

Краткий

СПРАВОЧНИК

ПО

ХИМИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УССР

И. Т. ГОРОНОВСКИЙ, Ю. П. НАЗАРЕНКО, Е. Ф. НЕКРЯЧ

КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК ПО ХИМИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
КИЕВ — 1962

В справочнике содержатся физико-химические характеристики различных химических веществ, сведения по номенклатуре химических соединений, по математике, физике, метрологии, лабораторной технике и ряду других вопросов, представляющих интерес для химиков различной квалификации.

Справочник предназначен для широкого круга работников химических специальностей и смежных профессий, работников производственных, аналитических и научно-исследовательских лабораторий, а также на преподавателей, студентов вузов и техникумов.

Ответственный редактор

доктор хим. наук
проф. О. Д. Куриленко

РАЗДЕЛ I

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИЗОТОПЫ

Все огромное разнообразие химических соединений обусловлено различным сочетанием атомов в молекулах.

Атом — мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая все химические свойства этого элемента. Атомы могут существовать в свободном состоянии и в соединениях с атомами того же или других элементов.

Вся совокупность атомов, имеющих одинаковые химические свойства, называется *химическим элементом*. Физические и химические свойства атомов, в том числе способность атомов элемента вступать в химические соединения, обусловлены их строением.

Атомы состоят из тяжелого центрального ядра, обладающего положительным электрическим зарядом, и электронов — более легких частиц, с отрицательным электрическим зарядом. Сумма отрицательных зарядов электронов равна по величине заряду ядра.

Атом электронейтрален. Электроны двигаются вокруг ядра по определенным орбитам. Объем ядра ($\sim 10^{-36}$ см³) представляет собой очень малую часть общего объема атома ($\sim 10^{-24}$ см³). Ядро состоит из протонов и нейтронов.

Атомы различаются зарядом и массой ядра. Заряд ядра является всегда целым кратным элементарного положительного электрического заряда e и равен $+Ze$, где Z — порядковый номер химического элемента в периодической системе Д. И. Менделеева. Порядковый номер элемента равен числу протонов в ядрах атомов этого элемента. Масса ядер атомов элемента может различаться из-за различия в количестве нейтронов, находящихся в ядре. Атомы элемента, имеющие различные количества нейтронов в ядре, называются изотопами этого элемента (занимающими одно и то же место в периодической системе Д. И. Менделеева).

Кроме электрона, протона и нейтрона существуют также другие элементарные частицы, характеристики которых приведены в п. 1.

В литературе имеются указания на существование еще некоторых частиц, однако достоверность их обнаружения не всеми признается.

Список элементов и их атомные веса приведены в п. 2. В п. 3 дано содержание химических элементов в земной коре. Электронные структуры элементов помещены в п. 4. Энергия отрыва или присоединения электронов указана в п. 5, ионные радиусы — в п. 6.

В п. 7 помещен список наиболее широко применяемых стабильных и радиоактивных изотопов.

В пп. 8 и 9 приведены характеристики поглощения α -, β - и γ -излучения, в п. 10 — предельно допустимая доза проникающего излучения.

Изотопы элементов сохраняют названия элементов, с указанием их массового числа. Также сохраняются символы элементов для обозначения их изотопов. Исключением являются изотопы водорода H^1 — протий, $H^2(D)$ — дейтерий и $H^3(T)$ — тритий.

Принято разделять элементы на такие группы:

- 1) щелочные металлы — литий, натрий, калий, рубидий, цезий и франций;
- 2) щелочноземельные металлы — кальций, стронций, барий и радий;
- 3) лантаноиды — лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий и лютеций;
- 4) халькогены — кислород, сера, селен, теллур и полоний;
- 5) галогены — фтор, хлор, бром, йод и астатин;
- 6) инертные элементы — гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон.

Все инертные элементы, галогены, а также кислород, сера, селен, теллур, азот, фосфор, мышьяк, углерод, кремний, бор и водород называют неметаллическими элементами. Все остальные носят название металлических элементов.

1. Элементарные частицы

Заряд электрона $e = (4,8022 \pm 0,0005) \cdot 10^{-10}$ эл.-ст. ед.;

$e = (1,601864 \pm 0,000036) \cdot 10^{-20}$ эл.-магн. ед.

