

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Институт химии

Авторы-составители:

Кожина Л.Ф., Захарова Т.В., Пожаров М.В.

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
ПО ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Учебное пособие для студентов бакалавриата нехимических
факультетов по общей и неорганической химии

**ЧАСТЬ 2
НЕМЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ**

Саратов 2018

Авторы-составители: Кожина Л.Ф., Захарова Т.В., Пожаров М.В.

Задания для подготовки студентов по общей и неорганической химии: учебное пособие для студентов бакалавриата нехимических факультетов по общей и неорганической химии. Часть 2. Неметаллы и их соединения. Электронный ресурс. – Саратов. – 2018. – 64 с.

Пособие содержит задания для самостоятельной работы студентов, составленные в соответствии с программами лекционных курсов, читаемых на нехимических факультетах и предназначено для студентов 1 курса бакалавриата СГУ.

Пособие состоит из трех частей. Часть 1 содержит задания по теоретическим основам химии. Часть 2 включает задания по химии элементов неметаллов и их соединений. Набор заданий состоит из 10 вариантов, каждый из которых содержит 5 вопросов в виде «мини» контрольных работ. Ответы на предлагаемые вопросы требуют использования стандартно-справочных данных, которые приведены в приложении.

Использование данного пособия реализуется при подготовке студента к выполнению лабораторных работ. Выполнив предлагаемый вариант задания и оформив частично рабочий лабораторный журнал, студент имеет допуск к выполнению экспериментальной работы. Такой подход к контролю самостоятельной работы студента дисциплинирует студентов, позволяет регулярно проводить оценивание степени освоения изучаемого материала.

Пособие подготовлено на основе многолетнего опыта лекционно-практической работы сотрудников кафедры общей и неорганической химии со студентами нехимических факультетов, которые при поступлении в ВУЗ не сдавали ЕГЭ по дисциплине «Химия».

Авторы-составители надеются, что данное пособие будет полезным для студентов, изучающих общую и неорганическую химию при подготовке к лабораторным занятиям, зачетам и экзаменам.

Рекомендуют:

кафедра общей и неорганической химии

Института химии СГУ

НМС Института химии СГУ

Рецензент

Доцент кафедры общей и неорганической химии

к.х.н. Акмаева Т.А.

ФОРМУЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ

$N = N_A \cdot \nu$	$\nu = \frac{V}{V_m}$
$\nu = \frac{m}{M}$	$\nu = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$
$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$	$K_A = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$ $K_B = \frac{[Me^+][OH^-]}{[MeOH]}$
$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$	$K_p = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$
$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{p-ра}}$	$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$
$N_1 = \frac{\nu_1}{\nu_1 + \nu_2}$	$\alpha = \frac{N_{\text{дисс}}}{N_{\text{общ}}}$
$C_M = \frac{\nu}{V_{p-ра}}$	$IP_{(A_x B_y)} = [A]^x \cdot [B]^y$
$C_m = \frac{\nu}{m_{p-ля}}$	$pH = -\lg[H^+]$
$pH + pOH = 14$	$pOH = -\lg[OH^-]$
$\Delta T_{\text{зам}} = K \cdot C_m$	$K_w = [H^+][OH^-]$
$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0$	$K_p = 10^{n \Delta E^0 / 0,0592}$
$\Delta G^0 = -nF \Delta E^0 = -RT \ln K_p$	

Гидролиз		
По аниону $K_r = \frac{K_w}{K_a}$	По катиону $K_r = \frac{K_w}{K_b}$	По катиону и аниону $K_r = \frac{K_w}{K_a K_b}$
Реакции нейтрализации		
Сильная кислота + сильное основание	$K_p = \frac{1}{K_w}$	
Сильная кислота + слабое основание	$K_p = \frac{K_b}{K_w}$	
Слабая кислота + сильное основание	$K_p = \frac{K_a}{K_w}$	
Перерасчет ПР на растворимость S (моль/л) вещества A_xB_y:		
x:y = 1:1 $S = \sqrt{\text{ПР}}$	x:y = 3:1 (1:3) $S = \sqrt[4]{\text{ПР} / 27}$	
x:y = 2:1(1:2) $S = \sqrt[3]{\text{ПР} / 4}$	x:y = 3:2 (2:3) $S = \sqrt[5]{\text{ПР} / 108}$	

Содержание

Часть 2. Неметаллы и их соединения.....	6
1. Галогены и их соединения.....	7
2. Сера и ее соединения	15
3. Азот и его соединения	24
4. Фосфор и его соединения.....	33
5. Углерод и его соединения	40
6. Кремний и его соединения.....	49
Приложение 1.....	56
Приложение 2.....	57
Приложение 3	58
Приложение 4	59
Литература	64

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

ЧАСТЬ 2

НЕМЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

III	IV	V	VI	VII	VIII
				(H) $1s^1$ (2,10)	He $1s^2$ (5,50)
B $2s^2 2p^1$ (2,01)	C $2s^2 2p^2$ (2,50)	N $2s^2 2p^3$ (3,07)	O $2s^2 2p^4$ (3,50)	F $2s^2 2p^5$ (4,10)	Ne $2s^2 2p^6$ (4,84)
	Si $3s^2 3p^2$ (1,80)	P $3s^2 3p^3$ (2,10)	S $3s^2 3p^4$ (2,60)	Cl $3s^2 3p^5$ (2,83)	Ar $3s^2 3p^6$ (3,20)
		As $4s^2 4p^3$ (2,20)	Se $4s^2 4p^4$ (2,48)	Br $4s^2 4p^5$ (2,74)	Kr $4s^2 4p^6$ (2,94)
			Te $5s^2 5p^4$ (2,01)	I $5s^2 5p^5$ (2,21)	Xe $5s^2 5p^6$ (2,40)
				At $6s^2 6p^5$ (1,90)	Rn $6s^2 6p^6$ (2,06)

Свойства элементов – неметаллов определяются их положением в Периодической системе элементов. Часто среди неметаллов рассматривают водород, хотя он проявляет как металлические, так и неметаллические свойства: в соединениях способен проявлять минимальную степень окисления, равную -1; максимальную +1. Для элементов IV- VII максимальные степени окисления равны номеру группы; минимальные - числу неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне (или № группы в которой находится элемент минус число 8). Общая электронная формула атомов неметаллов $ns^2 n^{1-5}$. Элементы VIIIA группы изучают отдельно, как химию благородных газов.

Особенностью основной части неметаллов является значительно большее число электронов на внешнем энергетическом уровне атомов. Химическая активность неметаллов можно охарактеризовать с помощью величин: *сродства к электрону и стандартного окислительно-восстановительного потенциала*. По периоду **слева направо** и по группе **снизу вверх**: *увеличение энергии ионизации; энергии сродства к электрону;*

увеличение электроотрицательности; уменьшение радиуса атомов. Это обуславливает **увеличение окислительной** способности элементов **в периоде слева направо, а в группе снизу вверх**.

Характерной особенностью является стремление к образованию **ковалентных** химических связей с атомами других неметаллов и амфотерных элементов.

Простые вещества – газы: H_2 , N_2 , O_2 , O_3 , F_2 , Cl_2 . Жидкость – Br_2 . Твердые вещества – B , C , Si , I_2 , At_2 , Se , Te , As (кристаллы). Относительно небольшие макромолекулы – B_{12} , S_8 , P_4 (полимерные вещества). Для неметаллов наблюдается явление аллотропии, например для кислорода, фосфора, углерода, серы.

Как известно, неметаллы образуют кислотные оксиды и кислотные гидроксиды; водородные соединения и разнообразные соли. Значительная часть элементов проявляет промежуточные степени окисления. Следовательно, химия неметаллов – простых веществ и их соединений включает рассмотрение вопросов по кислотно-основным и окислительно-восстановительным свойствам.

1. ГАЛОГЕНЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Это нужно
знать ...

*** **Галогены** – самые сильные окислители в своем периоде. За исключением фтора, галогены обладают окислительно-восстановительной двойственностью.

*** При нормальных условиях фтор и хлор – газы, бром – легколетучая жидкость, йод – твердое вещество.

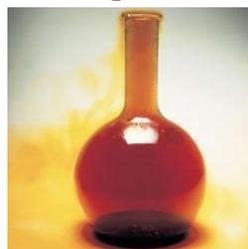
Фтор



Хлор



Бром



Йод

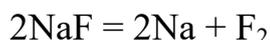




*** В твердом состоянии галогены - простые вещества имеют **молекулярную** кристаллическую решетку.



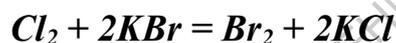
*** Для получения фтора используют электрохимический метод (электролиз расплава фторидов).



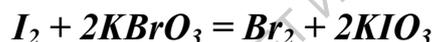
расплав



*** В ряду галогенов F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 окислительные свойства уменьшаются. **Галоген с меньшим порядковым номером всегда вытесняется галогеном с большим порядковым номером из бескислородных солей:**



Для кислородсодержащих солей наблюдается обратное:



*** Для получения хлора в промышленности используют электролиз хлорида натрия в растворе или расплаве; в лаборатории – взаимодействие концентрированной соляной кислоты с сильными окислителями, находящимися в твердом состоянии.



*** Галогены малорастворимы в воде, т.к. молекулы галогенов **неполярны**. Взаимодействуют с водой по типу ОВР.



*** Водные растворы галогенов в воде (за исключением фтора) называются хлорная, бромная, иодная вода соответственно.



*** **Галогеноводороды** HF , HCl , HBr , HI – бесцветные газы. Водные растворы – проявляют кислотные свойства. Сила кислот увеличивается, что обусловлено увеличением радиуса атома галогена и уменьшением при этом прочности связи.

Формула вещества	Название вещества	Константа диссоциации
HF	Фтороводородная (плавииковая)	$6,2 \cdot 10^{-4}$
HCl	Хлороводородная (соляная)	10^7
HBr	Бромоводородная	$1,0 \cdot 10^9$
HI	Иодоводородная	$1,0 \cdot 10^{11}$

 *** Растворимые в воде фториды металлов подвергаются гидролизу по аниону. Хлориды, бромиды и иодиды гидролизу по аниону не подвергаются.

 *** При *электролизе в расплаве* все галогенид-ионы обладают восстановительными свойствами. При *электролизе в растворе* – восстановительными свойствами обладают *хлорид -, бромид - и иодид -* ионы. Хлорид-ион проявляет восстановительные свойства в составе концентрированной соляной кислоты. Бромид – и иодид – ионы проявляют восстановительные свойства в растворе кислот и солей.

 *** **Восстановительные** свойства галогенид - ионов увеличиваются в ряду F^- , Cl^- , Br^- , I^- .

 *** Все соединения галогенов с кислородом неустойчивы

 *** **Качественная реакция на Cl_2** – взаимодействие недостатка хлора с иод-крахмальной бумагой (иодидом калия и обнаружение иода по синему окрашиванию иод-крахмального комплекса).

 *** **Качественная реакция** на хлорид-ион: образование белого творожистого осадка $AgCl$ и Hg_2Cl_2 , которые не растворимы в разбавленной азотной кислоте.

 *** **Качественная реакция** на бромид-ион: вытеснение брома из растворов бромидов хлором (хлорной водой) и экстракция брома органическим растворителем; образование творожистого осадка (слегка желтоватого цвета), нерастворимого в разбавленной азотной кислоте.

 *** **Качественная реакция** на иодид–ион: вытеснение иода из растворов иодидов и экстракция иода органическим растворителем; образование творожистого осадка (слегка желтовато-лимонного цвета), нерастворимого в разбавленной азотной кислоте.

Степень окисления	Вещества
-1	HF , HCl , HBr , HI ; NaF , KCl , $NaBr$, KI
0	F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2
+1	$HClO$, $HBrO$, HOI , $NaClO$, $NaBrO$, $NaIO$

+3	HClO ₂
+5	HClO ₃
+7	HClO ₄

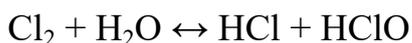
- Какие утверждения **неверны**?
 - галогены в газообразном состоянии существуют в виде двухатомных молекул
 - галогены способны образовывать со щелочными металлами соединения типа MeГ
 - галогены образуют ковалентную связь с водородом и углеродом
 - галогены обладают только окислительными свойствами
- Сила** галогеноводородных **кислот** возрастает в ряду (*какая количественная характеристика отвечает за силу кислоты?*):
 - HCl, HBr, HI
 - HI, HBr, HCl
 - HBr, HI, HCl
 - HI, HCl, HBr
- Какие степени окисления проявляет **хлор** в соединениях?
 - 1
 - 2
 - +3
 - +7
- Определите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для реакции (*используйте метод электронного баланса, укажите коэффициенты в уравнении*), протекающей по схеме:

$$\text{Cl}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KCl}$$
 - 2
 - 3
 - 4
 - 6
- Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:

$$\text{KOH} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\quad} \text{KClO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$$
 и укажите **сумму коэффициентов**. *Определите окислитель и восстановитель, укажите стандартные потенциалы и рассчитайте ЭДС реакции.*

- Для определения в растворе **хлорид - ионов** используют (*напишите соответствующее уравнение реакции*):
 - BaCl₂
 - AgNO₃
 - KBr
 - H₂SO₄
- Укажите формулу **самой** сильной кислоты (*как зависит сила кислоты от степени окисления кислотообразующего элемента?*):
 - HClO
 - HF
 - HClO₄
 - HClO₂
- В каких процессах, схемы которых приведены ниже, атомы хлора являются и **окислителями**, и **восстановителями**? (*укажите степени окисления атомов хлора в соединениях*)
 - KI + Cl₂ → KCl + I₂
 - Cl₂ + KOH → KCl + KClO₃ + H₂O
 - KClO₃ → KCl + KClO₄
 - Cl₂ + Ca(OH)₂ → CaCl₂ + Ca(OCl)₂ + H₂O

4. Какие вещества следует добавить к хлорной воде, чтобы равновесие реакции



сместить влево (\leftarrow) ? (*примените принцип Ле Шателье*)

- 1) NaOH 2) NaCl 3) H₂SO₄ 4) AgNO₃

5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительного процесса, протекающего по схеме:



(*укажите величины стандартных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции*)

1. Какие степени окисления имеет хлор в своих **наиболее** устойчивых соединениях? (*составьте электронно-графическую формулу(ы) частицы*)

- 1) -1 2) +3 3) +5 4) +7

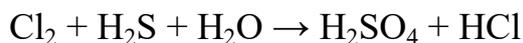
2. Какие реакции, схемы которых приведены ниже, являются **окислительно-восстановительными**? (*укажите степени окисления для атомов элементов, которые меняют степени окисления в ходе реакции*)

- 1) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{HClO}$
2) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$
3) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
4) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow + \text{HClO}$

3. Как меняются **неметаллические** свойства в ряду: F₂ — Cl₂ — Br₂ — I₂ (*какая величина используется для характеристики неметаллических свойств?*)

- 1) не меняются 2) усиливаются 3) уменьшаются

4. Определите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для реакции (*используйте метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



- 1) 2 2) 4 3) 5 4) 8

Приведите величины стандартных потенциалов и определите возможность самопроизвольного протекания реакции в стандартных условиях.

