

РЕЗОНАНСНОЕ УШИРЕНИЕ ЛИНИИ L_α ВОДОРОДА

В. В. Скидан и Е. Я. Шрейдер

Методом оптического поглощения исследована ширина дисперсионного контура резонансной линии водорода L_α .

В настоящей работе методом оптического поглощения измерялась ширина дисперсионного контура резонансной линии водорода L_α .

Известно, что при отсутствии посторонних газов и при низких концентрациях электронов

$$\gamma = \gamma_{ст.} + \gamma_{ест.}, \quad (1)$$

где γ — ширина дисперсионного контура, $\gamma_{ст.}$ — ширина, обусловленная резонансными столкновениями, $\gamma_{ест.}$ — естественная ширина спектральной линии.

$\gamma_{ест.}$ для резонансной линии равна вероятности соответствующего перехода, а $\gamma_{ст.}$ можно найти по формуле [1]

$$\gamma_{ст.} = K \frac{e^2}{mc} N \lambda f_{01} \sqrt{\frac{2J_0 + 1}{2J + 1}}, \quad (2)$$

где K — константа уширения, e и m — заряд и масса электрона, c — скорость света, N — концентрация нормальных атомов, λ — длина волны, f_{01} — сила осциллятора, J_0 и J — статистические веса соответственно нижнего и верхнего состояний.

Для определения γ измерялось поглощение на краю резонансной линии водорода λ 1216 Å.

Как известно, при $\omega > 6$, $\left(\omega = \frac{2\sqrt{\ln 2}(\nu_0 - \nu)}{\Delta\nu_D}\right)$ коэффициент поглощения K_ν определяется следующей формулой [2]

$$K_\nu = \frac{\pi e^2}{mc} N f \frac{\gamma_{ст.} + \gamma_{ест.}}{4\pi^2(\nu_0 - \nu)^2}, \quad (3)$$

где $\nu_0 - \nu$ — расстояние от центра линии поглощения по шкале частот, $\Delta\nu_D$ — доплеровская ширина линии поглощения.

Для измерения коэффициента поглощения через кювету 2, содержащую атомарный водород (рис. 1), пропускался свет от высокочастотного разряда 3, возбуждаемого в смеси гелия с дейтерием (1% дейтерия при общем давлении смеси ~0.7 тор). Излучение регистрировалось открытым фотоумножителем ВЭУ, нечувствительным к длинноволновой радиации. В этих условиях практически регистрировалось только излучение L_α (более коротковолновое излучение срезалось окнами из фтористого лития). Изотопическое смещение для L_α составляло 0.33 Å и таким образом поглощение измерялось на расстоянии 0.33 Å от ее центра.

Разрядная трубка для получения атомарного водорода была сделана из стекла пирекс и охлаждалась мощной воздушной струей. Водород откачивался из центральной части разрядной трубки со скоростью 4 м/сек., давление измерялось масляным манометром.

Водород был полностью диссоциирован. В этом можно было убедиться, исследуя зависимость поглощения от силы тока. При малых токах с ростом тока поглощение возрастало, затем наступало насыщение. Измерения

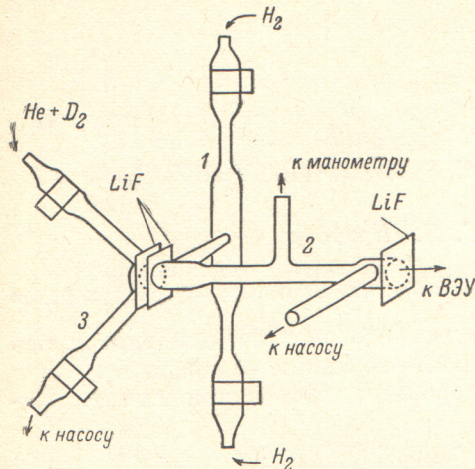


Рис. 1. Схематическое изображение разрядных трубок и поглощающей кюветы.

1 — разрядная трубка для получения атомарного водорода, 2 — поглощающая кювета, 3 — эмиссионная разрядная трубка.

велись при таких токах, когда дальнейшее увеличение тока не вызывало увеличения поглощения. О полной диссоциации можно было судить также и визуальным путем, пользуясь критерием Вуда [3]; трубка казалась темной при рассмотрении ее через фильтр, пропускающий линии спектра атомарного водорода.

При проведении экспериментов применялись две поглощающие кюветы, длиной 4 и 10 см, они помещались на расстоянии нескольких сантиметров от разрядной трубки, в которой получался атомарный водород. Окна поглощающей кюветы и эмиссионной разрядной трубки были сделаны из фтористого лития. Схема регистрации и используемая аппаратура описаны в нашей предыдущей статье [4]. Измерения проводились

при токах 300—400 ма и давлениях от 0.3 до 0.85 тор.

Легко показать, что преобразование формул (2) и (3) приводит к следующей зависимости:

$$\frac{K_v}{p} = 2.06 \cdot 10^{-3} (8.15 K p + 10^{-8} \gamma_{\text{ест.}}), \quad (4)$$

где давление выражено в торах, температура принята равной 290° К. При расчетах по формуле (2) линия L_α рассматривалась, как слившийся мультиплет; вместо $\frac{2J_0 + 1}{2J + 1}$ подставлялось отношение статистических весов термов. Аналогичное приближение используется Али и Гримом [5].

На рис. 2 построена прямая линия, соответствующая нашим экспериментальным данным. Каждая точка на кривой получена в результате усреднения 5—10 измерений. Прямая проведена по методу наименьших квадратов. По графику можно найти константу уширения K и $\gamma_{\text{ест.}} = (5.6 \pm 0.6) \cdot 10^8$, что согласуется с теоретической величиной $4.68 \cdot 10^8$ [6]. $K = 2.3 \pm 0.2$. По измеренной константе K определялось $\gamma_{\text{ст.}}$ и σ — поперечное сечение столкновения нормальных атомов водорода с возбужденными.

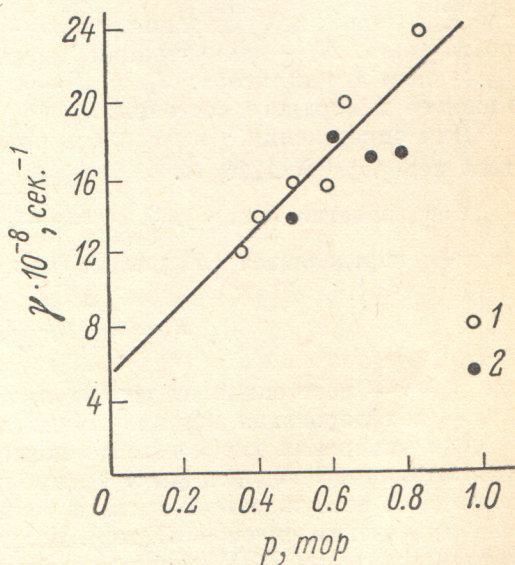


Рис. 2. Зависимость ширины дисперсионного контура γ от давления.

1 — поглощающая кювета длиной 4 см, 2 — поглощающая кювета длиной 10 см.

$$\gamma_{\text{ст.}} = 2\sigma N\bar{v}, \quad (5)$$

где \bar{v} — средняя скорость атомов. $\sigma = (0.8 \pm 0.2) \cdot 10^{-13}$ см². Полученное значение σ на несколько порядков превышает газокинетическое.

В отличие от серии работ Вона [7] по измерению ширины линий инертных газов нами показано, что экстраполяция прямой $\gamma = f(p)$ до $p = 0$ является законной и приводит к правильным значениям $\gamma_{\text{ест.}}$. В работах Пенкина и Шабановой [8] по измерению констант уширения отрезок, отсекаемый на оси ординат, также соответствует $\gamma_{\text{ест.}}$. В статье Христова [9] показано, что $\gamma_{\text{ест.}}$ линейно зависит от давления и прямая проходит через начало координат, т. е. при низких давлениях не возникает дополнительное уширение, как предполагает Вон [7].

Константа K , измеренная в наших опытах, несколько завышена по сравнению с расчетами Омонта [1] и экспериментальными данными Пенкина и Шабановой [8].

Если константа уширения K известна, то по измеренному поглощению линии L_{α} дейтерия атомарным водородом можно найти концентрацию нормальных атомов водорода независимо от способа получения атомарного водорода. Предлагаемый метод применим при длине поглощающего слоя несколько сантиметров, при концентрациях водорода выше 10^{16} см⁻³.

В заключение мы благодарим А. Н. Зайделя за обсуждение результатов работы.

Литература

- [1] A. O m o n t. *Compt. Rend.*, 262B, 190, 1966.
- [2] А. Митчелл, М. Земанский. Резонансное излучение и возбужденные атомы, 116. ОНТИ, 1937.
- [3] R. W. W o o d. *Phil. Mag.*, 42, 729, 1921.
- [4] В. В. Скидан, Е. Я. Шрейдер. *Опт. и спектр.*, 27, 532, 1969.
- [5] A. W. A l i, H. R. G r i e m. *Phys. Rev.*, 140A, 1044, 1965.
- [6] К. У. Аллен. *Астрофизические величины*, 82. ИЛ, М., 1960.
- [7] J. M. V a u g h a n. *Phys. Rev.*, 166, 13, 1968.
- [8] Н. П. Пенкин, Л. Н. Шабанова. *Опт. и спектр.*, 26, 346, 1969.
- [9] Н. Н. Христов. *Вестн. ЛГУ*, № 10, 26, 1969.

Поступило в Редакцию 3 октября 1969 г.