Масса покоящегося электрона . . .	$9,106 \cdot 10^{-28}$ г	Атомный вес протона . . .	1,00758
Масса протона . . .	$1,6724 \cdot 10^{-24}$ г	Атомный вес нейтрона . . .	1,00395
Масса нейтрона . . .	$1,6749 \cdot 10^{-24}$ г	Атомный вес водорода . . .	1,00814

Группа	Название частицы	Символ	Спин s	Масса (в единицах массы электрона)	Время жизни, сек.	Изотопический спин T	Проекция изотопического спина T_z	Ядерный заряд n	Странность S
	Фотон	γ	1	0	Стабилен			0	
Лептоны	Нейтрино	ν	$1/2$	0	Стабильно			0	
	Антинейтрино	$\bar{\nu}$	$1/2$	0	»			0	
	Позитрон	e^+	$1/2$	1	Стабилен			0	
	Электрон	e^-	$1/2$	1	»			0	
	Мю-мезоны	μ^+	$1/2$	206,7	$2,22 \cdot 10^{-6}$			0	
		μ^-	$1/2$	206,7	$2,22 \cdot 10^{-6}$			0	

Продолжение

Группа	Название частицы	Символ	Спин s	Масса (в единицах массы электрона)	Время жизни, сек.	Изотопический спин T	Проекция изотопического спина T_z	Ядерный заряд n	Странность S
Мезоны	Пи-мезоны	π^+	0	273,2	$2,56 \cdot 10^{-8}$	1	+1	0	0
		π^-	0	273,2	$2,56 \cdot 10^{-8}$	1	-1	0	0
		π^0	0	264,2	$< 4 \cdot 10^{-10}$	1	0	0	0
	К-мезоны	K^+	0	966,5	$1,22 \cdot 10^{-8}$	$1/2$	$\pm 1/2$	0	+1
		K^-	0	966,5	$1,22 \cdot 10^{-8}$	$1/2$	$\mp 1/2$	0	-1
		K^0	0	965	$K^0_S: 9,5 \cdot 10^{-11}$	$1/2$	$\mp 1/2$	0	+1
		$\bar{K}^0$	0	965	$K^0_L: 3 \cdot 10^{-8} \div 10^{-6}$	$1/2$	$\pm 1/2$	0	-1
Бариионы нуклоны гипероны	Протон	p	$1/2$	1836,1	Стабилен	$1/2$	$\pm 1/2$	+1	0
	Антипротон	$\bar{p}$	$1/2$	1836,1	"	$1/2$	$\mp 1/2$	-1	0
	Нейтрон	n	$1/2$	1838,6	1040	$1/2$	$\mp 1/2$	+1	0
	Антинейтрон	$\bar{n}$	$1/2$	1838,6	1040	$1/2$	$\pm 1/2$	-1	0
	Ламбда-частица	Λ^0	$1/2$	2182	$2,77 \cdot 10^{-10}$	0	0	+1	-1
	Сигма-частицы	Σ^+	$1/2$	2325	$7,8 \cdot 10^{-11}$	1	± 1	+1	-1
		Σ^-	$1/2$	2341	$1,58 \cdot 10^{-10}$	1	-1	+1	-1
		Σ^0	$1/2$	2324	$< 10^{-11}$	1	0	+1	-1
	Каскадные кси-гипероны	Ξ^-	$1/2$	2585	$4,6 \cdot 10^{-10} \div 2 \cdot 10^{-8}$	$1/2$	$\mp 1/2$	+1	-2
		Ξ^0	$1/2$	?		$1/2$	$\pm 1/2$	+1	-2

2. Атомные веса элементов

Атомные веса различных элементов найдены с разной точностью, что выражено разным числом знаков после запятой. Если число, выражающее атомный вес, оканчивается одним или несколькими нулями, то нули эти в данном случае являются значащими цифрами, выражая степень точности, с которой атомный вес определен в настоящее время.

При вычислении результатов химических анализов не следует выражать их с большей точностью, чем та, с которой определен атомный вес. С этим ограничением следует особенно считаться при определении

бора, фтора, некоторых редкоземельных металлов, золота, палладия, иридия, осмия и др.

В таблице приведены международные атомные веса 1957 г., исправленные в 1960 г. Комиссией по атомным весам при Международном союзе по чистой и прикладной химии (IUPAC).

В октябре 1961 г. эта же Комиссия постановила принять в качестве единицы атомных весов не «кислородную химическую единицу» ($^{1/16}$ атомного веса природной смеси атомов кислорода), а «углеродную физическую единицу» ($^{1/12}$ атомного веса изотопа углерода C^{12}). Кроме того, атомные веса некоторых элементов были изменены или уточнены на основании новых экспериментальных данных.

