

## 2. Периодический закон. Периодическая система. Электроотрицательность. Степени окисления

Современная формулировка Периодического закона, открытого Д. И. Менделеевым в 1869 г.:

*Свойства элементов находятся в периодической зависимости от порядкового номера.*

Периодически повторяющийся характер изменения состава электронной оболочки атомов элементов объясняет периодическое изменение свойств элементов при движении по периодам и группам Периодической системы.

Периодическая система химических элементов

Период	Периодическая система химических элементов																		Период				
	1 IA группа																	18 VIIA группа					
1	<b>H</b> 1 1,008 Водород																	<b>He</b> 2 4,003 Гелий	1				
2	<b>Li</b> 3 6,94 Литий	<b>Be</b> 4 9,01 Бериллий															<b>B</b> 5 10,81 Бор	<b>C</b> 6 12,01 Углерод	<b>N</b> 7 14,007 Азот	<b>O</b> 8 15,999 Кислород	<b>F</b> 9 18,998 Фтор	<b>Ne</b> 10 20,18 Неон	2
3	<b>Na</b> 11 22,99 Натрий	<b>Mg</b> 12 24,31 Магний	<b>3</b> ШБ группа	<b>4</b> IVБ группа	<b>5</b> VB группа	<b>6</b> VIB группа	<b>7</b> VIIБ группа	<b>8</b> VIIIБ <sub>0</sub> группа	<b>9</b> VIIIБ <sub>1</sub> группа	<b>10</b> VIIIБ <sub>2</sub> группа	<b>11</b> IB группа	<b>12</b> IIB группа	<b>Al</b> 13 26,98 Алюминий	<b>Si</b> 14 28,086 Кремний	<b>P</b> 15 30,97 Фосфор	<b>S</b> 16 32,066 Сера	<b>Cl</b> 17 35,45 Хлор	<b>Ar</b> 18 39,95 Аргон	3				
4	<b>K</b> 19 39,10 Калий	<b>Ca</b> 20 40,08 Кальций	<b>Sc</b> 21 44,96 Скандий	<b>Ti</b> 22 47,88 Титан	<b>V</b> 23 50,94 Ванадий	<b>Cr</b> 24 51,996 Хром	<b>Mn</b> 25 54,94 Марганец	<b>Fe</b> 26 55,85 Железо	<b>Co</b> 27 58,93 Кобальт	<b>Ni</b> 28 58,69 Никель	<b>Cu</b> 29 63,55 Медь	<b>Zn</b> 30 65,39 Цинк	<b>Ga</b> 31 69,72 Галлий	<b>Ge</b> 32 72,61 Германий	<b>As</b> 33 74,92 Мышьяк	<b>Se</b> 34 78,96 Селен	<b>Br</b> 35 79,90 Бром	<b>Kr</b> 36 83,80 Криптон	4				
5	<b>Rb</b> 37 85,47 Рубидий	<b>Sr</b> 38 87,62 Стронций	<b>Y</b> 39 88,91 Иттрий	<b>Zr</b> 40 91,22 Цирконий	<b>Nb</b> 41 92,91 Ниобий	<b>Mo</b> 42 95,94 Молибден	<b>Tc</b> 43 97,91 Технеций	<b>Ru</b> 44 101,07 Рутений	<b>Rh</b> 45 102,91 Родий	<b>Pd</b> 46 106,42 Палладий	<b>Ag</b> 47 107,87 Серебро	<b>Cd</b> 48 112,41 Кадмий	<b>In</b> 49 114,82 Индий	<b>Sn</b> 50 118,71 Олово	<b>Sb</b> 51 121,76 Сурьма	<b>Te</b> 52 127,60 Теллур	<b>I</b> 53 126,90 Иод	<b>Xe</b> 54 131,29 Ксенон	5				
6	<b>Cs</b> 55 132,91 Цезий	<b>Ba</b> 56 137,33 Барий	<b>57–71</b> La–Lu *	<b>Hf</b> 72 178,49 Гафний	<b>Ta</b> 73 180,95 Тантал	<b>W</b> 74 183,84 Вольфрам	<b>Re</b> 75 186,21 Рений	<b>Os</b> 76 190,23 Осмий	<b>Ir</b> 77 192,22 Иридий	<b>Pt</b> 78 195,08 Платина	<b>Au</b> 79 196,97 Золото	<b>Hg</b> 80 200,59 Ртуть	<b>Tl</b> 81 204,38 Таллий	<b>Pb</b> 82 207,2 Свинец	<b>Bi</b> 83 208,98 Висмут	<b>Po</b> 84 208,98 Полоний	<b>At</b> 85 209,99 Астат	<b>Rn</b> 86 222,02 Радон	6				
7	<b>Fr</b> 87 223,02 Франций	<b>Ra</b> 88 226,03 Радий	<b>89–103</b> Ac–Lr **	<b>Rf</b> 104 261,11 Резерфордий	<b>Db</b> 105 262,11 Дубний	<b>Sg</b> 106 266,12 Сиборгий	<b>Bh</b> 107 267,12 Борий	<b>Hs</b> 108 269,13 Хассий	<b>Mt</b> 109 268,14 Мейтнерий	110 [271]	111 [272]	112 [277]	113	114 [289]	115	116 [289]	117	118	7				

