

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА**

И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Белкова, Н.В. Новиков, Ю.А. Файнберг

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ПОТЕРИ И ЗАХВАТА
ЭЛЕКТРОНОВ В ИОН - АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ**

Препринт НИИЯФ МГУ № 2008-2/838

Москва, 2008 г.

И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Белкова,

Н.В. Новиков, Ю.А. Файнберг

e-mail: teplova@anna19.sinp.msu.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ПОТЕРИ И ЗАХВАТА ЭЛЕКТРОНОВ В ИОН - АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Препринт НИИЯФ МГУ № 2008-2/838

Аннотация

В работе собраны экспериментальные данные по сечениям перезарядки (потери и захвата одного и нескольких электронов), полученные в Лаборатории Атомных Столкновений НИИЯФ МГУ, для нейтральных атомов, отрицательных и положительных ионов с ядерными зарядами $Z=2-36$ при столкновениях в атомарных и молекулярных газах. Приведенные данные и известные нам результаты других авторов суммированы в таблицах и графиках, список литературы прилагается. Проанализирована зависимость сечений потери и захвата одного электрона от основных параметров взаимодействия.

I.S. Dmitriev, Ya. A. Teplova, Yu.A. Belkova, N.V.Novikov, Yu.A. Fainberg

THE EXPERIMENTAL ELECTRON LOSS AND CAPTURE CROSS SECTIONS IN ION – ATOM COLLISIONS

Preprint MSU SINP № № 2008-2/838

Abstract

This work presents a compilation of experimental data on the charge changing (electron capture and loss) cross sections obtained in Laboratory of Atomic Collisions of Scobeltsyn Nuclear Physics Research Institute for neutral atoms, negative and positive ions with nuclear charge $Z=2-36$ in collisions with atomic and molecular gases. The data are summarized in tables and graphics with reference list attached. The dependence of one electron capture and loss cross sections on the main interaction parameters is analyzed.

© И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Белкова, Н.В. Новиков, Ю.А. Файнберг
© НИИЯФ МГУ, 2008

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА.....	6
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ПОТЕРИ И ЗАХВАТА ЭЛЕКТРОНОВ	8
2.0 ОБЪЯСНЕНИЕ ТАБЛИЦ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И КОММЕНТАРИИ	8
2.1 ИОНЫ ВОДОРОДА H^{i+} ($Z=1$)	9
2.2 ИОНЫ ГЕЛИЯ He^{i+} ($Z=2$).....	13
2.3 ИОНЫ ЛИТИЯ Li^{i+} ($Z=3$)	20
2.4 ИОНЫ БЕРИЛИЯ Be^{i+} ($Z=4$).....	26
2.5 ИОНЫ БОРА B^{i+} ($Z=5$).....	28
2.6 ИОНЫ УГЛЕРОДА C^{i+} ($Z=6$)	42
2.7 ИОНЫ АЗОТА N^{i+} ($Z=7$)	51
2.8 ИОНЫ КИСЛОРОДА O^{i+} ($Z=8$)	67
2.9 ИОНЫ НЕОНА Ne^{i+} ($Z=10$).....	73
2.10 ИОНЫ НАТРИЯ Na^{i+} ($Z=11$).....	85
2.11 ИОНЫ МАГНИЯ Mg^{i+} ($Z=12$).....	87
2.12 ИОНЫ АЛЮМИНИЯ Al^{i+} ($Z=13$)	90
2.13 ИОНЫ ФОСФОРА P^{i+} ($Z=15$).....	94
2.14 ИОНЫ АРГОНА Ar^{i+} ($Z=18$).....	99
2.15 ИОНЫ КРИПТОНА Kr^{i+} ($Z=36$).....	106
3. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЧЕНИЙ ПОТЕРИ И ЗАХВАТА ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА.....	108
3.1 ПОЛОЖЕНИЕ МАКСИМУМА В ЗАВИСИМОСТИ СЕЧЕНИЙ ОТ ЭНЕРГИИ ИОНОВ.....	108
3.2 АСИМПТОТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ОТ ЭНЕРГИИ ИОНОВ.	110
3.3 ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ОТ ЗАРЯДА НАЛЕТАЮЩЕГО ИОНА.....	112
3.4 ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ПОТЕРИ ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА ОТ ЗАРЯДА ЯДРА НАЛЕТАЮЩЕГО ИОНА И ЗАРЯДА ЯДРА АТОМА МИШЕНИ.....	114

3.5 ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ЗАХВАТА ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА ОТ ЗАРЯДА ЯДРА НАЛЕТАЮЩЕГО ИОНА И ЗАРЯДА ЯДРА АТОМА МИШЕНИ.....	118
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ.....	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	121
ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ.....	122

ВВЕДЕНИЕ

В 1951-52 гг. впервые в СССР по инициативе профессора С.С.Васильева в 72-см циклотроне НИИЯФ МГУ были ускорены ионы легких элементов с ядерными зарядами $Z \geq 2$ с целью изучения ядерных реакций. С 1953 года циклотрон стал источником устойчивых ионных пучков (от He до Ar) с частично сохранившейся электронной оболочкой, что позволило осуществить комплексные исследования взаимодействия многозарядных ионов с газообразными (инертные газы, азот, водород и углеводородные молекулярные соединения) и твердыми (целлулоид и тонкие металлические пленки) веществами. Под руководством В.С. Николаева, группой сотрудников (И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Л.Н.Фатеева) были впервые получены количественные данные о величине и стрэгглинге пробегов, о потере энергии, об установлении равновесного распределения зарядов, о среднем заряде ионов, о равновесных толщинах мишеней [1,2]. В этих исследованиях экспериментальное определение сечений потери и захвата электронов заняло одно из важных направлений.

Данные о сечениях перезарядки, зарядовых распределениях и потерях энергии многозарядных ионов необходимы для расчета условий работы ускорительных комплексов, требующих транспортировки ионных пучков на большие расстояния без изменения заряда, для проектирования перезарядных мишеней, для контроля работы плазменных устройств, в том числе для диагностики пристеночной плазмы, а также в астрофизике. Актуальность данной тематики и стабильность интереса к ней подтверждается большим количеством международных конференций и многочисленными публикациями в международных и российских изданиях.

В данной области атомной физики работы ЛАС имеют приоритетное значение. За исключением только самых первых [3], все обзоры экспериментальных данных по сечениям потери и захвата электронов [4-10], содержат ссылки на результаты, полученные в этой группе. Результаты экспериментальных исследований опубликованы в несколько десятках работ, в которых содержится более 2000 экспериментальных значений сечений потери и захвата электронов ионами промежуточных энергий.

Наряду с экспериментальными исследованиями были выполнены теоретические оценки сечений потери [1,11-15] и захвата [1,16-20] электронов, получены полуэмпирические соотношения, необходимые для последующей экстраполяции данных [1,21-22]. Поскольку в эксперименте состояние атома мишени после столкновения не регистрировалось, результаты расчетов суммировались по всем состояниям атома мишени.

Цель работы – собрать, систематизировать и проанализировать полученные в НИИЯФ МГУ экспериментальные данные по сечениям захвата и потери электронов ионами промежуточных энергий в столкновениях с атомами газов. Отметим, что эффективные

экспериментальные сечения потери и захвата электронов ионами в целлюлоиде опубликованы в [23].

Представленные данные позволят проводить надежные оценки сечений взаимодействия ионов со средой, для которых нет прямых измерений.

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА

В эксперименте использовался масс-спектрометрический метод определения эффективных сечений потери и захвата электронов ионами [1,24]. Источником быстрых частиц служил 72-см циклотрон с системой фокусировки и выделения моноэнергетического ионного пучка.

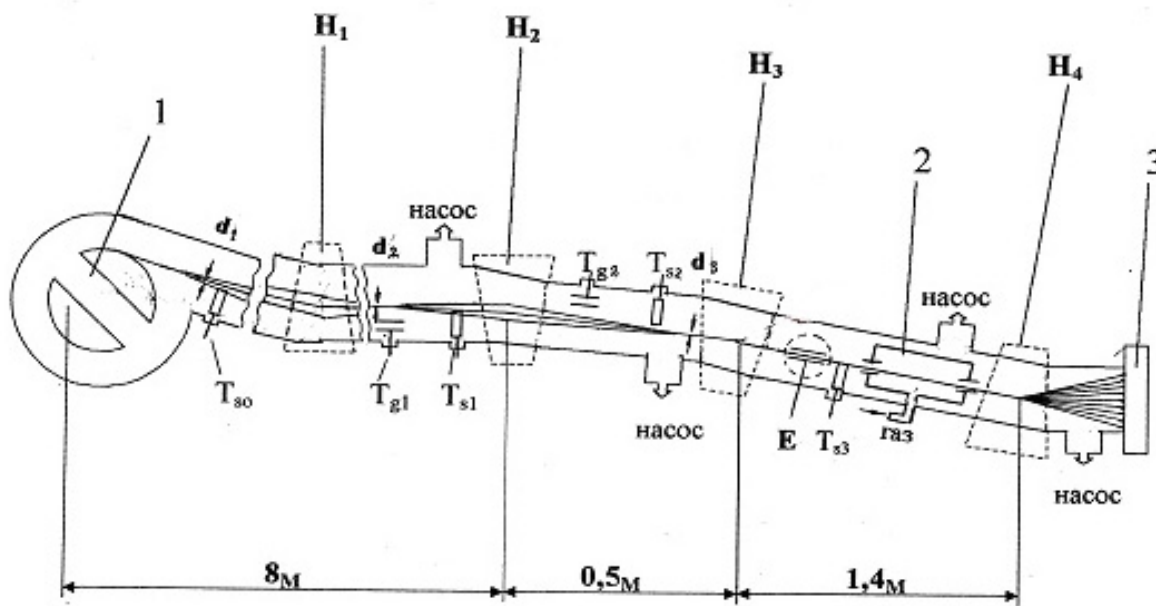


Рис.1 Экспериментальная установка «Сокол». 1- циклотрон, 2- камера столкновений, 3- блок счетчиков, H_1 - H_4 -магнитные анализаторы, $T_{s,0}$, $T_{s,1}$, $T_{s,2}$, $T_{s,3}$ – «твердые» мишени; $T_{g,1}$, $T_{g,2}$ - газовые мишени, E- электростатический анализатор, d_1 - d_3 – раздвижные диафрагмы.

Основными элементами экспериментальной установки, показанной на рис.1, являлись:

- магнитные анализаторы (H_1 , H_2 , H_3 , H_4) для выделения и отклонения ионных пучков определенного заряда;
- перезарядные газовые мишени с системами напуска и измерения давления газа;
- «твердые» мишени (тонкие пленки);
- камера столкновений (перезарядки), т.е. металлическая конструкция, наполнявшаяся газом, с устройством для измерения давления (ионизационный манометр, баратрон);
- детекторы регистрации частиц с соответствующей усилительной и счетной электронной аппаратурой.

Магнитный анализатор H_1 использовался для фокусировки выведенного из циклотрона пучка ионов. Энергия ускоренных ионов определялась по величине магнитного поля H_1 , прокалиброванного по пробегам ускоренных α - частиц и протонов. Магнитные

анализаторы H_2 и H_3 предназначались для выделения требуемой компоненты из зарядового распределения после прохождения пучком ионов газовых $T_{g1,2}$ мишеней. Электростатический анализатор E использовался при работе с нейтральными атомами для удаления из пучка заряженных частиц.

Магнитный анализатор H_4 являлся фактически частью регистрирующей системы. С его помощью пучок разделялся на зарядовые компоненты (до 8), которые одновременно регистрировались блоком идентичных счетчиков, что позволяло не производить мониторингования основного пучка из ускорителя при измерениях.

Измерения проводились в широком диапазоне скоростей (энергии), определявшемся параметрами 72-см циклотрона. Для значительного количества ионов с зарядом ядер Z от 1 до 18 и $Z=36$ этот диапазон составлял от $V \sim 2,6 \cdot 10^8$ см/с ($E \sim 0.035$ МэВ/нуклон) до $V \sim 12 \cdot 10^8$ см/с ($E \sim 0.75$ МэВ/нуклон), а для ионов гелия до $V \sim 20 \cdot 10^8$ см/с ($E=2.1$ МэВ/нуклон). Для ионов с зарядами ядер Z ($Z \leq 8$) ионный заряд i изменялся от $i=-1$ (отрицательные ионы) до $i=Z$, а в случае более тяжелых ионов ($10 \leq Z \leq 18$ и $Z=36$) - до величины $i=6-8$. В качестве среды использовались как атомарные (He, Ne, Ar, Kr, Xe), так и молекулярные газы (H_2 и N_2).

Сечения потери и захвата как одного, так и нескольких электронов σ_{ik} вычислялись по экспериментальным значениям зарядовых компонент $\Phi_{i,k}$ на основе решения системы линейных уравнений перезарядки

$$d\Phi_{ik}(t)/dt = \sum_j \Phi_{ij}(t) \sigma_{jk}, \quad (1)$$

где t – количество атомов газа в объеме сечением 1 см^2 , расположенном вдоль пути ионов. Формула (1) с учетом конкретных поправок для описываемого опыта приведена в [1]. При определении сечений одновременной потери нескольких электронов учитывалась возможность потери того же количества электронов в результате нескольких последовательных столкновений с потерей в каждом из них только одного электрона.

Соотношения для вычисления сечений σ_{ik} по экспериментальным значениям Φ_{ik} справедливы только при достаточно малом давлении газа, при котором соблюдаются условия однократности столкновений. Существенным элементом масс-спектрометрического метода является необходимый контроль за отсутствием искажений в величине сечений из-за присутствия в системе остаточного газа и возможной нелинейности в зависимости Φ_{ik} от давления газа. Поэтому точность измерения давления газа влияла на экспериментальную погрешность.

Дополнительным источником ошибок при определении сечений потери и захвата электронов масс-спектрометрическим методом является рассеяние быстрых частиц при соударении их с атомами газа, вследствие чего часть ионов, рассеянных на большие углы, не попадала в детектор. Согласно оценкам в большинстве исследованных случаев потери

и захвата одного электрона ошибка из-за неполной регистрации рассеянных частиц была значительно меньше случайных ошибок. В итоге ошибка полученных величин сечений определялась главным образом погрешностями при определении давления в камере столкновений и дополнительных объемах на пути ионного пучка, а также статистическим разбросом результатов отдельных измерений в среднем составляла 20% .

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

2.0 ОБЪЯСНЕНИЕ ТАБЛИЦ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И КОММЕНТАРИИ

Порядок расположения экспериментальных данных в таблицах следующий:

- в заголовке раздела указан заряд ядра налетающего иона Z ;
- в заголовке подраздела указан заряд ядра атома мишени Z_c ;
- в заголовке таблицы указан процесс взаимодействия (захват одного электрона, потеря одного электрона и т.д.).

В каждой таблице указывается:

i – заряд налетающего иона;

V - скорость налетающего иона в единицах 10^8 см/с;

E – кинетическая энергия налетающего иона в единицах МэВ/нуклон, которая связана с V соотношением.

$$V = V_o \sqrt{E[\text{МэВ} / \text{нуклон}] * 40}, \text{ где } V_o = 2.188 \cdot 10^8 \text{ см/с}; \quad (2)$$

$\sigma_{i,k}$ - сечение перезарядки в единицах 10^{-16} см². Для молекулярных газов (H_2 и N_2) сечения указаны на атом среды. Приведенная ошибка является усредненной по результатам работ, ссылка на которые [a] – [t] в разделе “Источники данных” указана в виде верхнего индекса после величины ошибки. Если значение ошибки не указано, то она составляет менее 15% для $\sigma_{i,i\pm 1}$, менее 25% для $\sigma_{i,i\pm 2}$, и менее 50% для $\sigma_{i,i\pm s}$ ($s > 2$).

На рисунках ссылки на экспериментальные данные других авторов и результаты расчетов даются в виде текстовой переменной, расшифровка которой приводится в списке источников данных.

2.1 ИОНЫ ВОДОРОДА H^{i+} ($Z=1$)

2.1.1 Ионы водорода в водороде ($Z_c=1$)

Потеря одного электрона $H^{i+} + H_2 \rightarrow H^{(i+1)+} + H_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(H_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=-1	i=0
0.300	7.58	1.0 ± 0.2^m	0.30 ± 0.10^m

2.1.2 Ионы водорода в гелии ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $H^{i+} + He \rightarrow H^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²
		i=1
0.300	7.58	0.85 ± 0.15^1
0.700	11.58	0.022 ± 0.004^1

Потеря одного электрона $H^{i+} + He \rightarrow H^{(i+1)+} + He + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²
		i=0
0.300	7.58	0.40^m
0.700	11.58	0.20^m

2.1.3 Ионы водорода в азоте ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $H^{i+} + N_2 \rightarrow H^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	
0.300	7.58	1.9 ± 0.3^1	
0.700	11.58	0.07 ± 0.01^1	

Потеря одного электрона $H^{i+} + N_2 \rightarrow H^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(N_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=-1	i=0
0.300	7.58	3.9 ± 0.6^m	1.6^m
0.700	11.58	—	0.9^m

2.1.4 Ионы ВОДОРОДА В НЕОНЕ ($Z_c=10$)

Захват одного электрона $H^{i+} + Ne \rightarrow H^{(i-1)+} + Ne^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	
0.300	7.58	4.5 ± 0.8^1	
0.700	11.58	0.28 ± 0.05^1	

Потеря одного электрона $H^{i+} + Ne \rightarrow H^{(i+1)+} + Ne + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=0
0.300	7.58	2.4 ± 0.5^m	1.1 ± 0.2^m
0.700	11.58	—	0.8^m

2.1.5 Ионы ВОДОРОДА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $H^{i+} + Ar \rightarrow H^{(i-1)+} + Ar^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	
0.300	7.58	1.6 ± 0.3^1	
0.700	11.58	0.21 ± 0.04^1	

Потеря одного электрона $H^{i+} + Ar \rightarrow H^{(i+1)+} + Ar + e^-$

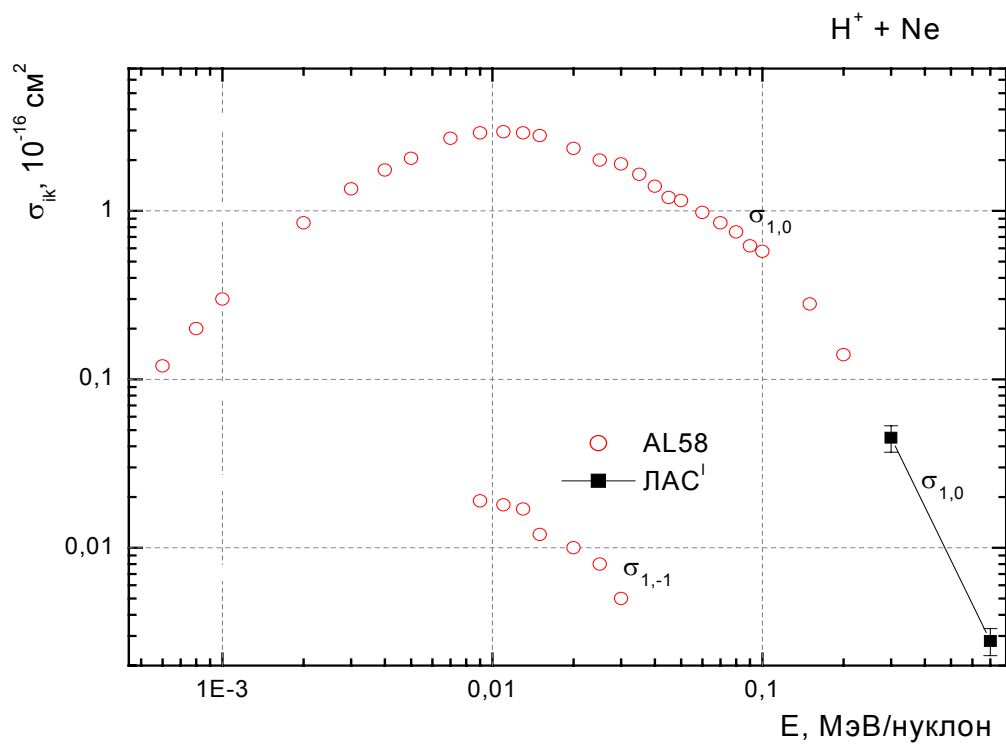
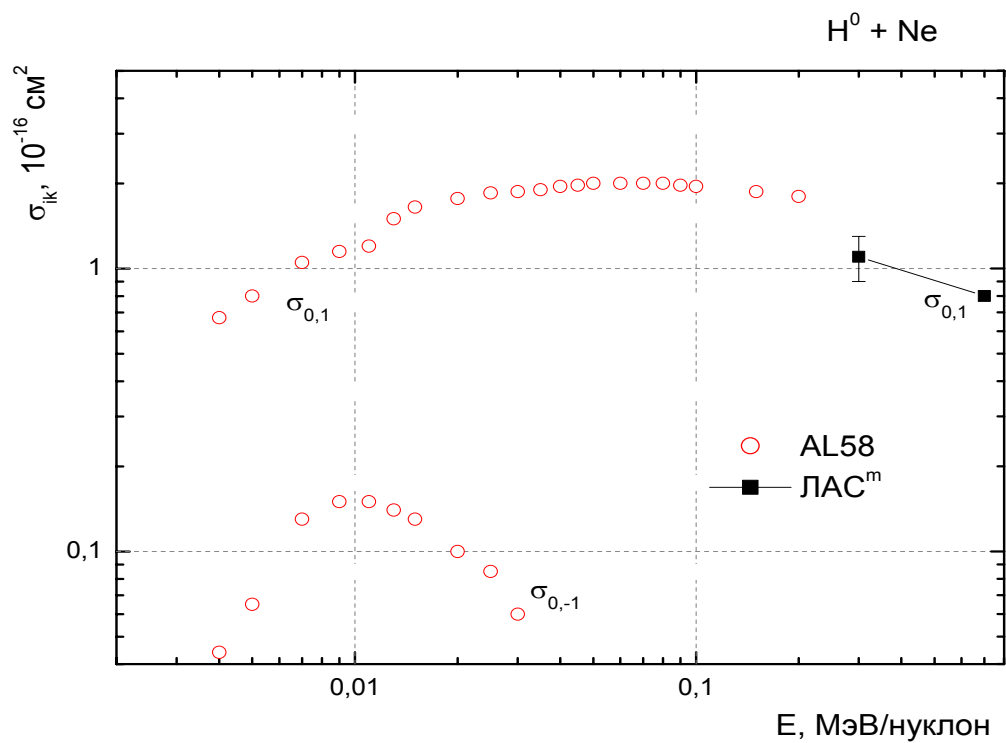
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=0
0.300	7.58	1.9 ± 0.3^m	2.7^m
0.700	11.58	—	1.9^m

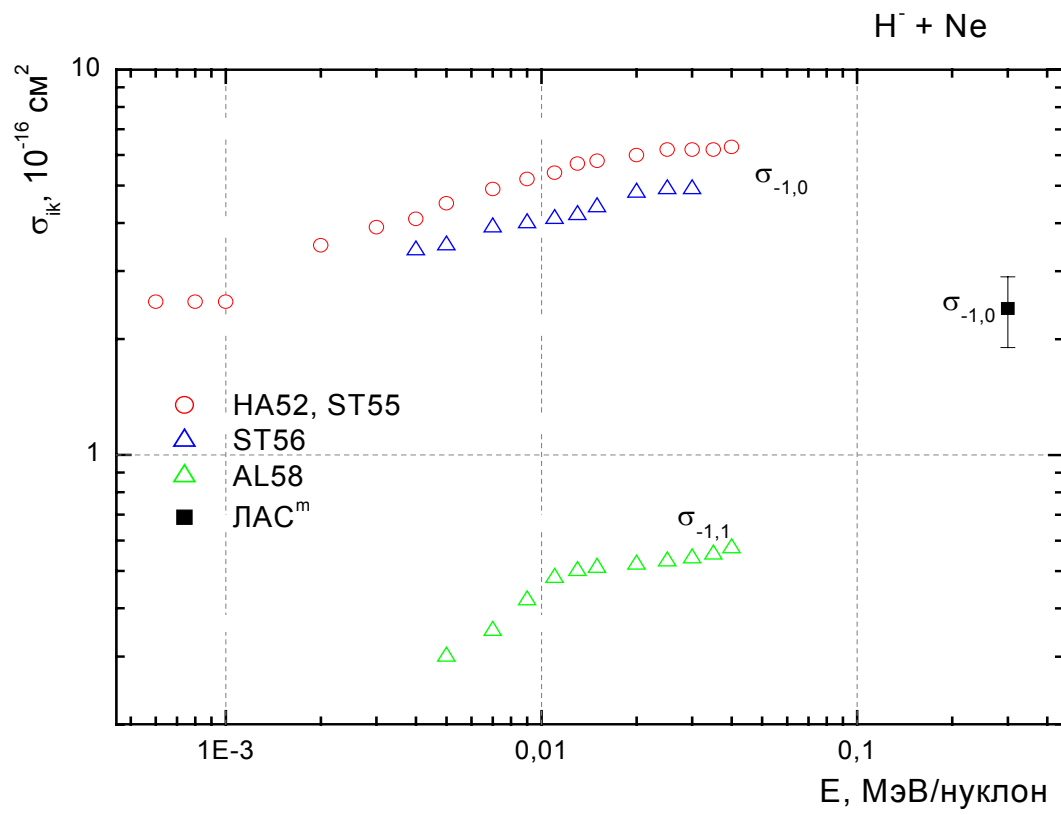
2.1.6 Ионы ВОДОРОДА В КСЕНОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $H^{i+} + Xe \rightarrow H^{(i-1)+} + Xe^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	H(Xe) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	
0.300	7.58	10.0 ± 2.0^1	

2.1.7 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $H^- + Ne$, $H^0 + Ne$, $H^+ + Ne$.





2.2 ИОНЫ ГЕЛИЯ He^{i+} ($Z=2$)

2.2.1 ИОНЫ ГЕЛИЯ В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{He}^{(i-1)+} + \text{He}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2	
		i=1	i=2
0.091	4.1	0.37 ^a	2.2 ^a
0.164	5.6	0.089 ^a	0.49 ^a
0.334	8.0	0.018 ^{a,j}	0.095 ^{a,j}
0.752	12.0	—	0.0083 ± 0.0040^a

Потеря одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{He}^{(i+1)+} + \text{He} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2	
		i=0	i=1
0.334	8.0	0.57 ^{ij}	$0.18 \pm 0.03^{c,ij}$
0.752	12.0	0.35 ^{ij}	0.11 ^{ij}
2.1	20.0	0.14 ^{ij}	0.044 ± 0.007^{ij}

Захват двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{He}^{(i-2)+} + \text{He}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см^2
		i=2
0.091	4.1	0.17 ^b
0.164	5.6	0.012 ^b
0.334	8.0	$0.00027 \pm 0.00025^{b,j}$

Потеря двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{He}^{(i+2)+} + \text{He} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см^2
		i=0
0.334	8.0	0.14 ± 0.04^j
0.752	12.0	0.0105 ± 0.0020^j
2.1	20.0	0.0034 ± 0.0012^j

2.2.2 Ионы гелия в азоте ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{He}^{(i-1)+} + \text{N}_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.091	4.1	0.60 ^a	2.9 ^a
0.164	5.6	0.15 ^a	0.96 ^a
0.334	8.0	0.017 ± 0.003 ^{aj}	0.15 ^{aj}
0.752	12.0	—	0.0071 ^j
2.1	20.0	—	0.00064 ± 0.00014 ^j

Потеря одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{He}^{(i+1)+} + \text{N}_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=0	i=1
0.334	8.0	1.8 ^{ij}	0.74 ^{c,ij}
0.752	12.0	1.3 ^{ij}	0.44 ^{ij}
2.1	20.0	0.60 ± 0.12 ^{ij}	0.21 ^{ij}

Захват двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{He}^{(i-2)+} + \text{N}_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=2
0.091	4.1	0.22 ^b
0.334	8.0	0.0015 ± 0.0007 ^{bj}

Потеря двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{He}^{(i+2)+} + \text{N}_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=0
0.334	8.0	0.20 ^j
0.752	12.0	0.095 ^j
2.1	20.0	0.035 ± 0.008 ^j

2.2.3 ИОНЫ ГЕЛИЯ В НЕОНЕ ($Z_c=10$)

Захват одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{Ne} \rightarrow \text{He}^{(i-1)+} + \text{Ne}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2	
		i=1	i=2
0.334	8.0	0.076 ± 0.014^j	0.42 ± 0.07^j
0.752	12.0	0.0040 ± 0.0006^j	0.038 ± 0.010^j
2.1	20.0	0.00025 ± 0.00008^j	0.00080 ± 0.00020^j

Потеря одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{Ne} \rightarrow \text{He}^{(i+1)+} + \text{Ne} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2	
		i=0	i=1
0.334	8.0	2.1^{ij}	0.77 ± 0.12^{ij}
0.752	12.0	1.4^{ij}	0.57 ± 0.11^{ij}
2.1	20.0	0.88^{ij}	0.18 ± 0.04^{ij}

Захват двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{Ne} \rightarrow \text{He}^{(i-2)+} + \text{Ne}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см^2
		i=2
0.334	8.0	0.010 ± 0.002^j

Потеря двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{Ne} \rightarrow \text{He}^{(i+2)+} + \text{Ne} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см^2
		i=0
0.334	8.0	0.19 ± 0.05^j
0.752	12.0	0.19 ± 0.04^j
2.1	20.0	0.071 ± 0.020^j

2.2.3 ИОНЫ ГЕЛИЯ В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{Ar} \rightarrow \text{He}^{(i-1)+} + \text{Ar}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2	
		i=1	i=2
0.334	8.0	0.018 ± 0.005^j	0.18^j
0.752	12.0	—	0.036^j
2.1	20.0	—	0.0027^j

Потеря одного электрона $\text{He}^{i+} + \text{Ar} \rightarrow \text{He}^{(i+1)+} + \text{Ar} + e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16} \text{ см}^2$	
		i=0	i=1
0.334	8.0	3.4^{ij}	1.2^{ij}
0.752	12.0	2.5^{ij}	0.84^{ij}
2.1	20.0	1.5^{ij}	0.48 ± 0.11^{ij}

Захват двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{Ar} \rightarrow \text{He}^{(i-2)+} + \text{Ar}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2$
		i=2
0.091	4.1	0.32^b
0.164	5.6	0.012 ± 0.004^b

Потеря двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{Ar} \rightarrow \text{He}^{(i+2)+} + \text{Ar} + 2e^{-}$

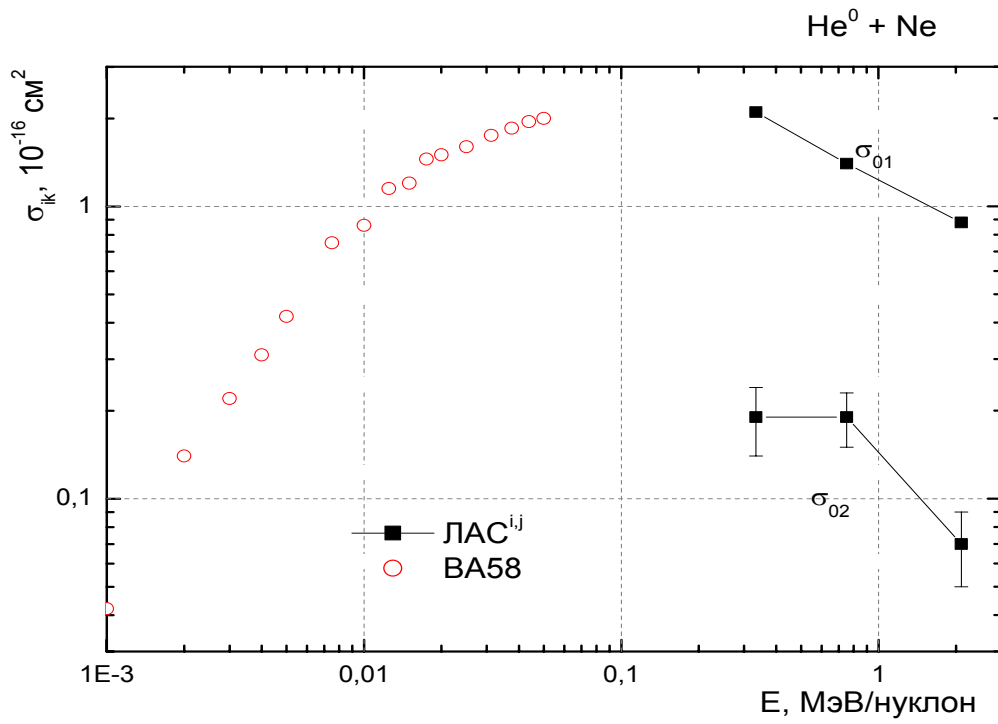
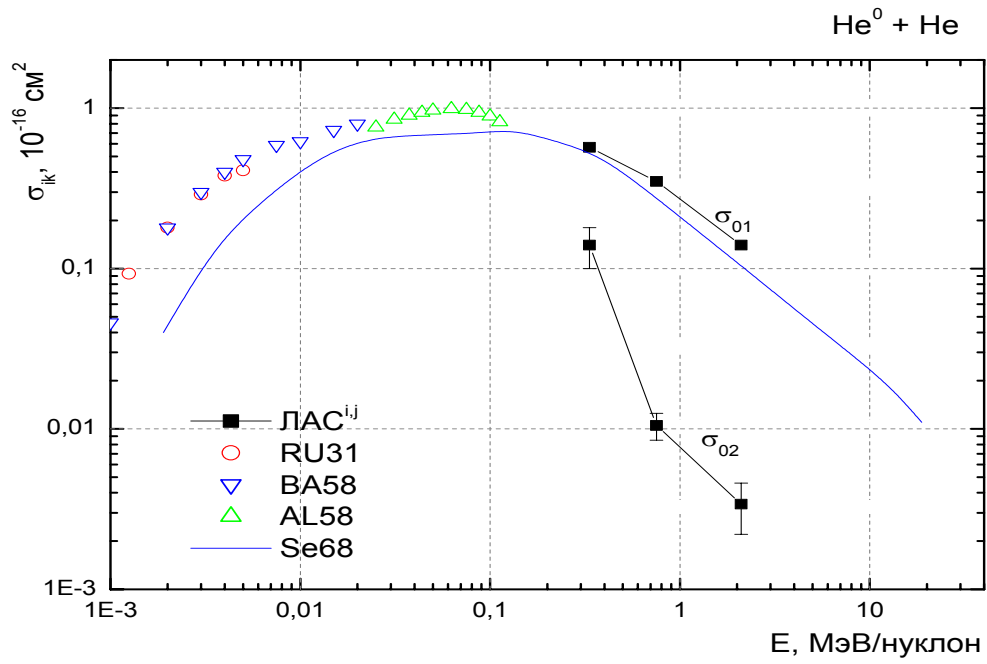
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16} \text{ см}^2$
		i=0
0.334	8.0	0.35^j
0.752	12.0	0.39^j
2.1	20.0	0.12 ± 0.03^j

