Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 3

ФИЗИКА

В. С. ФУРСОВ, М. Н. ОГАНОВ и А. Р. СТРИГАНОВ

УШИРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ И СИЛА ОСЦИЛЛЯТОРОВ БЛАГОРОДНЫХ ГАЗОВ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 16 XII 1954)

Недавно Ланг ([1], [2]) экспериментально исследовал уширение спектральных линий неона в зависимости от его давления в разрядной трубке. При этом он обнаружил, что определенная группа линий, именно, линий, возникающих при переходах, оканчивающихся на уровень $1\,{}^1P_1$, испытывает особенно сильное уширение при повышении давления газа. Теоретического объяснения этому факту Ланг не нашел. Однако еще в 1936—1939 гг. В. С. Фурсов и А. А. Власов ([3], [4]) развили теорию уширения спектральных линий при повышении плотности однородного газа, исходя из которой легко можно найти объяснение указанного факта. Теоретические соображения показывают, что явление особенно сильного уширения спектральных линий, возникающих при переходе на уровень $1\,{}^1P_1$, должно быть общим для всех благородных газов. Поэтому нами были поставлены опыты по изучению ширины спектральных линий в аргоне, который практически является одноизотопным, благодаря чему исключается уширение линий за счет изотопического смещения *.

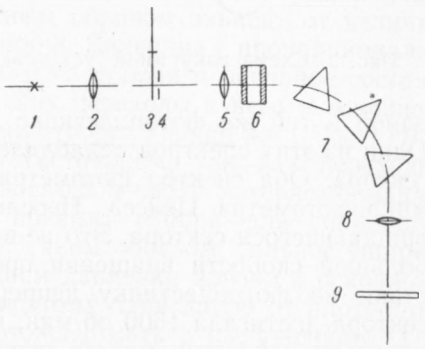


Рис. 1. Оптическая схема установки

1. Для измерения ширины линий аргона в зависимости от давления нами был использован интерферометр Фабри — Перо со стеклянными посеребренными пластинами, расстояние между которыми было выбрано равным 2 мм. Этот интерферометр скрещивался с трехпризменным стеклянным спектрографом Цейсса с камерой, объектив которой имел фокусное расстояние 840 мм, причем использовалась внутренняя установка интерферометра в параллельном световом пучке между объективом коллиматора и призмами.

На рис. 1 дана схема спектральной установки, которая была использована нами для проведения опытов. Установка состояла из источника света *1*, конденсора *2*, вращающегося сектора *3*, интерферометра *6* и спектрографа, в свою очередь состоящего из щели *4*, объектива коллиматора *5*, трех призм *7*, объектива камеры *8* и кассеты *9*.

Источником света служил газовый безэлектродный разряд, возбуждаемый в капиллярной разрядной трубке током высокой частоты. Внутренний диаметр капилляра был 1—1,5 мм, а его длина 50 мм. Для

* После того как опыты были закончены, нам стала известна третья статья Ланга ([5]), в которой упоминается, что автором произведены измерения и в аргоне, однако подробных результатов в этой статье не приводится.

охлаждения трубки на ее капилляр насаживалась особая медная крыльчатка, которая частично погружалась в жидкий воздух. Разрядная трубка была подсоединена к вакуумной установке, схема которой представлена на рис. 2. Трубка *1* тщательно обезгаживалась перед опытом при помощи форвакуумного *2* и паро-ртутного диффузионного *3* насосов. Наполнение трубки газом производилось из специального баллона с спектрально чистым аргоном *4* при помощи перепускных кранов *5, 6*. Для измерения давления применялись термопарный вакуумметр *7* и U-образные масляный *8* и ртутный *9* манометры с катетометрическим отсчетом уровней. Эти манометры позволяли последовательно измерять давления от 10^{-5} до 200 мм рт. ст. Ловушки с жидким воздухом *10, 11* применялись, соответственно, при откачке и при наполнении разрядной трубки. В качестве возбудителя разряда применялся высокочастотный генератор НИФИ ЛГУ, дающий ток частотой 6 Мгц.

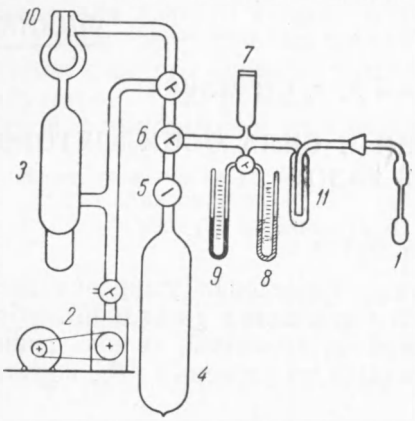


Рис. 2. Схема вакуумной установки

Для измерения ширины линий фотографировались два спектра на одной и той же фотопластинке при строго одинаковых условиях опыта. Один из этих спектров ослаблялся в два раза при помощи вращающегося сектора. Оба спектра фотометрировались при помощи регистрирующего микрофотометра Цейсса. Неослабленный спектр фотографировался без вращающегося сектора. Это не вносило ошибок в результаты, так как при большой скорости вращения прерывистый свет идентичен в своем действии на фотопластинку непрерывному свету ([6]). Скорость вращения сектора достигала 1500 об/мин, что превышает предел, который отвечает используемой нами области спектра. Время экспозиции при фотографировании было от 1 мин. до 1 часа в зависимости от давления и интенсивности исследуемых линий.

