

Т. Г. Безъязыкова, Т. Ю. Ковалева, В. А. Сенченко, Г. В. Харлова

Химия: пособие по курсу лекций

**Методические рекомендации для практических занятий
и задания для студентов**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

Т. Г. Безъязыкова, Т. Ю. Ковалева, В. А. Сенчёнок, Г. В. Харлова Учебное
Методические указания и контрольные задачи к лабораторным работам
по курсу

Методические рекомендации для практических занятий
и задания для студентов

СПб ГУТ)))

Утверждено редакционно-издательским советом
университета УДК 54(07)

Химия: Учебное пособие по курсу лекций – СПб.: ГУТ - 57 с.

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой, отвечающей требованиям государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров. Представлены контрольные задания и примеры выполнения работ по основным разделам курса «Химия».

Рассмотрено на заседании кафедры технология средств связи и биомедицинской техники (ТиМ) 20 марта 2012 г., одобрено методической комиссией факультета технологии средств связи и биомедицинской техники (ТСС) 25 марта 2012г.

Составители: Доц. Безъязыкова Т.Г.
доц.Ковалева Т.Ю.,
старший преподаватель: Сенчёнок В.А.,
ст.преподаватель Харлова Г.В.

Рецензент: к.х.н. Насонов Александр
Геннадьевич, доцент университета
растительных полимеров г. СПб.

Тема 1. СТРОЕНИЕ АТОМА

Теоретические основы

Квантово-механическая модель атома. Квантовые числа. Атомные орбитали. Принцип Паули. Правило Хунда. Электронные и электронно-графические формулы атомов. Ядро атома, атомный номер и массовое число. Состав ядра.

Задачи 1 ... 20

Определите символы элементов и найдите величины, помеченные знаком "?", в табл. 1. Составьте электронные и электронно-графические формулы для атомов соответствующего элемента в основном состоянии.

Таблица 1

Номер задачи	Символ	Атомный номер	Массовое число	Число протонов	Число нейтронов
1	^{48}Ti	?	?	?	?
2	?	23	51	?	?
3	?	?	?	24	28
4	?	?	55	25	?
5	^{73}Ge	?	?	?	?
6	?	?	?	31	39
7	?	33	75	?	?
8	?	?	?	34	45
9	?	?	80	35	?
10	^{91}Zr	?	?	?	?
11	?	41	93	?	?
12	?	39	89	?	?
13	?	?	?	42	54
14	?	?	98	43	?
15	^{119}Sn	?	?	?	?
16	?	51	122	?	?
17	?	?	115	49	?
18	?	?	?	52	76
19	?	?	127	53	?
20	^{45}Sc	?	?	?	?

Примеры решения задач

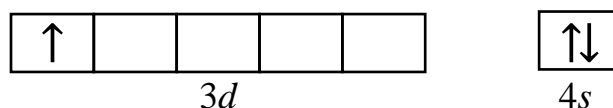
Пример 1. Найти неизвестные величины, помеченные знаком "?".

Символ	Атомный номер	Массовое число	Число протонов	Число нейтронов
?	?	?	82	128

- 1) Атомный (порядковый) номер элемента равен числу протонов, значит, атомный номер данного элемента – 82.
- 2) С помощью периодической системы определяем, что атомному номеру 82 соответствует элемент с химическим символом РЬ - свинец.
- 3) Массовое число (A) равно сумме числа протонов (Z) и числа нейтронов (N), т.е. $82 + 128 = 210$.

Пример 2. Составить электронную и электронно-графическую формулы для атома Sc.

- 1) Элемент Sc – скандий – имеет в периодической системе порядковый номер 21. Общее число электронов в атоме равно 21. При распределении их по энергетическим подуровням следует учитывать:
 - последовательность заполнения орбиталей;
 - максимальное число электронов, которое может находиться на энергетическом подуровне.
- 2) Электронная формула для Sc: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ Элемент Sc относится к d -семейству. Валентными являются электроны на $4s$ - и $3d$ -орбиталях.
- 3) Электронно-графическая формула атома Sc (валентные электроны) в основном состоянии выглядит так:



**Тема 2. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ
Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА**

Теоретические основы

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Периоды, группы, подгруппы. Связь между положением элемента в периодической системе и электронным строением его атомов. Периодичность изменения свойств элементов в свете современной теории строения атома. Свойства соединений элементов.

Задачи 21 ... 40

На основании положения химического элемента (порядковый номер определите по табл. 2) в периодической системе Д. И. Менделеева и его электронной формулы составьте прогноз его химических свойств, а также свойств его соединений, ответив на следующие вопросы:

1. В каком периоде, группе и подгруппе располагается данный элемент в периодической системе Д. И. Менделеева?
2. Укажите соответствие между положением элемента в периодической системе Д. И. Менделеева и его электронной формулой (номером внешнего энергетического уровня, общим числом валентных электронов, характером их распределения по орбиталям).
3. К какому электронному семейству относится данный элемент?
4. Охарактеризуйте валентные состояния атомов данного элемента в основном и возбужденных состояниях с помощью электронно-графических формул.
5. Чему равны максимальная и минимальная степени окисления атомов этого элемента?
6. Каковы формулы высшего оксида и соответствующего гидроксида этого элемента?

Номер задачи	Порядковый номер элемента	Номер задачи	Порядковый номер элемента
21	19	31	49
22	20	32	50
23	31	33	35
24	32	34	51
25	37	35	49
26	38	36	15
27	55	37	14
28	56	38	13
29	52	39	33
30	53	40	34

Примеры решения задач

Пример 1. Охарактеризуйте свойства фосфора, исходя из его положения в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

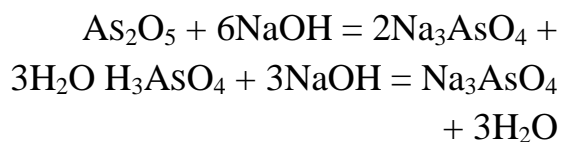
Фосфор (P) находится в V группе A подгруппе третьего периода периодической системы. Электронная формула фосфора $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.

