

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.Э. БАУМАНА**
Факультет фундаментальных наук
Кафедра ФН5 «Химия»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ
ПО КУРСУ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

УДК 546
ББК 24.12
М54

Рецензент В.О. Гладышев

Методические указания к выполнению домашнего задания по курсу неорганической химии / В.И. Ермолаева, Н.Н. Дзуличанская, Л.А. Хмарцева и др. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 40с.: ил.

Методические указания содержат более 500 задач по основным разделам неорганической химии, включенным в домашнее задание, которое студенты выполняют в первом семестре, и примеры решения типовых задач.

Для студентов, обучающихся по специальности «Экология и промышленная безопасность» и на факультете «Биомедицинская техника».

Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению домашнего задания содержат задачи по всем основным разделам курса неорганической химии, читаемого в первом семестре: строение вещества, окислительно-восстановительные реакции, химия элементов. Всего в домашнем задании содержится более 500 задач.

В методических указаниях подробно рассмотрены примеры решения типовых задач по всем разделам домашнего задания.

В разделе «Строение вещества: атом, молекула, кристалл» приведены задачи различной сложности, требующие от студента умения не только составить электронную конфигурацию атома, но и объяснить закономерности в изменении свойств атомов и молекул в соответствии с современными теориями и периодическим законом или определить тип кристаллической решетки вещества и вычислить ее параметры.

В разделе «Окислительно-восстановительные реакции» приведены уравнения, для которых необходимо подобрать коэффициенты, используя метод электронно-ионных полуреакций, или составить полное уравнение реакции на основе уравнений отдельных полуреакций.

В разделе «Химия элементов» даны задачи различных типов, в которых требуется определить количество реагирующих веществ, используя стехиометрические законы химии, написать уравнения реакций, отвечающих химическим превращениям веществ.

Подобный набор задач позволит преподавателю по результатам выполнения домашнего задания объективно оценить уровень усвоения студентами изученного материала.

При выполнении домашнего задания студент получает от преподавателя индивидуальный набор задач по указанным разделам курса.

1. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА: АТОМ, МОЛЕКУЛА, КРИСТАЛЛ.

1.1. Атом

В задачах 1-12 укажите максимальное количество электронов на атомных орбиталях, имеющих заданные значения главного квантового числа n и орбитального квантового числа l . Как обозначаются эти орбитали?

№	n	l	№	n	l	№	n	l	№	n	l
1	4	3	4	5	1	7	4	1	10	5	0
2	3	1	5	3	2	8	6	0	11	4	2
3	4	0	6	5	2	9	2	1	12	6	2

В задачах 13-27 напишите электронную формулу атома элемента с указанным порядковым номером Z , определите значения квантовых чисел n и l электронов внешнего энергетического уровня.

№	Z	№	Z	№	Z	№	Z	№	Z
13	31	16	8	19	24	22	14	25	35
14	15	17	7	20	12	23	18	26	13
15	21	18	20	21	11	24	22	27	27

В задачах 28-42 определите химический элемент по его положению в указанном периоде и группе периодической системы, составьте электронную формулу атома элемента, изобразите электронно-графическую диаграмму внешнего энергетического уровня в основном состоянии атома.

№	Период	Группа	№	Период	Группа	№	Период	Группа
28	3	III A	33	2	VI A	38	4	II B
29	4	IV A	34	4	VI B	39	3	IV A
30	4	IV B	35	3	V A	40	5	IV B
31	3	VI A	36	4	VII B	41	4	IA
32	5	II A	37	4	I B	42	2	V A

В задачах 43-58 составьте электронные формулы атома элемента в основном и возбужденном состоянии, изобразите электронно-графические диаграммы внешнего энергетического уровня атома в этих состояниях.

№	Элемент	№	Элемент	№	Элемент	№	Элемент
43	P	47	Sc	51	As	55	Ga
44	Ca	48	Zn	52	Sr	56	Ge
45	Si	49	V	53	Ti	57	Co
46	Al	50	Cr	54	Fe	58	Mn

В задачах 59 –71 приведены энергии ионизации I_i ($i = \overline{1,6}$) для атомов. Определите наиболее вероятную формулу хлорида указанного атома.

№	Атом	I_1 , эВ	I_2 , эВ	I_3 , эВ	I_4 , эВ	I_5 , эВ	I_6 , эВ
59	B	8,296	25,15	37,92	259,30	340,13	
60	C	11,264	24,376	47,86	64,48	391,99	489,84
61	Na	5,138	47,29	71,8	98,88	138,6	172,4
62	Mg	7,644	15,03	78,2	109,3	141,23	186,8
63	Ti	6,83	13,57	28,14	43,24	99,8	119
64	Li	5,39	75,62	122,42			
65	Si	8,149	16,34	33,46	45,13	166,73	205,1
66	Ge	7,88	15,93	34,21	45,7	93,4	123,0
67	Rb	4,176	27,56	40,0	52,6	71,0	84,4
68	Sn	7,332	14,6	30,7	46,4	91,0	103,0
69	Be	9,32	18,21	153,85	217,66		
70	Al	5,984	18,82	28,44	119,96	153,8	190,42
71	P	10,55	19,65	30,16	51,35	65,01	220,41

В задачах 72-85 объясните изменение первой энергии ионизации в указанном ряду элементов. Составьте электронные формулы атомов элементов.

№	Первая энергия ионизации, эВ	№	Первая энергия ионизации, эВ
72	5,39(Li), 9,39(Be), 8,296(B)	79	7,90(Fe), 7,86(Co), 7,633(Ni)
73	8,296(B), 11,264(C), 14,54(N)	80	7,724(Cu), 7,57(Ag), 9,22(Au)
74	5,128(Na), 7,644(Mg), 5,984(Al)	81	7,644(Mg), 6,111(Ca), 5,69(Sr)
75	11,264(C), 8,149(Si), 7,88(Ge)	82	8,149(Si), 7,88(Ge), 7,33(Sn)
76	9,39(Be), 7,644(Mg), 6,111(Ca)	83	6,74(V), 6,88(Nb), 7,7(Ta)

77	5,984(Al), 8,149(Si), 10,55(P)	84	6,76(Cr), 7,43(Mn), 7,90(Fe)
78	6,83(Ti), 6,835(Zr), 6,78(Hf)	85	13,614(O), 10,357(S), 9,75(Se)

1.2. Молекула

1.2.1 Метод молекулярных орбиталей

В задачах 86-93 объясните с позиций метода молекулярных орбиталей изменение энергии разрыва связи $E_{\text{св}}$ в частицах.

№	Частица	$E_{\text{св}}$, кДж/моль	Частица	$E_{\text{св}}$, кДж/моль	Частица	$E_{\text{св}}$, кДж/моль
86	C ₂	605	C ₂ ⁻	786	C ₂ ⁺	531
87	S ₂	426	S ₂ ⁻	408	S ₂ ⁺	522
88	F ₂	159	F ₂ ⁻	121	F ₂ ⁺	323
89	N ₂	945	N ₂ ⁻	745	N ₂ ⁺	846
90	Cl ₂	243	Cl ₂ ⁻	124	Cl ₂ ⁺	392
91	Br ₂	194	Br ₂ ⁻	86	Br ₂ ⁺	320
92	Li ₂	102	Li ₂ ⁻	92	Li ₂ ⁺	75
93	I ₂	153	I ₂ ⁻	106	I ₂ ⁺	254

В задачах 94-99 объясните с позиций метода молекулярных орбиталей изменение величины межъядерного расстояния (длины связи) $d_{\text{св}}$ в частицах.

№	Частица	Длина связи, $d_{\text{св}} \cdot 10^{12}$, м	Частица	Длина связи, $d_{\text{св}} \cdot 10^{12}$, м
94	Cs ₂	430	Cs ₂ ⁺	470
95	H ₂	74	H ₂ ⁺	108
96	C ₂	124	C ₂ ⁻	127
97	Li ₂	267	Li ₂ ⁺	314
98	Cl ₂	199	Cl ₂ ⁺	189
99	P ₂	189	P ₂ ⁺	199

В задачах 100-109 объясните с позиций метода молекулярных орбиталей, как изменяется энергия и длина связи в ряду частиц. Расположите частицы в порядке увеличения прочности связи.

№	Частицы	№	Частицы
100	B_2^+ , B_2 , B_2^-	105	B_2 , C_2 , N_2
101	C_2^+ , C_2 , C_2^-	106	N_2 , O_2 , F_2
102	N_2^+ , N_2 , N_2^-	107	N_2 , P_2 , As_2
103	F_2^+ , F_2 , F_2^-	108	C_2 , N_2 , O_2
104	Li_2^+ , Li_2 , Li_2^-	109	P_2 , S_2 , Cl_2

1.2.2. Метод валентных связей

В задачах 110-133 с позиций метода валентных связей объясните геометрическую форму частицы, укажите тип гибридизации орбиталей центрального атома, наличие σ - и π -связей, изобразите частицу.