5. Напишите уравнение окислительно-восстановительной реакции (*используйте метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



и укажите сумму коэффициентов в **правой** части уравнения.

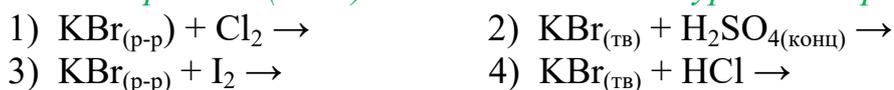
1. В каких соединениях встречается в природе хлор?

- 1) AlCl₃ 2) CaOCl₂ 3) KClO₃ 4) NaCl

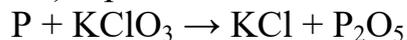
2. Какой из галогенов проявляет **наименьшую** электроотрицательность? (*дайте определение понятия электроотрицательность*)

- 1) фтор 2) хлор 3) бром 4) йод

3. Какие реакции используют в лаборатории для получения брома ? (для выбранного варианта(-тов) ответа напишите уравнение реакции)

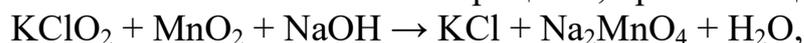


4. Укажите значение коэффициента при окислителе в реакции (используйте метод электронного баланса), протекающей по схеме:



- 1) 6 2) 3 3) 5 4) 11

5. Для окислительно-восстановительного процесса, протекающего по схеме:



расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите сумму коэффициентов в левой части уравнения.

1. Что объединяет элементы главной и побочной подгрупп VII группы?

- 1) число валентных электронов
2) подобие химических свойств высших оксидов
3) число электронов на внешнем энергетическом уровне
4) окислительно-восстановительные свойства простых веществ

2. Наиболее сильный окислитель? (укажите зависимость окислительных свойств кислородсодержащих кислот хлора от степени окисления атома хлора в соединении)

- 1) HClO_2 2) HClO 3) HClO_3 4) HClO_4

3. Какие реакции используют для получения чистого бромоводорода?(для выбранного варианта(-ов) напишите уравнения реакций)



4. Укажите значение коэффициента перед восстановителем в реакции, протекающей по схеме:



- 1) 16 2) 10 3) 5 4) 15

Расставьте коэффициенты методом электронного баланса. При каких условиях проводят указанную реакцию?

5. Определите сумму коэффициентов в окислительно-восстановительном процессе, протекающем по схеме:



Расставьте коэффициенты, используя метод электронного баланса, укажите условия проведения химического взаимодействия. Почему реакцию проводят в нестандартных условиях?

1. Электронная конфигурация Cl^{+5} (напишите электронно-графическую формулу валентного уровня)

- 1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 2) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^0$
3) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 4) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

2. Для осушения хлороводорода **нельзя** использовать (*какие химические свойства хлороводорода нужно использовать для обоснованного ответа*):

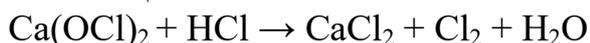
- 1) P_2O_5 2) H_2SO_4 (б/в) 3) $CaCl_2$ 4) CaO

3. Как меняется **полярность** связи в ряду: $HF \rightarrow HCl \rightarrow HBr \rightarrow HI$

- 1) не меняется 2) уменьшается 3) увеличивается

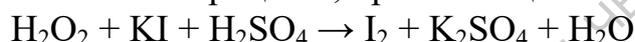
(*что является мерой полярности химической связи?*)

4. Укажите значение коэффициента при **окислителе** в реакции (*расставьте коэффициенты методом электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель*), протекающей по схеме:



- 1) 4 2) 1 3) 2 4) 3

5. Укажите **сумму** коэффициентов перед формулами веществ в окислительно-восстановительном процессе, протекающем по схеме:



Используйте метод электронного баланса, укажите величины стандартных потенциалов окислителя и восстановителя, рассчитайте ЭДС реакции.

1. В виде каких соединений встречается в природе фтор?

- 1) CaF_2 2) SF_6 3) $3NaF \cdot AlF_3$ 4) HF

2. Какая из указанных молекул является наиболее **прочной**? (*составьте ряд галогенов по уменьшению прочности химической связи*)

- 1) Cl_2 2) F_2 3) Br_2 4) I_2

3. Из каких соединений, находящихся в растворе, **хлор** может вытеснить свободный галоген?

- 1) KF 2) $NaBr$ 3) KI 4) $KClO_4$

4. Какие реакции используют в лаборатории для получения хлора? (*для выбранного варианта (-ов) ответа напишите уравнение(-я) реакций*)

- 1) $HCl_{(разб)} + Mg \rightarrow$ 2) $HCl_{(конц)} + MnO_2 \rightarrow$
3) $HCl_{(конц)} + KMnO_{4(тв)} \rightarrow$ 4) $HCl_{(разб)} + MgO \rightarrow$

5. Укажите **сумму** коэффициентов перед формулами веществ в окислительно-восстановительном процессе, протекающем по схеме:



Используйте метод электронного баланса, определите возможность самопроизвольного протекания реакции в стандартных условиях

1. Чем **различаются** между собой атомы хлора и брома?

- 1) массой 2) числом электронов
3) зарядом ядра 4) числом энергетических уровней

2. В каких соединениях степень окисления **хлора** равна (+1)? (*укажите степень окисления хлора в каждом соединении*)

- 1) $HClO$ 2) $KClO_4$ 3) Cl_2 4) $Ca(ClO)_2$

3. Какие из веществ взаимодействуют с концентрированной соляной кислотой с выделением хлора? (для обоснованного ответа напишите необходимые уравнения реакций)

- 1) KClO_3 2) KCl 3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4) KMnO_4

4. Какой галогеноводород является наиболее сильным восстановителем?

- 1) HF 2) HCl 3) HBr 4) HI

Какая величина характеризует восстановительные свойства вещества? Используйте справочные данные.

5. Напишите уравнение и укажите наименьшее общее кратное чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительного процесса, протекающего по схеме:



Расставьте коэффициенты методом электронного баланса. Укажите условия протекания реакции. Где используется данная реакция?

1. Укажите справедливые утверждения:

- 1) в каждом периоде из простых веществ галогены являются наиболее сильными окислителями
- 2) в твёрдом состоянии галогены образуют ионную кристаллическую решётку
- 3) фтор в соединениях с другими элементами проявляет единственную степень окисления
- 4) галогены проявляют только окислительные свойства

2. Какая реакция, из приведённых ниже невозможна:

- 1) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 \rightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$ 2) $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$
3) $2\text{KI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$ 4) $2\text{KBr} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{KI} + \text{Br}_2$

3. Какие вещества образуются при пропускании Cl_2 через горячий раствор гидроксида натрия (для обоснованного ответа напишите уравнение реакции и примените метод электронного баланса):

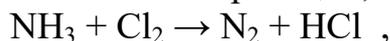
- 1) KCl 2) KClO_4 3) KClO 4) KClO_3

4. Определите сумму коэффициентов в левой части реакции (используйте метод электронного баланса), протекающей по схеме:



- 1) 12 2) 10 3) 11 4) 13

5. Для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



укажите сумму коэффициентов (используйте метод электронного баланса).

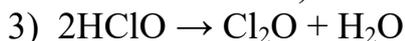
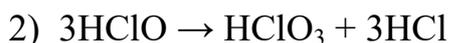
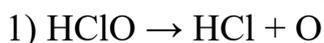
1. Определите электронную конфигурацию частицы Br^{+1} (составьте электронно-графическую формулу частицы)

- 1) $\dots 4s^2 4p^4$ 2) $\dots 4s^2 4p^5$ 3) $\dots 3d^5 4s^2$ 4) $\dots 4s^2 4p^0$

2. В каком ряду веществ степень окисления хлора последовательно возрастает слева направо? (*укажите степень окисления атома хлора в каждом соединении*)



3. Какая схема отражает процесс разложения хлорноватистой кислоты под действием солнечного света?



4. Для поглощения хлора можно использовать растворы (*напишите необходимые уравнения реакций*):



5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительного процесса, протекающего по схеме:

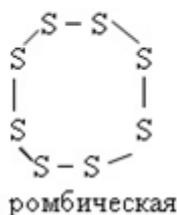
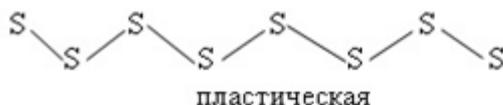


Используя стандартные потенциалы, определите возможность самопроизвольного протекания реакции в стандартных условиях.

2. СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ

Это нужно
знать ...

Для серы характерно явление **аллотропии**, т.е. наличия нескольких различных по составу и свойствам простых веществ. Наиболее стабильной при нормальных условиях является восьмиатомная молекула, отвечающая *ромбической* и *моноклинной* модификации. При нагревании сера переходит в *пластическую* модификацию, которая отличается большей тягучестью.



Модификации серы



В природе сера встречается как в самородном состоянии, так и в виде большого количества минералов – сульфидов и сульфатов.



Самородная сера



Глауберова соль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$



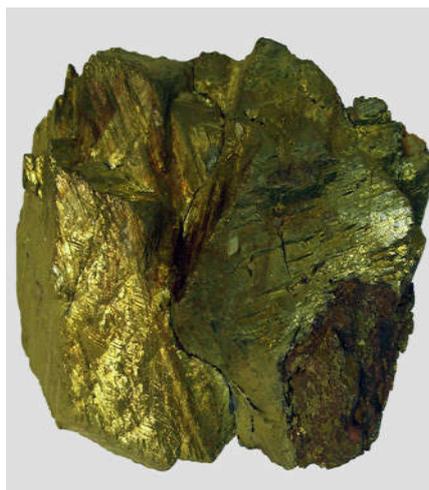
Разновидность гипса
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Киноварь HgS



Пирит FeS_2



Медный колчедан CuFeS_2

Характерные степени окисления серы и ее соединений

<i>Вещество</i>	<i>Химические свойства</i>
Серa S	Окислительные свойства
	Восстановительные свойства
	Реакции самоокисления – самовосстановления (диспропорционирование)

Степень окисления	Формула вещества	Свойства
-2	H_2S , K_2S , CuS , FeS	Кислотные свойства H_2S ; восстановительные свойства сероводорода и сульфидов; растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону.
0	S	Окислительно-восстановительная двойственность? Диспропорционирование в растворах щелочей.
+4	SO_2 , H_2SO_3 , Na_2SO_3	Кислотные свойства оксида и гидроксида; окислительно-восстановительная двойственность; растворимые соли в незначительной степени подвергаются гидролизу по аниону.
+6	SO_3 , H_2SO_4 , CuSO_4	Кислотные свойства оксида и гидроксида; окислительные свойства концентрированной серной кислоты.

Сила кислот увеличивается с возрастанием степени окисления центрального атома, что наглядно демонстрируется на следующем примере:

Вещество	Название кислоты	Константа диссоциации	
H_2S	Сероводородная	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-7}$	$K_2 = 2,5 \cdot 10^{-13}$
H_2SO_3	Сернистая	$K_1 = 1,4 \cdot 10^{-2}$	$K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$
H_2SO_4	Серная	$K_1 = 10^3$	$K_2 = 1,15 \cdot 10^{-2}$
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Тиосерная	$K_1 = 2,5 \cdot 10^{-1}$	$K_2 = 1,9 \cdot 10^{-2}$



*** Концентрированная серная кислота проявляет окислительные свойства. Продукты восстановления зависят от силы восстановителя: чем сильнее восстановитель и выше температура, при которой протекает реакция, тем глубже происходит процесс восстановления серной кислоты и ниже степень окисления атома серы в продуктах восстановления серной кислоты:

Формула вещества	Число принятых электронов	Продукт восстановления
H ₂ SO ₄ концентрированная	$S^{+6} + 2e = S^{+4}$	SO ₂
	$S^{+6} + e = S^0$	S
	$S^{+6} + 8e = S^{-2}$	H ₂ S

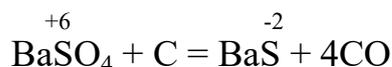


*** Концентрированная серная кислота *пассивирует* на холоду металлы: алюминий, хром, железо, никель. Растворение металлов происходит только при нагревании. С золотом и платиной реакция *невозможна* ни при каких условиях.

