

О СЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАХВАТА

В. С. Николаев

Проведенные Глукштерном [1] вычисления поперечного сечения захвата электрона σ_3 для многозарядных ионов легких элементов, как показывают эксперименты [2], дают завышенные значения сечений и менее резкий по сравнению с экспериментальным спад σ_3 при увеличении скорости иона v . Вычисленные значения пропорциональны $v^{-3,5}$, экспериментальные значения σ_3 для ионов азота в азоте и аргоне пропорциональны v^{-5} . Расчеты основывались на классических представлениях, применимых лишь в области $\kappa = 2iv_0/v \gg 1$, где i — заряд иона, $v_0 = e^2/\hbar$.

При $i \sim 3$ и $v/v_0 \sim 3-6$, когда κ близко к 1, использованный Глукштерном метод становится непригодным. Оценка σ_3 в этом случае может быть произведена путем статистического рассмотрения, примененного Бором [3] для оценки сечения захвата электрона быстрыми α -частицами. σ_3 представляется в виде произведения $\sigma_1 f n$, где σ_1 — сечение столкновения иона с электроном, в результате которого электрону передается энергия порядка $mv^2/2$ (m — масса электрона), f — вероятность захвата электрона после такого столкновения, n — число электронов атома среды, эффективно участвующих в захвате. Для ионов, сохранивших значительную долю электронной оболочки, σ_1 выражается той же формулой, $\sigma_1 \sim 4\pi i^2 e^4 / (mv^2)^2$, что и для α -частиц лишь в случае, когда диаметр соударения $b = 2ie^2/mv^2$ достаточно велик, так что внутренняя структура иона при столкновении его с электроном не сказывается. Если b меньше размеров иона, то благодаря увеличению эффективного заряда σ_1 будет больше, чем указано выше. Оценки показывают, что для ионов с зарядом $i \sim (0,3-0,6) Z$ (Z — заряд ядра иона) в области скоростей от $1,5iv_0/Z^{1/2}$ до $2Z^{1/2}v_0$ имеем:

$$\sigma_1 \sim 4\pi a_0^2 i Z^{1/2} v_0^3 / \sqrt{2} v^3,$$

где $a_0 = \hbar^2/me^2$. Максимальная энергия связи электрона после захвата определяется потенциалом ионизации I иона с зарядом $i-1$. Для $v > u = (2I/m)^{1/2}$ вероятность захвата f порядка $(u/v)^3$. При прохождении ионов через тяжелые газы $n \sim Z_2^{1/2} v/v_0$, где Z_2 — заряд ядра атомов среды. При прохождении ионов через водород, если скорость ионов не сильно превышает v_0 , $n \sim 1$. Для ионов азота с зарядом $i \sim 2-4$, для которых $u^3 = 0,8i^2 v_0^3$, сечение захвата электрона в аргоне и азоте в области скоростей от $2-3v_0$ до $5v_0$ дается формулой

$$\sigma_3 = q \cdot 4\pi a_0^2 i^3 Z_2^{1/2} (v_0/v)^5,$$

где q — величина порядка 1, учитывающая приближенный характер вычислений. При прохождении ионов азота через водород

$$\sigma_3 = q \cdot 4\pi a_0^2 i^3 (v_0/v)^6.$$

Полученная зависимость σ_3 от v , i и Z_2 согласуется с имеющимися экспериментальными данными [2].

Абсолютные значения вычисленных сечений наиболее близки к экспериментальным при $q \approx 2/3$. При меньших скоростях следует ожидать

более слабой зависимости σ_3 от v . При $v < u$ и $v < v_0 i / Z^{1/2}$, когда $f \sim 1$ и $\sigma_1 \sim 4\pi a_0^2 i^2 (v_0/v)^4$, σ_3 в тяжелых газах должно быть пропорционально v^{-3} . Выражение для σ_3 в этом случае с точностью до постоянного множителя совпадает с формулой Бора и Линдхарда [4], которая при больших скоростях дает значения σ_3 , близкие к значениям, полученным Глуштерном.

Московский государственный
университет,

Поступило в редакцию
7 мая 1957 г.

Литература

- [1] R. L. Gluckstern. Phys. Rev., 98, 1817, 1955.
- [2] В. С. Николаев, Л. Н. Фатеева, И. С. Дмитриев, Я. А. Теплова. ЖЭТФ, 33, 306, 1957.
- [3] Н. Бор. Прохождение атомных частиц через вещество, ИИЛ, 1950.
- [4] N. Bohr, J. Lindhard. Dan. Mat. Fys. Medd. 28, 7, 1954.