

Работа 5.6

Изучение спектра ртути

Оборудование: универсальный монохроматор УМ-2, ртутная лампа ДРШ-250.

Введение

Атомы многих веществ являются многоэлектронными системами. Электронная конфигурация в многоэлектронных атомах и ионах определяется суммарными квантовыми числами, которые зависят от типа взаимодействия между электронами. Общий орбитальный момент импульса всей электронной оболочки определяется формулой:

$$\vec{L}_L = \sum \vec{L}_{L_i}.$$

Энергетические состояния атома или иона с разными значениями $L = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ обозначаются большими буквами S, P, D, F, G, \dots . Суммарный спиновый момент электронной оболочки атома определяется:

$$\vec{L}_S = \sum \vec{L}_{S_i}.$$

Моменты \vec{L}_L и \vec{L}_S при сложении дают полный момент атома:

$$\vec{L}_J = \vec{L}_L + \vec{L}_S.$$

Количественные значения результирующих моментов определяются через квантовые числа L, S, J следующим образом:

$$L_L = \frac{h}{2\pi} \sqrt{L(L+1)}, \quad L_S = \frac{h}{2\pi} \sqrt{S(S+1)}, \quad L_J = \frac{h}{2\pi} \sqrt{J(J+1)}.$$

Квантовое число L принимает значения, которые отличаются друг от друга на единицу в промежутках между $|\sum L_i|_{\max}$ и $|\sum L_i|_{\min}$. Квантовое число S — в промежутке между $|\sum S_i|_{\max}$ и $|\sum S_i|_{\min}$.

Внутреннее квантовое число J , которое определяет результирующий момент L_J , принимает значения $J = (L + S), (L + S - 1), \dots, (L - S)$. Число различных значений J при $L > S$ равно $(2S + 1)$, а при $L < S$ равно $(2L + 1)$. Величина суммарного спинового момента определяет кратность термов (их мультиплетность): $\chi = 2S + 1$.

Между различными состояниями атома (или иона) при определенной электронной конфигурации могут иметь место переходы, которые удовлетворяют правилам отбора: $\Delta L = \pm 1$, $\Delta J = 0, \pm 1$, (кроме случаев $J_1 = 0 \rightarrow J_2 = 0$), т. е. излучение или поглощение спектральных линий может происходить при переходе

атомной системы между термами разной четности. Переходы между термами одной четности соответствуют слабым спектральным линиям.

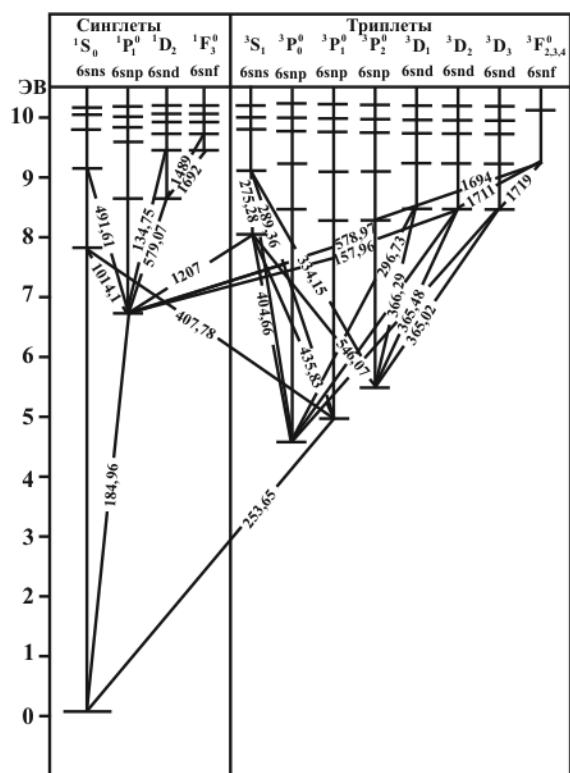


Рис. 5.18

Множество возможных стационарных состояний атома (иона или молекулы) обычно иллюстрируют в виде диаграмм энергетических уровней. На рис. 5.18. показана диаграмма энергетических уровней нейтрального атома ртути HgI. В спектрах щелочных элементов есть следующие серии, которые размещаются в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра:

1. *Главная серия*, которая соответствует переходам с P -уровней на основной уровень nS . Переменным термом является P -терм.

2. *Первая побочная, или диффузная серия* соответствует переходам между P -уровнями и D -уровнями. Переменным является D -терм.

