

МЕХАНИЗМЫ НЕУПРУГИХ ИОН-АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ

З.З. Латыпов . А.А. Шапоренко

В работе исследованы эффективные сечения перезарядки и ионизации при малых энергиях столкновения в системах $\text{Li}^+ - \text{He}$, $\text{Li}^+ - \text{Ne}$, $\text{H}^+ - \text{He}$, $\text{H}^+ - \text{Ne}$. Показано, что сечения неупругих процессов сильно зависят от взаимного расположения кривых потенциальных энергий основного и возбужденных состояний квазимолекулы, образующейся при столкновении. Высказывается предположение о вероятных механизмах, ответственных за неупругие процессы в этих системах.

В этом сообщении проводятся результаты исследования механизмов неупругих ион-атомных столкновений в области малых энергий (100 + 1000 эв).

Для получения информации о зависимости сечений от механизмов неупругих столкновений были изучены процессы перезарядки и ионизации в двух типах ион-атомных систем: а) $H^+ - He$, $H^+ - Ne$ и б) $Li^+ - He$, $Li^+ - Ne$. Из рассмотрения адиабатических корреляционных диаграмм и существующих теоретических данных по потенциальным энергиям некоторых систем [1-3] следует, что относительные положения кривой

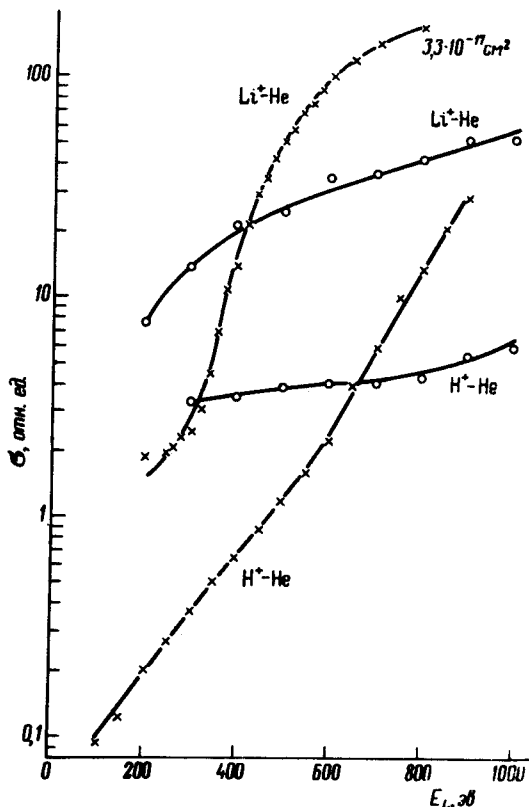
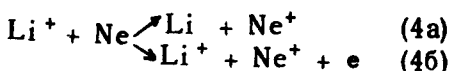
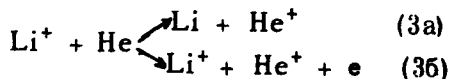
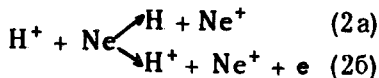
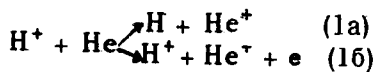


Рис. 1. \times — эффективные сечения перезарядки в зависимости от энергии столкновения для $H^+ - He$ и $Li^+ - He$, \circ — эффективные сечения ионизации для $H^+ - He$ и $Li^+ - He$

потенциальной энергии основного состояния и возбужденных состояний различны в случаях а) и б). Известно, что в случае б) кривые потенциальных энергий основных состояний взаимодействуют с кривыми возбужденных состояний промежуточной квазимолекулы либо благодаря $\Sigma - \Sigma$ радиальной связи, появляющейся вблизи псевдопересечения, либо благодаря $\Sigma - \Pi$ вращательной связи. В случае а) основные состояния не связаны с возбужденными состояниями. Поэтому можно ожидать, что механизмы неупругих процессов в этих двух случаях будут различны.

Используя разработанные нами экспериментальные методы регистрации вторичных ионов и свободных электронов [4, 5] образующихся при прохождении через газ пучка ионов, мы измерили сечения следующих процессов:



Полученные нами результаты представлены на рисунках (E_L — энергия в лабораторной системе координат). На рис. 1 приведены сечения перезарядки и ионизации для пар $\text{Li}^+ - \text{He}$ и $\text{H}^+ - \text{He}$, рис. 2 — сечения перезарядки и ионизации для пар $\text{Li}^+ - \text{Ne}$ и $\text{H}^+ - \text{Ne}$. Относительная ошибка в определении сечений составляет 20% при $E_L > 200 \text{ эв}$ и 100% при $E_L < 200 \text{ эв}$, за исключением сечения ионизации в $\text{H}^+ - \text{Ne}$, для которого ошибка составляет 20% при $E_L > 400 \text{ эв}$ и 100% при $E_L < 400 \text{ эв}$. Абсолютные значения сечений определены с точностью до коэффициента 2. Для оценки абсолютных сечений перезарядки в $\text{H}^+ \text{Ne}$ и $\text{Li}^+ \text{Ne}$ наши сечения при $E_L = 900 \text{ эв}$ нормированы на соответствующие данные работы [6].