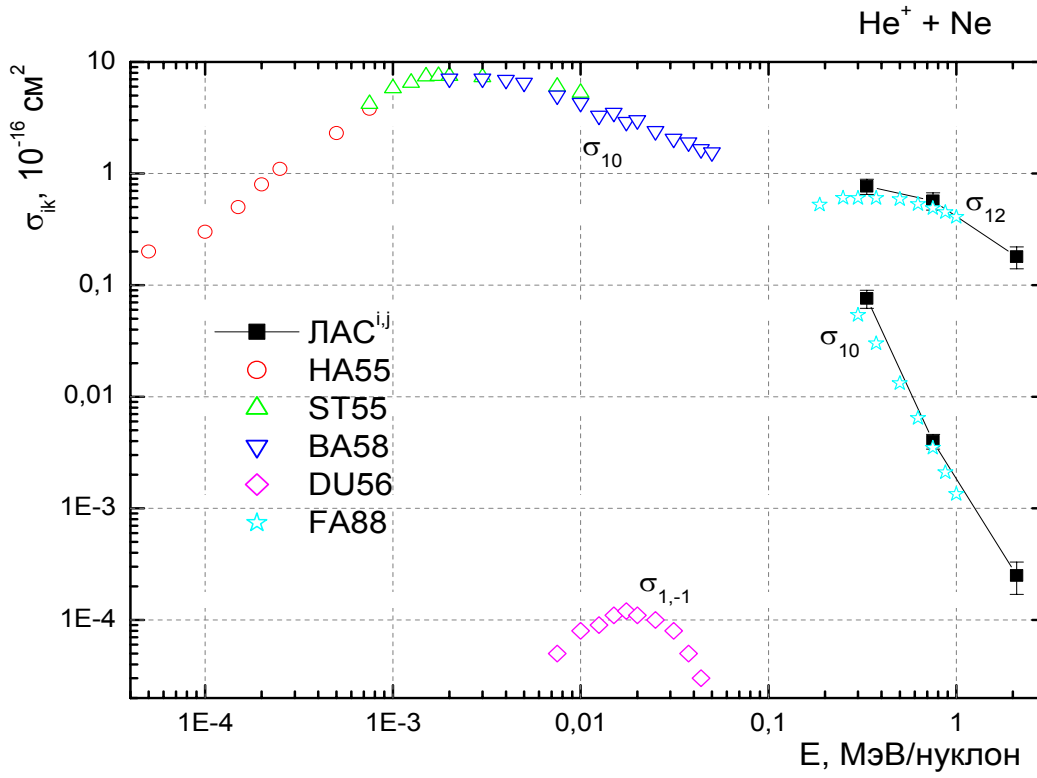
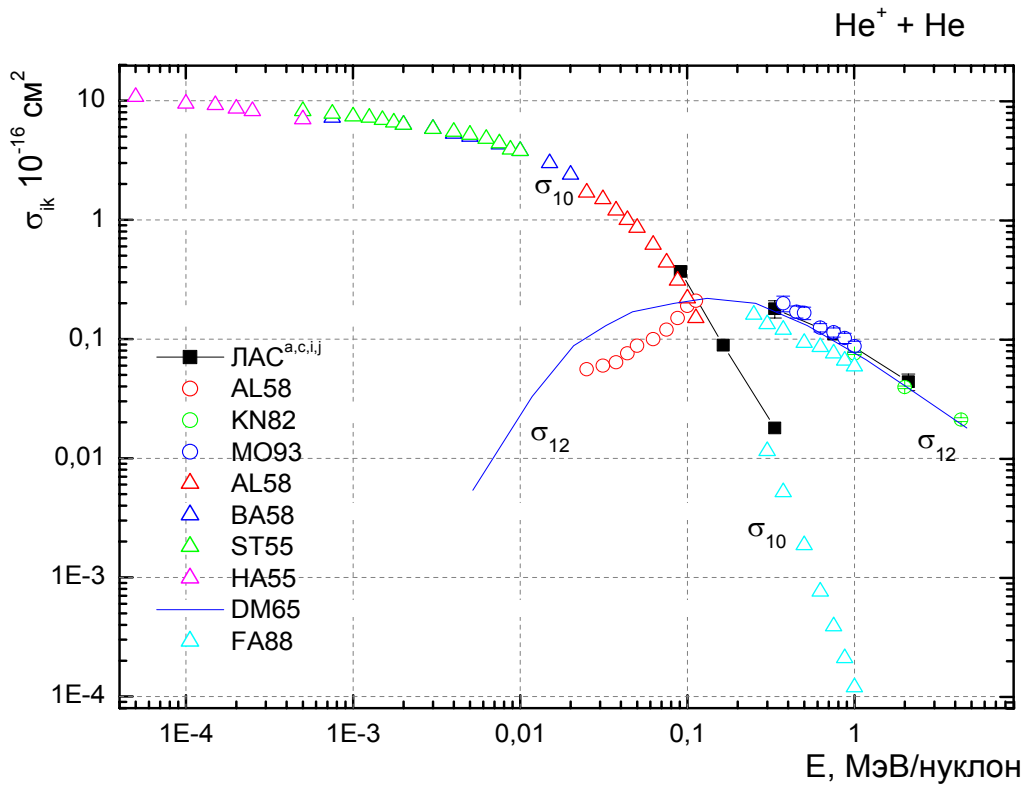
2.2.4 Ионы гелия в криптоне ($Z_c=36$)

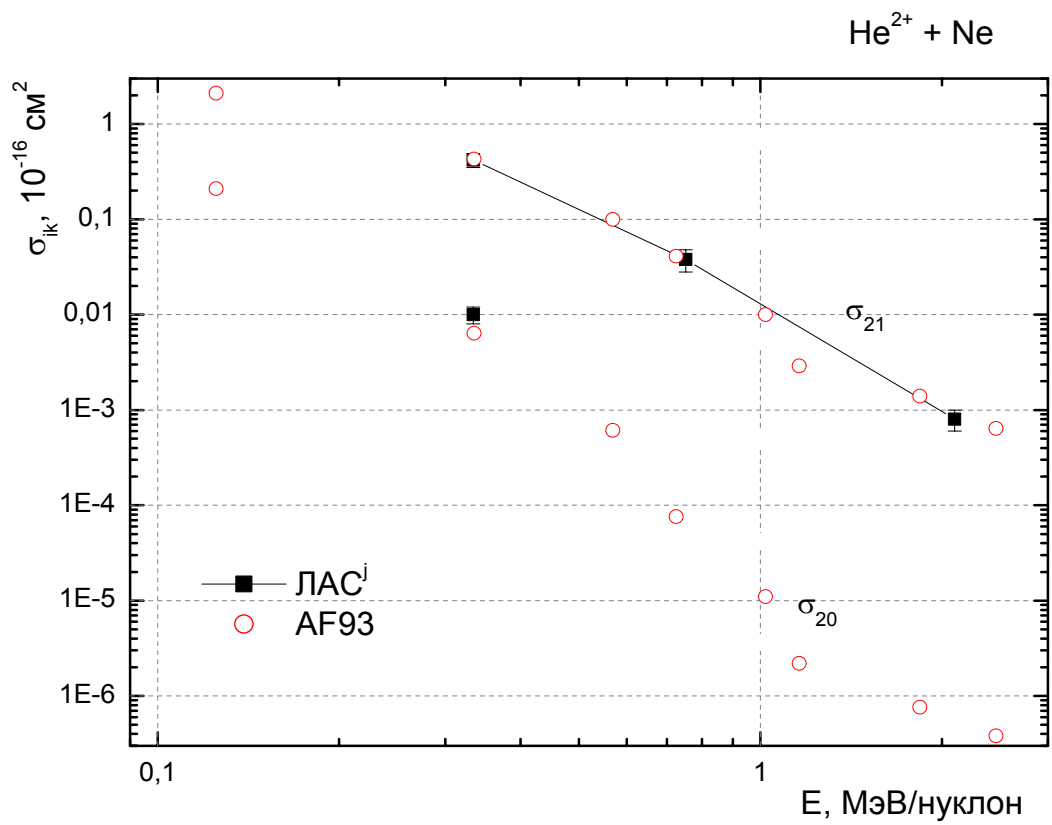
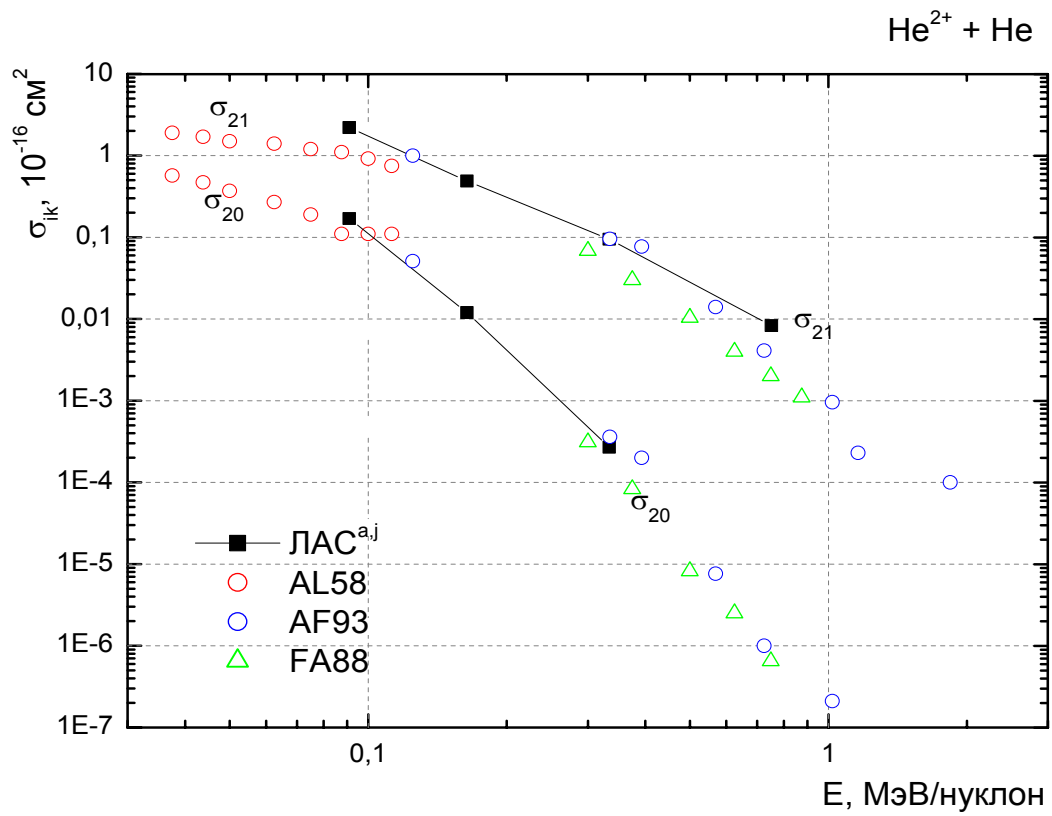
Захват двух электронов $\text{He}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{He}^{(i-2)+} + \text{Kr}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	He(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2$
		i=2
0.091	4.1	0.34^b
0.164	5.6	0.020 ± 0.008^b
0.334	8.0	0.0030 ± 0.0015^b

2.2.5 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $\text{He}^{0,1+,2+} + \text{He}$, $\text{He}^{0,1+,2+} + \text{Ne}$







2.3 ИОНЫ ЛИТИЯ Li^{i+} ($Z=3$)

2.3.1 Ионы лития в гелии ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $\text{Li}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Li}^{(i-1)+} + \text{He}^+$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Li(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2		
		i=1	i=2	i=3
0.091	4.1	$0.18 \pm 0.10^{a,g}$	1.8^a	—
0.164	5.6	0.030^a	0.45^a	1.4^a
0.334	8.0	0.016 ± 0.005^g	0.066^a	0.22^a
0.752	12.0	0.0016 ± 0.0008^g	0.0032^a	0.022^a

Потеря одного электрона $\text{Li}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Li}^{(i+1)+} + \text{He} + e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Li(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2		
		i=0	i=1	i=2
0.091	4.1	1.5^c	0.48^c	0.018^c
0.164	5.6	1.3^c	0.53^c	0.059^c
0.334	8.0	—	0.32^c	0.073^c
0.752	12.0	—	—	0.064^c

Захват двух электронов $\text{Li}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Li}^{(i-2)+} + \text{He}^{2+}$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Li(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см^2		
		i=1	i=2	i=3
0.091	4.1	0.0030 ± 0.0010^g	0.020^b	—
0.164	5.6	—	0.0051^b	0.042^b
0.334	8.0	—	0.00029 ± 0.00015^b	0.0027^b

Потеря двух электронов $\text{Li}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Li}^{(i+2)+} + \text{He} + 2e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Li(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см^2
		i=1
0.164	5.6	0.0058 ± 0.0013^d
0.334	8.0	0.021 ± 0.008^d

2.3.2 Ионы ЛИТИЯ В АЗОТЕ ($Z_c=7$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$		
		i=1	i=2	i=3
0.091	4.1	0.15 ^{a,g}	2.4 ^a	—
0.164	5.6	0.04 ^a	0.64 ^a	1.9 ^a
0.334	8.0	0.016 ± 0.004 ^g	0.092 ^a	0.40 ^a
0.752	12.0	—	0.012 ^a	0.072 ^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$		
		i=0	i=1	i=2
0.091	4.1	4.3 ^c	1.0 ^c	—
0.164	5.6	3.0 ^c	1.3 ^c	0.15 ^c
0.334	8.0	—	1.0 ^c	0.22 ^c
0.752	12.0	—	—	0.26 ^c



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$	
		i=2	i=3
0.091	4.1	0.050 ± 0.015 ^b	—
0.164	5.6	0.0022 ± 0.0016 ^b	0.11 ± 0.03 ^b
0.334	8.0	—	0.016 ^b
0.752	12.0	—	0.0014 ± 0.0006 ^b



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$
		i=1
0.091	4.1	0.0090 ± 0.0035 ^d
0.164	5.6	0.049 ± 0.020 ^d

2.3.3 Ионы ЛИТИЯ В АРГОНЕ ($Z_c=18$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.091	4.1	0.71 ^a	4.6 ^a	—
0.164	5.6	0.081 ^a	0.95 ^a	3.0 ^a
0.334	8.0	0.010 ± 0.003 ^a	0.125 ± 0.030 ^a	0.55
0.752	12.0	—	0.021 ^a	0.18 ^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.091	4.1	7.9 ± 1.5 ^c	1.9 ^c	0.050 ± 0.022 ^c
0.164	5.6	5.0 ± 1.1 ^c	2.4 ^c	0.32 ^c
0.334	8.0	—	2.0 ^c	0.60 ^c
0.752	12.0	—	—	0.60 ^c



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²	
		i=2	i=3
0.091	4.1	0.066 ^b	—
0.164	5.6	0.012 ± 0.004 ^b	0.12 ^b
0.334	8.0	—	0.020 ^b
0.752	12.0	—	0.0033 ± 0.0020 ^b



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²
		i=1
0.091	4.1	0.020 ± 0.009 ^d
0.164	5.6	0.13 ± 0.04 ^d
0.334	8.0	0.31 ± 0.09 ^d

2.3.4 Ионы ЛИТИЯ В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2		
		i=1	i=2	i=3
0.091	4.1	0.20 ± 0.06^a	6.1^a	—
0.164	5.6	0.075 ± 0.018^a	1.3^a	3.6^a
0.334	8.0	—	0.32^a	1.0^a
0.752	12.0	—	0.064 ± 0.011^a	0.40^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2		
		i=0	i=1	i=2
0.091	4.1	6.3 ± 1.3^c	1.5^c	—
0.164	5.6	5.6 ± 1.3^c	—	0.19^c
0.334	8.0	—	2.0^c	0.53^c
0.752	12.0	—	—	0.81^c

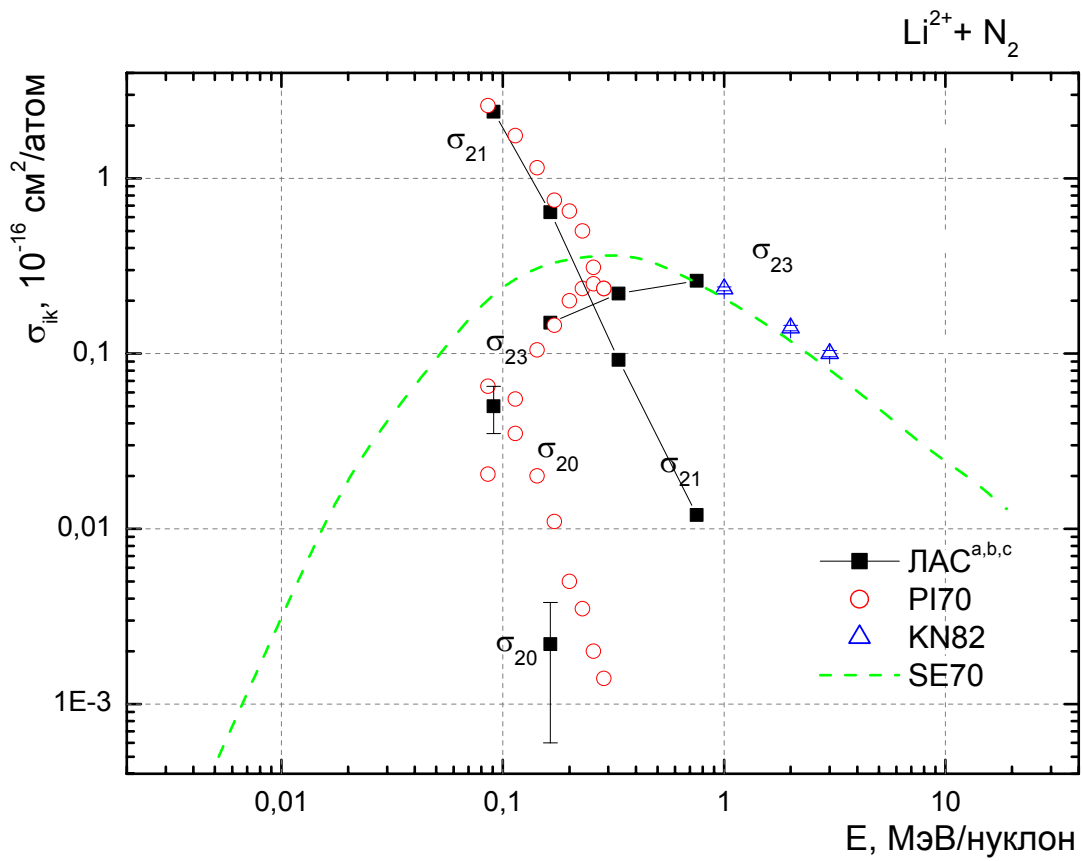
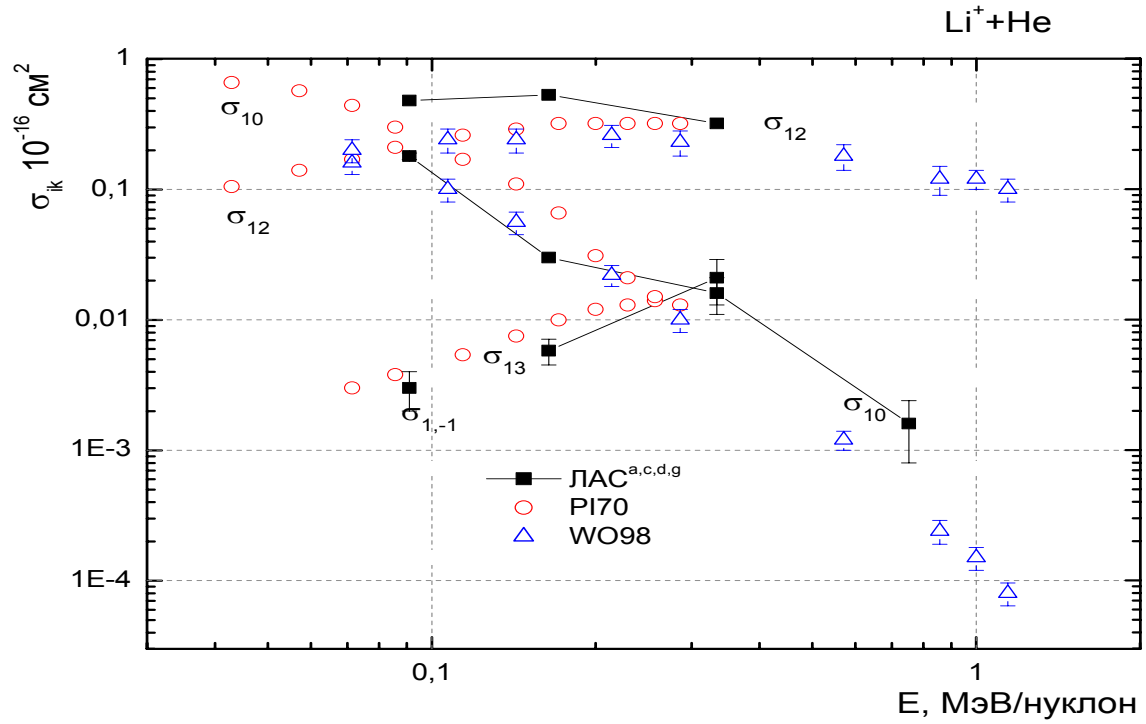


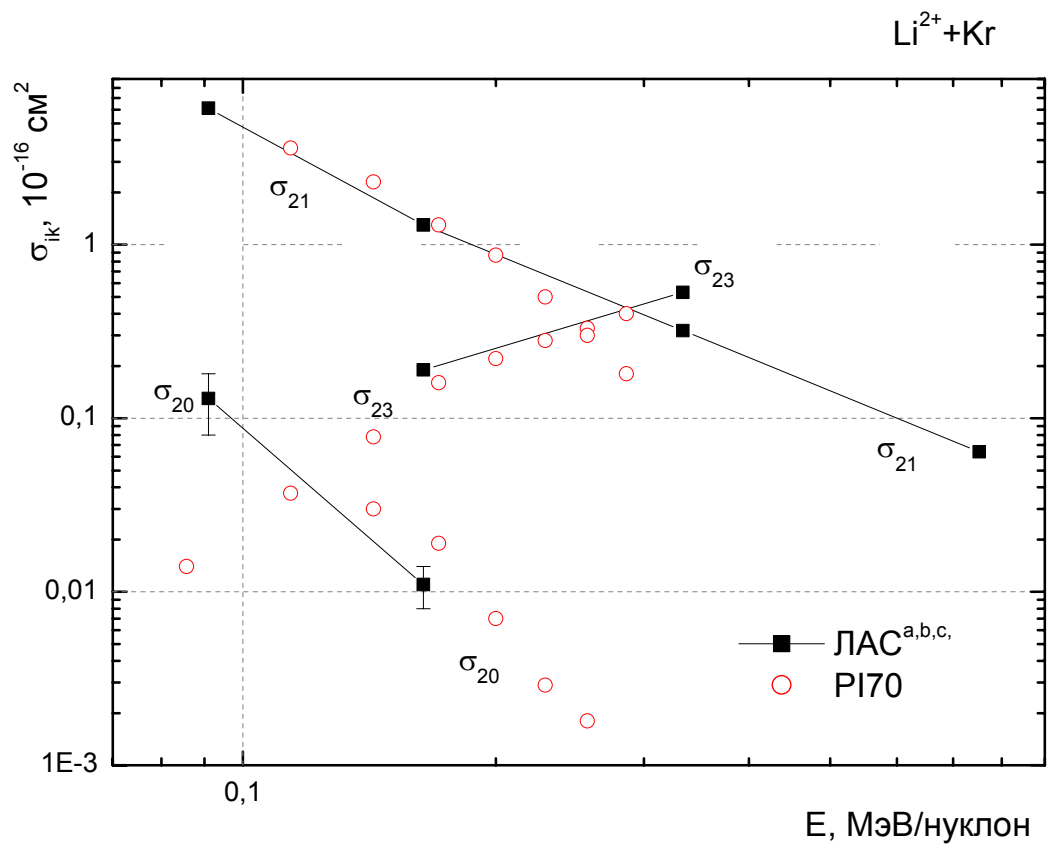
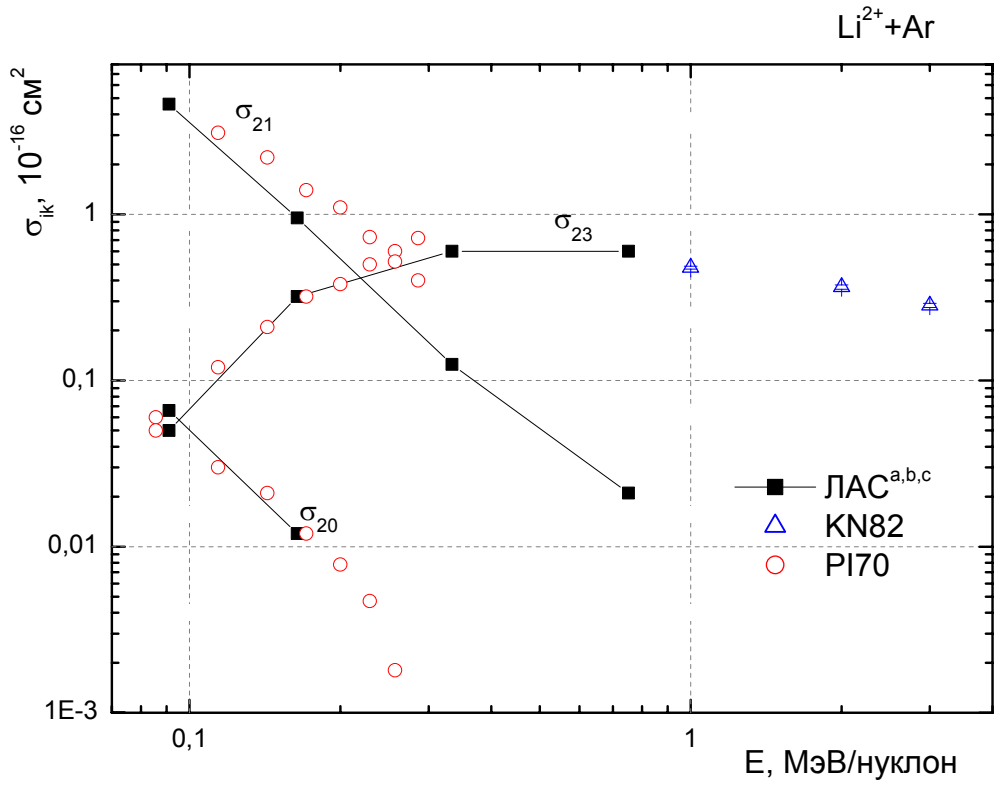
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см^2	
		i=2	i=3
0.091	4.1	0.13 ± 0.05^b	—
0.164	5.6	0.011 ± 0.003^b	0.40^b
0.334	8.0	—	0.10^b
0.752	12.0	—	0.021 ± 0.006^b



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Li(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см^2
		i=1
0.334	8.0	0.16 ± 0.06^d

2.3.5 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $\text{Li}^+ + \text{He}$, $\text{Li}^{2+} + \text{N}_2$, Ar, Kr





2.4 ИОНЫ БЕРИЛИЯ Be^{i+} ($Z=4$)

2.4.1 ИОНЫ БЕРИЛИЯ В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $\text{Be}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Be}^{(i-1)+} + \text{He}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Be(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=2	i=3
0.084	4.0	1.5 ^g	—
0.334	8.0	0.040 ± 0.008 ^{a,g}	0.17 ^a

Потеря одного электрона $\text{Be}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Be}^{(i+1)+} + \text{He} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Be(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²	
		i=2	i=3
0.084	4.0	0.020 ± 0.005 ^g	—
0.334	8.0	0.09 ^c	0.031 ± 0.008 ^c

Захват двух электронов $\text{Be}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Be}^{(i-2)+} + \text{He}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Be(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²
		i=2
0.084	4.0	0.021 ± 0.003 ^g

2.4.2 ИОНЫ БЕРИЛИЯ В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $\text{Be}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Be}^{(i-1)+} + \text{N}_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Be(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом			
		i=1	i=2	i=3	i=4
0.084	4.0	—	2.0 ± 0.3 ^g	—	—
0.334	8.0	0.010 ^r	0.060 ± 0.020 ^{a,g,r}	0.30 ^{a,r}	0.83 ^r

Потеря одного электрона $\text{Be}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Be}^{(i+1)+} + \text{N}_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Be(N_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=1	i=2	i=3
0.084	4.0	—	0.060 ± 0.011 ^g	—
0.334	8.0	0.61 ^r	0.42 ^{c,r}	0.12 ± 0.06 ^{c,r}

Захват двух электронов $\text{Be}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Be}^{(i-2)+} + \text{N}_2^{2+}$

E ,	V ,	Be(N2) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	i=2
0.084	4.0	0.010 ± 0.003^g

2.5 ИОНЫ БОРА В⁺ (Z=5)

2.5.1 ИОНЫ БОРА В ВОДОРОДЕ (Z_c=1)

Захват одного электрона $B^{i+} + H_2 \rightarrow B^{(i-1)+} + H_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10 ⁸ см/с	B(H ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10 ⁻¹⁶ см ² /атом					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.08 ^o	1.6 ^o	4.3 ^o	5.5 ^o		—
0.084	4.0	0.025 ^o	0.50 ^o	1.5 ^o	2.7 ^o	5.0 ^o	—
0.189	6.0	—	0.018 ^p	0.08 ^p	0.29 ^p	0.54 ^p	—
0.334	8.0	—	—	0.008 ^p	0.016 ^p	0.05 ^{p,q}	0.12 ^p
0.752	12.0	—	—	—	0.002 ^p	0.0043 ^p	0.009 ^p

Потеря одного электрона $B^{i+} + H_2 \rightarrow B^{(i+1)+} + H_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10 ⁸ см/с	B (H ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10 ⁻¹⁶ см ² /атом			
		i=-1	i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	10.0 ^o	2.3 ^o	0.8 ^o	0.12 ^o
0.084	4.0	4.0 ^o	2.8 ^o	0.7 ^o	0.18 ^o

Захват двух электронов $B^{i+} + H_2 \rightarrow B^{(i-2)+} + H_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10 ⁸ см/с	B(H ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10 ⁻¹⁶ см ² /атом				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.005 ^p	0.35 ^p	1.3 ^p	—	—
0.084	4.0	0.001 ^p	0.04 ^p	0.25 ^p	0.2 ^p	—
0.189	6.0	—	—	0.0017 ^p	—	—
0.752	12.0	—	—	—	—	0.0006 ^p

Потеря двух электронов $B^{i+} + H_2 \rightarrow B^{(i+2)+} + H_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10 ⁸ см/с	B(H ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10 ⁻¹⁶ см ² /атом		
		i=-1	i=0	i=1
0.035	2.6	2.8 ^o	0.2 ^o	0.015 ^o
0.084	4.0	1.6 ^o	0.20 ^o	0.014 ^o

Потеря трех электронов $B^{i+} + H_2 \rightarrow B^{(i+3)+} + H_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(H ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=-1	i=0
0.035	2.6	0.2 ^o	—
0.084	4.0	0.30 ^o	0.002 ^o

2.5.2 Ионы БОРА В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.050 ^o	1.0 ^{a,o}	4.0 ^{a,o}	—	—	—
0.091	4.1	0.035 ^o	0.63 ± 0.23 ^{a,o}	2.5 ^a	3.8 ± 1.1 ^{a,g,o}	5.0 ^o	—
0.189	6.0	—	0.09 ^p	0.36 ^p	0.8 ^p	2.0 ^p	—
0.262	7.1	—	—	0.16 ^a	0.29 ^a	0.89 ^a	—
0.334	8.0	—	—	0.066 ± 0.030 ^{a,p}	0.12 ^{a,g,p}	0.40 ^{a,p,q}	0.70 ^{a,p}
0.752	12.0	—	—	—	0.0080 ± 0.0020 ^{g,p}	0.030 ^{a,p}	0.070 ^{a,g,p}

Потеря одного электрона $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i+1)+} + He + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²					
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	6.3 ^o	3.9 ± 2.2 ^{c,o}	1.1 ± 0.3 ^{c,o}	0.18 ± 0.03 ^{c,o}	—	—
0.091	4.1	4.0 ^o	4.4 ± 1.7 ^{c,o}	1.4 ^{c,o}	0.35 ^{c,o}	0.028 ± 0.007 ^c	—
0.262	7.1	—	—	—	0.37 ^c	0.090 ^c	0.0081 ± 0.0015 ^c
0.334	8.0	—	—	—	0.31 ^c	0.095 ^c	0.010 ^c
0.752	12.0	—	—	—	—	—	0.016 ^c

Захват двух электронов $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i-2)+} + He^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.003 ^p	0.40 ^p	—	—	—
0.084	4.0	0.0016 ^p	0.037 ^{b,g,p}	0.30 ± 0.15 ^{b,g,p}	0.3 ^p	—
0.189	6.0	—	0.0036 ^p	0.040 ^p	0.050 ^p	—
0.334	8.0	—	—	0.0020 ± 0.0015 ^{g,p}	0.030 ^p	0.20 ^p
0.752	12.0	—	—	—	0.0002 ^p	0.0012 ^p

