

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания  
и контрольные задания по химии  
для студентов заочного отделения**

Донецк  
ДОННТУ  
2017

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания  
и контрольные задания по химии  
для студентов заочного отделения**

Рассмотрено:  
на заседании кафедры общей  
химии  
протокол № 9 от 12 мая 2017 г.

Утверждено:  
на заседании учебно-  
издательского совета ДОННТУ  
протокол № 4 от 19.05.2017 г.

Донецк  
ДОННТУ  
2017

УДК 54 (071)  
ББК 24

Методические указания и контрольные задания по химии : для студентов заочного отделения / Состав. : В. В. Приседский, Е. И. Волкова, Т. П. Кулишова, Л. И. Рублева / под редак. В. В. Приседского. – Донецк : ГОУВПО «ДОННТУ», 2017. – 83 с.

Рецензенты :

*Высоцкий Ю. Б.* – д.х.н., профессор, зав.кафедрой «Физическая и органическая химия» ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет;

*Ганнова Ю. Н.* – к.х.н., доцент кафедры «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет

Методические указания содержат 400 задач и упражнений, охватывающих основные разделы курса химии для технических вузов.

Все задания разбиты на 100 равноценных вариантов, которые могут быть использованы как задания для контрольных работ студентов заочного отделения. Приложение содержит необходимый для выполнения расчетов справочный материал.

Может быть полезно студентам очной и заочной форм обучения всех направлений подготовки, а также преподавателям для организации и проведения практических занятий по общей химии.

УДК 54 (071)  
ББК 24

© Приседский В.В., Волкова Е.И.,  
Кулишова Т.П., Рублева Л.И., 2017

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный  
технический университет», 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие методические рекомендации .....	4
Варианты контрольных заданий .....	6
1. Классы неорганических соединений .....	11
2. Стехиометрические расчеты .....	13
3. Эквиваленты простых и сложных веществ .....	15
4. Электронное строение атомов .....	17
5. Периодический закон Д.И.Менделеева .....	19
6. Химическая связь и строение молекул .....	21
7. Энергетика химических реакций.....	23
8. Кинетика химических реакций и равновесие .....	27
9. Концентрация растворов .....	31
10. Растворы неэлектролитов.....	34
11. Растворы электролитов. Ионные реакции.....	36
12. Гидролиз солей .....	38
13. Жесткость воды .....	41
14. Комплексные соединения.....	44
15. Окислительно-восстановительные реакции.....	47
16. Электродные потенциалы. Гальванические элементы .....	48
17. Химические свойства металлов .....	51
18. Коррозия металлов .....	54
19. Электролиз .....	56
20. Общая характеристика <i>s</i> -, <i>p</i> - и <i>d</i> -элементов .....	59
Приложения .....	64
Использованная литература .....	83

## **Общие методические рекомендации**

Изучение химии для студентов-заочников начинается с установочной сессии, во время которой преподаватель знакомит слушателей с основными этапами работы в межсессионный период, читает лекции по избранным разделам курса.

Учебная работа для студентов заключается в следующем:

- ✓ прослушивание вводного курса лекций по наиболее сложным разделам курса химии в период установочной сессии;
- ✓ выполнение домашней контрольной работы;
- ✓ выполнение лабораторного практикума;
- ✓ сдача зачета или экзамена в период экзаменационной сессии.

### **Контрольная работа**

В соответствии с рабочим учебным планом студент должен выполнить домашнюю контрольную работу. Номер варианта работы устанавливается по двум последним цифрам номера зачетной книжки студента. Например, если номер зачетной книжки 714801, то вариант контрольной работы — 01, если 714834, то вариант — 34, если 714800, то вариант — 100. В данном пособии задачи контрольных работ разбиты на варианты от 01 до 100. Титульный лист контрольной работы оформляется следующим образом:

**Контрольная работа по химии**  
**студента заочного факультета, гр. . . . . .**  
**Ф.И.О.**  
**номер зачетной книжки . . . . .**

Контрольную работу необходимо оформлять аккуратно: писать четко и ясно, оставляя поля для пометок преподавателя; номера и условия задач переписывать в такой последовательности, в которой они указаны в задании. Решение

задач и ответы на теоретические вопросы должны быть обоснованы.

В конце работы должна стоять дата ее выполнения и подпись студента.

Контрольные работы, выполненные не по своему варианту, не зачитываются. В случае, если контрольная работа не зачтена, студент выполняет ее повторно и предоставляет на кафедру вместе с непринятой работой. Если недоработки в работе незначительные, то новое решение задач можно выполнить в конце незачтенной работы. В обоих случаях на титульном листе тетради нужно написать «направляется повторно».

### **Работа в межсессионный период**

Основной вид учебной работы студентов заочной формы обучения — самостоятельная работа над учебным материалом. При этом стоит ориентироваться на содержание тем, указанных в перечне контрольных задач. Список рекомендуемой литературы приведен в конце методических указаний. Преподаватели кафедры в межсессионный период проводят консультации в каждую третью субботу месяца.

### **Лабораторные занятия**

Для закрепления теоретического материала студент должен выполнить лабораторный практикум по наиболее важным разделам курса. Выполнение лабораторных работ проводится в период экзаменационной сессии.

К их выполнению допускаются только те студенты, которые успешно выполнили контрольную работу.

### **Зачет. Экзамен**

В соответствие с учебным планом для каждой специальности и вида обучения изучение курса химии заканчивается зачетом или экзаменом. К ним студент может быть допущен после успешного выполнения контрольной и лабораторных работ.

### Варианты контрольных заданий

Вариант	Номер задачи									
01	1	21	41	61	81	101	121	141	161	181
	201	221	241	261	281	301	321	341	361	381
02	2	22	42	62	82	102	122	142	162	182
	202	222	242	262	282	302	322	342	362	382
03	3	23	43	63	83	103	123	143	163	183
	203	223	243	263	283	303	323	343	363	383
04	4	24	44	64	84	104	124	144	164	184
	204	224	244	264	284	304	324	344	364	384
05	5	25	45	65	85	105	125	145	165	185
	205	225	245	265	285	305	325	345	365	385
06	6	26	46	66	86	106	126	146	166	186
	206	226	246	266	286	306	326	346	366	386
07	7	27	47	67	87	107	127	147	167	187
	207	227	247	267	287	307	327	347	367	387
08	8	28	48	68	88	108	128	148	168	188
	208	228	248	268	288	308	328	348	368	388
09	9	29	49	69	89	109	129	149	169	189
	209	229	249	269	289	309	329	349	369	389
10	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190
	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390
11	11	31	51	71	91	111	131	151	171	191
	211	231	251	271	291	311	331	351	371	391
12	12	32	52	72	92	112	132	152	172	192
	212	232	252	272	292	312	332	352	372	392
13	13	33	53	73	93	113	133	153	173	193
	213	233	253	273	293	313	333	353	373	393
14	14	34	54	74	94	114	134	154	174	194
	214	234	254	274	294	314	334	354	374	394
15	15	35	55	75	95	115	135	155	175	195
	215	235	255	275	295	315	335	355	375	395
16	16	36	56	76	96	116	136	156	176	196
	216	236	256	276	296	316	336	356	376	396
17	17	37	57	77	97	117	137	157	177	197
	217	237	257	277	297	317	337	357	377	397

18	18	38	58	78	98	118	138	158	178	198
	218	238	258	278	298	318	338	358	378	398
19	19	39	59	79	99	119	139	159	179	199
	219	239	259	279	299	319	339	359	379	399
20	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
21	1	22	43	64	85	106	127	148	169	190
	202	223	244	265	286	307	328	349	370	391
22	2	23	44	65	86	107	128	149	170	191
	203	224	245	266	287	308	329	350	371	392
23	3	24	45	66	87	108	129	150	171	192
	204	225	246	267	288	309	330	351	372	393
24	4	25	46	67	88	109	130	151	172	193
	205	226	247	268	289	310	331	352	373	394
25	5	26	47	68	89	110	131	152	173	194
	206	227	248	269	290	311	332	353	374	395
26	6	27	48	69	90	111	132	153	174	195
	207	228	249	270	291	312	333	354	375	396
27	7	28	49	70	91	112	133	154	175	196
	208	229	250	271	292	313	334	355	376	397
28	8	29	50	71	92	113	134	155	176	197
	209	230	251	272	293	314	335	356	377	398
29	9	30	51	72	93	114	135	156	177	198
	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399
30	10	31	52	73	94	115	136	157	178	199
	211	232	253	274	295	316	337	358	379	400
31	11	32	53	74	95	116	137	158	179	200
	212	233	254	275	296	317	338	359	380	381
32	12	33	54	75	96	117	138	159	180	181
	213	234	255	276	297	318	339	360	381	382
33	13	34	55	76	97	118	139	160	161	182
	214	235	256	277	298	319	340	341	362	383
34	14	35	56	77	98	119	140	141	152	183
	215	236	257	278	299	320	321	342	363	384
35	15	36	57	78	99	120	121	142	163	184
	216	237	258	279	300	301	322	343	364	385
36	16	37	58	79	100	101	122	143	164	185
	217	238	259	280	281	302	323	344	365	386

37	17	38	59	80	102	123	144	165	181	186
	218	239	260	261	282	303	324	245	366	387
38	18	39	60	61	82	103	124	145	166	187
	219	240	241	262	283	304	325	346	367	388
39	19	40	41	62	83	104	125	146	167	188
	220	221	242	263	284	305	326	347	368	389
40	20	21	42	63	84	105	126	147	168	189
	201	222	243	264	285	306	327	348	369	390
41	2	24	46	68	90	112	134	156	178	200
	202	224	246	268	290	3112	334	356	378	400
42	3	25	47	69	91	113	135	157	179	181
	203	225	247	269	291	313	335	357	379	381
43	4	26	48	70	92	114	136	158	180	182
	204	226	248	270	292	314	336	358	380	382
44	5	27	49	71	93	115	137	159	161	183
	205	227	249	271	293	315	337	359	361	383
45	6	28	50	72	94	116	138	160	162	184
	206	228	250	272	294	316	338	360	362	384
46	7	29	51	73	95	117	139	141	163	185
	207	229	251	273	295	317	339	341	363	385
47	8	30	52	74	96	118	140	142	164	186
	208	230	252	274	296	318	340	342	364	386
48	9	31	53	75	97	119	121	143	165	187
	209	231	253	275	297	319	321	343	365	387
49	10	32	54	76	98	120	122	144	166	188
	210	232	254	276	298	320	322	344	366	388
50	11	33	55	77	99	101	123	145	167	189
	211	233	255	277	299	301	323	345	367	389
51	12	34	56	78	100	102	124	146	168	190
	212	234	256	278	300	302	324	346	368	390
52	13	35	57	79	81	103	125	147	169	191
	213	235	257	279	281	303	325	347	369	391
53	14	36	58	80	82	104	126	148	170	192
	214	236	258	280	282	304	326	348	370	392
54	15	37	59	61	83	105	127	149	171	193
	215	237	259	261	283	305	327	349	371	393
55	16	38	60	62	84	106	128	150	172	194
	216	238	260	262	284	306	328	350	372	394

56	17	39	41	63	85	107	129	151	173	195
	217	239	241	263	285	307	325	351	373	395
57	18	40	42	64	108	130	152	174	194	196
	218	240	242	264	286	308	330	352	374	396
58	19	21	43	65	87	109	131	153	175	197
	219	221	243	265	287	309	331	353	375	397
59	20	22	44	66	88	110	132	154	176	198
	220	222	244	266	288	310	332	354	376	398
60	1	24	47	70	93	116	139	142	165	188
	202	225	248	271	294	317	340	343	366	398
61	2	25	48	71	94	117	140	143	166	189
	203	226	249	272	295	318	321	344	367	390
62	3	26	49	72	95	118	121	144	167	190
	204	227	250	273	296	319	322	345	368	391
63	4	27	50	73	96	119	122	145	168	191
	205	228	251	274	297	320	323	346	369	392
64	5	28	51	74	97	120	123	146	169	192
	206	229	252	275	298	301	324	347	370	393
65	6	29	52	75	98	101	124	147	170	193
	207	230	253	276	299	302	325	348	371	394
66	7	30	53	76	99	102	125	148	171	194
	208	231	254	277	300	303	326	349	372	395
67	8	31	54	77	100	103	126	149	172	195
	209	232	255	278	281	304	327	350	373	396
68	9	32	55	78	81	104	127	150	173	196
	210	233	256	279	282	305	328	351	374	397
69	10	33	56	79	82	105	128	151	174	197
	211	234	257	280	283	306	329	352	375	398
70	11	34	57	80	83	106	129	152	175	198
	212	235	258	281	284	307	330	353	376	399
71	12	35	58	81	84	107	130	153	176	199
	213	236	259	282	285	308	331	354	377	400
72	13	36	59	82	85	108	131	154	177	200
	214	237	260	283	286	309	332	355	378	381
73	14	37	60	83	86	109	132	155	178	181
	215	238	241	284	287	310	333	356	379	382
74	15	38	41	84	87	110	133	156	179	182
	216	239	242	285	288	311	334	357	380	383

75	16	39	42	85	88	111	134	157	180	183
	217	240	243	286	289	312	335	358	381	384
76	17	40	43	86	89	112	135	158	161	184
	218	221	243	286	289	312	335	358	381	384
77	18	21	44	87	90	113	136	159	162	185
	219	222	245	268	291	314	337	360	363	386
78	19	22	45	68	91	114	137	160	163	186
	220	223	246	269	292	315	338	341	364	387
79	20	23	46	69	92	115	138	141	164	187
	220	224	247	270	293	316	339	342	365	388
80	2	26	50	74	98	102	125	150	174	198
	202	226	250	274	298	302	326	350	374	398
81	3	27	51	75	99	103	126	151	175	199
	203	227	251	275	299	303	327	351	375	399
82	4	28	52	76	100	104	127	152	176	200
	204	228	252	276	300	304	328	352	376	400
83	5	29	53	77	81	105	129	152	177	181
	205	229	253	277	281	305	329	353	377	381
84	6	30	54	78	82	106	130	153	178	182
	206	230	254	278	282	306	330	354	378	382
85	7	31	55	79	83	107	131	154	179	183
	207	231	255	279	283	307	331	355	379	383
86	8	32	56	80	84	108	132	155	180	184
	208	232	256	280	284	308	332	356	380	384
87	9	33	57	61	85	109	133	157	161	185
	209	233	257	261	285	309	333	357	361	385
88	10	34	58	62	86	110	134	158	162	186
	210	234	258	262	286	310	334	358	362	386
89	11	35	59	63	87	111	135	159	163	187
	211	235	259	263	287	311	335	359	363	387
90	12	36	60	64	88	112	136	160	164	188
	212	236	260	264	288	312	336	360	364	388
91	13	37	41	65	89	113	137	141	165	189
	213	237	241	265	289	313	337	341	365	389
92	14	38	42	66	90	114	138	142	166	190
	214	238	242	266	290	314	338	342	366	390
93	15	39	43	67	91	115	139	143	167	191
	215	239	243	267	291	315	339	343	367	391

94	16	40	44	68	92	116	140	144	168	192
	216	240	244	268	292	316	340	344	368	392
95	17	21	45	59	93	117	121	145	169	193
	217	221	245	269	293	317	321	345	369	393
96	18	22	46	60	94	118	122	146	170	194
	218	222	246	270	294	318	322	346	370	394
97	19	23	47	61	95	119	123	147	171	195
	219	223	247	271	295	319	323	347	371	395
98	20	24	48	62	96	120	124	148	172	196
	220	224	248	272	296	320	324	348	372	396
99	2	26	52	77	82	107	132	157	162	187
	202	225	249	273	297	301	325	349	373	397
100	3	27	53	78	83	108	133	158	163	188
	203	226	250	274	298	302	326	350	374	398

## 1. Классы неорганических соединений

1. Укажите основно-кислотные свойства следующих оксидов:  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SeO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ . Напишите формулы соответствующих гидроксидов и назовите их.

2. Какие из приведенных ниже оксидов могут взаимодействовать с  $\text{HCl}$ ,  $\text{KOH}$ :  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Составьте уравнения соответствующих реакций и назовите образующиеся соли.

3. Какие гидроксиды называются амфотерными? При помощи каких реакций можно установить амфотерность гидроксида? Составьте уравнения реакций, подтверждающих амфотерность гидроксида алюминия, в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

4. Составьте уравнения реакций взаимодействия  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  с образованием средней, кислой и основной соли. Назовите эти соли.

5. Составьте уравнения реакций (в молекулярном и ионно-молекулярном виде), при помощи которых можно осуществить следующие превращения:  $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Na}_2\text{AlO}_2$ .

6. Почему для получения осадка  $Mg(OH)_2$  к раствору соли магния можно добавить избыток щелочи, а для получения  $Zn(OH)_2$  этого делать нельзя? Напишите соответствующие уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

7. Какие из приведенных ниже гидроксидов могут взаимодействовать как с кислотой, так и со щелочью, а какие – только с кислотой:  $Ba(OH)_2$ ,  $Be(OH)_2$ ,  $H_2CO_3$ ? Составьте уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде и назовите образующиеся соли.

8. Составьте уравнения реакций взаимодействия  $Al(OH)_3$  с  $H_2SO_4$  с образованием средней, кислой и основной соли в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Назовите эти соли.

9. Напишите формулы двух кислых бариевых солей ортофосфорной кислоты. Как из этих солей можно получить среднюю соль? Составьте уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде, учитывая, что кислые соли растворимы, а средние – нет.

10. Составьте уравнения реакций (в молекулярном и ионно-молекулярном виде) следующих превращений:  $Cu \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(HSO_4)_2 \rightarrow CuSO_4$ .

11. Составьте уравнения реакций следующих превращений:  $Mg_3(PO_4)_2 \rightarrow MgHPO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2 \rightarrow (MgOH)_3PO_4$ . Назовите эти соли.

12. Составьте уравнения реакций следующих превращений:  $Al(NO_3)_3 \rightarrow Al(OH)_2NO_3 \rightarrow AlOH(NO_3)_2 \rightarrow Al(NO_3)_3$ . Назовите эти соли.

13. Напишите формулы оксидов, соответствующих следующим гидроксидам:  $H_3AsO_4$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $H_2CrO_4$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $NaAlO_2$ . Укажите свойства этих оксидов.

14. Можно ли приготовить раствор, содержащий одновременно: а)  $Ba(OH)_2$  и  $HNO_3$ , б)  $MgCl_2$  и  $KNO_3$ , в)  $CuSO_4$  и  $K_2CO_3$ ? Составьте уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде, укажите, какие комбинации соединений в растворах невозможны и почему.

15. Напишите формулы оксидов  $Mn$ ,  $Be$ ,  $Se$ ,  $Sr$  в высшей степени окисления этих элементов. Какие из этих оксидов могут

взаимодействовать с  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ? Составьте уравнения соответствующих реакций и назовите образующиеся соли.

16. Составьте уравнения реакций (в молекулярном и ионно-молекулярном виде), при помощи которых можно получить такие соли:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{CuOHCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Назовите эти соли.

17. Какие вещества могут быть получены при взаимодействии:  
а) кислоты с солью; б) соли с основанием; в) соли с солью? Приведите примеры уравнений соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

18. Какие из перечисленных ниже гидроксидов могут образовать основные соли:  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ? Составьте уравнения реакций получения этих солей.

19. Составьте уравнения реакций, если реагируют:

- а) 1 моль  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  с 1 молем  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;
- б) 1 моль  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  с 2 молями  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;
- в) 1 моль  $(\text{OH})_2$  с 1 молем  $\text{HNO}_3$ .

20. Составьте уравнения реакций следующего цикла превращений: карбонат кальция  $\rightarrow$  гидрокарбонат кальция  $\rightarrow$  карбонат кальция  $\rightarrow$  оксид кальция.

## 2. Стехиометрические расчеты

21. При сжигании 6 г антрацита получено 10,6 л  $\text{CO}_2$  (н.у.) и 0,54 г водяных паров. Определите содержание (масс.%) углерода и водорода в антраците. *Ответ:* 94,7% С; 1% Н.