Валентные электроны $3s^2 3p^3$. Фосфор - p-элемент, является неметаллом. Максимальная степень окисления +5, минимальная -3.

Пример 2. Охарактеризуйте свойства оксидов и гидроксидов мышьяка.

Формула высшего оксида фосфора As_2O_5 , ему соответствует гидроксид

кислотного характера H_3AsO_4 .



Пример 3. Могут ли сурьма (Sb) и тантал (Ta) образовывать летучие газообразные водородные соединения?

Сурьма относится к *p*-элементам, находится в V группе 5 периода. Валентные электроны $5s^25p^3$. Это неметалл, поэтому сурьма образует газообразное водородное соединение. Минимальная степень окисления Sb -3. Формула водородного соединения сурьмы - SbH_3 .

Тантал принадлежит к *d*-элементам и находится в V группе 6 периода. Это металл, следовательно, атом тантала не проявляет отрицательной степени окисления и не образует газообразного водородного соединения.

Тема 3. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ

Теоретические основы

Основные типы и характеристики химической связи. Ковалентная и ионная связь. Метод валентных связей. Строение и свойства простейших молекул.

Задачи 41 ... 60

Определите тип химической связи (ковалентная неполярная, ковалентная полярная или ионная) в веществах, указанных в табл. 3 (необходимые для расчетов данные см. в Приложении 2). В случае ковалентной полярной или ионной связи укажите направление смещения электронов. В случае ковалентной (полярной или неполярной) связи постройте электронные схемы молекул (теория Льюиса) и определите кратность связи, постройте схемы перекрывания электронных орбиталей (метод ВС) и определите геометрическую форму молекулы.

Номер задачи	Вещества	Номер задачи	Вещества
41	диоксиген гидрид бериллия	51	бромид калия моносилан
42	тетрабромид кремния бромид стронция	52	хлорид лития диазот
43	трихлорид бора трихлорид азота	53	бромид кальция дибром
44	моногерман фосфин	54	фторид цезия дифторид бериллия
45	трихлорид мышьяка селеноводород	55	тетрабромид углерода бромид бария
46	трибромид бора бромид бериллия	56	бромид цезия трибромид фосфора
47	бромид лития теллуридоводород	57	нитрид лития дихлорид серы
48	тетрахлорид кремния хлорид кальция	58	тетраиодид углерода иодид цезия
49	арсин бромид натрия	59	трибромид мышьяка бромид рубидия
50	тетрабромид германия трифторид азота	60	хлорид калия трихлорид фосфора

Примеры решения задач

Пример 1. Определить типы химической связи и направление смещения электронов в соединениях: N_2 , HCl , CsI .

Величины относительных электроотрицательностей (ОЭО) элементов указаны в Приложении 3.

В молекуле N_2 оба атома имеют одинаковую ОЭО: $\Delta OEO = 0$. Следовательно, в этом соединении неполярная ковалентная связь.

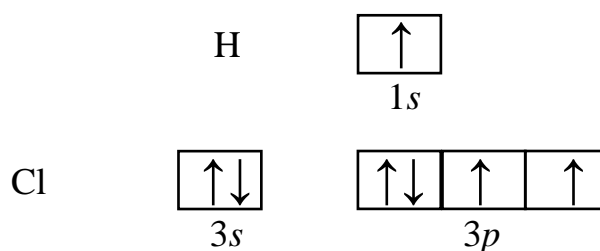
В соединении HCl величины относительных ЭО для составляющих элементов следующие: водорода - 2,1, хлора - 3,0. $\Delta EO = 0,9$. Следовательно, в этом соединении атомы связаны кова-

лентной полярной связью, причем электронная плотность связи смещена в сторону более электроотрицательного хлора.

В CsI величины относительных ЭО для Cs (0,7) и I (2,5) различаются значительно: $\Delta\text{ЭО} = 1,8$. Электроны полностью переходят к атому йода. Поэтому между атомами существует ионная связь и соединение CsI не имеет молекулярной структуры.

Пример 2. Определить геометрическую форму молекулы H_2S .

Электронная формула водорода: $1s^1$; серы: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$. Валентные электроны водорода $1s^1$; серы $3s^2 3p^4$. Распределение электронов по квантовым ячейкам:



Неспаренные электроны серы занимают две $3p$ -орбитали. При этом следует учесть, что атом серы образует химическую связь в стационарном состоянии, так как его спиновая валентность в этом случае соответствует валентности, обуславливающей формульный состав молекулы сероводорода.

Учитывая, что две p -орбитали взаимно перпендикулярны, схема перекрывания $3p$ -орбиталей серы и s -орбиталей двух атомов водорода имеет вид, представленный на рис. 3, а. Соединив ядра атомов водорода и серы прямыми линиями, получаем геометрическую фигуру, дающую представление о форме молекулы: молекула сероводорода имеет угловое строение (рис. 3, б).