Потеря двух электронов $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i+2)+} + He + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	2.5 ^o	0.3 ^o	0.020 ± 0.010 ^{d,o}	—	—
0.091	4.1	1.7 ^o	0.30 ^o	0.030 ± 0.016 ^{d,o}	0.001 ^o	—
0.262	7.1	—	—	—	—	0.00073 ± 0.00020 ^d
0.334	8.0	—	—	—	0.0040 ± 0.0009 ^d	0.00073 ± 0.00025 ^d

Потеря трех электронов $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i+3)+} + He + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(He) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=-1	i=0
0.035	2.6	0.3 ^o	0.05 ^o
0.084	4.0	0.15 ^o	0.002 ^o

2.5.3 Ионы БОРА В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.050 ^o	1.0 ^{a,o}	6.2 ^{a,o}	—	—	—
0.091	4.1	0.025 ^o	0.50 ^{a,o}	2.4 ^{a,o}	5.0 ^{a,g,o}	6.3 ^o	—
0.189	6.0	—	0.04 ^p	0.43 ^p	1.0 ^p	2.1 ^p	—
0.262	7.1	—	—	0.19 ^a	0.47 ^a	1.4 ^a	—
0.334	8.0	—	0.012 ^p	0.090 ^{a,p}	0.24 ^{a,g,p}	0.80 ^{a,p,q}	1.3 ± 0.3 ^{a,p}
0.752	12.0	—	—	—	0.027 ± 0.007 ^{p,r}	0.12 ^{a,p,r}	0.25 ^{a,p,r}

Потеря одного электрона $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	10. ^o	5.5 ± 1.4 ^{c,o}	2.0 ^{c,o}	0.18 ± 0.05 ^{c,o}	0.032 ± 0.007 ^c	—
0.091	4.1	6.6 ^o	5.6 ^{c,o}	2.5 ^{c,o}	0.54 ^{c,o}	—	—
0.262	7.1	—	—	—	1.0 ^c	0.23 ^c	0.017 ± 0.004 ^c
0.334	8.0	—	—	1.4 ± 0.3 ^c	1.0 ^c	0.25 ^c	0.020 ± 0.005 ^c
0.752	12.0	—	—	—	1.0 ^r	0.12 ^r	0.044 ± 0.004 ^{c,r}

Захват двух электронов $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.005 ^p	0.24 ± 0.12 ^{b,p}	—	—	—
0.084	4.0	0.0010 ^p	0.052 ± 0.018 ^{b,p}	0.55 ^p	0.9 ^p	—
0.189	6.0	—	—	0.040 ^p	0.1 ^p	—
0.334	8.0	—	0.01 ^p	0.007 ± 0.007 ^{g,p}	0.030 ^p	0.16 ^p
0.752	12.0	—	—	—	0.0035 ^p	0.045 ^p

Захват трех электронов $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i-3)+} + N_2^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=3	i=4	i=5
0.084	4.0	0.029 ± 0.014 ^{b,o}	—	—
0.334	8.0	—	0.005 ^p	0.03 ^p
0.752	12.0	—	—	0.0008 ^p

Потеря двух электронов $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i+2)+} + N_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	5.0 ^o	1.0 ^o	0.052 ± 0.025 ^{d,o}	—	—
0.091	4.1	3.8 ^o	1.4 ^o	0.15 ± 0.06 ^{d,o}	0.003 ^o	—
0.262	7.1	—	—	—	0.016 ± 0.004 ^d	0.0024 ± 0.0010 ^d
0.334	8.0	—	—	—	0.022 ± 0.005 ^d	0.0033 ± 0.0012 ^d

Потеря трех электронов $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i+3)+} + N_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=-1	i=0
0.035	2.6	1.3 ^o	0.04 ^o
0.084	4.0	0.64 ^o	0.10 ^o

2.5.4 Ионы БОРА В НЕОНЕ ($Z_c=10$)

Захват одного электрона $B^{i+} + Ne \rightarrow B^{(i-1)+} + Ne^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.045 ^o	0.65 ^o	2.0 ^o	—	—	—
0.084	4.0	0.040 ^o	0.40 ^o	1.5 ^o	3.5 ^o	6.5 ^o	—
0.189	6.0	—	0.19 ^p	0.85 ^p	1.6 ^p	3.6 ^p	—
0.334	8.0	—	—	0.18 ^p	0.50 ^p	1.9 ^{p,q}	3.0 ^p
0.752	12.0	—	—	—	0.13 ^p	0.30 ^p	0.70 ^p

Потеря одного электрона $B^{i+} + Ne \rightarrow B^{(i+1)+} + Ne + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²			
		i=-1	i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	17.0 ^o	2.2 ^o	0.7 ^o	0.01 ^o
0.084	4.0	11.0 ^o	6.3 ^o	2.3 ^o	0.40 ^o

Захват двух электронов $B^{i+} + Ne \rightarrow B^{(i-2)+} + Ne^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.0025 ^p	0.10 ^p	—	—	—
0.084	4.0	0.0040 ^p	0.040 ^p	0.40 ^p	0.06 ^p	—
0.189	6.0	—	0.018 ^p	0.070 ^p	0.24 ^p	—
0.334	8.0	—	—	0.007 ^p	0.090 ^p	0.35 ^p
0.752	12.0	—	—	0.001 ^p	0.0040 ^p	0.055 ^p

Захват трех электронов $B^{i+} + Ne \rightarrow B^{(i-3)+} + Ne^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ²	
		i=4	i=5
0.189	6.0	0.02 ^p	—
0.334	8.0	0.010 ^p	0.04 ^p
0.752	12.0	—	0.0006 ^p

Потеря двух электронов $B^{i+} + Ne \rightarrow B^{(i+2)+} + Ne + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²			
		i=-1	i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	10.0 ^o	0.3 ^o	0.02 ^o	—
0.084	4.0	4.0 ^o	1.1 ^o	0.12 ^o	0.010 ^o

Потеря трех электронов $B^{i+} + Ne \rightarrow B^{(i+3)+} + Ne + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=-1	i=0
0.035	2.6	0.75 ^o	—
0.084	4.0	0.35 ^o	0.035 ^o

2.5.5 Ионы БОРА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $B^{i+} + Ar \rightarrow B^{(i-1)+} + Ar^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.090 ^o	2.0 ± 0.5 ^{a,o}	10. ^{a,o}	—	—	—
0.091	4.1	0.045 ^o	0.95 ^{a,o}	5.0 ^{a,o}	10. ^{a,o}	14. ^o	—
0.189	6.0	—	0.10 ^p	0.63 ^p	1.7 ^p	4.0 ^p	—
0.262	7.1	—	0.05 ± 0.02 ^a	—	0.70 ^a	1.9 ^a	—
0.334	8.0	—	—	0.10 ^{a,p}	0.35 ^{a,p}	1.0 ^{a,p,q}	1.8 ^{a,p}
0.752	12.0	—	—	—	0.035 ^p	0.30 ± 0.10 ^{a,p}	0.50 ^p

Потеря одного электрона $B^{i+} + Ar \rightarrow B^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²					
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	30. ^o	10. ± 3. ^{c,o}	3.0 ^{c,o}	0.30 ± 0.06 ^{c,o}	—	—
0.091	4.1	14. ^o	13. ^{c,o}	6.0 ^{c,o}	1.2 ^{c,o}	0.033 ± 0.008 ^c	—
0.262	7.1	—	—	3.8 ^c	2.0 ^c	0.45 ^c	0.021 ± 0.004 ^c
0.334	8.0	—	—	—	—	—	0.033 ± 0.007 ^c
0.423	9.0	—	—	—	2.1 ^c	0.51 ^c	0.068 ± 0.018 ^c

Захват двух электронов $B^{i+} + Ar \rightarrow B^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.010 ^o	0.54 ± 0.18 ^{b,o}	—	—	—
0.084	4.0	0.010 ^o	0.16 ^{b,o}	1.25 ± 0.32 ^{b,o}	2.0 ^o	—
0.189	6.0	—	0.004 ^p	0.050 ^p	0.22 ^p	—
0.262	7.1	—	—	1.14 ± 0.54 ^b	0.096 ^b	—
0.334	8.0	—	—	—	0.068 ^{b,p}	0.30 ^{b,p}
0.752	12.0	—	—	—	0.016 ^p	0.18 ^p

Захват трех электронов $B^{i+} + Ar \rightarrow B^{(i-3)+} + Ar^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ²	
		i=4	i=5
0.189	6.0	0.01 ^p	—
0.752	12.0	—	0.014 ^p

Потеря двух электронов $B^{i+} + Ar \rightarrow B^{(i+2)+} + Ar + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²				
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	$14.$ ^o	1.3 ^o	0.12 ± 0.04 ^{d,o}	—	—
0.091	4.1	9.0 ^o	3.2 ^o	0.34 ± 0.18 ^{d,o}	—	—
0.262	7.1	—	—	0.48 ± 0.14 ^d	0.043 ± 0.010 ^d	—
0.334	8.0	—	—	—	0.052 ± 0.012 ^d	0.0060 ± 0.0016 ^d

Потеря трех электронов $B^{i+} + Ar \rightarrow B^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=0
0.035	2.6	2.2 ^o	0.01 ^o
0.084	4.0	2.6 ^o	0.16 ^o

2.5.6 Ионы БОРА В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $B^{i+} + Kr \rightarrow B^{(i-1)+} + Kr^+$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	B(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	—	$2.8 \pm 0.9^{a,o}$	$15^{a,o}$	—	—	—
0.091	4.1	—	$1.6^{a,o}$	$7.2 \pm 1.6^{a,o}$	$11^{a,o}$	—	—
0.189	6.0	—	—	0.90^p	2.3^p	—	—
0.262	7.1	—	—	0.25^a	0.79^a	2.4^a	—
0.334	8.0	—	—	$0.12 \pm 0.02^{a,p}$	$0.50^{a,p}$	$1.6^{a,p}$	$2.1^{a,p}$
0.752	12.0	—	—	—	—	$0.48^{a,p}$	$0.83^{a,p}$

Потеря одного электрона $B^{i+} + Kr \rightarrow B^{(i+1)+} + Kr + e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	B(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²				
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	$14.0 \pm 4.0^{c,o}$	$3.2^{c,o}$	$0.28 \pm 0.04^{c,o}$	—	—
0.091	4.1	$19.0^{c,o}$	$5.0^{c,o}$	$1.1^{c,o}$	0.034 ± 0.009^c	—
0.262	7.1	—	—	2.3^c	0.44^c	0.018 ± 0.004^c
0.334	8.0	—	4.1^c	2.4^c	0.56 ± 0.12^c	0.031 ± 0.006^c
0.752	12.0	—	—	—	—	0.098 ± 0.004^c

Захват двух электронов $B^{i+} + Kr \rightarrow B^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	B(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²			
		i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	$0.83 \pm 0.20^{b,o}$	—	—	—
0.091	4.1	$0.28^{b,o}$	2.4^b	—	—
0.189	6.0	—	0.10^p	—	—
0.262	7.1	—	0.023	0.022	—
0.334	8.0	—	$0.015 \pm 0.006^{b,o}$	$0.14^{b,o}$	$0.60^{b,o}$
0.752	12.0	—	—	$0.027^{b,o}$	—

Захват трех электронов $B^{i+} + Kr \rightarrow B^{(i-3)+} + Kr^{3+}$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	B(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ²		
		i=3	i=4	i=5
0.091	4.1	$0.060 \pm 0.016^{b,o}$	—	—
0.262	7.1	—	0.0090 ± 0.0030^b	—
0.334	8.0	—	0.030^p	$0.083 \pm 0.037^{b,p}$

Потеря двух электронов $B^{i+} + Kr \rightarrow B^{(i+2)+} + Kr + 2e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	$0.052 \pm 0.015^{d,o}$	—	—
0.091	4.1	$0.15 \pm 0.02^{d,o}$	—	—
0.262	7.1	—	0.033 ± 0.007^d	—
0.334	8.0	0.50 ± 0.15^d	0.075 ± 0.015^d	0.0105 ± 0.0040^d

2.5.7 Ионы БОРА В КСЕНОНЕ ($Z_c=54$)

Захват одного электрона $B^{i+} + Xe \rightarrow B^{(i-1)+} + Xe^{+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Xe) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.10^o	2.8^o	13.0^o	—	—	—
0.084	4.0	0.10^o	1.6^o	6.3^o	10.0^o	—	—
0.334	8.0	—	0.030^p	0.16^p	0.80^p	2.4^p	3.0^p

Потеря одного электрона $B^{i+} + Xe \rightarrow B^{(i+1)+} + Xe + e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Xe) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²			
		i=-1	i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	70.0^o	10.0^o	2.3^o	0.2^o
0.084	4.0	23.0^o	14.0^o	6.3^o	1.0^o

Захват двух электронов $B^{i+} + Xe \rightarrow B^{(i-2)+} + Xe^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Xe) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.025^o	2.5^o	—	—	—
0.084	4.0	—	0.30^o	2.0^o	—	—
0.334	8.0	—	0.01^p	0.03^p	0.20^p	0.71^p

Захват трех электронов $B^{i+} + Xe \rightarrow B^{(i-3)+} + Xe^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Xe) Сечение $\sigma_{i,i-3}, 10^{-16}$ см ²		
		i=3	i=4	i=5
0.084	4.0	0.060^o	—	—
0.334	8.0	—	0.012^p	0.10^p

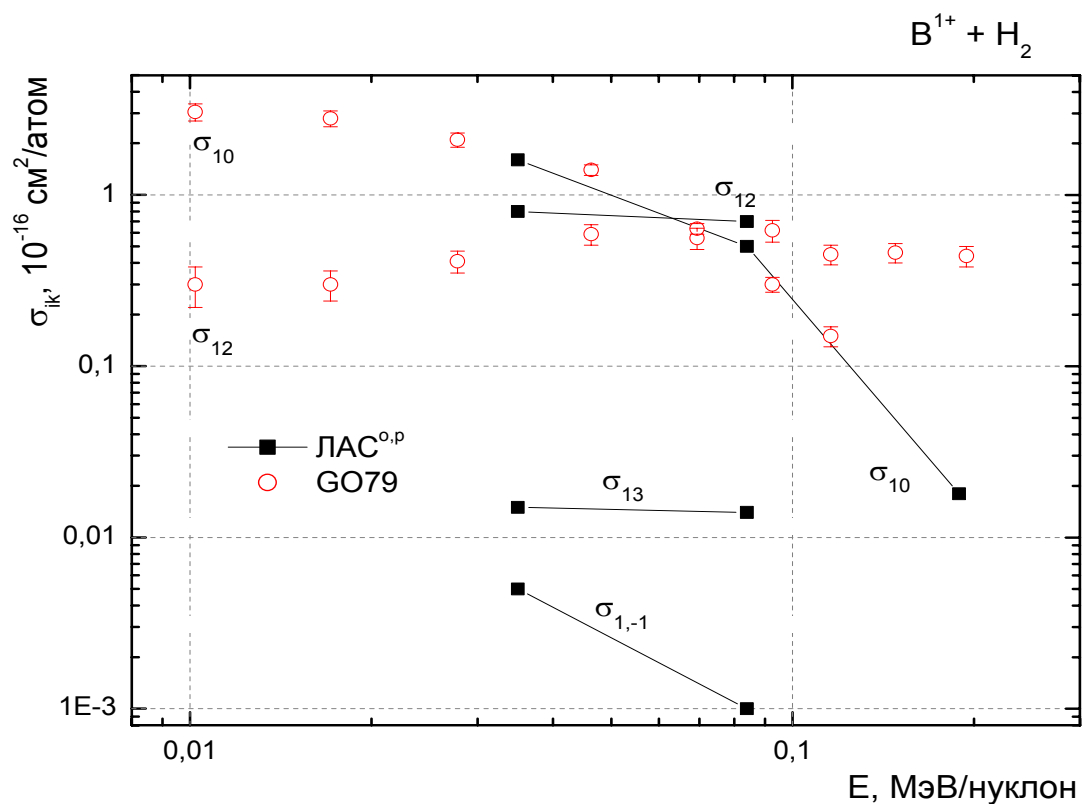
Потеря двух электронов $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i+2)+} + He + 2e^-$

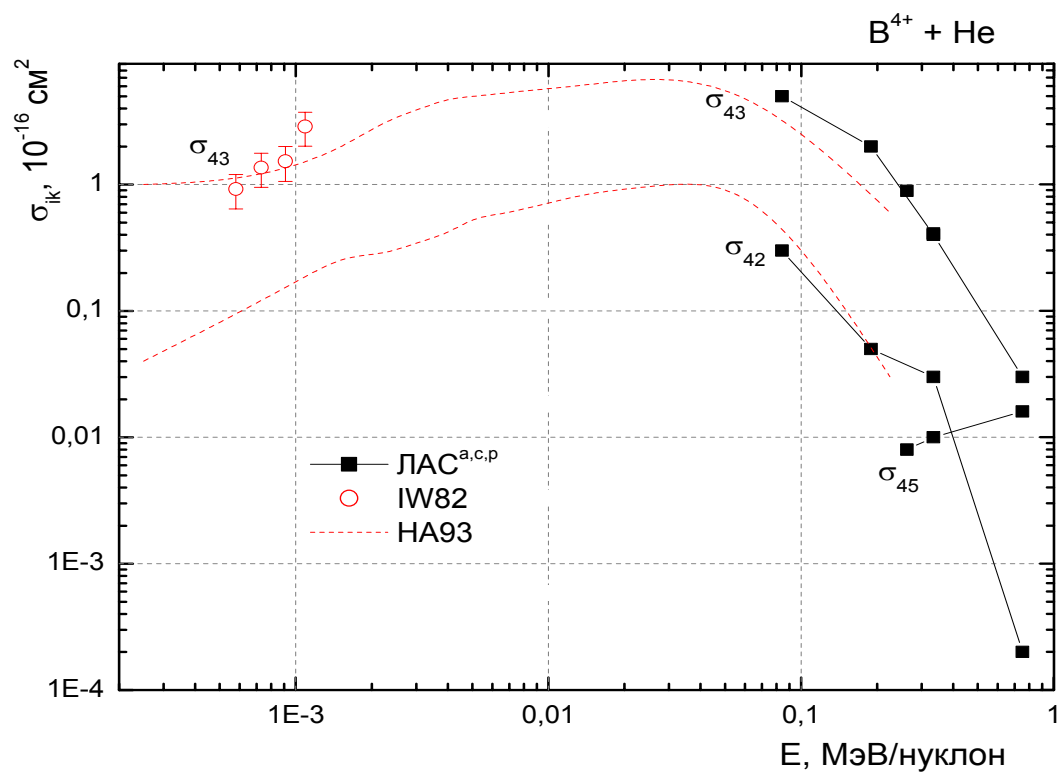
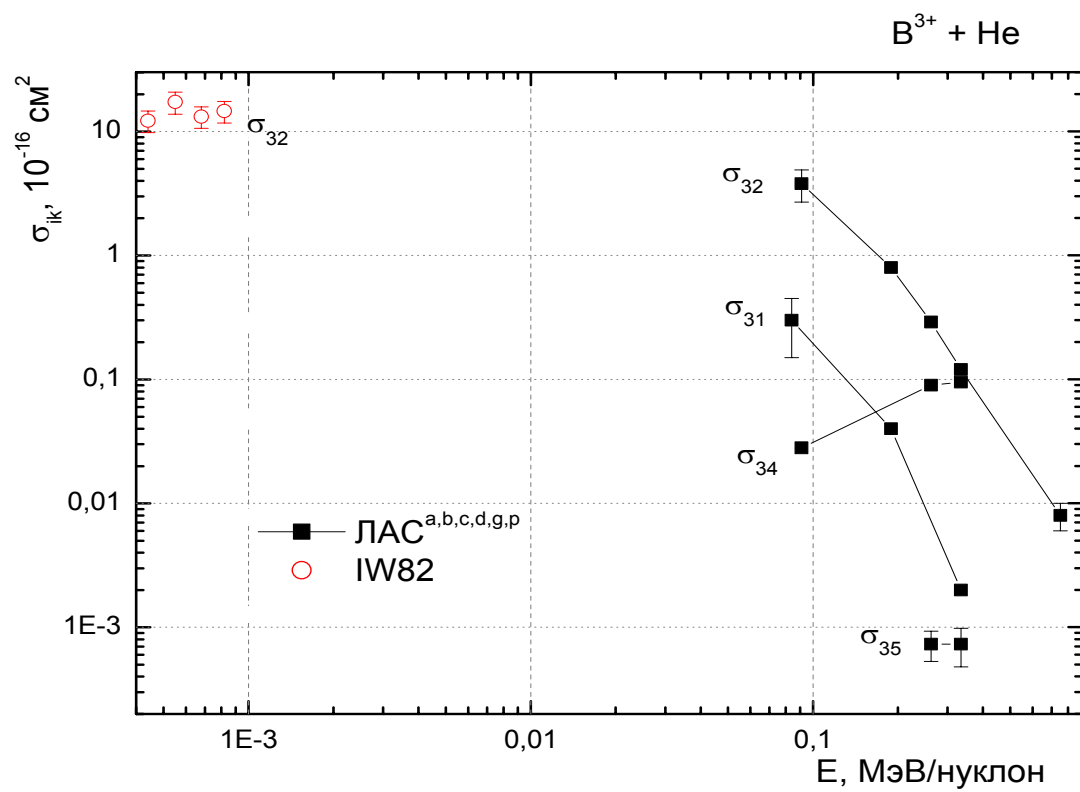
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Xe) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²		
		i=-1	i=0	i=1
0.035	2.6	23.0 °	0.8 °	0.03 °
0.084	4.0	10.0 °	3.3 °	0.25 °

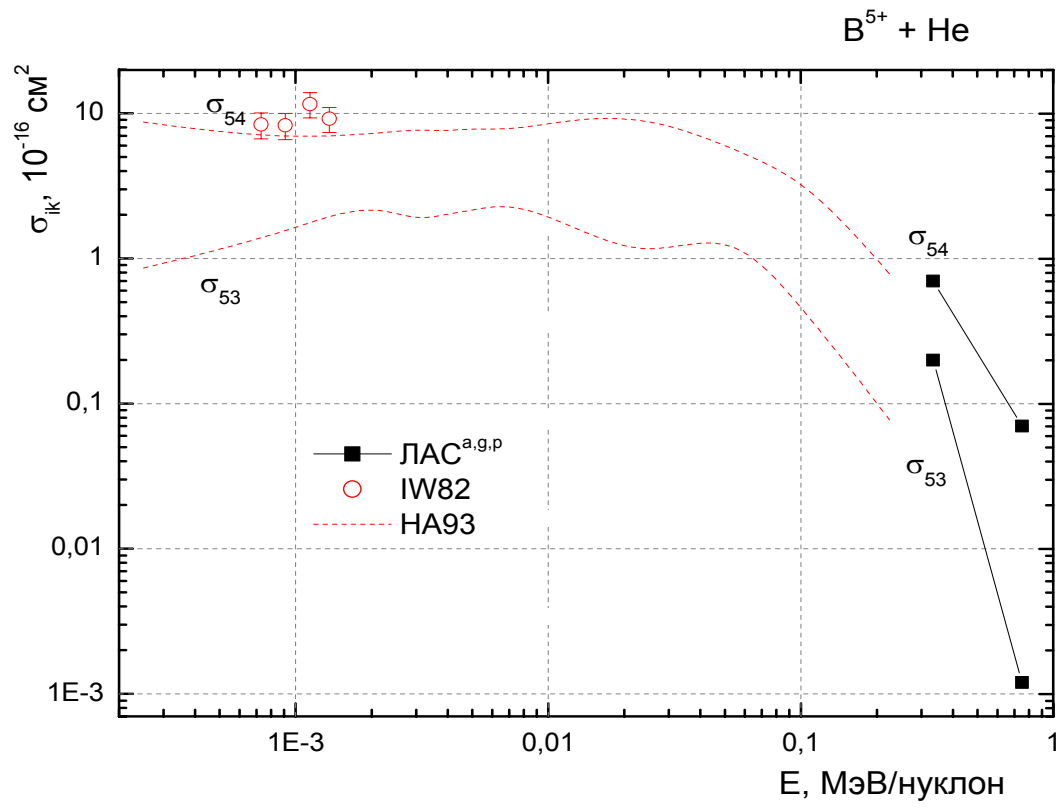
Потеря трех электронов $B^{i+} + He \rightarrow B^{(i+3)+} + He + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	B(Xe) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=-1	i=0
0.035	2.6	4.4 °	—
0.084	4.0	1.15 °	0.11 °

2.5.8 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $B^+ + H_2, B^{3+,4+,5+} + He$







2.6 ИОНЫ УГЛЕРОДА C^{i+} ($Z=6$)

2.6.1 ИОНЫ УГЛЕРОДА В ВОДОРОДЕ ($Z_c=1$)

Захват одного электрона $C^{i+} + H_2 \rightarrow C^{(i-1)+} + H_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(H ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом			
		i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	0.80 ^t	2.5 ^t	4.8 ^t	5.3 ^t
0.084	4.0	0.42 ^t	1.4 ^t	3.4 ^t	5.2 ^t
0.189	6.0	0.10 ^t	0.25 ^t	0.53 ^t	0.85 ^t
0.334	8.0	0.015 ^t	0.080 ^t	0.16 ^t	0.30 ^t

Потеря одного электрона $C^{i+} + H_2 \rightarrow C^{(i+1)+} + H_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(H ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	2.4 ^t	0.75 ^t	0.095 ^t	0.0046 ^t
0.084	4.0	2.0 ^t	1.3 ^t	0.61 ^t	0.06 ^t
0.189	6.0	1.8 ^t	1.4 ^t	1.1 ^t	0.16 ^t
0.334	8.0	1.7 ^t	1.4 ^t	1.1 ^t	0.40 ^t

2.6.2 ИОНЫ УГЛЕРОДА В ГЕЛИИ ($Z_C=2$)

Захват одного электрона $C^{i+} + He \rightarrow C^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²						
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.17 ^e	1.4 ^s	3.0 ^s	5.0 ^s	6.0 ^s	7.0 ^s	—
0.084	4.0	—	0.8 ^s	2.0 ^s	3.5 ^s	5.0 ^s	6.6 ^s	—
0.189	6.0	—	0.2 ^s	0.4 ^s	1.0 ^s	1.7 ^s	3.4 ^s	7.1 ^s
0.334	8.0	—	—	0.09 ^s	0.26 ± 0.08 ^{a,s}	0.41 ± 0.12 ^{a,g,s}	0.8 ^s	1.2 ^s

Потеря одного электрона $C^{i+} + He \rightarrow C^{(i+1)+} + He + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²					
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	3.6 ± 1.1 ^e	2.9 ^s	1.2 ± 0.4 ^{e,s}	0.24 ^s	0.05 ^s	—
0.084	4.0	—	3.5 ^s	1.5 ^s	0.6 ^s	0.1 ^s	—
0.189	6.0	—	2.7 ^s	1.2 ^s	0.5 ^s	0.21 ^s	—
0.334	8.0	—	1.5 ^s	0.9 ^s	0.2 ^s	0.17 ^{c,s}	0.032 ^c

Захват двух электронов $C^{i+} + He \rightarrow C^{(i-2)+} + He^{2+}$

E ,	V ,	C(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	i=1
0.035	2.6	0.0042 ^e

Потеря двух электронов $C^{i+} + He \rightarrow C^{(i+2)+} + He + 2e^-$

E ,	V ,	C(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16} \text{ см}^2$		
		i=-1	i=1	i=3
МэВ/нуклон	10^8 см/с			
0.035	2.6	1.7 ± 0.4^e	0.024 ± 0.008^e	—
0.334	8.0	—	—	0.0025 ± 0.0012^d

Потеря трех электронов $C^{i+} + He \rightarrow C^{(i+3)+} + He + 3e^-$

E ,	V ,	C(He) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16} \text{ см}^2$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	i=-1
0.035	2.6	0.31 ± 0.15^e

2.6.3 Ионы УГЛЕРОДА В АЗОТЕ ($Z_C=7$)

Захват одного электрона $B^{i+} + N_2 \rightarrow B^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.15 ^e	1.0 ^s	5.3 ^s	8.0 ^s	11.0 ^s	—
0.084	4.0	—	0.5 ^s	2.6 ^s	4.5 ^s	7.0 ^s	8.0 ^s
0.189	6.0	—	0.18 ^s	0.43 ^s	1.3 ^s	2.5 ^s	3.8 ^s
0.334	8.0	—	—	0.10 ^s	0.33 ± 0.11 ^{a,s}	0.63 ± 0.17 ^{a,g,s}	0.97 ^s

Потеря одного электрона $C^{i+} + N_2 \rightarrow C^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	5.5 ± 1.1 ^e	5.2 ^s	2.0 ± 0.5 ^{e,s}	0.31 ^s	0.03 ^s	0.003 ^s
0.084	4.0	—	4.8 ^s	2.5 ^s	0.8 ^s	0.1 ^s	0.01 ^s
0.189	6.0	—	4.3 ^s	2.4 ^s	1.2 ^s	0.4 ^s	0.036 ^s
0.334	8.0	—	3.0 ^s	1.5 ^s	1.0 ^s	0.53 ± 0.15 ^{c,s}	0.077 ± 0.027 ^{c,s}

Захват двух электронов $C^{i+} + N_2 \rightarrow C^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=4
0.035	2.6	0.019 ^e	—
0.334	8.0	—	0.017 ± 0.002 ^g

Потеря двух электронов $C^{i+} + N_2 \rightarrow C^{(i+2)+} + N_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=-1	i=1	i=3
0.035	2.6	3.6 ± 0.8 ^e	0.21 ± 0.06 ^e	—
0.334	8.0	—	—	0.0060 ± 0.0030 ^d

Потеря трех электронов $C^{i+} + N_2 \rightarrow C^{(i+3)+} + N_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=-1
0.035	2.6	1.7 ± 0.4 ^e

2.6.4 ИОНЫ УГЛЕРОДА В НЕОНЕ (Z_c=10)

Захват одного электрона $C^{i+} + Ne \rightarrow C^{(i-1)+} + Ne^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	1.8 ^t	8.0 ^t	11. ^t	12. ^t	—
0.084	4.0	0.80 ^t	2.6 ^t	4.9 ^t	6.5 ^t	7.0 ^t
0.189	6.0	0.35 ^t	0.60 ^t	2.0 ^t	4.5 ^t	5.5 ^t
0.334	8.0	—	—	0.8 ^t	2.8 ^t	3.9 ^t

Потеря одного электрона $C^{i+} + Ne \rightarrow C^{(i+1)+} + Ne + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	5.1 ^t	3.6 ^t	0.50 ^t	0.12 ^t
0.084	4.0	5.0 ^t	3.0 ^t	1.2 ^t	0.20 ^t
0.189	6.0	4.8 ^t	2.1 ^t	0.9 ^t	0.30 ^t
0.334	8.0	3.6 ^t	1.6 ^t	0.80 ^t	0.40 ^t

2.6.5 Ионы УГЛЕРОДА В АРГОНЕ ($Z_C=18$)

Потеря одного электрона $C^{i+} + Ar \rightarrow C^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.41 ^e	2.0 ^s	9.7 ^s	22.0 ^s	26.0 ^s	—
0.084	4.0	—	1.04 ^s	4.8 ^s	9.2 ^s	15.0 ^s	—
0.189	6.0	—	0.26 ^s	0.61 ^s	2.1 ^s	5.3 ^s	7.1 ^s
0.334	8.0	—	—	—	0.33 ^s	1.2 ^s	1.8 ^s

Потеря одного электрона $C^{i+} + Ar \rightarrow C^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²					
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	13.0 ± 2.0 ^e	12.0 ^s	3.4 ± 0.9 ^{e,s}	0.6 ^s	0.15 ^s	0.07 ^s
0.084	4.0	—	14. ^s	4.1 ^s	1.5 ^s	0.3 ^s	0.1 ^s
0.189	6.0	—	13. ^s	5.6 ^s	3.1 ^s	1.0 ^s	0.14 ^s
0.334	8.0	—	5.3 ^s	3.3 ^s	1.6 ^s	1.2 ^s	0.22 ^s

Захват двух электронов $C^{i+} + Ar \rightarrow C^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	
0.035	2.6	0.022 ^e	

