

ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ СИЛ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ПЕРЕХОДОВ ПОБОЧНЫХ СЕРИЙ В РУБИДИИ И ЦЕЗИИ

А. Н. Ключарев, В. Ю. Сепман и Б. В. Добролеж

Методами поглощения и испускания измерены относительные силы осцилляторов ряда линий ${}^2S^2P$ - и ${}^2D^2P$ -переходов в оптически возбужденных парах Rb и Cs. Кривые роста для исследуемых спектральных линий рассчитывались в приближении доплеровского контура и равновесного распределения заселенности подуровней СТС. В случае атома рубидия учитывался изотопный состав естественной смеси Rb^{87} и Rb^{85} . Полученные экспериментальные данные сравниваются с результатами теоретических расчетов.

Применение оптических методов для определения концентрации возбужденных атомов предполагает знание сил осцилляторов соответствующих переходов. За немногими исключениями все опубликованные к настоящему времени экспериментальные данные для чисел f переходов побочных серий щелочных атомов получены в условиях плазмы дугового разряда в парах металлов [1-4].

Из сравнения опубликованных данных для чисел f диффузной серии можно сделать вывод о том, что результаты расчета [5, 6] и эксперимента хорошо согласуются между собой. Для резкой серии наблюдалось согласие теории и эксперимента для верхних уровней и расхождение для нижних [1, 2]. В случае же побочных серий рубидия крайняя ограниченность экспериментальных данных вообще не позволяла провести сколько-нибудь надежное сравнение с теорией.

В литературе [7] приводились данные измерения относительных вероятностей для ${}^2D^2P$ - и ${}^2S^2P$ -переходов для ряда нижних уровней рубидия и цезия, полученные методами лучеиспускания (исследуемые линии имеют общий верхний уровень [7]). Однако при этом применялся источник света с заведомо реабсорбированными головными линиями побочных серий; поэтому результаты работы [7] представляются сомнительными.

Нами была проведена оценка относительных сил осцилляторов переходов побочных серий рубидия и цезия с использованием метода поглощения и метода испускания для переходов, имеющих общий нижний или соответственно верхний уровень. Источником света служила ВЧ лампа типа Белла—Блума. Контур спектральной линии ВЧ лампы считался доплеровским, и его полуширина определялась интерферометрически. Возбуждение первых резонансных уровней в кювете с парами осуществлялось либо при помощи высокочастотного разряда, либо оптическим методом при облучении кюветы светом резонансных линий (рис. 1). В последнем варианте экспериментальная установка не отличалась от описанной ранее в работе [8].

В обоих случаях возбуждения контур линии поглощения считался доплеровским. Полуширина спектральной линии при ВЧ возбуждении измерялась интерферометрически. В пределах точности наших измерений для относительных сил осцилляторов в обоих случаях были получены одинаковые результаты. Это дает основание считать, что при проведении

подобных оценок (максимальное поглощение линий побочных серий не превышало 20%) контур линии поглощения в оптически возбужденных парах Rb и Cs можно считать мало отличающимся от доплеровского.

Зависимости величины поглощения спектральных линий от оптической толщины кюветы (кривые роста) рассчитывались на ЭВМ в приближении доплеровского контура и равновесного распределения заселенностей подуровней СТС. В случае атома рубидия учитывался также изотопный состав естественной смеси Rb⁸⁷ и Rb⁸⁵.

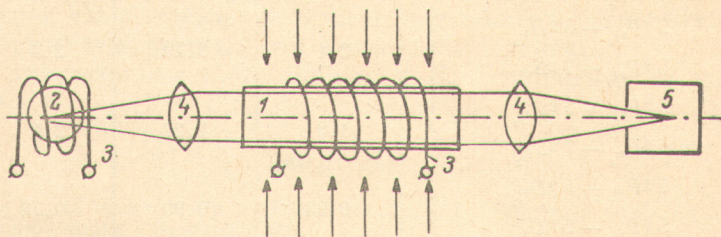


Рис. 1.

1 — поглощающая кювета, 2 — спектральная цезиевая лампа типа лампы Белла—Влума, 3 — контур в/ч возбуждения, 4 — система линз, 5 — монокроматор ДФС-12.

