

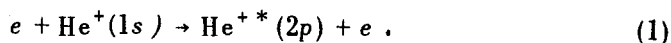
## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ РЕЗОНАНСНОЙ ЛИНИИ ИОНА ГЕЛИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ИОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

*А.И. Дашенко, И.П. Запесочный, А.И. Ижре*

Методом пересекающихся модулированных электронного и ионного пучков измерена функция возбуждения резонансной линии  $\lambda = 30,4$  нм иона гелия. Полученные экспериментальные результаты сравниваются с расчетами в первом и во втором кулон-борновском приближениях и в приближении сильной связи.

Сведения об особенностях и сечениях возбуждения энергетических уровней иона гелия имеют принципиальное значение для теории медленных электронных столкновений, они также важны для решения многих прикладных задач. Между тем экспериментальное исследование этого процесса, как и вообще элементарных процессов при электронно-ионных столкновениях, представляет чрезвычайно сложную задачу. Что касается ионов гелия, то здесь эксперимент еще более усложняется из-за того, что излучение с наиболее эффективно возбуждаемых нижних уровней попадает в вакуумную ультрафиолетовую область спектра. Очевидно поэтому в литературе известна лишь одна экспериментальная работа [1], по возбуждению метастабильного  $2s$ -уровня  $He^+$  электронным ударом.

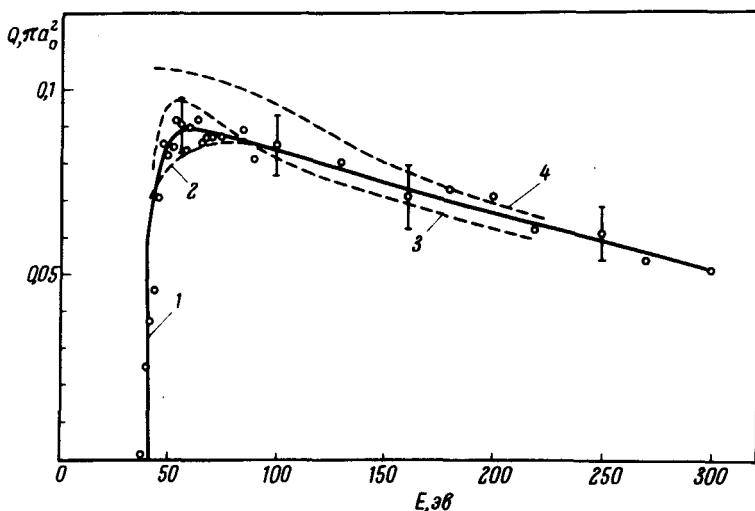
В данном сообщении приводятся впервые полученные результаты о характере возбуждения резонансной линии иона  $He^+$   $\lambda = 30,4$  нм, являющейся следствием оптически разрешенного перехода  $1s - 2p$  в процессе:



Исследование выполнено на существенно модернизированной масс-спектрометрической установке с пересекающимися пучками, на которой ранее проводились эксперименты по изучению возбуждения лазерных линий  $Ag II$  и  $Kr II$  при электронно-ионных столкновениях [2].

Ионы гелия вытягивались электрическим полем из газоразрядного источника и, пройдя через камеру 180-градусного масс-спектрометра с неоднородным магнитным полем, попадали затем в дифференциально откачиваемую камеру столкновений, где пересекались под прямым углом электронным пучком. Концентрация ионов гелия в области пересечения пучков при энергии  $14$  кэв была  $\sim 10^8$  см $^{-3}$ , а плотность тока электронов в диапазоне энергий  $30 - 300$  эв равнялась  $\sim 10^{-2}$  а/см $^2$ . Энергетическая неоднородность электронов на полувысоте кривой распределения составляла  $\sim 2$  эв.

Резонансное излучение выводилось из камеры столкновений с помощью изготовленного в нашей лаборатории вакуумного монокроматора скользящего падения лучей (эффективная область спектра 25 – 70 нм) и затем детектировалось вторичным электронным умножителем в режиме счета отдельных фотоэлектронов. Для выделения полезного сигнала из фона, обусловленного столкновениями электронов и ионов с остаточным газом, использовалась методика двойной модуляции электронного и ионного пучков прямоугольными фазосдвинутыми импульсами с синхронной регистрацией на два счетных канала [3].



Энергетическая зависимость сечения возбуждения 2p-уровня  $\text{He}^+$ : 1 – экспериментальная кривая; 2 – расчет во втором кулон-борновском приближении [5], 3 – расчет в приближении сильной связи [6]; 4 – расчет в первом кулон-борновском приближении [5]

Результаты наших измерений энергетической зависимости эффективности возбуждения резонансной линии  $\text{HeII}$  представлены на рисунке. На экспериментальной кривой показан 90%-й доверительный интервал относительных измерений. Калибровка энергии электронов в пересекающихся пучках производилась по хорошо фиксируемому порогу возбуждения резонансной линии нейтрального атома гелия  $\lambda = 58,4 \text{ нм}$ . Появление излучения несколько ранее порога процесса (1), равного 40,8 эв, объясняется имеющимся энергетическим разбросом электронов в пучке. Поэтому непосредственно у порога произведено исправление хода экспериментальной кривой, исходя из учета распределения электронов по энергиям и конечности величины сечений возбуждения ионов в пороге. Возможный вклад в заселение резонансного уровня за счет спонтанных переходов с более высоких уровней не должен быть большим (например, для аналогичного уровня атома водорода он составляет около 10% [4]). Поэтому можно полагать, что полученная нами кривая фактически воспроизводит функцию возбуждения резонансного уровня иона гелия. Это дает основание для сравнения эксперимента с теорией по электронному возбуждению 2p-уровня  $\text{He}^+$ .

На рисунке результаты эксперимента сопоставлены с имеющимися в литературе расчетами в первом и во втором кулон-борновском приближениях [5], а также в приближении сильной связи [6]. При этом экспериментальная кривая нормировалась к расчету во втором кулон-борновском приближении при энергии электронов 217 эв. Как видно из рисунка, ход экспериментальной кривой хорошо повторяет энергетическую зависимость возбуждения уровня, рассчитанного во втором кулон-борновском приближении, уже начиная с энергии электронов около 100 эв. При меньших энергиях экспериментальные данные находятся в промежутке между расчетными значениями, полученными в приближении сильной связи и во втором кулон-борновском приближении.

Ужгородский  
государственный университет

Поступила в редакцию  
15 января 1974 г.

### Литература

- [1] D. F. Dance, M. F. A. Harrison, A. C. H. Smith. Proc. Roy. Soc. (London), A-290, 74, 1966.
  - [2] И. П. Запесочный, А. И. Имре, А. И. Дашенко, В. С. Вукстич, Ф. Ф. Данч, В. А. Кельман, ЖЭТФ, 63, 2000, 1972.
  - [3] А. И. Дашенко, Э. П. Стахно, А. И. Имре. ПТЭ, №4, 196, 1972.
  - [4] D. J. T. Morrison, M. R. H. Rudge. Proc. Phys. Soc., 89, 45, 1966.
  - [5] A. Burgess, D. G. Hummer, J. A. Tully. Philos. Trans. Roy. Soc. (London), A266, №1175, 225, 1970.
  - [6] P. G. Burke, D. D. McVicar, K. Smith. Proc. Phys. Soc., 83, 397, 1964.
-