Концентрированная серная кислота H ₂ SO ₄	Активные металлы (в ряду активности до железа) (H₂S или S)
	$4Zn + 5H_2SO_4 = 4ZnSO_4 + H_2S + 4H_2O$
	$8Al + 15H_2SO_4 = 4Al_2(SO_4)_3 + 3H_2S + 12H_2O$
	Металлы железо Fe – серебро Ag (SO₂)
	$2Fe + 6H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$
	$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$
	Кислота + неметалл (SO₂)
	$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$
	$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$
	$2P + 5H_2SO_4 = 2H_3PO_4 + 5SO_2 + 2H_2O$
	Кислота + сложное вещество - восстановитель
	$3H_2S + H_2SO_4 = S + 4H_2O$
$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$	
$8HI + H_2SO_4 = 4I_2 + H_2S + 4H_2O$	



*** В растворах солей сульфат – ион не проявляет окислительных свойств; при сплавлении с сильными восстановителями возможно проявление окислительных свойств:



*** *Качественная реакция* на сульфид-ион: осаждение сульфидов металлов (чем меньше величина ПР, тем меньшую концентрацию сульфид-ионов можно обнаружить).



*** *Качественная реакция* на сульфат-ион: взаимодействие растворов, содержащих растворимые сульфаты с растворимыми солями бария с образованием белого осадка сульфата бария BaSO_4 , нерастворимого в кислотах.



*** Для *распознавания солей* сернистой и серной кислоты, можно использовать восстановительные свойства сульфит-ионов при взаимодействии с перманганатом (или дихроматом) калия в кислой среде, сопровождающееся резким изменением окраски раствора.

1. Сера в свободном состоянии образует наиболее **стабильные** молекулы:

- 1) S_2 2) S_4 3) S_6 4) S_8

2. Укажите схемы реакций, в которых сера **восстановитель** (*дайте определение понятия восстановитель*):

- 1) $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{e} \rightarrow$ 2) $\text{S} + \text{P} \rightarrow$
3) $\text{S} + \text{Ag} \xrightarrow{e} \rightarrow$ 4) $\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow$

Для выбранных вариантов ответа допишите уравнения реакций.

3. Укажите схемы **качественных** реакций на сульфат-ион:

- 1) $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} \rightarrow$ 2) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$
3) $\text{K}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ 4) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

Допишите уравнения реакций для выбранного ответа.

4. Какие ионы **не могут** совместно находиться в растворе в значительных количествах (*используйте таблицу растворимости*):

- 1) S^{2-} и H^+ 2) SO_3^{2-} и Ba^{2+}
3) K^+ и S^{2-} 4) Pb^{2+} и S^{2-}

5. Для окислительно-восстановительной реакции (*используйте метод электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель; их величины стандартных потенциалов и ЭДС реакции*), протекающей по схеме:



укажите сумму коэффициентов в **правой** части уравнения.

1. Укажите формулы, в которых сера шестивалентна (*приведите графические формулы соединений*):

- 1) SO_2 2) K_2SO_4 3) SO_3 4) K_2SO_3

2. Какие утверждения **неверны** для элементов VI группы главной подгруппы?

- 1) высшая валентность атомов всех элементов равна 6
2) все элементы являются неметаллами
3) сверху вниз постепенно нарастают металлические свойства
4) сверху вниз увеличиваются восстановительные свойства

3. Какие вещества образуются при взаимодействии концентрированной серной кислоты с медью?

- 1) CuSO_4 2) H_2 3) H_2O 4) SO_2

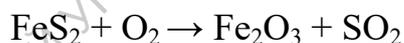
Для обоснованного ответа напишите уравнение химического взаимодействия.

4. Укажите схемы осуществимых реакций с участием сероводородной кислоты?

- 1) $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow$ 2) $\text{H}_2\text{S} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$
3) $\text{KOH} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow$ 4) $\text{KHS} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow$

Для обоснованного ответа напишите необходимые уравнения химических превращений.

5. Укажите сумму коэффициентов в **левой** части уравнения (*используйте метод электронного баланса*) для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Какие характеристики **верны** для описания серы:

- 1) не имеет аллотропных модификаций
2) практически не проводит электрический ток
3) хорошо смачивается водой
4) в органическом растворителе лучше растворима, чем в воде

2. Как изменяется **сила кислот** в ряду $\text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{SO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$

- 1) уменьшается 2) возрастает 3) не изменяется

Приведите таблично-справочные данные, характеризующие силу кислот.

3. Какие металлы при 25°C реагирует с разбавленной, но **не реагирует** с концентрированной серной кислотой? (*укажите различия в свойствах разбавленной и концентрированной серной кислоты*)

- 1) цинк 2) железо 3) алюминий 4) магний

4. Для получения оксида серы (IV) в лаборатории используют:

- 1) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} \rightarrow$ 2) $\text{FeS} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \rightarrow$
3) $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \rightarrow$ 4) $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \rightarrow$

Допишите уравнение реакции для выбранного ответа.

5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Электронная конфигурация внешнего энергетического уровня иона S^{2-}
1) $\dots 3s^2 3p^2$ 2) $\dots 3s^2 3p^6$ 3) $\dots 4s^2 4p^6$ 4) $\dots 3s^2 3p^4$
2. Укажите схему процесса **окисления**:
1) $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}^+ + (\text{HS})^-$ 2) $(\text{HSO}_3)^- \rightarrow (\text{SO}_4)^{2-}$
3) $(\text{SO}_3)^{2-} \rightarrow (\text{SO}_4)^{2-}$ 4) $(\text{S})^{2-} \rightarrow \text{S}^0$

Укажите степень окисления атома, способного участвовать в процессе окисления.

3. Какие металлы реагируют с концентрированной и **не реагируют** с разбавленной серной кислотой? *Напишите уравнения реакций взаимодействия металлов с разбавленной серной кислотой.*

- 1) медь 2) серебро 3) алюминий 4) железо

4. Оксид серы (IV) образуется в реакциях:

- 1) $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) \xrightarrow{25^\circ \text{C}}$ 2) $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб}) \rightarrow$
3) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб}) \rightarrow$ 4) $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) \rightarrow$

Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Напишите уравнение реакции, *используя метод электронного баланса*, и укажите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Укажите электронную конфигурацию **внешнего** электронного уровня серы в степени окисления +6:

- 1) $3s^2 3p^2$ 2) $3s^2 3p^6$ 3) $2s^2 2p^6$ 4) $3s^2 3p^0$

2. Какие металлы вытесняют водород из разбавленной серной кислоты?

- 1) ртуть 2) цинк 3) железо 4) медь

Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

3. Оксид серы (IV) проявляет **кислотные** свойства в реакциях с:

- 1) K_2O 2) Na_2O 3) H_2S 4) O_2

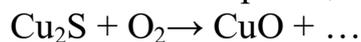
Напишите формулы кислоты, которая соответствует оксиду серы (IV).

4. Какие химические реакции используют для получения оксида серы (IV) в промышленности?

- 1) $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$ 2) $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$
3) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) \xrightarrow{t}$ 4) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) \rightarrow$

Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Как меняется **прочность** связи $H - \text{Э}$ в ряду: $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{Se}$
 - 1) увеличивается
 - 2) уменьшается
 - 3) не изменяется
2. При сгорании серы в кислороде преимущественно образуется соединение:
 - 1) SO
 - 2) SO_2
 - 3) SO_3
 - 4) S_2O_3
3. Охарактеризуйте связи в молекуле сероводорода (*напишите графическую формулу сероводорода*):
 - 1) ионные
 - 2) ковалентные полярные
 - 3) $2\delta -$ связи
 - 4) 2δ и $2\pi -$ связи
4. Взаимодействие каких веществ приводит к образованию сероводорода?
 - 1) $\text{FeS} + \text{HCl} \rightarrow$
 - 2) $\text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб})} \rightarrow$
 - 3) $\text{Al}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 - 4) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow$

Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Укажите сумму коэффициентов в **левой** части уравнения для окислительно-восстановительной реакции (*используйте метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



Укажите окислитель и восстановитель, по величинам стандартных потенциалов определите возможность протекания реакции в стандартных

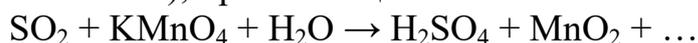
1. Сера и хром находятся в **одной группе**, но в разных подгруппах, т. к.:
 - 1) в атомах этих элементов разное число энергетических уровней
 - 2) высшая валентность серы и хрома не совпадают
 - 3) у атома серы и хрома одинаковое число валентных электронов
 - 4) при одинаковом числе валентных электронов их распределение по энергетическим уровням разное
2. В каких соединениях степень окисления серы одинаковая (*укажите степени окисления серы в каждом соединении*)?
 - 1) FeS_2
 - 2) $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$
 - 3) K_2S
 - 4) Na_2SO_3
3. Укажите схемы **процессов окисления** (*дайте определения понятия процесс окисления; укажите степень окисления атома серы в каждой частице*):
 - 1) $(\text{S}_2\text{O}_7)^{2-} \rightarrow (\text{SO}_3)^{2-}$
 - 2) $(\text{S})^{2-} \rightarrow (\text{SO}_4)^{2-}$
 - 3) $2(\text{HS})^- \rightarrow (\text{S}_2\text{O}_7)^{2-}$
 - 4) $\text{SO}_2 \rightarrow \text{S}$

4. В каких реакциях серная кислота проявляет окислительные свойства за счёт катиона H^+ ?



Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций в молекулярном и ионном виде.

5. Укажите **коэффициент** перед формулой восстановителя для окислительно-восстановительной реакции (*напишите уравнение электронного баланса*), протекающей по схеме:



1. Сера и хром находятся в одной группе, т.к. атомы этих элементов имеют **одинаковое** число:

- 1) протонов
2) энергетических уровней
3) валентных электронов
4) электронов на внешнем уровне

2. Укажите формулы веществ, в составе которых сера имеет **минимальную** степень окисления? (*укажите степени окисления атома серы в каждом соединении*)

- 1) FeS_2 2) FeS 3) SCl_2 4) H_2S

3. Сульфид алюминия Al_2S_3 можно получить по реакции:

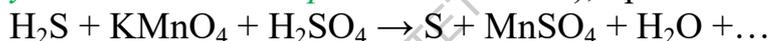
- 1) $\text{AlCl}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 2) $\text{Al} + \text{S} \xrightarrow{t} \rightarrow$
2) $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 4) $\text{AlCl}_3 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

(*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических процессов, соответствующих приведенным схемам*)

4. С помощью каких катионов можно **обнаружить** присутствие в водном растворе сульфид-ионы S^{2-} ?

- 1) K^+ 2) Cu^{2+} 3) Pb^{2+} 4) Al^{3+}

5. Укажите **сумму** коэффициентов для окислительно-восстановительной реакции (*используйте метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



Укажите окислитель и восстановитель, величины стандартных потенциалов и определите возможность самопроизвольного протекания реакции в стандартных условиях.

3. АЗОТ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ



*** В свободном виде азот наиболее распространен в виде двухатомной молекулы N_2 . Тройная связь между атомами азота в этой молекуле настолько прочная ($E_{\text{св}} = 934$ кДж/моль), что при нормальных условиях азот не взаимодействует с большинством химических веществ (за исключением фтора). Благодаря этому азот используется для создания инертной атмосферы в промышленном синтезе, для продувки труб резервуаров и трубопроводов и проверки работы трубопровода под давлением, а также в качестве инертной газовой среды для упаковки и хранения пакетированных продуктов (пищевая добавка E941). Низкая температура кипения азота также приводит к тому, что жидкий азот широко используется в качестве хладагента.

Характерные степени окисления азота и его соединений

Степень окисления	Вещества	Свойства
-3	NH_3 , $(\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O})$, Li_3N , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Cl_3N	Основные свойства аммиака; восстановительные свойства аммиака и его соединений; гидролиз растворимых солей по катиону; термическая неустойчивость солей аммония
-2	N_2H_4	Окислительно-восстановительная двойственность;
-1	NH_2OH	Окислительно-восстановительная двойственность
0	N_2	Окислительно-восстановительная двойственность
+1	N_2O	Несолеобразующий оксид. Окислительно-восстановительная двойственность
+2	NO	Несолеобразующий оксид. Окислительно-восстановительная двойственность
+3	N_2O_3 , HNO_2 , NaNO_2	Кислотный оксид. Кислотный гидроксид. Окислительно-восстановительная двойственность. Растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону. Окислительно-восстановительная двойственность
+4	NO_2	Кислотный оксид. Не имеет кислотного гидроксида со степенью окисления азота +4. Окислительно-восстановительная двойственность
+5	N_2O_5 , HNO_3 , NaNO_3 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Кислотный оксид и кислотный гидроксид. Сильные окислительные свойства. Соли – окислители; термически неустойчивы. Растворимые соли гидролизу по аниону не подвергаются.

