

РЕЗОНАНСЫ В СЕЧЕНИИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИОНА КАЛИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ УДАРОМ

*А. И. Запесочный, И. С. Алексашин, И. П. Запесочный
А. И. Имре*

Впервые исследован процесс возбуждения иона одного из щелочных элементов — калия электронным ударом. На энергетической зависимости выхода излучения с резонансных уровней K^+ обнаружено три острых максимума. Предполагается, что их появление обусловлено захватом бомбардирующего электрона на автоионизационные уровни нейтрального атома, распад которых приводит к резкому увеличению заселенности нижних возбужденных состояний иона.

Исследования неупругих процессов, возникающих при взаимодействии ионов (в том числе металлических элементов) с электронами, представляют значительный интерес для физики атома, физики плазмы и ее приложений. Имеется ряд работ, посвященных изучению ионизации и возбуждения ионов электронным ударом (см. обзор [1]). В частности, детально изучен процесс возбуждения нижних уровней ионов щелочноземельных металлов [2, 3]. Однако в литературе до сих пор отсутствуют какие-либо теоретические или экспериментальные работы по возбуждению щелочных ионов электронным ударом. Причина этого кроется в трудностях эксперимента, обусловленных сравнительно малыми сечениями возбуждения этих объектов и тем, что излучение резонансных линий этих ионов попадает в область вакуумного ультрафиолета.

В нашей лаборатории серией предыдущих работ, выполненных в последние годы, подготовлены условия для проведения таких исследований. В настоящем сообщении представлены первые результаты по исследованию электронного возбуждения резонансных уровней иона одного из щелочных элементов — калия путем детектирования излучения с λ 60,1; 60,8 и 61,3 нм.

Для этой цели была создана установка с пересекающимися электронным и ионным пучками, в основных чертах аналогичная описанной в работе [3]. Одной из существенных ее модернизаций была замена обычного серийного монохроматора для видимой области спектра на специальный вакуумный монохроматор с соответствующей системой детектирования полезного сигнала, описание которых можно найти в [4].

График энергетической зависимости выхода суммарного резонансного излучения, соответствующего переходам с $4s$ [$3/2$] $^\circ$, $3d$ [$1/2$] $^\circ$ и $4s'$ [$1/2$] $^\circ$ -уровней иона K^+ в его основное состояние $3p^6$ $1S_0$, представлен на рис. 1. Заметим, что в проведенных экспериментах отношение полезный сигнал/фон изменялось от 1/6 (в припороговой области энергий электронов) до 1/50 (при энергии электронов 150 – 200 эВ). Поэтому детектирование ВУФ излучения было возможным только при одновременной модуляции электронного и ионного пучков. Для получения

удовлетворительной статистики одно измерение продолжалось 300 ± 500 сек, а за весь цикл измерений в течение 10 ± 15 часов удавалось получить не более 20 точек. Поэтому совокупность более шестидесяти точек на кривой есть результат целой серии экспериментов, при этом каждая из экспериментальных точек на рис. 1 была получена в результате усреднений 5 ± 10 отдельных измерений. Для получения достоверных результатов параметры эксперимента воспроизводились от одних измерений к другим, в противном случае делалась поправка на изменение величины тока пучков, времени экспозиции и т. п. Калибровка энергетической шкалы осуществлялась с точностью $\pm 0,5$ эВ. Вертикальными отрезками показана средняя квадратичная погрешность измерений.

Как видно из рис. 1, полученная функция возбуждения, кроме широкого максимума в области 40 эВ и плавного спада за ним вплоть до 200 эВ, имеет три острых максимума сразу за порогом возбуждения резонансных уровней иона калия. Ширина этих максимумов зависит от степени моноэнергетичности электронного пучка и с повышением энергетической однородности они становятся еще более узкими. При этом ширина первого максимума совпадает с величиной энергетической неоднородности электронного пучка.

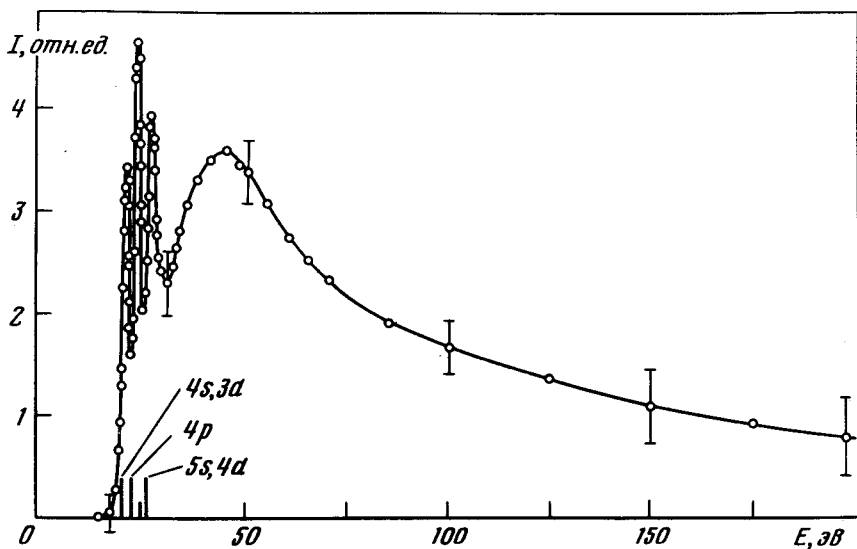
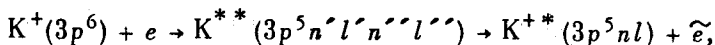