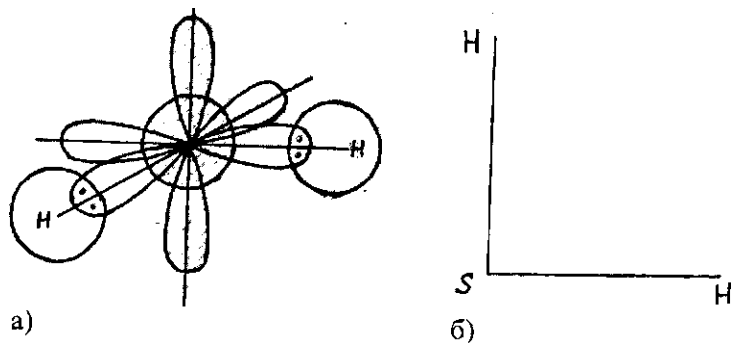
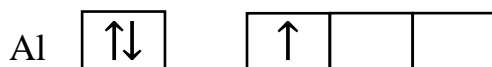


Рис. 3. Угловое строение молекулы сероводорода:
 а — схема перекрывания орбиталей; б — форма молекулы

Пример 3. Определить геометрическую форму молекулы AlF_3 .

Центральный атом - алюминий (Al). Его электронная формула имеет вид $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$. Электронно-структурная формула наружного слоя $3s^2 3p^1$.



Для образования молекулы AlF_3 центральный атом предоставляет одно s -облако и два p -облака. Происходит sp^2 -гибридизация, и, следовательно, молекула AlF_3 имеет форму треугольника.

Тема 4. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Теоретические основы

Термодинамические функции. Их изменение при протекании химических процессов.

Задачи 61 ... 80

Вычислите величины ΔH^0_{298} , ΔS^0_{298} и ΔG^0_{298} для реакций, уравнения которых приведены в табл. 4 (необходимые для расчетов данные см. в Приложении 4). Объясните знак изменения энтальпии и энтропии. Возможна ли данная реакция при стандартных условиях?

Пример решения задач

Определите, возможна ли реакция $\text{CH}_4 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ при стандартных условиях? Объясните знак изменения энтальпии.

1. Из приложения 3 выписываем необходимые для расчета величины.

Вещество	$\Delta H^0_{f,298}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)
CH_4	-74,85	186,27
O_2	0	205,04
CO_2	-393,51	213,66
H_2O	-241,81	188,72

2. Изменение энтальпии в ходе данной реакции рассчитывается по формуле

$$\Delta H^0_{298} = (\Delta H^0_{f,298}(\text{CO}_2) + \Delta H^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O})) - (\Delta H^0_{f,298}(\text{CH}_4) + \Delta H^0_{f,298}(\text{O}_2))$$

3. Подставим известные стандартные энтальпии образования реагентов и продуктов реакции.

$$\Delta H_{298}^{\circ} = (-393,51 - 241,81) - (-74,85 + 0) = -560,47 \text{ кДж.}$$

Отрицательный знак изменения энтальпии $\Delta H_{298}^{\circ} < 0$ свидетельствует о том, что реакция протекает с выделением тепла, т.е. реакция экзотермическая.

4. Изменение стандартной энтропии ΔS_{298}° находим по уравнению

$$\Delta S_{298}^{\circ} = (213,66 + \dots - \dots) - (\dots + \dots) = 11,07 \text{ Дж/К,}$$

$$\Delta G_{298}^{\circ} = -560,47 - 298 \cdot 11,07 \cdot 10^{-3} = -563,77 \text{ кДж.}$$

$\Delta G > 0$ - данная реакция не осуществима при стандартных условиях.

Номер задачи темы 4	Номер задачи темы 5	Уравнения реакций
61	81	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(r)} \rightleftharpoons \text{CH}_4_{(r)} + \text{CO}_{(r)}$
62	82	$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{N}_2_{(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$
63	83	$2\text{NO}_{(r)} + \text{O}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2_{(r)}$
64	84	$\text{C}_2\text{Cl}_4_{(r)} + \text{Cl}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{Cl}_6_{(r)}$
65	85	$4\text{H}_2_{(r)} + 2\text{NO}_2_{(r)} \rightleftharpoons 4\text{H}_2\text{O}_{(r)} + \text{N}_2_{(r)}$
66	86	$2\text{NO}_{(r)} + \text{Cl}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{NOCl}_{(r)}$
67	87	$2\text{NO}_{(r)} + \text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$
68	88	$\text{CO}_{(r)} + \text{Cl}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2_{(r)}$
69	89	$\text{H}_2_{(r)} + \text{Br}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{HBr}_{(r)}$
70	90	$\text{H}_2\text{O}_2_{(r)} + \text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$
71	91	$\text{CdO}_{(TB)} + \text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{Cd}_{(TB)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$
72	92	$\text{H}_2_{(r)} + \text{I}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(r)}$
73	93	$\text{Fe}_{(TB)} + \text{Cl}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2_{(TB)}$
74	94	$2\text{NO}_{(r)} + \text{Br}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{NOBr}_{(r)}$
75	95	$2\text{N}_2\text{O}_5_{(r)} \rightleftharpoons 4\text{NO}_2_{(r)} + \text{O}_2_{(r)}$
76	96	$\text{HCHO}_{(r)} \rightleftharpoons \text{H}_2_{(r)} + \text{CO}_{(r)}$
77	97	$\text{C}_{(TB)} + \text{CO}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(r)}$
78	98	$2\text{O}_3_{(r)} \rightleftharpoons 3\text{O}_2_{(r)}$
79	99	$\text{CO}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)} \rightleftharpoons \text{CO}_2_{(r)} + \text{H}_2_{(r)}$
80	100	$\text{N}_2_{(r)} + \text{O}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(r)}$

Тема 5. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И РАВНОВЕСИЕ

Теоретические основы

Скорость химической реакции и ее зависимость от концентрации, давления и температуры. Закон действующих масс. Химическое равновесие и его смещение.