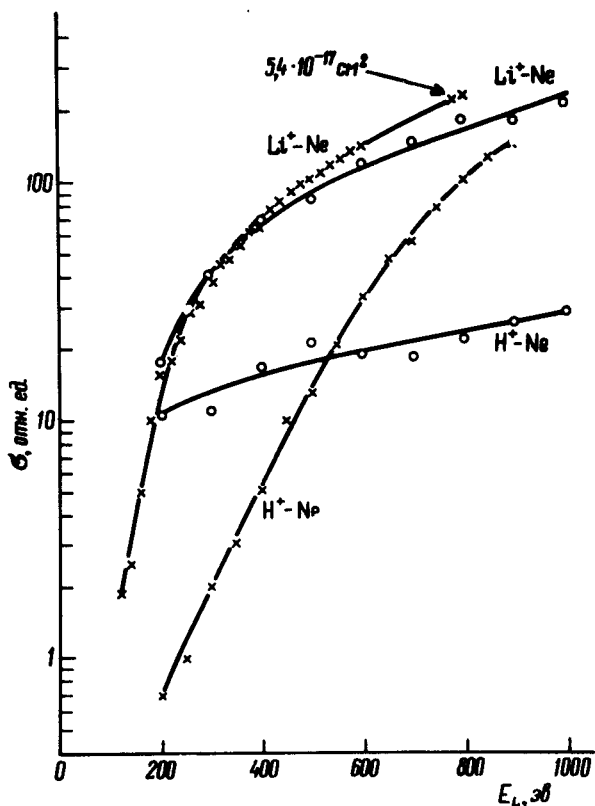


Рис. 2. \times — эффективные сечения перезарядки для $\text{H}^+ - \text{Ne}$ и $\text{Li}^+ - \text{Ne}$, \circ — эффективные сечения ионизации для $\text{H}^+ - \text{Ne}$ и $\text{Li}^+ - \text{Ne}$

Из рис. 1, 2 видно, что зависимости сечений неупругих процессов от энергии столкновения в системах а) $\text{H}^+ - \text{He}$, $\text{H}^+ - \text{Ne}$ и б) $\text{Li}^+ - \text{He}$, $\text{Li}^+ - \text{Ne}$ существенно отличаются. Исследования ионизации K- и L-оболочек атомов ионами средних (десятки кэв) и больших (несколько Мэв) энергий обнаруживают сильное различие в сечениях процессов,

происходящих по механизму "кулоновского возбуждения" и возбуждения, обусловленного "выдвижением" электронов при адиабатическом пересечении энергетических уровней системы ион-атом (см. например, [7-9]). Из полученных в настоящей работе данных следует, что в области малых энергий столкновения сечения возбуждения и ионизации внешних оболочек атомов также сильно зависят от механизмов неупругих процессов. Мы предполагаем, что неупругие процессы в H^+He и H^+Ne в нашей области энергий обусловлены так называемыми "прямыми эффектами столкновения" [10]. Один из этих эффектов, например, может быть связан с прямым обменом энергией между налетающим протоном и атомным электроном. В системах Li^+He и Li^+Ne заселение возбужденных уровней происходит главным образом по механизму "выдвижения". В этом случае неупругие процессы обуславливаются радиальной или вращательной связями между термами промежуточной квазимолекулы.

Анализ данных, представленных на рис. 1, 2, позволяет сделать следующие выводы: 1) сечения неупругих процессов, обусловленных механизмом "выдвижения" больше по величине, чем сечения процессов, обусловленных "прямыми эффектами столкновения"; 2) вблизи порогов процессов сечения неупругих процессов по первому механизму обнаруживают более сильную зависимость от энергии, чем сечения процессов по второму механизму.

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

Поступила в редакцию
17 июля 1973 г.

Литература

- [1] M.Barat, W.Lichten. Phys. Rev., A6, 211, 1972.
- [2] M. Abignoli, M.Barat, J.Baudon, J.Fayetou, J.Houuer. J.Phys. B: Atom. Mol. Phys., 5, 1533, 1972.
- [3] H.Michels. J.Chem. Phys., 44, 3834, 1966.
- [4] З.З.Латыпов, А.А.Шапоренко. ЖТФ, 42, 151, 1972.
- [5] З.З.Латыпов, А.А.Шапоренко. ЖТФ, 43, 1574, 1973.
- [6] J.B.Stedeford, J.B.Hasted. Proc. Roy. Soc., 227, 466, 1955.
- [7] В.В.Афросимов, Ю.С.Гордеев, А.М.Полянский, А.П.Шергин. ЖЭТФ, 63, 799, 1972.
- [8] W.Brandt, K.Jones, H.Kraner. Phys. Rev. Lett., 30, 351, 1973.
- [9] W.Brandt, K.Laubert. Phys. Rev. Lett., 24, 1037, 1970.
- [10] J.B.Dalos. W.R.Thorson. Phys. Rev., 6, 728, 1972.