Полученные новые атомные веса элементов показаны в последней колонке таблицы. В большинстве случаев (исключая лишь некоторые редко встречающиеся элементы) новые атомные веса отличаются от атомных весов 1957—1960 гг. не более чем на $\pm 0,01\%$. Поэтому при расчете результатов обычных анализов можно пользоваться таблицей атомных весов 1957—1960 гг.

Символ элемента	Порядковый номер	Название элемента	Атомный вес a	Мантисса $lg a$	Новый атомный вес по C^{12}
Ac	89	Актиний	227	35 603	227
Ag	47	Серебро	107,880	03 294	107,870
Al	13	Алюминий	26,98	43 104	26,9815
Am	95	Америций	243	38 561	243
Ar	18	Аргон	39,944	60 145	39,948
As	33	Мышьяк	74,91	87 454	74,9216
At	85	Астатин	210	32 222	210
Au	79	Золото	197,0	29 447	196,967
B	5	Бор	10,82	03 423	10,811
Ba	56	Барий	137,36	13 786	137,34
Be	4	Бериллий	9,013	95 487	9,0122
Bi	83	Висмут	209,00	32 015	208,980
Bk	97	Берклий	247	39 620	247
Br	35	Бром	79,916	90 623	79,909
C	6	Углерод	12,011	07 958	12,01115
Ca	20	Кальций	40,08	60 293	40,08
Cd	48	Кадмий	112,41	05 080	112,40
Ce	58	Церий	140,13	14 653	140,12
Cf	98	Калифорний	249	39 967	249
Cl	17	Хлор	35,457	54 970	35,453
Cm	96	Кюрий	247	39 270	247
Co	27	Кобальт	58,94	77 041	58,9332
Cr	24	Хром	52,01	71 609	51,996
Cs	55	Цезий	132,91	12 355	132,905
Cu	29	Медь	63,54	80 305	63,54

Продолжение

Символ эле- мента	Поряд- ковый номер	Название элемента	Атомный вес a	Мантисса $\lg a$	Новый атомный вес по C ¹²
Dy	66	Диспрозий	162,51	21 088	162,50
Er	68	Эрбий	167,27	22 342	167,26
Es	99	Эйнштейний	254	40 483	254
Eu	63	Европий	152,0	18 184	151,96
F	9	Фтор	19,00	27 875	18,9984
Fe	26	Железо	55,85	74 702	55,847
Fm	100	Фермий	253	40 312	253
Fr	87	Франций	223	34 830	223
Ga	31	Галлий	69,72	84 336	69,72
Gd	64	Гадолиний	157,26	19 662	157,25
Ge	32	Германий	72,60	86 094	72,59
H	1	Водород	1,0080	00 346	1,00797
He	2	Гелий	4,003	60 239	4,0026
Hf	72	Гафний	178,50	25 164	178,49
Hg	80	Ртуть	200,61	30 235	200,59
Ho	67	Гольмий	164,94	21 732	164,930
In	49	Индий	114,82	06 002	114,82
Ir	77	Иридий	192,2	28 375	192,2
J	53	Йод	126,91	10 349	126,9044
K	19	Калий	39,100	59 218	39,102
Kr	36	Криптон	83,80	92 324	83,80
La	57	Лантан	138,92	14 276	138,91
Li	3	Литий	6,940	84 136	6,939
Lu	71	Лютеций	174,99	24 302	174,97
Md	101	Менделевий	256	40 824	256
Mg	12	Магний	24,32	38 596	24,312
Mn	25	Марганец	54,94	73 989	54,9381
Mo	42	Молибден	95,95	98 204	95,94
N	7	Азот	14,008	14 638	14,0067
Na	11	Натрий	22,991	36 156	22,9898
Nb	41	Ниобий	92,91	96 806	92,906
Nd	60	Неодим	144,27	15 918	144,24
Ne	10	Неон	20,183	30 499	20,183
Ni	28	Никель	58,71	76 871	58,71
No	102	Нобелий	254	40 483	254
Np	93	Нептуний	237	37 475	237
O	8	Кислород	16	20 412	15,9994
Os	76	Осмий	190,2	27 921	190,2
P	15	Фосфор	30,975	49 101	30,9738
Pa	91	Протактиний	231	36 361	231
Pb	82	Свинец	207,21	31 641	207,19

