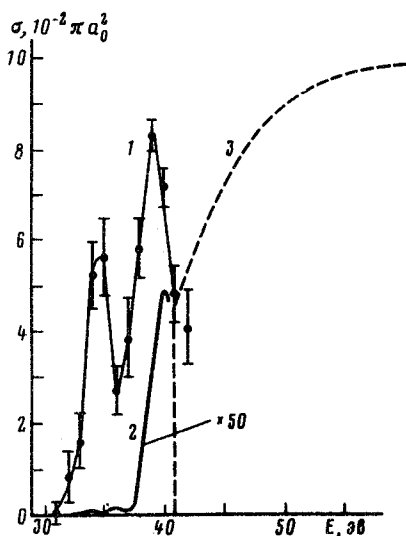


## ДИЭЛЕКТРОННАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ ИОНА ГЕЛИЯ

И.П.Запесочный, Я.Н.Семенюк, А.И.Дашенко,  
А.И.Имре, А.И.Запесочный

В работе впервые наблюдалась диэлектронная рекомбинация иона гелия в условиях пересекающихся пучков. На энергетической зависимости сечения процесса обнаружены два максимума, а величина сечения диэлектронной рекомбинации сравнима с сечением возбуждения резонансного уровня иона гелия.

Диэлектронная рекомбинация (ДР) играет важную роль в астрофизической и лабораторной плазме, однако до последнего времени она изучалась на основе анализа параметров плазмы, в основном теоретически (см. обзор <sup>1</sup>). Для полного понимания механизма этого процесса необходимы экспериментальные данные по сечениям ДР, которые позволили бы также оценить степень применимости различных расчетов. Прямые экспериментальные исследования ДР связаны с рядом трудностей и до настоящего времени выполнены лишь для некоторых тяжелых однозарядных ионов <sup>2, 3</sup>, что существенно затрудняет их теоретическую интерпретацию. В этой связи значительный интерес представляет простейший ион —  $He^+$ . Детальный расчет сечения ДР иона гелия проведен в работе <sup>4</sup>.



Энергетические зависимости сечения диэлектронной рекомбинации (1 — наши данные, 2 — расчет <sup>4</sup>) и сечения возбуждения 2p-уровня иона гелия (3 — эксперимент <sup>5</sup>)

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты исследования ДР в условиях пересекающихся пучков электронов и ионов  $He^+$ . Эксперимент проведен на установке, описанной ранее <sup>5</sup>, при следующих условиях. Пучок ионов с энергией 13 кэВ и плотностью тока  $8 \cdot 10^{-4}$  А/см<sup>2</sup> в условиях высокого вакуума ( $\sim 10^{-7}$  мм. рт. ст.) пересекался под прямым углом электронным пучком с плотностью тока  $2 \cdot 10^{-2}$  А/см<sup>2</sup> (диапазон энергий 30 ÷ 50 эВ) и с интервалом энергетической неоднородности в 2,5 эВ. Излучение наблюдалось под углом 90° к плоскости пересечения пучков и разделялось вакуумным монохроматором скользящего падения лучей с обратной линейной дисперсией 1 нм/мм. Детектором излучения служил вторичный электронный умножитель, работающий в режиме счета. Выделение полезного сигнала при соотношении сигнал/фон 1/7 ÷ 1/23, обеспечивалось применением методики модуляции пучков фазосдвинутыми импульсами.

В итоге проведенных экспериментов установлено, что при энергиях электронов, меньших порога возбуждения резонансного уровня иона гелия (40,8 эВ), наблюдается излучение в области 30 – 32 нм, возникающее лишь при наличии ионов гелия в камере столкновений. Ранее, в экспериментах по прохождению пучка быстрых ионов гелия через фольгу<sup>6</sup>, также наблюдалось большое число спектральных линий в области 30 – 32 нм, отождествленных с оптическими переходами с дваждывозбужденных состояний HeI. Применение в наших экспериментах широкой (2 мм) входной щели монохроматора (из-за малых концентраций ионов и электронов и, следовательно, малого полезного сигнала) не позволило разделить наблюдаемое излучение по длинам волн.

Измеренная энергетическая зависимость интенсивности излучения представлена на рисунке. Точки на экспериментальной кривой являются результатом усреднения 5 – 7 измерений, для набора удовлетворительной статистики время измерения одной точки составляло 1000 с и более. Вертикальными отрезками обозначена среднеквадратичная погрешность относительных измерений. Как видно, на кривой наблюдаются два максимума (при энергиях электронного пучка 35 и 39 эВ), которые (с учетом энергетической неоднородности электронов) коррелируют с группами низко- и высоколежащих дваждывозбужденных состояний HeI, сходящихся к порогу  $n = 2$  HeII<sup>7</sup>.

С целью определения абсолютной величины сечения ДР интенсивность исследуемого излучения сравнивалась при одинаковых экспериментальных условиях с интенсивностью излучения резонансной линии HeII, сечение возбуждения которой известно с достаточной точностью<sup>5</sup>. Определенное таким образом сечение возбуждения диэлектронных сателлитов оказалось в максимуме величиной одного порядка с прямым возбуждением резонансной линии HeII.

Сравнение наших результатов с данными работы<sup>4</sup>, в которой сечение ДР иона гелия рассчитано с учетом 50 состояний  $2snl$  и  $2pnl$  ( $n \leq 5$ ) показало, что экспериментальная величина сечения ДР превышает теоретическую более чем на порядок. Отметим, что подобная ситуация имеет место и для сечения ДР иона  $Mg^+$ . Правда, для этого случая в расчетах учитывалось существенно больше дваждывозбужденных состояний MgI (до  $n \leq 64$ )<sup>3</sup>, и расхождение в экспериментальном и теоретическом сечениях ДР оказалось меньшим, чем для иона гелия.

Ужгородский  
государственный университет

Поступила в редакцию  
19 ноября 1983 г.

#### Литература

1. Dubau J., Volante S. Rep. Progr. Phys., 1980, **43**, 199.
2. Алексахин И.С., Запесочный А.И., Имре А.Т. Письма в ЖЭТФ, 1978, **28**, 576.
3. Belic D.S., Dunn G.H., Morgan T.J., Mueller D.W., Timmer C. Phys. Rev. Lett., 1983, **50**, 339.
4. Zatsarinny O.I., Lengel V.I., Sabad E.P. XIII ICPEAC, Abstract of Contributed Papers, Berlin, 1983, 749.
5. Дашенко А.И., Запесочный И.П., Имре А.И., Вукстич В.С., Данч Ф.Ф., Кельман В.А. ЖЭТФ, 1974, **67**, 503.
6. Berry D.H., Desesquelles J., Dufau M. Phys. Rev. A., 1972, **6**, 600.
7. Shearer-Izumi W. Atom. Data and Nucl. Data Tables, 1977, **20**, 531.