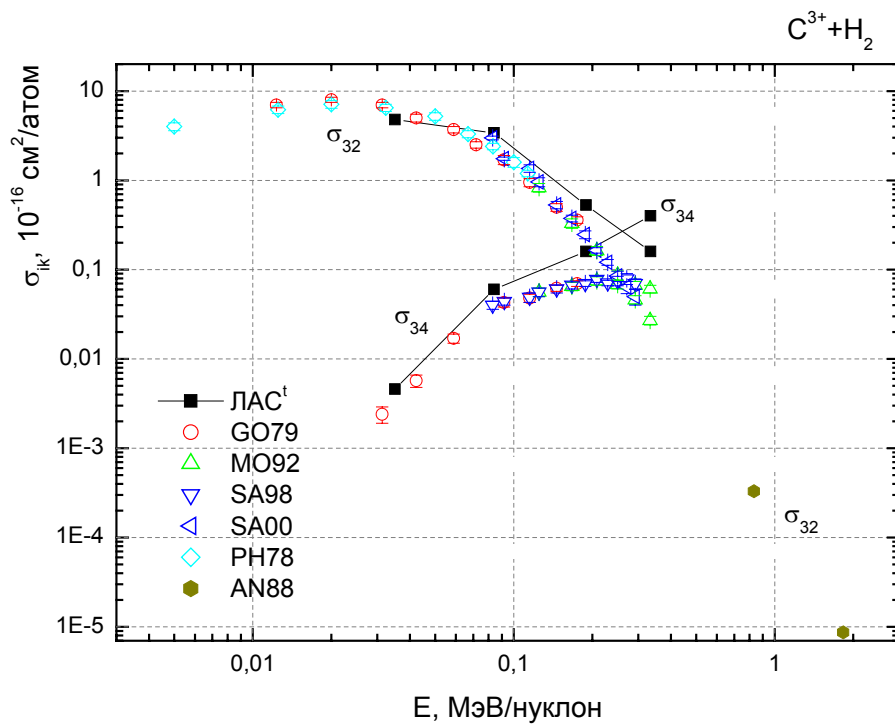
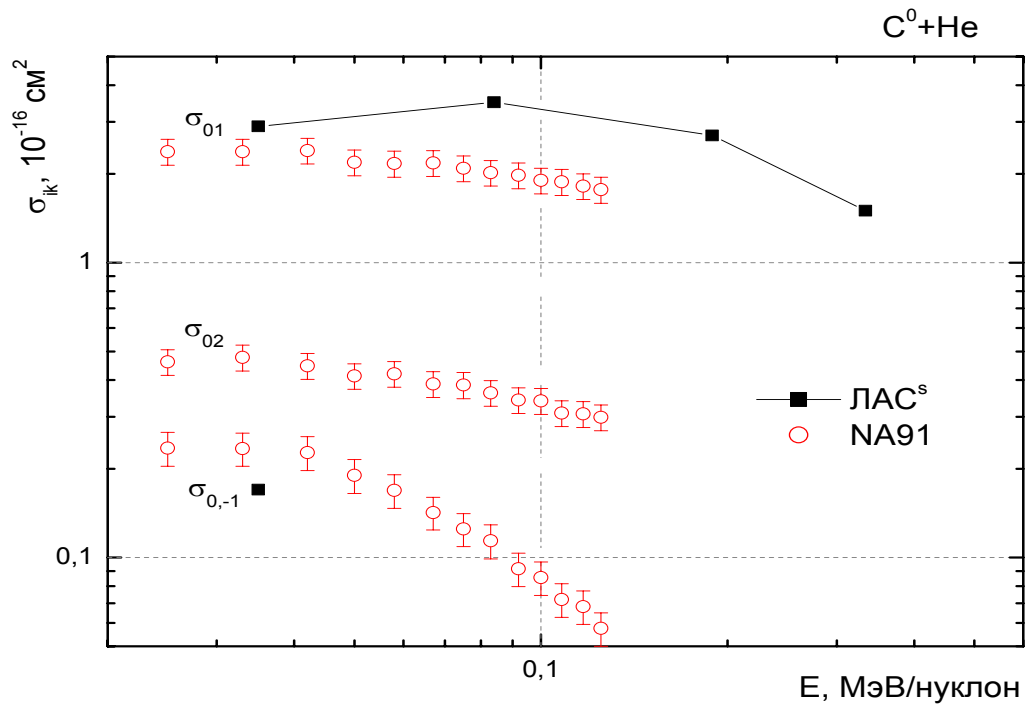
Потеря двух электронов $C^{i+} + Ar \rightarrow C^{(i+2)+} + Ar + 2e^-$

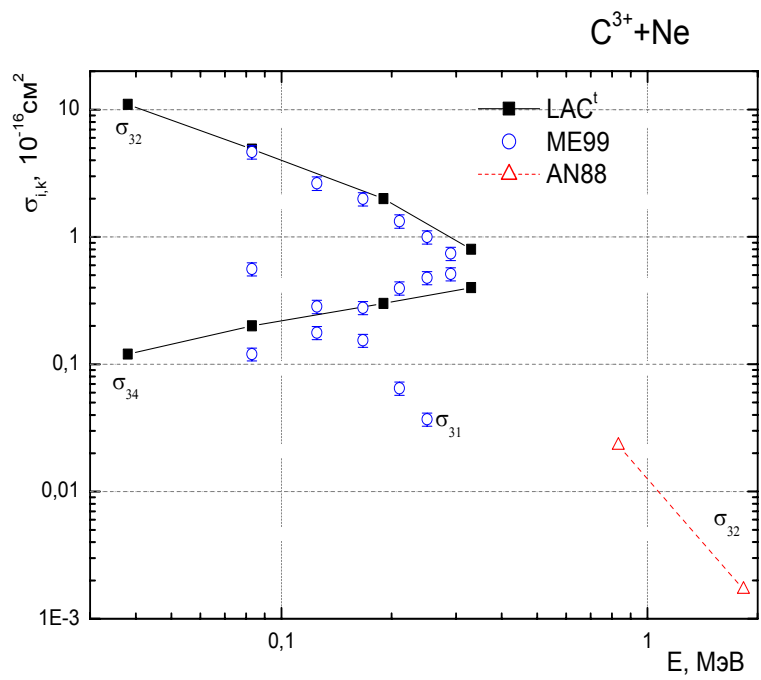
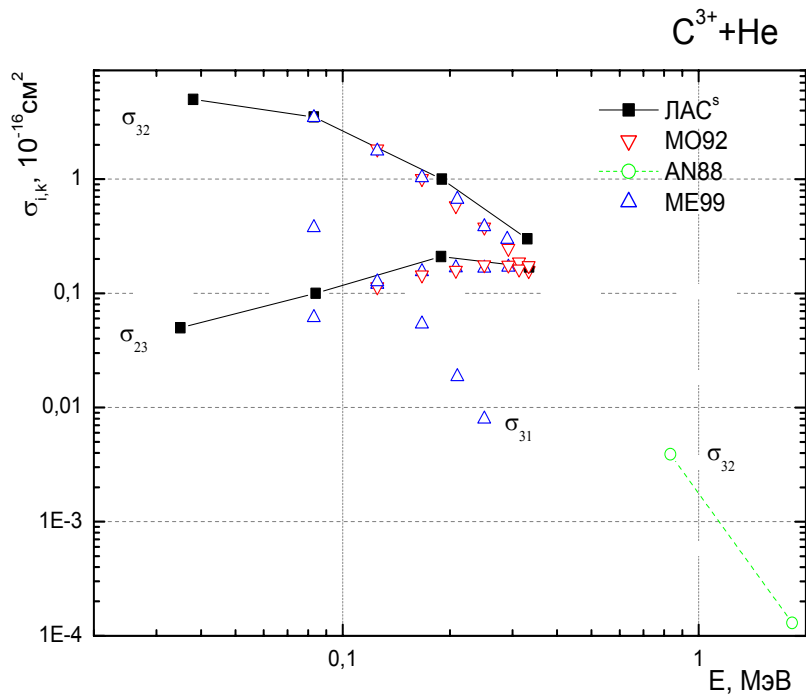
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=1
0.035	2.6	8.8 ± 1.2 ^e	0.18 ± 0.05 ^e

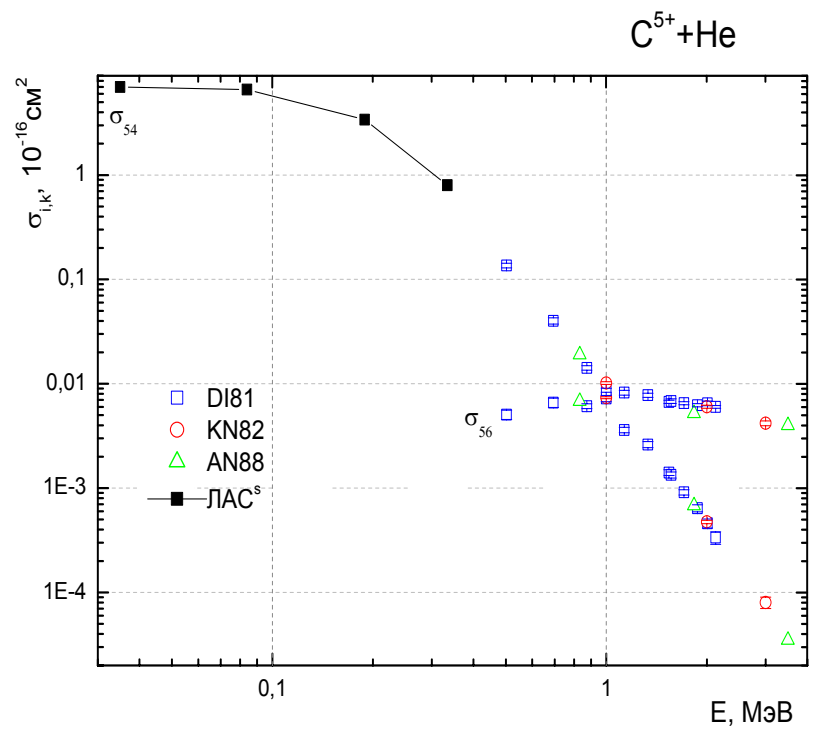
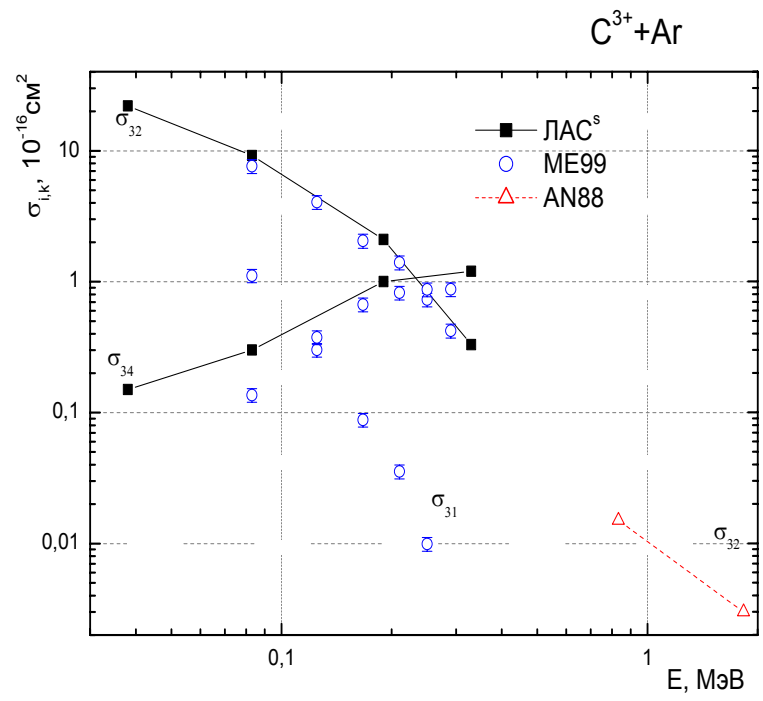
Потеря трех электронов $C^{i+} + Ar \rightarrow C^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	C(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=1
0.035	2.6	3.4 ± 0.8 ^e	0.037 ± 0.018 ^e

2.6.6 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $C^{3+} + H_2$, $C^{0,3+,5+} + He$, $C^{3+} + Ne$, Ar







2.7 ИОНЫ АЗОТА N^{i+} ($Z=7$)

2.7.1 ИОНЫ АЗОТА В ВОДОРОДЕ ($Z_c=1$)

Захват одного электрона $N^{i+} + H_2 \rightarrow N^{(i-1)+} + H_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(H_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²
		i=6
0.334	8.0	0.5 ^q

2.7.2 ИОНЫ АЗОТА В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $N^{i+} + He \rightarrow N^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(He) $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²					
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	1.3 ^a	3.6 ^a	5.0 ^a	6.6 ^a	—	—
0.050	3.1	1.0 ^a	3.1 ^a	5.0 ^a	7.4	—	—
0.091	4.1	0.75 ^{a,h}	1.7 ^a	3.7 ^{a,h}	6.6 ^{a,h}	—	—
0.164	5.6	0.18 ^a	0.54 ^a	1.2 ^a	2.1 ^a	3.1 ^a	—
0.256	7.0	—	0.21 ^a	0.40 ^a	—	1.2 ^a	2.1 ^a
0.334	8.0	0.030 ^h	0.090 ^{a,h,n}	0.24 ^{a,h,n}	0.51 ^{a,h,n}	0.75 ± 0.15 ^{a,g,n}	1.2 ^{a,h,n}
0.423	9.0	—	0.036 ^a	0.079 ^a	0.25 ^a	0.25 ^a	0.45 ^a
0.522	10.0	—	0.022 ^f	0.052 ^f	0.10 ^f	0.16 ^f	0.26 ^f
0.752	12.0	—	—	—	0.029 ^a	0.054 ^{a,g}	0.095 ^a

Потеря одного электрона $N^{i+} + He \rightarrow N^{(i+1)+} + He + e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²							
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	2.7 ^c	2.8 ^{c,e}	1.4 ^{c,e}	0.57 ^{c,e}	0.052 ± 0.009 ^{c,e}	—	—	—
0.050	3.1	—	2.8 ^c	1.5 ^c	0.60 ^c	0.066 ± 0.014 ^c	—	—	—
0.091	4.1	—	3.6 ^c	1.5 ^{c,h}	0.65 ^{c,h}	0.14 ^{c,h}	0.029 ± 0.010 ^c	—	—
0.164	5.6	—	2.4 ^c	1.14 ^c	0.71 ^c	0.31 ^c	0.068 ^c	0.0055 ± 0.0017 ^c	0.0020 ± 0.0007 ^c
0.262	7.1	—	—	—	0.65 ^c	0.32 ^c	0.12 ^c	0.011 ± 0.005 ^c	0.0028 ± 0.0007 ^c
0.334	8.0	—	—	0.83 ^h	0.63 ^h	0.33 ^{c,h}	0.13 ^{c,h}	0.014 ± 0.003 ^{c,h}	0.0043 ± 0.0011 ^c
0.423	9.0	—	—	—	0.47 ^c	0.24 ^c	0.10 ^c	0.013 ± 0.002 ^c	—
0.522	10.0	—	—	0.57 ^f	0.36 ^f	0.20 ^f	0.088 ^f	—	—
0.752	12.0	—	—	—	—	—	0.077 ^c	0.018 ^c	—

Захват двух электронов $N^{i+} + He \rightarrow N^{(i-2)+} + He^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²					
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.087 ^b	0.42 ^b	1.05 ^b	—	—	—
0.050	3.1	0.083 ^b	0.46 ^b	—	—	—	—
0.091	4.1	0.059 ± 0.019 ^{b,h}	0.37 ± 0.12 ^{b,h}	0.74 ± 0.26 ^{b,h}	—	—	—
0.164	5.6	0.010 ^b	0.031 ^b	0.13 ^b	0.23 ^b	—	—
0.256	7.0	—	—	0.022 ^b	0.041 ^b	—	—
0.334	8.0	—	0.001 ± 0.001 ⁿ	0.0036 ^{b,h,n}	0.0080 ± 0.0040 ^{b,g,h,n}	0.015 ± 0.006 ⁿ	0.07 ± 0.02 ⁿ
0.752	12.0	—	—	—	0.00014 ± 0.00005 ^g	—	—

Потеря двух электронов $N^{i+} + He \rightarrow N^{(i+2)+} + He + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=-1	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	1.5 ± 0.4^e	$0.16 \pm 0.03^{d,e}$	0.0063 ± 0.0011^e	—	—
0.050	3.1	—	0.18 ± 0.03^d	0.0092 ± 0.0020^d	—	—
0.091	4.1	—	$0.21 \pm 0.04^{d,h}$	$0.021 \pm 0.005^{d,h}$	—	—
0.164	5.6	—	0.15 ± 0.03^d	0.034 ± 0.006^d	0.0050 ± 0.0012^d	—
0.256	7.0	—	—	0.045 ± 0.009^d	0.0090 ± 0.0020^d	—
0.334	8.0	—	0.077^h	0.046^h	$0.0087 \pm 0.0013^{d,h}$	—
0.423	9.0	—	—	0.040 ± 0.009^d	0.0095 ± 0.0015^d	0.00052 ± 0.00011^d
0.752	12.0	—	—	—	—	0.0015 ± 0.0004^d

Потеря трех электронов $N^{i+} + He \rightarrow N^{(i+3)+} + He + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(He) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.164	5.6	0.0071 ± 0.0015^d	—
0.423	9.0	—	0.0012 ± 0.0003^d

2.7.3 ИОНЫ АЗОТА В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $N^{i+} + N_2 \rightarrow N^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	1.0 ^a	3.7 ^a	7.3 ^a	10.5 ^a	—	—	—
0.050	3.1	0.84 ^a	3.0 ^a	6.4 ^a	11.9 ^a	—	—	—
0.091	4.1	0.48 ± 0.10 ^{a,h}	1.6 ^a	3.6 ^{a,h}	7.1 ^{a,h}	—	—	—
0.164	5.6	0.096 ^a	0.42 ^a	1.1 ^a	2.5 ^a	3.5 ^a	—	—
0.256	7.0	—	0.13 ^a	0.41 ^a	1.05 ^a	1.7 ^a	2.6 ^a	—
0.334	8.0	0.016 ^h	0.070 ^{h,n,r}	0.24 ^{a,h,n,r}	0.65 ± 0.18 ^{a,h,n,r}	1.3 ± 0.2 ^{a,g,n,r}	1.8 ^{a,h,n,r,q}	2.5 ^{n,r}
0.423	9.0	—	0.029 ^a	0.10 ^a	0.28 ^a	0.57 ^a	0.96 ^a	—
0.522	10.0	—	0.017 ^f	0.069 ^f	0.15 ^f	0.33 ^f	0.55 ^f	—
0.752	12.0	—	—	—	0.055 ^{a,r}	0.13 ^{a,r}	0.25 ^{a,r}	0.33 ^r

Потеря одного электрона $N^{i+} + N_2 \rightarrow N^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом							
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	5.8 ^e	4.2 ^{c,e}	2.1 ± 0.4 ^{c,e}	0.54 ± 0.12 ^{c,e}	0.079 ± 0.014 ^e	—	—	—
0.050	3.1	—	3.5 ± 0.7 ^c	2.2 ^c	0.58 ^c	0.10 ^c	—	—	—
0.091	4.1	—	5.6 ^c	2.4 ^{c,h}	1.0 ^{c,h}	0.20 ^{c,h}	—	—	—
0.164	5.6	—	3.7 ^c	2.0 ^c	1.5 ^c	0.65 ^c	0.11 ^c	0.012 ± 0.004 ^c	—
0.262	7.1	—	—	1.8 ^c	1.4 ^c	0.88 ^c	0.23 ^c	0.021 ^c	—
0.334	8.0	—	—	1.8 ^{h,r}	1.4 ^{h,r}	0.91 ^{c,h,r}	0.37 ^{c,h,r}	0.021 ± 0.010 ^{c,h,r}	0.002 ^r
0.423	9.0	—	—	—	1.3 ^c	0.95 ^c	0.40 ^c	0.039 ^c	0.0053 ± 0.0014 ^c
0.522	10.0	—	—	1.0 ^f	0.76 ^f	0.61 ^f	0.41 ^f	—	—
0.752	12.0	—	—	—	—	0.80 ^h	0.33 ^{c,h}	0.043 ± 0.018 ^{c,r}	0.012 ± 0.003 ^{c,r}

Захват двух электронов $N^{i+} + N_2 \rightarrow N^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.31 ^b	1.3 ^b	2.3 ^b	—	—	—
0.050	3.1	—	1.1 ^b	2.2 ^b	—	—	—
0.091	4.1	0.093 ± 0.033 ^{b,h}	0.45 ± 0.16 ^{b,h}	1.4 ^{b,h}	—	—	—
0.164	5.6	0.0077 ± 0.0020 ^b	0.056 ^b	0.25 ^b	0.60 ^b	—	—
0.256	7.0	—	0.0060 ± 0.0020 ^b	0.057 ^b	0.17 ^b	0.22 ^b	—
0.334	8.0	—	0.0050 ± 0.0014 ^{b,h,n}	0.024 ^{b,h,n}	0.080 ^{b,g,h,n}	0.20 ± 0.06 ^{b,n}	0.43 ± 0.10 ⁿ
0.423	9.0	—	0.0015 ± 0.0006 ^b	0.0045 ± 0.0014 ^b	0.025 ± 0.006 ^b	0.1 ^b	—
0.752	12.0	—	—	—	0.0036 ± 0.0026 ^{b,g}	0.033 ± 0.008 ^b	—

Захват трех электронов $N^{i+} + N_2 \rightarrow N^{(i-3)+} + N_2^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.10 ± 0.03 ^b	0.40	—	—	—
0.050	3.1	—	0.34 ^b	—	—	—
0.091	4.1	0.029 ± 0.014 ^b	0.14 ^b	—	—	—
0.164	5.6	—	0.007 ± 0.003 ^b	0.051 ^b	—	—
0.256	7.0	—	—	0.009 ^b	—	—
0.334	8.0	—	—	0.0050 ^{b,n}	0.030 ± 0.011 ^{b,n}	0.06 ± 0.02 ⁿ
0.752	12.0	—	—	—	0.012 ± 0.003 ^b	—

Потеря двух электронов $N^{i+} + N_2 \rightarrow N^{(i+2)+} + N_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=-1	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	4.2 ± 1.0^e	$0.39 \pm 0.08^{d,e}$	$0.023 \pm 0.006^{d,e}$	—	—	—
0.050	3.1	—	0.43 ± 0.10^d	—	—	—	—
0.091	4.1	—	$0.69 \pm 0.12^{d,h}$	0.092 ± 0.020^d	—	—	—
0.164	5.6	—	0.77 ± 0.14^d	0.22 ± 0.05^d	0.023 ± 0.005^d	—	—
0.256	7.0	—	0.77 ± 0.15^d	0.27 ± 0.05^d	0.048 ± 0.009^d	—	—
0.334	8.0	—	0.67^h	$0.29 \pm 0.05^{d,h}$	$0.067 \pm 0.013^{d,h}$	—	—
0.423	9.0	—	—	0.26 ± 0.05^d	0.089 ± 0.020^d	0.0041 ± 0.0016^d	—
0.752	12.0	—	—	—	—	0.012 ± 0.003^d	0.0040 ± 0.0017^d

Потеря трех электронов $N^{i+} + N_2 \rightarrow N^{(i+3)+} + N_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.020 ± 0.005^d	—
0.091	4.1	0.071 ± 0.020^d	—
0.164	5.6	0.12 ± 0.03^d	0.012 ± 0.003^d
0.256	7.0	0.16 ± 0.03^d	0.024 ± 0.005^d
0.423	9.0	—	0.037 ± 0.008^d

2.7.4 ИОНЫ АЗОТА В НЕОНЕ ($Z_c=10$)

Захват одного электрона $N^{i+} + Ne \rightarrow N^{(i-1)+} + Ne^+$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	2.4 ^h	—	6.6 ^h	9.1 ^h	—	—	—
0.091	4.1	1.4 ^h	—	5.2 ^h	7.9 ^h	—	—	—
0.334	8.0	0.066 ^h	0.19 ^{h,n}	0.53 ^{h,n}	1.2 ^{h,n}	2.2 ^{h,n,k}	2.8 ^{h,n,q}	3.6 ^{h,n}
0.522	10.0	—	0.040 ^f	0.10 ^f	0.29 ^f	0.41 ^f	0.78 ^f	—

Потеря одного электрона $N^{i+} + Ne \rightarrow N^{(i+1)+} + Ne + e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²					
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	4.4 ^h	1.05 ^h	0.16 ± 0.03 ^h	—	—	—
0.091	4.1	3.6 ^h	1.3 ^h	0.37 ^h	—	—	—
0.334	8.0	2.2 ^h	1.6 ^h	0.90 ^h	0.36 ^h	0.044 ^h	0.0067 ^h
0.522	10.0	0.90 ^f	0.74 ^f	0.54 ^f	0.38 ^f	—	—

Захват двух электронов $N^{i+} + Ne \rightarrow N^{(i-2)+} + Ne^{2+}$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²				
		i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.91 ^h	2.7 ^h	—	—	—
0.091	4.1	0.45 ^h	1.3 ^h	—	—	—
0.334	8.0	0.017 ^{h,n}	0.080 ± 0.028 ^{h,n}	0.15 ^h	0.19 ± 0.05 ^{h,n}	0.52 ± 0.10 ^{h,n}

Захват трех электронов $N^{i+} + Ne \rightarrow N^{(i-3)+} + Ne^{3+}$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ²		
		i=5	i=6	i=7
0.334	8.0	0.008 ± 0.004 ⁿ	0.017 ± 0.005 ⁿ	0.040 ± 0.016 ⁿ

Потеря двух электронов $N^{i+} + Ne \rightarrow N^{(i+2)+} + Ne + 2e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.82 ^h	0.044 ^h	—
0.091	4.1	1.3 ^h	0.105 ^h	—
0.334	8.0	0.73 ^h	0.24 ^h	0.060 ^h

2.7.5 ИОНЫ АЗОТА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i-1)+} + Ar^+$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	1.9 ^a	6.5 ^a	15.0 ^a	22.0 ^a	—	—	—
0.050	3.1	1.7 ^a	5.4 ^a	13.0 ^a	21.0 ^a	—	—	—
0.091	4.1	0.94 ± 0.10 ^{a,h}	3.1 ^a	8.2 ± 1.8 ^{a,h}	14. ^{a,h}	—	—	—
0.164	5.6	0.17 ± 0.05 ^a	0.67 ^a	1.8 ^a	4.2 ^a	7.0 ^a	—	—
0.256	7.0	—	0.19 ± 0.05 ^a	0.51 ^a	1.5 ^a	2.5 ^a	5.0 ^a	—
0.334	8.0	0.017 ^h	0.10 ± 0.03 ^{h,n}	0.30 ± 0.10 ^{a,h,n}	0.81 ^{a,h,n}	1.8 ^{a,n,k}	2.8 ^{h,n,q}	4.0 ⁿ
0.423	9.0	—	—	0.07 ^a	0.30 ^a	0.67 ^a	1.0 ^a	—
0.522	10.0	—	0.013 ^f	0.060 ^f	0.16 ^f	0.33 ^f	0.64 ^f	—
0.752	12.0	—	—	—	0.095 ^a	0.32 ^a	0.42 ^a	—

Потеря одного электрона $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²							
		i=-1	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	12. ^e	7.1 ^{c,e}	3.0 ^{c,e}	1.0 ± 0.2 ^{c,e}	0.17 ± 0.06 ^{c,e}	—	—	—
0.050	3.1	—	9.3 ^c	3.5 ^c	1.2 ^c	0.26 ^c	—	—	—
0.091	4.1	—	9.8 ^c	4.6 ^{c,h}	2.1 ^{c,h}	0.47 ^{c,h}	—	—	—
0.164	5.6	—	6.6 ± 1.7 ^c	4.7 ^c	2.9 ^c	1.4 ^c	0.28 ± 0.05 ^c	0.019 ± 0.006 ^c	—
0.262	7.1	—	—	—	2.9 ^c	1.7 ^c	0.66 ^c	—	—
0.334	8.0	—	—	3.5 ^h	2.7 ^h	1.8 ^{c,h}	0.77 ^{c,h}	0.066 ± 0.012 ^c	—
0.423	9.0	—	—	—	2.6 ^c	1.8 ^c	0.85 ^c	0.084 ± 0.015 ^c	—
0.522	10.0	—	—	2.5 ^f	2.1 ^f	1.6 ^f	0.79 ^f	—	—
0.752	12.0	—	—	—	—	—	0.69 ^c	0.087 ^c	0.0093 ^c

Захват двух электронов $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²					
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.39 ^b	2.3 ^b	3.7 ^b	—	—	—
0.050	3.1	0.35 ^b	1.7 ^b	3.0 ^b	—	—	—
0.091	4.1	0.20 ^{b,h}	0.84 ± 0.20 ^{b,h}	2.2 ^{b,h}	—	—	—
0.164	5.6	—	0.047 ^b	0.22 ^b	0.60 ^b	—	—
0.256	7.0	—	0.010 ± 0.004 ^b	0.045 ^b	0.17 ^b	0.38 ± 0.10 ^b	—
0.334	8.0	—	0.0054 ± 0.0018 ^{h,n}	0.22 ± 0.07 ^{h,n}	0.079 ± 0.030 ^{b,h,n}	0.23 ± 0.06 ⁿ	0.55 ± 0.14 ⁿ
0.423	9.0	—	—	0.0060 ± 0.0020 ^b	0.047 ^b	0.21 ^b	—
0.752	12.0	—	—	—	0.012 ± 0.003 ^b	0.070 ^b	—

Захват трех электронов $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i-3)+} + Ar^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.10 ± 0.03 ^b	0.88 ^b	—	—	—
0.050	3.1	—	0.59 ^b	—	—	—
0.091	4.1	—	0.13 ± 0.06 ^b	—	—	—
0.164	5.6	—	—	0.054 ± 0.022 ^b	—	—
0.256	7.0	—	—	—	0.07 ± 0.03 ^b	—
0.334	8.0	—	—	0.0078 ± 0.0042 ^{b,n}	0.045 ± 0.015 ⁿ	0.08 ± 0.03 ⁿ
0.752	12.0	—	—	—	0.0036 ± 0.0018 ^b	—

Потеря двух электронов $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i+2)+} + Ar + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=-1	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	9.3 ± 0.8^e	$0.52 \pm 0.09^{d,e}$	$0.063 \pm 0.020^{d,e}$	—	—
0.050	3.1	—	0.73 ± 0.13^d	0.10 ± 0.02^d	—	—
0.091	4.1	—	$1.3 \pm 0.2^{d,h}$	$0.19 \pm 0.06^{d,h}$	—	—
0.164	5.6	—	1.5 ± 0.2^d	0.52 ± 0.09^d	0.084 ± 0.020^d	—
0.256	7.0	—	—	0.58 ± 0.10^d	0.15 ± 0.02^d	—
0.334	8.0	—	1.2^h	0.60^h	$0.16 \pm 0.02^{d,h}$	—
0.423	9.0	—	—	0.54 ± 0.11^d	0.15 ± 0.03^d	0.0082 ± 0.0024^d
0.752	12.0	—	—	—	—	0.019 ± 0.004^d

Потеря трех электронов $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²		
		i=-1	i=1	i=2
0.035	2.6	0.61 ± 0.26^e	$0.029 \pm 0.006^{d,e}$	—
0.050	3.1	—	0.049 ± 0.014^d	—
0.091	4.1	—	0.13 ± 0.03^d	—
0.164	5.6	—	0.31 ± 0.07^d	0.030 ± 0.006^d
0.256	7.0	—	—	0.052 ± 0.013^d
0.423	9.0	—	—	0.062 ± 0.013^d

Потеря четырех электронов $N^{i+} + Ar \rightarrow N^{(i+4)+} + Ar + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16} \text{ см}^2$	
		i=1	
0.164	5.6	0.020 ± 0.010^d	

2.7.6 Ионы азота в КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i-1)+} + Kr^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16} \text{ см}^2$					
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	3.3 ^a	9.5 ^a	21.0 ^a	30.0 ^a	—	—
0.050	3.1	2.9 ^a	8.5 ^a	—	—	—	—
0.091	4.1	1.5 ^{a,h}	4.6 ^a	11.0 ^{a,h}	21.0 ^{a,h}	—	—
0.164	5.6	0.27 ± 0.07^a	0.81 ^a	2.1 ^a	5.4 ^a	8.3 ^a	—
0.256	7.0	—	0.20 ^a	0.59 ^a	2.0 ^a	3.4 ^a	5.5 ^a
0.334	8.0	—	0.095 ^h	0.29 ^{a,h}	1.2 ^h	1.9 ^a	3.1 ^{a,h}
0.423	9.0	—	0.028 ± 0.009^a	0.14 ^a	0.51 ^a	1.1 ^a	1.8 ^a
0.752	12.0	—	—	—	0.24 ^a	0.67 ^a	1.05 ^a

Потеря одного электрона $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i+1)+} + Kr + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²						
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	9.8 ^c	2.8 ^c	0.51 ^c	—	—	—	—
0.050	3.1	10.0 ^c	3.4 ^c	0.79 ^c	—	—	—	—
0.091	4.1	12. ^c	4.7 ^{c,h}	2.2 ^{c,h}	0.19 ± 0.03 ^{c,h}	—	—	—
0.164	5.6	11. ± 2. ^c	4.8 ^c	3.0 ^c	1.2 ^c	0.22 ^c	—	—
0.262	7.1	—	—	3.2 ^c	1.8 ^c	0.57 ^c	0.060 ± 0.012 ^c	—
0.334	8.0	—	—	3.1 ^h	2.0 ^{c,h}	0.85 ^{c,h}	0.068 ± 0.012 ^c	—
0.423	9.0	—	—	2.7 ^c	2.0 ^c	0.85 ^c	—	0.0073 ± 0.0030 ^c
0.752	12.0	—	—	—	—	0.93 ^c	0.15 ± 0.03 ^c	0.014 ± 0.005 ^c

Захват двух электронов $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²				
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.76 ± 0.25 ^b	2.8 ^b	4.6 ^b	—	—
0.050	3.1	0.48 ± 0.14 ^b	2.1 ^b	3.9 ^b	—	—
0.091	4.1	0.32 ± 0.07 ^{b,h}	1.0 ^{b,h}	2.0 ^{b,h}	—	—
0.164	5.6	—	0.052 ± 0.020 ^b	0.29 ^b	0.75 ^b	—
0.256	7.0	—	—	—	0.34 ^b	0.28 ^b
0.334	8.0	—	—	0.049 ^b	0.13 ± 0.11 ^{b,h}	0.25 ^{b,h}
0.423	9.0	—	—	0.020 ^b	0.14 ^b	0.22 ^b
0.752	12.0	—	—	0.0055 ± 0.0020 ^b	0.053 ^b	0.10 ^b

Захват трех электронов $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i-3)+} + Kr^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²			
		i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.23 ± 0.11^b	0.67 ± 0.25^b	—	—
0.091	4.1	—	0.25^b	—	—
0.164	5.6	—	0.013 ± 0.003^b	0.046 ± 0.014^b	—
0.256	7.0	—	—	—	0.070^b
0.334	8.0	—	—	0.011 ± 0.003^b	0.056^b
0.423	9.0	—	—	—	0.032^b
0.752	12.0	—	—	—	0.0085 ± 0.0035^b

Потеря двух электронов $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i+2)+} + Kr + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.19 ± 0.04^d	—	—	—	—
0.050	3.1	0.30 ± 0.05^d	—	—	—	—
0.091	4.1	$0.67 \pm 0.11^{d,h}$	$0.075 \pm 0.020^{d,h}$	—	—	—
0.164	5.6	1.3 ± 0.2^d	0.38 ± 0.07^d	0.030 ± 0.008^d	—	—
0.256	7.0	—	0.60 ± 0.11^d	0.15 ± 0.04^d	—	—
0.334	8.0	—	0.60^h	$0.18 \pm 0.04^{d,h}$	—	—
0.423	9.0	—	0.65 ± 0.12^d	0.23 ± 0.04^d	0.010 ± 0.004^d	—
0.752	12.0	—	—	—	0.030 ± 0.007^d	0.0042 ± 0.0016^d