Продолжение

Символ эле- мента	Поряд- ковый номер	Название элемента	Атомный вес <i>a</i>	Мантисса <i>lg a</i>	Новый атомный вес по C ¹²
Pd	46	Палладий	106,4	02 694	106,4
Pm	61	Прометий	147	16 732	147
Po	84	Полоний	210	32 222	210
Pr	59	Празеодим	140,92	14 897	140,907
Pt	78	Платина	195,09	29 024	195,09
Pu	94	Плутоний	242	38 382	242
Ra	88	Радий	226	35 411	226
Rb	37	Рубидий	85,48	93 186	85,47
Re	75	Рений	186,22	27 003	186,2
Rh	45	Родий	102,91	01 246	102,905
Rn	86	Радон	222	34 635	222
Ru	44	Рутений	101,1	00 475	101,07
S	16	Сера	32,066	50 604	32,064
Sb	51	Сурьма	121,76	08 550	121,75
Sc	21	Скандий	44,96	65 283	44,956
Se	34	Селен	78,96	89 741	78,96
Si	14	Кремний	28,09	44 855	28,086
Sm	62	Самарий	150,35	17 711	150,35
Sn	50	Олово	118,70	07 445	118,69
Sr	38	Стронций	87,63	94 265	87,62
Ta	73	Тантал	180,95	25 756	180,948
Tb	65	Тербий	158,93	20 120	158,924
Tc	43	Технеций	97	99 564	97
Te	52	Теллур	127,61	10 551	127,60
Th	90	Торий	232,05	36 559	232,038
Ti	22	Титан	47,90	68 034	47,90
Tl	81	Таллий	204,39	31 046	204,37
Tu	69	Тулий	168,94	22 773	168,934
U	92	Уран	238,07	37 671	238,03
V	23	Ванадий	50,95	70 714	50,942
W	74	Вольфрам	183,86	26 449	183,85
Xe	54	Ксенон	131,30	11 826	131,30
Y	39	Иттрий	88,92	94 900	88,905
Yb	70	Иттербий	173,04	23 815	173,04
Zn	30	Цинк	65,38	81 544	65,37
Zr	40	Цирконий	91,22	96 009	91,22

3. Средний состав литосферы

Приведены данные о составе литосферы глубины 16 км.

Гидросфера и атмосфера исключены. Числа, помещенные в скобках, наименее точны. Атомный процент — процентное соотношение числа атомов всех элементов, весовой процент — процентное соотношение веса элементов.

Символ элемента	Ат. %	Вес. %	Символ элемента	Ат. %	Вес. %
O	58,0	47,2	Ce	$6 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
H	(3,0)	(0,15)	B	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Si	20,0	27,6	Ga	$4 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Al	6,6	8,80	Ni	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Na	2,4	2,64	La	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Fe	2,0	5,10	Sc	$3 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
Ca	2,0	3,6	Ge	$2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
Mg	2,0	2,10	Nb	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
K	1,4	2,6	Pb	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Ti	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-1}$	As	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
C	($1,5 \cdot 10^{-1}$)	$1 \cdot 10^{-1}$	Gd	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
P	$5 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	Cs	$9,5 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-4}$
N	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	Pr	$9 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-4}$
Mn	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	Sm	$9 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-4}$
S	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	Mo	$6 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$
F	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	Th	$7 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$
Cl	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	Hf	$5 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Li	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	Dy	$5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Ba	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	Er	$5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Sr	$1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	Br	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Cr	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	Yb	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$
V	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	Ta	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Rb	$7 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	U	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Zr	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	Eu	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Ni	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	Ho	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Cu	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	W	$1 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-4}$
Zn	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	Se	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$
Co	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	Lu	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Be	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$	Tb	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Sn	$7 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$			
Y	$6 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$			

Продолжение

Символ элемента	Ат. %	Вес. %	Символ элемента	Ат. %	Вес. %
Tl	$(3 \cdot 10^{-5})$	$(3 \cdot 10^{-4})$	Ru	$(1 \cdot 10^{-7})$	$(5 \cdot 10^{-7})$
Tu	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	Pt	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Cd	$(7,6 \cdot 10^{-6})$	$(5 \cdot 10^{-5})$	Au	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Sb	$(5 \cdot 10^{-6})$	$(4 \cdot 10^{-5})$	Rh	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$
J	$4 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$	Re	$8,5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Bi	$(1,7 \cdot 10^{-6})$	$(2 \cdot 10^{-5})$	Ir	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Ag	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	Pa	$(8 \cdot 10^{-12})$	$(1 \cdot 10^{-10})$
In	$(1,5 \cdot 10^{-6})$	$(1 \cdot 10^{-5})$	Ra	$9 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-10}$
Hg	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-6}$	Ac	$5 \cdot 10^{-15}$	$(6 \cdot 10^{-14})$
Os	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	Po	$(2 \cdot 10^{-15})$	$(2 \cdot 10^{-14})$
Pd	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	Pu	$7 \cdot 10^{-17}$	$1 \cdot 10^{-15}$
Te	$(1,3 \cdot 10^{-7})$	$(1 \cdot 10^{-6})$	Rn	$(5 \cdot 10^{-17})$	$(7 \cdot 10^{-16})$