3. *Вторая побочная, или резкая серия*, соответствует переходам между P -уровнями и S -уровнями. Переменным является S -терм.

4. *Серия Бергмана, или фундаментальная*, соответствует переходам между глубоким D -уровнем и F -уровнями. Переменным является F -терм.

Спектральные серии состоят из линий, которые высвечиваются в результате переходов между термами при выполнении правил отбора. Поэтому линии главной и второй побочной серий — двойные, а линии остальных серий создают более сложные группы с трех линий.

Поскольку для элементов с одним валентным электроном внутреннее квантовое число принимает значения $J = j = S = 1/2$ при $l = 0$; $J = j = L = 1/2$ при $l > 0$, то все термы атомов щелочных элементов двойные (дуплеты), кроме S -терма, который не расщепляется.

Атомы с двумя валентными электронами, к которым принадлежат гелий, щелочноземельные элементы, а так же цинк, кадмий и ртуть, имеют более сложную структуру термов. В отличие от одного дуплетного терма для щелочных элементов получаются две системы термов: система синглетных (одиночных термов) ($S = 0, J = L$) и система триплетных термов ($S = 1, J = L + 1, L, L - 1$). Одиночные (синглетные) термы условно обозначаются $^1S_0, ^1P_1, ^1D_2$, для которых

$\chi = 2S + 1 = 3$. Запись 3P_0 , 3P_1 , 3P_2 обозначает триплетный терм с орбитальным квантовым числом $l = 1$, $S = 1$, мультиплетность $\chi = 2S + 1 = 3$.

Для более сложных атомов мультиплетное расщепление из-за спина электрона имеет величину несколько электронвольт, и сложные триплеты лежат в разных областях видимого спектра:

$$6 {}^3P_2^0 - 7 {}^3S_1 \rightarrow \lambda = 546,07 \text{ нм};$$

$$6 {}^3P_1^0 - 7 {}^3S_1 \rightarrow \lambda = 435,83 \text{ нм};$$

$$6 {}^3P_0^0 - 7 {}^3S_1 \rightarrow \lambda = 404,65 \text{ нм}.$$

Описание установки. В качестве источника ртутного спектра в этой работе используется ртутная лампа ДРШ-250.

Для исследования спектров излучения используют универсальный монохроматор УМ-2, принципиальная схема которого приведена на рис. 5.19.

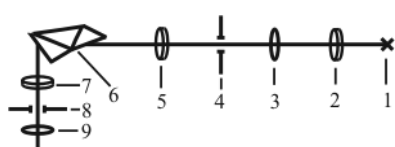


Рис. 5.19

Свет от источника 1 при помощи конденсора 2 и линзы 3 направляется на входную щель 4. После щели свет попадает на объектив коллиматора 5 и дисперсионную призму 6. Объектив зрительной трубы 7 фокусирует выходящие из призмы лучи на плоскость выходной щели 8. Поворачивая при помощи барабана призмный столик на разные углы относительно пучка белого света, получают в выходной щели линейчатый спектр. При помощи линзы 9 можно наблюдать спектр излучения.

Порядок выполнения работы

1. Включите источник питания ртутной лампы.
2. Зажгите ртутную лампу.
3. При помощи линзы получите равномерное освещение входной щели монохроматора.
4. При помощи окуляра монохроматора наблюдайте ртутный спектр.
5. Определите положения линий спектра ртути.
6. Пользуясь дисперсионной кривой монохроматора, определите длины волн линий, наблюдаемых в спектре ртути.
7. При помощи схемы термов определите, каким переходам соответствуют наблюдаемые линии ртути. Итоги измерений запишите в таблицу:

№ п/п	Деления барабана n	Длина волны λ , нм	Переходы
-------	----------------------	----------------------------	----------

8. Постройте схему термов для ртути и покажите переходы, соответствующие проведенному исследованию.

9. Определите принадлежность наблюдаемых линий к соответствующим сериям.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой спектр излучает атом ртути? Дайте его характеристику.
2. Какие спектральные серии атома ртути вы знаете?
3. Дайте характеристику главной серии спектра ртути.
4. Какой терм является переменным в серии Бергмана?
5. На какой уровень происходят переходы при излучении линий первой побочной серии?
6. Какой тип связи электронов существует в атоме ртути?
7. В чем заключается сущность правила отбора?
8. Какие системы термов имеют место для атома ртути?
9. При каких условиях возникают дуплеты?
10. Какой прибор используется для изучения спектра ртути? Принцип его работы?