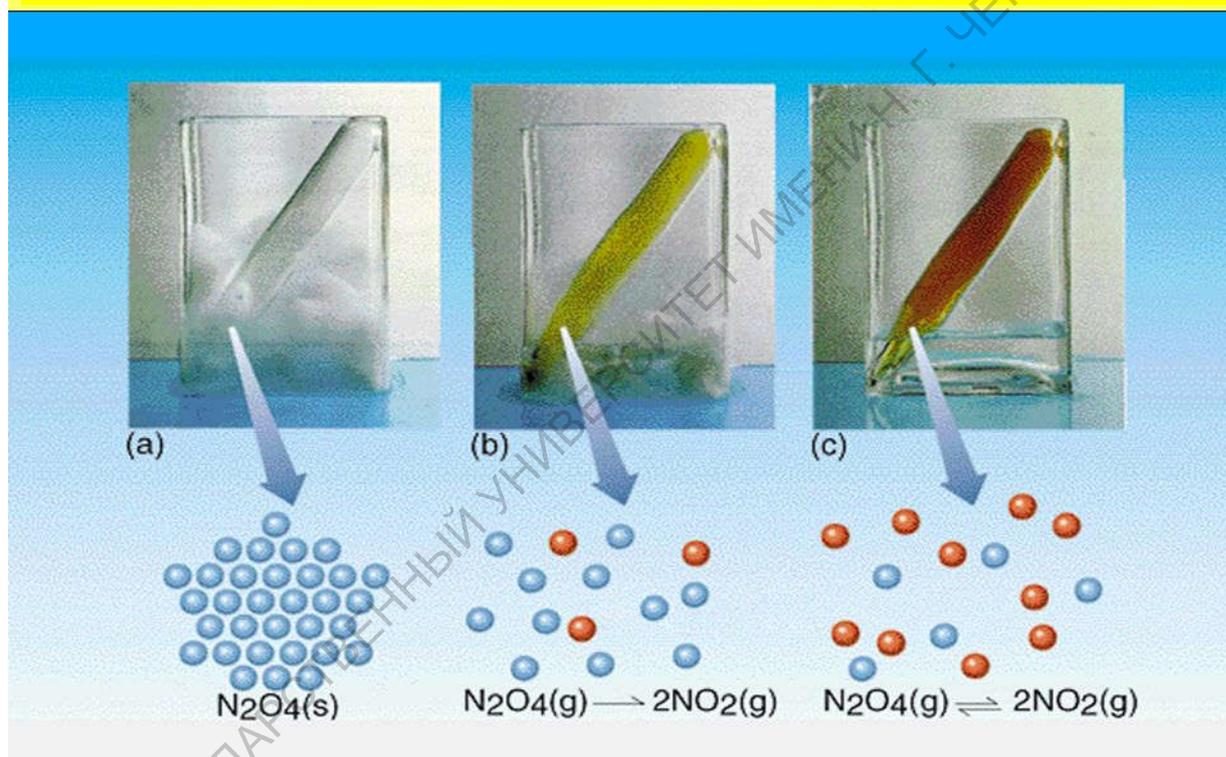
*** Соли аммония термически неустойчивы, продукты разложения зависят от природы аниона, образующего соль:

Соль образована анионом, неспособным к проявлению окислительных свойств, разложение по кислотно-основному типу	$\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$
	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HSO}_4$
	$\text{NH}_4\text{HCO}_3 = \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3$

Соль образована <i>анионом</i> , способным к проявлению <i>окислительных</i> свойств	$\text{NH}_4\text{NO}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$
	$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$
	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

*** Из оксидов азота наиболее термодинамически устойчив диоксид азота NO_2 , который на холоде способен подвергаться димеризации, т.е. превращению в N_2O_4 . Данный процесс является равновесным и широко используется для демонстрации принципа Ле-Шателье.

Химическое равновесие между оксидом азота (IV) и его димером
При нагревании равновесие смещается в сторону образования
окрашенного NO_2 , а при охлаждении – в сторону бесцветного N_2O_4



*** Концентрированная азотная кислота пассивирует на холоду поверхность металлов: алюминия Al, хрома Cr, железа Fe, кобальта Co, никеля Ni.

*** Чем меньше концентрация азотной кислоты, тем сильнее выражены окислительные свойства кислоты. Общая закономерность: чем меньше концентрация азотной кислоты, сильнее восстановитель и выше температура, при которой протекает химическая реакция, тем глубже происходит восстановление азотной кислоты и ниже степень окисления атома азота в продуктах восстановления азотной кислоты:

Окислитель	Число принятых электронов	Продукт восстановления
HNO ₃	$N^{+5} + 1e = N^{+4}$	NO ₂
	$N^{+5} + 3e = N^{+2}$	NO
	$N^{+5} + 4e = N^{+1}$	N ₂ O
	$N^{+5} + 5e = N^0$	N ₂
	$N^{+3} + 8e = N^{-3}$	NH ₄ NO ₃

Соли азотной кислоты – нитраты термически неустойчивы:

Нитрат металла*	Положение металла в ряду напряжений	Продукты разложения
$Me(NO_3)_n$ ⁺⁵	До магния	$Me(NO_2)_n$ ⁺³ + O ₂
	Магний – медь	Me_xO_y ⁺⁴ + NO ₂ + O ₂
	После меди	Me ⁺⁴ + NO ₂ + O ₂

*если нитрат образован металлом в низшей положительной степени окисления, то его оксид обладает восстановительными свойствами, и продуктом разложения нитрата является оксид в более высокой устойчивой степени окисления (например, $4Fe(NO_3)_2 = 2Fe_2O_3 + 8NO_2 + O_2$)

Особенности взаимодействия азотной кислоты с металлами:

<i>Концентрированная азотная кислота HNO₃</i>	<i>Металлы до Al (N₂O, NO)</i>	$3Ca + 8HNO_3 = 3Ca(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$
	<i>Тяжелые металлы (NO₂)</i>	$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$
	<i>Разбавленная азотная кислота HNO₃</i>	$4Ca + 10HNO_3 = 4Ca(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$
		$8Al + 30HNO_3 = 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$
		$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$
<i>Au и Pt не реагируют с HNO₃ ни при каких условиях</i>		

Взаимодействие азотной кислоты с неметаллами:

Взаимодействие концентрированной азотной кислоты с неметаллами (NO ₂ + оксид неметалла или кислота)	$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$
	$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$
	$S + HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$
	$I_2 + HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$
Взаимодействие разбавленной азотной кислоты с неметаллами (NO + оксид неметалла или кислота)	$3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3PO_4 + 5NO$
	$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$

Взаимодействие концентрированной азотной кислоты со сложными веществами - восстановителями	$H_2S + 2HNO_3 = S + 2NO_2 + 2H_2O$
	$Na_2S + 4HNO_3 = S + 2NO_2 + 2H_2O + 2NaNO_3$
	$CuS + 8HNO_3 = CuSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$
	$HI + 6HNO_3 = HIO_3 + 6NO_2 + 3H_2O$
	$2KI + 4HNO_3 = I_2 + 2NO_2 + 2H_2O + 2KNO_3$
	$Fe(OH)_2 + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + NO_2 + 3H_2O$
	$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$

1. Какие утверждения справедливы для иона аммония? (*напишите графическую формулу иона*)

- 1) степень окисления атома азота равна (- 3)
 - 2) валентность атома азота равна 4
 - 3) всего в ионе 3σ и 1π связь
 - 4) всего в ионе 4 связи σ –типа
2. Какие реакции используют для получения азота в лаборатории?

- 1) $NH_4NO_2 \xrightarrow{t}$
- 2) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t}$
- 3) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t}$
- 4) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t}$

Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции

3. Охарактеризуйте реакцию синтеза аммиака из простых веществ:

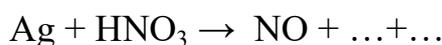
- 1) обратимая
- 2) окислительно-восстановительная
- 3) эндотермическая
- 4) соединения

4. Укажите схемы реакций, в результате которых можно получить нитрат серебра:

- 1) $Ag + HNO_3 \text{ (разб.)} \rightarrow$
- 2) $Ag + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow$
- 3) $AgCl + HNO_3 \rightarrow$
- 4) $CH_3COOAg + KNO_3 \rightarrow$

Для выбранного варианта(-ов) ответа напишите уравнение химической реакции.

5. Напишите уравнение реакции (*используйте метод электронного баланса*) и определите *наименьшее общее кратное* чисел отданных и принятых электронов для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Какие утверждения справедливы для элементов подгруппы азота? (*какие элементы располагаются в одной группе в одной подгруппе?*)

- 1) сверху вниз растёт радиус атома
- 2) все элементы являются неметаллами
- 3) формула высшего оксида всех элементов $Э_2O_5$
- 4) металлические свойства элементов снизу вверх уменьшаются

2. Как изменяется *полярность* связи N-Hal в ряду N-Cl, N-Br, N-I? (*что является мерой полярности химической связи?*)

- 1) увеличивается
- 2) не изменяется
- 3) уменьшается

3. Какие реакции используют для получения оксида азота (II) в лаборатории?

- 1) $N_2 + O_2 \xrightarrow{t}$
- 2) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t+кат}$
- 3) $Cu + HNO_3 \text{ (30\%)} \rightarrow$
- 4) $Cu + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow$

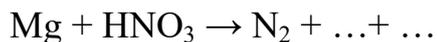
Допишите формулы продуктов реакции и укажите степени окисления атома азота в каждом соединении.

4. Аммиак можно получить по реакции:



Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Укажите сумму коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции (используйте метод электронного баланса), протекающей по схеме:



Укажите величины стандартных потенциалов и сделайте вывод о возможности самопроизвольного протекания реакции.

1. Справедливы следующие утверждения:

- 1) молекула аммиака неполярна
- 2) молекула аммиака плоская
- 3) молекула аммиака может быть донором электронов
- 4) связи в молекуле аммиака ковалентные полярные

2. Укажите схемы реакций, в которых образуется оксид азота (IV)



Для выбранного варианта (-ов) ответа допишите уравнения химических взаимодействий.

3. Укажите схемы реакций, подтверждающие основные свойства аммиака:

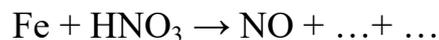


Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

4. При термическом разложении каких нитратов образуется оксид металла?



5. Укажите сумму коэффициентов в левой части уравнения для окислительно-восстановительной реакции (используйте метод электронного баланса), протекающей по схеме:



1. Какие утверждения справедливы для азота как вещества?

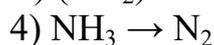
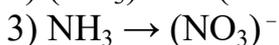
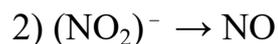
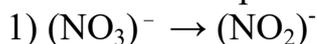
- 1) не имеет аллотропных модификаций
- 2) в природе находится только в свободном виде
- 3) высшая степень окисления атома азота (+5)
- 4) высшая валентность атома азота равна 4

2. Укажите качественные реакции на ион аммония:



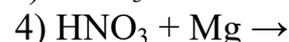
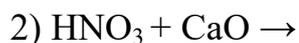
Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

3. Укажите схемы реакций **окисления**:



Укажите степени окисления атома азота в каждой частице.

4. Реагируя с какими веществами азотная кислота проявляет **общие** свойства кислот?



Для выбранного варианта (-тов) ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Общее число электронов в частице N^{-3}

1) 10

2) 7

3) 17

4) 14

2. Как называются соединения, в которых азот проявляет **наименьшую** степень окисления?

1) нитраты

2) нитриты

3) нитриды

4) селитры

Напишите формулы соединений и укажите степени окисления атома азота в них.

3. Чем **различаются** между собой азотная и азотистая кислоты?

1) строением молекул

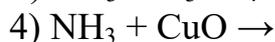
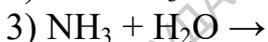
2) степенью окисления атома азота

3) основностью

4) силой как электролита

Для обоснования ответа напишите графические формулы соединений.

4. Укажите схему реакции, в которой аммиак – **восстановитель**:



Для обоснования ответа напишите уравнения химических реакций и укажите степень окисления атома азота в исходных соединениях и в продуктах реакции.

5. Для окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите сумму коэффициентов в **правой** части уравнения.

1. Электронная конфигурация **азота** в степени окисления (-3):

1) $\dots 2s^2 2p^3$

2) $\dots 2s^2 2p^0$

3) $\dots 2s^2 2p^6$

4) $\dots 2s^2 2p^2$

2. Какие металлы взаимодействуют с разбавленной (3-5%) азотной кислотой?

1) Cu

2) Mg

3) Zn

4) Ag

3. В каких соединениях степень окисления атома **азота** равна (-3)?

