

ИОНИЗАЦИЯ И РАССЕЯНИЕ ПРИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПОТЕРЯХ
ЭНЕРГИИ В АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

В.В.Афросимов, Д.С.Гордеев, М.Н.Панов,
Н.В.Федоренко

Исследования элементарных актов атомных столкновений были впервые осуществлены в работах [1]. Изучались столкновения ионов и атомов аргона кэв-энергий при параметрах удара, меньших атомных размеров. Изучение неупругих потерь энергии при столкновениях по-

казало, что, кроме затрат энергии на ионизацию сталкивающихся частиц, наблюдается так называемые избыточные неупругие потери энергии R^* , складывающиеся из кинетической энергии удаляемых электронов и энергии излучения. Оказалось, что спектр избыточных неупругих потерь не является непрерывным, а состоит из сравнитель-

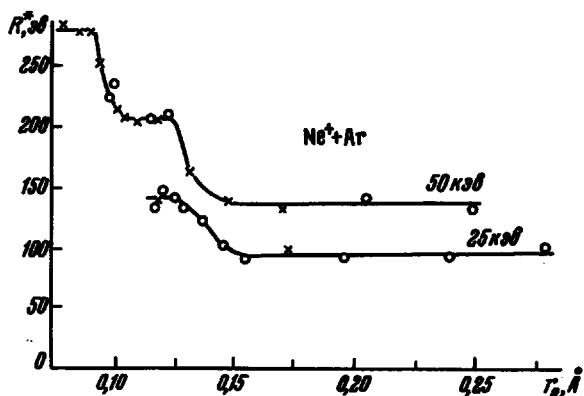


Рис. I. Зависимость избыточных неупругих потерь энергии от расстояния наибольшего сближения. • - процесс I023; x - средние значения R^* для процессов I012, I023, I033, I043

но узких дискретных линий. Для пары $Ar^+ + Ar$ были найдены три характеристических линии, энергия которых (53; 263 и 475 эВ) не зависит от расстояния сближения ядер, относительной скорости частиц и схемы элементарного процесса изменения зарядовых состояний.

Для того чтобы выяснить, насколько общий характер имеет обнаруженное явление, проведены исследования столкновений ионов и атомов различных благородных газов.

На рис. I приведены в качестве примера результаты измерения неупругих потерь энергии для пары $Ne^+ + Ar$. Оказалось, что величина избыточных неупругих потерь энергии R^* , как и для пары $Ar^+ + Ar$ [1], не зависит от схемы элементарного процесса. В исследованном интервале расстояний сближения ядер сталкивающихся частиц r_0 наблюдается возбуждение нескольких линий R^* (области плато на кривых $R^*(r_0)$). Области плато, в которых возбуждается одна

линия R^* , и области, где происходит переход от возбуждения одной к возбуждению другой линии, не смешаются при изменении относительной скорости частиц. Однако при разной скорости наблюдается возбуждение линий с различной энергией.

Аналогичные результаты получены для пары $K\bar{\nu} + K\bar{\nu}$ при энергиях 25 и 50 кэв. В этом случае найдены три характеристи-

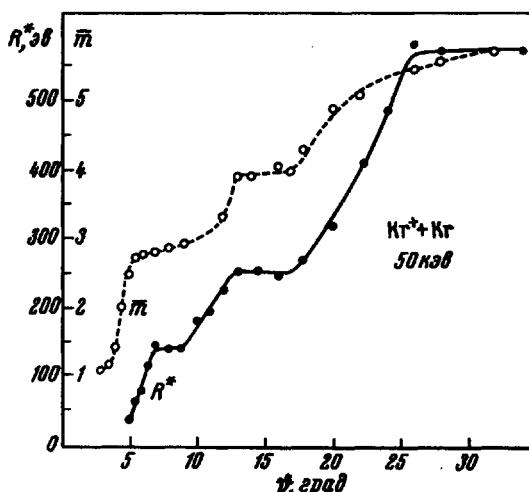


Рис. 2. Зависимость избыточных неупругих потерь энергии и среднего заряда рассеянных частиц от угла рассеяния

ческих линий R^* в интервале 100–600 эв. Для пары $Ne^+ + Ne$ при энергии 50 кэв обнаружена одна линия R^* с энергией ~ 160 эв.

Исследована связь между возбуждением характеристических линий и зарядовым составом частиц, испытавших столкновение. При столкновении одинаковых частиц ("симметричные" пары $A\bar{\nu}^+ + A\bar{\nu}, K\bar{\nu}^+ + K\bar{\nu}$) эта связь проявляется в четкой корреляции между средним зарядом рассеянных частиц и неупругими потерями энергии. В качестве примера на рис. 2 приведены данные для пары $K\bar{\nu} + K\bar{\nu}$. Однако при исследовании "несимметричной" пары ($Ne^+ + A\bar{\nu}$, энергия 25 кэв) такой корреляции не обнаружено.