Данные наших измерений отношения сил осцилляторов переходов диффузной серии цезия, имеющих общий верхний уровень (n), и результаты теоретического расчета Стоуна [6] приведены на рис. 2. Хорошее согласие с теорией наблюдается только для уровня с $n = 6$. В пределах погрешности измерений наши данные для этого уровня совпадают и с экспериментальными данными, полученными в работе [4].

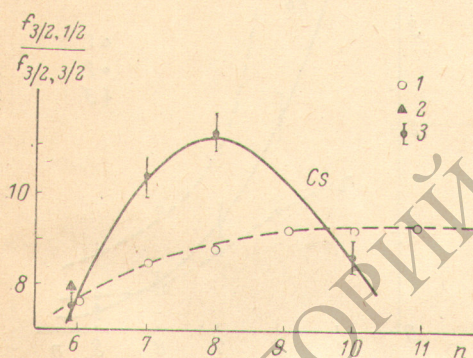


Рис. 2. Зависимость отношения сил осцилляторов $n^2D_{3/2} - 6^2P_{1/2}$ и $n^2D_{3/2} - 6^2P_{3/2}$ -переходов в цезии от значений главного квантового числа.

1 — расчет [6], 2 — эксперимент [4], 3 — наши данные.

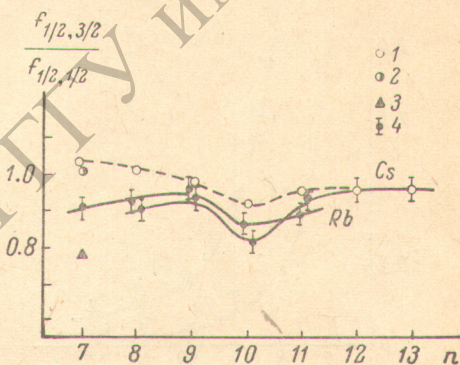


Рис. 3. Зависимость отношения сил осцилляторов спектрального дублета $^2S^2P$ -переходов резкой серии рубидия и цезия от значений главного квантового числа n .

1 — расчет [6], цезий; 2 — расчет [6], рубидий; 3 — эксперимент [4] рубидий; 4 — наши данные.

Для диффузной серии рубидия аналогичные измерения были нами проведены лишь для перехода 5^2D5^2P . Полученное значение $f_{3/2, 1/2} / f_{3/2, 3/2} = 7.2$ (результаты расчета [5] и эксперименты [4] соответственно 8.9 и 7.6).

На рис. 3 полученная нами зависимость отношения сил осцилляторов дублетов резкой серии рубидия и цезия от главного квантового числа верхнего уровня сравнивается с результатами расчета [6] для цезия. Видно, что экспериментальные кривые имеют минимум в области $n = 10$, что согласуется с данными теоретического расчета, однако этот минимум в эксперименте проявляется более четко.

Комбинируя данные наших измерений, полученные методами лучеиспускания и поглощения, можно оценить отношения сил осцилляторов для всех основных переходов побочных серий в спектре рубидия (в спектральном диапазоне $\lambda < 1000$ нм). Эти данные приведены в таблице.

Сериальный символ	$f_1 : f_2$		
	наши данные	расчет [2]	эксперимент [1]
$5^2P_{1/2} - 5^2D_{3/2}$	} 2.1	2.29	2.3
$5^2P_{1/2} - 7^2S_{1/2}$			
$5^2P_{3/2} - 5^2D_{5/2}$	} 1.8	2.27	2.1
$5^2P_{3/2} - 7^2S_{1/2}$			
$5^2P_{3/2} - 5^2D_{5/2}$	} 0.93	0.99	0.72
$5^2P_{1/2} - 5^2D_{3/2}$			

Для того чтобы выразить, используя данные таблицы, полученные относительные значения чисел f в абсолютной мере (такая интерпретация наших результатов удобна для сравнения с данными других авторов),

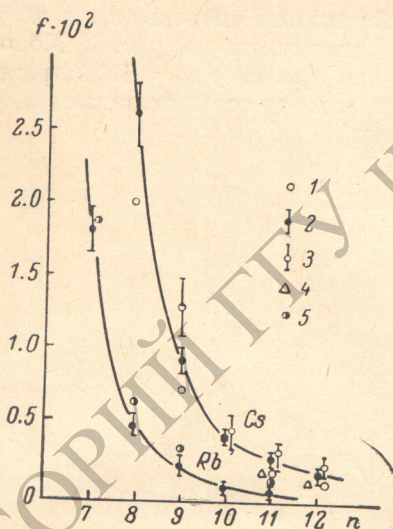


Рис. 4. Значения сил осцилляторов $n^2S_{1/2} - 6^2P_{1/2}$ -переходов в цезии и $n^2S_{1/2} - 5^2P_{1/2}$ -переходов в рубидии.

