

**Характеристика элемента по
его положению
в периодической системе
элементов Д. И. Менделеева**

Пример 1.1. Для элемента железа укажите порядковый номер в периодической системе элементов, атомную массу. Определите число электронов, протонов, нейтронов в атоме элемента.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОД	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII									
1	1	H 1,00797 ВОДОРОД																He 4,0026 ГЕЛИЙ
2	2	Li 6,939 ЛИТИЙ	Be 9,0122 БЕРИЛЛИЙ	B 10,811 БОР	C 12,01115 УГЛЕРОД	N 14,0067 АЗОТ	O 15,9994 КИСЛОРОД	F 18,9984 ФТОР										Ne 20,183 НЕОН
3	3	Na 22,9898 НАТРИЙ	Mg 24,312 МАГНИЙ	Al 26,9815 АЛЮМИНИЙ	Si 28,086 КРЕМНИЙ	P 30,9738 ФОСФОР	S 32,064 СЕРА	Cl 35,453 ХЛОР										Ar 39,948 АРГОН
4	4	K 39,102 КАЛИЙ	Ca 40,08 КАЛЬЦИЙ	Sc 44,956 СКАНДИЙ	Ti 47,88 ТИТАН	V 50,942 ВАНАДИЙ	Cr 51,996 ХРОМ	Mn 54,938 МАРГАНЕЦ	Fe 55,847 ЖЕЛЕЗО	Co 58,9332 КОБАЛЬТ	Ni 58,71 НИКЕЛЬ							
	5	Cu 63,546 МЕДЬ	Zn 65,37 ЦИНК	Ga 69,72 ГАЛЛИЙ	Ge 72,59 ГЕРМАНИЙ	As 74,9216 АРСЕН	Se 78,96 СЕЛЕН	Br 79,904 БРОМ										
5	6	Rb 85,47 РУБИДИЙ	Sr 87,62 СТРОНЦИЙ	Y 88,906 ИТРИЙ	Zr 91,224 ЦИРКОНИЙ	Nb 92,906 НИОБИЙ	Mo 95,94 МОЛИБДЕН	Tc 98 ТЕХНЕЦИЙ	Ru 101,07 РУТЕНИЙ	Rh 102,905 РОДИЙ	Pd 106,42 ПАЛЛАДИЙ							
	7	Ag 107,868 СЕРЕБРО	Cd 112,40 КАДМИЙ	In 114,82 ИНДИЙ	Sn 118,68 ОЦЕДОВО	Sb 121,75 СВЫНЦА	Te 127,60 ТЕЛЛУР	I 126,9044 ИОД										
6	8	Cs 132,905 ЦЕЗИЙ	Ba 137,34 БАРИЙ	La* 138,91 ЛАНАН	Hf 178,49 ГАФНИЙ	Ta 180,948 ТАНТАЛ	W 183,84 ВОЛЬФРАМ	Re 186,21 РЕНИЙ	Os 190,23 ОСМИЙ	Ir 192,22 ИРИДИЙ	Pt 195,08 ПЛАТИНА							
	9	Au 196,967 ЗОЛОТО	Hg 200,59 РУТУТЬ	Tl 204,37 ТАЛЛИЙ	Pb 207,19 СВИНЕЦ	Bi 208,980 ВИСМУТ	Po 209 ПОЛОНИЙ	At 210 АСТАТ										
7	10	Fr [223] ФРАНЦИЙ	Ra [226] РАДИЙ	Ac** [227] АКТИНИЙ	Rf [261] РЕФЕРМОДИЙ	Db [262] ДУБИНИЙ	Sg [263] СИБОГИЙ	Bh [264] БОРИЙ	Hs [265] ХАССИЙ	Mt [266] МЕТЛЕРИЙ								
ВСЕЛЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇										RO ₄
ЛУЧШЕ ВОДОРОДА СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR										
* ЛАНТАНОИДЫ																		
58	Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,907 ПРАЗЕОДИМ	60 Nd 144,24 НЕОДИМ	61 Pm [145] ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150,35 САМАРИЙ	63 Eu 151,96 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ	65 Tb 158,904 ТЕРБИЙ	66 Dy 162,50 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164,930 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167,26 ЭРБИЙ	69 Tm 168,934 ТУЛИЙ	70 Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174,967 ЛУТЕЦИЙ				
** АКТИНОИДЫ																		
90	Th 232,038 ТОРИЙ	91 Pa [231] ПРОАКТИНИЙ	92 U 238,03 УРАН	93 Np [237] НЕПУТНИЙ	94 Pu [244] ПУЛТОНИЙ	95 Am [243] АМЕРИЦИЙ	96 Cm [247] КУРИЙ	97 Bk [247] БЕРКЛИЙ	98 Cf [249] КАЛИФОРНИЙ	99 Es [254] ЭЙНШТЕЙНИЙ	100 Fm [255] ФЕРМИЙ	101 Md [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	102 No [259] НОБЕЛИЙ	103 Lr [260] ЛОУРЕНСИЙ				