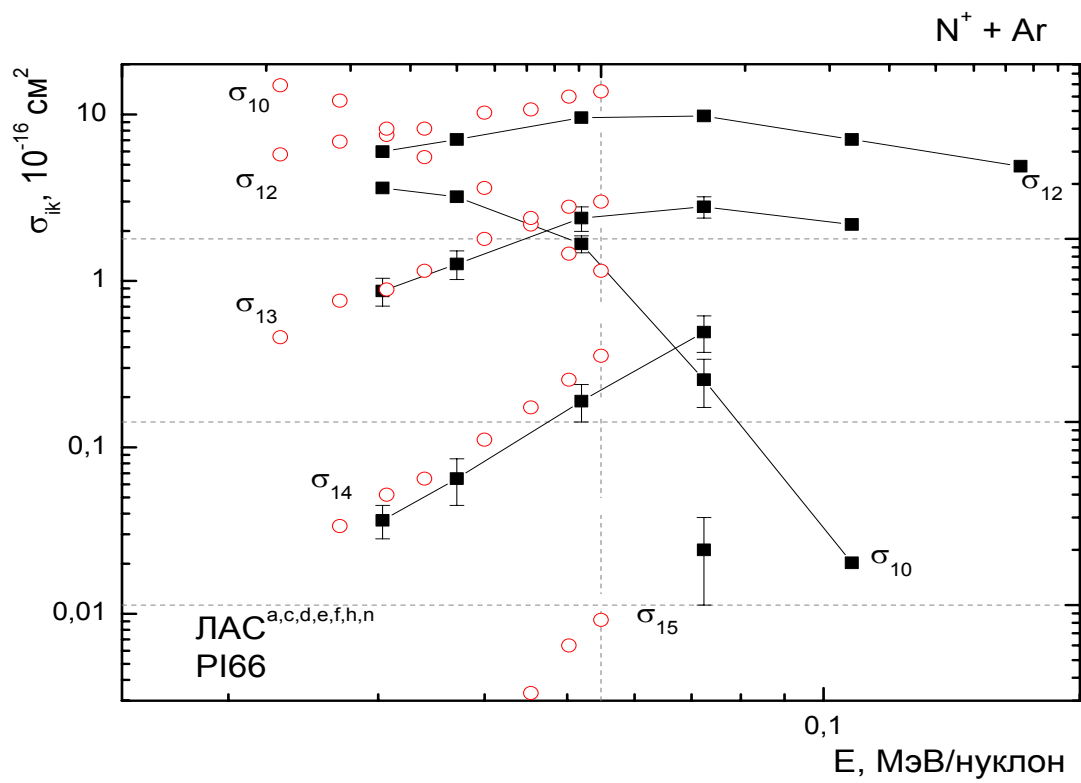
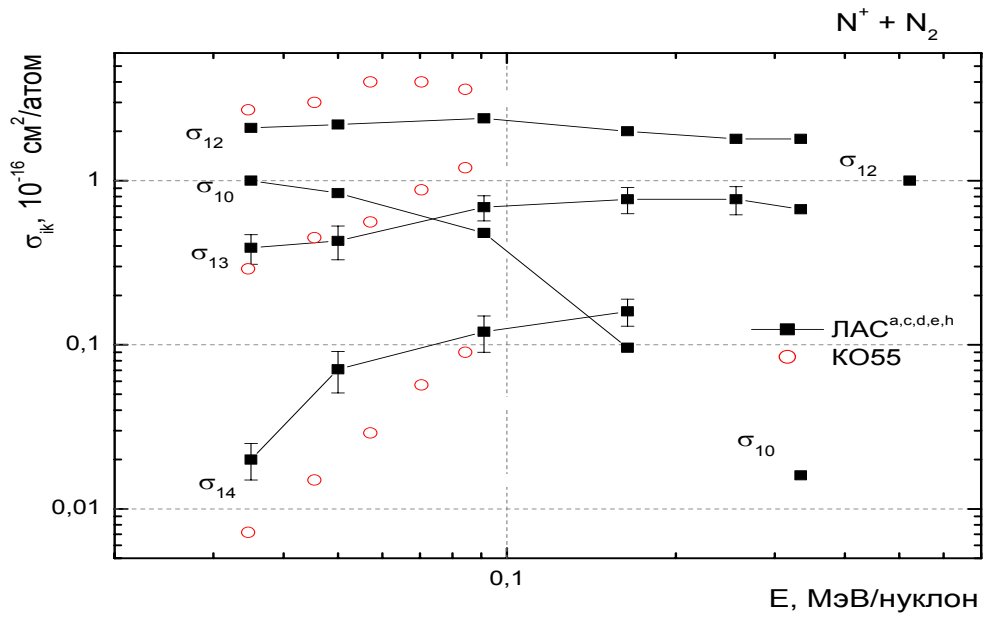
Потеря трех электронов $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i+3)+} + Kr + 3e^-$

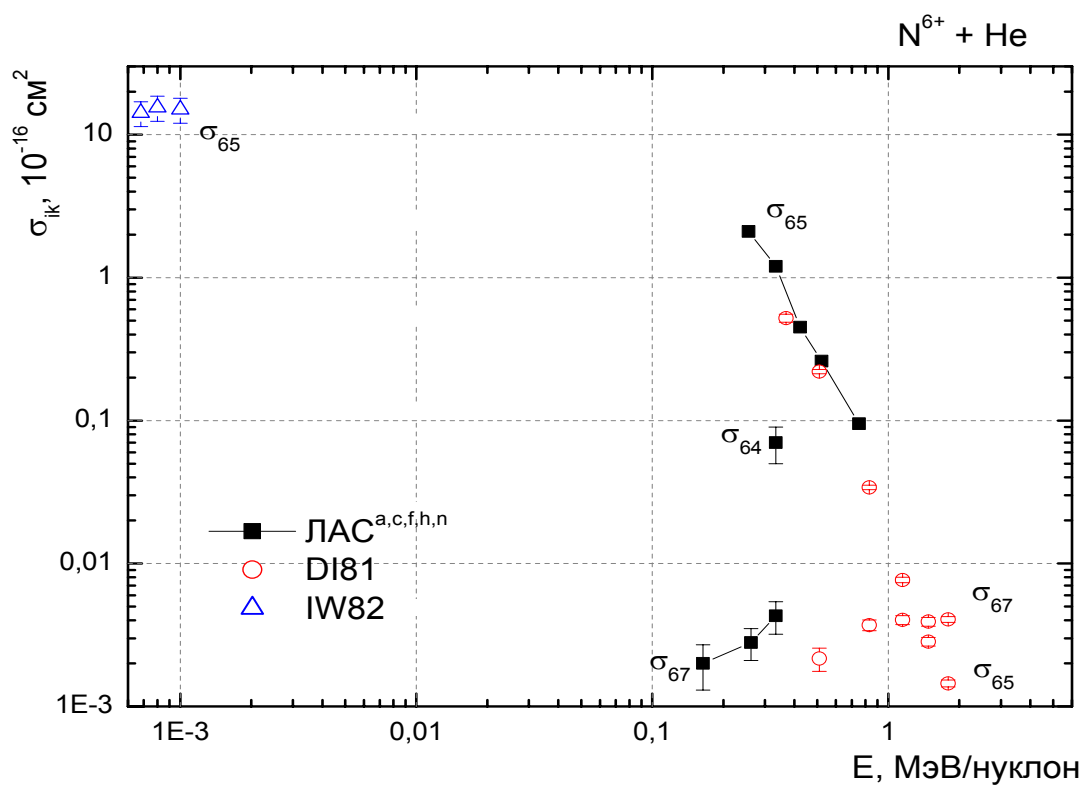
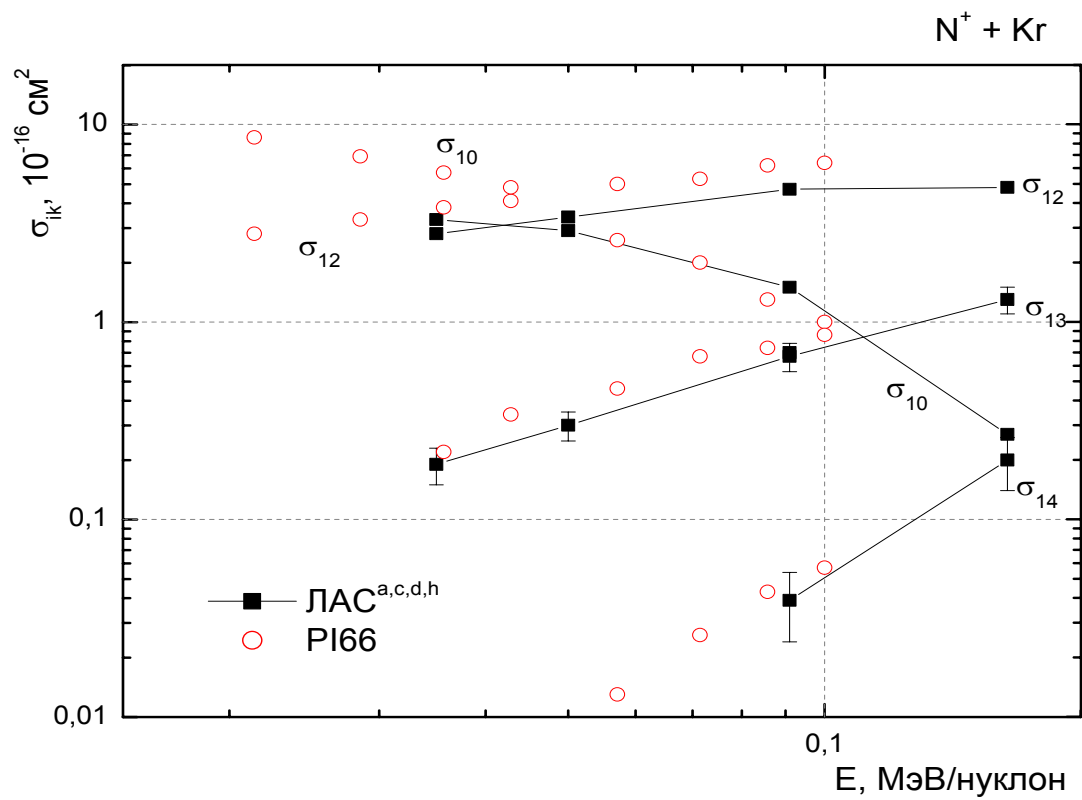
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	i=2
0.091	4.1	0.039 ± 0.015^d	—
0.164	5.6	0.20 ± 0.06^d	0.015 ± 0.005^d
0.256	7.0	—	0.063 ± 0.013^d
0.423	9.0	—	0.10 ± 0.03^d

Потеря четырех электронов $N^{i+} + Kr \rightarrow N^{(i+4)+} + Kr + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	N(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+4}$, 10^{-16} см ²
		i=1
0.164	5.6	0.0095 ± 0.0030^d

2.7.7 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $N^{5+} + He, N^+ + N_2, Ar, Kr$





2.8 ИОНЫ КИСЛОРОДА O^{i+} ($Z=8$)

2.8.1 ИОНЫ КИСЛОРОДА В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $O^{i+} + He \rightarrow O^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²					
		i=0	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.17 ^e	—	—	—	—	—
0.334	8.0	—	0.11 ^a	0.22 ^a	0.40 ^a	0.73 ^a	1.0 ^{a,g}

Потеря одного электрона $O^{i+} + He \rightarrow O^{(i+1)+} + He + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²						
		i=-1	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	2.0 ± 0.5^e	0.74 ± 0.13^e	—	—	—	—	—
0.334	8.0	—	—	0.61 ^c	0.36 ^c	0.18 ± 0.03^c	0.050 ± 0.009^c	0.0063 ± 0.0024^c

Захват двух электронов $O^{i+} + He \rightarrow O^{(i-2)+} + He^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	i=6
0.035	2.6	0.031 ^e	—
0.334	8.0	—	0.013 ± 0.003^g

Потеря двух электронов $O^{i+} + He \rightarrow O^{(i+2)+} + He + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=-1	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	1.1 ± 0.2^e	0.12 ± 0.04^e	—	—	—
0.334	8.0	—	—	0.044 ± 0.008^d	0.019 ± 0.003^d	0.0029 ± 0.0008^d

Потеря трех электронов $O^{i+} + He \rightarrow O^{(i+3)+} + He + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(He) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²
		i=-1
0.035	2.6	0.21 ± 0.04^e

2.8.2 Ионы КИСЛОРОДА В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $O^{i+} + N_2 \rightarrow O^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ² /атом							
		i=0	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	0.22^e	—	—	—	—	—	—	—
0.334	8.0	—	0.060 ± 0.018^a	$0.18^{a,r}$	$0.50^{a,r}$	$1.05^{a,r}$	$1.5^{a,g,r}$	2.6^r	3.5^r

Потеря одного электрона $O^{i+} + N_2 \rightarrow O^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом							
		i=-1	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	3.4 ^e	1.3 ^e	—	—	—	—	—	—
0.334	8.0	—	—	1.25 ^{c,r}	1.0 ^{c,r}	0.56 ^{c,r}	0.17 ^{c,r}	0.015 ± 0.007 ^{c,r}	0.001 ^r

Захват двух электронов $O^{i+} + N_2 \rightarrow O^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=6
0.035	2.6	0.032 ^e	—
0.334	8.0	—	0.15 ± 0.02 ^g

Потеря двух электронов $O^{i+} + N_2 \rightarrow O^{(i+2)+} + N_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом			
		i=-1	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	2.6 ± 0.5 ^e	0.22 ± 0.08 ^e	—	—
0.334	8.0	—	—	0.44 ± 0.06 ^d	0.17 ± 0.03 ^d

Потеря трех электронов $O^{i+} + N_2 \rightarrow O^{(i+3)+} + N_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=-1	i=1	i=2
0.035	2.6	1.5 ± 0.3^e	0.011 ± 0.006^e	—
0.334	8.0	—	—	0.082 ± 0.025^d

2.8.3 ИОНЫ КИСЛОРОДА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $O^{i+} + Ar \rightarrow O^{(i-1)+} + Ar^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=1
0.035	2.6	10.0 ± 2.0^e	3.7 ± 0.7^e

Потеря одного электрона $O^{i+} + Ar \rightarrow O^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=1
0.035	2.6	10.0 ± 2.0^e	3.7 ± 0.7^e

Захват двух электронов $O^{i+} + Ar \rightarrow O^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²
		i=1
0.035	2.6	0.042^e

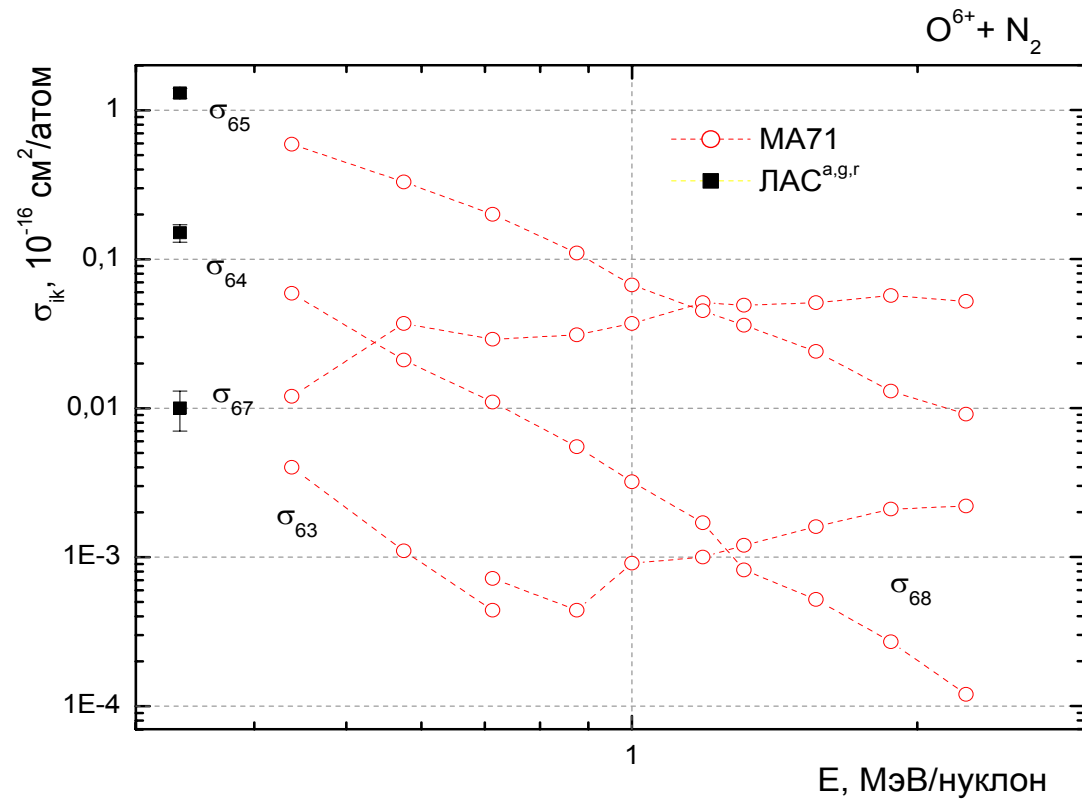
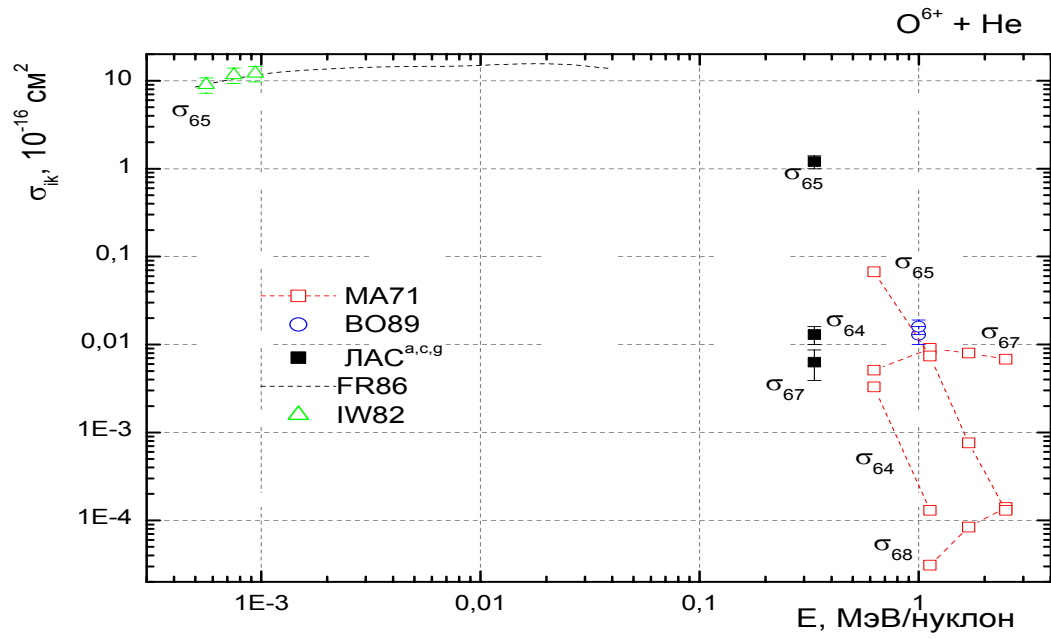
Потеря двух электронов $O^{i+} + Ar \rightarrow O^{(i+2)+} + Ar + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=1
0.035	2.6	5.0 ± 1.0	0.49 ± 0.19

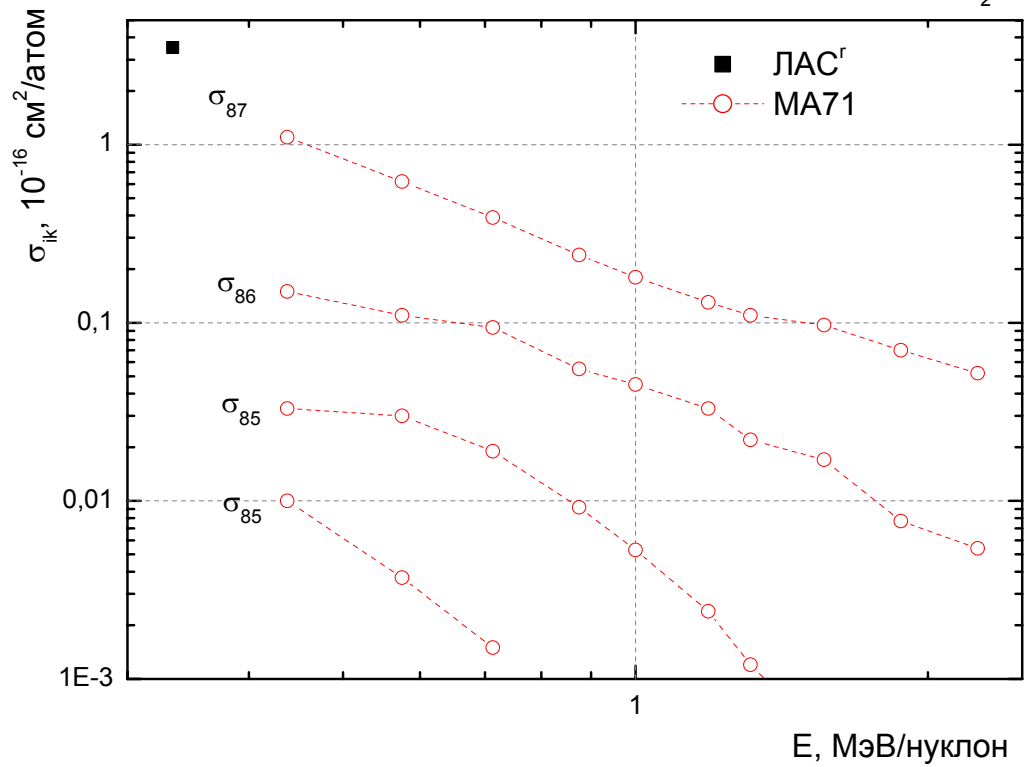
Потеря трех электронов $O^{i+} + Ar \rightarrow O^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	O(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ²	
		i=-1	i=1
0.035	2.6	1.4 ± 0.3	0.034 ± 0.014

2.8.4 ИЛЛЮСТРАЦИИ $O^{6+} + He, N_2; O^{8+} + N_2$



$O^{8+} + N_2$



2.9 ИОНЫ НЕОНА Ne^{i+} ($Z=10$)

2.9.1 ИОНЫ НЕОНА В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $\text{Ne}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ne}^{(i-1)+} + \text{He}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2							
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	0.48 ^a	1.4 ^{a,f}	3.7 ^a	4.6 ^f	—	—	—	—
0.091	4.1	0.21 ^{a,h}	0.73 ^{a,h}	2.1 ^{a,h}	5.7 ^a	8.3 ^{a,h}	10.5 ^a	—	—
0.164	5.6	—	0.27 ^a	0.68 ^a	1.7 ^a	3.2 ^a	4.6 ^a	6.9 ^a	—
0.334	8.0	—	0.050 ^h	0.13 ^h	0.30 ^h	0.57 ^h	0.96 ^h	1.4 ^h	1.6 ^h
0.522	10.0	—	—	0.028 ^f	0.047 ^f	0.11 ^f	0.18 ^f	—	—

Потеря одного электрона $\text{Ne}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ne}^{(i+1)+} + \text{He} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2							
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	2.6 ^c	1.0 ^{c,f}	0.48 ^{c,f}	0.105 ^{c,f}	0.024 ^f	—	—	—
0.091	4.1	2.6 ^c	1.0 ^{c,h}	0.79 ^c	0.33 ^{c,h}	0.12 ^{c,h}	—	—	—
0.164	5.6	—	—	0.73 ^c	0.45 ^c	0.20 ^c	0.081 ^c	—	—
0.334	8.0	—	—	0.58 ^h	0.40 ^h	0.26 ^h	0.13 ^h	0.080 ^h	0.033 ^h
0.522	10.0	—	—	0.44 ^f	0.31 ^f	0.23 ^f	0.10 ^f	0.050 ^f	—

Захват двух электронов $\text{Ne}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ne}^{(i-2)+} + \text{He}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2$						
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	0.030 ^b	0.068 ^b	—	—	—	—	—
0.091	4.1	—	0.042 ^{b,h}	0.12 ^{b,h}	0.23 ^{b,h}	0.40 ^b	—	—
0.164	5.6	0.0037 ± 0.0023 ^b	0.015 ^b	0.028 ± 0.009 ^b	0.044 ± 0.012 ^b	0.10 ± 0.04 ^b	—	—
0.334	8.0	—	—	0.0064 ^h	0.015 ^h	0.026 ^h	0.041 ^h	0.090 ^h

Потеря двух электронов $\text{Ne}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ne}^{(i+2)+} + \text{He} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16} \text{ см}^2$				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.18 ± 0.03 ^d	0.019 ± 0.004 ^d	—	—	—
0.091	4.1	0.23 ± 0.03 ^{d,h}	0.095 ± 0.020 ^{d,h}	0.015 ± 0.006 ^{d,h}	—	—
0.164	5.6	—	0.13 ± 0.02 ^d	0.036 ± 0.009 ^d	—	—
0.334	8.0	—	0.105 ^h	—	0.020 ^h	0.0066 ^h

Потеря трех электронов $\text{Ne}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ne}^{(i+3)+} + \text{He} + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(He) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16} \text{ см}^2$	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.0030 ± 0.0012 ^d	—
0.091	4.1	0.025 ± 0.005 ^d	0.0047 ± 0.0012 ^d
0.164	5.6	—	0.0095 ± 0.0020 ^d

2.9.2 Ионы НЕОНА В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $Ne^{i+} + N_2 \rightarrow Ne^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом							
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	0.40 ^a	2.2 ^{a,f}	7.5 ^a	12. ^f	—	—	—	—
0.091	4.1	0.13 ^{a,h}	0.80 ^{a,h}	2.6 ^{a,h}	6.5 ^a	10.0 ^{a,h}	13.0 ^a	—	—
0.164	5.6	—	0.20 ^a	0.72 ^a	1.9 ^a	3.7 ^a	5.7 ^a	—	—
0.334	8.0	—	0.034 ^h	0.13 ^h	0.35 ^h	0.83 ^h	1.4 ^h	2.3 ^h	2.6 ^h
0.522	10.0	—	—	0.026 ^f	0.052 ^f	0.17 ^f	0.38 ^f	—	—

Потеря одного электрона $Ne^{i+} + N_2 \rightarrow Ne^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(N_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом							
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	4.2 ^c	1.5 ^{c,f}	0.65 ^{c,f}	0.21 ± 0.04 ^{c,f}	0.060 ^f	—	—	—
0.091	4.1	4.6 ^c	1.5 ^{c,g}	1.1 ^c	0.57 ^{c,g}	0.18 ^{c,g}	—	—	—
0.164	5.6	—	—	1.4 ^c	0.84 ^c	0.41 ^c	0.10 ^c	0.030 ± 0.012 ^c	—
0.334	8.0	—	—	1.1 ^g	0.90 ^g	0.65 ^g	0.50 ^g	0.21 ^g	0.060 ^g
0.522	10.0	—	—	1.0 ^f	0.76 ^f	0.61 ^f	0.41 ^f	0.25 ^f	—

Захват двух электронов $\text{Ne}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Ne}^{(i-2)+} + \text{N}_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом						
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	0.041 ^b	0.29 ^b	—	—	—	—	—
0.091	4.1	—	0.074 ^{b,h}	0.23 ^{b,h}	0.82 ± 0.22 ^{b,h}	—	—	—
0.164	5.6	—	0.013 ± 0.004 ^b	0.035 ± 0.010 ^b	0.19 ^b	0.46 ^b	—	—
0.334	8.0	—	—	0.0076 ^h	0.036 ^h	0.11 ^h	0.22 ^h	0.28 ^h

Потеря двух электронов $\text{Ne}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Ne}^{(i+2)+} + \text{N}_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.41 ± 0.07 ^d	0.12 ± 0.02 ^d	0.013 ± 0.004 ^d	—	—
0.091	4.1	0.66 ± 0.11 ^{d,h}	0.28 ± 0.04 ^{d,h}	0.058 ± 0.026 ^{d,h}	0.017 ± 0.004 ^d	—
0.164	5.6	—	0.50 ± 0.08 ^d	0.22 ± 0.05 ^d	0.052 ± 0.012 ^d	—
0.334	8.0	—	0.56 ^h	—	0.094 ^h	0.032 ^h

Потеря трех электронов $\text{Ne}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Ne}^{(i+3)+} + \text{N}_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.087 ± 0.016 ^d	0.0090 ± 0.0028 ^d	—
0.091	4.1	0.24 ± 0.05 ^d	0.056 ± 0.012 ^d	—
0.164	5.6	—	0.13 ± 0.03 ^d	0.025 ± 0.005 ^d

Потеря четырех электронов $Ne^{i+} + N_2 \rightarrow Ne^{(i+4)+} + N_2 + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+4}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	
0.091	4.1	0.026 ± 0.007^d	

2.9.3 ИОНЫ НЕОНА В НЕОНЕ ($Z_c=10$)

Захват одного электрона $Ne^{i+} + Ne \rightarrow Ne^{(i-1)+} + Ne^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²							
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	1.05 ^h	2.2 ^{f,h}	5.7 ^h	11. ^{f,h}	13. ^h	—	—	—
0.091	4.1	0.3 ^h	1.3 ^h	2.7 ^h	6.2 ^h	8.0 ^h	13.0 ^h	—	—
0.334	8.0	—	0.095 ^h	0.36 ^h	0.83 ^h	1.5 ^h	2.5 ^h	4.0 ^h	4.5 ^h
0.522	10.0	—	—	0.058 ^f	0.13 ^f	0.25 ^f	0.50 ^f	—	—

Потеря одного электрона $Ne^{i+} + Ne \rightarrow Ne^{(i+1)+} + Ne + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	2.6 ^{f,h}	1.1 ± 0.3 ^{f,h}	0.38 ± 0.10 ^{f,h}	0.13 ± 0.03 ^{f,h}	—	—	—
0.091	4.1	2.3 ^h	1.6 ^h	0.81 ^h	0.32 ^h	0.057 ^h	—	—
0.334	8.0	—	1.2 ^h	—	0.70 ^h	0.39 ^h	0.12 ^h	0.037 ± 0.009 ^h
0.522	10.0	—	0.90 ^f	0.74 ^f	0.54 ^f	0.38 ^f	0.15 ^f	—

Захват двух электронов $Ne^{i+} + Ne \rightarrow Ne^{(i-2)+} + Ne^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²						
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8
0.035	2.6	0.095 ^h	0.45 ^h	1.4 ^h	2.7 ^h	—	—	—
0.091	4.1	0.030 ^h	0.16 ^h	0.50 ^h	0.96 ^h	—	—	—
0.334	8.0	—	—	0.083 ^h	0.019 ^h	0.44 ^h	0.75 ^h	0.90 ^h

Потеря двух электронов $Ne^{i+} + Ne \rightarrow Ne^{(i+2)+} + Ne + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.75 ^h	0.33 ^h	0.053 ^h	—	—
0.091	4.1	1.0 ^h	0.55 ^h	0.11 ^h	—	—
0.334	8.0	—	0.65 ^h	0.37 ^h	0.11 ^h	0.032 ^h

2.9.4 ИОНЫ НЕОНА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $Ne^{i+} + Ar \rightarrow Ne^{(i-1)+} + Ar^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.74 ^a	4.6 ^{a,f}	15.0 ^a	19.0 ^f	—	—	—
0.091	4.1	0.20 ^{a,h}	1.7 ^{a,h}	5.4 ^{a,h}	13.0 ^a	21.0 ^{a,h}	24.0 ^a	—
0.164	5.6	—	0.31 ^a	1.2 ^a	3.3 ^a	8.3 ^a	11.0 ^a	14.0 ^a
0.334	8.0	—	0.031 ^h	0.15 ^h	0.40 ^h	1.1 ^h	—	3.6 ^h
0.522	10.0	—	—	0.021 ^f	0.041 ^f	0.14 ^f	0.37 ^f	—

Потеря одного электрона $Ne^{i+} + Ar \rightarrow Ne^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²						
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	13.0 ± 3.0^c	2.1^f	1.0^f	0.54^f	0.28^f	—	—
0.091	4.1	9.1^c	$2.8^{c,h}$	1.9^c	$1.2^{c,h}$	0.52^h	—	—
0.164	5.6	—	—	2.2^c	1.5^c	1.1^c	0.37^c	0.10 ± 0.03^c
0.334	8.0	—	—	2.1^h	—	1.2^h	—	0.26^h
0.522	10.0	—	—	1.5^f	1.4^f	1.2^f	0.68^f	0.38^f

Захват двух электронов $Ne^{i+} + Ar \rightarrow Ne^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²					
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.077^b	0.45^b	—	—	—	—
0.091	4.1	—	$0.13^{b,h}$	—	$1.4^{b,h}$	2.0^b	—
0.164	5.6	—	0.015^b	—	0.22^b	0.50^b	0.82^b
0.334	8.0	—	—	0.0066^h	—	0.072^h	—

Потеря двух электронов $Ne^{i+} + Ar \rightarrow Ne^{(i-2)+} + Ar + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.49 ± 0.08^d	0.17 ± 0.03^d	—	—	—
0.091	4.1	$1.0 \pm 0.2^{d,h}$	$0.48 \pm 0.09^{d,h}$	$0.17 \pm 0.03^{d,h}$	—	—
0.164	5.6	—	0.88 ± 0.15^d	0.42 ± 0.09^d	0.14 ± 0.03^d	0.022 ± 0.006^d
0.334	8.0	—	0.91^h	—	0.24^h	0.069^h