1 — расчет [6], цезий; 2 — наши данные; 3 — эксперимент [1], цезий; 4 — эксперимент [2], цезий; 5 — расчет [10], рубидий.

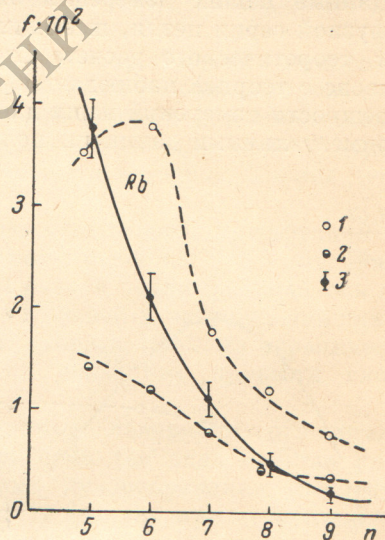


Рис. 5. Значения сил осцилляторов $n^2D_{5/2} - 5^2P_{3/2}$ -переходов в рубидии.

1 — расчет [10], 2 — расчет [11], 3 — наши данные.

мы выбрали в качестве «эталонных» переход $8^2D_{3/2} - 6^2P_{1/2}$ для цезия и $5^2D_{5/2} - 5^2P_{3/2}$ для рубидия. Применимость подобной процедуры для случая резкой серии цезия не вызывает сомнения, поскольку хорошо известна сила осциллятора для перехода $8^2D - 6^2P$ [1-3, 6].

Абсолютное значение числа f для перехода $5^2D_{5/2} - 5^2P_{3/2}$ сосчитано в работе [5].

Время жизни 5^2D уровней рубидия было недавно измерено методом радиочастотной каскадной спектроскопии [9]. Полученное суммарное излучательное время жизни 5^2D -уровней совпало с результатами теоретической оценки [5].

Данные наших измерений для резкой серии цезия и рубидия приведены на рис. 4. Для сравнения на этом же рисунке представлены результаты теоретических расчетов [6, 10] и экспериментов [1, 2]. В случае атома рубидия возможности сравнения наших данных с результатами теоретических оценок ограничены, а экспериментальные данные других авторов нам неизвестны.

Единственные литературные данные, которые мы смогли привлечь для сравнения с результатами наших измерений для диффузной серии рубидия с $n > 5$, были результаты теоретических расчетов [10, 11]. (рис. 5). Видно, что расхождение экспериментальных и расчетных данных лежит за пределами погрешности нашего эксперимента.

Авторы признательны С. Э. Фришу и Н. П. Пенкину за полезные обсуждения.

Литература

- [1] Л. Агню, С. Саммерс. Тез. докл. на VII Междунар. конф. по явлениям в ионизир. газах. Белград, 1965.
- [2] С. М. Гриднева, Г. А. Касабов. Тез. докл. на VII Междунар. конф. по явлениям в ионизир. газах, Белград, 1965.
- [3] I. Aarts, G. Bosch. *Physica*, **30**, 1673, 1964.
- [4] C. Corliss, W. Bozman. Experimental transition probabilities for spectral line of seventy elements. *Nat. Bur. Stand. Monograph.*, **53**, 1962.
- [5] O. S. Heavens. *J. Opt. Soc. Am.*, **51**, 1058, 1961.
- [6] P. M. Stone. *Phys. Rev.*, **127**, 1151, 1962.
- [7] M. Hertzberg, R. Holland. *J. Quant. Spectr. Radiat. Transfer.*, **5**, 313, 1965.
- [8] А. Н. Ключарев, А. В. Лазаренко. *Опт. и спектр.*, **30**, 1176, 1971.
- [9] R. Gupta, S. Chang, G. Tai, W. Harper. *Phys. Rev. Lett.*, **29**, 695, 1972.
- [10] В. П. Шевелько. Препринт ФИАН, **1**, М., 1970.
- [11] Э. М. Андерсон, В. А. Зилитис. *Опт. и спектр.*, **16**, 382, 1964.

Поступило в Редакцию 3 июля 1973 г.