Периодный номер

Символ элемента

Название элемента

Относительная атомная масса

Электронная конфигурация внешнего слоя

металлы

металлы, образующие амфотерные оксиды и гидроксиды

металлы, образующие основные оксиды и основания



Решение. По положению железа в периодической системе элементов находим: порядковый номер 26, атомная масса железа $A_r = 56$ (округляем до целого числа).

**Порядковый номер элемента равен
заряду ядра Z ,
числу электронов $n_{\bar{e}}$, числу протонов
 n_p**

Отсюда, $Z = 26$, $n_{\bar{e}} = 26$ электронов,
 $n_p = 26$ протонов.

**Число нейтронов n_n определяют по
разнице между атомной массой элемента
и порядковым номером**

Таким образом, $n_n = A_r - Z = 56 - 26 = \underline{30}$
нейтронов.

Пример 1.2. Охарактеризуйте каждый из элементов: **селен, калий, галлий, марганец** по его положению в периодической системе элементов.

Укажите номер периода, номер группы, подгруппу (главная или побочная), число энергетических уровней, число электронов на **внешнем** уровне, принадлежность к **металлам** или **неметаллам**, высшую **степень окисления**.

Составьте формулу высшего оксида элемента, определите его химический характер (кислотно-основные свойства), составьте формулу соответствующего гидроксида

Решение. Период – горизонтальный ряд элементов в периодической системе.

Номер периода для элемента равен числу энергетических уровней, заполненных или заполняемых электронами

Селен находится в 4 периоде, поэтому все электроны селена расположены на 4-х энергетических уровнях.

Группа – вертикальный ряд элементов в периодической системе. Группа делится на подгруппы. Главная подгруппа (A) содержит элементы всех периодов.

Побочная подгруппа (B) содержит элементы только больших периодов

Селен находится в VI группе главной подгруппе (A).

Число электронов на внешнем уровне для элементов главных подгрупп (A) совпадает с номером группы, для элементов побочных подгрупп (B) равно 2 (реже 1)

У селена на внешнем уровне содержится 6 электронов.

Металлы – элементы, у которых на внешнем уровне находятся 1 – 2 электрона (реже 3 – 4 для элементов больших периодов), у неметаллов на внешнем уровне находятся 3 – 8 электронов. В побочных подгруппах находятся только металлы

Степень окисления (с. о.) элемента в молекуле – формальный заряд, вычисленный, исходя из предположения, что молекула состоит только из ионов: положительно- и отрицательно заряженных частиц.

Степень окисления кислорода в оксидах и гидроксидах равна -2 , степень окисления водорода в гидроксидах – $+1$

Номер группы, как правило, определяет высшую степень окисления элемента.

Не подчиняются правилу и имеют наиболее характерную степень окисления: медь ($+2$), золото ($+3$), кислород (-2), фтор (-1), бром ($+5$), железо ($+3$), кобальт ($+2$), никель ($+2$) и др.

Высшая степень окисления селена равна $+6$, так как он находится в VI группе.

Молекула – частица нейтральная, поэтому сумма степеней окисления всех элементов, входящих в состав молекулы, равна 0

Отсюда, формула высшего оксида селена:

+6 -2



Определяем правильность составления формулы оксида, суммируя степени окисления всех элементов: $1(+6) + 3(-2) = 0$, так как эта сумма равна нулю, формула составлена верно.

Определим химический характер высшего оксида селена (прил. 2). SeO_3 – кислотный оксид, так как селен является неметаллом и имеет степень окисления +6. Поэтому гидроксид селена – кислота. Формулу соответствующей кислоты H_2SeO_4 можно построить, если добавить к формуле оксида формулу молекулы воды следующим образом:

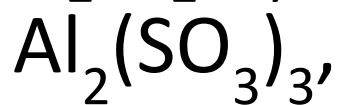
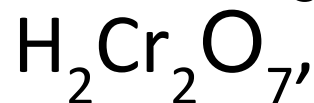
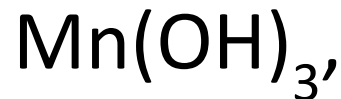
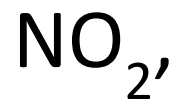