№	Частица	Геометрическая форма	№	Частица	Геометрическая форма
110	BeF_2	Линейная	122	AlF_3	Плоский треугольник
111	BCl_3	Плоский треугольник	123	SeF_6	Октаэдр
112	CF_4	Тетраэдр	124	$AsBr_3$	Тригональная пирамида
113	CO_2	Линейная	125	PF_5	Тригональная бипирамида
114	HCN	Линейная	126	WF_6	Октаэдр
115	SCl_2	Угловая	127	$AlCl_3$	Плоский треугольник
116	SiH_4	Тетраэдр	128	Cl_4	Тетраэдр
117	$BeCl_2$	Линейная	129	GeF_4	Тетраэдр
118	SiI_4	Тетраэдр	130	OF_2	Угловая
119	COS	Линейная	131	H_2O	Угловая
120	$SnCl_4$	Тетраэдр	132	$HOCl$	Угловая
121	NOF	Угловая	133	H_2Se	Угловая

В задачах 134-149 с позиций метода валентных связей объясните, почему частица имеет такое пространственное строение, укажите тип гибридизации орбиталей центрального атома, изобразите частицу.

№	Частица	Валентный угол, град	№	Частица	Валентный угол, град
134	$[\text{BeF}_4]^{2-}$	F-Be-F 109,5	142	$[\text{GeCl}_6]^{2-}$	Cl-Ge-Cl 90
135	$[\text{AlH}_4]^-$	H-Al-H 109,5	143	$[\text{BrF}_4]^-$	F-Br-F 90
136	$[\text{PH}_4]^+$	H-P-H 109,5	144	$[\text{ICl}_4]^-$	Cl-I-Cl 90
137	$[\text{SiF}_6]^{2-}$	F-Si-F 90	145	$[\text{AlCl}_4]^-$	Cl-Al-Cl 109,5
138	$[\text{BH}_4]^-$	H-B-H 109,5	146	$[\text{SnBr}_6]^{2-}$	Br-Sn-Br 90
139	$[\text{ClO}_4]^-$	O-Cl-O 109,5	147	$[\text{PCl}_6]^-$	Cl-P-Cl 90
140	$[\text{AsF}_6]^-$	F-As-F 90	148	$[\text{CO}_3]^{2-}$	O-C-O 120
141	$[\text{AlF}_6]^{3-}$	F-Al-F 90	149	$[\text{NO}_2]^+$	O-N-O 180

В задачах 150-163 приведены частицы, для которых указан тип гибридизации орбиталей центрального атома. Используя метод валентных связей, определите геометрическую форму частицы, укажите наличие σ - и π -связей, изобразите частицу.

№	Частица	Тип гибридизации	№	Частица	Тип гибридизации
150	AlCl_3	(Al) sp^2	157	NOF	(O) sp^3
151	AsF_5	(As) sp^3d	158	PCl_5	(P) sp^3d
152	BI_3	(B) sp^2	159	XeF_2	(Xe) sp^3d
153	CO_2	(C) sp	160	PF_5	(P) sp^3d
154	CS_2	(C) sp	161	NOF	(N) sp^2
155	CSCl_2	(C) sp^2	162	GeH_4	(Ge) sp^3
156	H_2O	(O) sp^3	163	BBr_3	(B) sp^2

1.3. Кристалл

В задачах 164-187 определите структурный тип решетки, в которой кристаллизуется простое вещество (кубическая гранецентрированная, кубическая объемноцентрированная или алмазоподобная), используя

экспериментальные данные (плотность вещества ρ , ребро куба a), рассчитайте атомный радиус элемента.

№	Вещество	ρ , кг/м ³	$a \cdot 10^{10}$, м	№	Вещество	ρ , кг/м ³	$a \cdot 10^{10}$, м
164	Al	2703	4,05	176	Na	970	4,20
165	Li	534	3,50	177	Ge	5350	5,65
166	Ba	3750	5,02	178	Pt	21450	4,93
167	α -Sn	5750	6,49	179	γ -Fe	8140	3,64
168	Cr	7200	2,89	180	α -Fe	7800	2,87
169	W	19320	3,16	181	Nb	8580	3,30
170	Rb	1532	5,69	182	Ta	16690	3,30
171	V	5960	3,04	183	Mo	10200	3,15
172	Pb	11340	4,95	184	Cs	1900	6,02
173	C _(алмаз)	3500	3,57	185	Rh	12420	3,80
174	Sr	2630	6,07	186	Ca	1550	5,58
175	Au	19320	4,08	187	Ag	10500	4,08

В задачах 188-207 определите структурный тип решетки, в которой кристаллизуется данное вещество (структурные типы NaCl или CsCl), используя экспериментальные данные (плотность вещества ρ , ребро куба a), рассчитайте радиус катиона при известном радиусе аниона $R_{\text{анион}}$).

№	Вещество	$R_{\text{анион}} \cdot 10^{10}$, м	ρ , кг/м ³	$a \cdot 10^{10}$, м	№	Вещество	$R_{\text{анион}} \cdot 10^{10}$, м	ρ , кг/м ³	$a \cdot 10^{10}$, м
188	LiBr	1,96	3464	5,501	198	CsF	1,33	3586	6,020
189	LiF	1,33	2295	4,028	199	LiI	2,19	4061	6,012
190	MgS	1,82	2860	5,191	200	SrS	1,82	3700	6,006
191	α -RbCl	1,81	2760	3,749	201	MnO	1,36	5440	4,425
192	LiH	1,36	780	4,093	202	SrO	1,36	4650	5,083
193	RbBr	1,96	3350	6,868	203	MnS	1,82	3990	5,211
194	β -RbCl	1,81	2760	6,412	204	BaO	1,36	5720	5,542
195	RbI	2,19	3550	7,340	205	MgO	1,36	3580	4,213
196	NH ₄ I	2,19	2514	4,380	206	BaS	1,82	4250	6,381
197	CsCl	1,81	3970	4,100	207	CaO	1,36	3370	4,812

2. ОКИСЛИТЕЛЬНО – ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

В задачах 208-232 допишите уравнение окислительно-восстановительной реакции, подберите коэффициенты, используя метод электронно-ионных полуреакций.

№	Уравнение окислительно-восстановительной реакции.
208	$\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KNO}_3 + \dots\dots$
209	$\text{KClO}_3 + \text{KI} + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \dots\dots$
210	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots\dots$
211	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \dots\dots$
212	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots\dots$
213	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots\dots$
214	$\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaClO}_3 + \dots\dots$
215	$\text{KBrO}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \dots\dots$
216	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots\dots$
217	$\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \dots\dots$
218	$\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots\dots$
219	$\text{NaMnO}_4 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \dots\dots$
220	$\text{KMnO}_4 + \text{HBr} \rightarrow \text{Br}_2 + \dots\dots$
221	$\text{KClO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \dots\dots$
222	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots\dots$
223	$\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \dots\dots$
224	$\text{HBrO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots\dots$
225	$\text{KMnO}_4 + \text{SO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{MnO}_2 + \dots\dots$
226	$\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \dots\dots$
227	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SnCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{SnCl}_4 + \dots\dots$
228	$\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots\dots$
229	$\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \dots\dots$
230	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \dots\dots$
231	$\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \dots\dots$
232	$\text{NaClO} + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl} + \dots\dots$

В задачах 233-255 укажите, к какому типу окислительно-восстановительных реакций (межмолекулярные, внутримолекулярные,

диспропорционирования, контрпропорционирования) относятся следующие реакции, подберите коэффициенты методом электронно-ионных полуреакций.

№	Уравнение окислительно-восстановительной реакции.
233	$\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$
234	$\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
235	$\text{KClO}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KCl}$
236	$\text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_3$
237	$\text{CrO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_2$
238	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
239	$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
240	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$
241	$\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$
242	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
243	$\text{MnCO}_3 + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KCl} + \text{CO}_2$
244	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
245	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
246	$\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
247	$\text{SO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{O}_2$
248	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$
249	$\text{P} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_2$
250	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
251	$\text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
252	$\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$
253	$\text{WC} \rightarrow \text{W}_2\text{C} + \text{C}_{\text{графит}}$
254	$\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CO}$
255	$\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$

В задачах 256-269 подберите коэффициенты к уравнениям окислительно-восстановительных реакций с участием комплексных соединений любым методом.