Потеря трех электронов $Ne^{i+} + Ar \rightarrow Ne^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ne(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.14 ± 0.03^d	0.036 ± 0.007^d	—
0.091	4.1	0.37 ± 0.06^d	0.13 ± 0.02^d	0.025 ± 0.004^d
0.164	5.6	—	0.28 ± 0.05^d	0.090 ± 0.020^d

Потеря четырех электронов $Ne^{i+} + Ar \rightarrow Ne^{(i+4)+} + Ar + 4e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ne(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.020 ± 0.006^d	—
0.091	4.1	0.090 ± 0.024^d	0.013 ± 0.004^d

2.9.5 Ионы НЕОНА В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $Ne^{i+} + Kr \rightarrow Ne^{(i-1)+} + Kr^+$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ne(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	1.6^a	10.0^a	$27. \pm 8.^a$	—	—	—	—
0.091	4.1	$0.27^{a,h}$	$3.1^{a,h}$	$7.7^{a,h}$	18.0^a	$27.0^{a,h}$	33.0^a	—
0.164	5.6	—	0.41^a	1.6^a	5.3^a	9.6^a	13.0^a	17.0^a

Потеря одного электрона $Ne^{i+} + Kr \rightarrow Ne^{(i+1)+} + Kr + e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ne(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	8.0^c	2.2^c	1.05^c	0.57 ± 0.10^c	—	—
0.091	4.1	8.9^c	$3.0^{c,h}$	1.6^c	$0.65^{c,h}$	0.54^c	—
0.164	5.6	—	—	2.6^c	1.3^c	0.65^c	0.21 ± 0.04^c

Захват двух электронов $Ne^{i+} + Kr \rightarrow Ne^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2$					
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.18 ± 0.06^b	0.83^b	—	—	—	—
0.091	4.1	0.040 ± 0.010^b	—	0.65^b	1.6^b	4.2^b	—
0.164	5.6	—	0.022 ± 0.007^b	0.11^b	0.58^b	1.2^b	2.4^b

Потеря двух электронов $Ne^{i+} + Kr \rightarrow Ne^{(i+2)+} + Kr + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16} \text{ см}^2$			
		i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	—	0.13 ± 0.04^d	—	—
0.091	4.1	$0.77 \pm 0.15^{d,h}$	$0.33 \pm 0.07^{d,h}$	$0.085 \pm 0.015^{d,h}$	—
0.164	5.6	—	0.77 ± 0.14^d	0.32 ± 0.06^d	0.048 ± 0.015^d

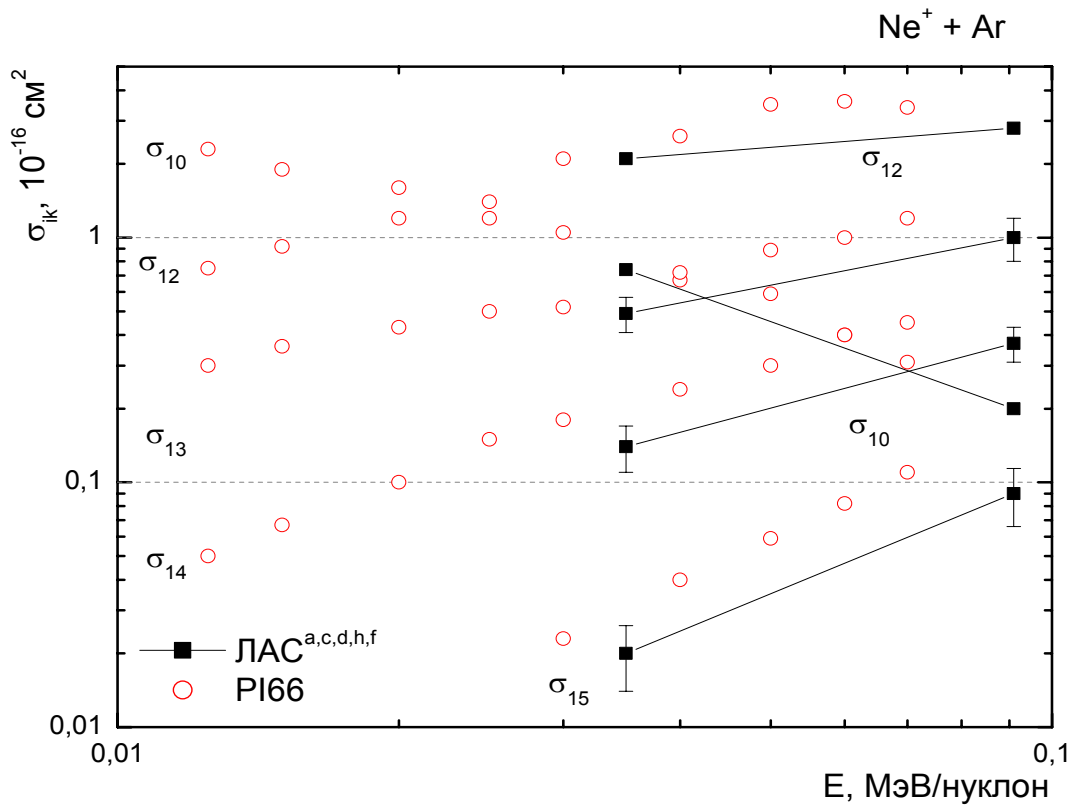
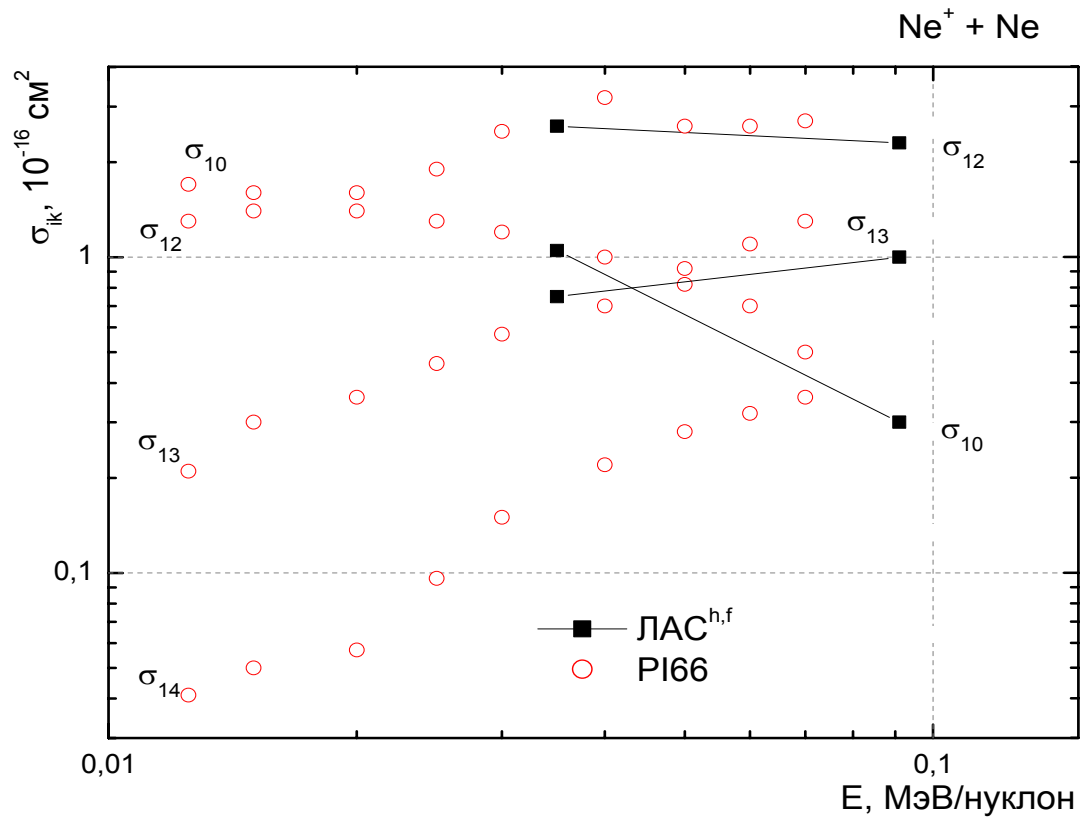
Потеря трех электронов $Ne^{i+} + Kr \rightarrow Ne^{(i+3)+} + Kr + 3e^-$

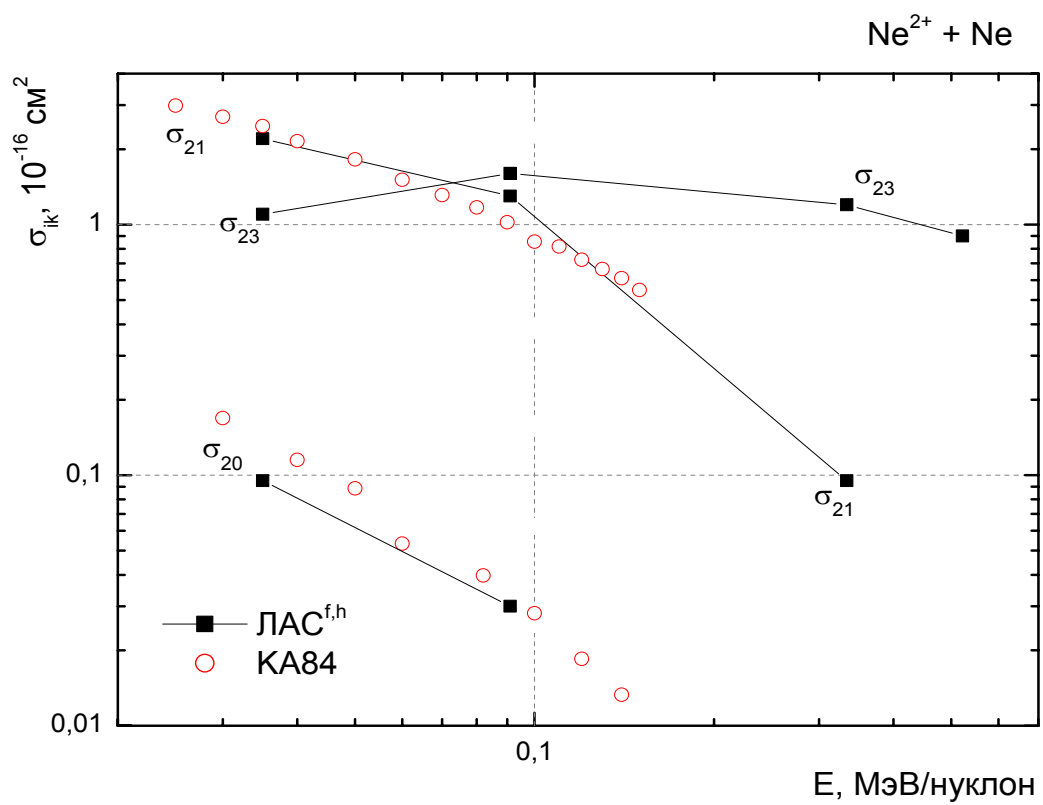
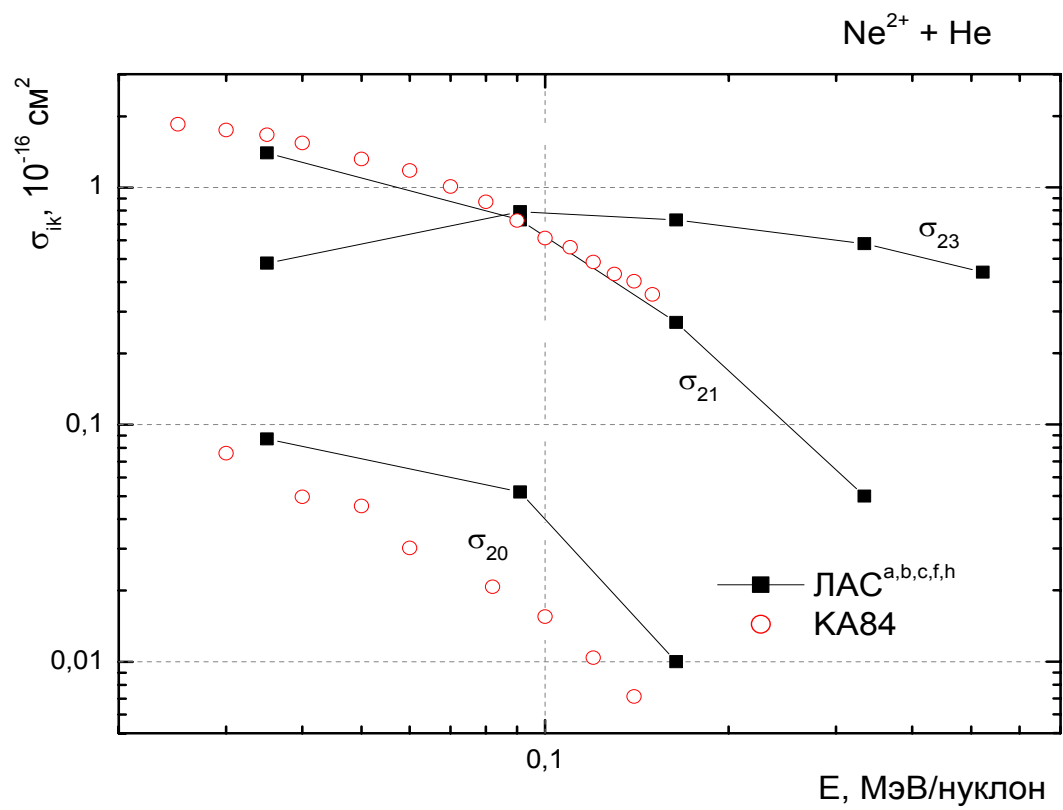
E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16} \text{ см}^2$		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.095 ± 0.020^d	—	—
0.091	4.1	0.21 ± 0.05^d	0.048 ± 0.010^d	—
0.164	5.6	—	0.18 ± 0.03^d	0.038 ± 0.008^d

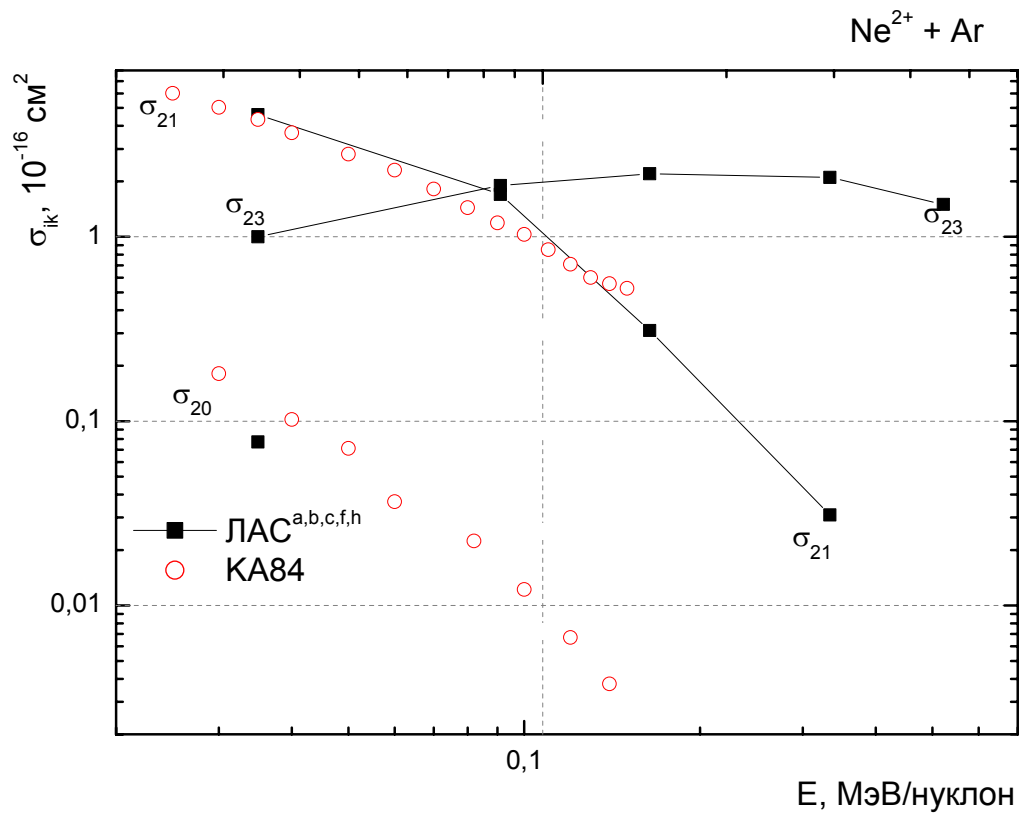
Потеря четырех электронов $Ne^{i+} + Kr \rightarrow Ne^{(i+4)+} + Kr + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ne(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16} \text{ см}^2$
		i=1
0.091	4.1	0.027 ± 0.009^d

2.9.6 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $\text{Ne}^{2+} + \text{He, Ne, Ar}$; $\text{Ne}^+ + \text{Ne, Ar}$







2.10 ИОНЫ НАТРИЯ Na^{i+} ($Z=11$)

2.10.1 Ионы натрия в гелии ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $\text{Na}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Na}^{(i-1)+} + \text{He}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.18 ^a	1.2 ^a	3.6 ^a

Потеря одного электрона $\text{Na}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Na}^{(i+1)+} + \text{He} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	4.7 ± 0.9^c	1.30^c	0.30^c	0.105 ± 0.020^c

Потеря двух электронов $\text{Na}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Na}^{(i+2)+} + \text{He} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см^2	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.11 ± 0.02^d	0.0079 ± 0.0038^d

2.10.2 Ионы натрия в азоте ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $\text{Na}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Na}^{(i-1)+} + \text{N}_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.17 ± 0.05^a	2.2 ^a	7.9 ^a

Потеря одного электрона $\text{Na}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Na}^{(i+1)+} + \text{N}_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(N_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	8.6 ± 2.5^c	1.8^c	0.45^c	0.19^c

Захват двух электронов $\text{Na}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Na}^{(i-2)+} + \text{N}_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, $10^{-16} \text{ см}^2/\text{атом}$	
		i=2	i=3
0.035	2.6	0.029 ^b	0.16 ^b

Потеря двух электронов $\text{Na}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Na}^{(i+2)+} + \text{N}_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.32 ± 0.05^d	0.083 ± 0.014^d

Потеря трех электронов $\text{Na}^{i+} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Na}^{(i+3)+} + \text{N}_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=1
0.035	2.6	0.062 ± 0.013^d

2.10.3 Ионы НАТИРИЯ В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Потеря одного электрона $\text{Na}^{i+} + \text{Ar} \rightarrow \text{Na}^{(i+1)+} + \text{Ar} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	14.0 ± 3.0^c	3.4^c	0.61^c

2.10.4 Ионы НАТИРИЯ В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $\text{Na}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{Na}^{(i-1)+} + \text{Kr}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.55^a	9.0^a	22.0^a

Потеря двух электронов $\text{Na}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{Na}^{(i+2)+} + \text{Kr} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Na(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²
		i=1
0.035	2.6	0.41 ± 0.07^d

2.11 ИОНЫ МАГНИЯ Mg^{i+} ($Z=12$)

2.11.1 Ионы магния в гелии ($Z_c=2$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.09 ± 0.03^a	0.92^a	3.5^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	4.5 ± 0.8^c	2.1^c	0.19 ± 0.04^c



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²
		i=2
0.035	2.6	0.023^b



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.062 ± 0.020^d	0.0076 ± 0.0023^d

2.11.2 Ионы магния в азоте ($Z_c=7$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.14 ± 0.03^a	2.0^a	8.8^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(N_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	8.0 ± 1.6^c	3.0^c	0.44^c



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=2	
0.035	2.6	0.021 ^b	



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.31 ± 0.06^d	0.086 ± 0.016^d



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.049 ± 0.017^d	0.0044 ± 0.0018^d

2.11.3 Ионы МАГНИЯ В АРГОНЕ ($Z_c=18$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	40. ^c	6.5 ^c	0.43 ^c

2.11.4 Ионы МАГНИЯ В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	1.4 ^a	7.8 ^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²
		i=1
0.035	2.6	0.41 ± 0.07^d

Потеря трех электронов $\text{Mg}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{Mg}^{(i+3)+} + \text{Kr} + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Mg(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16} \text{ см}^2$	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.16 ± 0.04^d	0.0087 ± 0.0035^d

2.12 ИОНЫ АЛЮМИНИЯ Al^{i+} ($Z=13$)

2.12.1 Ионы алюминия в гелии ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $Al^{i+} + He \rightarrow Al^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.18 ^a	1.2 ^a	3.3 ^a

Потеря одного электрона $Al^{i+} + He \rightarrow Al^{(i+1)+} + He + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	8.2 ^c	2.9 ^c	0.91 ^c

Захват двух электронов $Al^{i+} + He \rightarrow Al^{(i-2)+} + He^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²
		i=2
0.035	2.6	0.037 ^b

Потеря двух электронов $Al^{i+} + He \rightarrow Al^{(i+2)+} + He + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.19 ± 0.03 ^d	0.023 ± 0.003 ^d

2.12.2 Ионы алюминия в азоте ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $Al^{i+} + N_2 \rightarrow Al^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(N_2) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.43 ^a	2.6 ^a	7.3 ^a

Потеря одного электрона $Al^{i+} + N_2 \rightarrow Al^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(N_2) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	12.0 ± 2.0 ^c	3.8 ^c	0.95 ^c	0.21 ± 0.06 ^c



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=2	i=3
0.035	2.6	0.069 ^b	0.43 ^b



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.50 ± 0.10 ^d	0.15 ± 0.03 ^d



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.11 ± 0.04 ^d	0.013 ± 0.004 ^d



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+4}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=1
0.035	2.6	0.0061 ± 0.0013 ^d

2.12.3 Ионы алюминия в аргоне ($Z_c=18$)



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.78 ± 0.20 ^a	5.8 ^a	15.0 ^a



E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	33.0 ^c	8.1 ^c	1.5 ^c

Захват двух электронов $Al^{i+} + Ar \rightarrow Al^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²	
		i=2	i=3
0.035	2.6	0.16 ^b	0.72 ^b

Потеря двух электронов $Al^{i+} + Ar \rightarrow Al^{(i+2)+} + Ar + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.71 ± 0.14^d	0.28 ± 0.04^d

Потеря трех электронов $Al^{i+} + Ar \rightarrow Al^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.21 ± 0.04^d	0.059 ± 0.013^d

Потеря четырех электронов $Al^{i+} + Ar \rightarrow Al^{(i+4)+} + Ar + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16}$ см ²
		i=1
0.035	2.6	0.050 ± 0.015^d

2.12.4 Ионы АЛЮМИНИЯ В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $Al^{i+} + Kr \rightarrow Al^{(i-1)+} + Kr^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	1.6 ^a	9.1 ^a	22.0 ^a

Потеря одного электрона $Al^{i+} + Kr \rightarrow Al^{(i+1)+} + Kr + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Al(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²		
		i=0	i=1	i=2
0.035	2.6	43.0 ± 8.0^c	7.8 ^c	1.6 ^c

Захват двух электронов $Al^{i+} + Kr \rightarrow Al^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

$E,$	$V,$	$Al(Kr)$ Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16} \text{ см}^2$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	$i=3$
0.035	2.6	3.5^b

Потеря двух электронов $Al^{i+} + Kr \rightarrow Al^{(i+2)+} + Kr + 2e^-$

$E,$	$V,$	$Al(Kr)$ Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16} \text{ см}^2$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	$i=1$
0.035	2.6	0.95 ± 0.10^d

Потеря трех электронов $Al^{i+} + Kr \rightarrow Al^{(i+3)+} + Kr + 3e^-$

$E,$	$V,$	$Al(Kr)$ Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16} \text{ см}^2$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	$i=2$
0.035	2.6	0.036 ± 0.010^d

Потеря четырех электронов $Al^{i+} + Kr \rightarrow Al^{(i+4)+} + Kr + 4e^-$

$E,$	$V,$	$Al(Kr)$ Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16} \text{ см}^2$
МэВ/нуклон	10^8 см/с	$i=1$
0.035	2.6	0.032 ± 0.009^d

2.13 ИОНЫ ФОСФОРА Pⁱ⁺ (Z=15)

2.13.1 ИОНЫ ФОСФОРА В ГЕЛИИ (Z_c=2)

Захват одного электрона Pⁱ⁺ + He → P⁽ⁱ⁻¹⁾⁺ + He⁺

E, МэВ/нуклон	V, 10 ⁸ см/с	P(He) Сечение σ _{i,i-1} , 10 ⁻¹⁶ см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.70 ^a	2.7 ^a	5.7 ^a	—	—
0.091	4.1	—	1.1 ^a	2.5 ^a	5.6 ^a	6.6 ^a

Потеря одного электрона Pⁱ⁺ + He → P⁽ⁱ⁺¹⁾⁺ + He + e⁻

E, МэВ/нуклон	V, 10 ⁸ см/с	P(He) Сечение σ _{i,i+1} , 10 ⁻¹⁶ см ²				
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	8.0 ± 2.0 ^c	3.1 ^c	1.7 ^c	0.46 ^c	—
0.091	4.1	—	—	1.04 ^c	0.62 ^c	0.45 ^c

Захват двух электронов Pⁱ⁺ + He → P⁽ⁱ⁻²⁾⁺ + He²⁺

E, МэВ/нуклон	V, 10 ⁸ см/с	P(He) Сечение σ _{i,i-2} , 10 ⁻¹⁶ см ²		
		i=3	i=4	i=5
0.091	4.1	0.033 ^b	0.11 ^b	0.31 ^b

Потеря двух электронов Pⁱ⁺ + He → P⁽ⁱ⁺²⁾⁺ + He + 2e⁻

E, МэВ/нуклон	V, 10 ⁸ см/с	P(He) Сечение σ _{i,i+2} , 10 ⁻¹⁶ см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.58 ± 0.10 ^d	0.087 ± 0.016 ^d	0.016 ± 0.005 ^d
0.091	4.1	—	0.15 ± 0.03 ^d	0.033 ± 0.014 ^d

2.13.2 ИОНЫ ФОСФОРА В АЗОТЕ (Z_c=7)

Захват одного электрона Pⁱ⁺ + N₂ → P⁽ⁱ⁻¹⁾⁺ + N₂⁺

E, МэВ/нуклон	V, 10 ⁸ см/с	P(N ₂) Сечение σ _{i,i-1} , 10 ⁻¹⁶ см ² /атом				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.86 ^a	3.4 ^a	7.1 ^a	—	—
0.091	4.1	—	1.1 ^a	2.8 ^a	5.8 ^a	7.4 ^a

Потеря одного электрона $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	10.5 ^c	3.3 ^c	1.8 ^c	0.37 ± 0.12^c	—
0.091	4.1	—	—	2.6 ^c	0.98 ^c	0.68 ^c

Захват двух электронов $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом			
		i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.13 ^b	0.87 ^b	—	—
0.091	4.1	—	0.079 ^b	0.36 ^b	1.0 ^b

Захват трех электронов $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i-3)+} + N_2^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=3
0.035	2.6	0.039 ^b

Потеря двух электронов $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i+2)+} + N_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	1.4 ± 0.3^d	0.32 ± 0.05^d	0.064 ± 0.012^d
0.091	4.1	—	0.54 ± 0.11^d	0.16 ± 0.03^d

Потеря трех электронов $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i+3)+} + N_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.20 ± 0.05^d	0.054 ± 0.010^d

Потеря четырех электронов $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i+4)+} + N_2 + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+4}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.049 ± 0.013^d	0.026 ± 0.006^d

Потеря пяти электронов $P^{i+} + N_2 \rightarrow P^{(i+5)+} + N_2 + 5e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+5}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	
0.035	2.6	0.015 ± 0.004 ^d	

2.13.3 ИОНЫ ФОСФОРА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i-1)+} + Ar^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	1.8 ^a	7.3 ^a	14.0 ^a	—	—
0.091	4.1	—	2.0 ^a	4.2 ^a	12.0 ^a	15.0 ^a

Потеря одного электрона $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	23.0 ^c	7.4 ^c	2.8 ^c	—
0.091	4.1	—	—	5.0 ^c	1.15 ^c

Захват двух электронов $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²			
		i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.18 ^b	1.8 ^b	—	—
0.091	4.1	—	0.16 ^b	0.83 ^b	3.1 ^b

Захват трех электронов $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i-3)+} + Ar^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ²	
		i=3	
0.035	2.6	0.050 ^b	

Потеря двух электронов $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i+2)+} + Ar + 2e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	2.1 ± 0.3^d	0.34 ± 0.06^d	—
0.091	4.1	—	0.80 ± 0.20^d	0.28 ± 0.05^d

Потеря трех электронов $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i+3)+} + Ar + 3e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.25 ± 0.05^d	0.15 ± 0.03^d

Потеря четырех электронов $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i+4)+} + Ar + 4e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.12 ± 0.03^d	0.070 ± 0.020^d

Потеря пяти электронов $P^{i+} + Ar \rightarrow P^{(i+5)+} + Ar + 5e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16}$ см ²
		i=1
0.035	2.6	0.063 ± 0.020^d

2.13.4 Ионы ФОСФОРА В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i-1)+} + Kr^{+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	2.6^a	11.0^a	20.0^a	—	—
0.091	4.1	—	—	—	17.0^a	21.0^a

Потеря одного электрона $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i+1)+} + Kr + e^{-}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²			
		i=0	i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	21.0^c	6.4^c	3.4^c	0.69^c

Захват двух электронов $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²			
		i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	0.39 ^b	3.5 ^b	—	—
0.091	4.1	—	—	1.9 ^b	3.7 ^b

Захват трех электронов $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i-3)+} + Kr^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-3}, 10^{-16}$ см ²
		i=3
0.035	2.6	0.16 ^b

Потеря двух электронов $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i+2)+} + Kr + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	1.8 ± 0.2^d	0.31 ± 0.05^d

Потеря трех электронов $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i+3)+} + Kr + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.26 ± 0.05^d	0.085 ± 0.020^d

Потеря четырех электронов $P^{i+} + Kr \rightarrow P^{(i+4)+} + Kr + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	P(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16}$ см ²
		i=1
0.035	2.6	0.08 ± 0.02^d

2.14 ИОНЫ АРГОНА Ar^{i+} ($Z=18$)

2.14.1 ИОНЫ АРГОНА В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $\text{Ar}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ar}^{(i-1)+} + \text{He}^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см^2			
		i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	0.55 ^a	2.7 ^f	3.6 ^f	6.6 ^f
0.091	4.1	0.73 ^a	5.4 ^a	—	—
0.164	5.6	0.083 ^a	1.3 ± 0.3 ^a	—	—
0.334	8.0	0.010 ± 0.003 ^a	0.16 ^a	—	—

Потеря одного электрона $\text{Ar}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ar}^{(i+1)+} + \text{He} + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см^2					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	6.7 ^c	2.3 ^c	1.6 ^{c,f}	0.85 ± 0.15 ^{c,f}	0.56 ± 0.12 ^{c,f}	—
0.091	4.1	—	—	—	1.02 ^c	0.52 ^c	0.18 ± 0.04 ^c

Захват двух электронов $\text{Ar}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ar}^{(i-2)+} + \text{He}^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(He) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см^2				
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.034 ^b	—	0.45 ^b	—	—
0.091	4.1	—	0.050 ^b	0.27 ^b	0.60 ^b	1.45 ^b

Потеря двух электронов $\text{Ar}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ar}^{(i+2)+} + \text{He} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(He) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см^2			
		i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	1.00 ± 0.18 ^d	0.33 ± 0.06 ^d	0.044 ± 0.018 ^d	—
0.091	4.1	—	—	0.13 ± 0.02 ^d	0.083 ± 0.015 ^d

Потеря трех электронов $\text{Ar}^{i+} + \text{He} \rightarrow \text{Ar}^{(i+3)+} + \text{He} + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(He) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см^2	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.16 ± 0.05 ^d	0.015 ± 0.004 ^d

Потеря четырех электронов $Ar^{i+} + He \rightarrow Ar^{(i+4)+} + He + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(He) Сечение $\sigma_{i,i+4}$, 10^{-16} см ²	
		i=1	
0.035	2.6	0.0090 ± 0.0025 ^d	

2.14.2 ИОНЫ АРГОНА В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.57 ^a	3.1 ^{a,f}	5.8 ^{a,f}	9.2 ^{a,f}	—	—
0.091	4.1	—	—	2.2 ^a	4.3 ^a	7.5 ^a	9.6 ^a

Потеря одного электрона $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	12.0 ^c	2.4 ^c	1.9 ^{c,f}	1.05 ^{c,f}	0.42 ± 0.07 ^{c,f}	—
0.091	4.1	—	—	—	1.4 ^c	0.86 ^c	0.31 ± 0.07 ^c

Захват двух электронов $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.079 ^b	0.54 ^b	1.05 ^b	—	—
0.091	4.1	—	0.10 ^b	0.39 ^b	1.0 ^b	2.3 ^b

Захват трех электронов $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i-3)+} + N_2^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.087 ^b	—	—
0.091	4.1	—	—	0.18 ^b

Потеря двух электронов $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i+2)+} + N_2 + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ² /атом				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	1.3 ± 0.2^d	0.68 ± 0.16^d	0.27 ± 0.07^d	0.067 ± 0.011^d	—
0.091	4.1	—	—	0.50 ± 0.11^d	0.24 ± 0.04^d	0.054 ± 0.017^d

Потеря трех электронов $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i+3)+} + N_2 + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+3}$, 10^{-16} см ² /атом		
		i=1	i=2	i=3
0.035	2.6	0.56 ± 0.12^d	0.19 ± 0.04^d	0.057 ± 0.014^d
0.091	4.1	—	—	0.095 ± 0.020^d

Потеря четырех электронов $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i+4)+} + N_2 + 4e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+4}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.13 ± 0.04^d	0.052 ± 0.016^d

Потеря пяти электронов $Ar^{i+} + N_2 \rightarrow Ar^{(i+5)+} + N_2 + 5e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+5}$, 10^{-16} см ² /атом
		i=1
0.035	2.6	0.041 ± 0.012^d

2.14.3 Ионы АРГОНА В НЕОНЕ ($Z_c=10$)