4. Распределение электронов в атомах

Условные обозначения K, L, M, N, O, P, Q — электронные слои (оболочки), отвечающие (соответственно) значениям главного квантового числа $n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; s, p, d, f — подгруппы электронов, отвечающие (соответственно) значениям побочного квантового числа $l=0, 1, 2, 3$; например, $2s$ — обозначает подгруппу $s(l=0)$ оболочки $L(n=2)$, $4f$ — обозначает подгруппу $f(l=3)$ слоя $N(n=4)$ и т. д.; интервалом отделены друг от друга периоды периодической системы Д. И. Менделеева.

Порядко- вый номер	Символ элемента	K		L			M			N				O				P			Q
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s		
1	H	1																			
2	He	2																			
3	Li	2	1																		
4	Be	2	2																		
5	B	2	2	1																	
6	C	2	2	2	1																
7	N	2	2	3	2																
8	O	2	2	4	3																

Продолжение

Порядко- вый номер	Символ элемента	K		L		M			N				O				P			Q
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s	
9	F	2	2	5																
10	Ne	2	2	6																
11	Na	2	2	6	1															
12	Mg	2	2	6	2															
13	Al	2	2	6	2	1														
14	Si	2	2	6	2	2														
15	P	2	2	6	2	3														
16	S	2	2	6	2	4														
17	Cl	2	2	6	2	5														
18	Ar	2	2	6	2	6														
19	K	2	2	6	2	6		1												
20	Ca	2	2	6	2	6		2												
21	Sc	2	2	6	2	6	1	2												
22	Ti	2	2	6	2	6	2	2												
23	V	2	2	6	2	6	3	2												
24	Cr	2	2	6	2	6	5	1												
25	Mn	2	2	6	2	6	5	2												
26	Fe	2	2	6	2	6	6	2												
27	Co	2	2	6	2	6	7	2												
28	Ni	2	2	6	2	6	8	2												
29	Cu	2	2	6	2	6	10	1												
30	Zn	2	2	6	2	6	10	2												
31	Ga	2	2	6	2	6	10	2	1											
32	Ge	2	2	6	2	6	10	2	2											
33	As	2	2	6	2	6	10	2	3											
34	Se	2	2	6	2	6	10	2	4											
35	Br	2	2	6	2	6	10	2	5											
36	Kr	2	2	6	2	6	10	2	6											
37	Rb	2	2	6	2	6	10	2	6			1								
38	Sr	2	2	6	2	6	10	2	6			2								
39	Y	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2								
40	Zr	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2								
41	Nb	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1								
42	Mo	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1								
43	Tc	2	2	6	2	6	10	2	6	5		2								
44	Ru	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1								
45	Rh	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1								
46	Pd	2	2	6	2	6	10	2	6	10		0								
47	Ag	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1								
48	Cd	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2								

Продолжение

Порядко- вый номер	Символ элемента	K			L			M			N				O				P			Q
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s			
49	In	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	1									
50	Sn	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	2									
51	Sb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	3									
52	Te	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	4									
53	J	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	5									
54	Xe	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	6									
55	Cs	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	6	..	..	1						
56	Ba	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	6	..	..	2						
57	La	2	2	6	2	6	10	2	6	10	..	2	6	1	..	2						
58	Ce	2	2	6	2	6	10	2	6	10	1	2	6	1	..	2						
59	Pr	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6	1	..	2						
60	Nd	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6	1	..	2						
61	Pm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6	1	..	2						
62	Sm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6	1	..	2						
63	Eu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6	1	..	2						
64	Gd	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1	..	2						
65	Tb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	8	2	6	1	..	2						
66	Dy	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6	1	..	2						
67	Ho	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6	1	..	2						
68	Er	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6	1	..	2						
69	Tu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6	1	..	2						
70	Yb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6	1	..	2						
71	Lu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1	..	2						
72	Hf	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2	..	2						
73	Ta	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3	..	2						
74	W	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4	..	2						
75	Re	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5	..	2						
76	Os	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6	..	2						
77	Ir	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7	..	2						
78	Pt	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9	..	1						
79	Au	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	1						
80	Hg	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2						
81	Te	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	1					
82	Pb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	2					
83	Bi	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	3					
84	Po	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	4					
85	At	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	5					
86	Rn	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	6					
87	Fr	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	6	..	1			
88	Ra	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	6	..	2			
89	Ac	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	6	1	2			