22. 10 г стали сожгли в потоке кислорода и получили 0,49 л оксида углерода (IV) при  $27^\circ\text{C}$  и 1,5 атм. Определите содержание (масс.%) углерода в стали. *Ответ:* 3,6%.

23. На 13 г смеси цинка и оксида цинка подействовали избытком соляной кислоты. Выделившийся при этом газ сожгли и получили 18 г воды. Определите содержание (масс.%) соответствующей смеси. *Ответ:* 50%.

24. Определите, хватит ли 200 г 20%-ного раствора соляной кислоты для нейтрализации 60 г гидроксида натрия. *Ответ:* нет.

25. Какой объем воздуха, содержащего 20% (объем.)  $\text{O}_2$ , необходим для сжигания 1 м<sup>3</sup> метана (н.у.)? *Ответ:* 10 м<sup>3</sup>.

26. Для растворения 4,8 г оксида металла (+2) необходимо взять 44 г 10%-ного раствора соляной кислоты. Оксид какого металла был взят? *Ответ:* CuO.

27. Хватит ли 360 кг воды для полного гашения 1,2 т негашеной извести CaO? Какова масса образовавшейся гашеной извести Ca(OH)<sub>2</sub>? *Ответ:* нет; 1480 кг.

28. При взаимодействии 20 г металла (+2) с избытком соляной кислоты выделилось 11,2 л H<sub>2</sub> (н.у.). Определите, о каком металле идет речь. *Ответ:* Ca.

29. Определите массу технического железа, содержащего 10% инертных примесей, необходимого для получения 44,8 л H<sub>2</sub> (н.у.) при взаимодействии с раствором HCl. *Ответ:* 124,1 г.

30. К раствору, содержащему 4 г HCl, добавили 4 г NaOH. Какова масса образовавшейся соли? Какова масса исходного вещества, оставшегося после реакции? *Ответ:* 5,85 г; 0,35 г.

31. При обработке 10 т технического магния избытком хлороводородной кислоты выделилось 12 л H<sub>2</sub>, измеренного при 37°C и 780 мм рт.ст. Определите содержание (масс.%) металлического магния. *Ответ:* 78,4%.

32. К раствору, содержащему 34,0 г нитрата серебра, прилили раствор, содержащий 11 г сульфида калия. Какова масса образовавшегося осадка? *Ответ:* 24,8 г.

33. При растворении 2,3 г частично окисленного цинка в серной кислоте выделилось 0,672 л водорода (н.у.). Определите содержание (масс.%) металлического цинка в исходной смеси. *Ответ:* 84,8%

34. При сжигании 2 г металла (+3) образуется 3,78 г его оксида. Определите, о каком металле идет речь. *Ответ:* Al.

35. Определите объем кислорода при 127°C и 202,65 кПа, необходимого для полного сгорания 4,8 г кокса, содержащего 96% (масс.%) углерода. *Ответ:* 6,3 м<sup>3</sup>.

36. В контактном аппарате вступает в реакцию 10 моль SO<sub>2</sub> и 15 моль O<sub>2</sub>. Определите объем SO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>, оставшихся на тот момент, когда прореагирует 40% SO<sub>2</sub>. Сколько моль SO<sub>3</sub> образуется к этому моменту времени? *Ответ:* 134,4 л SO<sub>2</sub>; 291,2 л O<sub>2</sub>; 4 моль SO<sub>3</sub>.

37. Определите, какая масса природного известняка, содержащего 90% (мас.%)  $\text{CaCO}_3$ , необходима для получения 7 т негашеной извести  $\text{CaO}$ .  
*Ответ:* 13,9 т.

38. Через раствор, содержащий 23,8 г бромида калия, пропустили избыток хлора. Из полученной смеси выделили бром массой 14 г. Определите выход брома в процентах от теоретически возможного.  
*Ответ:* 7,5%.

39. Какая масса 20%-ного раствора  $\text{KOH}$  будет необходима для превращения 68,2 г хлорида цинка в цинкат калия?  
*Ответ:* 552 г.

40. Смесь порошков меди и цинка массой 10 г обработали избытком хлороводородной кислоты. При этом выделилось 2,24 л  $\text{H}_2$  (н.у.). Определите содержание (мас.%) меди в порошке.  
*Ответ:* 34,6%.

### 3. Эквиваленты простых и сложных веществ

41. Оксид металла (+3) содержит 47% кислорода. Определите молярные массы эквивалентов металла и его оксида. О каком металле идет речь?  
*Ответ:* 9 г/моль; 17 г/моль; Al.

42. Напишите уравнения реакций  $\text{Al(OH)}_3$  и  $\text{HCl}$  с образованием трихлорида, гидроксохлорида, дигидксохлорида и рассчитайте молярную массу эквивалентов  $\text{Al(OH)}_3$  в каждой реакции.  
*Ответ:* 26 г/моль; 39 г/моль; 78 г/моль.

43. При сжигании 8,37 г металла (+2) образовалось 10,77 г оксида. Определите молярные массы эквивалентов металла и его оксида. О каком металле идет речь?  
*Ответ:* 27,9 г/моль; 35,9 г/моль; Fe.

44. При взаимодействии 4,5 г металла (+3) с избытком кислоты выделилось 5,6 л  $\text{H}_2$  (н.у.). Определите молярную массу эквивалентов металла. О каком металле идет речь?  
*Ответ:* 27,9 г/моль; Al.

45. В 12,4 г оксида металла (+1) содержится 9,2 г металла. Определите молярные массы эквивалентов металла и его оксида. О каком металле идет речь?  
*Ответ:* 23 г/моль; 31 г/моль; Na.

46. На нейтрализацию 9,8 г серной кислоты израсходовано 5,6 г  $\text{KOH}$ . Определите молярную массу эквивалентов кислоты, ее основность и напишите уравнение соответствующей реакции.

*Ответ:* 23 г/моль; 1.

47. Оксид хрома содержит 48 масс.% кислорода. Определите молярную массу эквивалентов хрома и его степень окисления в оксиде.

*Ответ:* 8,67 г/моль; 6.

48. Определите массу металла, молярная масса эквивалентов которого равна 12, если он вытесняет из кислоты 44,8 л  $H_2$  (н.у.).

*Ответ:* 48 г.

49. Эквивалентные ли количества веществ взяты для реакции: 4,5 г алюминия и 2,8 л кислорода (н.у.)?

*Ответ:* нет.

50. Одинаковые ли объемы  $H_2$  (н.у.) выделяются при взаимодействии с кислотой Ca и K массой по 1 г?

*Ответ:* нет; 0,56 л; 0,29 л.

51. 0,35 г металла (+2) вытесняют из кислоты 209 мл  $H_2$ , измеренного при 20°C и 765 мм рт.ст. Определите молярную массу эквивалентов металла. О каком металле идет речь?

*Ответ:* 20 г/моль; Ca.

52. 2,9 г  $Al(OH)_3$  взаимодействуют с 3,65 г HCl. Определите молярную массу эквивалентов и кислотность  $Al(OH)_3$  в этой реакции. Приведите уравнение этой реакции.

*Ответ:* 3 г/моль; 2.

53. Напишите уравнение реакций  $H_3PO_4$  с KOH с образованием фосфата, гидрофосфата и дигидрофосфата калия. Определите молярную массу эквивалентов  $H_3PO_4$  в каждой реакции.

*Ответ:* 32,7 г/моль; 49 г/моль; 98 г/моль.

54. Эквивалентные ли количества веществ взяты для реакций: 2 г Ca и 0,96 л  $O_2$  (н.у.)? Если нет, какое вещество взято в избытке и в каком количестве?

*Ответ:* нет; 0,4 л  $O_2$  (н.у.) в избытке.

55. 4,5 г металла (+3) вытесняют из кислоты 5,94 г  $H_2$ , измеренного при 27°C и 105 кПа. Определите молярную массу эквивалентов металла. О каком металле идет речь?

*Ответ:* 9 г/моль; Al.

56. 2,7 г оксида металла обработали азотной кислотой и получили 6,3 г нитрата металла. Определите молярную массу эквивалентов металла.

*Ответ:* 32,5 г/моль.

57. Два оксида серы содержат 50 и 60% (масс.) кислорода. Определите молярные массы эквивалентов серы и ее степени окисления в этих оксидах. Напишите формулы этих оксидов.

*Ответ:* 8 г/моль; 5,3 г/моль; 4; 6; SO<sub>2</sub>; SO<sub>3</sub>.

58. На 2,6 г гидроксида металла подействовали серной кислотой и получили 5,7 г сульфата. Определите молярную массу эквивалентов металла. *Ответ:* 9 г/моль.

59. Одна и та же масса металла соединяется с 3,65 г галогена и 0,56 л кислорода (н.у.). Определите молярную массу эквивалентов галогена. *Ответ:* 36,5 г/моль.

60. Определите молярные массы эквивалентов металла (+1) и серы, если 6,48 г металла образуют 6,96 г оксида и 7,44 г сульфида. О каком металле идет речь? *Ответ:* 108 г/моль; 16 г/моль; Ag.

#### 4. Электронное строение атомов

61. Какие квантовые числа определяют энергию электрона в атоме? Какие энергетические уровни не могут иметь подуровень а)  $p$ ; б)  $d$ ; в)  $f$ ? Существуют ли уровни, не имеющие  $s$ -подуровня?

62. Сколько и какие значения магнитного квантового числа возможны для электронов на каждом из энергетических подуровней:  $s$ -;  $p$ -;  $d$ - и  $f$ ?

63. Какие квантовые числа (взяты отдельно или в некотором сочетании) определяют: а) энергетический уровень; б) энергетический подуровень; в) атомную орбиталь электрона; г) состояние электрона в атоме?

64. Определите по правилу Клечковского последовательность заполнения электронами орбиталей следующих подуровней:  $3d$ ,  $4s$ ,  $4p$ ,  $4d$ ,  $4f$ ,  $5s$ ,  $5p$ ,  $5d$ ,  $6s$  и  $6p$ .

65. Определите по правилу Клечковского последовательность заполнения электронами подуровней, характеризующихся суммой  $(n + l)$  уровней: а) 5; б) 6; в) 7.

66. Свободную орбиталь какого из указанных энергетических в первую очередь заполнит очередной электрон в соответствие с правилом Клечковского: а)  $4d$  или  $5s$ ; б)  $5p$  или  $4d$ ; в)  $5f$  или  $4d$ ; г)  $5p$  или  $6s$ ; д)  $5f$  или  $6s$ ?

67. Для каких атомных орбиталей сумма  $(n + l) = 8$ ? Все ли такие орбитали заполнены в невозбужденных атомах периодической системы? В атомах каких элементов у

невозбужденном состоянии электроны имеют наибольшее значение суммы  $(n + l)$ ?

68. Атом некоторого  $d$ -элемента имеет пять электронных слоев (энергетических уровней) и шесть валентных электронов. Какими квантовыми числами характеризуются эти электроны? Что это за элемент?

69. Какой элемент имеет в атоме пять (и не более) электронов, для каждого из которых  $n = 3$  и  $l = 2$ ? Чему равны для них значения магнитного квантового числа  $m$ ? Должны ли они иметь антипараллельные спины?

70. Атомы некоторого элемента имеют четыре электрона, для каждого из которых  $n = 4$  и  $l = 1$ ? Чему равны для них значения магнитного квантового числа  $m$ ? Сколько из этих электронов имеют антипараллельные спины и сколько не спаренных?

71. Укажите порядковый номер элемента, в атомах которого:  
а) заканчивается заполнение электронами  $3d$ -подуровня; б) начинается заполнение подуровня  $4p$ .

72. Укажите значения квантовых чисел  $n$ ,  $l$  и  $m_l$  для валентных электронов в атомах элементов с порядковыми номерами 19, 23, 30 и 33. При определении значений магнитного квантового числа  $m_l$  исходите из допущения, что орбитали каждого подуровня заполняются в порядке увеличения  $m_l$ , начиная с наиболее отрицательных значений.

73. Сколько электронных слоев (энергетических уровней) и какое суммарное число электронов содержат атомы с сокращенными электронными формулами: а)  $4s^24p^5$ ; б)  $4s^23d^5$ ; в)  $5s^25p^5$ ?

74. Сколько электронных слоев (энергетических уровней) имеют атомы элементов с порядковыми номерами 8, 10, 30, 56, 86? Сколько из этих слоев заполнены полностью и сколько частично? Решите эту задачу без помощи таблицы Д.И.Менделеева.

75. Определите суммарный спин валентных электронов в атомах элементов с порядковыми номерами 19, 20, 25, 27, 33, 36. Решите эту задачу без помощи таблицы Д.И.Менделеева.

76. Для атома кремния возможны два разных электронных состояния:  $1s^22s^22p^63s^23p^2$  и  $1s^22s^22p^63s^13p^3$ . Как называется каждое

из этих состояний и каким образом происходит переход из одного в другое?

В задачах 77–80 напишите краткие электронные формулы и изобразите графические схемы валентных орбиталей указанных атомов и ионов.

77. Ca, Cr, Se,  $\text{Se}^{+2}$ ,  $\text{Se}^{+6}$ .

78. Rb, Nb, Sb,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{F}^-$ .

79. Cs, W, Au,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Au}^{+3}$ .

80. K, Cu, Br,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ .

### 5. Периодический закон Д.И.Менделеева

81. Элементы каких семейств образуют главные и побочные подгруппы периодической системы? Есть ли периоды (и какие), в которых нет а)  $s$ -; б)  $p$ -; в)  $d$ - и г)  $f$ -элементов? В каких периодах представлены элементы всех четырех электронных семейств?

82. Какие электронные уровни и подуровни заполняются в пределах каждого периода периодической системы? Что означает количество элементов в каждом периоде? В каких случаях электронная емкость внешнего энергетического уровня и количество элементов в периоде совпадают, в каких – не совпадают? Какие периоды и почему содержат одинаковое количество элементов?

83. Какие параметры атомной структуры определяют положение элемента в периодической системе: а) порядковый номер; б) номер периода; в) номер группы?

84. Какие из приведенных ниже высказываний неверны и почему:

а) порядковый номер элемента определяется зарядом ядер его атомов, а не суммарным количеством электронов;

б) номер периода совпадает с главным квантовым числом ( $n$ ) внешнего электронного слоя (внешнего энергетического уровня);

в) каждый период содержит обязательно  $s$ -,  $p$ - и  $d$ -элементы;

г) в атомах металлов малых периодов электронами заполняется  $ns$ -подуровень;

- д) в атомах галогенов завершается заполнение *np*-подуровня;  
 е) в атомах всех инертных газов полностью заполнены *ns*- и *np*-подуровни.

85. Как изменяются по периоду (слева направо) и главным подгруппам (сверху вниз) периодической системы величины: а) атомного радиуса; б) первого потенциала ионизации; в) энергии сродства; г) электроотрицательности? Ответ мотивируйте.

86. Какой из ионов имеет, на ваш взгляд, больший размер: а)  $\text{Na}^+$  или  $\text{Mg}^{2+}$ ; б)  $\text{Mg}^{2+}$  или  $\text{Ca}^{2+}$ ; в)  $\text{Cl}^-$  или  $\text{K}^+$ ; г)  $\text{Co}^{2+}$  или  $\text{Co}^{3+}$ ? Ответ мотивируйте.

87. Объясните причины расхождения энергий ионизации в следующих парах элементов: а) He и Li; б) Li и Be; в) Li и Na; г) Be и B.

88. Объясните причины расхождения сродства к электрону в атомах следующих пар элементов: а) O и F; б) F и Cl; в) F и Ne; г) O и S.

89. Какой из элементов четвертого периода – ванадий или мышьяк – имеет более выраженные металлические свойства? Почему?

90. Фосфор и висмут находятся в одной подгруппе VA и являются электронными аналогами:  $ns^2np^3$ . Однако по химическим свойствам фосфор относится к неметаллам, а висмут – к металлам. Объясните это расхождение.

91. Какие элемента периодической системы наиболее выгодны для использования в фотоэлементах? Почему? (Фотоэффект – выбивание электронов из атомов вещества квантами падающего света).

92. Какие из *s*-элементов в виде простых веществ относятся к металлам и неметаллам? Какие из них образуют амфотерный оксид и гидроксид?

93. Какие из *p*-элементов относятся к металлам и неметаллам? Приведите примеры гидроксидов *p*-элементов, проявляющих кислотные, амфотерные, основные свойства.

94. В каких степенях окисления *d*-элементы проявляют наибольшее химическое сходство с *p*-элементами этой же группы? Покажите это на примерах элементов VI и VII.

95. Для каких *d*-элементов высшая степень окисления совпадает с номером групп, для каких – выше, а для каких меньше номера группы?

96. Бор и кремний имеют близкие величины энергий ионизации (8,3 и 8,1 эВ соответственно). Кислотные свойства их оксидов и гидроксидов также похожи. Объясните причины этого сходства свойств элементов, расположенных «по диагонали» в периодической системе.

В задачах 97–100 на основании положения в периодической системе опишите и сравните свойства указанных элементов и их соединений (электронные формулы, возможные степени окисления, металлические и неметаллические свойства, формулы и кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов).

97. Хром и селен.

98. Фосфор и ванадий.

99. Кремний и титан.

100. Кальций и цинк.

## 6. Химическая связь и строение молекул

101. Объясните, почему максимальная ковалентность серы равна 6, а у кислорода такое валентное состояние невозможно. Какие иные ковалентности могут проявлять сера и кислород?

102. Исходя из электронных формул атомов в основном состоянии, покажите, как изменяется ковалентность элементов в III периоде периодической системы.

103. Объясните, как и почему изменяется степень ионности (полярность связи) в ряду галогеноводородов: HF → HCl → HBr → HI?

104. Объясните, как и почему изменяется полярность молекул в ряду халькогеноводородов: H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>S → H<sub>2</sub>Se → H<sub>2</sub>Te.

105. Определите степень окисления и ковалентность углерода в молекулах: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. Какие типы гибридизации орбиталей углерода реализуются в этих молекулах?

106. Определите степень окисления и ковалентность углерода в молекулах:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ . Какие из этих молекул полярны? Изобразите схему перекрывания орбиталей в молекуле  $\text{CCl}_4$ .

107. Укажите тип химической связи в следующих веществах:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{MgZn}_2$ . Изобразите электронную схему строения иона  $\text{NH}_4^+$  и укажите тип гибридизации орбиталей центрального атома. Имеет ли ион аммония дипольный момент?

108. Укажите тип химической связи в следующих веществах:  $\text{S}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Pb}$ . Изобразите электронную схему связей в ионе  $\text{NO}_2^-$ , укажите тип гибридизации азота. Имеет ли этот ион дипольный момент?

109. В молекуле  $\text{H}_2\text{O}$  валентный угол равен  $105^\circ$ . Определите тип гибридизации атома кислорода и изобразите схему перекрывания орбиталей при образовании молекулы.

110. В молекуле  $\text{NH}_3$  валентный угол равен  $107^\circ$ . Изобразите схему перекрывания орбиталей при образовании молекулы.

111. При взаимодействии  $\text{SiF}_4$  и  $\text{HF}$  образуется сильная кислота  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ . Возможна ли аналогичная реакция между  $\text{CF}_4$  и  $\text{HF}$ ? Укажите тип гибридизации орбиталей кремния в ионе  $\text{SiF}_6^{2-}$ .

112. Определите тип гибридизации центрального атома и геометрию следующих молекул и ионов:  $\text{Be}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{BeF}_4^{2-}$ . Приведите электронные схемы этих молекул.

113. Какие атомные орбитали участвуют в образовании  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекулах:  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ? Приведите схемы перекрывания этих орбиталей при образовании химических связей.

114. Сколько  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекулах:  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ? Изобразите схемы перекрывания атомных орбиталей при образовании этих молекул. Какие из них плоские и почему?