Задачи 81 ... 100

Для реакции, соответствующей номеру Вашей задачи (см. табл. 4):

1) составьте кинетическое уравнение; 2) составьте выражение для константы равновесия; 3) вычислите, во сколько раз изменится скорость реакции при заданных изменениях: а) температуры, б) общего давления (при изменении объема системы) и в) концентраций реагентов; 4) укажите, как необходимо изменить внешние параметры (температуру, общее давление, концентрации реагентов), чтобы сместить равновесие вправо. Все необходимые для решения данные приведены в табл.5 [температурный коэффициент - γ ; в трех последних столбцах указано, во сколько раз увеличили концентрацию первого реагирующего вещества (столбец 7), второго реагирующего вещества (столбец 8) и общее давление в системе (столбец 9)].

Таблица 5

Номер задачи	Порядок по 1-му реагенту	Порядок по 2-му реагенту	γ	T ₁ , К	T ₂ , К	$\frac{C_1''}{C_1}$	$\frac{C_2''}{C_2}$	$\frac{P''}{P}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
81	2	-	3,0	273	293	3	-	3
82	2	1	2,5	345	365	2	5	4
83	2	1	2,1	448	498	3	4	3
84	0	1.5	2,7	345	355	4	8	8
85	1	2	3,2	256	276	2	2	2
86	2	1	2,0	364	394	3	2	3
87	2	1	3,0	372	392	5	5	4
88	1	1.5	2,1	283	293	2	8	4
89	1	0.5	2,6	291	321	5	4	3

Номер задачи	Порядок по 1-му реагенту	Порядок по 2-му реагенту	γ	T_1, K	T_2, K	$\frac{C_1^*}{C_1}$	$\frac{C_2^*}{C_2}$	$\frac{P^*}{P}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
90	1	0	2,5	217	257	5	1	5
91	0	1	3,3	328	378	10	5	5
92	1	1	3,7	339	399	3	4	3
93	0	1	2,7	341	381	20	9	4
94	2	1	3,4	253	273	2	5	2
95	1	-	3,5	245	265	10	-	10
96	2	-	2,8	347	377	3	-	5
97	0	1	3,3	259	289	20	4	8
98	1	-	3,2	292	322	4	-	7
99	1	1	2,1	224	274	5	3	6
100	1	1	зд	296	336	2	4	4

Тема 6. РАСТВОРЫ. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЕЩЕСТВА В РАСТВОРЕ

Теоретические основы

Классификация растворов. Количественные характеристики состава растворов.

Задачи 101 ... 120

Произведите необходимые вычисления и найдите недостающие величины, обозначенные знаком "?" в строке табл.6, соответствующей номеру Вашей задачи (все растворы – водные).

Таблица 6

Номер задачи	Растворенное вещество	Масса растворенного вещества, г	Масса растворителя, г	Объем раствора, мл	Плотность 1 раствора, г/см ³	Массовая доля, %	Молярная доля, %	Молярная концентрация, моль/л
101	HNO ₃	149,1	?	150	1,42	?	?	?
102	NH ₄ OH	?	?	120	0,90	29	?	?
103	HBr	144	156	?	1,50	?	?	?
104	KOH	?	?	300	?	?	20,80	11,60
105	NaOH	?	38,75	?	1,53	50	?	?
106	HI	?	?	110	?	?	15,7	7,57
107	H ₂ SO ₄	?	8,83	120	?	?	?	18
108	HCl	?	97,46	130	1,19	?	?	?
109	CH ₃ COOH	?	?	140	?	?	99,3	17,4
110	H ₃ PO ₄	216,75	?	150	1,70	?	?	?
111	HF	?	?	225	1,16	49	?	?
112	HClO ₄	?	?	75	?	?	29,46	11,6
113	Na ₂ CO ₃	42,13	195,87	?	1,19	?	?	?
114	NH ₄ NO ₃	?	61,3	?	1,23	50	?	?
115	NaCl	?	?	300	?	?	3,30	1,83
116	CaCl ₂	?	125,64	150	?	?	?	5,03
117	(NH ₄) ₂ SO ₄	?	?	250	?	?	3,29	1,69
118	Na ₂ SO ₄	43,64	?	400	1,09	?	?	?
119	NH ₄ Cl	9	?	50	1,06	20	?	?
120	C ₂ H ₅ OH	?	?	125	?	?	20,6	8,08

Пример решения задач

Вычислить массовую долю, мольную долю и молярную концентрацию раствора NaOH, если в 100,0 г водного раствора содержится 20,0 г NaOH (плотность раствора $\rho = 1,22$ г/см³).

1. Массовая доля

$$\omega = \frac{20,0}{100,0} = 0,200 = 20,0 \text{ масс. \%}$$

2. Мольная доля.

1) Количество вещества растворителя

$$n_2 = \frac{m_{2(\text{H}_2\text{O})}}{M_{2(\text{H}_2\text{O})}}; n_2 = \frac{100,0 - 20,0}{18,0} = 4,44 \text{ моль}$$

2) Количество растворенного вещества

$$n_1 = \frac{m_{1(\text{NaOH})}}{M_{1(\text{NaOH})}}; n_1 = \frac{20,0}{40,0} = 0,500 \text{ моль}$$

3) Мольная доля

$$X = \frac{n_1}{n_1 + n_2}; X = \frac{0,500}{4,44 + 0,500} = 0,101 = 10,1 \text{ мол. \%}$$

3. Молярная концентрация.

