

# Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1—1959

ЧЖАО ГУАН-ЦЗЭН

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИЗОТОПИЧЕСКОЙ И ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ РЕЗОНАНСНОЙ ЛИНИИ ЛИТИЯ

Целью настоящей работы явилось исследование интенсивности компонент тонкой и изотопической структуры резонансной линии лития  $\lambda 6708 \text{ \AA}$  в полем катодом в зависимости от силы тока и давления газа (аргона) с тем, чтобы найти оптимальные условия возбуждения для изотопного спектрального анализа лития.

Эксперимент проводился в разрядной трубке с полым катодом, охлаждаемой водой. Катод, изготовленный из железа, имел полость диаметром 7 мм и глубиной 15 мм. Расстояние между катодом и анодом равнялось 35 мм. Трубка наполнялась аргоном при давлении  $\approx 1 \text{ мм рт. ст.}$  Источником питания служил выпрямитель на 1000 вольт. В катод загружалось по 1 мг химически чистого карбоната лития  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .

В качестве прибора высокой разрешающей силы использовался эталон Фабри—Перо с диэлектрическими семислойными покрытиями ( $\text{ZnS} + \text{криолит}$ ). Коэффициент отражения зеркал в красной области составлял соответственно 92,9 и 95,3%. Поэтому фактор контрастности эталона [1] равнялся  $\approx 10^3$ . Было найдено, что пропускание этого эталона в 3 раза превосходит пропускание эталона с серебряными покрытиями. Монохроматором служил спектрограф ИСП-51 с камерой  $f = 270 \text{ мм}$ .

В естественной смеси отношение содержания  $\text{Li}^7$  и  $\text{Li}^6$  составляет 12,7. Вследствие малого эффективного заряда ядра лития тонкая дублетная структура резонансной линии  $\lambda 6708 \text{ \AA}$  (переход  $2^2S_{1-2} - 2^2P_{1/2, 3/2}$ ) очень мала и имеет одинаковый порядок величины с изотопическим смещением. Каждая компонента дублета разбивается на 2 линии  $\text{Li}^7$  и  $\text{Li}^6$ . Интенсивность компоненты, соответствующей переходу  $2^2S_{1/2} - 2^2P_{3/2}$ , в 2 раза больше, чем интенсивность компоненты перехода  $2^2S_{1/2} - 2^2P_{1/2}$ . Слабая компонента дублета ( $2^2S_{1/2} - 2^2P_{1/2}$ ) линии  $\text{Li}^7$  совершенно совпадает с сильной компонентой ( $2^2S_{1/2} - 2^2P_{3/2}$ ) линии  $\text{Li}^6$ . Сверхтонкая структура линии  $\lambda 6708 \text{ \AA}$  лития очень мала и не разрешается. В итоге резонансная линия лития состоит из

трех компонент, из которых две коротковолновые имеют большую интенсивность, а третья слаба [2—5].

В настоящей работе измерялись интенсивности трех компонент линии 6708Å при изменении давления аргона в трубке от 0,3 до 2 мм рт. ст. и силы тока в диапазоне от 20 до 70 ма. Толщина эталона Фабри—Перо бралась равной 4 мм. Марки почернений наносились с помощью ступенчатого ослабителя. Использовались фотопластины «Панхром» чувствительностью 32 ед. ГОСТа.

