обработка результатов.

Предлагаются два варианта обработки результатов эксперимента:

- 1) на персональном компьютере,
- 2) с помощью построения градуировочной кривой спектрографа.

3.1. Обработка результатов эксперимента на персональном компьютере.

1. Расшифровать спектр ртути с помощью компаратора, наложив полученную пластинку на эталонный образец (эталонный образец находится около компаратора. Он представляет собой отпечаток пластинки в масштабе 1:1 с расшифровкой спектра ртути).

2.Промерить на компараторе положение линий поглощения натрия и линий ртути (по три-четыре линии ртути в окрестности каждой линии поглощения). Измерения начинать с длинноволновой части спектра.

Обработка результатов проводится по описанной ниже программе.

Студент вводит данные обработки спектров натрия и ртути, полученные на компараторе (координаты линий ртути и натрия и длины волн спектра ртути). По известному спектру ртути ЭВМ рассчитывает длины волн линий спектра поглощения натрия. Основной целью программы является определение квантовых дефектов S-и P- уровней, эффективных зарядов Z_{nl}^* и энергий E_{nl} .

Меню программы.

1. Введение.
2. Практикум. Обработка результатов. Спектр ртути.
3. Практикум. Обработка результатов. Спектр натрия.
4. Практикум. Таблица результатов. Спектр натрия.
5. Практикум. Распечатка полученных результатов.
6. Практикум. Распечатка сохраненных ранее результатов.
7. Выход.

Содержание пунктов меню.

1. Введение. Приводятся исходные формулы. Квантовые дефекты Δ_{3s} и Δ_{np} рассчитываются по полученным в эксперименте длинам волн поглощения натрия путем решения систем из двух уравнений:

$$\frac{1}{\lambda_{3, n_2}} = R \left(\frac{1}{(3 - \Delta_s)^2} - \frac{1}{(n_2 - \Delta_p)^2} \right); \quad n_2 \geq 4$$

$$\frac{1}{\lambda_{3, n_2+k}} = R \left(\frac{1}{(3 - \Delta_s)^2} - \frac{1}{(n_2+k - \Delta_p)^2} \right); \quad k=1, 2, 3$$

Перебираются пары линий, одна из которых ($n_2 = 4$) фиксирована.

По найденным значениям Δ_{3s} и Δ_p рассчитываются эффективный заряд Z_{nl}^* (В.7) и энергии уровней E_{nl} (В.1), а также потенциал ионизации E_i атома натрия.

Во "Введении" даны также правила работы с программой.

Помощь по всем разделам программы вызывается клавишей <F1>. Калькулятор - <F9>. Рабочие клавиши во всех разделах меню расположены в нижней части экрана.

2.Обработка результатов. Спектр ртути. По данным расшифровки спектра ртути строится градуировочная кривая спектрографа. Вводятся координаты линий (X) и длины волн (λ). Ввод чисел упрощается при нажатии клавиши <INS>.

3.Обработка результатов. Спектр натрия. Вводятся измеренные координаты линий натрия. По градуировочной кривой определяются длины волн спектра поглощения натрия, которые сведены в таблицу (<PgDn>).

4. Таблица результатов. Спектр натрия. Данные расчетов Δ_{3s} , Δ_p , Z_{nl}^* , E_{nl} представлены в таблицах, которые затем распечатываются и предъявляются при сдаче задачи.

3.2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА С ПОМОЩЬЮ ПОСТРОЕНИЯ ГРАДУИРОВОЧНОЙ КРИВОЙ.

1. Построить градуировочную кривую:

- расшифровать спектр ртути, используя эталонный образец (эталонный образец находится около компаратора).
- промерить на компараторе положение до 15 линий ртути в области длин волн от 3500 до 2300 Å . Одновременно промерить и положение линий поглощения;
- построить градуировочную кривую спектрографа, откладывая по оси X расстояния спектральных линий от какой-либо линии, принимаемой за исходную, а по оси Y – длины волн соответствующих линий ртути.

Масштаб построения графика следует выбрать таким образом, чтобы точность определения длин волн с помощью графика была не хуже 1 Å . Такая точность необходима для определения λ_{∞} (см. ниже).

2. Определить длины волн линий поглощения, используя градуировочную кривую.

3. Определить значения граничной длины волны λ_{∞} используя полученные из градуировочной кривой значения 8 последних линий поглощения (в коротковолновой части спектра поглощения). Для этого построить график зависимости разностей $\Delta\lambda$ между длинами волн соседних линий поглощения от

длин волн линий поглощения. Затем экстраполировать полученную кривую до пересечения с осью длин волн (осью X). Точка пересечения дает значение граничной длины волны λ_{∞} . Используя это значение, рассчитать потенциал ионизации щелочного металла.

4. Определить энергию P-уровней атома натрия и построить диаграмму уровней, используя значения длин волн спектра поглощения.

5. Рассчитать значения квантовых дефектов для P- и S- уровней, используя полученные значения потенциала ионизации и энергий P- уровней.

При сдаче работы предъявление пластинок обязательно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нагибина И.М., Прокофьев В.К. Спектральные приборы и техника спектроскопии. - Л.: Машиностроение, 1967.
2. Несмеянов А.Н. Давление паров химических элементов. - М.: Изд-во АН СССР, 1961.