Захват одного электрона $Ar^{i+} + Ne \rightarrow Ar^{(i-1)+} + Ne^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ne) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²		
		i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	2.6^f	5.7^f	8.7^f

Потеря одного электрона $Ar^{i+} + Ne \rightarrow Ar^{(i+1)+} + Ne + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ne) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²		
		i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	2.8^f	1.3^f	0.56^f

2.14.4 ИОНЫ АРГОНА В АРГОНЕ ($Z_c=18$)

Захват одного электрона $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i-1)+} + Ar^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²						
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.84 ^a	5.2 ^{a,f}	10.5 ^{a,f}	20.0 ^{a,f}	—	—	—
0.091	4.1	—	3.5 ^a	4.6 ^a	8.5 ^a	14.0 ^a	20.0 ^a	25.0 ^a

Потеря одного электрона $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i+1)+} + Ar + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²					
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	27.0 ^c	5.3 ± 0.9 ^c	3.2 ± 0.5 ^{c,f}	1.5 ± 0.3 ^{c,f}	0.68 ± 0.16 ^f	—
0.091	4.1	—	—	—	2.7 ^c	1.3 ^c	0.67 ± 0.16 ^c

Захват двух электронов $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i-2)+} + Ar^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²					
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
0.035	2.6	0.13 ^b	1.05 ^b	2.5 ^b	—	—	—
0.091	4.1	—	0.17 ^b	0.95 ^b	1.9 ^b	3.4 ^b	4.5 ^b

Захват трех электронов $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i-3)+} + Ar^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i-3}$, 10^{-16} см ²	
		i=6	i=7
0.091	4.1	0.43 ^b	1.05 ^b

Потеря двух электронов $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i+2)+} + Ar + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+2}$, 10^{-16} см ²				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	1.9 ± 0.3 ^d	1.05 ± 0.20 ^d	0.31 ± 0.07 ^d	—	—
0.091	4.1	—	—	0.75 ± 0.18 ^d	0.33 ± 0.06 ^d	0.13 ± 0.04 ^d

Потеря трех электронов $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i+3)+} + Ar + 3e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16}$ см ²			
		I=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	0.85 ± 0.15^d	0.23 ± 0.04^d	0.11 ± 0.02^d	—
0.091	4.1	—	—	0.15 ± 0.03^d	0.085 ± 0.020^d

Потеря четырех электронов $Ar^{i+} + Ar \rightarrow Ar^{(i+4)+} + Ar + 4e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ar(Ar) Сечение $\sigma_{i,i+4}, 10^{-16}$ см ²	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.18 ± 0.04^d	0.10 ± 0.03^d

2.14.5 Ионы АРГОНА В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $Ar^{i+} + Kr \rightarrow Ar^{(i-1)+} + Kr^+$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ar(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}, 10^{-16}$ см ²					
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	1.8 ^a	9.5 ^a	17.0 ^a	28.0 ^a	—	—
0.091	4.1	—	—	5.3 ^a	12.0 ^a	20.0 ^a	27.0 ^a

Потеря одного электрона $Ar^{i+} + Kr \rightarrow Ar^{(i+1)+} + Kr + e^-$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ar(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+1}, 10^{-16}$ см ²				
		i=0	i=1	i=2	i=3	i=4
0.035	2.6	18.0 ^c	4.5 ^c	2.8 ^c	1.3 ^c	0.74 ^c
0.091	4.1	—	—	—	2.3 ^c	0.81 ^c

Захват двух электронов $Ar^{i+} + Kr \rightarrow Ar^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

E, МэВ/нуклон	V, 10^8 см/с	Ar(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}, 10^{-16}$ см ²				
		i=2	i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.19 ^b	1.6 ^b	4.5 ^b	—	—
0.091	4.1	—	0.34 ^b	1.15 ^b	2.8 ^b	4.1 ^b

Захват трех электронов $\text{Ar}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{Ar}^{(i-3)+} + \text{Kr}^{3+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-3}, 10^{-16} \text{ см}^2$			
		i=3	i=4	i=5	i=6
0.035	2.6	0.083 ^b	0.72 ^b	—	—
0.091	4.1	—	—	0.29 ^b	0.69 ^b

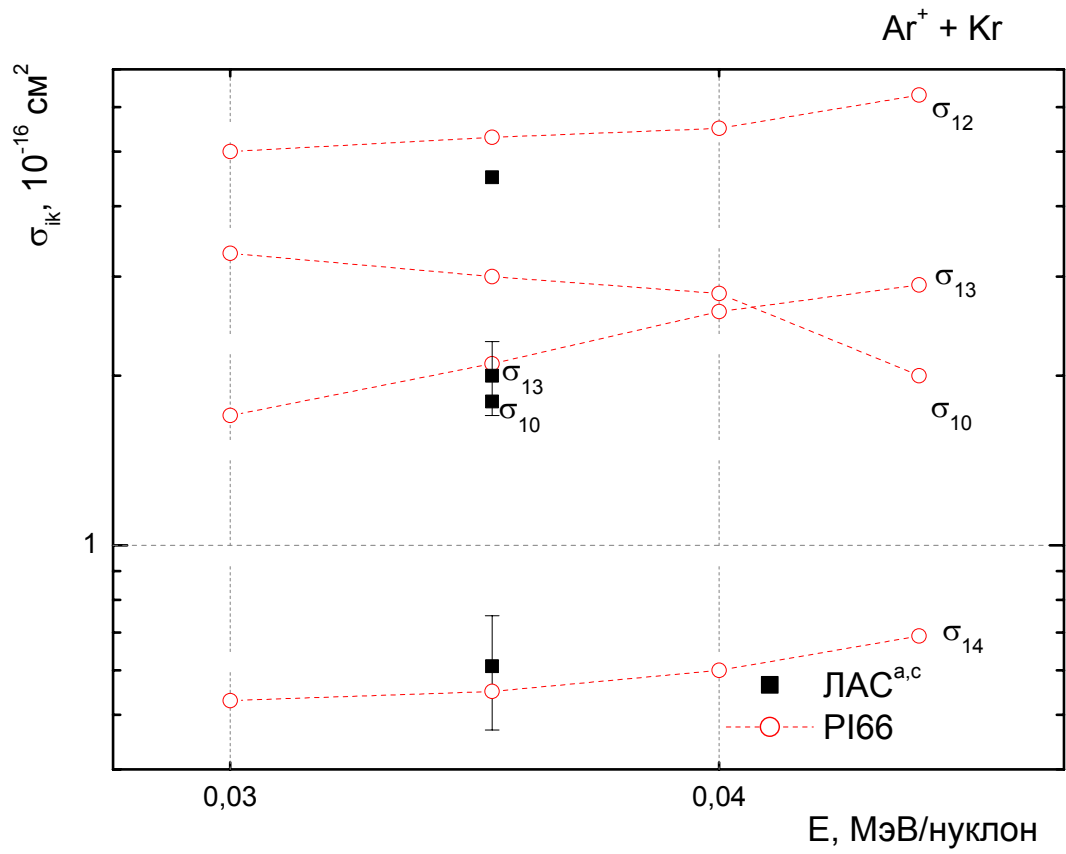
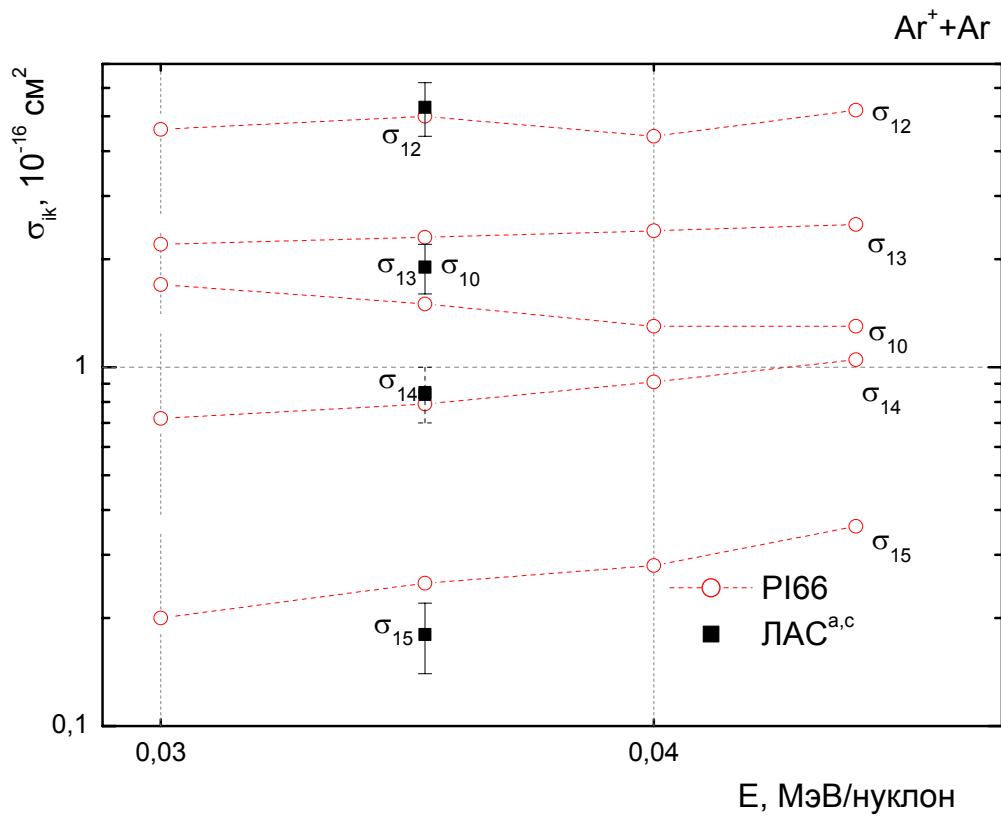
Потеря двух электронов $\text{Ar}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{Ar}^{(i+2)+} + \text{Kr} + 2e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+2}, 10^{-16} \text{ см}^2$				
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
0.035	2.6	2.0 ± 0.3^d	0.70 ± 0.12^d	0.23 ± 0.06^d	—	—
0.091	4.1	—	—	—	0.31 ± 0.13^d	0.15 ± 0.07^d

Потеря трех электронов $\text{Ar}^{i+} + \text{Kr} \rightarrow \text{Ar}^{(i+3)+} + \text{Kr} + 3e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Ar(Kr) Сечение $\sigma_{i,i+3}, 10^{-16} \text{ см}^2$	
		i=1	i=2
0.035	2.6	0.61 ± 0.14^d	0.12 ± 0.03^d

2.14.6 ИЛЛЮСТРАЦИИ: $\text{Ar}^+ + \text{Ar}, \text{Kr}$



2.15 ИОНЫ КРИПТОНА Kr^{i+} ($Z=36$)

2.15.1 Ионы КРИПТОНА В ГЕЛИИ ($Z_c=2$)

Захват одного электрона $Kr^{i+} + He \rightarrow Kr^{(i-1)+} + He^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(He) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=3	i=4
0.035	2.6	4.0 ^a	6.7 ^a

Потеря одного электрона $Kr^{i+} + He \rightarrow Kr^{(i+1)+} + He + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(He) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ²	
		i=3	i=4
0.035	2.6	1.15 ± 0.20^c	0.59 ± 0.13^c

2.15.2 Ионы КРИПТОНА В АЗОТЕ ($Z_c=7$)

Захват одного электрона $Kr^{i+} + N_2 \rightarrow Kr^{(i-1)+} + N_2^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=3	i=4
0.035	2.6	6.3 ^a	9.7 ± 1.5^a

Потеря одного электрона $Kr^{i+} + N_2 \rightarrow Kr^{(i+1)+} + N_2 + e^-$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i+1}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=3	i=4
0.035	2.6	1.3 ± 0.3^c	0.64 ± 0.12^c

Захват двух электронов $Kr^{i+} + N_2 \rightarrow Kr^{(i-2)+} + N_2^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(N ₂) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ² /атом	
		i=3	i=4
0.035	2.6	0.69 ^b	1.6 ^b

2.15.3 Ионы КРИПТОНА В КРИПТОНЕ ($Z_c=36$)

Захват одного электрона $Kr^{i+} + Kr \rightarrow Kr^{(i-1)+} + Kr^+$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-1}$, 10^{-16} см ²	
		i=3	i=4
0.035	2.6	21.0 ^a	29.0 ^a

Захват двух электронов $Kr^{i+} + Kr \rightarrow Kr^{(i-2)+} + Kr^{2+}$

E , МэВ/нуклон	V , 10^8 см/с	Kr(Kr) Сечение $\sigma_{i,i-2}$, 10^{-16} см ²	
		i=3	i=4
0.035	2.6	2.6 ^b	4.7 ^b

3. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЧЕНИЙ ПОТЕРИ И ЗАХВАТА ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА

По сечениям потери и сечениям захвата одного электрона собран достаточно полный объем информации. Для большей части этих сечений возможно сравнение с экспериментальными данными других авторов, да и теоретические модели для одноэлектронных переходов более адекватно описывают экспериментальные данные. Кроме того, с увеличением числа теряемых и захватываемых ионом электронов сечения быстро убывают по величине, и, следовательно, убывает их вклад в установление зарядового распределения и возрастает погрешность измерения. В результате, можно ожидать, что нахождение общих закономерностей для сечений потери и сечения захвата одного электрона является более надежным по сравнению с сечениями потери и захвата нескольких электронов. В этом разделе на основе экспериментальных данных [a-t] выполнен анализ общих закономерностей сечения потери и захвата одного электрона.

3.1 ПОЛОЖЕНИЕ МАКСИМУМА В ЗАВИСИМОСТИ СЕЧЕНИЙ ОТ ЭНЕРГИИ ИОНОВ.

В области скоростей столкновения порядка орбитальной скорости электрона во внешней оболочке атома (налетающего иона) вероятность перехода электрона из атома к иону (или из иона в непрерывный спектр) увеличивается с возрастанием скорости столкновения. Вследствие адиабатического характера столкновения в этой области скоростей происходит наиболее эффективный обмен импульсами, и сечение ион – атомного столкновения достигает своего максимума. При скоростях существенно больших по сравнению со скоростью электронов во внешних оболочках атома и налетающего иона сечение столкновения уменьшается с увеличением скорости за счет уменьшения времени взаимодействия, т.е. в зависимости сечения от энергии, при некотором значении энергии E_{\max} , формируется максимум.

Из-за малой энергии связи электронов во внешней оболочке атомов максимум в сечении захвата электрона налетающим ионом приходится на область скоростей столкновения $V \leq V_0$, и в исследуемой области столкновений не наблюдается. Для сечения потери электрона налетающим ионом ситуация другая. С увеличением заряда налетающего иона i величина энергии связи удаляемого электрона ϵ быстро возрастает, что приводит к сдвигу максимума сечения потери электронов к более высоким энергиям. Оценка зависимости E_{\max} от энергии связи удаляемого электрона ϵ дана в [1]

$$E_{\max} \propto \varepsilon. \quad (3)$$

В таблице 1 указана энергия, при которой в сечении потери одного электрона наблюдается максимум для столкновений ионов Li^{i+} , B^{i+} , C^{i+} , N^{i+} ($i=1-3$) с атомами различных газов. Энергия E_{\max} с учетом погрешности и небольшого количества данных с разными i (или по ε) возрастает с увеличением i почти линейно, что соответствует (3). Однако, только по трем точкам ($i=1,2,3$) об отклонении от зависимости (3) судить сложно, и требуется привлечение дополнительных данных.

Таблица 1

Энергия столкновения, соответствующая максимуму сечения потери одного электрона $\sigma_{i,i+1}$ при столкновении ионов с зарядами $i=1-3$ в газах. Погрешность в значении E_{\max} при интерполяции экспериментальных данных составляет около 30%. Если точное значение E_{\max} по измеренным для данного иона сечениям определить трудно, в скобках приводится оценка нижней границы его величины.

	Z	Z_c	E_{\max} , МэВ/нуклон		
			$i=1$	$i=2$	$i=3$
$Li^{i+} + He$	3	2	0.16	0.31	-
$Li^{i+} + N_2$		7	0.17	(>0.60)	-
$Li^{i+} + Ar$		18	0.22	0.54	-
$B^{i+} + He$	5	2	(>0.09)	0.21	(>0.31)
$B^{i+} + N_2$		7	0.14	0.29	0.36
$B^{i+} + Ar$		18	0.16	(>0.37)	(>0.37)
$B^{i+} + Kr$		36	0.20	(>0.30)	(>0.30)
$C^{i+} + He$	6	2	0.11	0.17	0.24
$C^{i+} + N_2$		7	0.13	0.22	(>0.29)
$C^{i+} + Ar$		18	0.16	0.26	(>0.29)
$N^{i+} + He$	7	2	0.07	0.16	0.31
$N^{i+} + N_2$		7	0.11	0.21	0.35
$N^{i+} + Ar$		18	0.15	0.24	0.38
$N^{i+} + Kr$		36	(>0.14)	0.28	0.39

Для одного и того же быстрого иона ($Z=const$, $i=const$) E_{\max} возрастает с увеличением заряда ядра атома Z_c [1,25]. Данные в таб.1 демонстрируют, что, независимо от зарядов Z и i , максимум в сечении потери электрона в столкновении ионов с атомом аргона ($Z_c=18$) находится при энергии E_{\max} в 1,5 - 2 раза больше, чем при столкновении с атомами гелия ($Z_c=2$).

Соотношение (3) не учитывает зависимости E_{\max} от заряда ядра налетающего иона Z . Представленные в таб.1 данные показывают, что даже в небольшом диапазоне Z ($Z=3-7$) наблюдается слабая зависимость E_{\max} от этого параметра. Практически для одинаковой энергии связи электрона во внешней оболочке ионов с $i=1$ [$\varepsilon(B^+) = 25.1 \text{ эВ}$, $\varepsilon(C^+) = 24.4 \text{ эВ}$, $\varepsilon(N^+) = 29.6 \text{ эВ}$] энергия E_{\max} при фиксированном Z_c уменьшается с увеличением Z . Для $i=2$ энергия связи валентного электрона ε несколько возрастает с увеличением Z [$\varepsilon(B^{2+}) = 37.8 \text{ эВ}$, $\varepsilon(C^{2+}) = 46.1 \text{ эВ}$, $\varepsilon(N^{2+}) = 47.5 \text{ эВ}$], что, в соответствии с (3), должно было бы привести к увеличению E_{\max} , однако, как следует из таблицы 1, E_{\max} уменьшается с увеличением Z . Ранее эта особенность в сечениях потери одного электрона не отмечалась.

3.2 АСИМПТОТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ОТ ЭНЕРГИИ ИОНОВ.

Сечение потери электрона для быстрых столкновений описывается в борновском приближении с учетом правила сумм зависимостью [22]

$$\sigma_{i,i+1} \propto 1/E \text{ при } E \rightarrow \infty. \quad (4)$$

Потенциал взаимодействия электрона налетающего иона с нейтральным атомом короткодействующий, что отличает процесс потери электрона от процесса ионизации нейтрального атома заряженными частицами, в котором сечение, согласно теории Бете-Борна, пропорционально $\ln(E)/E$ [26]. Закон уменьшения сечения потери электрона от энергии (4) является универсальным и не зависит от параметров i , Z , Z_c и квантовых чисел состояния, из которого электрон переходит в непрерывный спектр. Поскольку даже для небольших i максимум в сечении потери одного электрона находится в исследуемой области столкновений, и по полученным данным [a-t] нельзя судить об асимптотическом поведении сечения потери одного электрона при большой энергии.

Основные закономерности сечения захвата электрона качественно описываются в квантово-механическом приближении Оппенгеймера – Бринкмана - Крамерса (ОБК) [27], в котором учитывается взаимодействие налетающей частицы только с электронами атома среды. Для случая захвата электрона ионом с $i=Z$ приближение ОБК дает:

$$\sigma_{Z,Z-1} \propto (Z Z_c)^5 / E^6 \text{ при } E \rightarrow \infty. \quad (5)$$

Учет взаимодействия налетающего иона с ядром атома мишени ослабляет зависимость от энергии [28]

$$\sigma_{Z,Z-1} \propto 1/E^{5.5} \text{ при } E \rightarrow \infty. \quad (6)$$

Для $i < Z$ уменьшение величины сечения захвата электрона от энергии определяется из соотношения

$$\sigma_{i,i-1} \propto 1/E^m \text{ при } E \rightarrow \infty \quad (7)$$

при этом существует зависимость $\sigma_{i,i-1}$ как от i , так и от Z_c . Полуэмпирические оценки для m в (7) дают величину $m=3.5 - 4.5$ для легких ($Z_c=1-2$) и $m=2.5 - 3.0$ для тяжелых газов [1]. Эмпирическая оценка параметра m (7) по данным различных авторов для случая столкновения ионов с энергией $E=0.3 - 8.5$ МэВ/нуклон в газах привела к $m=4.8$ [29].

В таблице 2 представлен параметр m , характеризующий поведение сечения захвата одного электрона (7) для случая столкновения ионов He^{i+} , B^{i+} , C^{i+} , N^{i+} ($i=2-5$) с атомами различных газов. Оценка проводилась по двум - трем точкам, соответствующим максимальной энергии для данного сечения захвата электрона. Надо учитывать, что в исследуемой области сечение $\sigma_{i,i-1}$, возможно, еще не достигло асимптотической зависимости (7), и приведенные в таблице 2 значения m служат скорее для качественного анализа закономерностей. В целом асимптотика сечения захвата одного электрона характеризуется слабой зависимостью от Z , Z_c , i , что согласуется с оценками m из [1].

Таблица 2 Значение параметра m , характеризующего зависимость сечения захвата одного электрона $\sigma_{i,i-1}$ от энергии быстрых ионов (7) с зарядами $i=2-5$.

	Z	Z_c	$m (\sigma_{i,i-1}(E) \sim E^{-m})$			
			$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
$\text{He}^{i+} + \text{He}$	2	2	2.6 ± 0.4			
$\text{He}^{i+} + \text{N}_2$		7	2.3 ± 0.2			
$\text{He}^{i+} + \text{Ne}$		10	3.5 ± 0.8			
$\text{He}^{i+} + \text{Ar}$		18	2.5 ± 0.3			
$\text{B}^{i+} + \text{He}$	5	2	3.6 ± 1.2	3.3 ± 0.4	3.2 ± 0.3	2.8 ± 0.4
$\text{B}^{i+} + \text{N}_2$		7	3.1 ± 1.2	2.7 ± 0.3	2.3 ± 0.4	2.0 ± 0.4
$\text{B}^{i+} + \text{Ar}$		18	3.2 ± 0.5	2.8 ± 0.4	1.5 ± 0.3	1.6 ± 0.4
$\text{B}^{i+} + \text{Kr}$		36	2.3 ± 1.0	1.8 ± 1.2	1.5 ± 0.3	1.1 ± 0.4
$\text{C}^{i+} + \text{He}$	6	2	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5
$\text{C}^{i+} + \text{N}_2$		7	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5
$\text{C}^{i+} + \text{Ar}$		18	2.5 ± 0.4	3.2 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5
$\text{N}^{i+} + \text{He}$	7	2	2.2 ± 1.3	1.8 ± 1.0	3.4 ± 0.7	2.9 ± 0.7
$\text{N}^{i+} + \text{N}_2$		7	2.3 ± 1.2	1.6 ± 1.2	2.7 ± 0.7	2.5 ± 0.6
$\text{N}^{i+} + \text{Ar}$		18	3.7 ± 0.5	3.2 ± 0.5	2.7 ± 1.1	3.1 ± 1.1
$\text{N}^{i+} + \text{Kr}$		36	4.0 ± 1.5	2.6 ± 0.7	2.6 ± 0.6	1.4 ± 0.4

3.3 ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ОТ ЗАРЯДА НАЛЕТАЮЩЕГО ИОНА.

Зависимость *сечения захвата одного электрона* ионом, имеющим собственные электроны ($i < Z$), от заряда этого иона i существенно слабее, чем для захвата ионом с $i=Z$ (5). Задача теоретического описания этой зависимости, т.е. определение параметра n ($n > 0$) в соотношении

$$\sigma_{i,i-1} \propto i^n \quad (8)$$

еще не решена. Сложность в том, что при взаимодействии атома с ионом, имеющим собственные электроны, эффективный заряд этого иона за счет экранировки может отличаться от заряда иона i . С увеличением i могут не только измениться условия экранировки, но и могут появиться новые каналы реакции, учитывающие захват в более глубокую по энергии связи оболочку.

Качественные оценки на основе статистической модели атома для столкновений быстрых ионов с легкими и тяжелыми атомами среды приводят к значению $n=3$ [1]. Анализ результатов расчета по различным теоретическим моделям [30] показал, что в столкновениях с атомом водорода параметр n в (8) для быстрых многозарядных ионов также равен $n=3$. Эмпирическая оценка для столкновений с атомами и молекулами различных газов, т.е. усредненная по Z_c , для быстрых столкновений дала $n=3.9$ [29]. В области энергии, где скорость столкновения одного порядка со скоростью электронов в атоме, оценка зарядовой зависимости сечения захвата не проводилась.

На основе систематизированных в этой работе данных для различной энергии столкновения, была выполнена оценка параметра n (8) для сечений захвата одного электрона ионами азота ($Z=7$) в столкновениях с атомом гелия ($Z_c=2$), неона ($Z_c=10$) и криптона ($Z_c=36$). Результаты показывают (рис.1), что значение параметра n (8) зависит от энергии столкновения. В исследуемой области n растет по мере увеличения энергии, т.е. зарядовая зависимость сечения захвата (8) усиливается. Тем не менее, полученное значение параметра n заметно меньше $n=3$. Это объясняется тем, что сечение $\sigma_{i,i-1}$ еще не достигло асимптотической зависимости (7).

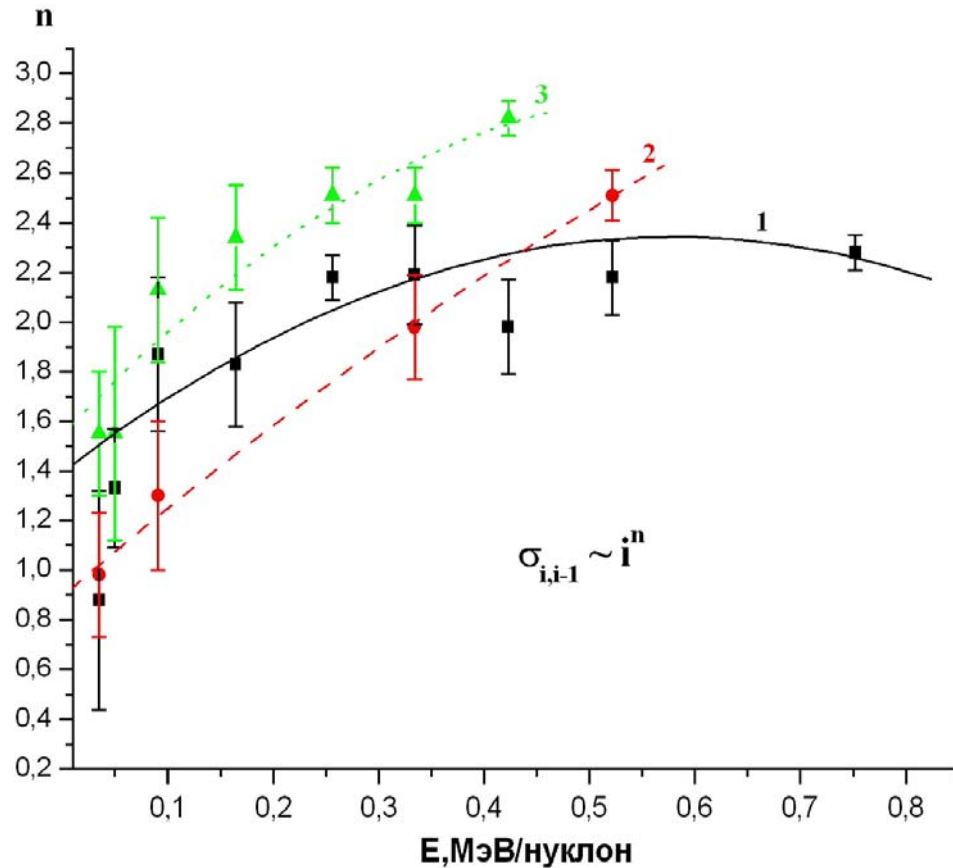


Рис.1 Значение параметра n , характеризующего зависимость сечения захвата одного электрона от заряда налетающего иона (8) по результатам измерения столкновения ионов азота в гелии (■), неоне (●) и криптоне (▲). Результаты полиномиальной аппроксимации экспериментальных данных для ионов азота: 1 – в гелии, 2 – в неоне, 3 – в криптоне.

Оценки зарядовой зависимости *сечения потери одного электрона* в исследуемой области ранее не проводились. Здесь сложность состоит в сдвиге максимума (3) при увеличении i , т.е. немонотонной зависимости сечения $\sigma_{i,i+1}$ от энергии столкновения и сильной зависимости от заряда i . Так как $\sigma_{i,i+1}$ убывает с увеличением i , то для качественного анализа зависимости сечения потери одного электрона $\sigma_{i,i+1}$ от i при фиксированной энергии столкновения была выбрана обратная степенная зависимость

$$\sigma_{i,i+1} \propto i^{-n}, \quad n > 0. \quad (9)$$

Как и в (8), такая параметризация позволяет характеризовать зарядовую зависимость сечения одним параметром n , являющимся функцией от E, Z, Z_c . В (9) предполагается, что коэффициент пропорциональности не зависит от i .

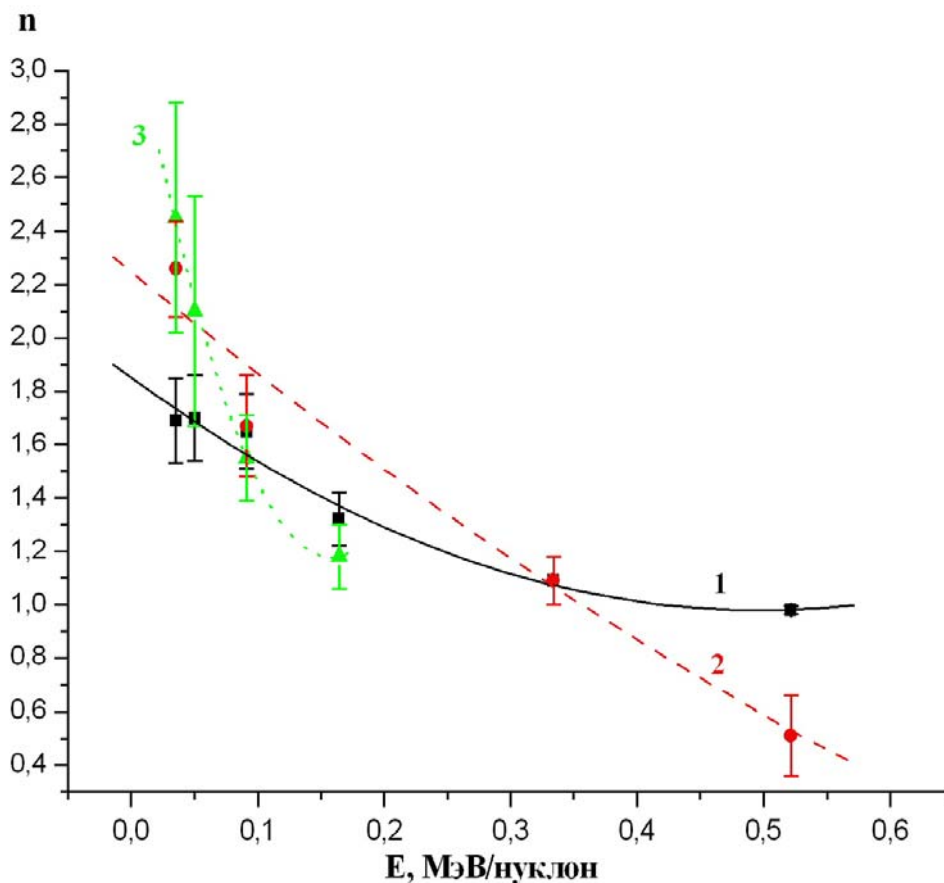


Рис.2 Значение параметра n , характеризующего зависимость сечения потери одного электрона от заряда налетающего иона (9) по результатам измерения столкновения ионов азота в гелии (■), неоне (●) и криптоне (▲). Результаты полиномиальной аппроксимации экспериментальных данных для ионов азота: 1 – в гелии, 2 – в неоне, 3 – в криптоне.

Для сечения потери одного электрона ионами азота ($Z=7$) в гелии ($Z_c=2$), неоне ($Z_c=10$) и криптоне ($Z_c=36$) была выполнена оценка параметра n (9). С увеличением энергии столкновения параметр n уменьшается (рис. 2), и зависимость сечения $\sigma_{i,i+1}$ от i становится более слабой. Открытым остается вопрос об асимптотическом пределе параметра n , т.е. будет ли с увеличением энергии n дальше уменьшаться как в случае $N^{i+} - Ne$ или скорость уменьшения n все-таки замедлится как в случае $N^{i+} - He$.

3.4 ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ПОТЕРИ ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА ОТ ЗАРЯДА ЯДРА НАЛЕТАЮЩЕГО ИОНА И ЗАРЯДА ЯДРА АТОМА МИШЕНИ.

Поскольку при изменении заряда ядра ионов Z величина потенциала ионизации и число электронов во внешней оболочке изменяются немонотонно, зависимость сечения $\sigma_{i,i+1}$ от Z также оказывается немонотонной. При скорости $V=2.6 \cdot 10^8$ см/с сечение $\sigma_{i,i+1}$ в среднем увеличивается с ростом Z для столкновений ионов с $i=0-3$ как в гелии, так и азоте [1].