Характеристика элемента	K	Ga	Se	Mn
Период	4	4	4	4
Число энергетических уровней	4	4	4	4
Группа	I	III	VI	VII
Подгруппа	главная А	главная А	главная А	побочная В
Число электронов на внешнем уровне	1	3	6	2
Металл или неметалл	металл	металл	неметалл	металл
Высшая с. о.	+1	+3	+6	+7
Формула высшего оксида	K_2O	Ga_2O_3	SeO_3	Mn_2O_7
Химический характер оксида	основной	амфотерный	кислотный	кислотный
Формула высшего гидроксида	KOH	$Ga(OH)_3$ H_3GaO_3 $HGaO_2$	H_2SeO_4	$HMnO_4$

Оксид галлия Ga_2O_3 является амфотерным (прил. 3). Поэтому гидроксид галлия – амфолит. Его формулу записывают как в виде основания $Ga(OH)_3$, так и в виде кислоты H_3GaO_3 или $HGaO_2$

Тема 2. Основные классы неорганических соединений

Пример 2.1. Для приведенных соединений



определите степень окисления каждого элемента.

Решение. Степень окисления элементов в соединениях определяется исходя из правил:

*В оксидах, гидроксидах и солях степень окисления водорода равна **+1**, кислорода равна **-2**.*

*Степень окисления атомов в простых веществах равна **нулю**. Сумма степеней окисления всех элементов в соединениях равна **нулю**, в ионах – заряду **иона**.*

Постоянную степень окисления, равную номеру группы,

имеют атомы элементов групп

IA, IIA, IIB (кроме ртути), IIIA (кроме таллия), IIIB

В соединении NO_2 на два атома кислорода приходится заряд -4 : $2(-2) = -4$.

Степень окисления азота равна $+4$.

Проверяем правильность определения степени окисления азота в соединении NO_2 : $2(-2) + 1(+4) = 0$.

$$+3 \quad -2 \quad +1$$

В соединении $\text{Mn}(\text{OH})_3$ степень окисления одной гидроксильной группы равна -1 :

$-2 + 1 = -1$, а трех гидроксильных групп равна -3 . Степень окисления марганца в соединении $\text{Mn}(\text{OH})_3$ равна $+3$.

Проверяем правильность определения степени окисления марганца в соединении $\text{Mn}(\text{OH})_3$: $1(+3) + 3(-2 + 1) = 0$.

$$+1 \quad +6 \quad -2$$

В соединении $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ на два атома водорода приходится заряд $+2$: $2(+1) = +2$, а на семь атомов кислорода приходится заряд -14 : $7(-2) = -14$.

Определим степень окисления хрома (x) в соединении:

$$0 = 2(+1) + 2x + 7(-2), \quad 2x = +12; \quad x = +6.$$

Таким образом, степень окисления хрома в соединении $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ равна $+6$.

Пример 2.2. Определите класс приведенных

соединений: Cs_2O ,

H_3AsO_4 ,

$\text{Fe}(\text{OH})_2$,

CaCO_3 .

Решение.

Класс соединения определяется его составом и порядком расположения его составных частей

Молекула Cs_2O состоит из двух элементов, одним из которых является **кислород**, следовательно, соединение Cs_2O относится к классу оксидов.

В состав сложного вещества H_3AsO_4 входит атом водорода, способный замещаться на атомы металла, H_3AsO_4 относится к классу кислот.

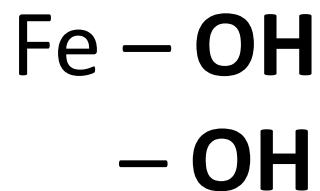
H-O –

H-O – As = O

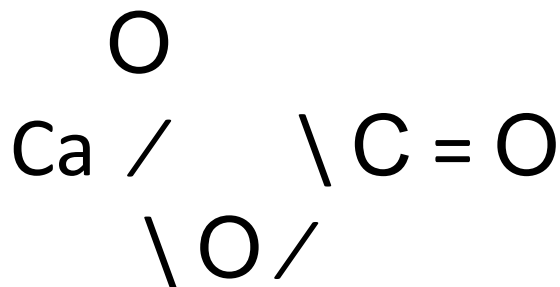
H-O –

Na- OH -----

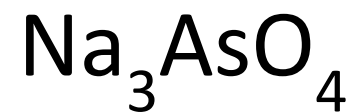
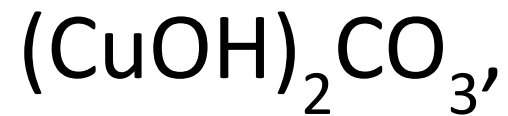
В состав сложного вещества $\text{Fe}(\text{OH})_2$ входит *атом металла* и *две гидроксильные группы*, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ относится к классу оснований.