115. Изобразите электронную схему образования иона гексафторалюмината  $\text{AlF}_6^{3-}$  из молекулы  $\text{AlF}_3$  и фторид-иона  $\text{F}^-$ . Укажите двухэлектронные орбитали донора и свободные орбитали акцептора. Полярна ли связь  $\text{Al-F}$ ? А ион  $\text{AlF}_6^{3-}$  в целом?

116. В рамках метода валентных связей объясните расхождение в геометрии трехатомных молекул  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Изобразите схемы перекрывания атомных орбиталей при образовании этих молекул. Укажите в них  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи.

117. Молекула  $\text{NH}_3$  имеет пирамидальную форму, а молекула  $\text{BF}_3$  – плоскую треугольную форму. Объясните это расхождение на основе представлений о гибридизации атомных орбиталей. Полярны ли эти молекулы?

118. Дипольный момент молекулы  $\text{CS}_2$  равен нулю. Какой тип гибридизации атомных орбиталей углерода реализуется при образовании этой молекулы? Приведите схему перекрывания АО, укажите на схеме  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи.

119. Нитрат калия плавится при  $334^\circ\text{C}$ , а нитрат серебра – при  $212^\circ\text{C}$ . В каком из этих соединений ионная связь прочнее и чем это можно объяснить?

120. В ряду  $\text{NaCl}-\text{NaBr}-\text{NaI}$  температура плавления соединений снижается. Объясните этот факт, проанализировав смену в указанном ряду степень ионности связи.

## 7. Энергетика химических реакций

121. Большинство металлов окисляются на воздухе по уравнению:

$$x\text{Me}_{(к)} + y/2 \text{O}_{2(г)} = \text{Me}_x\text{O}_{y(к)}.$$

Определите знаки  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  и  $\Delta G$  в реакциях такого типа. Что можно сказать о характере изменения  $\Delta G$  с ростом температуры?

*Ответ:*  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S < 0$ ,  $\Delta G < 0$ ,  $\Delta G$  растет с температурой.

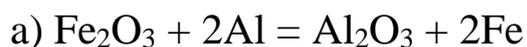
122. Определите теплоту, выделяющуюся при сгорании одного кубометра (н.у.) метана  $\text{CH}_4$ , пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Какой из этих двух газов выгоднее использовать в качестве баллонного газообразного топлива?

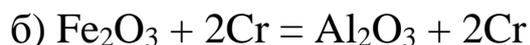
*Ответ:* 35800 кДж; 91200 кДж.

123. Расчитайте изменения энтальпий в реакциях сгорания 1 моль этана  $\text{C}_2\text{H}_6$ , этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$  и ацетиленов  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

*Ответ:*  $-1420$ ;  $-1320$ ,  $-1260$  кДж.

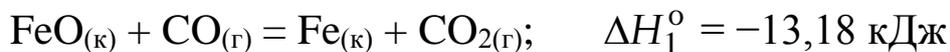
124. Расчитайте тепловые эффекты реакций металлотермического получения железа:





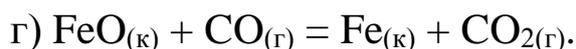
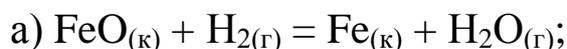
*Ответ:*  $-854$  кДж;  $-618$  кДж.

125. Определите тепловой эффект реакции восстановления оксида железа(II) водородом, используя следующие термохимические уравнения:



*Ответ:*  $27,99$  кДж.

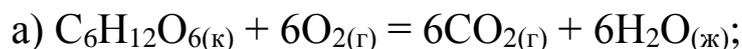
126. Сравните тепловые эффекты реакции восстановления оксида железа(II) разными восстановителями:



Какая из них сопровождается выделением наибольшего количества теплоты?

*Ответ:* а)  $+23,0$ ; б)  $+154$ ; в)  $+136$ ; г)  $-18,2$  кДж.

127. Сахара используются в живых организмах как источник энергии в аэробных (избыток кислорода, дыхание) и в анаэробных (недостаток кислорода, брожение) условиях. Предполагая, что эти процессы отображаются соответственно следующими уравнениями реакций:



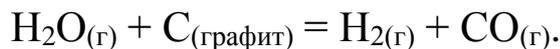
рассчитайте тепловые эффекты этих реакций и сделайте вывод, какой путь – аэробное дыхание или анаэробное брожение – поставляет организму больше энергии?

*Ответ:* а)  $-2800$  кДж; б)  $-69,2$  кДж.

128. Рассчитайте, сколько теплоты выделяется при полном сгорании  $1 \text{ м}^3$  (н.у.) коксового газа, имеющего объемный состав:  $\text{H}_2$  –  $60\%$ ;  $\text{CH}_4$  –  $25\%$ ;  $\text{CO}_2$  –  $5\%$ ;  $\text{CO}$  –  $5\%$ ;  $\text{N}_2$  –  $5\%$ .

*Ответ:*  $16100$  кДж.

129. Водяной газ получают пропусканием водяного пара через слой кокса по реакции:



Рассчитайте количество теплоты, выделяющейся при сжигании 1 м<sup>3</sup> (н.у.) водяного газа. *Ответ:* 11700 кДж.

130. Определите стандартную энтальпию образования NH<sub>3(г)</sub>, если известно, что окисление аммиака протекает по термохимическому уравнению:



а стандартная энтальпия образования H<sub>2O(ж)</sub> составляет -285,8 кДж/моль. *Ответ:* -46,2 кДж/моль.

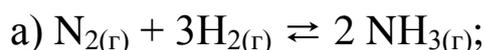
131. Сравните изменения энергии Гиббса реакций:



Какой вывод можно сделать на этом основании об изменении основных свойств оксидов в ряду CaO–SrO–BaO?

*Ответ:* а) -129; б) -169; в) -190 кДж.

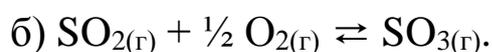
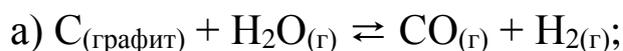
132. Могут ли приведенные ниже реакции протекать самопроизвольно при стандартных условиях:



*Ответ мотивируйте расчетом изменения энергии Гиббса.*

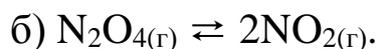
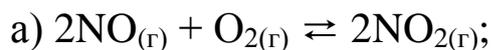
*Ответ:* а) +33,3; б) +129 кДж.

133. Рассчитайте стандартное изменение энергии Гиббса и определите, прямая или обратная реакция может протекать самопроизвольно при стандартных условиях в следующих системах:



*Ответ:* а) -28,7; б) -71,0 кДж.

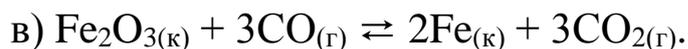
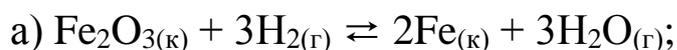
134. Прямая или обратная реакция может протекать при стандартных условиях в системах:



Ответ мотивируйте вычислением  $\Delta G_{298}^{\circ}$  прямой реакции.

*Ответ:* а)  $-70,2$ ; б)  $+4,6$  кДж.

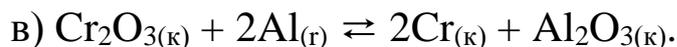
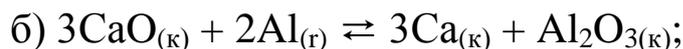
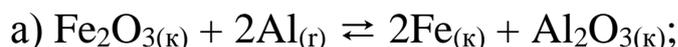
135. Вычислить стандартные изменения энергии Гиббса реакций восстановления оксида железа(III) разными восстановителями:



Какая из этих реакций термодинамически возможна при 298К?

*Ответ:* а)  $+54,5$ ; б)  $+329,0$ ; в)  $-31,6$  кДж.

136. Вычислить стандартные изменения энергии Гиббса и сделайте вывод о возможности восстановления указанных ниже оксидов алюминием при 298К:



*Ответ:* а)  $-842$ ; б)  $+231,0$ ; в)  $-532$  кДж.

137. На основании расчета  $\Delta H_{298}^{\circ}$  и  $\Delta S_{298}^{\circ}$  найдите температурную зависимость энергии Гиббса  $\Delta G_T^{\circ}$  для реакции термического разложения карбоната кальция



Возможно ли самопроизвольное разложение карбоната кальция а) при стандартных условиях; б) при 700К; в) при 1200К?

*Ответ:*  $\Delta G_T^{\circ} = 178500 - 164,7 \cdot T$  (Дж).

138. Вычислить изменение энтропии при плавлении 1 моль нафталина  $C_{10}H_8$  при  $80,4^\circ C$ , если теплота плавления нафталина равна  $149,6$  Дж/г. *Ответ:*  $54,2$  Дж/(моль·К).

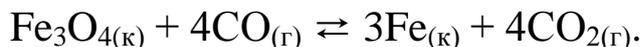
139. Вычислить  $\Delta H_{298}^{\circ}$  и  $\Delta S_{298}^{\circ}$  реакции восстановления оксида железа(III) водородом:



При каких температурах возможна эта реакция при стандартных условиях?

*Ответ:*  $\Delta H_{298}^{\circ} = +96,8$  кДж;  $\Delta S_{298}^{\circ} = +143$  Дж/К;  $T > 677$ К.

140. Восстановление магнетита  $Fe_3O_4$  оксидом углерода(II) идет по уравнению:

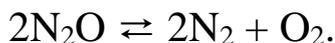


Вычислить  $\Delta H_{298}^{\circ}$  и  $\Delta S_{298}^{\circ}$  данной реакции. При каких температурах возможно самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях?

*Ответ:*  $\Delta H_{298}^{\circ} = +39,7$  кДж;  $\Delta S_{298}^{\circ} = +52,4$  Дж/К;  $T > 758$ К.

## 8. Кинетика химических реакций и равновесие

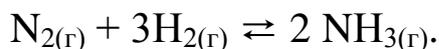
141. Разложение оксида азота(I) при высоких температурах протекает на поверхности катализатора по уравнению:



Константа скорости этой реакции при  $1173$ К равна  $5 \cdot 10^{-4}$  л·моль $^{-1}$ ·мин $^{-1}$ . Начальная концентрация  $N_2O$  равна  $2$  моль/л. Определите скорость реакции в начальный момент и в тот момент, когда разложится  $30\%$   $N_2O$ .

*Ответ:*  $2 \cdot 10^{-3}$  и  $0,98 \cdot 10^{-3}$  л·моль $^{-1}$ ·мин $^{-1}$ .

142. В сосуде протекает реакция:



Через некоторое время после ее начала концентрации участников реакции составили:  $[N_2] = 0,8$ ;  $[H_2] = 0,9$ ;  $[NH_3] = 0,9$  моль/л. Константа скорости прямой реакции равна  $2 \cdot 10^{-3}$

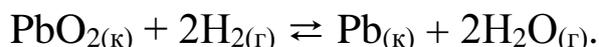
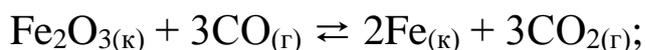
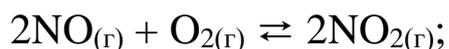
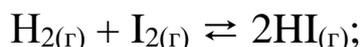
л/(моль·мин). Вычислить скорости прямой реакции в данный момент и непосредственно после смешения  $N_2$  и  $H_2$ .

*Ответ:*  $1,17 \cdot 10^{-3}$  и  $1,2 \cdot 10^{-2}$  моль/(л·мин).

143. Начальные концентрации  $H_2$ ,  $I_2$  и  $HI$ , принимающих участие в обратимой реакции  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ , равны соответственно 0,04; 0,05 и 0,01 моль/л. При 780К константа скорости прямой реакции равна 0,16 л/(моль·мин). Вычислить начальную скорость реакции и ее скорость в тот момент, когда концентрация йодоводорода станет равной 0,05 моль/л.

*Ответ:*  $3,2 \cdot 10^{-4}$  и  $9,6 \cdot 10^{-5}$  моль/(л·мин).

144. Напишите выражение для скоростей (кинетические уравнения) прямых и обратных реакций, считая, что приведенные уравнения правильно отражают механизм их протекания:

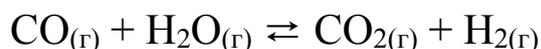


Какова размерность констант скорости в каждом случае?

145. Две реакции протекают в двух сосудах объемом 5 л каждый таким образом, что за 10 с в первом сосуде образовалось 5 г аммиака, а в другом – 30 г йодоводорода. В каком сосуде реакция протекает с большей скоростью? Чему равны средние скорости каждой из реакций?

*Ответ:*  $5,88 \cdot 10^{-3}$  и 4,69 моль/(л·с).

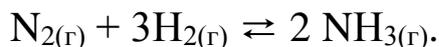
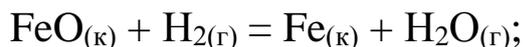
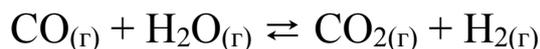
146. При некоторой температуре равновесие реакции



установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ, моль/л:  $[CO] = 0,05$ ;  $[H_2O] = 0,03$ ;  $[CO_2] = 0,01$  и  $[H_2] = 0,03$ . Известно, что константа скорости прямой реакции равна 0,02. Вычислить скорость обратной реакции в первый момент после смешения в сосуде объемом 10 л. 2 моль  $H_2$  и 0,5 моль  $CO_2$ .

*Ответ:*  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/(л·мин).

147. Как следует изменить давление, чтобы скорость следующих реакций



увеличить в 16 раз?

*Ответ:* увеличить в 4, 16 и 2 раза соответственно.

148. При повышении температуры на 20° скорость реакции увеличилась в 6,25 раз. Определите температурный коэффициент реакции  $\gamma$ . Как изменится скорость реакции при изменении температуры от 60 до 120°C и от 60 до 20°C?

*Ответ:*  $\gamma = 2,5$ ; увеличится в 244 раз; уменьшится в 39,1 раз.

149. Для травления проката в металлургическом производстве используется 5%-ный раствор HCl. Температурный коэффициент растворения прокатной окалины в соляной кислоте равен 3. Во сколько раз можно сократить время травления проката, если повысить температуру на 25°?

*Ответ:* в 15,6 раз.

150. Константы скорости прямой реакции  $2\text{HI}_{(г)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(г)} + \text{I}_{2(г)}$  при 430 и 470К составляют  $4,85 \cdot 10^{-8}$  и  $4,10 \cdot 10^{-6}$  л/(моль·мин) соответственно. Рассчитать энергию активации и константу скорости этой реакции при 500К.

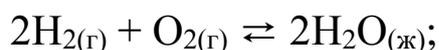
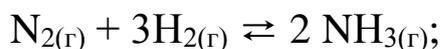
*Ответ:* 186 кДж/моль и  $7,18 \cdot 10^{-5}$  л·моль<sup>-1</sup>·мин<sup>-1</sup>.

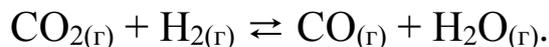
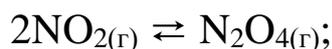
151. Вычислить энергию активации и константу скорости разложения пентаоксида  $\text{N}_2\text{O}_{5(г)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(г)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(г)}$  при 300К, если константы скорости этой реакции при 320 и 350К равны соответственно 1,77 и 47,3 мин<sup>-1</sup>.

*Ответ:* 102 кДж/моль и 0,125 мин<sup>-1</sup>.

152. Если прямая реакция экзотермическая, а обратная – эндотермическая, какая из них характеризуется более высоким значением энергии активации? А какая – более высоким значением константы скорости? Ответ мотивируйте.

153. Составьте выражение для констант равновесия следующих обратимых реакций:





В каком направлении будет смещаться равновесие этих реакций при повышении давления?

154. При 780К константа равновесия реакции  $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(\text{г})}$  равна 35, а константа скорости прямой реакции – 0,15 л/(моль·мин). Чему равна константа скорости обратной реакции и константа равновесия диссоциации йодоводорода?

*Ответ:* 0,00428 л·моль<sup>-1</sup>·мин<sup>-1</sup>; 0,0286.

155. В сосуде объемом 5 л смешали 8 моль  $\text{N}_2$  и 4,35 моль  $\text{H}_2$ . После достижения равновесия реакции  $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{г})}$  концентрация аммиака  $\text{NH}_3$  оказалась равной 0,18 моль/л. Рассчитать константу равновесия реакции синтеза аммиака и равновесные концентрации  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$ .

*Ответ:*  $K_c = 0,1 \text{ л}^2/\text{моль}^2$ ; 1,5 и 0,6 моль/л.

156. В сосуде смешали 0,1 моль углекислого газа и 0,4 моль водорода. К моменту установления равновесия в системе



осталось 0,02 моль  $\text{CO}_2$ . Вычислить константу равновесия и равновесные концентрации всех реагирующих веществ.

*Ответ:*  $K_c = 1,0$ ; 0,02; 0,32; 0,08 и 0,08 моль.

157. Для реакции восстановления оксида железа(II)



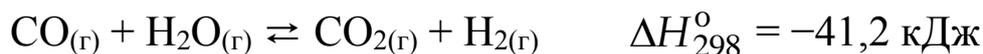
константа равновесия равна 0,50. Начальные концентрации  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  соответственно равны 0,05 и 0,01 моль/л. Рассчитать их равновесные концентрации.

*Ответ:* 0,04 и 0,02 моль/л.

158. В сосуде объемом 3 л химическое равновесие реакции  $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(\text{г})}$  установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ, моль/л:  $[\text{CO}] = 0,50$ ;  $[\text{Cl}_2] = 1,04$   $[\text{COCl}_2] = 0,6$ . После этого в сосуд ввели дополнительно 3

моль  $\text{Cl}_2$ . Определить новые равновесные концентрации всех веществ. *Ответ:* 0,34; 1,84; и 0,76 моль/л.

159. Как повлияют на равновесие следующих обратимых реакций: а) снижение температуры; б) повышение давления



160. В каком направлении сместится равновесие при одновременном повышении температуры и давления для обратимых следующих реакций:



## 9. Концентрация растворов

161. В 51 г воды растворили 49 г серной кислоты. Плотность полученного раствора 1,4 г/мл. Рассчитать процентную, молярную, моляльную и нормальную концентрации раствора и мольную долю серной кислоты в этом растворе.

*Ответ:* 49%; 7 моль/л; 9,8 моль/кг; 14 моль-экв/л; 0,15.

162. Какую массу воды необходимо добавить к 200 мл 60%-ного раствора серной кислоты, плотность которого 1,5 г/мл, чтоб получить 20%-ный раствор? Рассчитать моляльность полученного раствора и мольную долю серной кислоты в этом растворе.

*Ответ:* 600 г; 2,55 моль/кг; 0,044.

163. К двум литрам 96%-ного водного раствора этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  плотностью 0,8 г/мл добавили 2,24 л воды.

Плотность полученного раствора 0,94 г/мл. Рассчитать процентную, молярную, моляльную концентрации раствора и мольную долю спирта в растворе.

*Ответ:* 40%; 8,1 моль/л; 14,5 моль/кг; 0,207.

164. Щелочные металлы получают электролизом расплава их солей. Вычислить процентную и моляльную концентрации NaCl и CaCl<sub>2</sub> в 25 кг расплава этих солей, если мольная доля NaCl равна 0,6. *Ответ:* 44% NaCl; 56% CaCl<sub>2</sub>; 13,7 моль/кг и 11,4 моль/кг.

165. В 6 л воды растворили 2,24 м<sup>3</sup> хлороводорода (н.у.). Вычислить процентную, молярную и моляльную концентрации полученного раствора, если его плотность 1,185 г/мл.

*Ответ:* 37,8%; 12 моль/л; 16,6 моль/кг.

166. В 100 мл разбавленной серной кислоты растворили 2,8 г железа. Плотность полученного раствора 1,3 г/мл. Вычислить процентную, молярную и нормальную концентрации сульфата железа(II) в растворе. Изменением объема в ходе реакции пренебречь.

*Ответ:* 5,85%; 0,5 моль/л; 1,0 моль-экв/л.

