

УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ, ОСВОБОЖДАЕМЫХ ПРИ АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Г.Н. Огурцов, И.П. Флакс, С.В. Авакян

При исследовании энергетического распределения электронов, освобожденных в результате ионизационных столкновений, наиболее полно удовлетворяет условиям получения большой светосилы и высокого разрешения цилиндрический электростатический анализатор. Анализатор такого типа был использован в последнее время в работах Мелжорна [1-3] и в наших исследованиях [4, 5]. Подробное описание прибора и методики эксперимента содержится в работе [6]. Как отмечалось в этой работе, существенным недостатком цилиндрического анализатора является отсутствие возможности анализа электронов при углах рассеяния, отличных от фиксированного угла θ , определяемого условиями фокусировки и равного $54,5^\circ$.

С целью расширения диапазона углов θ нами был предложен метод предварительного отклонения электронов электрическим полем перед входом их в анализатор [6]. С помощью этого метода в настоящей работе исследовано угловое распределение электронов, освобожденных при столкновениях пар $H^+ - Ar$, $Ne^+ - Ar$, $Ar^+ - Ne$ и $Ar^+ - Ar$ при изменении угла θ от 30° до 70° и при энергии ионов $T = 15 \text{ кэВ}$.

Подобные исследования, относящиеся к взаимодействию ионов со сложными атомными частицами, были выполнены до настоящего времени лишь для случая $H - Ar$ при энергии протонов $T = 300 \text{ кэВ}$ [7] и энергии испускаемых электронов $E_e > 150 \text{ эВ}$.

Для выяснения природы непрерывного спектра электронов, которая до сих пор не представляется ясной, особый интерес представляет измерение углового распределения электронов, соответствующее этой части спектра, а также случаи столкновений более сложных атомных систем. Исходя из данных наших измерений [4, 5] нами были выбраны значения энергии электронов $E_e = 20 \text{ эВ}$ и $E_e = 100 \text{ эВ}$, вблизи которых в энергетическом спектре электронов отсутствует структура.

Результаты измерений приведены на рис. 1 и рис. 2 соответственно. По оси ординат отложены абсолютные величины дифференциальных сечений, по оси абсцисс — значения косинуса угла рассеяния в лабораторной системе координат.

Как видно из рисунков, в случае $H^+ - Ar$ сечения образования электронов непрерывно уменьшается с возрастанием угла рассеяния θ . Это уменьшение особенно существенно при меньших значениях энергии электронов E_e (рис. 1). Аналогичный характер зависимости дифференциального сечения от угла θ для этой пары получен в работе [7].

В случае взаимодействия более сложных атомных частиц $Ne^+ - Ar$, $Ar^+ - Ne$ и $Ar^+ - A$ сечения образования электронов с энергией $E_e = 100 \text{ эВ}$ практически не зависят от угла рассеяния (рис. 2). При уменьшении энергии E_e (рис. 1) наблюдается некоторое уменьшение сечений с увеличением угла θ , более отчетливо выраженное в случае $Ne^+ - Ar$, характеризующемся большим значением скорости относительного движения.

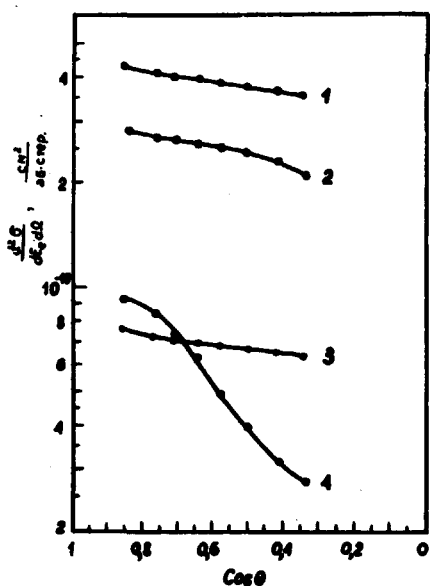


Рис. 1. Дифференциальное сечение образования электронов, отнесенное к единице угла $d\Omega$ и единичному интервалу энергии электронов dE_e , измеренное в диапазоне углов $\theta = 30 - 70^\circ$, при энергии электронов $E_e = 20 \text{ эВ}$ и энергии ионов $T = 15 \text{ кэВ}$