  

* Лантаноиды	<b>La</b> 57 138,91 Лантан	<b>Ce</b> 58 140,12 Церий	<b>Pr</b> 59 140,91 Празеодим	<b>Nd</b> 60 144,24 Неодим	<b>Pm</b> 61 144,91 Прометий	<b>Sm</b> 62 150,36 Самарий	<b>Eu</b> 63 151,97 Европий	<b>Gd</b> 64 157,25 Гадолиний	<b>Tb</b> 65 158,93 Тербий	<b>Dy</b> 66 162,50 Диспрозий	<b>Ho</b> 67 164,93 Гольмий	<b>Er</b> 68 167,26 Эрбий	<b>Tm</b> 70 168,93 Тулий	<b>Yb</b> 71 173,04 Иттербий	<b>Lu</b> 72 174,97 Лютеций
** Actinoidy	<b>Ac</b> 89 227,03 Актиний	<b>Th</b> 90 232,04 Торий	<b>Pa</b> 91 231,04 Протактиний	<b>U</b> 92 238,03 Уран	<b>Np</b> 93 237,05 Нептуний	<b>Pu</b> 94 244,06 Плутоний	<b>Am</b> 95 243,06 Америций	<b>Cm</b> 96 247,07 Кюрий	<b>Bk</b> 97 247,07 Берклий	<b>Cf</b> 98 251,08 Калифорний	<b>Es</b> 99 252,08 Эйнштейний	<b>Fm</b> 100 257,10 Фермий	<b>Md</b> 101 258,10 Менделеев	<b>No</b> 102 259,10 Нобелий	<b>Lr</b> 103 262,11 Лоуренсий

Проследим, например, изменение высших и низших степеней окисления у элементов IA – VIIA-групп во втором – четвертом периодах по табл. 3.

*Положительные* степени окисления проявляют все элементы, за исключением фтора. Их значения увеличиваются с ростом заряда ядер и совпадают с числом электронов на последнем энергетическом уровне (за исключением кислорода). Эти степени окисления называют *высшими* степенями окисления. Например, высшая степень окисления фосфора P равна +V.

Период	Группы						
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
2	${}^3\text{Li}$ +I	${}^4\text{Be}$ +II	${}^5\text{B}$ +III	${}^6\text{C}$ +IV -IV	${}^7\text{N}$ +V -III	${}^8\text{O}$ (+II со фтором) -II	${}^9\text{F}$ — -I
3	${}^{11}\text{Na}$ +I	${}^{12}\text{Mg}$ +II	${}^{13}\text{Al}$ +III	${}^{14}\text{Si}$ +IV -IV	${}^{15}\text{P}$ +V -III	${}^{16}\text{S}$ +VI -II	${}^{17}\text{Cl}$ +VII -I
4	${}^{19}\text{K}$ +I	${}^{20}\text{Ca}$ +II	${}^{31}\text{Ga}$ +III	${}^{32}\text{Ge}$ +IV -IV	${}^{33}\text{As}$ +V -III	${}^{34}\text{Se}$ +VI -II	${}^{35}\text{Br}$ +VII -I

*Отрицательные* степени окисления проявляют элементы, начиная с углерода С, кремния Si и германия Ge. Значения их равны числу электронов, недостающих до восьми. Эти степени окисления называют *низшими* степенями окисления. Например, у атома фосфора Р на последнем энергетическом уровне недостает трех электронов до восьми, значит, низшая степень окисления фосфора Р равна – III.

Значения высших и низших степеней окисления повторяются периодически, совпадая по группам; например, в IVA-группе углерод С, кремний Si и германий Ge имеют высшую степень окисления +IV, а низшую степень окисления – IV.

Эта периодичность изменения степеней окисления отражается на периодическом изменении состава и свойств химических соединений элементов.

Аналогично прослеживается периодическое изменение электроотрицательности элементов в 1–6-м периодах IA– VIIA-групп (табл. 4).

В каждом периоде Периодической системы электроотрицательность элементов увеличивается при возрастании порядкового номера (слева направо).