1) Объем раствора

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100,0}{1,22} = 82,0 \text{ см}^3 = 0,0820 \text{ л}$$

2) Молярная концентрация

$$c = \frac{0,500}{0,0820} = 6,10 \text{ моль/л}$$

Тема 7. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

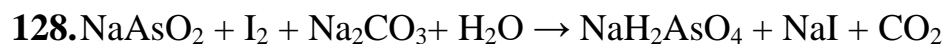
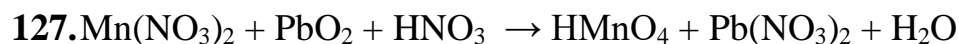
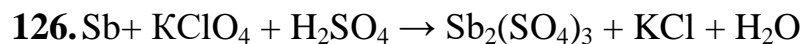
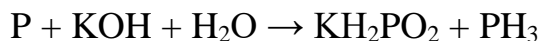
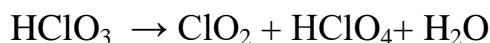
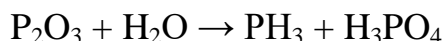
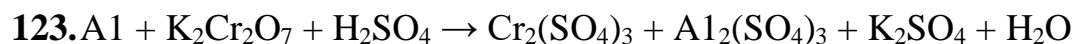
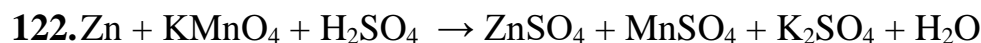
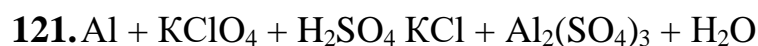
Теоретические основы

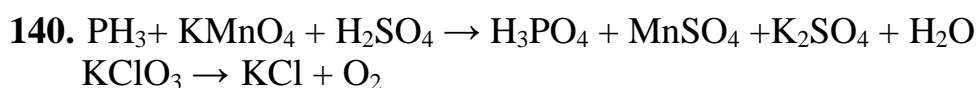
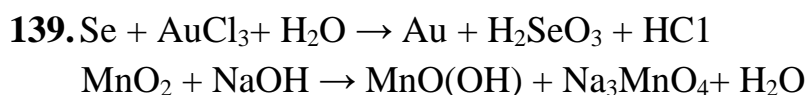
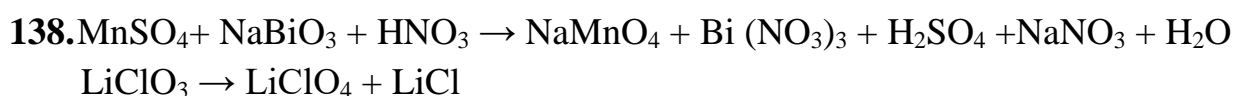
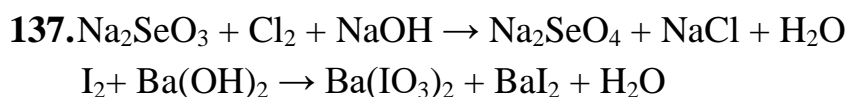
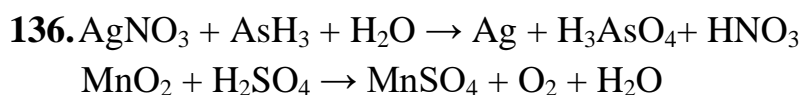
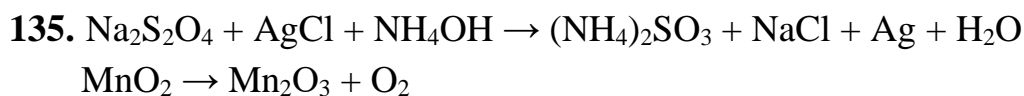
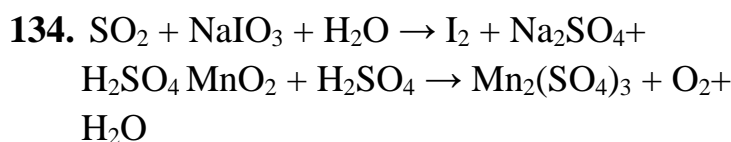
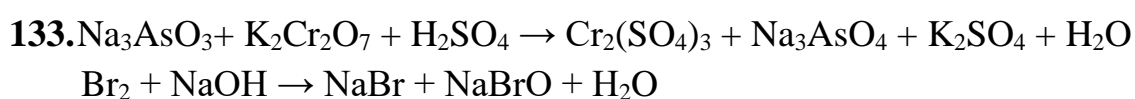
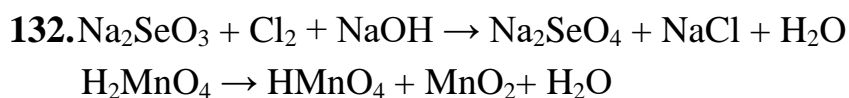
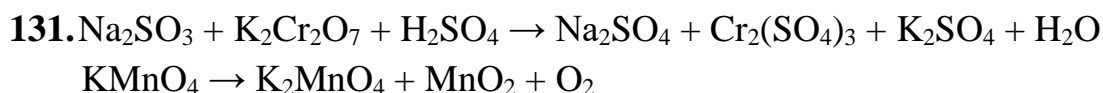
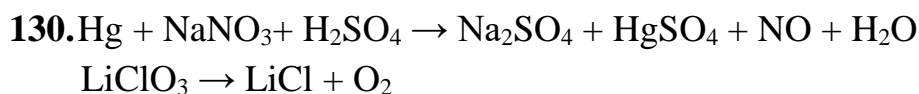
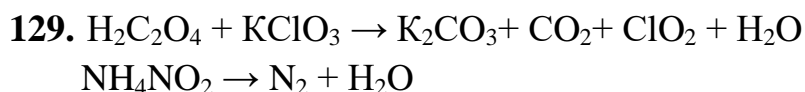
Понятия окисления и восстановления, окислителя и восстановителя, степени окисления. Расчет степени окисления. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса. Классификация окислительно-восстановительных реакций (ОВР).

Задачи 121... 140

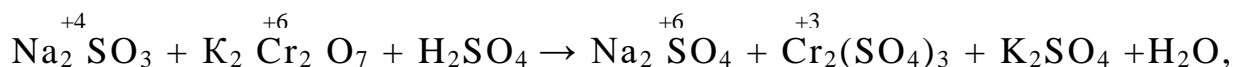
Для реакций, протекающих по приведенным схемам, составьте уравнения методом электронного баланса. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, а какое - восстановителем и за счет каких атомов. Определите типы ОВР.