В работе проведено также подробное исследование рассеяния сталкивающихся частиц. Выяснилось, что полное дифференциальное сечение рассеяния не является, как это считалось до сих пор [2,3],

плавной функцией угла рассеяния. При углах, соответствующих переходу от возбуждения одной линии к возбуждению другой, на кривых $(d\sigma/d\omega)(v)$ возникают характерные особенности. Эти особенности наглядно проявляются при сравнении измеренных сечений с сечениями,

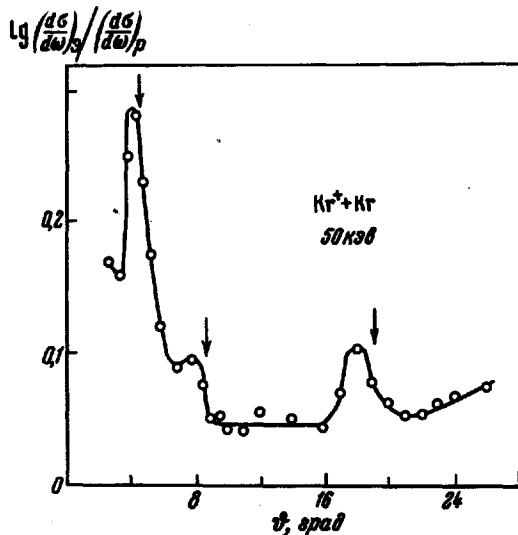


Рис. 3. Отклонение полных дифференциальных сечений рассеяния от расчетных значений в зависимости от угла рассеяния. Стрелками указано начало перехода от возбуждения одной к возбуждению другой характеристической линии

расчитанными для плавно меняющегося потенциала взаимодействия, например для экспоненциально экранированного кулоновского потенциала (см. рис. 3). В области перехода экспериментальные сечения рассеяния наиболее сильно отличаются от расчетных, причем отклонения имеют вид максимумов. Такой эффект обнаружен для всех исследованных пар ($Ne^+ + Ar$, $Ar^+ + Ar$, $Kr^+ + Kr$). Наблюдаемая форма кривых $(d\sigma/d\omega)(v)$ заставляет предположить, что реальный потенциал взаимодействия не является плавной функцией расстояния сближения, и, по-видимому, резко меняется при переходе от возбуждения одной к возбуждению другой характеристической линии.

Существенным является вопрос о том, принадлежат ли обнаруженные линии характеристических потерь отдельным атомам или они харак-

теризуют систему сталкивающихся частиц. Сравнение спектров неупругих потерь для пар $Ne^+ + Ne$; $Ag^+ + Ag$ и $Ne^+ + Ag$ показало, что найденные для пары $Ne^+ + Ag$ линии не связаны каким-либо простым образом с линиями, найденными для пар $Ne^+ + Ne$ и $Ag^+ + Ag$. Это означает, что обнаруженные линии нельзя приписывать возбуждению неких энергетических уровней, характерных для изолированного атома.

В настоящее время трудно дать однозначную интерпретацию обнаруженных эффектов. Одно из возможных объяснений, основанное на предположении об образовании вакансий во внутренних оболочках сталкивающихся частиц и последующих оже-переходах, как указывалось в [1], плохо согласуется с экспериментальными данными. Модификация такой модели, предложенная Фано и Лихтеном [4], не позволяет устранить все противоречия между расчетом и экспериментом. В последнее время развивается гипотеза о возможности возбуждения коллективных колебаний электронных оболочек [5,6]. Численных расчетов, выполненных на основе этой гипотезы, пока не имеется, но ее качественные выводы не противоречат результатам экспериментов.

В заключение авторы благодарят И.Я.Амусья за обсуждение результатов работы, а также А.П.Нергина и З.З.Датыпова за участие в проведении некоторых измерений.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
29 июля 1965 г.

Литература

- [1] В.В.Афросимов, Д.С.Гордеев, М.Н.Панов, Н.В.Федоренко. ЖТФ, 34, I613, I624, I637, 1964.
- [2] E.Everhart, G.Stone, R.J.Carbone. Phys. Rev., 99, I287, 1955.

- [3] O.B. Симон. ЖТФ, 33, 696, 1957.
- [4] U.Fano, W.Lichten. Phys. Rev. Lett., 14, 627, 1965.
- [5] W.Brandt, S.Lundqvist. Phys. Lett., 4, 47, 1963;
Phys. Rev., 132, 2135, 1963.
- [6] M.J. Amusia. Phys. Lett., 14, 36, 1965.