Продолжение

Порядко- вый номер	Символ элемента	K		L			M			N				O				P			Q
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6 s	6p	6d	7s		
90	Th	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	..	2	6	2	2		
91	Pa	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1	2		
92	U	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2		
93	Np	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1	2		
94	Pu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6	..	2		
95	Am	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	..	2		
96	Cm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2		
97	Bk	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2		
98	Cf	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6	..	2		
99	Es	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6	..	2		
100	Fm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6	..	2		
101	Md	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6	..	2		
102	No	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	..	2		

5. Потенциалы ионизации атомов и ионов

В таблице даны последовательные потенциалы ионизации атомов и ионов в электронвольтах, например:

- I — энергия, необходимая для отделения электрона от однократно-отрицательно заряженного иона данного элемента с образованием нейтрального, не возбужденного атома («средство к электрону» с обратным знаком), $\text{Э}^{1-} \rightarrow \text{Э}$;
- II — энергия, необходимая для отделения электрона от нейтрального, не возбужденного атома, $\text{Э} \rightarrow \text{Э}^{1+}$;
- III — энергия, необходимая для отделения электрона от однозарядного (положительного), не возбужденного иона, $\text{Э}^{1+} \rightarrow \text{Э}^{2+}$ и т. д.

Порядко- вый номер	Символ элемента	$\text{Э}^{1-} \rightarrow \text{Э}$	$\text{Э} \rightarrow \text{Э}^{1+}$	$\text{Э}^{1+} \rightarrow \text{Э}^{2+}$	$\text{Э}^{2+} \rightarrow \text{Э}^{3+}$	$\text{Э}^{3+} \rightarrow \text{Э}^{4+}$	$\text{Э}^{4+} \rightarrow \text{Э}^{5+}$	$\text{Э}^{5+} \rightarrow \text{Э}^{6+}$	$\text{Э}^{6+} \rightarrow \text{Э}^{7+}$	$\text{Э}^{7+} \rightarrow \text{Э}^{8+}$
1	H	0,76	13,54							
2	He	0	24,48	54,16						
3	Li	0,34	5,37	75,3	121,9					
4	Be	0,60	9,30	18,12	153,1	216,6				
5	B	0,73	8,28	24,99	37,70	258,0	338,5			
6	C	1,37	11,24	24,28	47,55	64,1	390,1	487,4		