В состав сложного вещества CaCO_3 входит *атом металла* (основный остаток) и *кислотный остаток*, CaCO_3 относится к классу солей.



Пример 2.3. Укажите тип каждой соли

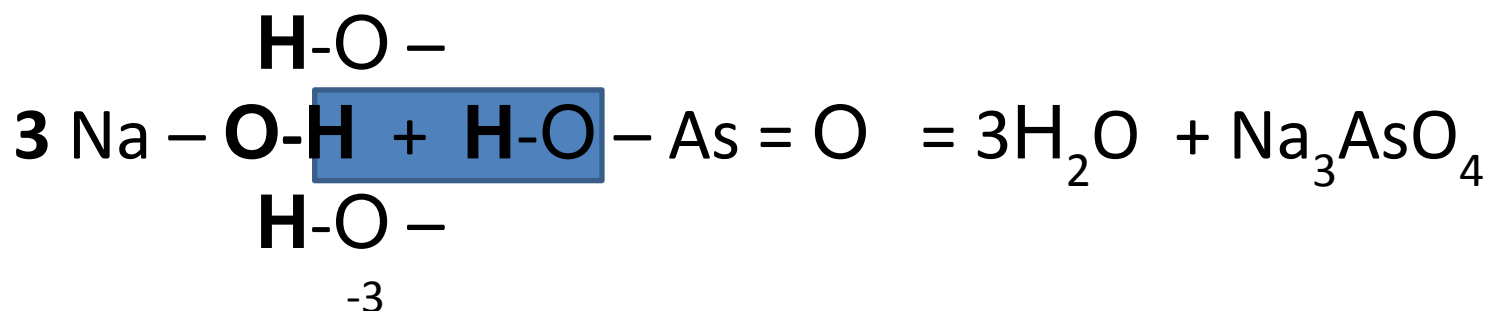


и назовите их.

Решение.

Тип соли определяется составом основного и кислотного остатков.

Na_3AsO_4 – средняя соль, так как является продуктом полного замещения атомов водорода в мышьяковой кислоте H_3AsO_4 атомами металла.



Кислотный остаток AsO_4 – арсенат. Название соли – **арсенат натрия.**

Основные соли содержат две и более гидроксильных групп в основном остатке, их образуют многокислотные основания. Группа OH^- , входящая в состав основного остатка, обозначается приставкой гидрокси-

$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – основная соль, так как основной остаток $(\text{CuOH})^{+1}$ содержит одну гидроксогруппу. Кислотный остаток карбонат CO_3^{2-}

- остаток угольной кислоты H_2CO_3 .

Название соли – карбонат гидроксомеди (II), т.к. степень окисления меди +2.

Кислые соли содержат два и более атомов водорода в кислотном остатке, их образуют многоосновные кислоты. Атом водорода, входящий в состав кислотного остатка, обозначается приставкой гидро-

KHSiO_3 – кислая соль, кислотный остаток (HSiO_3^-)

содержит один атом водорода и

называется гидросиликат.

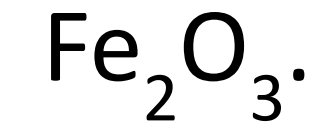
Название соли – гидросиликат калия.

H - O-



H - O-

Пример 2.4. Назовите оксиды:



Укажите их кислотно-основные свойства и подтвердите их химический характер уравнениями соответствующих реакций.

Решение. Названия оксидов составляют из слова «оксид» и названия химического элемента в родительном падеже. Если элемент образует несколько оксидов, то в их названиях указывается его **степень окисления** римской цифрой в скобках сразу после названия.

В оксиде SeO_2 степень окисления селена +4, название – оксид селена(IV).

Кислотным оксидам соответствуют кислоты

Селен является неметаллом, SeO_2 – кислотным оксидом, ему соответствует кислота H_2SeO_3 ($\text{SeO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SeO}_3$).

Кислотно-основные свойства оксидов (химический характер) подтверждаются их взаимодействием с гидроксидами.

Кислотные оксиды реагируют с основаниями с образованием соли и воды

Для SeO_2 : $\text{SeO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Задание 2.1. Для приведенных веществ (варианты задания 2.1):

2.1.1. Определите класс и тип соединения;

2.1.2. Определите степень окисления каждого элемента в соединениях;

2.1.3. Назовите соединения;

2.1.4. Подтвердите химический характер оксидов и гидроксидов (составьте уравнения реакций солеобразования).