Различный характер углового распределения для пары $H^+ - Ar$ и более сложных сталкивающихся систем свидетельствует о различном механизме формирования непрерывной части энергетического спектра электронов. В случае $H^+ - Ar$ значительную роль в образовании электронов может играть процесс "кулоновской" ионизации, обусловленной взаимодействием протона с атомным электроном. Рассмотрение подобных процессов для случая простых сталкивающихся партнеров, основанное на использовании уравнений Фаддеева [8], показывает наличие в угловом распределении освобожденных электронов максимума при значении $\theta \sim 0^\circ$. Эта особенность проявляется тем более отчетливо, чем ближе значение скорости освобожденного электрона к скорости ударяющего

протона. Полученная в настоящей работе зависимость сечения образования электронов от угла рассеяния для пары $H^+ - Ag$ качественно согласуется с результатами расчета [8].

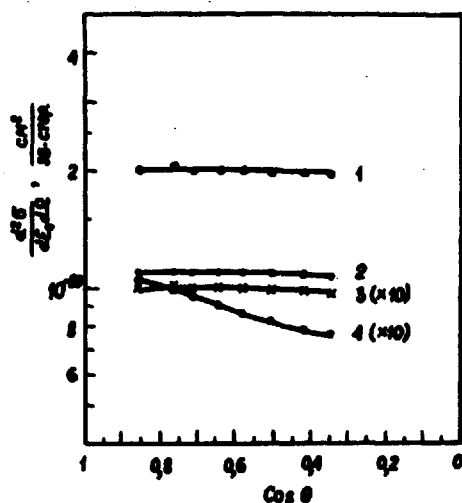


Рис. 2. То же, что и на рис. 1 при энергии электронов $E_e = 100 \text{ эв}$.

При столкновениях более сложных атомных частиц освобождение электронов может быть связано с процессами ионизации, происходящими в квазимолекуле, образующейся при тесном сближении частиц. В этом случае трудно ожидать наличия какого-либо преимущественного направления движения электронов. Наблюдаемое в настоящей работе почти изотропное угловое распределение электронов, освобождаемых при столкновениях $Ne^+ - Ag$, $Ar^+ - Ne$ и $Ar^+ - Ag$, по-видимому, подтверждает указанное предположение.

Отклонение от изотропности при уменьшении энергии электронов E_e можно приписать влиянию процессов "кулоновской" ионизации. Однако это влияние в рассматриваемом нами случае невелико, поскольку скорости ударяющих ионов существенно меньше боровской.

Авторы признательны проф. Н.В.Федоренко за интерес к настоящему исследованию.

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе

Академии наук СССР

Поступила в редакцию

30 октября 1969 г.

Литература

[1] W. Mehlhorn, Z. Phys., 160, 247, 1960.

[2] W. Mehlhorn, Z. Phys., 208, 1, 1967.

- [3] W.Mehlhorn, D.Stalheim, Z. Phys., 217, 294, 1968.
- [4] Г.Н.Огурцов, И.П.Флакс, С.В.Авакян, Н.В.Федоренко. Письма в ЖЭТФ, 8, 541, 1968.
- [5] Г.Н.Огурцов, И.П.Флакс, С.В.Авакян. ЖЭТФ, 57, 27, 1969.
- [6] Г.Н.Огурцов, И.П.Флакс, С.В.Авакян. ЖТФ, 39, 1293, 1969.
- [7] D.J.Volz, M.E.Rudd. VI ICR EAS, Cambridge, 1969, p. 410.
- [8] J.Масек. VI ICR EAS, Cambridge, 1969, p. 687.
-