1) нитрид магния

2) аммиак

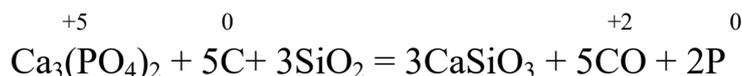


Основные аллотропные модификации фосфора (белый, красный, черный, металлический)

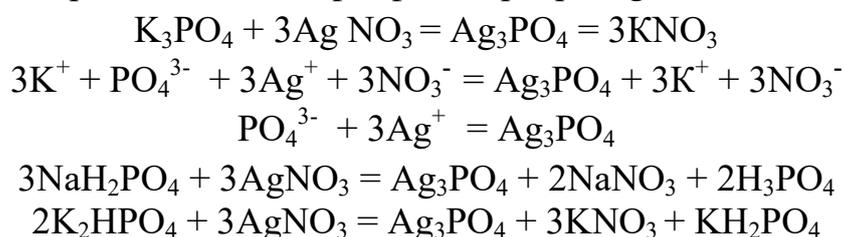
Характерные степени окисления фосфора и его соединений

Степень окисления	Соединения	Химические свойства
-3	PH_3 , Ca_3P_2	Восстановительные свойства; фосфиды подвергаются необратимому гидролизу
0	P	Окислительно-восстановительная двойственность; реакции самовосстановления – самоокисления (диспропорционирования) в растворах щелочей
+3	P_2O_3 H_3PO_3 или $\text{H}_2(\text{HPO}_3)$	Кислотный оксид и гидроксид; двухосновная слабая кислота; растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону; окислительно-восстановительная двойственность
+5	P_2O_5 , H_3PO_4 , K_3PO_4 , KH_2PO_4 , K_2HPO_4	Кислотный оксид и гидроксид; отсутствие окислительных свойств в растворах; растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону.

*** Фосфат-ион в растворах кислоты и солей не проявляет окислительных свойств; фосфат-ион проявляет окислительные свойства при сплавлении с сильным восстановителем:



*** Качественной реакцией на фосфат-ион является образование в среде близкой к нейтральной осадка фосфата серебра Ag_3PO_4 желтого цвета:





*** Фосфорная кислота в организме соединяется с производными нуклеиновых оснований, образуя нуклеозидфосфаты, из которых, пожалуй, наиболее значимым является АТФ (аденозинтрифосфат) – универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в организме. Помимо этого фосфаты входят в состав костей и зубной эмали.



*** Ввиду данных особенностей фосфора его соединения (преимущественно кальциевые и аммонийные соли фосфорной кислоты) широко применяются в качестве удобрений в сельском хозяйстве.

Формулы некоторых распространенных фосфорных удобрений:

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$ – простой суперфосфат

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – двойной суперфосфат

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – аммофос

MgNH_4PO_4 – магний-аммоний-фосфат

1. Как изменяется **прочность** связи **P-Э** в ряду: $\text{PF}_3 - \text{PCl}_3 - \text{PI}_3$?

1) уменьшается 2) возрастает 3) не изменяется

2. **Фосфин** можно получить:

1) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ 2) $\text{Ca}_3\text{P}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

3) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca} \rightarrow$ 4) $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции.

3. **Ортофосфорная** кислота реагирует с:

1) Na_2CO_3 2) CaO 3) K_3PO_4 4) NH_3

Для обоснования ответа приведите уравнения химических превращений.

4. **Ортофосфорную** кислоту можно получить:

1) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow$ 2) $\text{P}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

3) $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 4) $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Для обоснования ответа приведите уравнения химических превращений

5. Определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции (*метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



1. Электронная конфигурация фосфора **P⁺⁵**

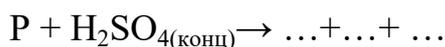
1) $\dots 3s^2 3p^3$ 2) $\dots 2s^2 2p^6$ 3) $\dots 3s^2 3p^6$ 4) $\dots 3s^2 3p^0$

2. Фосфор выступает **восстановителем** в реакции:

1) $\text{P} + \text{Mg} \rightarrow$ 2) $\text{P} + \text{KClO}_3 \rightarrow$

3) $\text{P} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ 4) $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow$

5. Определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Используя метод электронного баланса напишите уравнение химической реакции, укажите соответствующие величины стандартных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции.

1. Укажите **возможные** степени окисления фосфора:

- 1) -4 2) -3 3) +5 4) +7

2. **Орто-** и **метафосфорная** кислоты различаются между собой:

- 1) основностью 2) степенью окисления фосфора
3) строением молекул 4) массовой долей фосфора

Составьте графические формулы соединений.

3. Бинарные соединения металлов с фосфором называются:

- 1) фосфиды 2) фосфаты 3) гипофосфаты

В качестве примера напишите формулы каждого типа соединений для кальция.

4. Какие вещества образуются при взаимодействии $PCl_5 + H_2O \rightarrow$

- 1) PH_3 2) H_3PO_4 3) HCl 4) HPO_3

Напишите уравнение химического взаимодействия. Укажите тип химической реакции.

5. Определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Используя метод электронного баланса, напишите уравнение химической реакции, укажите величины стандартных окислительно-восстановительных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции.

1. Укажите формулы соединений, в которых степень окисления атома фосфора **максимальна**:

- 1) $Ca(PO_3)_2$ 2) P_4O_{10} 3) PH_3 4) $Mg_2P_2P_7$

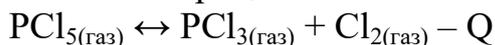
Укажите степени окисления атома фосфора в каждом соединении.

2. Укажите формулу **двухосновной** кислоты:

- 1) H_3PO_2 2) H_3PO_3 3) H_3PO_4 4) $H_4P_2O_7$

Составьте графические формулы соединений.

3. Как можно сместить равновесие процесса **влево**?



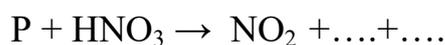
- 1) понизить температуру 2) повысить температуру
3) повысить давление 4) увеличить концентрацию Cl_2

4. **Ортофосфорная** кислота взаимодействует с :

- 1) NH_4HCO_3 2) Na_2S 3) $Ba_3(PO_4)_2$ 4) NH_3

Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Используя метод электронного баланса, напишите уравнение химической реакции, укажите величины стандартных окислительно-восстановительных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции.

1. Охарактеризуйте строение и свойства молекулы фосфора как вещества:

- 1) все связи в молекуле сигма - типа
- 2) практически не реагирует с водой
- 3) легко горит на воздухе
- 4) водный раствор – сильное основание

2. Отметьте схемы процесса **окисления**:

- 1) $H_3PO_2 \rightarrow H_3PO_4$
- 2) $PH_3 \rightarrow (PH_4)^+$
- 3) $(PO_4)^{3-} \rightarrow (P_2O_7)^{4-}$
- 4) $PH_3 \rightarrow P_2O_5$

Дайте определение понятия процесс окисления. Укажите степень окисления элемента фосфора в каждой частице.

3. Укажите формулу **одноосновной** кислоты:

- 1) H_3PO_2
- 2) H_3PO_3
- 3) H_3PO_4
- 4) $H_4P_2O_7$

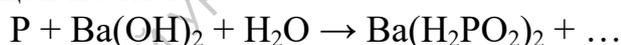
Составьте графические формулы соединений.

4. Какие вещества образуются при взаимодействии Ca_3P_2 с водой:

- 1) H_3PO_4
- 2) $Ca(OH)_2$
- 3) $Ca_3(PO_4)_2$
- 4) PH_3

Напишите уравнение химической реакции.

5. Определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Используя метод электронного баланса, напишите уравнение химической реакции, укажите величины стандартных окислительно-восстановительных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции.

1. Охарактеризуйте строение и свойства **ортофосфорной** кислоты:

- 1) все связи в молекуле сигма - типа
- 2) трёхосновная
- 3) окислитель
- 4) сильная

Для обоснованного ответа напишите графическую формулу соединения.

2. **Качественная** реакция на соли ортофосфорной кислоты:

- 1) $Na_3PO_4 + AgNO_3 \rightarrow$
- 2) $Na_3PO_4 + H_3PO_4 \rightarrow$
- 3) $Na_2HPO_4 + NaOH \rightarrow$
- 4) $KH_2PO_4 + AgNO_3 \rightarrow$

Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции.

3. **Кислотные** свойства оксида фосфора (III) проявляются:

- 1) $P_2O_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow$
- 2) $P_2O_3 + NaOH \rightarrow$
- 3) $P_2O_3 + H_2O \rightarrow$
- 4) $P_2O_3 + CaO \rightarrow$

Напишите необходимые уравнения химических реакций.

4. **Ортофосфорная** кислота взаимодействует с веществами:

- 1) $NaOH$
- 2) $NaHCO_3$
- 3) Na_3PO_4
- 4) Na_2HPO_4

Напишите необходимые уравнения химических реакций.

5. Определите сумму коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:

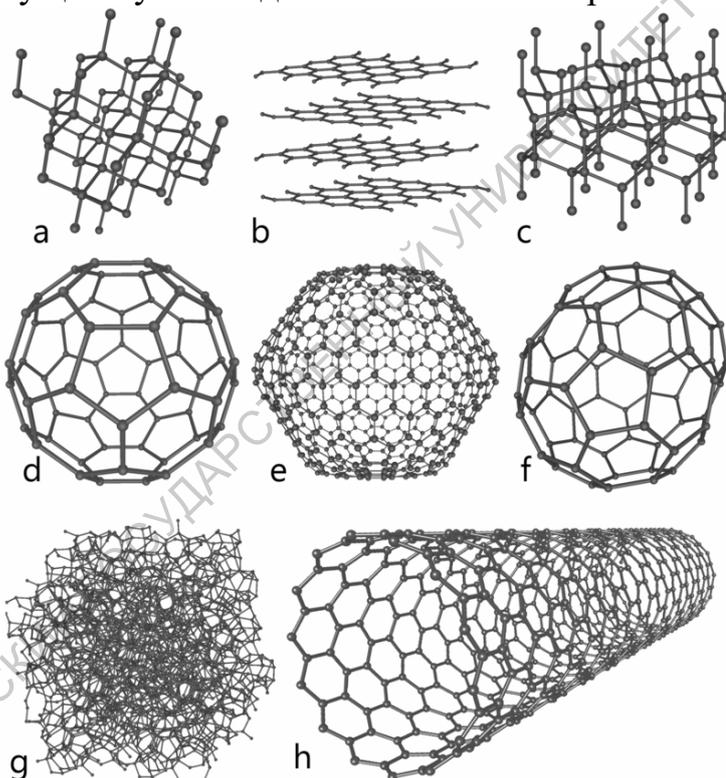


Используя метод электронного баланса, напишите уравнение химической реакции, укажите величины стандартных окислительно-восстановительных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции

5. УГЛЕРОД И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

Это нужно
знать ...

*** В отличие от серы и фосфора углерод при нормальных условиях существует в виде нескольких аллотропных модификаций:



a – алмаз;

b – графит

c – донсдейлит

d – фуллерен C₆₀

e – фуллерен C₅₄₀

f – фуллерен C₇₀

g – аморфный углерод

h – углеродная нанотрубка

*** Электронные орбитали атома углерода могут иметь различную геометрию, в зависимости от степени гибридизации его электронных орбиталей. Существует три основных геометрии атома углерода:

- **тетраэдрическая**, образуется при смешении одного s- и трёх p-электронов (**sp³-гибридизация**). Атом углерода находится в центре тетраэдра, связан четырьмя эквивалентными σ-связями с атомами углерода или иными в вершинах тетраэдра. Такой геометрии атома

углерода соответствуют аллотропные модификации углерода алмаз и лонсдейлит. Такой гибридизацией обладает углерод, например, в метане и других углеводородах.

- **тригональная**, образуется при смешении одной s- и двух p-электронных орбиталей (**sp²-гибридизация**). Атом углерода имеет три равноценные σ-связи, расположенные в одной плоскости под углом 120° друг к другу. Не участвующая в гибридизации p-орбиталь, расположенная перпендикулярно плоскости σ-связей, используется для образования π-связи с другими атомами. Такая геометрия углерода характерна для графита, фенола и др.

- **дигональная**, образуется при смешении одного s- и одного p-электронов (**sp-гибридизация**). При этом два электронных облака вытянуты вдоль одного направления и имеют вид несимметричных гантелей. Два других p-электрона дают π-связи. Углерод с такой геометрией атома образует особую аллотропную модификацию — карбин.

Устойчивые степени окисления соединений углерода

Степень окисления	Вещество	Химические свойства
-4	CH ₄	Не проявляет кислотно-основных свойств; слабый восстановитель
0	C	Окислительно-восстановительная двойственность; преобладают восстановительные свойства.
+2	CO	Несолеобразующий оксид, восстановительные свойства.
+4	CO ₂ , H ₂ CO ₃ , Na ₂ CO ₃ , NaHCO ₃	Кислотный оксид и гидроксид; образует два типа солей: средние и кислые соли. Растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону;

*** Атом углерода проявляет промежуточные степени окисления в органических соединениях. Для определения степени окисления (СО) атомов в молекулах органических веществ существуют разные приёмы, вот один из способов. Он означает, что **более электроотрицательный** атом, смещая к себе одну электронную пару, приобретает заряд **-1**, две электронных пары - заряд **-2**. Связь между одинаковыми атомами не дает вклада в степень окисления. Таким образом, связь между атомами С-С соответствует нулевой степени их окисления. В связи С-Н углероду как **более электроотрицательному** атому соответствует заряд **-1**, а в связи С-О заряд углерода (**менее электроотрицательного**) равен **+1**. Степень

окисления атома в молекуле подсчитывается как алгебраическая сумма зарядов, которые дают все связи данного атома.

