

Ионизация светом (фотоионизация) — процесс И. атомных частиц в результате поглощения фотонов. В слабых световых полях происходит *однoфoтoннaя* И. В световых полях высокой интенсивности возможна *многофотонная ионизация*. Напр., частота лазерного излучения обычно недостаточна для того, чтобы поглощение одного фотона вызвало И. Однако чрезвычайно высокая плотность потока фотонов в лазерном пучке делает возможной многофотонную И. Экспериментально в разреженных парах щелочных металлов наблюдалась И. с поглощением 7—9 фотонов.

В отличие от И. в столкновениях, сечение И. фотоном не равно нулю в пороге И., а обычно максимально и падает с ростом энергии фотона. Однако возможны максимумы в ионизационной кривой и вне порога И. в зависимости от строения атомов. На рис. 6 приведена зависимость сечения фотоионизации для атомов Na и Li.

Для атома водорода и водородоподобных ионов существует точная теория процессов фотоионизации. Эфф. сечение фотоионизации из осн. состояния равно

$$\sigma_{\text{ф}} = \frac{2^3 \pi^2}{3} \frac{\alpha}{Z^2} \left(\frac{\omega_{\Gamma}}{\omega} \right)^4 \frac{\exp(-4\kappa \operatorname{arctg} \kappa)}{1 - \exp(-2\pi\kappa)} a_0^2, \quad (5)$$

где $\alpha = 1/137$ — тонкой структуры постоянная, ω_{Γ} — граничная частота фотоионизации, ω — частота фотона и $\kappa = \sqrt{\omega/(\omega - \omega_{\Gamma})}$. Для атома водорода $\omega_{\Gamma} = \pm 109678,758 \text{ см}^{-1}$ ($\lambda \approx 1216 \text{ \AA}$). (В спектроскопии частота часто даётся в «обратных» см, т. е. $\sim 1/\lambda$.)

Вблизи границы фотоионизации ($\omega - \omega_{\Gamma} \ll \omega_{\Gamma}$)

$$\sigma_{\text{ф}} = \frac{2\pi^2}{3} \left(\frac{4}{2,72} \right)^4 \frac{\alpha}{Z^2} \left(\frac{\omega_{\Gamma}}{\omega} \right)^{8/3} a_0^2, \quad (6)$$

вдали от границы ($\omega - \omega_{\Gamma} \gg \omega_{\Gamma}$)

$$\sigma_{\text{ф}} = \frac{2^8 \pi}{3} \frac{\alpha}{Z^2} \left(\frac{\omega_{\Gamma}}{\omega} \right)^{7/2} a_0^2. \quad (7)$$

Сечение фотоионизации из возбуждённых состояний убывает с ростом гл. квантового числа n пропорц. n^{-5} (для $n \geq 3$). Сечение фотоионизации $\sigma_{\text{ф}}$ связано с коэф.

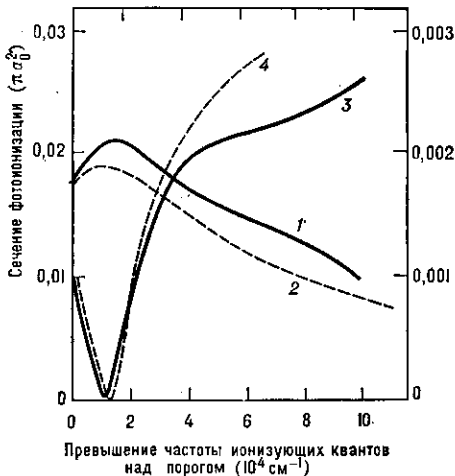


Рис. 6. Фотоионизация атомов щелочных металлов: лития (1 — эксперимент; 2 — расчёт) и натрия (3 — эксперимент; 4 — расчёт).

фотопоглощения фотона фиксированной частоты следующим образом:

$$k_{\omega} = \sum_n \sigma_{\text{ф}n}(\omega) N_n. \quad (8)$$

Здесь сумма берётся по всем уровням атома, для к-рых энергетически возможна фотоионизация, и N_n — плотность числа атомов в состоянии n . Вычисление сечений и сопоставление с эксперим. данными (в т. ч. и для

неводородоподобных атомов) приведены в [9]. Сечение фотоионизации на 2—3 порядка ниже σ ; при столкновениях.