Рис. 1. Функция возбуждения резонансного излучения иона K^+

Как это следует из рис. 2, положения этих максимумов соответствуют энергии возбуждения резонансных $4s$ - и $3d$ -уровней и двух узких групп вышележащих $4p$ -уровней и $5s$ -, $4d$ -уровней. Это обстоятельство свидетельствует в пользу того, что происхождение второго и третьего максимумов обусловлено каскадным заселением резонансных уровней иона калия. Однако ранее [1] никем не наблюдалась такая резонансная зависимость от энергии сечения возбуждения нер-

зональных уровней иона электронным ударом. Это, в свою очередь, наводит на мысль, что появление острых максимумов является следствием не прямого возбуждения энергетических уровней иона калия электронным ударом, а процесса захвата электрона ионом с образованием автоионизационных атомарных состояний, распад которых (за счет эффекта Костера – Кронига) приводит к образованию обычных возбужденных ионных состояний



где \tilde{e} – испущенный электрон. В свете этой реакции механизм возникновения трех острых максимумов на кривой возбуждения представляется следующим. Первый образуется за счет автоионизационных состояний атома (см. рис. 2), которые близко примыкают к резонансным

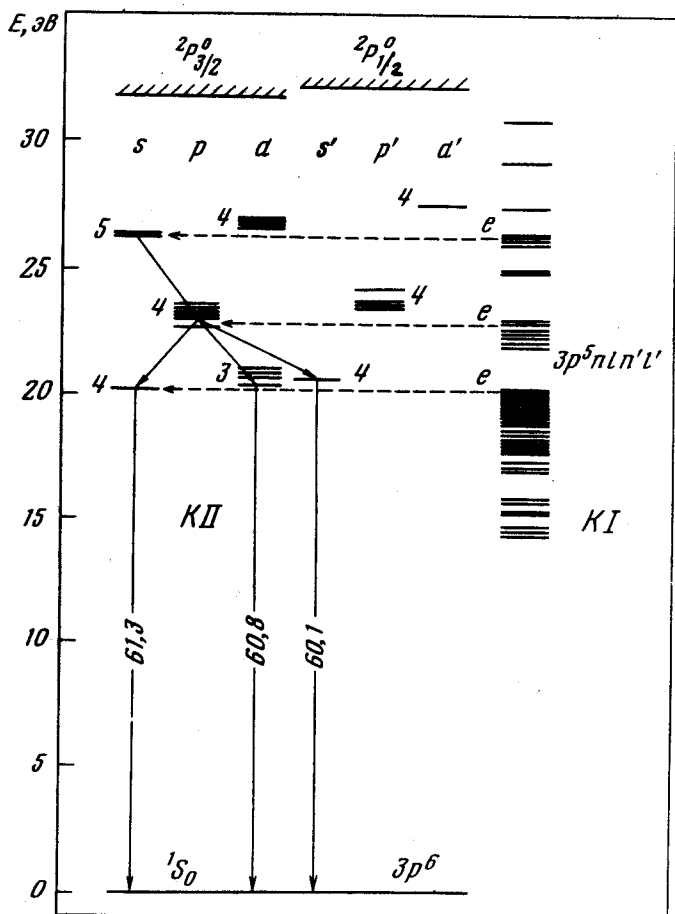


Рис. 2. Схема уровней К II и автоионизационных состояний К I

уровням иона, второй и третий максимумы возникают за счет соответствующих автоионизационных состояний, примыкающих к вышележащим $4p$ -, $5s$ - и $4d$ -уровням. Данная нами интерпретация подкрепляет

ся результатами работы по спектрам фотопоглощения калия [5], в которой установлено наличие большого количества (свыше 100) автоионизационных состояний, лежащих в интервале энергий от 14,5 до 31 эВ (при отсчете энергий от основного состояния иона).

В итоге можно констатировать, что эффективный захват бомбардирующих электронов ионами калия на автоионизационные уровни нейтрального атома с последующим резонансным увеличением заселенности возбужденных состояний иона значительно превосходит процесс прямого возбуждения p -электрона на резонансные уровни иона калия.

Ужгородский
государственный университет

Поступила в редакцию
11 января 1979 г.

Литература

- [1] K. T. Dolder, V. Peart. *Rep. Prog. Phys.*, **39**, 693, 1976.
 - [2] D. H. Crandall, P. O. Taylor, G. H. Dunn. *Phys. Rev.*, **A10**, 141, 1974.
 - [3] И. П. Запесочный, В. А. Кельман, А. И. Имре, А. И. Дашенко, Ф. Ф. Данч. *ЖЭТФ*, **69**, 1948, 1975.
 - [4] И. С. Алексахин, В. С. Вукстич. И. П. Запесочный. *ЖЭТФ*, **66**, 1973, 1974.
 - [5] M. W. D. Mansfield. *Proc. Roy. Soc., Lond.*, **A346**, 539, 1975.
-