Ширина определялась непосредственно на фотометрической кривой по контуру линии между двумя точками, ординаты которых соответствуют максимуму почернения той же самой линии, но вдвое меньшей интенсивности ([1]). Измерения производились на компараторе Аббе. Для обработки результатов измерений применялся приближенный метод Макнира ([7]).

2. Нами были сфотографированы спектры аргона при давлениях 0,1; 46,7; 107; 186 мм рт. ст. и измерены ширины 7 спектральных линий. Результаты измерений приведены в табл. 1. Из полученных результатов видно, что линии 4510,7 и 4333,5 Å испытывают большее уширение при увеличении давления, чем остальные изученные нами линии. Эти две ли-

Таблица 1

Длина волны в Å	Классификация		Давления в мм рт. ст.			
	по Пашену	по Хунду	0,1	46,7	107	186
			Ширина линий в $см^{-1}$			
4510,7	$1s_2 - 3p_5$	$1\,^1P_1 - 3\,^3P_0$	0,397	0,488	0,612	
4333,5	$1s_2 - 3p_3$	$1\,^1P_1 - 3\,^3P_2$	0,412	0,471	0,594	0,697
4300,1	$1s_4 - 3p_4$	$1\,^3P_1 - 3\,^3D_2$	0,406		0,469	0,520
4272,1	$1s_4 - 3p_7$	$1\,^3P_1 - 3\,^3D_1$	0,410	0,441	0,478	0,527
4200,6	$1s_5 - 3p_9$	$1\,^3P_2 - 3\,^3D_3$	0,406	0,424		0,494
4181,8	$1s_3 - 3p_2$	$1\,^3P_0 - 3\,^3P_1$	0,412	0,432		0,510
4158,6	$1s_5 - 3p_6$	$1\,^3P_2 - 3\,^1D_2$	0,399			0,478

нии относятся к переходам на уровень 1 $^1P_1$. Если данные табл. 1 представить графически, то мы получим картину, аналогичную опубликованной в статьях ([1], [2]), относящихся к неону.

3. Ширина спектральной линии складывается из ширин начального и конечного уровней. На ширину энергетических уровней атомов влияют различные причины. В частности, в работах ([3], [4]) вычислено уширение уровней, обусловленное взаимодействием одинаковых атомов в газе. Эти вычисления показывают, что наибольшему уширению подвержены резонансные уровни, т. е. уровни, с которых существуют дипольные переходы в основное состояние. В соответствии с работой ([4]) ширина резонансного уровня, обусловленная взаимодействием одинаковых атомов при больших плотностях однородного газа, равна

$$\frac{3}{\pi}\frac{fe^2}{mc\,\omega_0}N. \qquad (1)$$

Здесь e и m — заряд и масса электрона; ω_0 и f — циклическая частота и сила осциллятора резонансной линии; N — число атомов в единице объема и c — скорость света. Ширина уровня здесь выражена в волновых числах.

Таким образом, ширина резонансного уровня растет пропорционально плотности газа, и этот рост существенным образом зависит от величины f — силы осциллятора резонансной линии. Величина f пропорциональна вероятности перехода с рассматриваемого уровня в основное состояние. Она велика для уровня 1 $^1P_1$, так как переходы с него в основное состояние $^1S_0$ разрешены всеми правилами отбора. Уровни же 1 $^3P_0$; 1 $^3P_1$; 1 $^3P_2$ слабо комбинируют с основным состоянием, так как переходы между ними и основным состоянием относятся к числу интеркомбинационных и являются запрещенными по правилу отбора для спинового числа, поэтому значение f для них мало. Таким образом, сильное уширение линий 4510,7 и 4333,5 Å с повышением давления аргона в основном определяется уширением уровня 1 $^1P_1$, поэтому зависящую от плотности часть ширины этих линий мы можем отождествить с выражением (1). Дифференцируя по плотности газа экспериментально полученную зависимость ширины спектральных линий разобранного типа, можно определить величину f — силу осциллятора резонансной линии, которая обычно для благородных газов лежит в далеком ультрафиолете. К сожалению, однако, экспериментально измеряется зависимость ширины от давления, а плотность газа N остается неизвестной из-за неточности знания температуры в разрядном канале, где происходит свечение. Если сделать предположение, что температура в разрядной трубке имеет порядок 1000° К, то из наших измерений получается $f \approx 0{,}5$, что является вполне разумным.

Поступило
13 XII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] K. Lange, Acta Physica Austriaca, **5**, 376 (1952). [2] K. Lange, Sitzungsber., **161 B**, 65 (1952). [3] В. С. Фурсов, А. А. Власов, ЖЭТФ. **6**, 751 (1936); Phys. Zs. d. Sowjetunion, **10**, 378 (1936). [4] В. С. Фурсов, А. А. Власов, ЖЭТФ, **9**, 783 (1939); J. of Phys., **1**, 335 (1939). [5] K. Lange, Spectrochimica Acta, **6**, 491 (1953). [6] Д. Гаррисон, Практическая спектроскопия, ИЛ, 1950. [7] С. Толанский, Спектроскопия высокой разрешающей силы, ИЛ, 1955.