Период	Группы						
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1	H 2,10						
2	Li 0,97	Be 1,47	B 2,01	C 2,50	N 3,07	O 3,50	F 4,10
3	Na 1,01	Mg 1,23	Al 1,47	Si 2,25	P 2,32	S 2,60	Cl 2,83
4	K 0,91	Ca 1,04	Ga 1,82	Ge 2,02	As 2,10	Se 2,48	Br 2,74
5	Rb 0,89	Sr 0,99	In 1,49	Sn 1,72	Sb 1,82	Te 2,01	I 2,21
6	Cs 0,86	Ba 0,97	Tl 1,44	Pb 1,55	Bi 1,67	Po 1,76	At 1,90

В каждой **группе** Периодической системы электроотрицательность уменьшается при возрастании порядкового номера (сверху вниз). Фтор F обладает наивысшей, а цезий Cs – наименьшей электроотрицательностью среди элементов 1–6-го периодов.

У типичных неметаллов – высокая электроотрицательность, а у типичных металлов – низкая.

### Примеры заданий частей А, В

1. В 4-м периоде число элементов равно

- 1) 2
- 2) 8
- 3) 18
- 4) 32

2. Металлические свойства элементов 3-го периода от Na до Cl

- 1) усиливаются
- 2) ослабевают
- 3) не изменяются
- 4) не знаю

3. Неметаллические свойства галогенов с увеличением порядкового номера

- 1) возрастают
- 2) понижаются
- 3) остаются без изменений
- 4) не знаю

4. В ряду элементов Zn – Hg – Co – Cd один элемент, не входящий в группу, – это

- 1) Ca
- 2) Cs
- 3) Cd
- 4) Co

5. Металлические свойства элементов повышаются по ряду

- 1) In – Ga – Al
- 2) K – Rb – Sr
- 3) Ge – Ga – Tl
- 4) Li – Be – Mg

6. Неметаллические свойства в ряду элементов Al – Si – C – N

- 1) увеличиваются
- 2) уменьшаются
- 3) не изменяются
- 4) не знаю

7. В ряду элементов O – S – Se – Te размеры (радиусы) атома

- 1) уменьшаются
- 2) увеличиваются
- 3) не изменяются
- 4) не знаю

8. В ряду элементов P – Si – Al – Mg размеры (радиусы) атома

- 1) уменьшаются
- 2) увеличиваются
- 3) не изменяются
- 4) не знаю

9. Для фосфора элемент с **меньшей** электроотрицательностью – это

- 1) N
- 2) S
- 3) Cl
- 4) Mg

10. Молекула, в которой электронная плотность смещена к атому фосфора, – это

- 1) PF<sub>3</sub>
- 2) PH<sub>3</sub>
- 3) P<sub>2</sub>S<sub>3</sub>
- 4) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

11. **Высшая** степень окисления элементов проявляется в наборе оксидов и фторидов

- 1) ClO<sub>2</sub>, PCl<sub>5</sub>, SeCl<sub>4</sub>, SO<sub>3</sub>
- 2) PCl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KCl, CO
- 3) SeO<sub>3</sub>, BCl<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaCl<sub>2</sub>
- 4) AsCl<sub>5</sub>, SeO<sub>2</sub>, SCl<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

12. **Низшая** степень окисления элементов – в их водородных соединениях и фторидах набора

- 1) ClF<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, NaH, OF<sub>2</sub>
- 2) H<sub>3</sub>S<sup>+</sup>, NH<sup>+</sup>, SiH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>Se
- 3) CH<sub>4</sub>, BF<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, PF<sub>3</sub>
- 4) PH<sub>3</sub>, NF<sup>+</sup>, HF<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>

13. Валентность для многовалентного атома **одинакова** в ряду соединений

- 1) SiH<sub>4</sub> – AsH<sub>3</sub> – CF<sub>4</sub>
- 2) PH<sub>3</sub> – BF<sub>3</sub> – ClF<sub>3</sub>
- 3) AsF<sub>3</sub> – SiCl<sub>4</sub> – IF<sub>7</sub>
- 4) H<sub>2</sub>O – BCl<sub>3</sub> – NF<sub>3</sub>

14. Укажите соответствие между формулой вещества или иона и степенью окисления углерода в них

<b>ФОРМУЛА</b>	<b>СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ</b>
А) $\text{CaC}_2$	1) -4
Б) $\text{CN}^-$	2) -1
В) $\text{HCO}_3^-$	3) 0
Г) $\text{HC(H)O}$	4) +2
	5) +3
	6) +4

## Ответы

---

1. 3. 2. 2. 3. 2. 4. 4. 5. 3. 6. 1. 7. 2. 8. 1. 9. 4. 10. 2. 11. 3. 12. 2. 13. 2. 14. А-2, Б-4, В-6, Г-3.