№	Уравнение окислительно-восстановительной реакции
256	$\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4] + \text{NaOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
257	$\text{Pt} + \text{HCl} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2[\text{PtCl}_6] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
258	$\text{Ti} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2[\text{TiF}_6] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

259	$\text{Zn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
260	$\text{K}_2[\text{TaF}_7] + \text{K} \rightarrow \text{Ta} + \text{KF}$
261	$\text{Zn} + \text{KClO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{KCl}$
262	$\text{Be} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
263	$\text{TiCl}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{TiO}]\text{Cl}_2 + \text{HCl}$
264	$\text{Au} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCN} \rightarrow \text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + \text{KOH}$
265	$\text{Nb} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2[\text{NbF}_7] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
266	$\text{Au} + \text{HCl} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
267	$\text{Zn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_3] + \text{H}_2$
268	$\text{Br}_2 + \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{KOH} \rightarrow \text{KBr} + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
269	$\text{Si} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2[\text{SiF}_6] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

В задачах 270–293 составьте молекулярно-ионное уравнение окислительно-восстановительной реакции по приведенным уравнениям полуреакций окисления восстановителя и восстановления окислителя

№	Схема полуреакции окисления восстановителя	Схема полуреакции восстановления окислителя
270	$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$
271	$\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
272	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
273	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$	$\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$
274	$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$	$\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$
275	$\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_4^-$	$\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_2$
276	$\text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClO}^-$	$\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}^-$
277	$\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S}$	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
278	$2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$
279	$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$	$\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$
280	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$
281	$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
282	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$
283	$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
284	$\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^-$	$\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$
285	$\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$	$\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}^-$
286	$\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S}$	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$
287	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$
288	$\text{Fe} \rightarrow \text{FeO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$
289	$\text{As}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{AsO}_4^{3-}$	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$

290	$S^{2-} \rightarrow S$	$NO_3^- \rightarrow NO_2^-$
291	$Br^- \rightarrow Br_2$	$BrO_3^- \rightarrow Br_2$
292	$Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^-$	$ClO_3^- \rightarrow Cl^-$
293	$SeO_3^{2-} \rightarrow SeO_4^{2-}$	$Cl_2 \rightarrow Cl^-$

В задачах 294–308 составьте электронно-ионные уравнения полуреакций окисления или восстановления.

№	Схема превращения
294	а) $NO_2^- \rightarrow NO_2$; б) $IO_3^- \rightarrow I_2$; в) $Cl_2 \rightarrow ClO^-$
295	а) $NH_4^+ \rightarrow N_2O$; б) $Al \rightarrow [Al(OH)_4]^-$; в) $NO_2 \rightarrow NO_2^-$
296	а) $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$; б) $PbS \rightarrow S$; в) $S \rightarrow SO_3^{2-}$
297	а) $Cl^- \rightarrow ClO_3^-$; б) $H_2O_2 \rightarrow O_2$; в) $NO_3^- \rightarrow NH_4^+$
298	а) $I_2 \rightarrow IO_3^-$; б) $SO_3^{2-} \rightarrow S$; в) $ClO_3^- \rightarrow Cl^-$
299	а) $MnO_4^- \rightarrow MnO_4^{2-}$; б) $Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$; в) $SO_4^{2-} \rightarrow SO_2$
300	а) $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$; б) $MnO_4^- \rightarrow MnO_2$; в) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$
301	а) $ClO_2^- \rightarrow Cl^-$; б) $FeO \rightarrow Fe^{3+}$; в) $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+}$
302	а) $MnO_4^- \rightarrow MnO(OH)_2$; б) $SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-}$; в) $I_2 \rightarrow IO_3^-$
303	а) $[Cr(OH)_6]^{3-} \rightarrow CrO_4^{2-}$; б) $BrO_3^- \rightarrow Br_2$; в) $NO_3^- \rightarrow N_2O$
304	а) $ClO_4^- \rightarrow Cl^-$; б) $H_2O_2 \rightarrow H_2O$; в) $Cr_2O_3 \rightarrow CrO_4^{2-}$
305	а) $Zn \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$; б) $Fe^{2+} \rightarrow Fe(OH)_3$; в) $SO_4^{2-} \rightarrow SO_3^{2-}$
306	а) $SeO_3^{2-} \rightarrow SeO_4^{2-}$; б) $Cl_2 \rightarrow ClO^-$; в) $S^{2-} \rightarrow SO_3^{2-}$
307	а) $As_2O_3 \rightarrow AsO_4^{3-}$; б) $NO_3^- \rightarrow NO$; в) $SO_3^{2-} \rightarrow S$
308	а) $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$; б) $Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$; в) $SnO_2^{2-} \rightarrow SnO_3^{2-}$

3. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

3.1. Химические превращения веществ

В задачах 309-359 напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ. Укажите условия протекания реакций.

№	Схемы химических превращений
309	$KMnO_4 \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl \rightarrow AgCl$
310	$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe_3[Fe(CN)_6]_2$
311	$KOH \rightarrow KHSO_3 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow KCl \rightarrow K \rightarrow K_2O_2$
312	$CuO \rightarrow Cu \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuSO_4 \rightarrow CuS$
313	$Al \rightarrow Al_4C_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow BaSO_4$
314	$Fe(NO_3)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeS$

315	$\text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}$
316	$\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}$
317	$\text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4$
318	$\text{Ca} \rightarrow \text{CaH}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2$
319	$\text{Al} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al(NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}$
320	$\text{K} \rightarrow \text{KO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{O} \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{AgCl} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{AgNO}_3$
321	$\text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{HPO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2$
322	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{HClO} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}$
323	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Cr(OH)}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr} \rightarrow \text{Cr}_2\text{S}_3$
324	$\text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Ba} \rightarrow \text{BaO} \rightarrow \text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{Ba(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{BaCl}_2$
325	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr(OH)}_6]$
326	$\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$
327	$\text{Co(OH)}_3 \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CoO} \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow [\text{Co(NH}_3)_6](\text{OH})_2$
328	$\text{P} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{PH}_3 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{HPO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$
329	$\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{KH} \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{HClO}$
330	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Ca(ClO}_2)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}$
331	$\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3$
332	$\text{S} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl}$
333	$\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
334	$\text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2$
335	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Mn(OH)}_2 \rightarrow \text{Mn(NO}_3)_2 \rightarrow \text{HMnO}_4$
336	$\text{KBr} \rightarrow \text{Br}_2 \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{NaBr} \rightarrow \text{AgBr} \rightarrow \text{Ag}$
337	$\text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO} \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl}$
338	$\text{P} \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
339	$\text{Ni} \rightarrow \text{NiS} \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{Ni(OH)}_3$
340	$\text{P} \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{KH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4$
341	$\text{SO}_2 \rightarrow \text{Ca(HSO}_3)_2 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4$
342	$\text{KI} \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{KNO}_3 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Zn}$
343	$\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{PH}_3 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
344	$\text{K} \rightarrow \text{K}_2\text{O} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Zn(NO}_3)_2$
345	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
346	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
347	$\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2$
348	$\text{Zn(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{ZnO}$
349	$\text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{CuOHCl}$
350	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{NO}_2$
351	$\text{SiO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si}$
352	$\text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3$
353	$\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si} \rightarrow \text{Mg}_2\text{Si} \rightarrow \text{SiH}_4 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3$

354	$\text{Zn} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$
355	$\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$
356	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_3$
357	$\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$
358	$\text{H}_2 \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$
359	$\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2$

3.2. Стехиометрические расчеты.

3.2.1. Расчеты по уравнениям реакций.

В задачах 360-371 вычислите массовую долю (в процентах) хромовой кислоты H_2CrO_4 в растворе, полученном растворением оксида хрома (VI) в воде.

№	Масса, г		№	Масса, г		№	Масса, г	
	CrO_3	H_2O		CrO_3	H_2O		CrO_3	H_2O
360	2,0	100	364	3,0	125	368	4,0	145
361	2,2	110	365	3,5	130	369	4,3	150
362	2,5	115	366	3,6	135	370	4,5	155
363	3,0	120	367	3,7	140	371	5,0	160

В задачах 372-383 рассчитайте массовую долю (в процентах) гидроксида натрия NaOH в растворе, полученном растворением в 100 г воды указанной массы гидрида натрия m_{NaH} .

№	$m_{\text{NaH}}, \text{ г}$	№	$m_{\text{NaH}}, \text{ г}$	№	$m_{\text{NaH}}, \text{ г}$	№	$m_{\text{NaH}}, \text{ г}$
372	24,0	375	6,0	378	0,12	381	14,4
373	1,2	376	2,4	379	3,6	382	19,2
374	4,8	377	7,2	380	16,8	383	2,16

В задачах 384-395 вычислите массовую долю (в процентах) меди и цинка в латуни, если при растворении 30 г сплава в избытке серной кислоты выделился указанный объем водорода V_{H_2} , измеренный при температуре $T = 300\text{K}$ и давлении $p = 98,5 \text{ кПа}$.

№	$V_{H_2}, \text{ л}$	№	$V_{H_2}, \text{ л}$	№	$V_{H_2}, \text{ л}$	№	$V_{H_2}, \text{ л}$
384	2,90	387	4,76	390	4,40	393	4,90
385	2,66	388	5,03	391	3,64	394	2,80
386	4,00	389	4,20	392	3,00	395	3,36

В задачах 396-405 рассчитайте массу хлорида натрия и объем серной кислоты (массовая доля H_2SO_4 $\omega=98\%$, плотность H_2SO_4 $\rho =1841$ г/л), израсходованных на получение хлороводорода при слабом нагревании смеси, если при растворении всего полученного хлороводорода в 1 л воды был получен раствор HCl с известной массовой долей ω_{HCl} .