Отклонения от монотонной зависимости связаны с различием в потенциалах ионизации и тем, какой из подоболочек принадлежит валентный электрон. Анализ [1] показал, что отношение $\sigma_{i,i+1}/q_i$, где q_i - количество электронов во внешней оболочке иона, как правило, для M-оболочки в 2-3 раза больше, чем аналогичные отношения для K- и L-оболочек. Наиболее сильное отклонение от монотонной зависимости по Z при $E=0.035$ МэВ/нуклон наблюдаются для столкновений ионов He^0 , Na^{2+} , Mg^{2+} с гелием и азотом, где полученные экспериментальные значения оказались значительно меньше сечения потери в этих газах для H^0 и Ne^{2+} соответственно [1]. Следует также отметить, что при столкновении ионов B^+ в гелии и азоте сечение $\sigma_{i,i+1}$ на порядок превышает аналогичное сечение для ионов Li^+ (см Рис.3).

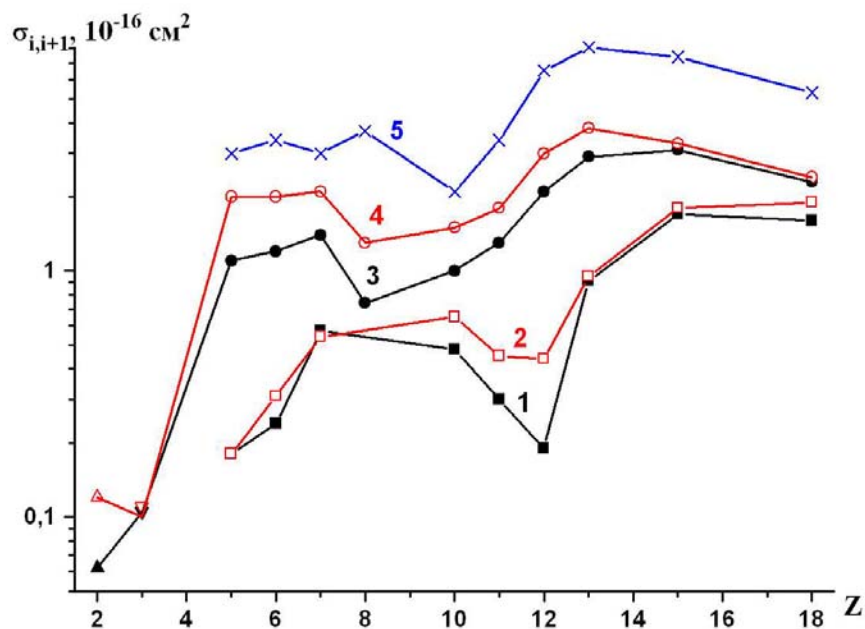


Рис. 3 Зависимость сечения потери одного электрона $\sigma_{i,i+1}$ от заряда ядра ионов Z при энергии столкновения $E=0.035$ МэВ/нуклон по экспериментальным данным: 1(■) – ионы с $i=2$ в гелии; 2(□) – ионы с $i=2$ в азоте; 3(●) – ионы с $i=1$ в гелии; 4(○) – ионы с $i=1$ в азоте; 5(x) – ионы с $i=1$ в аргоне. Экспериментальные данные других авторов: ▲, △ из [AL58]; ▼, ▽ из [PI70]. Экспериментальные точки для наглядности соединены сплошными линиями.

Недостаточное количество экспериментальных данных не позволяет проследить эволюцию особенности в зависимости сечения $\sigma_{2,3}$ при $Z=11-15$ с увеличением скорости столкновения. Значительное же увеличение сечения $\sigma_{1,2}$ для ионов бора ($Z=5$) по сравнению с ионами лития ($Z=3$) с увеличением скорости столкновения (Рис.4) уменьшается, и $\sigma_{i,i+1}$ для $Z=5$ превышает сечение для $Z=3$ всего в 3-4 раза, а не на порядок величины. Это демонстрирует постепенное сглаживание зависимости $\sigma_{i,i+1}$ от Z при увеличении скорости столкновения.

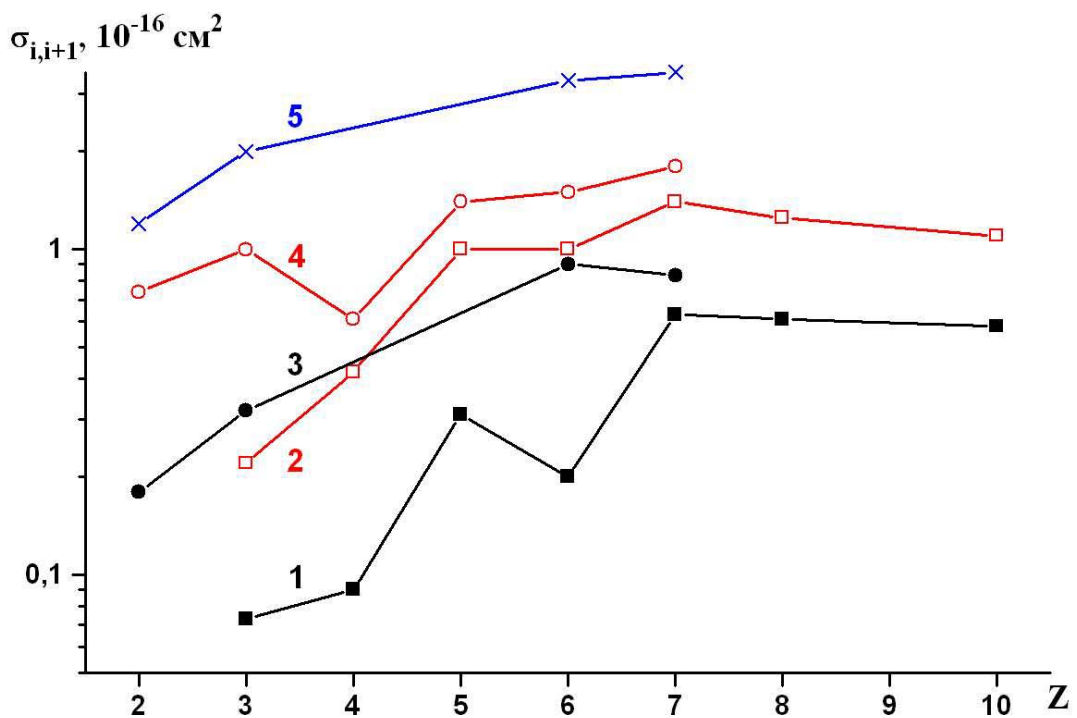


Рис. 4 Зависимость сечения потери одного электрона $\sigma_{i,i+1}$ от заряда ядра ионов Z при энергии столкновения $E=0.334$ МэВ/нуклон по экспериментальным данным. Обозначения те же, что на Рис.3

Сечение $\sigma_{i,i+1}$ при фиксированных V и Z , как правило, увеличивается с ростом Z_c из-за возрастающего значения экранировки кулоновского поля ядер атома среды электронами атома. Во всем диапазоне Z на рис.3-4 сечения потери электрона в столкновении ионов с азотом больше соответствующего сечения в столкновении с атомом гелия, а сечение $\sigma_{i,i+1}$ в столкновении с аргоном всегда больше, чем $\sigma_{i,i+1}$ в азоте. Для случаев столкновений атомов и отрицательных ионов водорода было установлено, что величина $\sigma_{i,i+1}$ при $E=0.3-0.7$ МэВ/нуклон с ростом Z_c в среднем увеличиваются как Z_c^α , где $\alpha=0.5-0.8$ [31]. Величина параметра α может зависеть как от скорости столкновения, так и от заряда иона i [25]. Тем не менее, при небольшой энергии столкновения может наблюдаться отклонение от монотонной зависимости. Зависимость $\sigma_{0,1}$ от Z_c для столкновений атомов гелия в парах лития и натрия [32] близка к ступенчатой: при увеличении Z_c от 2 до 3 и от 10 до 11 значения $\sigma_{0,1}$ быстро возрастают, а в областях $Z_c = 3-10$ и от $Z_c > 11$ изменяются гораздо медленнее [33]. Было обнаружено заметное уменьшение $\sigma_{0,1}$ в столкновении атомов водорода с $E=0.3$ МэВ/нуклон в неоне по сравнению с $\sigma_{0,1}$ в азоте (Рис.5). Это объясняется тем, что в атомах неона электроны внешней оболочки обладают в 1,5 раза большими орбитальными скоростями, чем

в атомах азота [33]. С увеличением энергии столкновения до $E=0.7$ МэВ/нуклон отличия $\sigma_{0,1}$ в азоте и неоне становятся порядка экспериментальной погрешности.

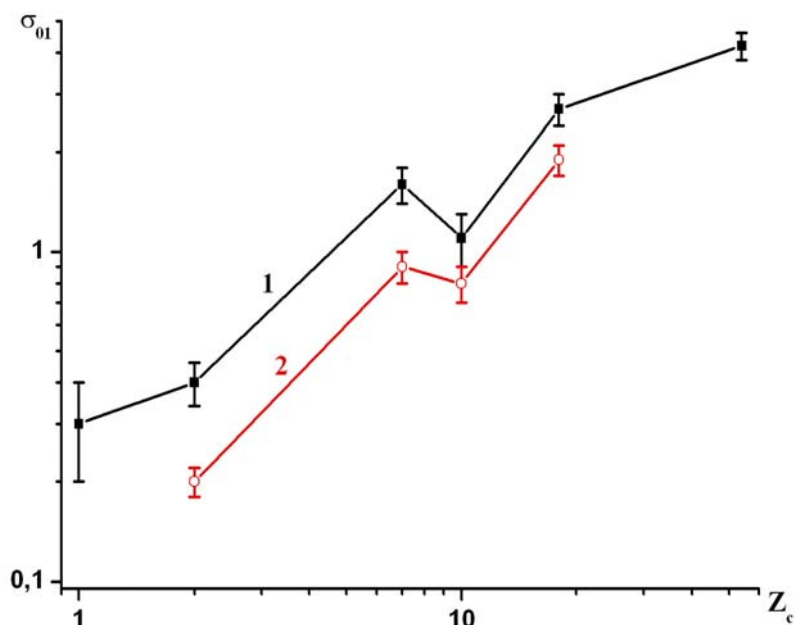


Рис. 5 Зависимость сечения потери одного электрона атомами водорода от заряда ядра атома среды Z_c [31]: 1 - $E=0.3$ МэВ/нуклон, 2 - $E=0.7$ МэВ/нуклон. Экспериментальные точки для наглядности соединены сплошными линиями.

Другим примером отклонения от монотонной зависимости $\sigma_{i,i+1}$ от Z_c является уменьшение сечения при переходе от $Z_c = 18$ к $Z_c = 36$ для $V \leq 5 \cdot 10^8$ см/с [1], что свидетельствует о значительном влиянии деформации атомов среды на величину сечений. При уменьшении i и увеличении V степень снижения величины сечений в тяжелых средах уменьшается, и при $V > 10^9$ см/с $\sigma_{i,i+1}$ в криптоне сравниваются с сечениями в аргоне или становятся больше их [1]. В результате для столкновений быстрых ионов ($V > 10^9$ см/с) $\sigma_{i,i+1}$ возрастает с увеличением Z_c во всем диапазоне Z_c . Сравнение результатов расчета в борновском приближении для столкновений атомов и отрицательных ионов водорода с энергией 5 МэВ/нуклон в различных средах ($Z_c=1-7$) [31] подтверждает этот результат. Таким образом, с увеличением скорости столкновения немонотонность в зависимости $\sigma_{i,i+1}$ от Z_c постепенно уменьшается, не сдвигаясь по Z_c [33], а затем пропадает.

3.5 ЗАВИСИМОСТЬ СЕЧЕНИЯ ЗАХВАТА ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА ОТ ЗАРЯДА ЯДРА НАЛЕТАЮЩЕГО ИОНА И ЗАРЯДА ЯДРА АТОМА МИШЕНИ.

Захват электрона ионами с большим i осуществляется преимущественно в возбужденное состояние иона, и поэтому $\sigma_{i,i-1}$ слабо зависит от количества находящихся в ионе электронов и заряда ядра иона Z , а определяется его зарядом i и скоростью. Отклонения от монотонной зависимости наблюдается для ионов с полностью заполненной электронной оболочкой и большой вероятностью образования метастабильных состояний [33]. С увеличением заряда иона i немонотонность в зависимости сечения захвата от Z сглаживается (см Рис.6). Результаты на Рис.6 также показывают, что соотношение между сечением захвата электрона одним и тем же ионом в различных средах зависит от Z . Для легких атомов $i=0$ сечение захвата одного электрона в гелии оказывается больше, чем в столкновении с азотом, а для ионов и тяжелых атомов наоборот. Это свидетельствует о немонотонной зависимости $\sigma_{i,i-1}$ от Z_c .

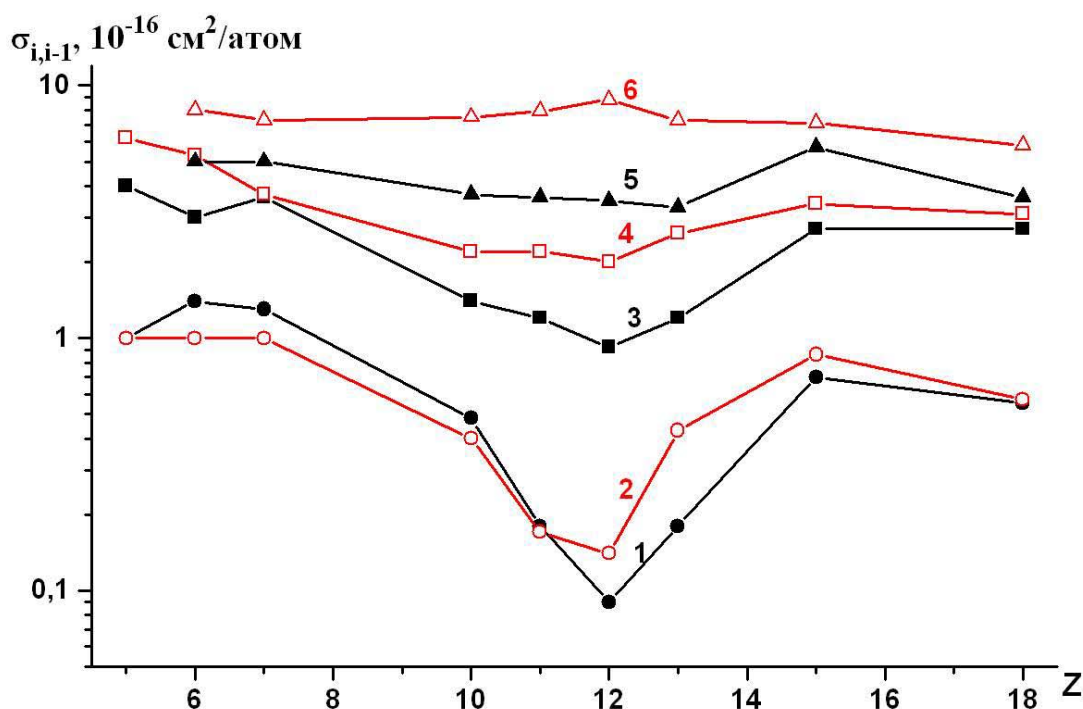


Рис. 6 Зависимость сечения захвата одного электрона $\sigma_{i,i-1}$ от заряда ядра ионов Z при энергии столкновения $E=0.035$ МэВ/нуклон по экспериментальным данным: 1 – ионы с $i=0$ в гелии; 2 – ионы с $i=0$ в азоте; 3 – ионы с $i=1$ в гелии; 4 – ионы с $i=1$ в азоте; 5 – ионы с $i=2$ в гелии; 6 – ионы с $i=2$ в азоте. Экспериментальные точки для наглядности соединены сплошными линиями.

С увеличением Z_c сечения $\sigma_{i,i-1}$, возрастая в среднем как $Z_c^{1/3}$ [1,25], изменяются немонотонно [33]. Осциллирующая зависимость сечений от Z_c , приводящая к последовательному чередованию максимумов и минимумов (Рис.7), вызвана как резонансным характером сечений перезарядки, так и оболочечным строением атомов, что приводит к периодическим изменениям числа вакансий, средней энергии связи и к изменению влияния экранировки электронов атома на их среднюю орбитальную скорость. Неполное заполнение внешних электронных оболочек, например отсутствие 3d-электронов в атоме аргона, приводит к углублению минимумов в зависимости $\sigma_{i,i-1}$ от Z_c [34]. Расчеты, выполненные в приближении ОБК [33], показали, что максимумы в зависимости $\sigma_{2,1}$ от Z_c при $V < 10^9$ см/с обусловлены максимальным вкладом парциальных сечений захвата электрона из отдельных оболочек атома.

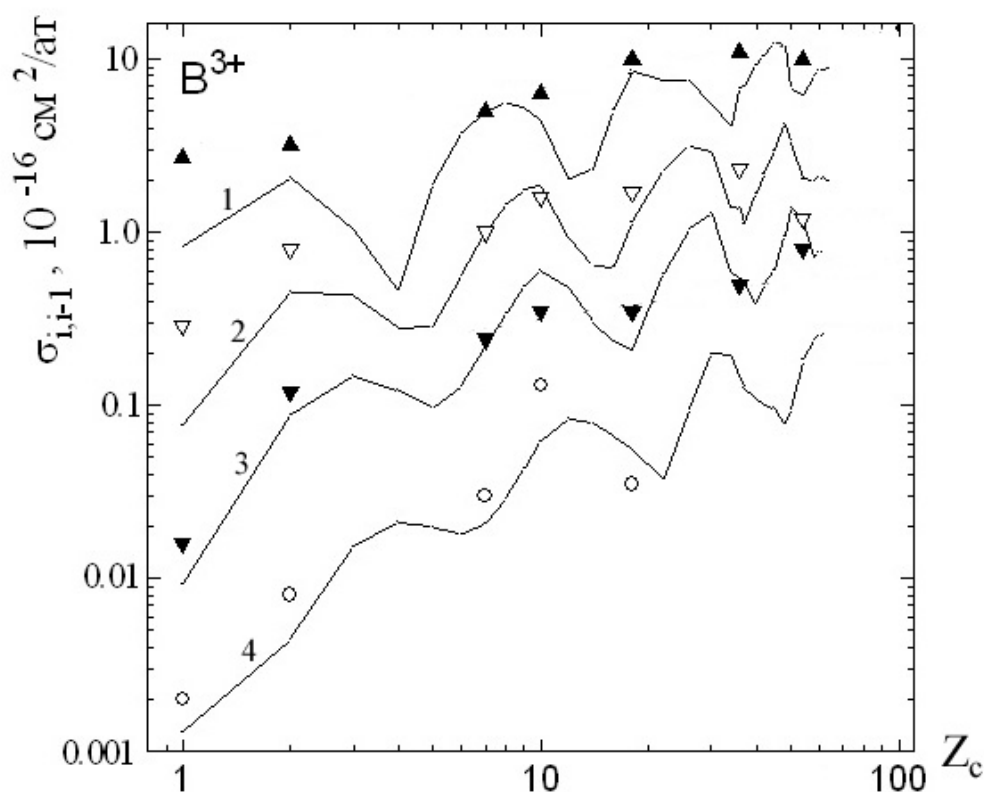


Рис. 7 Зависимость сечения захвата $\sigma_{3,2}$ ионами бора B^{3+} от заряда ядра атома Z_c при различных энергиях столкновения. Экспериментальные данные [25,35]: \blacktriangle - $E=0.084$ МэВ/нуклон, ∇ - $E=0.189$ МэВ/нуклон, \blacktriangledown - $E=0.334$ МэВ/нуклон, \circ - $E=0.752$ МэВ/нуклон. Результаты расчета в ОБК приближении [35]: 1 - $E=0.084$ МэВ/нуклон, 2 - $E=0.189$ МэВ/нуклон, 3 - $E=0.334$ МэВ/нуклон, 4 - $E=0.752$ МэВ/нуклон.

С увеличением скорости ионов экстремумы в сечениях $\sigma_{i,i-1}$ смещаются слегка в сторону больших Z_c , а амплитуда осцилляций уменьшается (см. Рис.7). При более высоких скоростях столкновения ($V \sim 4 \cdot 10^9$ см/с) зависимость $\sigma_{2,1}$ от Z_c становится ступенчатой, а при $V > 8 \cdot 10^9$ см/с - практически гладкой [33]. Амплитуда осцилляций зависит как от ионного заряда i ,

так и от заряда ядра иона Z . Увеличение i приводит к уменьшению амплитуды осцилляций, которая становится минимальной для ядер $i=Z$ [35]. При возрастании заряда ядра иона Z амплитуда осцилляций $\sigma_{Z,Z-1}$ от Z_c также уменьшается.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Собраны и систематизированы результаты экспериментальных исследований, проводившихся в течение полувека в НИИЯФ МГУ, по сечениям потери и захвата электрона в столкновениях ионов с атомами газов. Сравнение полученных результатов с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными других авторов показало удовлетворительное количественное согласие. Широкий диапазон параметров (E , i , Z , Z_c) позволил проанализировать особенности энергетических и зарядовых зависимостей сечений потери и захвата одного электрона. В этих зависимостях впервые отмечены такие особенности как уменьшение энергии столкновения, соответствующей максимуму сечения потери одного электрона E_{\max} , с увеличением заряда ядра Z этого иона, а также ослабление зависимости сечения $\sigma_{i,i+1}$ от заряда иона i при увеличении энергии столкновения.

Для создания единой базы данных сечений потери и захвата одного и нескольких электронов необходима дальнейшая работа по добавлению и систематизации имеющихся экспериментальных и теоретических данных других авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] В.С. Николаев // УФН 85, 679 (1965)
- [2] Сборник «Развитие научных исследований по атомной и ядерной физике в НИИЯФ МГУ» Изд. Моск. Ун-та, 1994.
Сборник «Столкновение быстрых ионов в веществе» Изд. Моск Ун-та, 2002.
Лекции «Экспериментальные исследования с быстрыми метастабильными атомами и ионами» Изд. Моск. Ун-та, 1977.
Сборник «Модель космического пространства» под ред. акад. С.Н.Вернова. Изд. Моск. Ун-та. 1983. Т.11. с.29-57.
- [3] S.K. Allison, S.D. Warshaw // Rev. Mod. Phys. 25, 779 (1953)
S.K. Allison // Rev. Mod. Phys. 30, 1137 (1958)
- [4] S.K. Allison, M. Garsia –Munor, J. Cuevas // Rev.Sci.Inst. 32, 1090 (1961); 31, 1193 (1960)
- [5] H.H. Lo, W.L. Fite // Atomic Data 1, 305 (1970)
- [6] H.D. Betz // Rev.Mod.Phys. 44, 465 (1972)
- [7] H. Tawara, A.Russek // Rev.Mod.Phys. 45, 178 (1973)
H. Tawara // At. Data Nucl. Data Tab. 22, 1 (1978)
- [8] K. Okuno // IPPJ-AM-9 (1978); IPPJ-AM-10 (1978); IPPJ-AM-11 (1978);
- [9] W.K. Wu, B.A. Huber, K. Wiesemann // At. Data Nucl. Data Tab. V.40, p.57 (1988)
W.K. Wu, B.A. Huber, K. Wiesemann // At. Data Nucl. Data Tab. V.42, p.157 (1989)
- [10] Atomic Data for Fusion Volume1 (C.F.Barnett ed.) ORNL-6086 (1990)
Atomic Data for Fusion Volume5 (R.A.Phaneuf, R.K.Janev, M.S.Pinzola ed.)
ORNL-6090 (1987)
- [11] И.С.Дмитриев, В.С.Николаев // ЖЭТФ 44, 660 (1963).
- [12] В.С.Сенашенко, В.С.Николаев, И.С.Дмитриев // ЖЭТФ 54, 1203 (1968)
- [13] В.С.Сенашенко, В.С.Николаев, В.Ю.Шафер, И.С.Дмитриев // Вестник МГУ 2, 136 (1970)
- [14] V.S.Nikolaev, V.S.Senashenko, V.Yu.Shafer // J. Phys. B6, 1779 (1973)
- [15] В.С.Николаев, В.С. Сенашенко, В.Ю. Шафер // Вестник МГУ 3, 357 (1973)
- [16] В.С.Николаев // ЖЭТФ 51, 1263 (1966)
- [17] Ю.А. Шурыгина, А.М. Попова, Я.А. Теплова, Ю.А.Файнберг // Вестник МГУ 26, N4, 24 (1985)
- [18] Ю.А. Шурыгина, М.И. Карбованец, А.М. Попова, Я.А. Теплова // Вестник МГУ 27, N2, 36 (1986)
- [19] Ю.А. Шурыгина, В.С. Сенашенко, Я.А.Теплова // ЖТФ 56, 1513 (1986)

- [20] Ю.А. Шурыгина, В.С. Сенашенко, Я.А. Теплова // Вестник МГУ 28, N3, 87 (1987)
- [21] И.С. Дмитриев // Поверхность 5, 83 (1998)
- [22] И.С.Дмитриев // Вестник МГУ N2, 22 (1999)
- [23] И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю. А. Белкова, Ю.А. Файнберг //Поверхность N7, 67 (2005).
- [24] В.С.Николаев, И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Л.Н.Фатеева, // в сб. <Ускорители>, М., Госатомиздат, 1960, с.90
- [25] И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 116, 1539 (1999)
- [26] M.E. Rudd, Y.K. Kim, D.H. Madison, J.W. Gallagher // Rev. Mod. Phys 57, 965 (1985)
- [27] Mc.Daniell, M.R.C. Coleman // Introduction to the Theory of Ion – Atom Collisions, Amsterdam-London, 1970
- [28] D.Belkic, R.Gayet, A.Salin // Phys.Rep. 56, 279 (1979)
- [29] A.S. Schlachter, J.W.Stearns, W.G. Graham et all // Phys.Rev. A27, 3372, (1980)
- [30] D.S.F. Crothers, N.R.Todd // J.Phys. B 13, 2277, (1980)
- [31] И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 107, 55 (1995)
- [32] E. Horsdal-Pedersen, J. Heinemeier, L.Larsen, J.V. Mikkelsen // J.Phys. B13 , 1167 (1980)
- [33] И.С.Дмитриев, Н.Ф.Воробьев, Ж.М.Коновалова,В.С.Николаев, Н.В.Новожилова, Я.А.Теплова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 84, 1987 (1983)
- [34] В.С.Николаев, И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю.А. Файнберг // Вестник МГУ т.35, N5, 21 (1994)
- [35] И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Белкова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 125, 1052 (2004)

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

- [a] В.С.Николаев, И.С.Дмитриев, Л.Н.Фатеева, Я.А.Теплова // ЖЭТФ 40, 989 (1961).
- [b] В.С.Николаев, Л.Н.Фатеева, И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова // ЖЭТФ 41, 89 (1961).
- [c] И.С.Дмитриев, В.С.Николаев, Л.Н.Фатеева, Я.А.Теплова // ЖЭТФ 42, 16 (1962).
- [d] И.С.Дмитриев, В.С.Николаев, Л.Н.Фатеева, Я.А.Теплова // ЖЭТФ 43, 361 (1962).
- [e] И.С.Дмитриев, В.С.Николаев, Я.А.Теплова, Б.М. Попов, Л.И. Виноградова // ЖЭТФ 50, 1252 (1966)
- [f] Y.S. Volodyagin, I.S. Dmitriev, V.S. Nikolaev, Y.A. Tashaev, Ya. A. Teplova // J. Phys. B 6, L171 (1973)
- [g] И.С.Дмитриев, В.С.Николаев, Ю.А.Ташаев, Я.А.Теплова // ЖЭТФ 67, 2047, (1974)[

- [h] И.С.Дмитриев, Ю.А. Ташаев, В.С.Николаев, Я.А. Теплова, Б.М. Попов // ЖЭТФ 73, 1684 (1977)
- [i] I.S. Dmitriev, N.F. Vorobiev, V.P. Zaikov, Zh.M. Konovalova, V.S. Nikolaev, Ya.A. Teplova, Yu.A. Fainberg // J. Phys. B, 15, L351 (1982)
- [j] И.С.Дмитриев, Н.Ф.Воробьев, Ж.М.Коновалова, В.С.Николаев, Н.В.Новожилова, Я.А.Теплова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 84, 1987 (1983)
- [k] И.С.Дмитриев, Н.Ф. Воробьев, В.С.Николаев, Я.А.Теплова, Ю.А. Файнберг // Вестник МГУ 27, N1, 92 (1986)
- [l] В.С.Николаев, И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю.А. Файнберг // Вестник МГУ N3, 84 (1994)
- [m] И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 107, 55 (1995)
- [n] И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Файнберг // ЖЭТФ 108, 75 (1995)
- [o] И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 116, 1539 (1999)
- [p] И.С.Дмитриев, Я.А. Теплова, Ю.А. Белкова, Ю.А. Файнберг // ЖЭТФ 125, 1052 (2004)
- [q] И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю.А.Файнберг // Поверхность N4, 11 (2005)
- [r] И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю. А. Белкова, Ю.А. Файнберг //Поверхность N7, 67 (2005).
- [s] И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю.А. Белкова, Н.В. Новиков // Поверхность N4, (2008)
- [t] И.С.Дмитриев, Я.А.Теплова, Ю.А. Белкова // Неопубликованные данные (2008)
- [AF93] В.В.Афросимов, Д.Ф.Бараш, А.А.Басалаев, Н.А.Гущина, К.О.Ложкин, В.К.Никулин, М.Н.Панов, И.Ю.Степанов // ЖЭТФ 104, 3297 (1993).
- [AL58] S.K. Allison // Rev.Mod.Phys. 30, 1137 (1958)
- [AN88] R.Ahholt, X.-Y.Xu, Ch.Stoller, J.D.Molitoris, W.E.Meyerhof, B.S.Rude, R.J.McDonald // Ph. Rev. A v.37 p.1105 (1988)
- [BA58] C.F.Barnett, H.K.Reynolds // Phys.Rev. 109, 355 (1958)
- [BO89] S.A.Voman, E.M. Bernstein, J.A.Tanis // Phys.Rev. A v.39 p.4423 (1989)
- [DI81] T.R.Dillingham, J.R.Macdonald, P.Richard // Phys.Rev. A24, 1237 (1981)
- [DM65] И.С.Дмитриев, Я.М.Жилейкин, В.С.Николаев // ЖЭТФ 49, 500 (1965)
- [DU56] В.М.Дукельский, В.В.Афросимов, Н.В.Федоренко // ЖЭТФ 30, 792, (1956)
- [FA88] N.V. de Castro Faria, F.L. Freire, A.G. de Pinho // Ph. Rev. A v.37 p.280 (1988)
- [FR86] W.Fritsch, C.D.Lin // J.Phys. B v.19 p.2683 (1986)
- [GO79] T.V.Goffe, M.B.Shah, H.B.Gilbody // J.Phys. B v.12 p.3763 (1979)
- [HA52] J.B.Hasted // Proc.Roy. Soc. (London) A212, 235 (1952)
- [HA55] J.B.Hasted // Proc.Roy. Soc. (London) A227, 466 (1955)
- [HA93] J.P.Hansen, K.Taulbjerg // Ph. Rev. A v.47 p.2987 (1993)

- [IW82] T.Iwai, Y.Kaneko, M.Kimura, N.Kobayashi, K.Okuno, S.Takagi, H.Tawara, S.Tsurubuchi // Phys Rev A 26, p.105 (1982)
- [KA84] K.Kase, A.Kikuchi, A.Yagishita, Y.Nakai // J. Phys. B 17, p.671 (1984)
- [KN82] H.Knudsen, L.H.Andersen, H.K.Haugen, P.Hvelplund // Physica Scripta v.26 p.132 (1982)
- [KO55] М.И. Корсунский, Л.И. Пивовар, А.М.Маркус, Х.Л.Левиант // Доклады АН СССР т.103 с.399 (1955)
- [MA71] J.R.Macdonald, F.W.Martin // Phys. Rev. A v.4 p.1965 (1971)
- [MO92] E.C.Montenegro, G.M. Sigaud // Phys.Rev. A v.45 p.1575 (1992)
- [MO93] E.C.Montenegro, W.S. Melo, W.E.Meyerhof, A.G.Pinho // Phys.Rev. A v.48 p.4259 (1993)
- [ME99] W.S.Melo, M.M. Sant'Anna, A.C.F. Santos, G.M. Sigaud, E.C.Montenegro // Phys.Rev. A v.60 p.1124 (1999)
- [NA91] Y. Nakai, M.Sataka // J.Phys B 24 p.L89 (1991)
- [PH78] R.A.Phaneuf, F.W.Meyer // Phys. Rev. A v.17 p.534 (1978)
- [PI66] Л.И. Пивовар, Л.И. Левченко, С.А.Долгов // ЖЭТФ 50, 537 (1966)
- [PI70] Л.И. Пивовар, Л.И. Левченко, Г.А. Кривонос // ЖЭТФ 59, 19 (1970)
- [RU31] P.Rudnick // Phys.Rev. 38, 1342 (1931)
- [SA98] M.M.Sant'Anna, W.S. Melo, A.C.F.Santos, G.M. Sigaud, E.C.Montenegro // Phys.Rev. A v.58 p.1204 (1998)
- [SA00] M.M.Sant'Anna, W.S. Melo, A.C.F.Santos, G.M. Sigaud, E.C.Montenegro // J.Phys B v.33 p.353 (2000)
- [SE68] В.С.Сенашенко, В.С.Николаев, И.С.Дмитриев // ЖЭТФ 54, 1203 (1968)
- [SE70] В.С.Сенашенко, В.С.Николаев, Ю.Ф.Шафер, И.С.Дмитриев // Вестник МГУ N2 136 (1970)
- [ST55] J.B.A. Stedeford // Proc.Roy. Soc. (London) A227, 466 (1955)
- [ST56] P.M. Stier, C.F.Barnett // Phys.Rev. 103, 896 (1956)
- [WO98] O.Woitke, P.A.Zavodszky, S.M.Ferguson, J.H.Houck, J.A. Tanis // Ph. Rev. A 57 p.2692 (1998)

**Игорь Сергеевич Дмитриев, Яна Анатольевна Теплова,
Юлия Александровна Белкова, Николай Викторович Новиков,
Юрий Александрович Файнберг**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ПОТЕРИ И ЗАХВАТА
ЭЛЕКТРОНОВ В ИОН - АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ**

Препринт НИИЯФ МГУ № 2008-2/838

Работа поступила в ОНТИ

марта 2008