Примеры:

1. В молекуле CH_3Cl три связи C-H дают суммарный заряд на атоме C , равный -3 , а связь C-Cl - заряд $+1$. Следовательно, степень окисления атома углерода в этом соединении равна:

$$-3 + 1 = -2$$

2. Определим степени окисления (CO) атомов углерода в молекуле этанола:

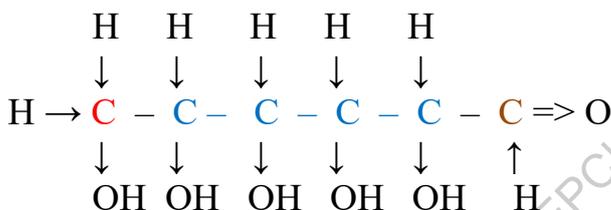


Три связи C-H дают суммарный заряд на атоме C , равный ($\text{C}^0 + 3e^- \rightarrow \text{C}^{-3}$)

-3. Две связи C-H дают заряд на атоме C , равный -2 , а связь C-O заряд $+1$, следовательно, суммарный заряд на атоме C , равен ($-2 + 1 = -1$) -1.

3.

Определим CO атомов углерода в молекуле глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$:



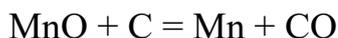
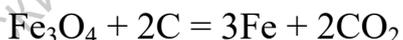
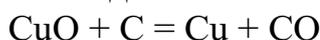
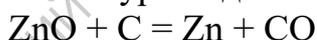
C^{-1} (принимает электроны у двух атомов водорода $\text{C}^0 + 2e^- \rightarrow \text{C}^{-2}$ и отдаёт один электрон атому кислорода $\text{C}^0 - 1e^- \rightarrow \text{C}^{+1}$)

C^0 (принимает электрон у атома водорода $\text{C}^0 + 1e^- \rightarrow \text{C}^{-1}$ и отдаёт один электрон атому кислорода $\text{C}^0 - 1e^- \rightarrow \text{C}^{+1}$)

C^{+1} (принимает электроны у атома водорода $\text{C}^0 + 1e^- \rightarrow \text{C}^{-1}$ и отдаёт два электрона атому кислорода $\text{C}^0 - 2e^- \rightarrow \text{C}^{+2}$)



*** Уголь (после обработки в виде кокса) традиционно используется в металлургии для выплавки металлов из оксидов.



*** Помимо хороших восстановительных свойств, **оксид углерода (II)** также способен выступать в качестве лиганда, образуя донорно-акцепторные связи с атомами d-металлов. Получаемые нейтральные комплексы такого рода получили название *карбонилы* (например, $\text{Fe}(\text{CO})_5$ – пентакарбонил железа, $\text{Cr}(\text{CO})_6$ – гексакарбонил хрома, $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ – октакарбонил дикообальта). Карбонилы металлов используются в качестве катализаторов в органических реакциях, в качестве промежуточных

4. Какая соль в **большей** степени подвергается гидролизу?

- 1) NaCl 2) Na₂S 3) NaNO₃ 4) Na₂CO₃

Для выбранного варианта ответа напишите уравнение реакции гидролиза.

Рассчитайте константу равновесия процесса гидролиза по I стадии.

5. Определите **сумму** коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Напишите уравнение электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель.

1. Число **неспаренных** электронов в атоме углерода в основном состоянии?

- 1) 4 2) 2 3) 3 4) 1

Составьте электронно-графическую формулу атома углерода.

2. Выберите формулы соединений, в которых валентность и степень окисления атома углерода численно **совпадают**:

- 1) H₂C₂O₄ 2) CaC₂ 3) CH₄ 4) CO

Укажите степени окисления в каждом соединении.

3. Какие ионы **могут** совместно присутствовать в значительных количествах в одном растворе?

- 1) K⁺ и CO₃²⁻ 2) NH₄⁺ и CO₃²⁻ 3) Ca²⁺ и CO₃²⁻ 4) Ba²⁺ и CO₃²⁻

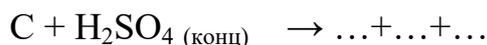
Какие справочные данные можно использовать для обоснованного ответа?

4. В реакциях с какими веществами углерод является **восстановителем**?

- 1) HNO₃ 2) CO₂ 3) ZnO 4) H₂

Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций и уравнения электронного баланса.

5. *Используя метод электронного баланса*, напишите уравнение и определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Укажите окислитель и восстановитель.

1. В каком соединении валентность атома углерода равна (IV), а степень окисления равна +4?

- 1) CO₂ 2) CaC₂ 3) CO 4) CH₄

Укажите степень окисления атома углерода в каждом соединении.

2. Какие вещества можно использовать для полного превращения гидрокарбоната кальция в карбонат?

- 1) H₂O 2) Ca(OH)₂ 3) CO₂ + H₂O 4) KOH

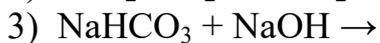
Напишите необходимые уравнения химических реакций.

3. Укажите схемы реакций, которые подтверждают **кислотные** свойства CO₂:

- 1) CO₂ + H₂O → 2) CO₂ + C →
3) CO₂ + Mg → 4) CO₂ + NaOH →

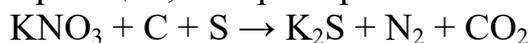
Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

4. Укажите схемы реакций, продуктом которых может быть **средняя** соль угольной кислоты:



Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Укажите **сумму** коэффициента в уравнении окислительно-восстановительной реакции, которая протекает по схеме:



Используйте метод электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель. Как меняется степень окисления в процесс окисления?

1. Укажите общее число электронов, участвующих в образовании молекулы **CO**:

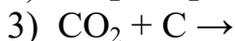
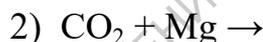
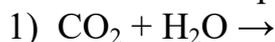
1) 4

2) 10

3) 14

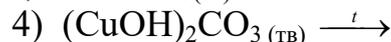
4) 2

2. Укажите схемы реакций, в которых углекислый газ - **окислитель**:



Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

3. Углекислый газ выделяется при термическом разложении веществ:



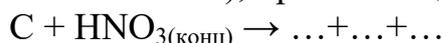
Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

4. Укажите среду водного раствора карбоната натрия.

1) кислотная 2) нейтральная 3) основная

Для обоснованного ответа составьте уравнение гидролиза и рассчитайте константу равновесия по 1 стадии гидролиза.

5. Укажите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции (*метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



1. Охарактеризуйте связь в молекуле **оксида углерода (II)**:

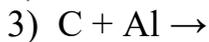
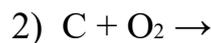
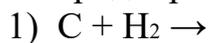
1) ковалентная полярная

2) связь двойная 1σ и 1π

3) связь тройная, 1σ и 2π

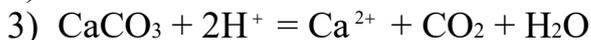
4) одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму

2. Углерод проявляет **восстановительные** свойства в схемах реакций:

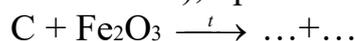


Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.

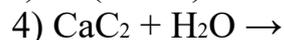
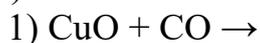
3. Какое ионное уравнение отвечает молекулярному:



5. Укажите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции (*метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



1. Укажите схемы реакций, в которых может образоваться оксид углерода (IV):



Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

2. Какие факторы позволяют сместить **вправо** равновесие процесса?



1) повышение давления

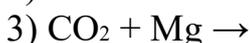
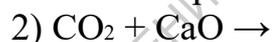
2) повышение температуры

3) понижение давления

4) увеличение концентрации CO_2

Для обоснования ответа используйте принцип Ле Шателье.

3. Укажите схемы окислительно-восстановительных реакций:



Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

4. Какое вещество является реактивом для **обнаружения** углекислого газа?

1) KOH

2) Ca(OH)₂

3) Mg

4) K₂CO₃

Для обоснованного ответа напишите уравнение химической реакции.

5. Используя *метод электронного баланса*, напишите уравнение и укажите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме: $\text{C} + \text{Al} \xrightarrow{t} \dots$

1. Чем **различаются** между собой графит и алмаз?

1) твёрдостью

2) электропроводимостью

3) кристаллической решёткой

4) типом гибридизации АО

2. Для увеличения растворимости CO_2 в воде необходимо:



1) повысить температуру

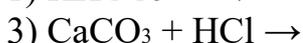
2) увеличить давление

3) понизить давление

4) увеличить концентрацию CO_2

Для обоснования ответа используйте принцип Ле Шателье.

3. Отметьте схемы процессов, сопровождающихся выделением углекислого газа:



Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

4. Чем **различаются** между собой оксид углерода (IV) и оксид углерода(II)?

1) числом связей в молекуле

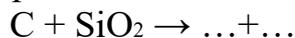
2) степенью окисления углерода

3) валентностью атома углерода

4) восстановительными свойствами

Напишите структурные формулы соединений и укажите степени окисления атома углерода.

5. Напишите уравнение, *методом электронного баланса* расставьте коэффициенты и укажите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Для объяснения структуры какой аллотропной модификации углерода используется представление об sp^3 – **гибридизации** орбиталей?

- 1) карбина 2) алмаза 3) графит

2. С помощью каких веществ можно **обнаружить** в растворе карбонат – ион ?

- 1) NaOH 2) HCl 3) NaCl 4) CaCl₂

Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

3. В каких реакциях молекула **CO** является **донором** электронов?

- 1) $\text{NbO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{NbCO} + \text{O}_2$ 2) $\text{CO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HCOONa}$
3) $\text{Fe} + 5\text{CO} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5$ 4) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

4. Гидрокарбонат образуется при взаимодействии:

- 1) $\text{CO}_2 + \text{KOH}_{(\text{избыток})} \rightarrow$ 2) $\text{KOH} + \text{CO}_{2(\text{избыток})} \rightarrow$
3) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow$ 4) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

5. Укажите значение коэффициента при **окислителе** в окислительно-восстановительной реакции (*метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



6. КРЕМНИЙ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

Это нужно
знать ...

*** Кремний – второй по распространенности элемент в земной коре после кислорода. Это объясняется низкой растворимостью соединений кремния в большинстве растворителей за счет образования очень прочных связей Si – O. К природным минералам кремния относятся:

- SiO₂ (кремнезем, песок, кварц, горный хрусталь, аметист)



кварц



аметист

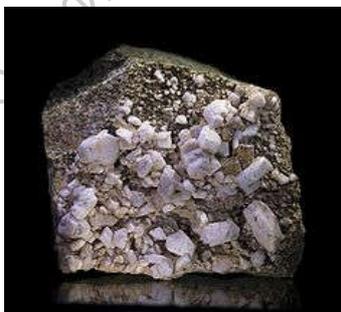


хрусталь

- каолинит (смешанный гидроксид-силикат алюминия, Al₂Si₂O₅(OH)₄)



- полевые шпаты (K[AlSi₃O₈], Na[AlSi₃O₈], Ca[Al₂Si₂O₈])



альбит Na[AlSi₃O₈]



анортит Ca[Al₂Si₂O₈]



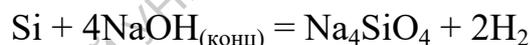
ортоклаз K[AlSi₃O₈]

Устойчивые степени окисления соединений кремния

Степень окисления	Вещество	Химические свойства
-4	Ca ₂ Si	Восстановитель
0	Si	Окислительно-восстановительная двойственность, с преобладанием восстановительных свойств
+2	SiO	Несолеобразующий оксид, окислительно-восстановительная двойственность, малоустойчив
+4	SiO ₂	Кислотный оксид, нерастворим в воде
	SiO ₂ ·nH ₂ O	Кремниевые кислоты – слабые кислоты, полимерное строение; термически неустойчивы
	K ₂ SiO ₃	Растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону
	SiH ₄ Si _n H _{2n+2} (n = 1–8)	Сильные восстановительные свойства (за счет водорода в степени окисления -1), самовоспламеняются



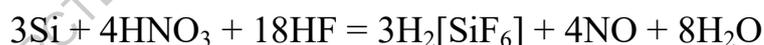
*** Кремний переводят в растворимые соединения при взаимодействии со щелочью:



при взаимодействии с плавиковой кислотой:



при взаимодействии со смесью плавиковой и азотной кислот:



Движущей силой этих реакций является процесс комплексообразования - образование комплексного устойчивого аниона $[\text{SiF}_6]^{2-}$



*** По аналогии с насыщенными углеводородами, кремний также может образовывать кремневодороды – силаны Si_nH_{2n+2}. По физическим свойствам силаны похожи на алканы: SiH₄ и Si₂H₆ – газы, Si₃H₈ – летучая жидкость, остальные силаны – твердые соединения. Однако поскольку связь Si – Si менее устойчива, чем C – C, то силаны гораздо более химически активны, чем алканы. На воздухе они воспламеняются даже при очень низкой температуре (в жидком воздухе):



Силаны являются очень хорошими восстановителями:



1. Укажите **справедливые** утверждения:
 - 1) оксиды углерода (IV) и кремния (IV) в твёрдом состоянии имеют атомную кристаллическую решётку
 - 2) кислотные свойства SiO_2 выражены слабее, чем у CO_2
 - 3) соли кремниевой кислоты подвергаются гидролизу сильнее, чем соли угольной кислоты (катион в солях одинаков)
 - 4) в химических реакциях кремний всегда восстановитель
2. Для получения кремниевой кислоты можно использовать процессы:
 - 1) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow$
 - 2) $\text{SiO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
 - 3) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$
 - 4) $\text{SiO}_2 + \text{HF} \rightarrow$

Для обоснования выбранного ответа напишите уравнение химического процесса.