167. При пайке металлов в качестве флюса используют раствор хлорида калия в соляной кислоте. Рассчитать массу хлорида калия, воды и объем газообразного хлороводорода (н.у.), необходимых для приготовления 150 г флюса, содержащего 55% KCl и 30% HCl. *Ответ:* 82,5 г KCl; 37,5 г H<sub>2</sub>O; 18,4 л HCl.

168. В смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) в качестве присадок добавляют соли, в том числе Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>2</sub> и Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Вычислить процентное содержание и моляльную концентрацию каждой из этих солей, если для приготовления 10 кг СОЖ было взято по два моля этих солей.

*Ответ:* 2,12% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 1,38% NaNO<sub>2</sub>;  
3,28% Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; 0,2 моль/кг.

169. Цианирование стали проводят в ванне с расплавом NaCN, BaCl<sub>2</sub>, NaCl. Вычислить мольную долю и моляльную концентрацию этих солей в расплаве, если в нем содержатся по массе 8% NaCN, 82% BaCl<sub>2</sub> и 10% NaCl.

*Ответ:* 0,222; 0,542; 0,236; 1,74 моль/кг;  
21,9 моль/кг; 1,9 моль/кг.

170. 200 мл 0,1 М раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  смешали с 300 мл 0,5 М раствора этого же вещества. Рассчитать молярную и нормальную концентрации полученного раствора. *Ответ:* 0,34 М; 0,68 н.

171. Вычислить молярную, моляльную, нормальную концентрации 16%-ного раствора хлорида алюминия плотностью 1,16 г/мл. *Ответ:* 1,38 моль/л; 1,43 моль/кг; 4,14 моль-экв/л.

172. Кислоты, содержащиеся в сточных водах гидрометаллургических предприятий, нейтрализуют известковым молоком. Вычислить, сколько литров известкового молока, содержащего 100 г/л  $\text{CaO}$ , необходимо для нейтрализации 50 л 6%-ного раствора хлороводорода плотностью 1,03 г/мл.

*Ответ:* 23,7 л.

173. Для осаждения в виде хлорида всего серебра, содержащегося в 100 мл раствора нитрата серебра, требуется 50 мл 0,2 н. соляной кислоты. Вычислить нормальность раствора нитрата серебра и массу образовавшегося осадка. *Ответ:* 0,1 н.; 1,43 г.

174. В состав смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) вводится бура –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Рассчитать, сколько кг буры необходимо для приготовления 100 кг СОЖ с содержанием 3%  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ . Вычислить моляльную концентрацию  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  в полученном растворе.

*Ответ:* 5,67 кг; 0,15 моль/кг.

175. Вычислить нормальную концентрацию 30%-ного раствора гидроксида натрия плотностью 1,33 г/мл. Рассчитать, какой будет процентная концентрация раствора, если к 1 л данного раствора добавить 5 л воды. *Ответ:* 9,97 моль-экв/л; 6,3%.

176. К 2 л 20%-ного раствора азотной кислоты плотностью 1,12 г/мл добавили 3 л 14%-ного раствора этой же кислоты плотностью 1,08 г/мл. Вычислить процентную, молярную и моляльную концентрации полученного раствора.

*Ответ:* 16,4%; 2,86 моль/л; 3,1 моль/кг.

177. Рассчитать, какой объем 10%-ного раствора карбоната натрия плотностью 1,105 г/мл необходим для приготовления 10 л 2%-ного раствора этой же соли плотностью 1,02 г/мл.

*Ответ:* 1,84 л.

178. Смешали 200 г 20%-ного раствора и 300 г 40%-ного раствора хлорида натрия. Вычислить процентную и моляльную концентрации полученного раствора. *Ответ:* 32%; 8,03 моль/кг.

179. Рассчитать объемы 40%-ной азотной кислоты плотностью 1,25 г/мл и 10%-ной азотной кислоты плотностью 1,06 г/мл необходимые для приготовления 10 л 15%-ного раствора плотностью 1,09 г/мл. Какова нормальность полученного раствора?

*Ответ:* 1,46 л 40%-ной и 8,54 л 10%-ной; 2,6 н.

180. Растворы серной кислоты используют для «травления» металлов – снятия оксидной пленки с их поверхности. Рассчитать, какой объем 80%-ной серной кислоты плотностью 1,73 г/мл необходим для приготовления 5 л 2 М раствора этой кислоты.

*Ответ:* 708 мл.

## 10. Растворы неэлектролитов

181. Какую массу этиленгликоля  $C_2H_4(OH)_2$  и воды необходимо взять для приготовления 5 кг антифриза с температурой кристаллизации  $-18,6^\circ C$  ( $K_k = 1,86$ )?

*Ответ:* 1,92 кг; 3,08 кг.

182. Вычислить молярную массу неэлектролита, если известно, что раствор, содержащий 4,5 г этого вещества в 500 г воды, замерзает при  $-0,28^\circ C$  ( $K_k = 1,86$ ).

*Ответ:* 59,8 г/моль.

183. Вычислить процентную концентрацию водного раствора глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ , если известно, что этот раствор закипает при  $100,26^\circ C$  ( $K_9 = 0,52$ ).

*Ответ:* 8,26%.

184. Рассчитать, какой должна быть процентная концентрация антифриза на основе этиленгликоля  $C_2H_4(OH)_2$ , чтоб он имел температуру замерзания  $-40^\circ C$  ( $K_k = 1,86$ )?

*Ответ:* 57,1%.

185. Рассчитать, из скольких атомов состоит молекула серы, если раствор, содержащий 4,456 г серы в 50 г бензола, кипит при  $81,091^\circ C$ , а температура кипения чистого бензола  $80,2^\circ C$  ( $K_9 = 2,57$ ).

*Ответ:*  $S_8$ .

186. Вычислить температуру кристаллизации раствора, полученного растворением 320 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  в 2 л воды ( $K_k = 1,86$ ).

*Ответ:*  $-1,65^\circ C$ .

187. Раствор, содержащий 6 г мочевины в 50 г воды, кристаллизуется при  $-3,72^{\circ}\text{C}$ . Вычислить молярную массу мочевины ( $K_k = 1,86$ ). *Ответ:* 60 г/моль.

188. Раствор, содержащий 2,04 г глицерина в 100 г воды, кристаллизуется при  $-0,414^{\circ}\text{C}$ . Вычислить молекулярную массу глицерина. *Ответ:* 92 а.е.м.

189. Раствор, содержащий 0,512 г неэлектролита в 100 г бензола, кристаллизуется при  $5,296^{\circ}\text{C}$ . Температур кристаллизации бензола  $5,5^{\circ}\text{C}$ ,  $K_k = 5,1$ . Вычислить молекулярную массу растворенного вещества. *Ответ:* 128 а.е.м.

190. Вычислить температуру кристаллизации раствора, содержащего 10 г карбамида  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  в 200 г воды ( $K_k = 1,86$ ). *Ответ:*  $-1,55^{\circ}\text{C}$ .

191. Раствор содержащий 3,04 г камфары  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$  в 100 г бензола, кипит при  $80,714^{\circ}\text{C}$ , а температура кипени бензола  $80,2^{\circ}\text{C}$ . Вычислить эбулиоскопическую константу бензола. *Ответ:* 2,57.

192. Вычислить процентную концентрацию водного раствора глицерина  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ , зная, что раствор кипит при  $100,39^{\circ}\text{C}$  ( $K_9 = 0,52$ ). *Ответ:* 6,45%.

193. Раствор, содержащий 2,25 г неэлектролита в 250 г воды, кристаллизуется при  $-0,279^{\circ}\text{C}$ . Вычислить молярную массу растворенного вещества ( $K_k = 1,86$ ). *Ответ:* 60 г/моль.

194. Вычислить криоскопическую константу уксусной кислоты, если известно, что раствор, содержащий 4,25 г антрацена  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$  в 100 г уксусной кислоты, кристаллизуется при  $15,718^{\circ}\text{C}$ . Температура кристаллизации уксусной кислоты  $16,65^{\circ}\text{C}$ . *Ответ:* 3,68.

195. Вычислить температуру кристаллизации 40%-ного водного раствора этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $K_k = 1,86$ ). *Ответ:*  $-27^{\circ}\text{C}$ .

196. Какую массу фенола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  необходимо растворить в 100 г бензола, чтоб температура кристаллизации этого раствора стала на  $1,7^{\circ}$  ниже температуры кристаллизации бензола ( $K_k = 5,1$ ). *Ответ:* 3,13 г.

197. Вычислить температуру кипения 20%-ного водного раствора пропилового спирта  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  ( $K_9 = 0,52$ ). *Ответ:*  $102,17^{\circ}\text{C}$ .

198. Вычислить давление водяного пара над раствором, содержащим 36 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  в 540 г воды при  $42^\circ C$ , если давление насыщенного пара над водой при данной температуре равно 61,5 мм рт.ст. *Ответ:* 61,00 мм рт.ст.

199. При  $20^\circ C$  давление насыщенного пара над водой равно 17,53 мм рт.ст. Какую массу глицерина  $C_3H_5(OH)_3$  необходимо растворить в 200 г воды, чтоб понизить давление пара на 1 мм рт.ст.? *Ответ:* 61,7 г.

200. В радиатор автомобиля налили 8 л воды и добавили 3 л метилового спирта  $CH_3OH$ , плотность которого 0,8 г/мл. При какой температуре можно после этого оставлять автомобиль на открытом воздухе, не опасаясь, что вода в радиаторе замерзнет ( $K_K = 1,86$ )? *Ответ:*  $-17,4^\circ C$ .

## 11. Растворы электролитов. Ионные реакции

При составлении ионно-молекулярных уравнений учитывайте, что основные соли нерастворимы, кислые – растворимы, а растворимость средних солей определяйте, пользуясь таблицей «Растворимость солей и оснований в воде» (приложение).

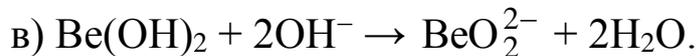
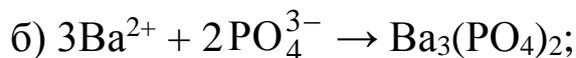
201. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) сульфата никеля и гидроксида бария (с образованием основной соли); б) гидроксида магния и серной кислотой (с образованием кислой соли).

202. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) гидроксидом цинка и азотной кислотой (в избытке); б) гидроксидом магния и соляной кислотой (в недостатке).

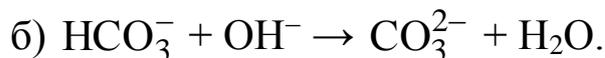
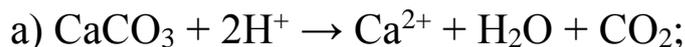
203. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) гидроксидом железа(III) и азотной кислотой (в избытке); б) гидроксидом железа(II) и серной кислотой (в недостатке).

204. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия: а) гидрокарбонатом натрия и гидроксидом натрия; б) силикатом калия и соляной кислотой (в избытке).

205. Составьте молекулярные уравнения реакций по следующим ионно-молекулярным уравнениям:



206. Составьте молекулярные уравнения реакций по следующим ионно-молекулярным уравнениям:



207. Рассчитать концентрацию катионов в 0,01 М растворе  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ , если степень диссоциации соли 80%. Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнение реакции взаимодействия этой соли с избытком гидроксида бария.

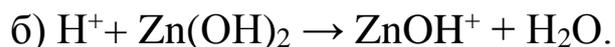
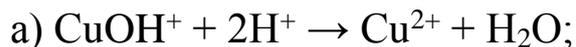
*Ответ:*  $1,6 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

208. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) гидросульфатом натрия и гидроксидом кальция; б) гидроксохлоридом железа(III) и соляной кислотой.

209. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) нитратом свинца и сульфатом калия; б) хлоридом алюминия и нитратом серебра.

210. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) сероводородом и гидроксидом аммония; б) хлороводородом и гидроксидом бария.

211. Составьте молекулярные уравнения реакций по следующим ионно-молекулярным уравнениям:



212. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) гидрокарбонатом натрия и соляной кислотой; б) ацетатом свинца и сульфидом натрия.

213. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) нитратом свинца и гидроксидом калия (в избытке); б) гидроксидом кальция и углекислым газом (в избытке).

214. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) гидросульфидом калия и серной кислотой; б) хлоридом железа(III) и гидроксидом калия (в недостатке).

215. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между: а) карбонатом магния и серной кислотой; б) гидроксидом алюминия и серной кислотой (в избытке).

216. Раствор 1,89 г нитрата цинка в 150 г воды закипает при  $100,09^{\circ}\text{C}$ . Вычислить степень диссоциации соли и температуру кристаллизации раствора ( $K_3 = 0,52$ ,  $K_K = 1,86$ ).

*Ответ:*  $\alpha_d = 79,5\%$ ;  $t_3 = -0,321^{\circ}\text{C}$ .

217. 10%-ный раствор серной кислоты кристаллизуется при  $-5,5^{\circ}\text{C}$ . Вычислить степень диссоциации кислоты и концентрацию катионов в растворе, если его плотность равна  $1,07$  г/мл ( $K_K = 1,86$ ).

*Ответ:*  $\alpha_d = 0,81$ ;  $[\text{H}^+] = 1,76$  моль/л.

218. Раствор, содержащий 8,52 г сульфата натрия в 100 г воды, кристаллизуется при  $-2,8^{\circ}\text{C}$ . Вычислить степень диссоциации соли и температуру кипения раствора ( $K_3 = 0,52$ ,  $K_K = 1,86$ ).

*Ответ:*  $\alpha_d = 75\%$ ;  $t_K = 100,78^{\circ}\text{C}$ .

219. В 0,1 М растворе  $\text{HNO}_2$  концентрация ионов водорода  $[\text{H}^+] = 6,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Вычислить константу диссоциации кислоты.

*Ответ:*  $4,62 \cdot 10^4$ .

220. Вычислить температуру кристаллизации раствора, содержащего 9,22 г  $\text{KNO}_3$  в 100 г воды, если степень диссоциации соли 71% ( $K_K = 1,86$ ).

*Ответ:*  $t_3 = -2,9^{\circ}\text{C}$ .

## 12. Гидролиз солей

221. Какие из приведенных ниже солей гидролизуются:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{BaS}$ ? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей по стадиям и укажите значения pH ( $>7$  <) в растворах этих солей.

222. Какие из солей:  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{KCl}$  подвергаются гидролизу? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей по стадиям и укажите значения  $\text{pH}$  ( $>7<$ ) в растворах этих солей.

223. Какие соли подвергаются полному гидролизу? С учетом этого, составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения реакций, протекающих при сливании водных растворов нитрата алюминия и карбоната калия.

224. К раствору хлорида железа(III) прибавляли по отдельности следующие вещества:  $\text{HCl}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . В каких случаях гидролиз хлорида железа усилится? Почему? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций гидролиза, протекающих в этих случаях.

225. Укажите значения  $\text{pH}$  ( $>7<$ ) в водных растворах  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Составьте уравнения реакций гидролиза в ионно-молекулярном и молекулярном виде.

226. Укажите значения  $\text{pH}$  ( $>7<$ ) в водных растворах  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ . Составьте уравнения реакций гидролиза этих солей в ионно-молекулярном и молекулярном виде.

227. При добавлении к раствору сульфата алюминия раствора сульфида натрия в осадок выпадает гидроксид алюминия. Почему? Составьте уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

228. Укажите значения  $\text{pH}$  ( $>7<$ ) в водных растворах  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$ . Составьте уравнения реакций гидролиза в ионно-молекулярном и молекулярном виде.

229. При сливании водных растворов хлорида хрома(III) и карбоната калия в осадок выпадает гидроксид хрома. Почему? Напишите уравнения протекающих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

230. К раствору карбоната натрия добавили: а)  $\text{HCl}$ ; б)  $\text{NaOH}$ ; в)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Объясните, в какую сторону будет смещаться ионное равновесие гидролиза исходной соли при добавлении указанных веществ?

231. Какие из солей:  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  будут подвергаться гидролизу? Укажите значения  $\text{pH}$  ( $>7<$ ) в водных растворах этих

солей и составьте уравнения реакций гидролиза этих солей в ионно-молекулярном и молекулярном виде.

232. К раствору хлорида железа(III) добавили раствор сульфида натрия. В осадок выпал гидроксид железа(III). Почему? Составьте уравнение реакции гидролиза этой соли в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

233. Укажите значения pH ( $>7<$ ) в водных растворах солей  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Составьте уравнения реакций гидролиза этих солей в ионно-молекулярном и молекулярном виде.

234. Какие соли подвергаются полному гидролизу? С учетом этого, составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения реакций, протекающих при сливании водных растворов хлорида алюминия и карбоната натрия.

235. Какие из указанных солей:  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  будут подвергаться гидролизу? Составьте уравнения реакций гидролиза в ионно-молекулярном и молекулярном виде и укажите значения pH ( $>7<$ ) в водных растворах этих солей.

236. Можно ли приготовить водный раствор сульфита алюминия? Какое вещество будет в осадке, если к водному раствору нитрата алюминия добавить сульфит калия? Составьте уравнения протекающих при этом реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

237. Укажите значения pH ( $>7<$ ) в водных растворах солей  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ . Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

238. Какие реакции будут протекать при сливании водных растворов сульфата железа(III) и ацетата натрия? Составьте уравнения протекающих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Что будет в осадке?

239. Составьте уравнение реакции гидролиза хлорида цинка в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Добавлением каких веществ можно сместить равновесие гидролиза этой соли: а) вправо; б) влево? Объясните, как и почему это происходит.

240. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнение гидролиза нитрата магния. Укажите значения pH ( $>7<$ ) в водном растворе этой соли. Как можно сместить ионное равновесие

в этом растворе: а) вправо; б) влево? Объясните, как и почему это происходит.

### 13. Жесткость воды

241. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих при добавлении фосфата натрия к воде, обладающей карбонатной жесткостью. Вычислите, какую массу ортофосфата натрия надо добавить к 100 л воды, чтобы устранить ее жесткость, равную 5 мэкв/л?

*Ответ:* 27,35 г.

242. Какие соли обуславливают жесткость воды – карбонатную и некарбонатную? Добавлением каких веществ можно устранить эти виды жесткости? Напишите примеры уравнений соответствующих реакций. Вычислите жесткость воды, в 10 л которой содержится 1,46 г гидрокарбоната магния.

*Ответ:* 2 мэкв/л.

243. Вычислить карбонатную жесткость воды, если для нейтрализации 100 мл этой воды требуется 8 мл 0,1 н. соляной кислоты. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих в этом случае.

*Ответ:* 8 мэкв/л.

244. Какие соли обуславливают некарбонатную жесткость воды? Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, которые будут протекать при добавлении к такой воде карбоната натрия. Вычислить массу карбоната натрия, необходимую для устранения жесткости, равной 3 мэкв/л в 200 л воды.

*Ответ:* 31,8 г.

245. Добавлением каких веществ можно устранить жесткость воды, содержащей сульфат магния? Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Вычислить массу сульфата магния, содержащегося в 100 л воды, если ее жесткость 7 мэкв/л.

*Ответ:* 31,8 г.

246. Какие реакции будут протекать при добавлении содово-известкового раствора к воде, содержащей гидрокарбонат магния и сульфат кальция? Вычислить жесткость воды, в 100 л которой

содержится 10,95 г гидрокарбоната магния и 10,2 г сульфата кальция.  
*Ответ:* 3 мэкв/л.

247. Какие реакции будут протекать при кипячении воды, обладающей карбонатной жесткостью? Вычислить карбонатную жесткость воды, если для нейтрализации 100 мл данной воды потребовалось добавить 4 мл 0,1 н. соляной кислоты.

*Ответ:* 4 мэкв/л.

248. В 100 мл воды содержится 6 г сульфата магния. Вычислить жесткость данной воды. Какие реакции протекают при добавлении к этой воде гашеной извести? Напишите уравнения протекающих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

*Ответ:* 1 мэкв/л.

249. Жесткость воды, содержащей только гидрокарбонат кальция, равна 4 мэкв/л. Какой объем 0,1 н. соляной кислоты потребуется для нейтрализации 150 мл такой воды? Составьте уравнения протекающих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

*Ответ:* 6 мл.

250. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при добавлении карбоната натрия к воде, обладающей некарбонатной жесткостью. Вычислить, насколько понизится жесткость, если к 1 м<sup>3</sup> воды добавить 159 г карбоната натрия.

*Ответ:* на 3 мэкв/л.

251. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при добавлении гидроксида кальция к воде, обладающей карбонатной жесткостью. Вычислить, сколько гидроксида кальция необходимо добавить к 50 л воды для устранения жесткости, равной 4 мэкв/л.

*Ответ:* 7,4 г.

252. Вода, содержащая только гидрокарбонат магния, имеет жесткость 5 мэкв/л. Вычислить массу гидрокарбоната магния, содержащегося в 20 л воды. Какие реакции протекают при добавлении к этой воде гидроксида натрия? Напишите уравнения протекающих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

*Ответ:* 7,3 г.

253. Какие иона надо удалить из природной воды, чтобы она стала мягкой? Каким образом это можно сделать? Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Сколько грамм ортофосфата натрия требуется

добавить к 10 л воды, чтобы устранить ее жесткость, равную 8 мэкв/л? *Ответ: 4,4 г.*

254. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при добавлении содово-известкового раствора к воде, обладающей некарбонатной жесткостью. Вычислить массу сульфата магния, содержащегося в 100 л воды, если ее жесткость, обусловленная наличием этой соли, равна 7 мэкв/л. *Ответ: 42 г.*

255. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде реакции, протекающие при кипячении воды, имеющей карбонатную жесткость. Вычислить концентрацию катионов кальция в воде, если ее жесткость, обусловленная сульфатом кальция, равна 6 мэкв/л и степень диссоциации сульфата 100%. *Ответ:  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л.*

256. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при добавлении карбоната калия к воде, обладающей некарбонатной жесткостью. Вычислить жесткость воды, если в 100 мг ее содержится 6 мг ионов магния и 8 мг ионов кальция. *Ответ: 9 мэкв/л.*

257. Какие ионы придают воде карбонатную жесткость? Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при добавлении к такой воде гидроксида бария. Вычислить массу гидроксида бария, которая потребуется для устранения карбонатной жесткости, равной 5 мэкв/л в 200 л воды. *Ответ: 85,5 г.*

258. Вычислить карбонатную жесткость воды, если известно, что для нейтрализации 200 мл такой воды потребовалось 10 мл 0,1 н. раствора хлороводорода. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при нейтрализации такой воды. *Ответ: 5 мэкв/л.*

259. При кипячении 500 мл воды, содержащей гидрокарбонат кальция, выпал осадок массой 7 мг. Вычислить жесткость данной воды. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения протекающих реакций. *Ответ: 0,28 мэкв/л.*

260. В 100 мл воды содержится 9,5 мг хлорида магния и 8,1 мг гидрокарбоната кальция. Вычислите общую жесткость этой воды, напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения

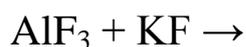
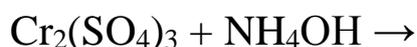
реакций, протекающих при добавлении к такой воде гидроксида кальция.

*Ответ:* 3 мэкв/л.

#### 14. Комплексные соединения

261. Определите заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{NO}_2)_6]$ . К какому типу относятся эти комплексы? Напишите уравнения диссоциации последнего комплексного соединения и выражение общей константы нестойкости его комплексного иона.

262. Составьте уравнения следующих реакций комплексообразования:



Напишите уравнение диссоциации комплексной соли, полученной в первой реакции, и выражение общей константы нестойкости комплексного иона.

263. Составьте формулы семи возможных комплексных соединений хрома (КЧ = 6) из следующих частиц:  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ . Определите заряд комплексных ионов. Для одного из комплексных ионов напишите выражение общей константы нестойкости.

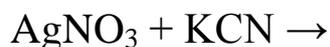
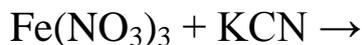
264. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнение реакции взаимодействия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  с  $\text{CuCl}_2$ , исходя из того, что полученное комплексное соединение выпадает в осадок.

265. Определите заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3]$ ,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3\text{H}_2\text{O}]\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ . К какому типу относятся эти комплексы? Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения цинка и выражение общей константы нестойкости его комплексного иона.

266. Составьте формулы семи возможных комплексных соединений никеля (КЧ = 6) из следующих частиц:  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Определите заряд комплексных ионов. Для одного из

комплексных ионов напишите выражение общей константы нестойкости.

267. Напишите в молекулярном и молекулярно-ионном виде уравнения реакций комплексообразования:



Составьте уравнения диссоциации комплекса серебра и выражение общей константы нестойкости его комплексного иона.

268. Известны две комплексные соли кобальта одного состава –  $\text{CoClSO}_4 \cdot 5\text{NH}_3$ . Одна из этих солей дает осадок с раствором хлорида бария, а другая – с раствором нитрата серебра. Напишите координационные формулы данных солей кобальта и уравнения их диссоциации.

269. Заданы растворы двух солей железа(III):  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  и  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ . При добавлении к ним раствора  $\text{NaOH}$  осадок образовался только во втором растворе. Какая из солей железа является двойной, а какая – комплексной? Составьте уравнения диссоциации этих солей.

270. Составьте координационные формулы комплексных соединений кадмия:  $\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3$ ;  $\text{CdCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$ ;  $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$  (координационное число кадмия 4). Напишите выражения общих констант нестойкости этих комплексных ионов.

271. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций комплексообразования:



Составьте уравнения диссоциации комплексного соединения цинка и выражение общей константы нестойкости его комплексного иона.

272. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнение реакции обмена между  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $\text{CuSO}_4$ , если образующееся комплексное соединение выпадает в осадок.

273. Объясните, почему при добавлении  $\text{KCN}$  к раствору комплексной соли  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  образуется растворимое комплексное соединение  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]\text{SO}_4$ . Напишите молекулярное и

ионно-молекулярное уравнение протекающей реакции и на основании этого сделайте вывод о стойкости исходного и полученного комплексных ионов. Для какого из них константа нестойкости больше? Почему?

274. К 324 г 10%-ного раствора нитрата ртути(II) добавили избыток йодида калия. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнение реакции и рассчитайте, сколько моль комплексной соли при этом образуется. *Ответ:* 0,10 моль.

275. Почему хлорид серебра легко растворяется в избытке гидроксида аммония? Напишите уравнение соответствующей реакции и рассчитайте, какая масса 10%-ного раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  необходима для получения двух моль комплексной соли серебра.

*Ответ:* 1400 г.

276. Чем двойные соли отличаются от комплексных? В каком случае выпадает осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , если к растворам солей  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  (отдельно к каждой) добавить раствор щелочи? Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнение протекающей реакции.

277. Чем двойные соли отличаются от комплексных? В каком случае выпадает осадок  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , если к растворам солей  $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2$  и  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_6\text{SO}_4$  (к каждой отдельно) добавить раствор щелочи? Напишите уравнение диссоциации комплексного соединения и выражение общей константы нестойкости его комплексного иона.

278. Приготовлены растворы, содержащие комплексные ионы  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$  и  $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ , взятые в равных концентрациях. В каком из растворов концентрация ионов  $\text{CN}^-$  будет больше? Напишите выражения общей константы нестойкости этих комплексных ионов.

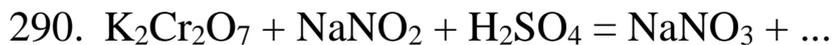
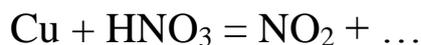
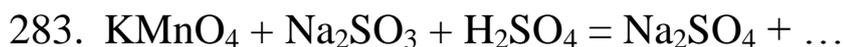
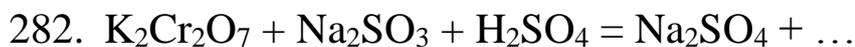
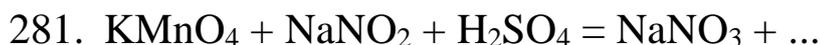
279. Учитывая величины констант нестойкости, указать, какой из ионов:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4+}$  или  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3+}$  является более устойчивым? Определите степень окисления комплексообразователя в этих ионах и напишите выражения общей константы нестойкости этих комплексных ионов.

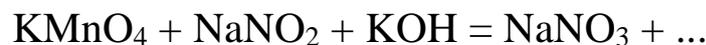
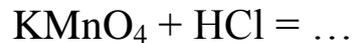
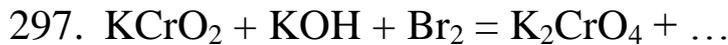
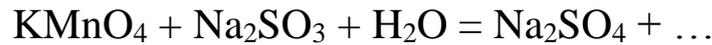
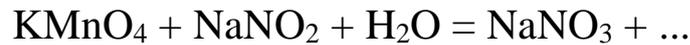
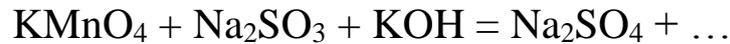
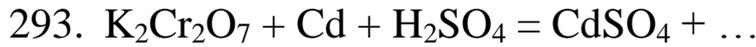
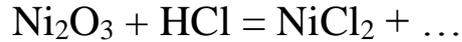
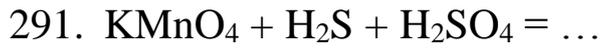
280. Определите заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях:  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_4[\text{TiCl}_6]$ ,  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ . Напишите уравнения

диссоциации этих соединений и выражения общей константы нестойкости их комплексных ионов.

### 15. Окислительно-восстановительные реакции

Используя таблицы окислительно-восстановительных потенциалов, напишите формулы продуктов приведенных окислительно-восстановительных реакций (ОВР), укажите окислитель и восстановитель. Возможны ли эти реакции при стандартных условиях?





## 16. Электродные потенциалы. Гальванические элементы

В задачах этого раздела необходимо дать описание работы гальванического элемента по схеме:

– указать анод и катод;

– составить уравнения электродных процессов и суммарное уравнение реакции, протекающей в данном гальваническом элементе;

– рассчитать ЭДС элемента.

301. Рассчитать, при какой концентрации ионов меди потенциал медного электрода будет равен величине стандартного потенциала водородного электрода? Опишите работу гальванического элемента  $\text{Pt} | \text{H}_2, \text{H}^+ || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ .

*Ответ:*  $[\text{Cu}^{2+}] = 10^{-10}$  моль/л.

В задачах 302–305 необходимо составить схемы двух гальванических элементов, в одном из которых заданный металл является анодом, в другом – катодом. Опишите работу этих гальванических элементов.

302. Ni.

303. Cu.

304. Zn.

305. В стакан с раствором соляной кислоты погрузили раздельно медную и цинковую пластинки. На какой из них происходит выделение водорода? После этого пластинки соединили металлической проволокой. Опишите работу возникающего в этом случае гальванического элемента. На какой из этих пластин будет выделяться водород? Почему?

В задачах 306–309 заданы схемы гальванических элементов и указаны концентрации ионов металлов. Опишите работу этих гальванических элементов и рассчитайте их ЭДС.

306.  $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ ;

$[\text{Mg}^{2+}] = 0,1$  моль/л;  $[\text{Zn}^{2+}] = 1$  моль/л.

*Ответ:* 1,64 В.

307.  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ ;

$[\text{Zn}^{2+}] = 0,1$  моль/л;  $[\text{Cu}^{2+}] = 0,01$  моль/л.

*Ответ:* 1,07 В.

308.  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$ ;

$[\text{Zn}^{2+}] = 0,01$  моль/л;  $[\text{Ag}^+] = 0,001$  моль/л.

*Ответ:* 1,44 В.

309.  $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ ;



*Ответ: 2,65 В.*

310. Как называется гальванический элемент типа:



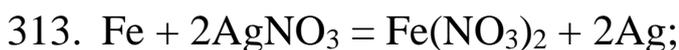
Опишите работу этого элемента и рассчитайте его ЭДС, если концентрация одного из растворов  $\text{AgNO}_3$  равна 0,1 моль/л, а другого – 0,001 моль/л.

*Ответ: 0,12 В.*

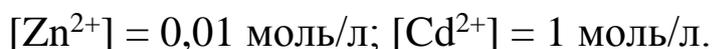
311. В стакан с раствором соляной кислоты бросили кусочек цинка. Что происходит? Затем к этому кусочку дотронулись серебряной проволочкой. Опишите работу возникающего гальванического элемента. На каком металле в этом случае наблюдается выделение водорода?

312. Концентрация ионов меди в медно-цинковом гальваническом элементе равна 0,01 моль/л. Опишите работу этого элемента и рассчитайте, какой должна быть концентрация ионов цинка, чтоб ЭДС элемента составляла 1,07 В. *Ответ: 0,1 моль/л.*

В задачах 313–316 приведены уравнения реакций, протекающих в гальванических элементах. Составьте схему соответствующего данному процессу гальванического элемента, опишите его работу. ЭДС элемента определите при концентрациях ионов металла, указанных в условии задачи.



*Ответ: 1,09 В.*



*Ответ: 0,42 В.*



*Ответ: 0,12 В.*



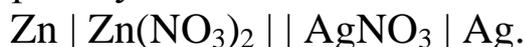
*Ответ: 1,04 В.*

317. Почему гальванические элементы типа:



называются концентрационными? Опишите работу этого элемента. ЭДС определить при концентрации первого раствора  $\text{CuSO}_4$  равной 1 моль/л, второго – 0,01 моль/л. *Ответ: 0,06 В.*

318. Опишите работу гальванического элемента



Изменится ли ЭДС этого элемента при уменьшении концентрации растворов солей в 10 раз по сравнению со стандартной?

319. Известно, что медь не вытесняет водород из раствора  $\text{HCl}$ . Однако, если прикоснуться к медной пластинке цинковой проволокой, на медной пластинке будет выделяться водород. Почему? Опишите работу возникающего при этом гальванического элемента.

320. Изложите кратко суть явления поляризации, возникающей при работе гальванического элемента. Покажите это на примере гальванического элемента:



Опишите его работу.

## 17. Химические свойства металлов

При составлении уравнений реакций взаимодействия металлов с водой, водными растворами кислот, оснований и солей подбор коэффициентов производят методом электронного или электронно-ионного баланса.

321. Опишите отношение кальция, меди, цинка к воде, водному раствору щелочи. Напишите уравнения протекающих реакций и рассчитайте, какой объем водорода (н.у.) можно получить при взаимодействии 6,54 г цинка с избытком раствора  $\text{KOH}$ .

*Ответ: 2,24 л.*

322. 50 г смеси цинка и оксида цинка растворили в избытке  $\text{KOH}$ , при этом выделилось 11,2 л газа (н.у.). Напишите уравнения соответствующих реакций и рассчитайте состав (масс.%) исходной смеси. *Ответ: 65,4% Zn; 34,6% ZnO.*

323. Почему растворы щелочей нельзя хранить в алюминиевой посуде? Напишите уравнения реакций

взаимодействия алюминия с водным раствором гидроксида калия. Рассчитайте, какая масса алюминия вступит в реакцию с избытком раствора KOH, если в результате реакции выделилось 5,6 л газа (н.у.).

*Ответ:* 4,5 г.

324. В чем различие в действии соляной и азотной кислот на металлы? Рассчитайте, какой объем NO (н.у.) можно получить при взаимодействии 100,3 г ртути с избытком азотной кислоты.

*Ответ:* 7,47 г.

325. Рассмотрите отношение меди и цинка к соляной и серной (разбавленной и концентрированной) кислотам. Смесь порошков меди и цинка массой 20 г обработали избытком соляной кислоты. При этом выделилось 5,6 л газа. Определите содержание (масс.%) меди в смеси.

*Ответ:* 18% Cu.

326. 150 г порошка, состоящего из цинка, магния и меди, обработали избытком раствора KOH. При этом выделилось 22,4 л газа (н.у.). При обработке этой же массы порошка разбавленной серной кислотой выделилось 67,2 л (н.у.) газа. Рассчитайте массу каждого металла в порошке.

*Ответ:* 65,4 г Zn; 48,6 г Mg; 36 г Cu .

327. В какой кислоте: HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> лучше растворять серебро? Рассчитайте, разбавленной или концентрированной азотной кислоты потребуется меньше для растворения одного и того же количества серебра?

*Ответ:* разбавленной.

328. В какой кислоте: HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> лучше растворять ртуть? Рассчитайте, разбавленной или концентрированной азотной кислоты потребуется меньше для растворения одного и того же количества ртути?

*Ответ:* разбавленной.

329. Опишите отношение кальция и меди к серной кислоте (разбавленной и концентрированной). Рассчитайте массу меди, содержащей 1% инертных примесей, необходимой для получения 44,8 л SO<sub>2</sub> (н.у.) в реакции с концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*Ответ:* 130 г.

330. В чем различие в действии на металлы разбавленной и концентрированной серной кислоты? Рассмотрите этот вопрос на примере серебра и магния и рассчитайте, сколько миллилитров 60%-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> плотностью 1,5 г/мл потребуется для растворения

48 г магния при условии, что сера в данной реакции восстанавливается до свободного состояния. *Ответ:* 290,3 мл.

331. Можно ли растворы щелочей хранить в цинковой таре? Почему? Подтвердите свои соображения уравнениями реакций и рассчитайте, на сколько грамм станет легче цинковая тара, если в реакции цинка с раствором щелочи выделилось 5,6 л газа (н.у.).

*Ответ:* на 16,4 г.

332. На примере меди и магния опишите действие концентрированной серной кислоты на активные и малоактивные металлы. Составьте уравнения соответствующих реакций и рассчитайте, сколько литров газа (н.у.) выделится при взаимодействии 131 г меди, содержащей 2% примесей, с концентрированной серной кислотой.

*Ответ:* 44,8 л.

333. Рассчитайте, хватит ли 300 мл 60%-ной серной кислоты плотностью 1,5 г/мл для растворения 80 г кальция, если в реакции происходит максимальное восстановление окислителя.

*Ответ:* хватит; требуется 272,2 мл раствора.

334. При растворении некоторого количества сплава магния с алюминием в разбавленной серной кислоте выделилось 28 л  $H_2$  (н.у.), а при растворении этого сплава в избытке раствора KOH выделилось 5,6 л  $H_2$  (н.у.). Определите процентный состав сплава.

*Ответ:* 15,6% Al; 84,4; Mg.

335. Почему соляная кислота взаимодействует с металлами с выделением водорода, азотная – практически без выделения водорода, а серная – и с выделением водорода (разбавленная), и без выделения водорода (концентрированная)? Рассмотрите отношение к этим кислотам цинка и серебра и рассчитайте чистоту цинка (в процентах), если при взаимодействии 3,4 г его с соляной кислотой выделилось 1,12 л водорода (н.у.).

*Ответ:* 96,2%.

336. Порошок, состоящий из магния и цинка, обработали избытком раствора HCl. При этом выделилось 1,57 л  $H_2$  (н.у.). При обработке этого порошка избытком раствора KOH выделилось 0,448 л  $H_2$  (н.у.). Рассчитайте массу порошка.

*Ответ:* 2,53 г.

337. Почему алюминий практически не взаимодействует с чистой водой, но прекрасно с ней взаимодействует в присутствии щелочи? Какова роль щелочи в этом процессе? Свои соображения подтвердите соответствующими уравнениями реакций и

рассчитайте, хватит ли 50 г Al, содержащего 4% примесей, для получения 44,8 л H<sub>2</sub> (н.у.). *Ответ:* хватит; требуется 37,5 г Al.

338. В чем различие в действии на металл разбавленной серной и азотной кислот? Рассмотрите это на примерах серебра и никеля. Рассчитайте, сколько грамм никеля и миллилитров 5%-ной серной кислоты плотностью 1,1 г/мл необходимо для получения 4,48 л H<sub>2</sub> (н.у.)? *Ответ:* 11,74 г Ni; 356,4 мл раствора.