Образец оформления ответа к заданию 2.1:

Вещество, с.о. элементов	Класс и тип соединения	Название	Уравнение реакций кислотно-основного взаимодействия
$^{+2}Ba^{2-}S$	Соль, средняя	сульфид бария	—

Вариант

Формулы веществ

1. $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$, CaHPO_4 , KClO_4 , $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{Cl}$,
2. PbCrO_4 , KHSO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$, HNO_2
3. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{AsO}_4)_2$, $(\text{FeOH})_2\text{SO}_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$
4. AlOHCl_2 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, Na_2ZnO_2 , H_2CrO_4
5. AgNO_3 , $\text{Fe}_2(\text{HPO}_4)_3$, $\text{Al}(\text{OH})_2\text{ClO}_4$, $\text{Cr}(\text{OH})_2$
6. K_2CrO_4 , NaHCO_3 , $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$
7. CdSO_4 , LiHS , $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$, RbOH , $\text{Sn}(\text{OH})_2$
8. CdSO_3 , Na_2O , K_2HAsO_4 , CuOHNO_3 , $\text{Cd}(\text{OH})_2$
9. PbS , NaH_2AsO_4 , $(\text{MgOH})_3\text{PO}_4$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, HgO
10. HNO_3 , CuSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, Fe_2O_3
11. MnSO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$, $\text{Cu}(\text{HSO}_3)_2$, H_2CrO_4
12. $(\text{ZnOH})_2\text{SO}_3$, NaHCO_3 , CaS , H_3AsO_4
13. K_2S , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$, H_3BO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
14. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, KH_2PO_4 , HNO_3 , $(\text{CaOH})\text{NO}_2$
15. KI , $(\text{PbOH})_2\text{CO}_3$, HNO_2 , $\text{Mg}(\text{HSO}_4)_2$, KOH

Вариант	Формулы веществ
16	$\text{FeSO}_4, \text{H}_3\text{AsO}_3, \text{Cr}_2\text{O}_3, \text{Hg}(\text{OH})_2, \text{CrO}_3$
17	$(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2, \text{Mn}_2\text{O}_7, \text{NaOH}, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{PbO}$
18	$\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3, \text{Cr}(\text{OH})_3, \text{CaO}, \text{HMnO}_4, \text{PbO}$
19	$\text{FeOHSO}_4, \text{Mg}(\text{OH})_2, \text{Cr}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{SO}_3, \text{Na}_2\text{O}$
20	$\text{CrOH}(\text{ClO}_4)_2, \text{NaOH}, \text{ZnO}, \text{H}_2\text{SeO}_4, \text{MgO}$
21	$\text{CdOHCl}, \text{Co}(\text{OH})_2, \text{TiO}_2, \text{H}_3\text{PO}_3, \text{SO}_3$
22	$\text{AlOH}(\text{AlO}_2)_2, \text{Mn}(\text{OH})_3, \text{SnO}_2, \text{H}_2\text{CrO}_4, \text{CrO}$
23	$\text{Pb}(\text{OH})_2, \text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{SeO}_4, \text{CO}_2$
24	$\text{CoOH})_3\text{PO}_4, \text{Al}(\text{OH})_3, \text{FeO}, \text{H}_2\text{WO}_4, \text{Cl}_2\text{O}_3$
25	$(\text{SrOH})_3\text{PO}_3, \text{AgOH}, \text{PbO}, \text{H}_2\text{TeO}_3, \text{Cl}_2\text{O}_5$
26	$\text{PbOHCl}_3, \text{Sn}(\text{OH})_2, \text{SiO}_2, \text{H}_3\text{BO}_3, \text{NiO}$
27	$\text{ZnOHNO}_3, \text{Ti}(\text{OH})_2, \text{B}_2\text{O}_3, \text{HClO}_3, \text{Ag}_2\text{O}$
28	$[\text{Fe}(\text{OH})_2]_2\text{CO}_3, \text{TlOH}, \text{As}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{MnO}_4, \text{GeO}_2$
29	$\text{MnOHCl}, \text{Co}(\text{OH})_2, \text{N}_2\text{O}_5, \text{H}_2\text{CrO}_4, \text{PbO}$
30	$\text{Pb}(\text{OH})_4, \text{V}_2\text{O}_5, \text{H}_2\text{MoO}_4, \text{HgO}$