3. Кремний проявляет свойства **окислителя** при взаимодействии:
 - 1) $\text{Si} + \text{C} \rightarrow$
 - 2) $\text{Si} + \text{CO}_2 \rightarrow$
 - 3) $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow$
 - 4) $\text{Si} + \text{Ca} \rightarrow$

Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

4. Для характеристики молекулы силана SiH_4 справедливо:
 - 1) бесцветный газ с неприятным запахом
 - 2) самовоспламеняющийся на воздухе
 - 3) легко гидролизуется
 - 4) сильный окислитель

5. Используя **метод электронного баланса**, определите **сумму коэффициентов** в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Общее число электронов в частице Si^{4-}
 - 1) 14
 - 2) 18
 - 3) 10
 - 4) 22
2. Укажите схемы реакций, в результате которых может образоваться **кремниевая** кислота:
 - 1) $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 - 2) $\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 - 3) $\text{SiO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
 - 4) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
3. Что **общего** между оксидами кремния (IV) и углерода (IV)?
 - 1) степень окисления кремния и углерода
 - 2) кислотные оксиды
 - 3) валентность атомов кремния и углерода
 - 4) при нормальных условиях оба оксида – твёрдые вещества.
4. В водном растворе какой соли среда **основная** (щелочная)?
 - 1) NaCl
 - 2) Na_2SO_4
 - 3) Na_2SiO_3
 - 4) NaNO_3

Напишите уравнение гидролиза.

5. Определите **сумму** коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции (*метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



1. Электронная конфигурация кремния Si^{+2}
1) $\dots 3s^2 3p^2$ 2) $\dots 3s^2 3p^0$ 3) $\dots 3s^2 3p^6$ 4) $\dots 3s^2 3p^4$
2. Силан SiH_4 можно получить:
1) $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 2) $\text{Mg}_2\text{Si} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
3) $\text{Ca}_2\text{Si} + \text{HCl} \rightarrow$ 4) $\text{Si} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Напишите уравнения химических реакций.

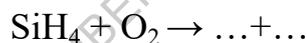
3. С какими веществами реагирует силикат калия?
1) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 2) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$
3) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$ 4) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Напишите уравнения химических реакций.

4. Кремний проявляет **восстановительные** свойства при взаимодействии:
1) $\text{Si} + \text{C} \rightarrow$ 2) $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow$ 3) $\text{Si} + \text{Mg} \rightarrow$ 4) $\text{Si} + \text{Cl}_2 \rightarrow$

Напишите уравнения химических реакций.

5. Используя *метод электронного баланса*, укажите **сумму** коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Электронная конфигурация атома **кремния** в основном состоянии:
1) $\dots 3s^2 3p^0$ 2) $\dots 3s^2 3p^2$ 3) $\dots 3s 3p^4$ 4) $\dots 3s^2 3p^6$
2. С какими веществами реагирует силикат натрия?
1) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 2) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow$
3) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$ 4) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$

Напишите уравнения химических реакций.

3. В водных растворах каких солей среда **щелочная**
1) K_2CO_3 2) K_2SiO_3 3) KHCO_3 4) KNO_3

Напишите уравнения гидролиза для выбранных вариантов ответа..

4. Укажите формулы соединений, в которых степень окисления кремния равна (+4):

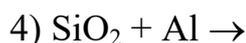
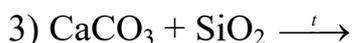


Укажите степени окисления атома кремния в каждом соединении.

5. Используя *метод электронного баланса*, определите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для реакции, протекающей по схеме:



1. Электронная конфигурация кремния Si^{-4}



Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа.

4. С какими веществами реагируют как оксид кремния (IV), так и оксид углерода (IV)?

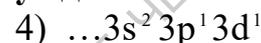
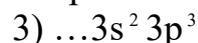
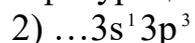
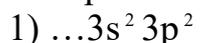


Напишите необходимые уравнения химических реакций.

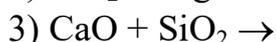
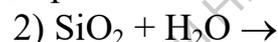
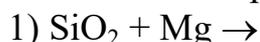
5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите значение коэффициента при формуле **восстановителя** в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Электронная конфигурация атома кремния в **возбуждённом** состоянии:

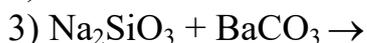
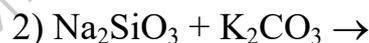


2. Укажите схемы реакций, в которых **SiO₂** проявляет **кислотные** свойства:



Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа.

3. Укажите схему реакции, которая указывает, что кремниевая кислота **слабее** угольной:

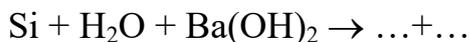


Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции.

4. Между какими ионами реакция в водном растворе протекает практически **необратимо**?



5. Напишите уравнение реакции, используя *метод электронного баланса*, и определите **сумму** коэффициентов в окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



1. Число **неспаренных** электронов в атоме кремния в невозбуждённом состоянии:

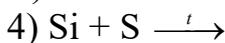
1) 3

2) 2

3) 4

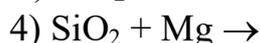
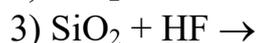
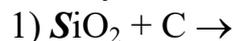
4) 1

2. Кремний проявляет свойства **восстановителя** при взаимодействии:



Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа.

3. Для получения кремния в промышленности используют процессы:



Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа

4. В растворе какой или каких солей окраска **фенолфталеина** – **малиновая**?

- 1) Na_2SO_4 2) Na_2SiO_3 3) NaCl 4) NaNO_3

Для обоснования ответа укажите силу кислоты и основания, образующих указанные соли.

5. Укажите **сумму** коэффициентов в уравнении реакции, протекающей по схеме: $\text{SiCl}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots + \dots$

Укажите тип химической реакции.

1. Число **полностью** заполненных подуровней в атоме кремния в основном состоянии:

- 1) 3 2) 4 3) 2 4) 5

2. Как называются соединения, в которых кремний проявляет степень окисления (-4)?

- 1) силикаты 2) силаны 3) силициды

3. Какая реакция лежит в основе «травления» стекла?

- 1) $\text{SiO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$ 2) $\text{SiO}_2 + \text{HF}_{(\text{конц})} \rightarrow$
3) $\text{SiO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t}$ 4) $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t}$

Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химического процесса.

4. Отметьте схемы осуществимых реакций:

- 1) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$ 2) $\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t}$
3) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t}$ 4) $\text{SiO}_2 + \text{Mg} \xrightarrow{t}$

Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических процессов.

5. Используя **метод электронного баланса**, определите **сумму** коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Периодическая таблица Д. И. Менделеева

Период	Ряд	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
1	1	(H)							H ¹ 1,00797 Водород	He ² 4,0026 Гелий	Обозначение элемента Атомный номер Li ³ 6,939 Литий Относительная атомная масса		
2	2	Li ³ 6,939 Литий	Be ⁴ 9,0122 Бериллий	B ⁵ 10,811 Бор	C ⁶ 12,01115 Углерод	N ⁷ 14,0067 Азот	O ⁸ 15,9994 Кислород	F ⁹ 18,9984 Фтор	Ne ¹⁰ 20,179 Неон				
3	3	Na ¹¹ 22,9898 Натрий	Mg ¹² 24,305 Магний	Al ¹³ 26,9815 Алюминий	Si ¹⁴ 28,086 Кремний	P ¹⁵ 30,9738 Фосфор	S ¹⁶ 32,064 Сера	Cl ¹⁷ 35,453 Хлор	Ar ¹⁸ 39,948 Аргон				
4	4	K ¹⁹ 39,102 Калий	Ca ²⁰ 40,08 Кальций	21 Sc 44,956 Скандий	22 Ti 47,90 Титан	23 V 50,942 Ванадий	24 Cr 51,996 Хром	25 Mn 54,9380 Марганец	26 Fe 55,847 Железо	27 Co 58,9330 Кобальт	28 Ni 58,71 Никель		
	5	29 Cu 63,546 Медь	30 Zn 65,37 Цинк	Ga ³¹ 69,72 Галлий	Ge ³² 72,59 Германий	As ³³ 74,9216 Мышьяк	Se ³⁴ 78,96 Селен	Br ³⁵ 79,904 Бром	Kr ³⁶ 83,80 Криптон				
5	6	Rb ³⁷ 85,47 Рубидий	Sr ³⁸ 87,62 Стронций	39 Y 88,905 Иттрий	40 Zr 91,22 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 106,4 Палладий		
	7	47 Ag 107,868 Серебро	48 Cd 112,40 Кадмий	49 In 114,82 Индий	50 Sn 118,69 Олово	51 Sb 121,75 Сурьма	52 Te 127,60 Теллур	53 I 126,9044 Иод	54 Xe 131,30 Ксенон				
6	8	Cs ⁵⁵ 132,905 Цезий	Ba ⁵⁶ 137,34 Барий	57 La* 138,91 Лантан	72 Hf 178,49 Гафний	73 Ta 180,948 Тантал	74 W 183,85 Вольфрам	75 Re 186,2 Рений	76 Os 190,2 Осмий	77 Ir 192,2 Иридий	78 Pt 195,09 Платина		
	9	79 Au 196,967 Золото	80 Hg 200,59 Ртуть	81 Tl 204,37 Таллий	82 Pb 207,19 Свинец	83 Bi 208,980 Висмут	84 Po [210]* Полоний	85 At [210] Астат	86 Rn [222] Радон				
7	10	Fr ⁸⁷ [223] Франций	Ra ⁸⁸ [226] 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] Майтнерий	110 Ds [271] Дармштадтий		
	11	111 Rg [272] Рентгений	112 Cn [285] Коперниций	Nh ¹¹³ [286] Нихоний	114 Fl [286] Флеровий	115 Mc [288] Московский	116 Lv [293] Ливерморий	117 Ts [294] Теннессин	118 Og [294] Оганесон				

Лантаноиды*	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,907 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147]* Прометий	62 Sm 150,35 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,924 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,97 Лютеций
Актиноиды**	90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,03 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [252]* Калифорний	99 Es [254] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [257] Менделевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [260] Лоуренсий

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

АНИОНЫ	КАТИОНЫ																					
	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻ ГИДРОКСИД		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	—	—	H	H	H
F ⁻ ФТОРИД	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	P	P	—	H	P	P
Cl ⁻ ХЛОРИД	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻ БРОМИД	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻ ИОДИД	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	P	P	H	H	H	M	P
S ²⁻ СУЛЬФИД	P	P	P	P	P	—	—	—	H	—	—	H	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻ ГИДРОСУЛЬФИД	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	H	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻ СУЛЬФИТ	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	—	H	?	H	H	?	M	H	H	H	?	?
HSO ₃ ⁻ ГИДРОСУЛЬФИТ	P	?	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₄ ²⁻ СУЛЬФАТ	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	P	P	M	—	H	P	P
HSO ₄ ⁻ ГИДРОСУЛЬФАТ	P	P	P	P	P	?	?	?	—	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻ НИТРАТ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P
NO ₂ ⁻ НИТРИТ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	M	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻ ОРТОФОСФАТ	P	H	P	P	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻ ГИДРООРТОФОСФАТ	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	?	?	H	?	?	?	?	M	H
H ₂ PO ₄ ⁻ ДИГИДРООРТОФОСФАТ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	P	P	P	?	—	?	?
CO ₃ ²⁻ КАРБОНАТ	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	—	H	H	H	H	H	?	H	?	H
HCO ₃ ⁻ ГИДРОКАРБОНАТ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻ АЦЕТАТ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P	P	—	P	P	P	P	P	P	P	—	P
SiO ₃ ²⁻ СИЛИКАТ	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	?	?	H	H	?	?	H	?	?

P - растворится (>1 г на 100 г H₂O) **H** - не растворится (от 0,01 на 1000 г воды) ? - нет достоверных сведений о существовании соединений
M - мало растворится (от 0,1 до 1 г на 100 г H₂O) — - в водной среде разлагается

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.С. СКИНДИНА

Приложение 3

Константы диссоциации некоторых слабых электролитов при 20°С

Название	Формула	K_1	K_2	K_3
Кислоты				
Азотистая	HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$		
Борная (орто)	H_3BO_3	$7,1 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	$1,6 \cdot 10^{-14}$
Бромноватая	HBrO_3	$2,0 \cdot 10^{-1}$		
Бромноватистая	HBrO	$2,2 \cdot 10^{-9}$		
Дихромовая	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$		$2,3 \cdot 10^{-2}$	
Иодноватая	HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$		
Иодноватистая	HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$		
Кремниевая (орто)	H_4SiO_4	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$2,0 \cdot 10^{-14}$
Марганцовистая	H_2MnO_4	10^{-1}	$7,1 \cdot 10^{-11}$	
Муравьиная	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$		
Селеновая	H_2SeO_4		$1,2 \cdot 10^{-2}$	
Серная	H_2SO_4		$1,15 \cdot 10^{-2}$	
Сернистая	H_2SO_3	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	
Сероводородная	H_2S	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-13}$	
Тиосерная	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	
Угольная	H_2CO_3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	
Уксусная	CH_3COOH	$1,7 \cdot 10^{-5}$		
Фосфористая	H_3PO_3	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	
Фосфорная (орто)	H_3PO_4	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-13}$
Фтороводородная (плавииковая)	HF	$6,2 \cdot 10^{-4}$		
Хромовая	H_2CrO_4	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-7}$	
Щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	
Основания				
Алюминия гидроксид	$\text{Al}(\text{OH})_3$			$1 \cdot 10^{-9}$
Аммония гидроксид	NH_4OH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
Бериллия гидроксид	$\text{Be}(\text{OH})_2$	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$	
Висмута гидроксид	$\text{Bi}(\text{OH})_3$		$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-13}$
Железа (II) гидроксид	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	
Железа (III) гидроксид	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-12}$
Кадмия гидроксид	$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	
Кобальта гидроксид	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	
Магния гидроксид	$\text{Mg}(\text{OH})_2$		$2,5 \cdot 10^{-3}$	
Марганца (II) гидроксид	$\text{Mn}(\text{OH})_2$		$1,2 \cdot 10^{-4}$	
Меди (II) гидроксид	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	

Никеля (II) гидроксид	Ni(OH) ₂	2,6·10 ⁻⁴	1,1·10 ⁻⁵	
Олова (II) гидроксид	Sn(OH) ₂	9,8·10 ⁻¹⁰	1,2·10 ⁻¹²	
Ртуты (II) гидроксид	Hg(OH) ₂	3,9·10 ⁻¹²	5·10 ⁻¹¹	
Свинца(II) гидроксид	Pb(OH) ₂	9,6·10 ⁻⁴	3,0·10 ⁻⁸	
Серебра гидроксид	AgOH	5,0·10 ⁻³		
Хрома (III) гидроксид	Cr(OH) ₃		2·10 ⁻⁸	7,9·10 ⁻¹¹
Цинка гидроксид	Zn(OH) ₂	1,3·10 ⁻⁵	4,9·10 ⁻⁷	

Приложение 4

Стандартные электродные потенциалы в водных растворах

В таблице приведены значения стандартных электродных потенциалов (E^0) при температуре 25⁰С и нормальном атмосферном давлении 101,3 кПа. Все величины выражены по отношению к потенциалу стандартного водородного электрода.