339. Почему свинец плохо растворяется в соляной кислоте, практически не растворим в серной, но неплохо растворяется в слабой уксусной кислоте? Рассчитайте, сколько моль ацетата свинца (свинцового «сахара») и литров H<sub>2</sub> (н.у.) можно получить при взаимодействии 103,6 г Pb с избытком уксусной кислоты?

*Ответ:* 0,5 моль Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>; 11,2 л H<sub>2</sub>.

340. Рассмотрите отношение серебра и магния к воде, растворам соляной, серной (концентрированной), азотной (разбавленной) кислот. Напишите уравнения соответствующих реакций и рассчитайте процентное содержание магниевой примеси в серебре, если при обработке 50 г такого серебра избытком соляной кислоты выделилось 112 мл (н.у.) газа.

*Ответ:* 0,244%.

## 18. Коррозия металлов

Во многих задачах этого раздела требуется описание процесса электрохимической коррозии. Оно включает: указание анодного и катодного участков коррозии; составление электронных уравнений анодного и катодного процессов и суммарного уравнения протекающей при коррозии химической реакции.

341. Объясните, почему очень чистое железо корродирует значительно слабее, чем техническое.

342. В чем различие между химической и электрохимической коррозией? Приведите по одному примеру каждого вида коррозии.

343. Опишите атмосферную коррозию оцинкованного железа при частичном нарушении цельности покрытия.

344. опишите атмосферную коррозию луженого железа при частичном нарушении цельности покрытия.

345. Опишите коррозию оцинкованного железа в случае частичного нарушения цельности покрытия. Коррозионная среда – разбавленная серная кислота.

346. Опишите коррозию луженого железа в случае частичного нарушения цельности покрытия. Коррозионная среда – разбавленная серная кислота.

347. В раствор соляной кислоты поместили цинковую и омедненную цинковую пластинки. В каком случае коррозия цинка протекает интенсивнее? Почему? Опишите происходящие реакции.

348. Опишите коррозию стали во влажном воздухе.

349. Опишите коррозию чугуна во влажном воздухе.

350. Опишите коррозию стали в солянокислой среде.

351. Опишите коррозию чугуна в солянокислой среде.

352. Какое покрытие металла называют анодным, какое – катодным? Приведите по одному примеру таких покрытий. Покрываемый металл – железо. Опишите происходящие процессы в случае частичного нарушения покрытия. Коррозионная среда – солянокислая.

353. Несколько железных пластин покрыты для защиты от коррозии цинком, медью, хромом, серебром, никелем, оловом. Укажите анодные и катодные покрытия. Опишите процессы, протекающие при коррозии посеребренного железа в случае частичного нарушения покрытия. Коррозионная среда – солянокислая.

354. В каком случае железо более защищено от коррозии при частичном разрушении покрытия: а) в случае оцинкованного железа; б) в случае позолоченного железа? Почему? Опишите процессы, протекающие в этих случаях. Коррозионная среда – сильноокислая.

355. Как влияет рН коррозионной среды на интенсивность коррозии железа и алюминия? Опишите атмосферную коррозию железа.

356. В чем суть протекторной защиты металла от коррозии? Приведите пример такой защиты и опишите ее. Защищаемый объект – подводная часть корабля.

357. Какое покрытие (анодное или катодное) более надежно защищает металл от коррозии в случае частичного разрушения покрытия? В качестве примеров возьмите оцинкованное и омедненное железо. Коррозионная среда – сильноокислая.

358. Почему нежелателен контакт алюминиевых и медных проводов в электрических сетях, работающих во влажном воздухе? Опишите происходящие при этом процессы.

359. Как изменится коррозионная стойкость стальной иглы, если ее позолотить? Почему? Опишите происходящие в этом случае коррозионные процессы. Коррозионная среда – влажный воздух.

360. Какую стиральную машину вы охотнее купили бы: а) цельноалюминиевую; б) выполненную из алюминиевых листов с медными заклепками? Почему? Опишите коррозию алюминиевых листов, соединенных медными заклепками. Коррозионная среда – щелочной раствор, например, мыльная вода.

## 19. Электролиз

361. Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на графитовых электродах при электролизе раствора  $\text{HCl}$ . Рассчитайте потенциал разложения  $\text{HCl}$  при стандартных условиях. Почему реальный потенциал электролиза раствора  $\text{HCl}$  больше теоретического? *Ответ: 1,35 В.*

362. Почему активные металлы получают электролизом расплавленных соединений, а не их растворов? Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе расплава и раствора  $\text{NaCl}$  и рассчитайте, сколько литров хлора (н.у.) можно получить при пропускании через расплав или раствор  $\text{NaCl}$  9650 Кл электричества. *Ответ: 1,12 л.*

363. Щелочи в технике можно получать электролизом растворов солей щелочных металлов. Составьте электронные уравнения процессов, протекающих на электродах при электролизе раствора  $\text{KCl}$  и рассчитайте, сколько литров водорода и хлора (н.у.) можно получить при пропускании через раствор  $\text{KCl}$  48250 Кл электричества. *Ответ: 2,8 г; по 5,6 л  $\text{H}_2$  и  $\text{Cl}_2$ .*

364. В чем отличие электролиза растворов с инертным и растворимым анодом? Покажите это на примерах электролиза раствора  $\text{CuSO}_4$  с графитовым и медным анодом и рассчитайте массу меди, выделится на катоде при пропускании через раствор тока силой 2,5 А в течение трех часов? *Ответ:* 8,9 г.

365. Рассматривая электролиз раствора  $\text{CuSO}_4$  с медным анодом, студент пришел к выводу, что концентрация раствора  $\text{CuSO}_4$  остается постоянной в ходе электролиза. Прав ли студент? Составьте электронные уравнения катодного и анодного процессов и рассчитайте, достаточно ли 9650 Кл электричества для выделения на катоде 2 г меди. *Ответ:* да.

366. Составьте схему электролиза для серебрения медной пластинки, опишите электронными уравнениями анодный и катодный процессы и рассчитайте массу серебра, выделившегося на медной пластинке в течение часа, если сила тока равна 2 А.

*Ответ:* 8,06 г.

367. Составьте схему электролиза для серебрения железной броши, опишите электронными уравнениями анодный и катодный процессы и рассчитайте, достаточно ли 30 мин времени при силе тока 2 А для отложения на броши 3 г серебра. *Ответ:* да.

368. Студент сказал, что электролиз – это разложение вещества под действием электрического тока. О разложении какого вещества идет речь, если электролизу подвергается раствор  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ? Опишите электронными уравнениями процессы, протекающие на аноде и катоде, и рассчитайте количество веществ, образующихся на аноде и катоде при пропускании через раствор 9650 Кл электричества. Если эти вещества – газы, выразите их количества в литрах при н.у. *Ответ:* 1,12 л  $\text{H}_2$ ; 0,28 л  $\text{O}_2$ .

369. Решая задачу, связанную с электролизом раствора  $\text{CuCl}_2$ , студент ответил, что при пропускании 9650 Кл электричества через данный раствор на катоде выделилось 3,2 г меди и 0,5 л хлора (н.у.). Во всем ли прав студент? Подтвердите свои соображения расчетом и опишите электронными уравнениями протекающие процессы. *Ответ:* нет; 1,12 л  $\text{Cl}_2$ .

370. Вам нужно путем электролиза получить водород и хлор. Подберите необходимый для этого раствор. Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов и рассчитайте, сколько

литров (н.у.) водорода и хлора можно получить при пропускании через выбранный раствор тока силой 6 А в течение 4 часов.

*Ответ:* по 10 л  $H_2$  и  $Cl_2$ .

371. При электролизе раствора сульфата металла (+2), проводимого при силе тока 4 А в течение 2 часов, на катоде выделилось 9,55 г металла. Рассчитайте эквивалент металла. О каком металле идет речь? Опишите электронными уравнениями данный случай электролиза с инертным анодом.

*Ответ:* 32; медь.

372. При электролизе с инертным анодом раствора хлорида металла (+2) массой 17,1 г, проводимого при силе тока 5 А в течение часа, на аноде выделилось 2,09 л хлора (н.у.). О каком металле идет речь?

*Ответ:* Cd.

373. Студенту сообщили, что при электролизе воды на аноде выделилось 5,6 л  $O_2$  (н.у.). На вопрос, сколько литров водорода при этом выделилось на катоде, студент, не задумываясь, ответил: 11,2 л (н.у.). Прав ли студент? Подтвердите свой вывод расчетом и, если студент прав, укажите, как он, не проводя расчеты, дал правильный ответ. Составьте уравнения катодного и анодного процессов.

*Ответ:* прав.

374. Последовательно проводят электролиз раствора  $AgNO_3$  с графитовым и серебряным анодами. Опишите электронными уравнениями оба случая электролиза и рассчитайте, как изменилась масса катода, если при электролизе выделилось 280 мл кислорода (н.у.).

*Ответ:* на 5,4 г.

375. При электролизе на катоде в первую очередь восстанавливаются катионы, являющиеся более сильными окислителями, т.е. имеющие более высокие значения электродного потенциала. Почему же тогда при электролизе раствора  $NiSO_4$  на катоде происходит восстановление ионов никеля, а не водорода, хотя стандартный электродный потенциал никеля ниже, чем у водорода? Опишите электронными уравнениями электролиз раствора  $NiSO_4$  с инертным анодом и рассчитайте массу никеля, восстановившегося на катоде, если через раствор пропущено 9650 Кл электричества.

*Ответ:* 2,9 г.

376. Рассказывая об электролизе раствора  $CuCl_2$  с медным анодом, студент ответил, что продуктами электролиза на

электродах будут медь и хлор. Прав ли студент? Опишите электронными уравнениями этот случай электролиза и рассчитайте, достаточно ли пропустить через заданный раствор 4825 Кл электричества, чтобы получить на катоде 1 г меди.

*Ответ:* достаточно.

377. Опишите электронными уравнениями процессы, протекающие на электродах при электролизе раствора сульфата цинка с инертным анодом и рассчитайте количество продуктов электролиза, полученных на электродах при пропускании тока силой 4 А в течение двух часов.

*Ответ:* 9,8 г Zn; 2,4 г O<sub>2</sub>; 14,6 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

378. Как электролитически получить KOH из соли калия? Опишите электронными уравнениями этот случай электролиза и рассчитайте, сколько времени потребуется для получения 5,6 г KOH при силе тока 2 А. Определите количество продуктов электролиза, образующихся на электродах.

*Ответ:* 80,4 мин.; 0,1 г H<sub>2</sub>; 0,8 г O<sub>2</sub>.

379. При электролизе с инертным анодом раствора хлорида металла (+2) на аноде выделилось 1,12 л газа (н.у.) и 3,2 г металла. Какой это металл? Опишите электронными уравнениями процессы, протекающие на электродах.

*Ответ:* медь.

380. Имеется раствор, содержащий NaCl и Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Предложите электролитический способ получения нитрата натрия. Опишите электронными уравнениями выбранный Вами способ электролиза и рассчитайте количество полученных на электродах веществ и количество NaNO<sub>3</sub>, образовавшегося в приэлектродном пространстве, если время электролиза 30 мин., а сила тока 4 А.

*Ответ:* 2,2 г Ni; 2,6 г Cl<sub>2</sub>; 6,3 г NaNO<sub>3</sub>.

## 20. Общая характеристика *s*-, *p*- и *d*-элементов

381. Напишите краткие электронные формулы атомов *p*-элементов II периода. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Укажите высшую и низшую степени окисления данных элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления и укажите их кислотно-основные свойства. Как изменяются эти свойства по периоду и почему?

382. Напишите краткие электронные формулы атомов *p*-элементов III периода. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Укажите высшую и низшую степени окисления данных элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления и укажите их кислотно-основные свойства. Как изменяются эти свойства по периоду и почему?

383. Напишите краткие электронные формулы атомов *p*-элементов IV периода. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Укажите высшую и низшую степени окисления данных элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления и укажите их кислотно-основные свойства. Как изменяются эти свойства по периоду и почему?

384. Напишите краткие электронные формулы атомов *p*-элементов V периода. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Укажите высшую и низшую степени окисления данных элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления и укажите их кислотно-основные свойства. Как изменяются эти свойства по периоду и почему?

385. Напишите краткие электронные формулы атомов *p*-элементов VI периода. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Укажите высшую и низшую степени окисления данных элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления и укажите их кислотно-основные свойства. Как изменяются эти свойства по периоду и почему?

386. К каким семействам относятся элементы 2-й группы из IV и V периодов? Напишите краткие электронные формулы атомов этих элементов и покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Укажите степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов и укажите их кислотно-основные свойства. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, подтверждающих свойства гидроксида цинка.

387. К каким семействам относятся элементы 3-й группы из V и VII периодов? Напишите краткие электронные формулы атомов

этих элементов и покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов и укажите их кислотно-основные свойства.

388. К каким семействам относятся элементы 3-й группы из II, III и IV периодов? Напишите краткие электронные формулы атомов этих элементов и покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов и укажите их кислотно-основные свойства. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, подтверждающих свойства гидроксида алюминия.

389. К каким семействам относятся элементы 4-й группы? Напишите краткие электронные формулы атомов углерода, кремния, титана и олова. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в разных степенях окисления и укажите их кислотно-основные свойства.

390. К каким семействам относятся элементы 5-й группы? Напишите краткие электронные формулы атомов азота, фосфора, ванадия и мышьяка. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в разных степенях окисления и укажите их кислотно-основные свойства.

391. К каким семействам относятся элементы 6-й группы? Напишите краткие электронные формулы атомов кислорода, серы, хрома и селена. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в разных степенях окисления и укажите их кислотно-основные свойства.

392. К каким семействам относятся элементы 7-й группы? Напишите краткие электронные формулы атомов хлора, фтора, марганца и брома. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях.

Укажите возможные степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в разных степенях окисления и укажите их кислотно-основные свойства.

393. К каким семействам относятся элементы 8-й группы? Напишите краткие электронные формулы атомов гелия, ксенона, железа и иридия. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в разных степенях окисления и укажите их кислотно-основные свойства.

394. К каким семействам относятся элементы 1-й группы? Напишите краткие электронные формулы атомов калия, цезия, меди и золота. Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите высшую и низшую степени окисления этих элементов. Составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов и укажите их кислотно-основные свойства.

395. Составьте краткие электронные формулы атомов элементов IV периода, у которых полностью заполнен подуровень  $(n - 1)d$ . К каким семействам относятся эти элементы? Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам у цинка, селена и криптона в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов и составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления. Какими кислотно-основными свойствами обладают эти соединения? Напишите уравнения реакции гидроксида селена с гидроксидом бария в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

396. Составьте краткие электронные формулы атомов элементов V периода, у которых полностью заполнен подуровень  $(n - 1)d$ . К каким семействам относятся эти элементы? Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам у кадмия, олова и теллура в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов и составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей и низшей степенях окисления. Какими кислотно-основными свойствами обладают эти соединения?

397. Составьте краткие электронные формулы атомов элементов VI периода, у которых полностью заполнен подуровень  $(n - 1)d$ . К каким семействам относятся эти элементы? Покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам у ртути, висмута и астата в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов и составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей и низшей степенях окисления. Какими кислотно-основными свойствами обладают эти соединения?

398. Составьте краткие электронные формулы атомов  $d$ -элементов VII группы и покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления рения и составьте формулы оксидов и гидроксидов этого элемента в разных степенях окисления. Как изменяются кислотно-основные свойства этих соединений и почему? Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, подтверждающие амфотерные свойства гидроксида рения.

399. К каким семействам относятся элементы: кадмий, барий, тантал и бром? Составьте краткие электронные формулы атомов этих элементов и покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления этих элементов и составьте формулы оксидов и гидроксидов этих элементов в высшей степени окисления. Какими кислотно-основными свойствами обладают эти соединения? Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, подтверждающие кислотно-основные свойства гидроксида тантала в степенях окисления  $2+$ ,  $4+$  и  $5+$ .

400. К каким семействам относятся элементы: цинк, олово, церий и ксенон? Составьте краткие электронные формулы атомов этих элементов и покажите распределение валентных электронов по квантовым ячейкам в нормальном и возбужденном состояниях. Укажите возможные степени окисления у цинка и олова, составьте формулы оксидов и гидроксидов этого элемента в разных степенях окисления. Какими кислотно-основными свойствами обладают эти соединения? Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, подтверждающие кислотно-основные свойства гидроксида олова.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Тривиальные названия некоторых веществ

Название	Химическая формула
Бертолетова соль	$\text{KClO}_3$
Гипосульфит	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Глауберова соль	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Глинозем	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Едкий барит	$\text{Ba}(\text{OH})_2$
Едкий натр (каустическая сода)	$\text{NaOH}$
Едкое кали	$\text{KOH}$
Жженая магнезия	$\text{MgO}$
Известь	
Негашеная	$\text{CaO}$
Гашеная	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Кальцинированная сода	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Карборунд	$\text{SiC}$
Квасцы	
Алюмокалиевые	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Железоаммонийные	$(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Хромокалиевые	$\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Купорос	
железный	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
медный	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Нашатырный спирт	Конц.розчин $\text{NH}_3$ у воді
Нашатырь	$\text{NH}_4\text{Cl}$
Питьевая сода	$\text{NaHCO}_3$
Поташ	$\text{K}_2\text{CO}_3$
Селитра	
Аммонийная	$\text{NH}_4\text{NO}_3$
известковая (норвежская)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
индийская	$\text{KNO}_3$
чилийская	$\text{NaNO}_3$
Синильная кислота	$\text{HCN}$
Соляная кислота	$\text{HCl}$
Сулема	$\text{HgCl}_2$
Сухой лед	$\text{CO}_2$ (тв.)
Угарный газ	$\text{CO}$
Цементит	$\text{Fe}_3\text{C}$

### Названия важнейших кислот и их солей

Формула кислоты	Название	
	кислоты	соли
$\text{HAlO}_2$	Метаалюминиевая	Метаалюминат
$\text{H}_3\text{AlO}_3$	Ортоалюминиевая	Ортоалюминат
$\text{HBO}_2$	Метаборная	Метаборат
$\text{H}_3\text{BO}_3$	Ортоборная	Ортоборат
$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Тетраборная	Тетраборат
$\text{HBr}$	Бромоводородная	Бромид
$\text{HCOOH}$	Муравьиная	Формиат
$\text{CH}_3\text{COOH}$	Уксусная	Ацетат
$\text{HCN}$	Циановодородная	Цианид
$\text{H}_2\text{CO}_3$	Угльная	Карбонат
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Щавелевая	Оксалат
$\text{HCl}$	Хлороводородная	Хлорид
$\text{HClO}$	Хлорноватистая	Гипохлорит
$\text{HClO}_2$	Хлористая	Хлорит
$\text{HClO}_3$	Хлорноватая	Хлорат
$\text{HClO}_4$	Хлорная	Перхлорат
$\text{H}_2\text{CrO}_4$	Хромовая	Хромат
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Дихромовая	Дихромат
$\text{HI}$	Йодоводородная	Йодид
$\text{HMnO}_4$	Марганцовая	Перманганат
$\text{H}_2\text{MnO}_4$	Марганцовистая	Манганат
$\text{HNO}_2$	Азотистая	Нитрит
$\text{HNO}_3$	Азотная	Нитрат
$\text{HPO}_3$	Метафосфорная	Метафосфат
$\text{H}_3\text{PO}_4$	Ортофосфорная	Ортофосфат
$\text{H}_3\text{PO}_3$	Фосфористая	Фосфит
$\text{H}_2\text{S}$	Сероводородная	Сульфид
$\text{HSCN}$	Родановодородная	Роданид
$\text{H}_2\text{SO}_3$	Сернистая	Сульфит
$\text{H}_2\text{SO}_4$	Серная	Сульфат
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Тиосерная	Тиосульфат
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	Метакремниевая	Метасиликат
$\text{H}_4\text{SiO}_4$	Ортокремниевая	Ортосиликат