№	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405
ω_{HCl}	0,105	0,127	0,146	0,168	0,202	0,225	0,262	0,281	0,305	0,325

В задачах 406–415 рассчитайте, сколько тонн извести и оксида углерода (IV) дает ежесуточно известково-обжигательная печь, перерабатывающая за сутки указанную массу m тонн известняка с содержанием 96% $CaCO_3$, если расход угля, входящего в состав шихты, составляет 12% от массы известняка?

№	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
$m, \text{ т}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100

В задачах 416-425 определите массу каинита $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$, необходимую для замены указанной массы золы m , которая используется в качестве калийного удобрения. Полезным компонентом золы является карбонат калия, массовая доля которого в золе составляет 25%.

№	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425
$m, \text{ кг}$	50	60	75	100	120	150	180	200	230	250

Задача 426.

Минерал изумруд имеет следующий состав (в массовых долях, %): 5,06 бериллия, 10,05 алюминия, 31,49 кремния и 53,4 кислорода. Выведите

молекулярную формулу изумруда. Представьте состав изумруда в виде оксидов.

Задача 427.

Какова масса самого большого поддельного алмаза, который состоял из хрусталя $\text{PbO} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$ количеством 0,45 моль. Какое количество атомов углерода содержал бы настоящий алмаз той же массы?

Задача 428.

Определите формулу углеводорода, находящегося в садовом газовом баллоне массой нетто 5 кг, если массовая доля углерода составляет 75%.

Задача 429.

Медицинский раствор нашатырного спирта является 3% (масс.) водным раствором аммиака. Какую массу аммиака нужно растворить в воде, чтобы получить 50 г такого раствора? Сколько молекул аммиака входит в этот раствор?

Задача 430.

Для очистки воды перед поступлением в водопровод используют процесс хлорирования. Вычислите объем хлора, который потребуется для очистки 100 тонн воды при 23°C и давлении 746 мм ртутного столба, если для очистки 1 тонны воды используется 7,1 кг хлора.

Задача 431.

Морская вода содержит в среднем 3,5% различных солей, из которых около 80% приходится на долю NaCl. Рассчитайте, в какой массе воды содержится 1 т NaCl.

Задача 432.

При промышленном получении медного купороса медный лом окисляют кислородом воздуха и полученный оксид меди (II) растворяют в серной

кислоте. Вычислите расход меди и 80%-ной серной кислоты, требующийся для получения 1 т $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Задача 433.

В заводских условиях для удобства хранения и транспортировки брома его улавливают железными стружками, с которыми он образует соединение Fe_3Br_8 ($2\text{FeBr}_3 \cdot \text{FeBr}_2$). Какое количество железных стружек расходуется на заводе, перерабатывающем в сутки 750 т сильвинита $\text{NaCl} \cdot \text{KCl}$ с массовой долей 0,03% брома, и какое количество Fe_3Br_8 образуется при этом?

Задача 434.

Технологические потери при получении сернистого газа из серы составляют 12%. Определите массу технической серы, необходимой для получения 1774 л (н.у.) оксида серы (IV), если массовая доля примесей в технической сере равна 10%.

Задача 435.

Продуктами окисления щавелевой кислоты являются CO_2 и H_2O . Сколько миллилитров раствора щавелевой кислоты, содержащего 7% $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($\rho = 1,02$ г/мл), можно окислить в сернокислом растворе при действии 75 мл 0,08 н раствора KMnO_4 ?

Задача 436.

Рассчитайте, сколько килограммов 39 %-ного раствора HCl можно получить из 1 т технической поваренной соли, содержащей 8% посторонних, не содержащих хлора примесей.

Задача 437.

При действии избытка соляной кислоты на раствор карбоната натрия объемом 100 мл и плотностью 1,1 г/мл выделился газ, занимающий при нормальных условиях объем 2,016 л. Определите массовую долю карбоната натрия в исходном растворе.

Задача 438.

Газ, образовавшийся при сжигании 29,6 л сероводорода (н.у.), растворили в 500 мл 25%-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1280 \text{ кг/м}^3$). Определите, какая образовалась соль и какова ее массовая доля в растворе.

Задача 439.

Вычислите объем аммиака (н.у.), который можно получить, нагревая 20 г хлорида аммония с избытком гидроксида кальция. Объемная доля выхода аммиака составляет 92%.

Задача 440.

В процессе обжига пиролюзита образуется оксид марганца и кислород согласно уравнению: $3\text{MnO}_2 = \text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{O}_2$. Определите массу пиролюзита, которая потребуется для получения 100 м^3 кислорода, если минерал содержит 10% примесей.

Задача 441.

Известняк массой 1,5 кг с массовой долей карбоната кальция 90% прокалили в печи. К твердому остатку добавили избыток воды. Рассчитайте массу полученного гидроксида кальция.

Задача 442.

Определите массу технического алюминия (массовая доля алюминия 98,4%), который потребуется для алюминотермического получения ванадия массой 15,3 кг из оксида ванадия (V) V_2O_5 .

Задача 443.

Определите количественный состав смеси железных, медных и алюминиевых стружек, если при действии раствора гидроксида натрия на 13 г этой смеси выделяется 6,72 л (н.у.) газа, а при реакции с соляной кислотой – 8,96 л газа.

Задача 444.

Массовые доли металлов в одном из видов бронзы составляют: медь-85%, олово-12% и цинк-3%. Какой объем водорода (н.у.) выделится при взаимодействии 500 г этого сплава с избытком соляной кислоты?

Задача 445.

Минеральная вода кисловодских источников представляет собой раствор с соотношением масс компонентов $\text{H}_2\text{S}:\text{H}_2\text{O}$, равным 17:1800. Рассчитайте, какую массу водорода пациент примет внутрь с порцией воды массой 181,7 г.

Задача 446.

Для защиты атмосферы от выбросов оксида серы (VI), который образуется при горении топлива на теплоэлектростанции и вызывает кислотные дожди, применяют фильтры из вещества, состоящего из 40% кальция, 12% углерода и 48% кислорода. Выведите формулу этого вещества.

Задача 447.

Рассчитайте, какое количество технического цинка, содержащего 96% чистого Zn, и 27,5%-ного раствора соляной кислоты, должно быть израсходовано для получения 1 т 45% -ного раствора хлорида цинка.

3.2.2. Расчеты по закону эквивалентов

В задачах 448-463 рассчитайте массу и объем продуктов реакции, если прореагировало указанное количество вещества эквивалентов $n_{\text{ЭКВ}}$ одного из исходных веществ при нормальных условиях ($p=101,3$ кПа, $T=273$ К)

№	Реакция	$n_{\text{ЭКВ}}$
448	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$	0,2 Zn
449	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 = \text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2$	0,3 O_3
450	$4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$	1,0 O_2
451	$2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	0,1 H_2O_2
452	$2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 2\text{N}_2$	0,2 NH_4NO_3
453	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,4 O_2

454	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2 = \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	2,0 H_2
455	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$	4,0 SO_2
456	$4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	3,0 O_2
457	$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$	0,5 O_2
458	$\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2$	0,4 H_2O
459	$2\text{PbS} + 3\text{O}_2 = 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2$	0,3 O_2
460	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$	1,0 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
461	$2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$	0,4 CO
462	$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$	3,0 O_2
463	$\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$	6,0 O_2

В задачах 464-475 определите молярную массу эквивалента металла, если 20 г его вытесняют из кислоты водород указанного объема V_{H_2} при 18°C и давлении 101,3 кПа.

№	$V_{\text{H}_2}, \text{л}$	№	$V_{\text{H}_2}, \text{л}$	№	$V_{\text{H}_2}, \text{л}$	№	$V_{\text{H}_2}, \text{л}$
464	23,37	467	7,65	470	7,52	473	7,16
465	17,27	468	12,12	471	6,425	474	8,59
466	10,48	469	3,73	472	8,13	475	14,04

В задачах 476-490 рассчитайте молярную массу эквивалента кислоты, определите химическую формулу кислоты, если на нейтрализацию 1 л раствора кислоты с известными массовой долей $\omega_{\text{к}}$ и плотностью $\rho_{\text{к}}$ израсходован определенный объем раствора щелочи NaOH $V_{\text{щ}}$ с известной массовой долей $\omega_{\text{щ}}$ и плотностью $\rho_{\text{щ}}$.

№	$\omega_{\text{к}}, \%$	$\rho_{\text{к}}, \text{г/л}$	$V_{\text{щ}}, \text{мл}$	$\omega_{\text{щ}}, \%$	$\rho_{\text{щ}}, \text{г/л}$
476	6,2	1040	214	20,1	1220,0
477	20,4	1100,0	1120	18,3	1200,0
478	10	1024,7	668	9,2	1100,0
479	10	1053,2	2170	5,6	1060,0
480	4	1020,0	152	14,6	1160,0
481	14	1034,6	775	11	1120,0

482	12	1080,0	720	12,8	1140,0
483	12,5	1060,0	1178	11	1120,0
484	30	1180,0	380	41	1440,0
485	20	1113,4	2215	11	1120,0
486	35	1260,0	600	41	1440,0
487	30	1073,0	866	20,1	1220,0
488	0,4	1000,0	2190	0,2	1000,0
489	40	1254,0	2500	20,1	1220,0
490	24	1140,0	2920	5,6	1060,0

В задачах 491-502 определите молярную массу эквивалента металла, если металл указанной массы m при взаимодействии с соляной кислотой вытеснил 5 л водорода, собранного под водой и измеренного при давлении $P = 101,3$ кПа и некоторой температуре T . Давление насыщенного пара воды p_{H_2O} при указанной температуре известно. Назовите металл, если степень окисления его +2.