Продолжение

Порядко- вый номер	Символ элемента	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Э}^{-1} \end{array}$
7	N	0,04	14,51	29,41	47,36	77,0	97,3	549	663	
8	O	2,73	13,57	34,75	54,8	77,5	113,3	137,3	735	867
9	F	3,94	17,46	34,71	62,3	87,3	114,8	156,5	184,2	949
10	Ne	—1,20	21,47	40,67	63,2	97,1	127,0	159,1	206,6	237,9
11	Na	0,08	5,09	46,65	71,3	99,0	139,1	173,9	210,5	263,5
12	Mg	—0,9	7,63	15,10	79,4	109,4	142,2	188,5	227,9	269,0
13	Al	0,09	5,94	18,85	28,35	119,6	154,9	192,7	245,1	289,2
14	Si	0,60	8,14	16,29	33,35	44,84	167,4	207,9	250,5	309,1
15	P	0,9	10,43	19,75	30,03	51,1	64,6	222,8	268,3	315,7
16	S	2,06	10,42	23,25	34,89	47,32	72,2	87,5	285,7	336,2
17	Cl	3,70	13,01	23,85	39,67	53,5	68,0	96,5	113,8	356,1
18	Ar	—1,0	15,68	27,64	40,94	59,7	75,7	92,1	124,1	143,2
19	K		4,32	31,45	46,00	61,7	83,3	101,4	119,7	155,0
20	Ca		6,25	11,87	51,1	68,1	86,1	110,5	130,6	150,7
21	Sc		6,7	12,8	26,19	74,5	93,9	114,2	141,3	163,4
22	Ti		6,81	13,6	28,39	45,40	101,7	123,5	145,9	175,7
23	V	...	6,74	15,13	30,31	48,35	68,7	132,8	156,9	181,3
24	Cr	...	6,7	16,41	32,12	50,9	72,4	96,0	167,6	193,9
25	Mn	...	7,41	14,5	33,97	53,4	75,8	100,7	127,4	206,3
26	Fe	...	7,83	15,9	31,69	55,9	79,0	104,9	133,1	162,8
27	Co	...	7,8	17,47	33,77	53,2	82,2	108,9	138,2	169,6
28	Ni	...	7,6	18,88	35,92	56,0	79,1	112,9	143,1	175,7
29	Cu	0,99	7,67	20,33	37,93	58,9	82,7	109,3	148,0	181,5
30	Zn	...	9,37	18,04	40,00	61,6	86,3	113,7	148,8	187,5
31	Ga	...	5,97	20,39	30,66	64,3	89,8	118,3	149,2	182,7
32	Ge	...	8,10	15,95	33,68	45,51	93,3	122,6	154,7	189,1
33	As	...	10,05	18,88	28,30	49,25	62,6	127,0	159,9	195,7
34	Se	...	9,75	21,57	32,11	43,03	67,1	81,9	165,3	201,9
35	Br	3,64	11,82	21,47	35,60	47,77	60,1	87,2	103,5	208,2
36	Kr	...	13,94	24,28	35,71	52,1	65,9	79,6	109,6	127,3
37	Rb	...	4,19	27,14	39,32	52,5	71,1	86,4	101,5	134,3
38	Sr	...	5,68	10,86	42,98	56,9	71,7	92,7	109,4	125,8
39	Y	...	6,6	12,3	20,46	61,5	77,1	93,5	116,7	134,8
40	Zr	...	6,92	13,97	22,64	34,83	82,6	99,9	117,9	143,2
41	Nb	...	...	13,48	24,7	37,7	51,9	106,3	125,3	144,7
42	Mo	...	7,2	15,17	27,00	40,53	55,6	71,7	132,7	153,2
43	Ru	...	7,5	16,37	28,62	46,52	62,9	80,6	99,6	119,3
45	Rh	...	7,7	18,07	31,03	45,63	66,7	85,2	105,0	125,8
46	Pd	...	8,30	19,85	33,36	48,77	65,6	89,9	110,5	132,2
47	Ag	1,1	7,58	21,50	35,79	51,8	69,6	88,7	116,2	138,7
48	Cd	...	8,94	16,80	38,00	55,0	73,4	93,5	114,7	145,5
49	In	...	5,76	18,76	27,85	57,8	77,4	98,2	120,5	143,7
50	Sn	...	7,54	14,56	30,45	40,72	80,9	103,1	126,1	150,5

Продолжение

Порядко- вый номер	Символ элемента	$1 \rightarrow 2^0$	$2^0 \rightarrow 1^+$	$1^+ \rightarrow 2^+$	$2^+ \rightarrow 3^+$	$3^+ \rightarrow 4^+$	$4^+ \rightarrow 5^+$	$5^+ \rightarrow 6^+$	$6^+ \rightarrow 7^+$	$7^+ \rightarrow 8^+$
51	Sb	...	8,35	17,01	25,22	44,02	55,4	107,3	132,0	157,2
52	Te	...	8,89	19,33	28,39	37,73	59,5	71,9	137,0	164,1
53	J	3,30	10,43	19,11	31,40	41,70	52,1	76,8	90,2	170,0
54	Xe	...	12,08	21,18	31,33	45,46	56,9	68,3	96,0	110,4
55	Cs	...	3,86	23,37	33,97	45,55	61,5	74,1	86,4	117,1
56	Ba	...	5,21	9,96	36,75	48,80	61,8	79,5	93,1	106,4
57	La	...	5,59	11,38	19,1	52,2	65,7	80,0	99,5	114,1
58	Ce	...	6,54	14,8	..	33,3	69,7	84,6	100,2	121,5
59	Pr	...	5,76	...	...	...	...	89,3	105,5	122,4
60	Nd	...	6,31	...	...	...	...	...	111,0	128,5
61	Sm	...	6,55	11,41	..	...	...	...	...	...
63	Eu	...	5,64	11,24	..	...	...	...	...	...
64	Gd	...	6,65	...	...	...	...	...	...	...
65	Tb	...	6,74	...	...	...	...	...	...	...
66	Dy	...	6,82	...	...	...	...	...	...	...
70	Yb	...	7,06	12,11	...	...	...	...	...	...
73	Ta	...	...	...	22,27	33,08	...	...	...	...
74	W	...	7,98	...	24,08	35,36	...	...	...	...
75	Re	...	7,8	13,17	25,96	37,71	50,6	64,5	79,0	...
76	Os	...	8,7	...	...	...	...	...	...	...
77	Ir	...	9,2	...	...	...	...	...	...	...
78	Pt	...	8,8	17,37	28,55	41,13	54,8	75,3	91,9	109,3
79	Au	2,4	9,20	18,84	30,46	43,52	57,8	73,1	95,4	114,4
80	Hg	1,8	10,41	18,55	32,43	45,98	60,8	76,9	93,7	119,7
81	Tl	...	6,08	20,29	29,63	48,50	63,9	80,5	98,2	116,5
82	Pb	...	7,37	14,91	31,97	42,46	67,1	84,3	102,6	121,8
83	Bi	...	7,25	16,72	25,41	45,46	57,0	88,1	107,0	127,0
86	Rn	..	10,69	20,02	29,78	43,78	55,1	66,8	96,7	111,2
88	Ra	...	5,21	10,19	34,26	46,41	58,5	76,0	89,3	102,8