Схемы реакций





1. Для заданной схемы реакции определить, какое вещество является окислителем, а какое - восстановителем. С этой целью необходимо подсчитать степени окисления атомов в реагентах и продуктах реакции. Например, в реакции, протекающей по схеме



Na_2SO_3 является восстановителем за счет атома серы, степень окисления которого повышается с +4 до +6, а $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ - окислителем за счет атома хрома, понижающего степень окисления с +6 до +3.

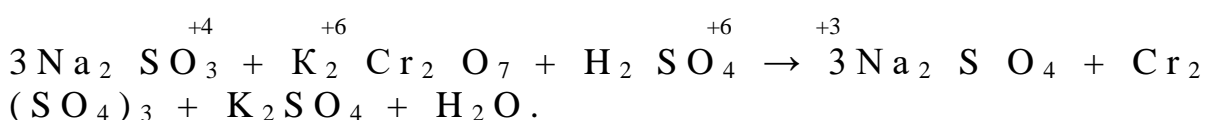
2. Составить электронные уравнения процессов окисления



и восстановления



3. Найти наименьшее общее кратное (НОК) для числа отданных (4) и принятых (5) электронов и с его помощью рассчитать множители для обоих уравнений: НОК для 2 и 3 равно 6; множитель для уравнения (4) – $6 : 2 = 3$; множитель для уравнения (5) – $6 : 3 = 2$.
4. Поставить коэффициенты в уравнении реакции к формулам окислителя, восстановителя, продуктов окисления и восстановления, перенося туда найденные множители, деленные на стехиометрические индексы при атомах-восстановителях ($3 : 1 = 3$) и атомах-окислителях ($2 : 2 = 1$):

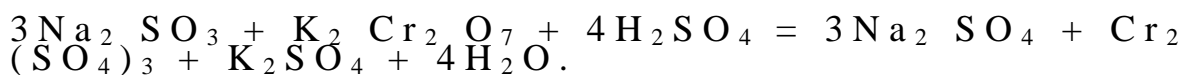


5. Подобрать остальные коэффициенты в следующем порядке:

- перед соединениями, содержащими атомы металлов;
- перед формулой вещества, создающего кислую или щелочную среду в растворе (в нашем случае перед формулой H_2SO_4 необходим коэффициент 4, так как на связывание образующихся в реакции ионов хрома и калия идет 4 молекулы кислоты).

6. Проверить правильность расстановки коэффициентов, подсчитав суммарное число атомов каждого элемента в левой и правой частях уравнения. Чаще всего ограничиваются подсчетом числа атомов кислорода в исходных веществах и продуктах реакции.

Окончательный вид уравнения :



Тема 8. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ И ЭЛЕКТРОДВИЖУЩИЕ СИЛЫ

Теоретические основы

Электродные потенциалы. Гальванические элементы. Электродвижущая сила (ЭДС).

Задачи 141 ... 160

По заданию из табл.7 составьте схему гальванического элемента, напишите электронные уравнения электродных процессов и суммарное уравнение соответствующей окислительно-восстановительной реакции. Вычислите концентрацию раствора электролита (задачи **141... 150**) или ЭДС (задачи **151... 160**). Необходимые для решения данные приведены в табл.7 (обозначения "первый электрод" и "второй электрод" не связаны с понятиями "катод" и "анод").

Таблица 7

Номер задачи	Металл 1-го электрода	Электролит 1-го электрода	Концентрация электролита 1-го электрода, моль/л	Металл 2-го электрода	Электролит 2-го электрода	Концентрация электролита 2-го электрода, моль/л	ЭДС, В
141	Pb	Pb(NO ₃) ₂	0,10	Tl	TlNO ₃	?	0,180
142	Ni	NiSO ₄	1,00	In	In ₂ (SO ₄) ₃	?	0,133
143	Zn	ZnSO ₄	0,01	Zn	ZnSO ₄	?	0,059
144	Ag	AgNO ₃	1,00	Mg	Mg(NO ₃) ₂	?	3,192
145	Hg	HgCl ₂	1,00	Al	AlCl ₃	?	2,536
146	Bi	Bi(NO ₃) ₃	0,10	Zn	Zn(NO ₃) ₂	?	0,988
147	Fe	FeCl ₂	1,00	Be	BeCl ₂	?	1,470
148	Cd	Cd(NO ₃) ₂	0,01	Bi	Bi(NO ₃) ₃	?	0,677
149	Mn	MnSO ₄	0,01	Cu	CuSO ₄	?	1,576
150	In	In(NO ₃) ₃	0,001	Ag	AgNO ₃	?	1,201
151	Co	Co(NO ₃) ₂	0,10	Ag	AgNO ₃	0,01	?
152	Mn	Mn(NO ₃) ₂	1,00	Tl	TlNO ₃	0,10	?
153	In	In(NO ₃) ₃	0,10	Ni	Ni(NO ₃) ₂	0,01	?
154	Pb	Pb(NO ₃) ₂	1,00	Al	Al(NO ₃) ₃	0,001	?
155	Cu	CuCl ₂	0,001	In	InCl ₃	0,01	?

Номер задачи	Металл 1-го электрода	Электролит 1-го электрода	Концентрация электролита 1-го электрода, моль/л	Металл 2-го электрода	Электролит 2-го электрода	Концентрация электролита 2-го электрода, моль/л	ЭДС, В
156	Ag	AgNO ₃	1,00	Al	Al(NO ₃) ₃	0,001	?
157	Hg	HgCl ₂	0,01	Al	AlCl ₃	1,00	?
158	Pb	Pb(NO ₃) ₂	0,10	Tl	TlNO ₃	0,001	?
159	Bi	Bi(NO ₃) ₃	0,01	Be	Be(NO ₃) ₂	1,00	?
160	Cd	CdCl ₂	1,00	Cr	CrCl ₂	0,10	?