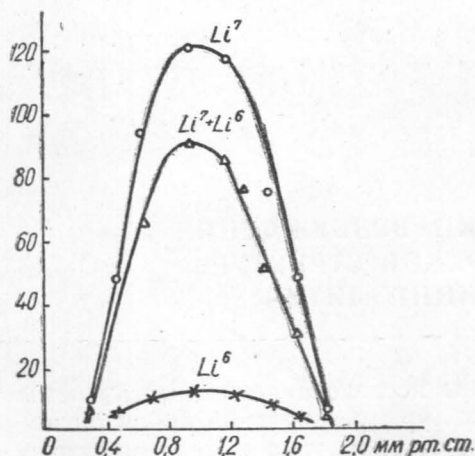


Рис. 1. Зависимость интенсивностей компонент  $\text{Li}^7$ ,  $\text{Li}^7 + \text{Li}^6$  и  $\text{Li}^6$  линии 6708Å от давления аргона (сила тока 35 ма)

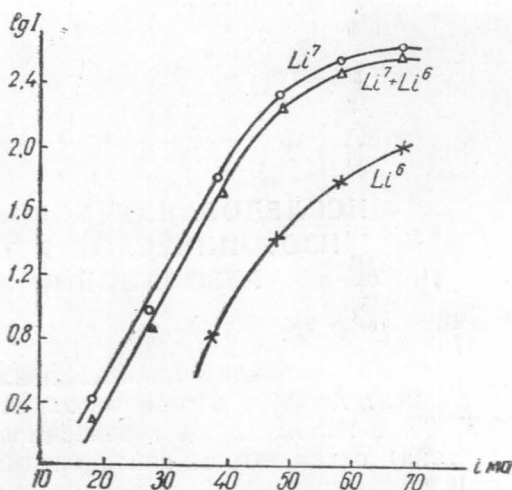


Рис. 2. Зависимость логарифма интенсивностей компонент  $\text{Li}^7$ ,  $\text{Li}^7 + \text{Li}^6$ ,  $\text{Li}^6$  линии 6708Å от силы тока (при давлении аргона 1 мм рт. ст.)

Зависимость интенсивности компонент от давления представлена на рис. 1. Интенсивности всех трех компонент достигают максимума при давлении аргона, равном 1 мм рт. ст.

Было найдено, что с увеличением силы тока интенсивности всех трех компонент растут очень быстро. При съемке спектрограмм экспозицию приходилось выбирать по закону  $2^n$ , то есть при токе 70 ма экспозиция была 2 сек., при токе 60 ма — 4 сек., 50 ма — 8 сек., и т. д. На рис. 2 приведена зависимость логарифма интенсивности компонент от силы тока (давление аргона в трубке поддерживалось равным 1 мм рт. ст.). Как видно из рисунка, с ростом тока  $\lg I$  увеличивается линейно вплоть до значения тока 45 ма, потом  $\lg I$  растет медленнее.

При силе тока 25 ма было достаточно экспозиции 8 мин., чтобы на пластинке вышли все три компонента (рис. 3).

Если обозначить интенсивности компонент  $\text{Li}^7$ ,  $\text{Li}^7 + \text{Li}^6$  и  $\text{Li}^6$  соответственно через  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$ , то величина  $\text{Li}^7/\text{Li}^6 = (I_2 - 2I_3)/I_3$  должна характеризовать отношение содержания изотопов в пробе. В наших измерениях эта величина довольно сильно отличалась от принятого значения, равного для естественной смеси 12,7. Это отклонение можно объяснить наличием самопоглощения в источнике света, а также некоторыми другими причинами.

Если в источнике света нет самопоглощения, то для отношения ин-

тенсивностей компонент дублета изотопа  $\text{Li}^7$  получается теоретическое значение  $I_1 / (I_2 - 2I_3) = 2$ . Фактически из наших измерений при токе 25 ма  $I_1 / (I_2 - 2I_3) = 1,84$ .

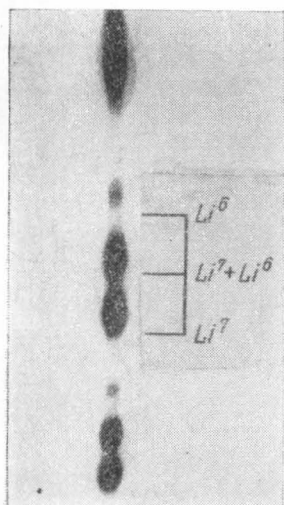


Рис. 3. Фотография линии лития 6708 Å с эталоном Фабри—Перо толщиной 4 мм. Сила тока 25 ма, экспозиция 8 мин.

Интенсивность в максимуме спектральных линий уменьшается вследствие эффекта Доплера. В охлаждаемом водой полом катоде доплеровская ширина линии 6708 Å лития вследствие его малого атомного веса составляет значительную величину  $2\delta\lambda = 0,034\text{Å}$ , большую, чем аппаратурная ширина эталона, которая равна  $0,023\text{Å}$ . Наличие доплеровского расширения линий искажает отношение интенсивностей компонент  $\text{Li}^7$  и  $\text{Li}^6$ . Ошибка, которая возникает вследствие этого обстоятельства, может быть оценена.

Дополнительную погрешность в измерения интенсивности компонент вносило несколько неравномерное распределение интенсивности внутри информационной картины. Учет неравномерного распределения интенсивности также может быть проведен.

В настоящей работе, однако, мы не стремились учесть последние две поправки.

В заключение автор пользуется случаем выразить искреннюю бла-

Как было показано Минковским [6], в сколько-нибудь интенсивных источниках света нельзя совершенно уничтожить самопоглощение.

Чтобы выяснить степень искажения истинной интенсивности спектральной линии вследствие самопоглощения, была исследована зависимость отношения интенсивности компонент  $I_1$  и  $I_2$  от силы тока. Данные измерений представлены на рис. 4. Значение  $I_1/I_2$  уменьшается с ростом силы тока. Этот результат согласуется с теоретическим исследованием Фриша [7], который указывает, что наличие реабсорбции в источнике света снижает отношение интенсивностей двух линий дублета, имеющих общий нижний уровень. Присутствие в компоненте  $I_2$  наложения компоненты  $\text{Li}^6$  действует также в сторону уменьшения  $I_1/I_2$ , так как для  $\text{Li}^6$  самопоглощение меньше. Из рис. 4 видно, что если продолжить график до пересечения с осью ординат (где ток равен 0), то мы получим значение отношения  $I_1/I_2 = 1,7$ . Это значение составляет 98% от теоретического.

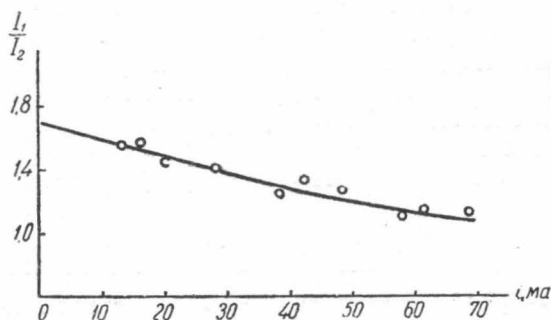


Рис. 4. Зависимость отношения интенсивностей компонент  $\text{Li}^7$  и  $\text{Li}^7 + \text{Li}^6$  линии 6708 Å от силы тока (при давлении аргона 1 мм от рт. ст.)

годарность профессору Ф. А. Королеву за предоставление возможности провести работу в его лаборатории на кафедре оптики МГУ, а также А. И. Одинцову за помощь в эксперименте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ф. А. Спектроскопия высокой разрешающей силы. ГИТТЛ, 1953, стр. 269.
2. Стриганов А. Р., Донцов Ю. П. УФН, 55, 319, 1955.
3. Стриганов А. Р. УФН, 58, 365, 1956.
4. Ornstein L., Vrieswijk J., Wolfsohn G. Physica, 1, 53, 1934.
5. Meissner K., Mundie L., Stelson R. Phys. Rev., 74, 932, 1948.
6. Minkowski R. Z. Phys. 63, 188, 1930.
7. Фриш С. Э. Изв. АН СССР, 14, 711, 1950.

Поступила в редакцию  
12. 6 1958 г.