Те же закономерности характеризуют И. внутр. оболочек атомов (при этом Z имеет смысл эфф. заряда ядра, в поле к-рого движется электрон). Фотоионизация глубоких внутр. оболочек атомов, в отличие от И. электронным ударом, практически не влияет на электроны внеш. оболочек, т. е. является весьма селективным процессом. Оже-эффект, сопровождающий ликвидацию вакансии во внутр. оболочке, приводит к образованию многозарядного иона. При этом могут образоваться ионы неск. степеней кратности. В табл. даны вычисленные и наблюдаемые значения ср. зарядов ионов для нек-рых атомов.

Табл. — Вычисленные и наблюдаемые значения средних зарядов ионов

Атом	Заряд ядра	Вакансия в оболочке	Средний заряд	
			наблюдаемый	вычисленный
Ne	10	K	2,3	2,2
Ne	10	L	1,1	1,0
Ar	18	K	4,2	4,2
Ar	18	L ₁	3,3	3,0
Ar	18	L _{II, III}	2,3	2,0
Kr	36	K	6,1	6,3
Kr	36	L ₁	6,7	6,0
Kr	36	L _{II, III}	5,0	5,0
Xe	54	K	8,2	7,9
Xe	54	L ₁	9,1	9,0
Xe	54	L _{II, III}	7,4	7,6
Hg	80	L	9,8	10,7
Hg	80	M	7,3	9,0

Экспериментально фотоионизация исследуется по измерению коэф. поглощения, регистрации числа образовавшихся ионов, измерению рекомбинац. излучения (сечения обратного процесса — фоторекомбинации). Фотоионизация играет существенную роль в ионизационном балансе верхних слоев атмосферы, планетарных туманностей, подверженных ионизирующему излучению звёзд и др.

Ионизованные газы и жидкости обладают электропроводностью, что лежит в основе их разл. применений. Это также даёт возможность измерять степень И. этих сред — отношение концентрации заряд. частиц к исходной концентрации нейтральных частиц. Газ с высокой степенью И. образует плазму. Процессом, обратным И., является рекомбинация ионов и электронов, связанная с ионизац. процессами соотношениями, следующими из принципов детального равновесия. Процессы И. и рекомбинации играют важную роль во всех электр. разрядах в газах и разл. газоразрядных приборах.

Лит.: 1) Донец Е. Д., Овсянников В. П., Исследование ионизации положительных ионов электронным ударом, «ЖЭТФ», 1981, т. 80, с. 916; 2) Петеркоп Р. К., Теория ионизации атомов электронным ударом, Рига, 1975; 3) Вайнштейн Л. А., Соболевман И. И., Юков Е. А., Возбуждение атомов и уширение спектральных линий, М., 1979; 4) Друкарев Г. Ф., Столкновение электронов с атомами и молекулами, М., 1978; 5) Massey H. S. W., Gilbody H. V., Electronic and ionic impact phenomena, v. 4, Oxf., 1974; 6) Мессе Г., Бархоп Е., Электронные и ионные столкновения, пер. с англ., М., 1958; 7) Japnev R. K., Prjesnukov L. P., Collision processes of multiply charged ions with atoms, «Phys. Repts», 1981, v. 70, № 1; 8) Shah M. B., Gilbody H. V., Experimental study of the ionization of atomic hydrogen by fast multiply charged ions of carbon, nitrogen and oxygen, «J. Phys. B», 1981, v. 14, p. 2831; 9) Соболевман И. И., Введение в теорию атомных спектров, М., 1977. Л. П. Пресняков.

ИОНИЗАЦИЯ ПОЛЕМ (пo лe в a я и o н и з a ц и я, а в т o и о н и з a ц и я) — процесс ионизации атомов и молекул газа в сильных электр. полях. Связанный в атоме электрон можно представить себе находящим-