Пример решения задач

Вычислить электродвижущую силу (E) гальванического элемента, состоящего из электродов: $\text{CrSO}_4 \mid \text{Cr}$ и $\text{AgNO}_3 \mid \text{Ag}$, т.е. из металлического хрома в растворе CrSO_4 и серебра в растворе AgNO_3 ; концентрация CrSO_4 - 0,1 моль/л, а концентрация AgNO_3 - 0,01 моль/л.

ЭДС гальванического элемента определяется по формуле

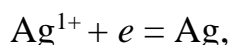
$$E = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{а}}$$

Сравним стандартные электродные потенциалы хрома и серебра (Приложение 5):

$e_{\text{Cr}^{2+}, \text{Cr}}^0 = -0,913$ В, $e_{\text{Ag}^+, \text{Ag}}^0 = +0,799$ В, величина стандартного электродного потенциала хрома меньше, поэтому в рассматриваемом гальваническом элементе электрод $\text{CrSO}_4 \mid \text{Cr}$, он будет анодом и, следовательно, электрод $\text{AgNO}_3 \mid \text{Ag}$ - катодом. Схема гальванического элемента



При работе гальванического элемента на катоде будет происходить процесс окисления с участием катионов Ag^+



а на аноде процесс окисления будет происходить на поверхности хрома по уравнению



Электродный потенциал в растворе с заданной концентрацией электролита вычислим по упрощенному уравнению Нернста (9) сначала для катода, затем для анода

$$\text{Катод : } e_{\text{Ag}^+, \text{Ag}} = e_{\text{Ag}^+, \text{Ag}}^0 + \frac{0,059}{1} \lg[\text{Ag}^+];$$

$$e_{\text{Ag}^+, \text{Ag}} = 0,799 + 0,059 \cdot \lg 0,01 = 0,799 + 0,059 \cdot (-2) = 0,6812 \text{ В};$$

$$\text{Анод } e_{\text{Cr}^{2+}, \text{Cr}} = e_{\text{Cr}^{2+}, \text{Cr}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cr}^{2+}];$$

$$e_{\text{Cr}^{2+}, \text{Cr}} = -0,913 + 0,03 \cdot \lg 0,1 = -0,913 + 0,03 \cdot (-1) = -0,943 \text{ В.}$$

Подставим в выражение для расчета E (8) значения $e_{\text{к}}$ и $e_{\text{а}}$:

$$E = 0,681 - (-0,943) = 1,624 \text{ В.}$$

Электродвижущая сила гальванического элемента составляет 1,624 В.

Тема 9. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ

Теоретические основы

Основные виды коррозии. Анодные и катодные процессы при электрохимической коррозии. Кинетика коррозионных процессов. Методы защиты от коррозии.

Задачи 161 ... 180

161. Как протекает контактная коррозия цинка и кадмия во влажном воздухе? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Какие продукты при этом образуются?

162. В чем различия в коррозии оцинкованного и луженого железа при нарушении целостности покрытий во влажной атмосфере? Приведите электронные уравнения анодного и катодного процессов в обоих случаях. Укажите продукты коррозии.

163. Изделие, изготовленное из стали, эксплуатируется в нейтральном растворе хлорида натрия. Какие металлы можно использовать в качестве протектора? Приведите электронные уравнения анодного и катодного процессов для одного из протекторов.

164. Приведите пример протекторной защиты стального изделия в морской воде. Напишите электронные уравнения анодного и катодного процессов.

165. Два стальных листа скреплены в одном случае алюминиевыми, а в другом - медными заклепками. Как будут происходить процессы коррозии в морской воде в том и другом случаях? Приведите электронные уравнения анодных и катодных процессов.

166. Изделие, изготовленное из свинца, эксплуатируется в нейтральном растворе хлорида калия. Какие металлы можно использовать в качестве протектора? Приведите электронные уравнения анодного и катодного процессов для одного из протекторов.

167. Изделие, составленное из медных и никелевых фрагментов, эксплуатируется в разбавленном растворе хлороводорода. Как будет происходить процесс

контактной коррозии? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.

168. Металлическая конструкция построена из цинковых деталей, часть которых имеет медные заклепки. Конструкция эксплуатируется в сернокислой среде. Какие из этих деталей быстрее выйдут из строя и почему? Приведите электронные уравнения анодного и катодного процессов.

169. Одно из свинцовых изделий имеет никелевое покрытие, а другое - серебряное покрытие. Как происходит коррозия каждого из них во влажном воздухе при нарушении целостности покрытия? Приведите электронные уравнения анодных и катодных процессов, укажите состав коррозионных продуктов.

170. Две железные скрепки, поверхность одной из которых покрыта никелем, а поверхность другой - цинком, находятся в растворе поваренной соли. Поверхностный слой частично нарушен (на поверхности скрепок имеются царапины). Приведите электронные уравнения анодных и катодных процессов для обоих случаев коррозии, укажите состав коррозионных продуктов.

171. Для защиты от коррозии стальных корабельных винтов в морской воде широко используют цинковые протекторы. Объясните принципиальные основы такой защиты. Приведите электронные уравнения анодного и катодного процессов.

172. Некий конструктор предложил проект яхты, в котором предлагалось подводную часть усилить стальными листами для обеспечения большей прочности, а надводную часть украсить медными листами. Оцените целесообразность такого проекта. Составьте прогноз коррозионной устойчивости такой конструкции в морской воде. Напишите электронные уравнения соответствующих процессов.