## Общие названия бинарных соединений

Название	Соединение	Пример
Антимониды	Сурьма + металл	$Mg_3Sb_2$
Арсениды	Мышьяк + металл	$Mg_3As_2$
Бориды	Бор + металл	$Mg_3B_2$
Висмутиды	Висмут + металл	$Mg_3Bi_2$
Галогениды	Галоген + элемент	$CdI_2, SbCl_3$
Гидриды	Водород + элемент	$LiH, SiH_4$
Карбиды	Углерод + металл	$CaC_2, Al_4C_3$
Нитриды	Азот + металл	$Mg_3N_2, Li_3N$
Оксиды	Кислород + элемент	$K_2O, Al_2O_3, SO_3$
Пероксиды	Кислород + металл	$Na_2O_2, BaO_2$
Селениды	Селен + элемент	$Al_2Se_3, Cu_2Se$
Силаны	Кремний + водород	$SiH_4, Si_2H_6$
Силициды	Кремний + металл	$Mg_2Si$
Сульфиды	Сера + элемент	$BaS, Sb_2S_3$
Теллуриды	Теллур + элемент	$Al_2Te_3$
Фосфи́ды	Фосфор + металл	$Ca_3P_2$

## Кинетические константы гомогенных реакций

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$$

Реакция	$A, c^{-1}$	$E_A, \text{кДж/моль}$
$N_2O_5 \rightarrow N_2O_4 + 0,5O_2$	$4,6 \cdot 10^{13}$	104
$N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$	$1,0 \cdot 10^{16}$	54
$2O_3 \rightarrow 3O_2 (\text{г})$	$6,0 \cdot 10^{12}$	119
$2N_2O \rightarrow 2N_2 + O_2$	$4,0 \cdot 10^9$	53
$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$	$1,6 \cdot 10^{14}$	166
$2HI \rightarrow H_2 + I_2$	$9,0 \cdot 10^{13}$	186
$2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$	$9,4 \cdot 10^{13}$	113
$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$	$1,5 \cdot 10^{10}$	48
$2NO + Br_2 \rightarrow 2NOBr$	$3,0 \cdot 10^{10}$	5
$2NO + Cl_2 \rightarrow 2NOCl$	$5,0 \cdot 10^{10}$	16
$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$	$5,0 \cdot 10^{10}$	-1

## Приложение 5

**Плотность растворов некоторых неорганических кислот и щелочей в воде при 20°C**

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Концентрация, массовая доля, %				
	HCl	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KOH	NaOH
1,000	0,360	2,164	0,261	0,197	0,159
1,010	2,364	3,982	1,731	1,295	1,04
1,020	4,388	5,784	3,242	2,38	1,94
1,030	6,433	7,530	4,746	3,48	2,84
1,040	8,490	9,259	6,237	4,58	3,74
1,050	10,50	10,97	7,704	5,66	4,65
1,060	12,51	12,65	9,129	6,74	5,56
1,070	14,50	14,31	10,56	7,82	6,47
1,080	16,47	15,95	11,96	8,89	7,38
1,090	18,43	17,58	13,36	9,96	8,28
1,100	20,39	19,19	14,73	11,03	9,19
1,110	22,33	20,79	16,08	12,08	10,10
1,120	24,25	22,38	17,43	13,14	11,01
1,130	26,20	23,94	19,76	14,19	11,92
1,140	28,18	25,48	(20,13)	15,22	12,83
1,150	30,14	27,00	(21,38)	16,26	13,73
1,160	32,14	28,51	(22,62)	17,29	14,64
1,170	34,18	30,00	23,95	18,32	15,54
1,180	36,23	31,47	25,21	19,35	16,44
1,190	38,32	32,94	26,47	20,37	17,34
1,200	–	40,58	27,72	21,38	18,25
1,250	–	48,42	33,82	26,34	22,82
1,300	–	56,95	39,68	31,15	27,41
1,350	–	66,97	45,26	35,82	32,10
1,400	–	79,43	50,50	40,37	36,99
1,450	–	96,73	55,45	44,79	42,07
1,500	–	–	60,17	49,10	47,33
1,600	–	–	69,09	–	–
1,700	–	–	77,63	–	–
1,800	–	–	87,69	–	–

**Термодинамические свойства веществ  
в стандартном состоянии при 298,15 К**

<b>Вещество</b>	$\Delta H_{298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	$S_{298}^0, \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}}$	$\Delta G_{298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$
<b>Ag (к)</b>	0	42,71	0
<b>AgCl (к)</b>	-127,04	96,11	-109,72
<b>Al (к)</b>	0	28,3	0
<b>AlCl<sub>3</sub> (к)</b>	-695,3	167,4	-631,18
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (корунд)</b>	-1676,0	50,9	-1582,0
<b>BaO (к)</b>	-582,0	70,3	-552,0
<b>BaCO<sub>3</sub> (витерит)</b>	-1235,0	112,0	-1136,0
<b>C (графит)</b>	0	5,7	0
<b>C (алмаз)</b>	0	2,44	0
<b>CCl<sub>4</sub> (г)</b>	-106,7	309,41	-64,0
<b>CCl<sub>4</sub> (ж)</b>	-135,4	214,4	-64,6
<b>CH<sub>4</sub> (г)</b>	-74,9	186,2	-50,8
<b>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (г)</b>	226,8	200,8	209,2
<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (г)</b>	52,3	219,4	68,1
<b>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (г)</b>	-89,7	229,5	-32,9
<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (г)</b>	-103,9	269,9	-107,2
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (ж)</b>	49,03	172,8	124,5
<b>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (ж)</b>	-277,6	160,7	-174,8
<b>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (глюкоза)</b>	-1273,0	-	-919,5
<b>CO (г)</b>	-110,5	197,5	-137,1
<b>CO<sub>2</sub> (г)</b>	-393,5	213,7	-394,4
<b>Ca (к)</b>	0	41,63	0
<b>CaCO<sub>3</sub> (к)</b>	-1207,0	92,8	-1128,7
<b>CaO (к)</b>	-635,6	39,7	-604,2
<b>Ca(OH)<sub>2</sub> (к)</b>	-986,6	76,1	-896,8
<b>Cl<sub>2</sub> (г)</b>	0	222,9	0
<b>Cr (к)</b>	0	23,8	0
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (к)</b>	-1440,6	81,2	-1050,0

<b>Вещество</b>	$\Delta H_{298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	$S_{298}^0, \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}}$	$\Delta G_{298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$
<b>Cu (κ)</b>	0	33,3	0
<b>CuO (κ)</b>	-162,0	46,2	-129,9
<b>Cu<sub>2</sub>S (κ)</b>	-79,5	120,0	-86,1
<b>CuSO<sub>4</sub> (κ)</b>	-771,2	113,3	-681,9
<b>F<sub>2</sub> (г)</b>	0	202,9	0
<b>Fe (κ)</b>	0	27,52	0
<b>FeO (κ)</b>	-266,5	54,0	-244,3
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (κ)</b>	-822,2	87,4	-740,3
<b>Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (κ)</b>	-1117,1	146,2	-1014,2
<b>H<sub>2</sub> (г)</b>	0	130,6	0
<b>HBr (г)</b>	-36,24	198,6	-53,3
<b>HCN (г)</b>	135,0	113,1	125,5
<b>HCl (г)</b>	-92,3	186,8	-95,2
<b>HF (г)</b>	-270,7	178,7	-272,8
<b>HI (г)</b>	26,6	206,5	1,8
<b>H<sub>2</sub>O (г)</b>	-241,8	188,7	-228,6
<b>H<sub>2</sub>O (ж)</b>	-285,8	70,1	-237,3
<b>H<sub>2</sub>S (г)</b>	-21,0	205,7	-33,8
<b>I<sub>2</sub> (г)</b>	62,24	260,5	19,37
<b>I<sub>2</sub> (κ)</b>	0	116,7	0
<b>Mg (κ)</b>	0	32,51	0
<b>MgCO<sub>3</sub> (κ)</b>	-894,96	85,7	-817,5
<b>MgCl<sub>2</sub> (κ)</b>	-641,1	89,9	-591,6
<b>MgO (κ)</b>	-601,8	26,9	-569,6
<b>N<sub>2</sub> (г)</b>	0	191,5	0
<b>NH<sub>3</sub> (г)</b>	-46,2	192,6	-16,7
<b>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (κ)</b>	-385,4	151,0	-183,8
<b>N<sub>2</sub>O (г)</b>	82,0	219,9	104,1
<b>NO (г)</b>	90,3	210,6	86,6
<b>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (г)</b>	83,3	307,0	140,5
<b>NO<sub>2</sub> (г)</b>	33,5	240,46	51,5
<b>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (г)</b>	9,6	304,3	98,4
<b>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (г)</b>	-42,7	178,0	114,1
<b>Ni (κ)</b>	0	30,12	0
<b>NiO (κ)</b>	-239,7	38,0	-211,6

<b>Вещество</b>	$\Delta H_{298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	$S_{298}^0, \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}}$	$\Delta G_{298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$
<b>O (г)</b>	247,52	160,95	230,1
<b>O<sub>2</sub> (г)</b>	0	205,0	0
<b>O<sub>3</sub> (г)</b>	142,3	237,6	163,43
<b>PCl<sub>3</sub> (г)</b>	-306,35	311,66	-286,27
<b>PCl<sub>5</sub> (г)</b>	-398,94	352,71	-324,63
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (к)</b>	-1492,0	114,5	-1348,8
<b>Pb (к)</b>	0	64,9	0
<b>PbO (к)</b>	-219,3	66,1	-189,1
<b>PbO<sub>2</sub> (к)</b>	-276,6	74,9	-218,3
<b>S (ромбич.)</b>	0	31,9	0
<b>SO<sub>2</sub> (г)</b>	-296,9	248,1	-300,2
<b>SO<sub>3</sub> (г)</b>	-395,2	256,2	-370,4
<b>Si (к)</b>	0	18,7	0
<b>SiF<sub>6</sub> (г)</b>	-1506,2	284,5	-1468,6
<b>SiO<sub>2</sub> (кварц)</b>	-910,9	41,8	-856,7
<b>Sn (к)</b>	0	51,5	0
<b>SnO (к)</b>	-286,0	56,5	-256,9
<b>SnO<sub>2</sub> (к)</b>	-580,8	52,3	-519,3
<b>Sr (к)</b>	0	54,4	0
<b>SrO (к)</b>	-604,0	55,6	-575,0
<b>SrCO<sub>3</sub> (к)</b>	-1176,0	98,3	-1138,0
<b>Ti (к)</b>	0	30,6	0
<b>TiCl<sub>4</sub> (к)</b>	-804,2	252,4	-737,4
<b>TiO<sub>2</sub> (к)</b>	-943,9	50,3	-888,6
<b>Zn (к)</b>	0	41,63	0
<b>ZnCO<sub>3</sub> (к)</b>	-812,6	82,4	-731,4
<b>ZnO (к)</b>	-350,6	43,6	-320,7
<b>ZnSO<sub>4</sub> (к)</b>	-978,2	124,6	-871,2

### Константы диссоциации некоторых слабых электролитов

Электролит	Константа диссоциации	Электролит	Константа диссоциации
<b>Кислоты</b>		H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , I ступень	4,31 · 10 <sup>-7</sup>
HNO <sub>2</sub>	4 · 10 <sup>-4</sup>	II ступень	5,61 · 10 <sup>-11</sup>
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , I ступень	5,70 · 10 <sup>-10</sup>	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> , I ступень	1,8 · 10 <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> O	1,8 · 10 <sup>-16</sup>	II ступень	3,2 · 10 <sup>-7</sup>
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , I ступень	1,0 · 10 <sup>-10</sup>	HCOOH	1,77 · 10 <sup>-4</sup>
II ступень	1,0 · 10 <sup>-12</sup>	CH <sub>3</sub> COOH	1,86 · 10 <sup>-5</sup>
H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> , I ступень	3,62 · 10 <sup>-3</sup>	HClO	3,0 · 10 <sup>-8</sup>
II ступень	1,70 · 10 <sup>-7</sup>	<b>Основания</b>	
III ступень	2,95 · 10 <sup>-12</sup>	Al(OH) <sub>3</sub> , I ступень	4,0 · 10 <sup>-13</sup>
H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub> , I ступень	5,8 · 10 <sup>-10</sup>	NH <sub>4</sub> OH	1,79 · 10 <sup>-5</sup>
II ступень	3 · 10 <sup>-14</sup>	Ba(OH) <sub>2</sub> , II ступень	2,3 · 10 <sup>-1</sup>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , I ступень	7,51 · 10 <sup>-3</sup>	Be(OH) <sub>2</sub> , II ступень	3,3 · 10 <sup>-8</sup>
II ступень	6,23 · 10 <sup>-8</sup>	H <sub>2</sub> O	1,8 · 10 <sup>-16</sup>
III ступень	2,2 · 10 <sup>-13</sup>	Ca(OH) <sub>2</sub> , II ступень	5,0 · 10 <sup>-2</sup>
HF	7,4 · 10 <sup>-3</sup>	Cu(OH) <sub>2</sub> , II ступень	3,4 · 10 <sup>-7</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , I ступень	1,3 · 10 <sup>-2</sup>	Sn(OH) <sub>2</sub> , II ступень	5,0 · 10 <sup>-13</sup>
II ступень	5 · 10 <sup>-6</sup>	Pb(OH) <sub>2</sub> , I ступень	9,6 · 10 <sup>-4</sup>
H <sub>2</sub> S, I ступень	5,7 · 10 <sup>-8</sup>	II ступень	6,0 · 10 <sup>-7</sup>
II ступень	1,2 · 10 <sup>-15</sup>	AgOH	1,1 · 10 <sup>-4</sup>
HCN	7,2 · 10 <sup>-10</sup>	Zn(OH) <sub>2</sub> , II ступень	4,0 · 10 <sup>-5</sup>

## Приложение 8

**Произведение растворимости малорастворимых веществ в воде  
при 25°C**

Вещество	ПР	pПР = -lgПР
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	12,28
AgCN	$1,4 \cdot 10^{-16}$	15,84
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	9,75
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,95
Ag <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	$1,0 \cdot 10^{-10}$	10,00
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	16,08
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$1,3 \cdot 10^{-20}$	19,89
Ag <sub>2</sub> S	$6,3 \cdot 10^{-50}$	49,20
Al(OH) <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-32}$	32,00
AlPO <sub>4</sub>	$5,75 \cdot 10^{-19}$	18,24
AuCl <sub>3</sub>	$3,2 \cdot 10^{-25}$	24,50
AuI <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-46}$	46,00
BaCO <sub>3</sub>	$5,1 \cdot 10^{-9}$	8,29
BaCrO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,93
BaF <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-6}$	5,98
BaMnO <sub>4</sub>	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,60
Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$6,03 \cdot 10^{-39}$	38,22
BaSO <sub>3</sub>	$8,0 \cdot 10^{-7}$	6,10
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,97
Be(OH) <sub>2</sub>	$6,3 \cdot 10^{-22}$	21,30
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-97}$	97,00
CaCO <sub>3</sub>	$4,8 \cdot 10^{-9}$	8,32
CaCrO <sub>4</sub>	$7,1 \cdot 10^{-4}$	3,15
CaF <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-11}$	10,40
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$2,0 \cdot 10^{-29}$	28,70
CaSO <sub>3</sub>	$1,3 \cdot 10^{-8}$	7,89
CaSO <sub>4</sub>	$9,1 \cdot 10^{-6}$	5,04
Cd(CN) <sub>2</sub>	$1,0 \cdot 10^{-8}$	8,00
Cd(OH) <sub>2</sub> (свіжоосадж.)	$2,2 \cdot 10^{-14}$	13,66
Cd(OH) <sub>2</sub> (постарівш.)	$5,9 \cdot 10^{-15}$	14,23
CdS	$7,9 \cdot 10^{-27}$	26,10
Cu(OH) <sub>2</sub>	$2,2 \cdot 10^{-20}$	19,66
(CuOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$1,7 \cdot 10^{-34}$	33,78
CuS	$6,3 \cdot 10^{-36}$	35,20
Cu <sub>2</sub> S	$2,5 \cdot 10^{-48}$	47,60
Fe(OH) <sub>2</sub>	$1,0 \cdot 10^{-15}$	15,00
Fe(OH) <sub>3</sub>	$3,2 \cdot 10^{-38}$	37,50

## Продолжение Приложения 8

Вещество	ПР	pПР = -lgПР
FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$	17,30
GeS	$3,0 \cdot 10^{-35}$	34,50
HgS (черный)	$1,6 \cdot 10^{-52}$	51,80
HgS (красный)	$4,0 \cdot 10^{-53}$	52,40
K <sub>3</sub> [AlF <sub>6</sub> ]	$1,6 \cdot 10^{-9}$	8,80
KClO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,97
K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	$4,3 \cdot 10^{-10}$	9,37
Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$3,98 \cdot 10^{-3}$	2,40
MgCO <sub>3</sub>	$2,1 \cdot 10^{-5}$	4,67
MgF <sub>2</sub>	$6,5 \cdot 10^{-9}$	8,19
Mg(OH) <sub>2</sub>	$6,0 \cdot 10^{-13}$	12,60
Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$1,0 \cdot 10^{-13}$	13,00
Mn(OH) <sub>2</sub>	$1,9 \cdot 10^{-13}$	12,72
MnS (телесный)	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,60
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	$4,1 \cdot 10^{-10}$	9,39
Ni(CN) <sub>2</sub>	$3,0 \cdot 10^{-28}$	22,50
Ni(OH) <sub>2</sub>	$2,0 \cdot 10^{-15}$	14,70
NiS	$1,0 \cdot 10^{-24}$	24,00
PbCO <sub>3</sub>	$7,49 \cdot 10^{-14}$	13,13
PbCl <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,79
PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \cdot 10^{-14}$	13,75
PbF <sub>2</sub>	$2,7 \cdot 10^{-8}$	7,57
PbI <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	8,98
Pb(OH) <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-20}$	19,96
PbS	$2,5 \cdot 10^{-27}$	26,60
PbSO <sub>4</sub>	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80
PtCl <sub>4</sub>	$8,0 \cdot 10^{-29}$	28,10
Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	$1,6 \cdot 10^{-93}$	92,80
Sn(OH) <sub>2</sub>	$6,3 \cdot 10^{-27}$	26,20
SnS	$1,0 \cdot 10^{-25}$	25,00
SrCO <sub>3</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
SrCrO <sub>4</sub>	$3,6 \cdot 10^{-5}$	4,44
SrF <sub>2</sub>	$2,5 \cdot 10^{-9}$	8,61
Zn(CN) <sub>2</sub>	$2,6 \cdot 10^{-13}$	12,59
Zn(OH) <sub>2</sub>	$7,1 \cdot 10^{-18}$	17,15
α-ZnS (сфалерит)	$1,6 \cdot 10^{-24}$	23,80
β-ZnS (вюртцит)	$2,5 \cdot 10^{-22}$	21,60

## Приложение 9

## Степень гидролиза некоторых солей в 0,1М растворах при 25 °С

Вещество	Степень гидролиза $h$ , %	Вещество	Степень гидролиза $h$ , %
$\text{NH}_4\text{Cl}$	0,07	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	0,0004
$\text{CH}_3\text{COONH}_4$	0,5	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	4,0
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	99,0	$\text{NaHCO}_3$	0,005
$\text{NH}_4\text{HS}$	7,0	$\text{Na}_2\text{S}$	9,9
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	0,5	$\text{NaHS}$	0,10
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	0,13	$\text{NaClO}$	0,18
$\text{NaHSO}_3$	0,0002	$\text{KCN}$	1,2
$\text{CH}_3\text{COONa}$	0,007	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	3,5
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	3,4	$\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$	40,0
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,13	$\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$	32,0