№	m , г	T , К	p_{H_2O} , Па	№	m , г	T , К	p_{H_2O} , Па
491	13,43	291	2070,0	497	13,29	293	2337,8
492	7,941	298	3167,2	498	4,839	297	2643,7
493	4,871	295	2647,3	499	8,185	292	2197,0
494	13,355	292	2197,0	500	4,797	298	3167,2
495	4,863	296	2486,4	501	8,145	293	2337,8
496	8,065	295	2647,3	502	12,95	298	3167,2

В задачах 503-512 определите, используя закон эквивалентов, какое вещество находится в избытке, если к раствору 1, содержащему 10 г указанной кислоты, прибавили раствор 2, содержащий 10 г указанной щелочи.

№	Раствор 1	Раствор 2	№	Раствор 1	Раствор 2
503	HNO ₃	KOH	508	HNO ₃	Ca(OH) ₂
504	H ₂ SO ₄	NaOH	509	HCl	NaOH
505	HCl	Ba(OH) ₂	510	HNO ₃	Ba(OH) ₂

506	HNO ₃	NaOH	511	H ₂ SO ₄	KOH
507	HCl	KOH	512	HCl	Ca(OH) ₂

В задачах 513-522 определите молярную массу эквивалента галогена, если известно содержание кислорода в оксиде металла и галогена в галогениде этого же металла.

№	Массовая доля ω , %		№	Массовая доля ω , %	
	кислорода	галогена		кислорода	галогена
513	2,00	31,72	518	15,40	68,24
514	1,20	2,85	519	2,30	22,90
515	2,80	12,40	520	31,50	74,81
516	1,57	15,60	521	12,50	55,30
517	3,70	58,69	522	20,70	49,16

В задачах 523-532 определите молярную массу эквивалента и число эквивалентности кислоты и щелочи, участвующих в реакции нейтрализации.

№	Уравнение реакции
523	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
524	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
525	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{Mg}(\text{OH})_2 = [\text{Mg}(\text{OH})]_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
526	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{HCl} = \text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$
527	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
528	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
529	$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
530	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
531	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
532	$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl} = \text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Строение вещества: атом, молекула, кристалл.

Пример 1. С позиций метода молекулярных орбиталей (МО) объясните, как изменяются энергия и длина связи в ряду частиц O_2 , O_2^- , O_2^+ .

Решение. Электронная конфигурация атома кислорода в основном состоянии имеет вид $[1s^2 2s^2 2p^4]$ или $[K 2s^2 2p^4]$.

Образование молекулы O_2 можно представить записью:



в молекуле кислорода по МО должно быть распределено 12 электронов.

В соответствии с порядком возрастания энергии молекулярных орбиталей

$$\sigma(1s) < \sigma^*(1s) < \sigma(2s) < \sigma^*(2s) < \sigma(2p_z) < \pi(2p_x) = \pi(2p_y) < \pi^*(2p_x) = \pi^*(2p_y) < \sigma^*(2p_z)$$

молекула кислорода будет иметь следующее строение:

$$[KK \sigma(2s)^2 \sigma^*(2s)^2 \sigma(2p_z)^2 \pi(2p_x)^2 \pi(2p_y)^2 \pi^*(2p_x)^1 \pi^*(2p_y)^1].$$

Порядок связи для двухатомной частицы рассчитывают по формуле:

$$n = \frac{N - N^*}{2}, \quad \text{где } N - \text{ количество электронов на связывающих}$$

МО, N^* - количество электронов на разрыхляющих МО.

В молекуле O_2 имеется избыток четырех электронов на связывающих МО, что определяет порядок связи $n = \frac{8 - 4}{2} = 2$.

Молекула O_2 имеет неспаренные электроны, ее суммарный спин не равен нулю, молекула парамагнитна.

На рис.1 показана энергетическая диаграмма образования молекулы O_2 .

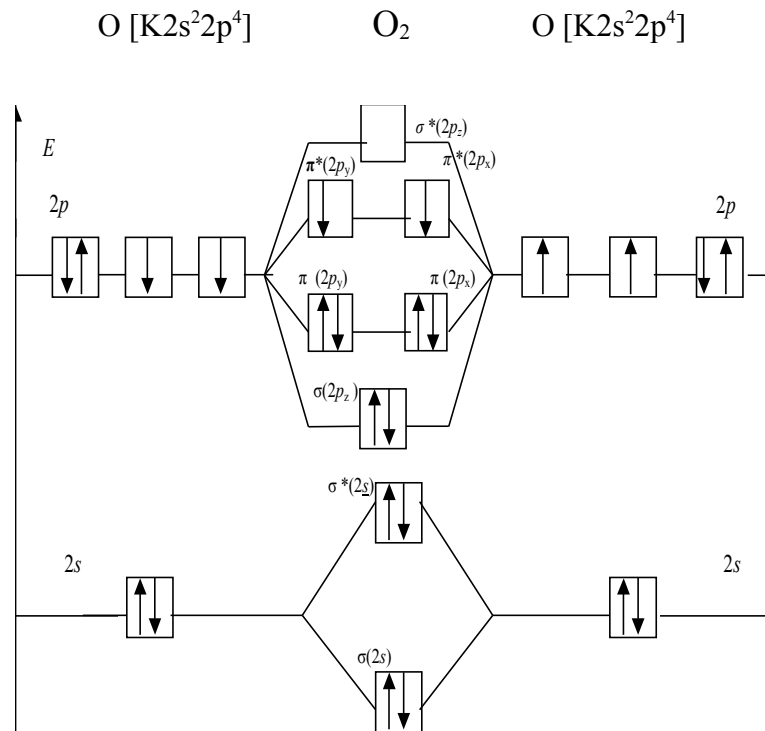
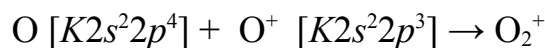
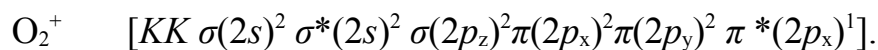


Рис. 1. Энергетическая диаграмма МО молекулы O₂

Образование диоксигенил-иона O₂⁺ можно представить записью:



Диоксигенил-ион O₂⁺ будет иметь следующее строение:

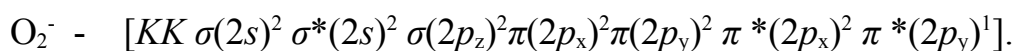


В ионе O₂⁺ имеется избыток пяти электронов на связывающих МО, что соответствует порядку связи 2,5.

Образование супероксид-иона O₂⁻ можно представить записью:



Супероксид-ион O₂⁻ будет иметь следующее строение:



В ионе O_2^- имеется избыток трех электронов на связывающих МО, что соответствует порядку связи 1,5.

Увеличение числа электронов на связывающих МО приводит к упрочнению связи и уменьшению межъядерного расстояния (длины связи).

В соответствии с методом МО в ряду частиц O_2^+ , O_2 , O_2^- связь ослабевает, что соответствует экспериментальным данным: O_2^+ ($E_{св}=629$ кДж/моль, $d_{св}=112$ пм), O_2 ($E_{св}=494$ кДж/моль, $d_{св}=121$ пм), O_2^- ($E_{св}=397$ кДж/моль, $d_{св}=126$ пм).

Все частицы парамагнитны.

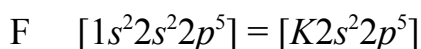
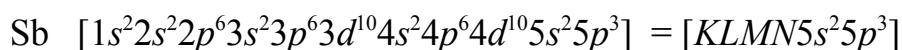
Пример 2. Известно, что молекула SbF_3 имеет тригонально-пирамидальную форму (незавершенный тетраэдр) (угол F-Sb-F равен 95°), а ион $[SbF_6]^-$ - форму октаэдра (угол F-Sb-F равен 90°). Объясните, почему частицы имеют такое строение, используя теорию отталкивания электронных пар валентных орбиталей (ОЭПВО) и метод валентных связей. Какова полярность частиц?

Решение.

Согласно современным представлениям о химической связи два атома удерживаются вместе парой электронов с противоположными спинами. Отдельная связь может образоваться по обменному механизму, когда каждый атом предоставляет в общее пользование по одному электрону, или по донорно-акцепторному механизму, когда один атом предоставляет пару электронов, а другой атом принимает ее на свою свободную орбиталь.

Центральным атомом в обеих частицах является атом сурьмы Sb, периферическими – атомы фтора F.

Электронное строение атомов:



Электронно-графические диаграммы атомов:



Для образования молекулы SbF_3 по обменному механизму атом сурьмы должен предоставить три неспаренных электрона, что соответствует его основному состоянию. В основном состоянии атома фтора имеется один неспаренный электрон. Связи могут быть образованы перекрыванием p – орбиталей атома Sb и атомов F (рис.2а), но валентный угол F-Sb-F должен быть равным 90° , что не соответствует экспериментальным данным.

Согласно теории ОЭПВО молекула SbF_3 относится к типу AB_3E (A – центральный атом Sb, B – три периферических атома F, E – неподеленная пара электронов у атома Sb), для которого пространственное распределение химических связей должно соответствовать тетраэдрическому углу $109^\circ 28'$. Уменьшение валентного угла можно объяснить более сильным отталкиванием неподеленной пары электронов соседней электронной пары по сравнению с валентной, обеспечивающей связь.

В соответствии с методом валентных связей (использование МВС приводит к такому же результату, что и теория ОЭПВО) пространственная конфигурация молекулы определяется пространственным расположением гибридных орбиталей центрального атома. При sp^3 – гибридизации на четырех гибридных орбиталях атома Sb располагается пять электронов, два из них занимают общую орбиталь, остальные располагаются по одному на трех оставшихся орбиталях. Орбиталь, заполненная парой электронов, в рассматриваемой частице является несвязывающей. Перекрывание одноэлектронных гибридных орбиталей атома Sb с p -орбиталями атомов F приводит к образованию ковалентных полярных связей σ - типа, электронная плотность в которых смещена к более электроотрицательному атому F.

Векторная сумма дипольных моментов отдельных связей отлична от нуля, молекула полярна.

Наличие неподеленной пары электронов на несвязывающей орбитали увеличивает дипольный момент молекулы и приводит к уменьшению валентного угла от $109^{\circ}28'$, который соответствует sp^3 – гибридизации, до 95° и определяет геометрическую форму молекулы SbF_3 , которую можно рассматривать как тригонально-пирамидальную или незавершенную тетраэдрическую (рис.2б).

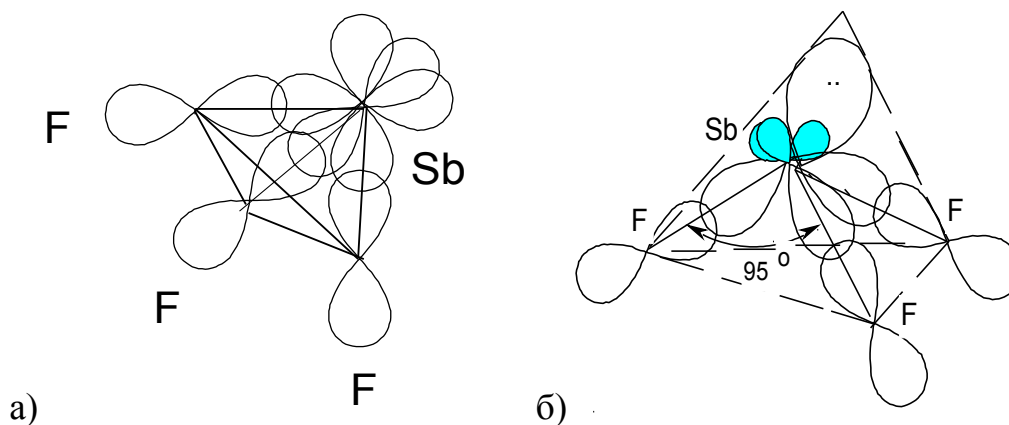
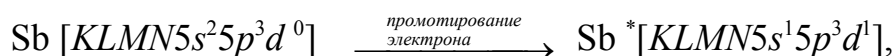


Рис. 2. Образование молекулы SbF_3

При образовании комплексного иона $[SbF_6]^-$ атом Sb в соответствии с МВС должен находиться в возбужденном состоянии:



в котором может образовать по обменному механизму пять связей. Шестая связь должна образоваться по донорно-акцепторному механизму, в соответствии с которым на свободную орбиталь атома Sb поступает электронная пара от атома F. Образование шести равноценных связей возможно при sp^3d^2 - гибридизации атомных орбиталей сурьмы, что определяет пространственную геометрическую форму иона – октаэдр с валентным углом

F-Sb-F, равным 90° (рис. 3). Все связи полярны, но их векторная сумма вследствие симметрии частицы равна нулю - комплексный ион $[\text{SbF}_6]^-$ не имеет дипольного момента.

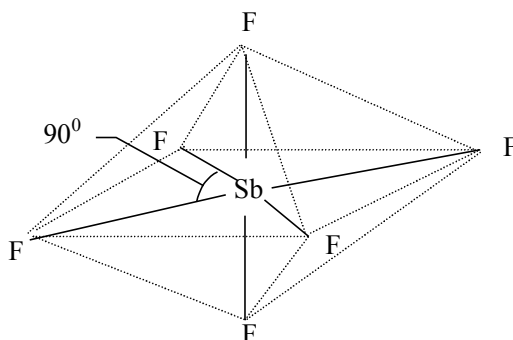
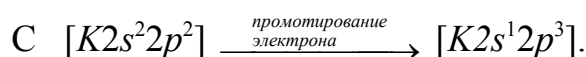


Рис. 3. Геометрическая конфигурация иона $[\text{SbF}_6]^-$

Пример 3. Используя метод валентных связей (МВС), объясните почему молекула этилена C_2H_4 имеет плоскую структуру, укажите тип гибридизации орбиталей атомов углерода, наличие σ - и π -связей, изобразите молекулу.

Решение. В молекуле этилена степень окисления каждого атома углерода равна +4, то есть каждый атом углерода образует по четыре связи со своими соседями, что соответствует его электронной конфигурации в возбужденном состоянии:



Однако связи эти неравноценны по энергии и длине: каждый атом углерода образует по три σ -связи (две с атомами водорода и одну с другим атомом углерода) и одну π -связь со вторым атомом углерода. Три σ -связи соответствуют sp^2 -гибридизации орбиталей обоих атомов углерода и лежат в одной плоскости под углами 120° , негибридные p -орбитали образуют π -связь, лежащую в плоскости, перпендикулярной плоскости σ -связей. Образование π -связи не влияет на геометрию молекулы, которая имеет плоское строение (рис.4).

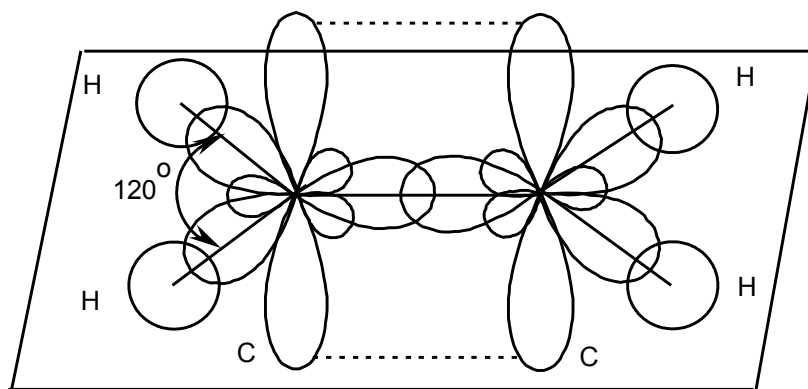


Рис.4. Схема образования связей в молекуле C_2H_4

Пример 4. Определите структурный тип решетки, в которой кристаллизуется хлорид серебра $AgCl$ (структурные типы $NaCl$ или $CsCl$), рассчитайте радиус катиона Ag^+ , если известны плотность вещества $\rho = 5560$ кг/м³, величина ребра элементарной кубической ячейки $a = 5,556 \cdot 10^{-10}$ м, радиус аниона хлора $R_{\text{анион}} = 1,81 \cdot 10^{-10}$ м.

Решение. Структурные типы $NaCl$ и $CsCl$ отличаются числом формульных единиц в элементарной кубической ячейке (соответственно 4 и 1) и соотношением параметра элементарной ячейки - ребра куба a и кратчайшего расстояния d - межионного расстояния, равного сумме радиусов катиона и аниона

$$d = R_{\text{кат}} + R_{\text{анион}}.$$

Объем элементарной кубической ячейки V можно выразить следующим образом:

$$V = a^3 = m/\rho = \frac{MZ}{\rho N_A},$$

где m – масса элементарной кубической ячейки, Z – число формульных единиц, M – молярная масса вещества, N_A – число Авогадро.

По приведенным данным рассчитываем число формульных единиц Z :

$$Z = \frac{a^3 \cdot \rho \cdot N_A}{M} = \frac{(5,556 \cdot 10^{-10})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{26} \cdot 5560}{(107,868 + 35,453)} = 4,005.$$

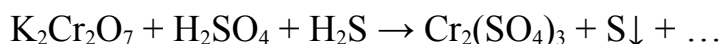
Полученное значение Z соответствует структурному типу $NaCl$, для которого

$$a = 2d = 2(R_{\text{кат}} + R_{\text{анион}}),$$

откуда $R_{\text{анион}} = (a/2) - R_{\text{кат}} = [(5,556/2) - 1,81] \cdot 10^{-10} = 0,968 \cdot 10^{-10}$ м

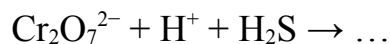
2. Окислительно-восстановительные реакции.