6. Ионные радиусы

Значения ионных радиусов даны в ангстремах (Å) при координационном числе, равном 6. Поправка при координационном числе 4 составляет — 6%, при координационном числе 8 она равна +3%, а при координационном числе 12 — +12%.

Эле- мент	Заряд иона	Величина радиуса, Å		Эле- мент	Заряд иона	Величина радиуса, Å	
		по Гольд- шмидту	по Полянгу			по Гольд- шмидту	по Полянгу
Ag	+1	1,13	1,26	As	+3	0,69	—
Al	+3	0,57	0,50		+5	—	0,47
					-3	—	2,22

Продолжение

Элемент	Заряд иона	Величина радиуса, Å		Элемент	Заряд иона	Величина радиуса, Å	
		по Гольдшмидту	по Полингу			по Гольдшмидту	по Полингу
Au	+1	—	1,37	J	+5	0,94	—
B	+3	—	0,20		+7	—	0,50
Ba	+2	1,43	1,35		—1	2,20	2,16
Be	+2	0,34	0,31	K	+1	1,33	1,33
Bi	+3	—	1,16	La	+3	1,22	1,15
	+5	—	0,71				
Br	+7	—	0,39	Li	+1	0,78	0,60
	—1	1,96	1,95	Mg	+2	0,78	0,65
C	+4	—	0,15	Mn	+2	0,91	0,80
	—4	—	2,60		+3	0,70	—
Ca	+2	1,06	0,99		+4	0,52	0,50
					+7	—	0,16
Cd	+2	1,03	0,97	Mo	+4	0,68	0,66
Ce	+3	1,18	—		+6	—	0,62
	+4	1,02	1,01				
Cl	+7	—	0,26	N	+5	0,15	0,11
	—1	1,81	1,81		—3	1,71	—
				Na	+1	0,98	0,95
Co	+2	0,82	0,72	Nb	+4	0,69	0,67
	+3	0,29; 0,47	—		+5	0,69	0,70
Cr	+3	—	0,55				
	+6	0,65	0,52	Nd	+3	1,15	—
Cs	+1	1,65	1,69	NH ₄	+1	1,43	—
				Ni	+2	0,78	0,69
Cu	+1	—	0,96		+3	0,35	—
	+2	0,70	—	O	+6	0,09	0,09
Dy	+3	1,07	—		—2	1,32	1,40
Er	+3	1,04	—				
Eu	+3	1,13	—	Os	+4	0,67	0,65
				P	+5	0,35	0,34
F	+7	—	0,07		—3	—	2,12
	—1	1,33	1,36	Pb	+2	1,32	1,21
Fe	+2	0,83	0,75		+4	0,84	0,84
	+3	0,67	—				
Ga	+3	0,62	0,62	Pr	+3	1,16	—
Gd	+3	1,11	—		+4	1,00	0,92
Ge	+4	0,44	0,53				
	—4	—	2,72	Rb	+1	1,49	1,48
H	—1	1,54	2,08	Rh	+3	0,69	—
Hg	+2	1,12	1,10	Ru	+4	0,65	0,63
Ho	+3	1,05	—				
In	+3	0,92	0,81	S	+6	0,34	0,29
Ir	+4	0,66	0,64		—2	1,74	1,84