## Приложение 10

Криоскопическая ( $K_K$ ) и эбуллиоскопическая ( $K_E$ ) константы растворителей

Растворитель	$K_K$	$K_E$	$t_{\text{пл}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{\text{кип}} \text{ } ^\circ\text{C}$
Ацетон - $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	2,4	1,48	-94,6	56,0
Бензол - $\text{C}_6\text{H}_6$	5,1	2,57	5,4	80,2
Вода - $\text{H}_2\text{O}$	1,86	0,516	0	100
Диэтиловый эфир - $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	1,73	2,02	-	34,5
Хлороформ - $\text{CHCl}_3$	4,9	3,88	-63,2	61,2
Четыреххлористый углерод - $\text{CCl}_4$	2,90	5,3	-23	76,7
Этиловый спирт - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-	1,16	-114,15	78,39

**Константы нестойкости некоторых комплексных ионов  
в водных растворах**

**k** - константа нестойкости для первой стадии, **K** - общая константа нестойкости

Комплексный ион	<i>k</i>	<i>K</i>	Комплексный ион	<i>k</i>	<i>K</i>
[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	1,48·10 <sup>-4</sup>	9,31·10 <sup>-8</sup>	[HgJ <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	5,9·10 <sup>-3</sup>	1,48·10 <sup>-30</sup>
[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	0,17	7,56·10 <sup>-8</sup>	[PbJ <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	6,3	1,42·10 <sup>-4</sup>
[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	0,173	2,80·10 <sup>-6</sup>	[ZnJ <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	3,9	220
[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	7,40·10 <sup>-3</sup>	2,14·10 <sup>-13</sup>	[Au(CN) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>	-	5·10 <sup>-39</sup>
[Hg(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	0,166	5,30·10 <sup>-20</sup>	[Cd(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	2,8·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-24</sup>
[Mg(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	5,00	10,9	[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>4-</sup>	-	1·10 <sup>-24</sup>
[Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	6,45·10 <sup>-2</sup>	1,12·10 <sup>-8</sup>	[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	-	1·10 <sup>-31</sup>
[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	7,10·10 <sup>-3</sup>	3,46·10 <sup>-10</sup>	[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	4·10 <sup>-42</sup>
[AlF <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	0,34	1,44·10 <sup>-20</sup>	[Ni(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	1,8·10 <sup>-14</sup>
[BeF <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	1,1·10 <sup>-3</sup>	1,5·10 <sup>-15</sup>	[Zn(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	1,3·10 <sup>-17</sup>
[CrF <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	4,0·10 <sup>-4</sup>	1,5·10 <sup>-8</sup>	[Ag(OH) <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	-	-
[FeF <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	9,5·10 <sup>-5</sup>	5,0·10 <sup>-10</sup>	[BaOH] <sup>+</sup>	0,23	0,23
[MgF] <sup>+</sup>	5,0·10 <sup>-2</sup>	5,0·10 <sup>-2</sup>	[BeOH] <sup>+</sup>	3,3·10 <sup>-8</sup>	3,3·10 <sup>-8</sup>
[NiF] <sup>+</sup>	0,22	0,22	[CaOH] <sup>+</sup>	5,0·10 <sup>-2</sup>	5,0·10 <sup>-2</sup>
[AgCl <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	8,7·10 <sup>-3</sup>	1,76·10 <sup>-5</sup>	[CdOH] <sup>+</sup>	1,0·10 <sup>-5</sup>	1,0·10 <sup>-5</sup>
[CdCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	9,3·10 <sup>-3</sup>	[CoOH] <sup>+</sup>	4·10 <sup>-5</sup>	4·10 <sup>-5</sup>
[CrCl <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	-	1,26·10 <sup>-2</sup>	[CrOH] <sup>2+</sup>	1,02·10 <sup>-10</sup>	1,02·10 <sup>-10</sup>
[CuCl] <sup>+</sup>	0,77	0,77	[CuOH] <sup>+</sup>	3,4·10 <sup>-7</sup>	3,4·10 <sup>-7</sup>
[FeCl <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	0,22	7,4·10 <sup>-3</sup>	[FeOH] <sup>+</sup>	1,3·10 <sup>-4</sup>	1,3·10 <sup>-4</sup>
[HgCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	0,1	8,5·10 <sup>-16</sup>	[FeOH] <sup>2+</sup>	1,55·10 <sup>-12</sup>	1,55·10 <sup>-12</sup>
[PbCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	0,85	7,1·10 <sup>-3</sup>	[Fe(OH) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	1,82·10 <sup>-11</sup>	2,04·10 <sup>-22</sup>
[SnCl <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	1,05	2,1·10 <sup>-2</sup>	[HgOH] <sup>+</sup>	5,0·10 <sup>-11</sup>	5,0·10 <sup>-11</sup>
[ZnCl <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	0,18	0,71	[In(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>	-	2,5·10 <sup>-30</sup>
[AgBr <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	1,1·10 <sup>-3</sup>	7,8·10 <sup>-8</sup>	[MgOH] <sup>+</sup>	2,5·10 <sup>-3</sup>	2,5·10 <sup>-3</sup>
[CdBr <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	0,42	2·10 <sup>-4</sup>	[MnOH] <sup>+</sup>	5,0·10 <sup>-4</sup>	5,0·10 <sup>-4</sup>
[HgBr <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	5,5·10 <sup>-2</sup>	1,0·10 <sup>-21</sup>	[NiOH] <sup>+</sup>	2,5·10 <sup>-5</sup>	2,5·10 <sup>-5</sup>
[PbBr <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	1,0·10 <sup>-3</sup>	[PbOH] <sup>+</sup>	6,0·10 <sup>-7</sup>	6,0·10 <sup>-7</sup>
[AgJ <sub>4</sub> ] <sup>3-</sup>	-	1,8·10 <sup>-14</sup>	[SnOH] <sup>+</sup>	5,0·10 <sup>-13</sup>	5,0·10 <sup>-13</sup>
[CdJ <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	7,9·10 <sup>-2</sup>	8·10 <sup>-7</sup>	[ZnOH] <sup>+</sup>	4,0·10 <sup>-5</sup>	4,0·10 <sup>-5</sup>
[Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	3,6·10 <sup>-16</sup>	[Ag(SCN) <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	-	2,7·10 <sup>-8</sup>
[AgSO <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>	0,59	0,59	[Cd(SCN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	0,10	1,67·10 <sup>-2</sup>
[CaSO <sub>4</sub> ]	4,9·10 <sup>-3</sup>	4,9·10 <sup>-3</sup>	[CoSCN] <sup>+</sup>	2,9·10 <sup>-2</sup>	2,9·10 <sup>-2</sup>
[CdSO <sub>4</sub> ]	0,141	0,141	[CrSCN] <sup>2+</sup>	1,35·10 <sup>-2</sup>	1,35·10 <sup>-2</sup>
[CuSO <sub>4</sub> ]	4,5·10 <sup>-3</sup>	4,5·10 <sup>-3</sup>	[FeSCN] <sup>+</sup>	4,7·10 <sup>-2</sup>	4,7·10 <sup>-2</sup>
[FeSO <sub>4</sub> ]	5·10 <sup>-3</sup>	5·10 <sup>-3</sup>	[FeSCN] <sup>2+</sup>	1,12·10 <sup>-3</sup>	1,12·10 <sup>-3</sup>
[FeSO <sub>4</sub> ] <sup>+</sup>	6,8·10 <sup>-5</sup>	6,8·10 <sup>-5</sup>	[Hg(SCN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	-	5,9·10 <sup>-22</sup>
[HgSO <sub>4</sub> ]	4,6·10 <sup>-2</sup>	4,6·10 <sup>-2</sup>	[NiSCN] <sup>+</sup>	6,7·10 <sup>-2</sup>	6,7·10 <sup>-2</sup>
[MgSO <sub>4</sub> ]	4,4·10 <sup>-3</sup>	4,4·10 <sup>-3</sup>	[ZnSCN] <sup>+</sup>	2,4·10 <sup>-2</sup>	2,4·10 <sup>-2</sup>
[NiSO <sub>4</sub> ]	4,0·10 <sup>-3</sup>	4,0·10 <sup>-3</sup>	[ZnSO <sub>4</sub> ]	4,9·10 <sup>-3</sup>	4,9·10 <sup>-3</sup>

## Приложение 12

## Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы по отношению к водородному электроду при 25°C

Элемент	Электродный процесс ox + nē ⇌ red	φ°, В
<b>Ag</b>	$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
<b>Al</b>	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$ $\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al}$	-2,35 -1,66
<b>Au</b>	$\text{Au}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$ $\text{Au}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,50 +1,69
<b>Ba</b>	$\text{Ba}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2,90
<b>Be</b>	$[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Be} + 4\text{OH}^-$ $\text{Be}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Be}$	-2,62 -1,85
<b>Br</b>	$2\text{BrO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\bar{e} \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 12\text{OH}^-$ $\text{Br}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$ $2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{HBrO} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,50 +1,09 +1,52 +1,59
<b>Ca</b>	$\text{Ca}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,87
<b>Cd</b>	$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,40
<b>Cl</b>	$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$ $\text{ClO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 8\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 8\text{OH}^-$ $\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$ $\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$ $\text{Cl}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$ $2\text{ClO}_4^- + 16\text{H}^+ + 14\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ $2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{HOCl} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,40 +0,56 +0,63 +0,66 +1,36 +1,39 +1,47 +1,63
<b>Co</b>	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}$ $\text{Co}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}$ $\text{Co}^{3+} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	-0,28 +0,33 +1,84

Элемент	Электродный процесс ox + nē ⇌ red	φ°, В
<b>Cr</b>	$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,74
	$\text{Cr}^{3+} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0,41
	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,13
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,33
<b>Cs</b>	$\text{Cs}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2,91
<b>Cu</b>	$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
	$\text{Cu}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,52
<b>F</b>	$\text{F}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2,85
<b>Fe</b>	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,56
	$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
	$\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,04
	$\text{Fe}^{3+} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
<b>Ge</b>	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ge}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,36
	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,13
<b>H</b>	$2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ (щелочная среда, pH>7)	-0,83
	$2\text{H}^+ (10^{-7} \text{ моль/л}) + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$ (нейтральная среда, pH=7)	-0,41
	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$ (кислая среда, pH=7)	0,00
<b>Hg</b>	$\text{Hg}_2^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	+0,79
	$\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0,85
	$2\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	+0,91
<b>I</b>	$2\text{IO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\bar{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 12\text{OH}^-$	+0,21
	$\text{I}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+0,53
	$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,19
	$2\text{HIO} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,45
<b>K</b>	$\text{K}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{K}$	-2,93
<b>La</b>	$\text{La}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{La}$	-2,52
<b>Li</b>	$\text{Li}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,04
<b>Mg</b>	$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,36

Элемент	Электродный процесс ox + nē ⇌ red	φ°, В
<b>Mn</b>	$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,18
	$\text{MnO}_4^- + \bar{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$ (щелочная среда, pH>7)	+0,56
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,60
	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
<b>N</b>	$\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^-$	-1,16
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{NO}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,86
	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,46
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{NO} + 4\text{OH}^-$	-0,14
	$\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8\bar{e} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH} + 9\text{OH}^-$	-0,12
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	+0,01
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,80
	$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,94
	$2\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$	+1,12
	$2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,25
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+1,00
<b>Na</b>	$\text{Na}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
<b>Ni</b>	$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,25
<b>O</b>	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ (щелочная среда, pH>7)	+0,41
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	+0,68
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+(10^{-7} \text{ моль/л}) + 4\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+0,82
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
	$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	+1,24
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,78
	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+2,08
<b>P</b>	$\text{P} + 3\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{PH}_3 + 3\text{OH}^-$	-0,89
	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,28
	$\text{P} + 3\text{H}^+ + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{PH}_3$	+0,06

Элемент	Электродный процесс ox + nē ⇌ red	φ°, В
<b>Pb</b>	$[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb} + 4\text{OH}^-$	-0,54
	$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,13
	$\text{Pb}^{4+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}$	+1,80
<b>Pt</b>	$\text{Pt}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pt}$	+1,19
<b>Rb</b>	$\text{Rb}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2,93
<b>S</b>	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,93
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} \rightleftharpoons \text{S} + 8\text{OH}^-$	-0,75
	$\text{S} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0,48
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0,17
	$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,15
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\bar{e} \rightleftharpoons \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,36
	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,45
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	+2,01
<b>Si</b>	$\text{SiF}_6^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Si} + 6\text{OH}^-$	-1,70
<b>Sn</b>	$[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn} + 4\text{OH}^-$	-0,91
	$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,14
	$\text{Sn}^{4+} + 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	+0,01
	$\text{Sn}^{4+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0,15
<b>Sr</b>	$\text{Sr}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sr}$	-2,89
<b>Te</b>	$\text{Te} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Te}^{2-}$	-1,14
<b>Ti</b>	$\text{Ti}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,63
	$\text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,86
	$\text{Sn}^{3+} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	-0,37
<b>V</b>	$\text{V}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{V}$	-1,18
<b>Zn</b>	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,22
	$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76

**Стандартные электродные потенциалы металлов  
в водных растворах ( $\varphi^\circ$ , В)**

$\text{Me}^{n+}/\text{Me}^\circ$	$\varphi^\circ$ , В	$\text{Me}^{n+}/\text{Me}^\circ$	$\varphi^\circ$ , В
$\text{Li}^+/\text{Li}$	-3,045	$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$	-0,403
$\text{Rb}^+/\text{Rb}$	-2,925	$\text{In}^{3+}/\text{In}$	-0,338
$\text{K}^+/\text{K}$	-2,930	$\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}$	-0,368
$\text{Cs}^+/\text{Cs}$	-2,923	$\text{Tl}^+/\text{Tl}$	-0,336
$\text{Ra}^+/\text{Ra}$	-2,916	$\text{Co}^{2+}/\text{Co}$	-0,277
$\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}$	-2,905	$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$	-0,250
$\text{Sr}^{2+}/\text{Sr}$	-2,888	$\text{Mo}^{3+}/\text{Mo}$	-0,200
$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$	-2,864	$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$	-0,136
$\text{Na}^+/\text{Na}$	-2,714	$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	-0,130
$\text{Ac}^{3+}/\text{Ac}$	-2,600	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}$	-0,037
$\text{La}^{3+}/\text{La}$	-2,522	<b><math>2\text{H}^+/\text{H}_2</math></b>	<b>0,000</b>
$\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}$	-2,483	$\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}$	+0,130
$\text{Y}^{3+}/\text{Y}$	-2,372	$\text{Sb}^{3+}/\text{Sb}$	+0,200
$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$	-2,363	$\text{Re}^{3+}/\text{Re}$	+0,300
$\text{Sc}^{3+}/\text{Sc}$	-2,077	$\text{Bi}^{3+}/\text{Bi}$	+0,125
$\text{Th}^{4+}/\text{Th}$	-1,899	$\text{Co}^{3+}/\text{Co}$	+0,330
$\text{Be}^{2+}/\text{Be}$	-1,847	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	+0,340
$\text{U}^{3+}/\text{U}$	-1,798	$\text{Tc}^{2+}/\text{Tc}$	+0,400
$\text{Hf}^{4+}/\text{Hf}$	-1,700	$\text{Ru}^{2+}/\text{Ru}$	+0,450
$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	-1,663	$\text{Cu}^+/\text{Cu}$	+0,520
$\text{Ti}^{2+}/\text{Ti}$	-1,630	$\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}$	+0,790
$\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}$	-1,208	$\text{Ag}^+/\text{Ag}$	+0,799
$\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$	-1,180	$\text{Rh}^{3+}/\text{Rh}$	+0,800
$\text{V}^{2+}/\text{V}$	-1,180	$\text{Pb}^{4+}/\text{Pb}$	+0,840
$\text{Nb}^{3+}/\text{Nb}$	-1,100	$\text{Os}^{2+}/\text{Os}$	+0,850
$\text{V}^{3+}/\text{V}$	-0,868	$\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}$	+0,852
$\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}$	-0,913	$\text{Pd}^{2+}/\text{Pd}$	+0,915
$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	-0,763	$\text{Ir}^{3+}/\text{Ir}$	+1,150
$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$	-0,744	$\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}$	+1,190
$\text{Ga}^{3+}/\text{Ga}$	-0,560	$\text{Au}^{3+}/\text{Au}$	+1,498
$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	-0,440	$\text{Au}^+/\text{Au}$	+1,691



**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА Приложение 15**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII					
1	H 1 1,0079 Водород												He 2 4,0026 Гелий
2	Li 3 6,941 Литий	Be 4 9,012 Бериллий	B 5 10,811 Бор	C 6 12,011 Углерод	N 7 14,0067 Азот	O 8 15,999 Кислород	F 9 18,998 Фтор						Ne 10 20,179 Неон
3	Na 11 22,990 Натрий	Mg 12 24,305 Магний	Al 13 26,982 Алюминий	Si 14 28,086 Кремний	P 15 30,974 Фосфор	S 16 32,066 Сера	Cl 17 35,453 Хлор						Ar 18 39,948 Аргон
4	K 19 39,098 Калий	Ca 20 40,078 Кальций	21 Sc 44,956 Скандий	22 Ti 47,88 Титан	23 V 50,942 Ванадий	24 Cr 51,996 Хром	25 Mn 54,938 Марганец	26 Fe 55,847 Железо	27 Co 58,933 Кобальт	28 Ni 58,69 Никель			
	29 Cu 63,546 Медь	30 Zn 65,39 Цинк	31 Ga 69,723 Галлий	32 Ge 72,59 Германий	33 As 74,922 Мышьяк	34 Se 78,96 Селен	35 Br 79,904 Бром						Kr 36 83,80 Криптон
5	Rb 37 85,468 Рубидий	Sr 38 87,62 Стронций	39 Y 88,906 Иттрий	40 Zr 91,224 Цирконий	41 Nb 92,906 Ниобий	42 Mo 95,94 Молибден	43 Tc [99] Технеций	44 Ru 101,07 Рутений	45 Rh 102,905 Родий	46 Pd 106,42 Палладий			
	47 Ag 107,868 Серебро	48 Cd 112,41 Кадмий	49 In 114,82 Индий	50 Sn 118,71 Олово	51 Sb 121,75 Сурьма	52 Te 127,60 Теллур	53 I 126,904 Йод						Xe 54 131,29 Ксенон
6	Cs 55 132,91 Цезий	Ba 56 137,33 Барий	57 La* 138,905 Лантан	72 Hf 178,49 Гафний	73 Ta 180,948 Тантал	74 W 183,85 Вольфрам	75 Re 186,207 Рений	76 Os 190,20 Осмий	77 Ir 192,22 Иридий	78 Pt 195,08 Платина			
	79 Au 196,967 Золото	80 Hg 200,59 Ртуть	81 Tl 204,38 Таллий	82 Pb 207,20 Свинец	83 Bi 208,98 Висмут	84 Po [209] Полоний	85 At [210] Астат						Rn 86 [222] Радон
7	Fr 87 [223] Франций	Ra 88 226,025 Радий	89 Ac** [227] Актиний	104 Rf [261] Резерфордий	105 Db [262] Дубний	106 Sg [263] Сиборгий	107 Bh [262] Борий	108 Hs [265] Хассий	109 Mt [266] Мейтнерий	110 Uun [272] Унунилий			

*Лантано-иды	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,908 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147] Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,925 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,93 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,967 Лютеций
**Актино-иды	90 Th 232,04 Торий	91 Pa 231,036 Протактиний	92 U 238,029 Уран	93 Np 237,048 Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [251] Калифорний	99 Es [252] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [258] Менделеевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [260] Лоуренсий

## Использованная литература

1. Курс загальної хімії у прикладах / В. В. Приседський, В. В. Виноградов, О. І. Волкова, І. В. Мнускіна. – Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 367 с.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия : учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Н. С. Ахметов. – Москва : Высш. шк., 1998. – 743 с.
3. Глинка, Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии / Н. Л. Глинка. – Москва : Изд-во "Химия", 1984. – 135 с.
4. Ерохин, Ю. М. Сборник задач и упражнений по химии : учеб. пособ. для средних спец. учеб. заведений / Ю. М. Ерохин, В. И. Фролов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 1998. – 308 с.
5. Лидин, Р. А. Химические свойства неорганических веществ / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева : под. ред. Р. А. Лидина. – Москва : Химия, 1996. – 480 с.