Пример 1. Допишите уравнение окислительно-восстановительной реакции, подберите коэффициенты, используя метод электронно-ионных полуреакций.



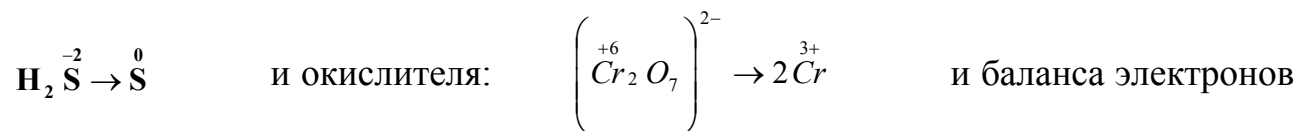
Решение. Подбор коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионных полуреакций (или электронно-ионного баланса) складывается из нескольких этапов:

а) написание формул реагентов в ионно-молекулярном виде с указанием только тех ионов или формульных единиц, которые принимают участие в реакции в качестве окислителя, восстановителя и среды. При этом следует учесть, что малорастворимые соли, слабые электролиты и газообразные вещества записываются в молекулярном виде:



(здесь $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - окислитель, H^+ - кислотная среда, H_2S – восстановитель, слабый электролит);

б) составление электронно-ионных уравнений полуреакций восстановления и окисления с учетом изменения степени окисления восстановителя:

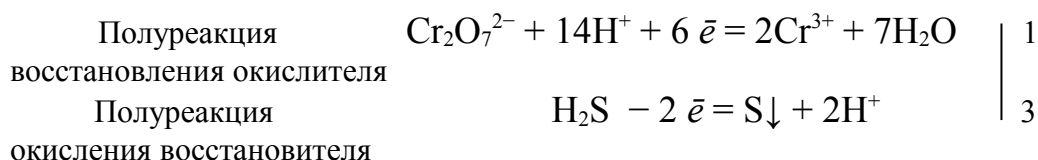


подбором дополнительных множителей таким образом, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов.

Зачастую ион-окислитель и продукт его восстановления отличаются по содержанию кислорода. Поэтому при составлении уравнений полуреакций в зависимости от характера среды в них включают пары: для кислотной среды –

H^+ и H_2O , для щелочной среды – OH^- и H_2O , для нейтральной среды – только молекулы H_2O .

В данной реакции ионы кислорода, потерянные окислителем (превращение $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ в Cr^{3+}) и не существующие в свободном виде в растворе, в кислотной среде связываются с катионами H^+ с образованием воды:

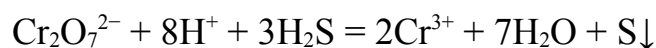


В методе полуреакций можно не определять степени окисления элементов (Cr^{6+} и S^{2-}), поскольку определение количества принятых и отданных электронов следует из закона сохранения заряда:

$$\begin{aligned} \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + x &\rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \\ [(-2) + 14(+1) + x]\bar{e} &= [2(+3)]\bar{e} \\ x &= +6\bar{e}, \end{aligned}$$

откуда следует, что данная полуреакция является полуреакцией восстановления, а ион $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - окислитель.

в) суммирование уравнений полуреакций и приведение подобных:



г) перенос коэффициентов в молекулярное уравнение реакции, дополнение записи отсутствующими в уравнении, записанном в ионно-молекулярной форме, веществами (в данном случае это – K_2SO_4) и подбор к ним коэффициентов.

Окончательное уравнение реакции имеет вид:

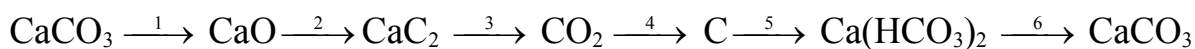


Метод полуреакций применим только к окислительно-восстановительным реакциям, протекающим в растворах.

3. Химия элементов.

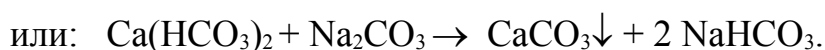
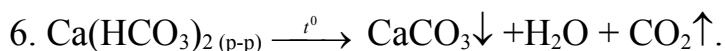
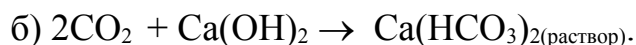
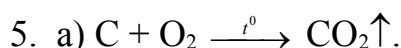
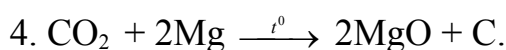
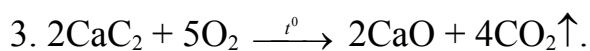
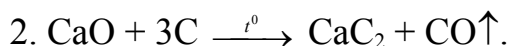
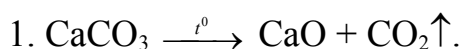
3.1. Химические превращения веществ.

Пример 1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

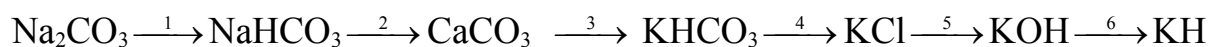


Укажите условия протекания реакций.

Решение.

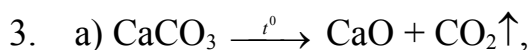
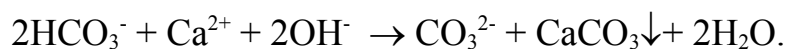
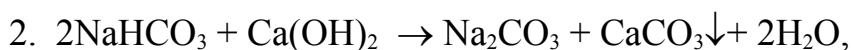
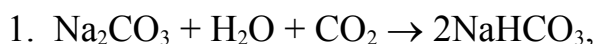


Пример 2 . Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:



Укажите условия протекания реакций.

Решение.



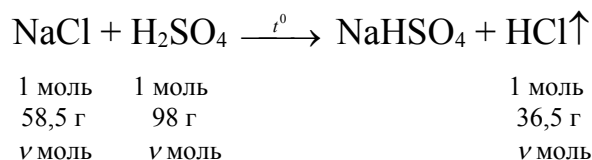
- б) $\text{CO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KHCO}_3$,
 $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_3^-$.
4. $\text{KHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$,
 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$.
5. $2\text{H}_2\text{O} + \text{KCl} \xrightarrow[\text{раствора}]{\text{электролиз}} \text{H}_2\uparrow + 2\text{KOH} + \text{Cl}_2\uparrow$.
6. а) $4\text{KOH} \xrightarrow[\text{расплава}]{\text{электролиз}} 4\text{K} + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,
б) $2\text{K} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{KH}$.

3.2. Стехиометрические расчеты.

3.2.1. Расчеты по уравнениям реакций.

Пример 1. Хлороводород, полученный при слабом нагревании хлорида натрия и концентрированной серной кислоты (массовая доля H_2SO_4 $\omega=98\%$, плотность раствора H_2SO_4 $\rho=1841$ г/л), растворили в 1 л воды и получили раствор с массовой долей $\omega_{\text{HCl}} = 25\%$. Рассчитайте массу NaCl и объем H_2SO_4 , израсходованных на получение хлороводорода.

Решение. При слабом нагревании NaCl и $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})}$ образуется кислая соль:



Из уравнения реакции следует:

$$\nu \text{ моль}(\text{NaCl}) = \nu \text{ моль}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu \text{ моль}(\text{HCl}).$$

Количество образовавшегося хлороводорода ν моль находим из выражения для массовой доли HCl $\omega_{\text{HCl}} = 0,25$:

$$\omega_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{m_{\text{раствора}}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{m_{\text{HCl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{36,5\nu}{36,5\nu + 1000} = 0,25$$

(здесь 1000 представляет массу 1 л воды, плотность которой равна 1000 г/л), откуда получаем: $\nu = 9,13$ моль, масса хлороводорода m_{HCl}

$m_{\text{HCl}} = \nu \cdot M_{\text{HCl}} = 9,13 \cdot 36,5 = 333,2 \text{ г}$, масса хлорида натрия $m_{\text{NaCl}} = \nu \cdot M_{\text{NaCl}} = 9,13 \cdot 58,5 = 534,1 \text{ г}$, масса серной кислоты $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \nu \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 9,13 \cdot 98 = 894,74 \text{ г}$.

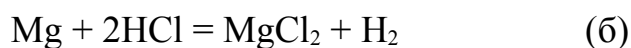
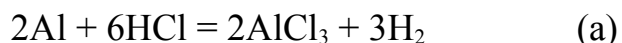
Объем израсходованного раствора H_2SO_4 находим, зная массовую долю и

плотность раствора: $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\omega \cdot \rho} = \frac{894,74}{0,98 \cdot 1841} = 0,496 \text{ л}$

Ответ: $m_{\text{NaCl}} = 534,1 \text{ г}$, $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,496 \text{ л}$.