173. Объясните механизм защиты подземного стального трубопровода с помощью магниевого протектора, если почвенные воды в данной местности имеют ярко выраженный кислотный характер. Приведите электронные уравнения анодного и катодного процессов.

174. Как протекает контактная коррозия никеля и серебра в хлороводородной кислоте? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Какие продукты при этом образуются?

175. В соляную кислоту опустили две цинковые пластинки, одна из которых частично помеднена. Как происходит коррозия в том и другом случае? Составьте электронные уравнения анодных и катодных процессов. Какие продукты при этом образуются?

176. Как протекает коррозия железа, покрытого свинцом, в случае нарушения покрытия во влажном воздухе? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Какие продукты при этом образуются?

177. Во влажном воздухе находятся две железные пластинки. Часть поверхности одной из них покрыта оловом, а часть поверхности другой - медью. Как происходит коррозия в том и другом случае? Составьте электронные уравнения анодных и катодных процессов. Какие продукты при этом образуются?

178. Как протекает контактная коррозия никеля и серебра во влажном воздухе? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Какие продукты при этом образуются?

179. Как протекает коррозия никелированной меди в случае нарушения покрытия во влажном воздухе? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Какие продукты при этом образуются?

180. В нейтральный раствор электролита, содержащий растворенный кислород, опустили две цинковые пластинки, одна из которых частично помеднена, а вторая - частично амальгамирована. Как происходит коррозия в том и другом случае? Составьте электронные уравнения анодных и катодных процессов.

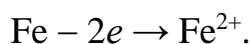
Примеры решения задач

Пример 1. Как протекает коррозия луженого железа, погруженного в раствор хлороводородной кислоты при нарушении покрытия? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Какие продукты при этом образуются?

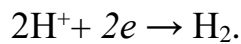
Луженое железо - это железо, покрытое оловом. При нарушении покрытия коррозия протекает в гальванопаре "железо-олово". Сравним между собой стандартные электродные потенциалы:

$$e_{\text{Sn}^{2+}, \text{Sn}}^0 = -0,136 \text{ В} > e_{\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}}^0 = -0,440 \text{ В}.$$

Следовательно, в этой гальванопаре металл анода – железо, а металл катода – олово. Значит, разрушению подвергается именно железо. Электронное уравнение анодного процесса



По условию, коррозия протекает в растворе хлороводородной кислоты, т.е. в кислой среде. Следовательно, электронное уравнение катодного процесса



Одним из продуктов такой коррозии является H_2 , а другим - соль железа и хлороводородной кислоты, т.е. FeCl_2 .

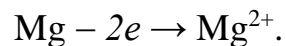
Пример 2. Приведите пример протекторной защиты никеля в нейтральном растворе электролита, содержащем растворенный кислород. Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.

Решение

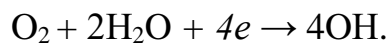
В качестве металла протектора следует использовать металл с более отрицательным электродным потенциалом (Приложение 5), чем у никеля, например, магний:

$$e_{\text{Mg}^{2+}, \text{Mg}}^0 = -2,363 \text{ В} < e_{\text{Ni}^{2+}, \text{Ni}}^0 = -2,250 \text{ В},$$

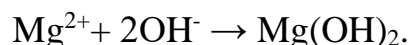
который и будет подвергаться разрушению. Электронное уравнение анодного процесса



По условию, коррозия протекает в нейтральной среде. Следовательно, электронное уравнение катодного процесса



Вторичная химическая реакция



Тема 10. ЭЛЕКТРОЛИЗ

Теоретические основы

Электролиз как окислительно-восстановительная реакция. Катодные и анодные процессы при электролизе. Закон Фарадея.

Задачи 181 ... 200

Как будет происходить электролиз водного раствора электролита (табл. 8) при использовании инертных электродов? Приведите уравнение диссоциации

электролита и поясните возможность участия каждого из образующихся ионов в электродных реакциях. Составьте электронные уравнения процессов, протекающих на электродах. Вычислите массу (для твердых и жидких) или объем вещества на катоде и аноде.

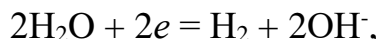
Пример решения задач **

Рассмотрим электролиз водного раствора K_2S . Продолжительность электролиза 1 мин 40 с ($\tau = 100$ с), сила тока (I) - 5 А.

Процесс диссоциации сульфида калия отражается уравнением



В катодном процессе возможно участие K^+ и воды. Стандартный электродный потенциал $e_{K^+,K}^0 = -2,925$ В, т.е. $< -1,6$ В. В соответствии с данными табл. 2, катионы калия не будут восстанавливаться, и на катоде происходит процесс с участием воды



в результате которого выделяется газообразный водород. Объем водорода можно рассчитать по закону Фарадея (13), учитывая, что количество электронов, принимающих участие в электродном процессе n равно 2, молярный объем любого газа $V_m = 22,4$ л (при нормальных условиях, т.е. 1 атм = $1,01325 \cdot 10^5$ Па и

$$273 \text{ К}).$$
$$V_{H_2} = \frac{V_m}{nF} I \tau;$$

$$V_{H_2} = \frac{V_m}{nF} I \tau = \frac{22,4}{2 \cdot 96500} \cdot 5 \cdot 100 = 5,85 \cdot 10^{-2} \text{ л.}$$

В анодном процессе возможно участие воды и анионов S^{2-} . В соответствии с данными таблицы 3 на аноде будет происходить процесс окисления анионов S^{2-} по уравнению



Зная силу тока и продолжительность процесса электролиза, массу образовавшейся серы можно рассчитать по закону Фарадея (12) $n = 2$, $M = 32$ г/моль (Приложение 1).

$$m_S = (M/nF) I \tau = (32/2 \cdot 96500) \cdot 5 \cdot 100 = 8,3 \text{ г.}$$

Приложения: