

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СТОЛКНОВИТЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДА  
 $2^1S - 2^1P$  В He ПО УШИРЕНИЮ ЛИНИИ HeI 2058 НМ В ПЛАЗМЕ

М. А. Мазинг, В. А. Слемзин, А. П. Шевелько, М. А. Ларина ✓

УДК 533.92+539.184

Скорость перехода  $2^1S - 2^1P$  в HeI при столкновениях с электронами определена из штаркковской ширины линии 2058 нм в плазме с плотностью электронов  $4-7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  и температурой 3 эв. Результат хорошо согласуется с расчетом методом Борна с нормировкой.

Скорости переходов между возбужденными состояниями атомов при столкновениях с электронами могут быть определены по штаркковскому уширению спектральных линий в плазме /1/. Ранее таким методом были найдены значения  $\langle v\sigma \rangle^*$  переходов  $3^1S - 3^1P$  и  $3^3S - 3^3P$  в He в плазме импульсного разряда /2/. В настоящей работе приводятся результаты определения скорости перехода  $2^1S - 2^1P$  в He по уширению линии 2058 нм ( $2^1P - 2^1S$ ) в тех же условиях. Штарковская ширина линии 2058 нм практически полностью определяется взаимодействием уровней  $2^1S$  и  $2^1P$ . При температуре электронов  $kT_e \sim 3$  эв основной вклад в  $\langle v\sigma \rangle$  дает область максимума сечения перехода  $2^1S - 2^1P$ , которая представляет наибольший интерес для сопоставления с теорией.

Экспериментальная установка и методика измерений описаны в /2-4/. Контур линии 2058 нм сканировался по точкам от импульса к импульсу монохроматором с дифракционной решеткой (дисперсия 23 Å/мм). Приемником излучения служил охлаждаемый жидким азотом кристалл InSb. Параметры плазмы аналогичны приведенным в /2/. В интервале давлений гелия 6-12 тор плотность электронов  $N_e$  на оси разряда в момент достижения максимума интенсивности линии составляла  $4-7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Электронная температура равнялась

\*  $\langle v\sigma \rangle$  - скорость перехода, усредненная по максвелловскому распределению электронов по скоростям  $v$ .

$3,0 \pm 0,1$  эв. Электронная ударная ширина  $\gamma_e$  определялась из экспериментально измеренной ширины  $\gamma$  исключением вклада аппаратного и доплеровского уширения (температура атомов полагалась равной 3 эв). Аппаратная функция имела гауссовскую форму с полушириной 1,8 Å. Измеренная ширина линии составляла 5–8 Å. Оптическая толщина плазмы для центра линии 2058 нм, как следует из результатов работы /4/, в наших условиях не превышает 0,2, и дополнительное уширение из-за самопоглощения не более 6%. Усредненная по 40 контурам величина  $\gamma_e/N_e$  равна  $0,95 \pm 0,14 \text{ Å}/10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Погрешность определялась, в основном, ошибками в определении ширины  $\gamma$ , плотности электронов  $N_e$  и неоднородностью излучающего объема.

Электронная ударная ширина линии 2058 нм обусловлена, главным образом, неупругими переходами  $2s - 2p$  и  $2p - 2s$ . В соответствии с /1,2/ приближенно выполняется соотношение

$$\langle v\sigma \rangle_{2s-2p} + \langle v\sigma \rangle_{2p-2s} = A\epsilon\gamma_e/N_e. \quad (I)$$

Здесь коэффициент  $A$  учитывает вклад упругого рассеяния в ширину линии и может быть рассчитан при помощи неадиабатической теории уширения /5/. В нашем случае  $A = 0,76$ . Коэффициент  $\epsilon$  учитывает относительный вклад неупругих переходов  $2s \rightleftharpoons 2p$  в полную ширину линии  $\gamma_e$  и может быть вычислен теоретически различными способами. Неадиабатическая теория уширения /5/ дает  $\epsilon = 0,97$ . Используя для расчета  $\langle v\sigma \rangle$  метод Борна с нормировкой /6/ и ограничиваясь переходами на уровни  $3s, 3p, 3d$  (переходы на уровни с  $n = 4$  существенно слабее), получаем  $\epsilon = 0,84$ . Анализ обоих способов показывает, что первое значение, видимо, завышено, а второе – занижено. Мы взяли промежуточное значение  $\epsilon = 0,90$ . Величина  $\langle v\sigma \rangle$  перехода  $2^1s - 2^1p$ , полученная с помощью (I) из экспериментального значения  $\gamma_e/N_e$ , равна  $(0,20 \pm 0,03) 10^{-5} \text{ см}^3 \text{сек}^{-1}$ .

Таблица I

Переход	$\gamma_e/N_e \cdot 10^{-5}$ $\text{см}^3 \text{сек}^{-1}$	$\langle v\sigma \rangle \cdot 10^{-5} \text{ см}^3 \text{сек}^{-1}$		
		экспер.	Борн	норм. Борн
$2^1s - 2^1p$	$0,42 \pm 0,06$	$0,20 \pm 0,03$	0,38	0,23

В таблице I приводятся экспериментальные результаты и величина  $\langle v\sigma \rangle$ , вычисленная теоретически методом Борна и методом Борна с нормировкой /6/. Из сравнения видно, что обычный метод Борна дает завышенную величину  $\langle v\sigma \rangle$ . Расчет методом Борна с нормировкой позволяет получить хорошее согласие с экспериментом. Аналогичный результат был получен в /2/ для переходов  $3S - 3P$ .

Авторы признательны Л. А. Вайнштейну и Е. А. Юкову за обсуждение результатов.

Поступила в редакцию  
4 марта 1974 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. И. И. Собельман. ЖЭТФ, 48, 965 (1965).
2. М. А. Мазинг, В. А. Слемзин. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 4, 42 (1973).
3. М. А. Мазинг, В. А. Слемзин. Опт. и спектр., 36, 44 (1974).
4. М. А. Мазинг, В. А. Слемзин. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 3, 37 (1973).
5. В. А. Алексеев, Е. А. Юков. Препринт ФИАН № 87, 1968 г.
6. Л. А. Вайнштейн, В. П. Шевелько. Препринт ФИАН № 87, 1970 г.