Пример 2. Сплав дуралюмин содержит алюминий, магний и медь. Для анализа взят кусочек сплава массой 6,8 г. Этот кусочек поместили в соляную кислоту, получив водород объемом 8,176 л (н.у.) и нерастворимый осадок массой 0,2 г. Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве.

Решение. Из трех компонентов сплава с соляной кислотой реагируют только два: алюминий и магний:



Нерастворимый осадок – это медь, следовательно, $m(\text{Cu}) = 0,2 \text{ г}$.

Рассчитываем массу алюминия и магния в сплаве:

$$m(\text{Al} + \text{Mg}) = m(\text{сплава}) - m(\text{Cu}); \quad m(\text{Al} + \text{Mg}) = (6,8 - 0,2) \text{ г} = 6,6 \text{ г}.$$

Определяем количество молей вещества водорода, полученного при

растворении сплава $\nu(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m}$, где V_m – молярный объем водорода при

нормальных условиях: $\nu(\text{H}_2) = \frac{8,176}{22,4} \text{ моль} = 0,365 \text{ моль}$

Пусть x – масса алюминия в сплаве, то есть $m(\text{Al}) = x$, y – количество молей водорода, полученного по реакции (а), то есть $y = \nu_a(\text{H}_2)$.

Тогда масса магния будет равна:

$$m(\text{Mg}) = m(\text{Al} + \text{Mg}) - m(\text{Al}); \quad m(\text{Mg}) = (6,6 - x)$$

Количество водорода, полученного по реакции (б), составит:

$$\nu_6(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) - \nu_a(\text{H}_2) = (0,365 - y) \text{ моль}$$

Вычисляем количество магния и алюминия:

$$\nu(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{6,6 - x}{24}; \quad \nu(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{x}{27}$$

Из уравнения реакции (а) следует:

$$\frac{\nu(\text{Al})}{\nu_a(\text{H}_2)} = \frac{2}{3}; \quad \nu(\text{Al}) = \frac{2}{3} \nu_a(\text{H}_2) \text{ или } \frac{x}{27} = \frac{2}{3} y.$$

Из уравнения (б) следует:

$$\nu(\text{Mg}) = \nu_6(\text{H}_2) \quad (\text{в})$$

$$\frac{6,6 - x}{24} = 0,365 - y \quad (\text{г}).$$

Решая систему уравнений (в) и (г), получаем:

$$x = m(\text{Al}) = 6,48 \text{ г.}$$

Тогда $m(\text{Mg}) = m(\text{Al} + \text{Mg}) - m(\text{Al}) = (6,6 - 6,48) \text{ г} = 0,12 \text{ г.}$

Рассчитываем массовые доли металлов в сплаве:

$$w(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{m(\text{сплава})} = \frac{6,48}{6,8} \approx 0,953, \text{ или } 95,3\%;$$

$$w(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{m(\text{сплава})} = \frac{0,12}{6,8} \approx 0,018, \text{ или } 1,8\%;$$

$$w(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{сплава})} = \frac{0,2}{6,8} \approx 0,029, \text{ или } 2,9\%.$$

Ответ: $w(\text{Al}) = 95,3\%$, $w(\text{Mg}) = 1,8\%$, $w(\text{Cu}) = 2,9\%$.

Пример 3. В медицине применяют спиртовой раствор йода в соотношении $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} : \text{I}_2$, равном 230:127. Каковы масса, количество вещества

и число молекул йода в аптечном пузырьке, масса раствора в котором равна 35,7 г?

Решение. Сумма массовых частей обоих веществ в данном растворе составляет $230+127=357$, что соответствует массе раствора m , в котором йоду соответствует 127 массовых частей. Рассчитываем массу йода m_2 в аптечном пузырьке, в котором масса раствора равна $m_1=35,7$ г, составив пропорцию:

$$\frac{m}{m_1} = \frac{127}{m_2}, \quad m_2 = \frac{m_1 \cdot 127}{m} = \frac{35,7 \cdot 127}{357} = 12,7 \text{ г}.$$

Определяем количество молей вещества йода ν и число молекул N :

$\nu = m/M = 12,7\text{г}/254 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$. Здесь $M = 254 \text{ г/моль}$ – молярная масса йода; $N = 0,05 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3 \cdot 10^{22}$ молекул.

Ответ: масса йода $m_2=12,7$ г, количество вещества йода $\nu=0,05$ моль и число молекул $N = 3 \cdot 10^{22}$ молекул.

3.2.2. Расчеты по закону эквивалентов.

Пример 1. Определите молярную массу эквивалента трехвалентного металла, если при взаимодействии с соляной кислотой 1,47г этого металла вытеснили 2 л водорода, собранного над водой и измеренного при давлении $p = 101,3$ кПа и температуре $T=291$ К. Давление насыщенного пара воды при указанной температуре равно 2070,0 Па. Назовите металл.

Решение. Молярную массу эквивалента металла $M_{\text{экв}}$ можно выразить из уравнения, выражающего закон эквивалентов:

$$\frac{m_{\text{Me}}}{V_{0H_2}} = \frac{M_{\text{эквMe}}}{V_{\text{экв}H_2}}, \quad \text{отсюда:} \quad M_{\text{эквMe}} = \frac{m_{\text{Me}} \cdot V_{\text{экв}H_2}}{V_{0H_2}},$$

где $V_{\text{экв}H_2}$ -молярный объем эквивалента водорода, который равен частному от

деления молярного объема водорода при нормальных условиях (V_M) на число

$$\text{эквивалентности } H_2 (z_{\text{ЭКВ}}), \text{ т.е. } V_{\text{ЭКВ}H_2} = \frac{V_M}{z_{\text{ЭКВ}}}.$$

При нормальных условиях в соответствии с законом Авогадро $V_M = 22,4$ л/моль, число эквивалентности $z_{\text{ЭКВ}}$, показывающее сколько химических эквивалентов содержится в одной формульной единице вещества – $z_{\text{ЭКВ}H_2} = 2$.

$$\text{Следовательно: } V_{\text{ЭКВ}H_2} = \frac{22,4}{2} = 11,2 \text{ л/моль экв.}$$

Объем собранного над водой водорода V_{0,H_2} , приведенного к нормальным условиям, находим из уравнения объединенного газового закона

$$V_{0,H_2} = \frac{p_{H_2} V_{H_2} T_0}{p_0 T},$$

где: p_{H_2} -парциальное давление водорода, собранного над водой, равное разности общего давления (101,3 кПа) и парциального давления воды при температуре 291 К: $p_{H_2} = (p - p_{H_2O})$

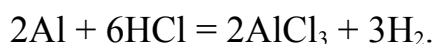
$$\text{Следовательно, } V_{0,H_2} = \frac{(101,3 - 2,07) \cdot 2 \cdot 273}{101,3 \cdot 291} = 1,83 \text{ л.}$$

Подставляем найденные величины в формулу для определения молярной массы металла и получаем:

$$M_{\text{ЭКВ}Me} = \frac{1,47 \cdot 11,2}{1,83} = 8,99 \text{ г/моль экв}$$

Молярная масса металла $M_{Me} = z_{\text{ЭКВ}} \cdot M_{\text{ЭКВ}Me}$. Согласно условию $z_{\text{ЭКВ}} = 3$
Находим молярную массу металла $M_{Me} = 3 \cdot 8,99 = 26,98 \text{ г/моль}$.

В таблице Д.И. Менделеева находим искомый металл – это Al. Уравнение взаимодействия алюминия с соляной кислотой имеет следующий вид:



Ответ: $M_{\text{ЭКВ}Me} = 8,99 \text{ г/моль}$. Искомый металл алюминий.

Список рекомендуемой литературы

1. Методические указания к выполнению домашнего задания по курсу общей химии. / Ф.З. Бадаев, А.М. Голубев, В.М. Горшкова и др. ; Под ред. В.И. Ермолаевой. - М.: Изд. МГТУ, 2003.
2. Задачи и вопросы по общей и неорганической химии с ответами и решениями / Ю.М. Коренев, А.Н. Григорьев, Н.Н. Желиговская, К.М. Дунаева. – М.: Мир, 2004.
3. Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева. Задачи по общей и неорганической химии.- М.: Владос, 2004.
4. Р.А. Лидин. Справочник по общей и неорганической химии.- М.: Химия, 1997.
5. Химия: Учебник для вузов / А.А. Гуров, Ф.З. Бадаев, Л.П. Овчаренко, В.Н. Шаповал. - М.: Изд. МГТУ, 2004.

Оглавление

Введение

1. Строение вещества: атом, молекула, кристалл.

1.1. Атом.

1.2. Молекула.

1.2.1. Метод молекулярных орбиталей.

1.2.2. Метод валентных связей.

1.3. Кристалл.

2. Окислительно-восстановительные реакции.

3. Химия элементов.

3.1. Химические превращения веществ.

3.2. Стехиометрические расчеты.

3.2.1. Расчеты по уравнениям реакций.

3.2.2. Расчеты по закону эквивалентов.

Примеры решения задач

Список рекомендуемой литературы