Элемент	Электродный процесс	E^0 , В
Азот	$\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$	+0,420
	$(\text{NH}_2\text{OH})\text{H}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$	+1,350
	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{e} = \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,460
	$\text{NO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{NH}_4\text{OH} + 7\text{OH}^-$	-0,150
	$2\text{NO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{N}_2 + 8\text{OH}^-$	+0,410
	$\text{HNO}_2 + 7\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,860
	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+0,990
	$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,290
	$2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,440
	$\text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{N}_2 + 2\text{OH}^-$	+0,940
	$\text{N}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+1,770
	$2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{N}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,850
	$2\text{NO} + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,680
	$\text{N}_2\text{O}_4(2\text{NO}_2) + 4\text{H}_2\text{O} + 8\text{e} = \text{N}_2 + 8\text{OH}^-$	+0,530
	$\text{N}_2\text{O}_4(2\text{NO}_2) + 2\text{e} = 2\text{NO}_2^-$	+0,880
	$\text{N}_2\text{O}_4(2\text{NO}_2) + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{HNO}_2$	+1,070
	$\text{N}_2\text{O}_4(2\text{NO}_2) + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,350
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + \text{e} = \text{NO}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,860
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{NO} + 4\text{OH}^-$	-0,140
	$\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{e} = \text{NH}_4\text{OH} + 9\text{OH}^-$	-0,120
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	+0,010
	$\text{NO}_3^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = (\text{NH}_2\text{OH})\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,730
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,800
	$2\text{NO}_3^- + 17\text{H}^+ + 14\text{e} = (\text{N}_2\text{H}_4)\text{H}^+ + 6\text{H}_2\text{O}$	+0,840
	$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,870
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,940
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,960
	$2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e} = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,240

Алюминий	$[Al(OH)_4]^- + 3e = Al + 4OH^-$	-2,336
	$Al(OH)_3 + 3e = Al + 3OH^-$	-2,310
	$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,660
	$Al(OH)_3(т) + 3H^+ + 3e = Al + 3H_2O$	-1,538
Барий	$Ba^{2+} + 2e = Ba$	-2,900
Бром	$Br_2 + 2e = 2Br^-$	+1,066
	$Br_2(p-p) + 2e = 2Br^-$	+1,087
	$2BrO_2^- + 2H_2O + 2e = Br_2 + 4OH^-$	+0,450
	$BrO^- + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	+0,760
	$HBrO + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	+0,761
	$HBrO + H^+ + 2e = Br^- + H_2O$	+1,331
	$2HBrO + H^+ + 2e = Br_2(p-p) + H_2O$	+1,574
	$2BrO_3^- + 6H_2O + 10e = Br_2 + 12OH^-$	+0,500
	$BrO_3^- + 2H_2O + 4e = BrO^- + 4OH^-$	+0,540
	$BrO_3^- + 3H_2O + 6e = Br^- + 6OH^-$	+0,610
	$BrO_3^- + 6H^+ + 6e = Br^- + 3H_2O$	+1,440
	$BrO_3^- + 5H^+ + 4e = HBrO + 2H_2O$	+1,450
$2BrO_3^- + 6H^+ + 5e = Br_2 + 3H_2O$	+1,520	
Висмут	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$	-0,460
	$BiOCl + 2H^+ + 3e = Bi + H_2O + Cl^-$	+0,160
	$BiCl_4^- + 3e = Bi + 3Cl^-$	+0,160
	$NaBiO_3 + 4H^+ + 2e = BiO^+ + Na^+ + 2H_2O$	>+1,800
Водород	$H_2 + 2e = 2H^-$	-2,250
	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,828
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,000
	$HO_2^- + H_2O + 2e = 3OH^-$	+0,880
Железо	$Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$	-0,877
	$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,440
	$Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Fe + 2H_2O$	-0,047
	$Fe(OH)_3 + e = Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,560
	$Fe_2O_3 + H_2O + 2H^+ + 2e = 2Fe(OH)_2$	-0,057
	$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Fe + 3H_2O$	-0,051
	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Fe + 3H_2O$	+0,059
	$Fe(OH)_3 + H^+ + e = Fe(OH)_2 + H_2O$	+0,271
	$Fe(CN)_6^{3-} + 3e = Fe(CN)_6^{4-}$	+0,356
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$	+0,770
$FeO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Fe^{3+} + 4H_2O$	+1,700	

Йод	$I_2 + 2e = 2I^-$	+0,536
	$2IO^- + H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	+0,450
	$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	+0,890
	$HIO + H^+ + 2e = I^- + H_2O$	+0,990
	$2IBr + 2e = I_2 + 2Br^-$	+1,020
	$2ICl + 2e = I_2 + 2Cl^-$	+1,190
	$2HIO + H^+ + 2e = I_2 + 2H_2O$	+1,450
Йод	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	+0,140
	$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	+0,210
	$JO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	+0,260
	$IO_3^- + 6H^+ + 6e = I^- + 3H_2O$	+1,080
	$IO_3^- + 5H^+ + 4e = HIO + 2H_2O$	+1,140
	$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	+1,190
Калий	$K^+ + e = K$	-2,925
Кальций	$Ca(OH)_2 + 2e = Ca + 2OH^-$	-3,030
	$Ca^{2+} + 2e = Ca$	-2,866
Кобальт	$Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$	-0,730
	$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e = Co + 6NH_3$	-0,420
	$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,277
	$Co(NH_3)_6^{3+} + e = Co(NH_3)_6^{2+}$	+0,100
	$Co(OH)_3 + e = Co(OH)_2 + OH^-$	+0,170
	$Co^{3+} + e = Co$	+0,330
$Co^{3+} + e = Co^{2+}$	+1,808	
Кислород	$O_2 + H_2O + 2e = HO_2^- + OH^-$	-0,076
	$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	+0,401
	$O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O_2$	+0,682
	$O_2 + 4H^+(10^{-7}M) + 4e = 2H_2O$	+0,815
	$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	+1,229
	$O_3 + H_2O + 2e = O_2 + 2OH^-$	+1,240
	$O_3 + 6H^+ + 6e = 3H_2O$	+1,511
	$HO_2^- + H_2O + 2e = 3OH^-$	+0,880
$H_2O_2 + 2H^+ = 3OH^-$	+1,770	
Литий	$Li^+ + e = Li$	-3,030
Магний	$Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$	-2,690
	$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,363
	$Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$	-1,862
Марганец	$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$	+1,510
	$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	+1,230
	$MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e = MnO_2 + 4OH^-$	+0,600
	$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	+2,260
	$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	+0,560
	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	+0,600
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,510
	$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	+1,690

Медь	$\text{Cu}(\text{CN})_2^- + e = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$	-0,430
	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + e = \text{Cu} + 2\text{NH}_3$	-0,185
	$\text{Cu}^+ + e = \text{Cu}$	+0,520
	$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$	+0,340
Натрий	$\text{Na}^+ + e = \text{Na}$	-2,714
Никель	$\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2e = \text{Ni} + 2\text{OH}^-$	-0,720
	$\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2e = \text{Ni} + 6\text{NH}_3$	-0,490
	$\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-} + 2e = \text{Ni} + 4\text{CN}^-$	-0,400
	$\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}$	-0,230
Олово	$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,910
	$\text{Sn}^{2+} + 2e = \text{Sn}$	-0,136
	$\text{SnO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Sn} + \text{H}_2\text{O}$	-0,104
	$\text{Sn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Sn} + \text{H}_2\text{O}$	-0,091
	$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2e = \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,930
	$\text{SnO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{SnO} + \text{H}_2\text{O}$	-0,108
	$\text{SnO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,106
	$\text{Sn}^{4+} + 4e = \text{Sn}$	+0,010
	$\text{Sn}^{4+} + 2e = \text{Sn}^{2+}$	+0,151
Свинец	$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Pb} + 2\text{OH}^-$	-0,580
	$\text{HPbO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Pb} + 3\text{OH}^-$	-0,540
	$\text{Pb}^{2+} + 2e = \text{Pb}$	-0,126
	$\text{PbO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Pb} + \text{H}_2\text{O}$	+0,248
	$\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{PbO} + 2\text{OH}^-$	+0,277
	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{PbO} + 2\text{OH}^-$	+0,280
	$\text{Pb}^{4+} + 4e = \text{Pb}$	+0,840
	$\text{Pb}_3\text{O}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = 3\text{PbO} + \text{H}_2\text{O}$	+0,972
	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,449
	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,685
	$\text{Pb}^{4+} + 2e = \text{Pb}^{2+}$	+1,694
Сера	$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$	-0,580
	$\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 6e = \text{S}^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,231
	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,449
	$2\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,705
	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,930
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,750
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{S} + 8\text{OH}^-$	-0,750
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8e = \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,149
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0,170
	$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8e = \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,311
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,357
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e = 2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,500
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e = 2\text{SO}_4^{2-}$	+2,010

Серебро	$\text{AgNO}_2 + e = \text{Ag} + \text{NO}_2^-$	+0,590
	$\text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2e = 2\text{Ag} + \text{SO}_4^{2-}$	+0,635
	$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$	+0,799
	$\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$	+1,173
	$\text{Ag}^{2+} + e = \text{Ag}^+$	+2,000
Стронций	$\text{Sr}^{2+} + 2e = \text{Sr}$	-2,888
Углерод		
Хлор	$\text{Cl}_2 + 2e = 2\text{Cl}^-$	+1,359
	$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,400
	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	+0,880
	$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2e = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,500
	$2\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+1,630
	$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	+0,660
	$\text{ClO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{Cl}^- + 4\text{OH}^-$	+0,770
	$\text{HClO}_2 + 3\text{H}^+ + 4e = \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,560
	$2\text{HClO}_2 + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,630
	$\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{HClO} + \text{H}_2\text{O}$	+1,640
	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	+0,330
	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	+0,630
	$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + e = \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+1,150
	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+1,210
	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,450
	$2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e = \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,470
	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	+0,360
	$\text{ClO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 8e = \text{Cl}^- + 8\text{OH}^-$	+0,560
Хром	$\text{Cr}^{2+} + 2e = \text{Cr}$	-0,913
	$\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}$	-0,744
	$\text{Cr}^{3+} + e = \text{Cr}^{2+}$	-0,407
	$\text{CrO}_2^- + 4\text{H}^+ + e = \text{Cr}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,188
	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,130
	$\text{C}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 12e = 2\text{Cr} + 7\text{H}_2\text{O}$	+0,294
	$\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e = \text{Cr} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,366
	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 3e = \text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,945
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,333
$\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3e = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,477	
Цезий	$\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}$	-2,923
Цинк	$\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} + 2e = \text{Zn}_{(\text{TB})} + 4\text{CN}^-$	-1,260
	$\text{Zn}(\text{OH})_{2(\text{TB})} + 2e = \text{Zn}_{(\text{TB})} + 2\text{OH}^-$	-1,245
	$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e = \text{Zn}_{(\text{TB})} + 4\text{NH}_3$	-1,040
	$\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}_{(\text{TB})}$	-0,763
	$\text{ZnO}_2^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Zn}_{(\text{TB})} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,441

Список использованных источников

1. Лидин Р.А. ЕГЭ. Химия. Полный курс. Самостоятельная подготовка в ЕГЭ / Р.А. Лидин. – М. - : Издательство «Экзамен», 2016. – 351с .
2. Химия. Большой справочник для подготовки к ЕГЭ: учебно-методическое пособие / Под ред. В.Н. Доронькина. – Изд. 2-е, перераб. – Ростов н/Д, 2016. – 544 с.
3. Демонстрационные опыты по общей и неорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. проф. Б.Д. Степина. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 336 с.
4. Практикум по общей и неорганической химии: Пособие для студентов вузов / В.И. Фролов., Т.М. Курохтина, З.Н. Дымова и др. ; Под ред. Н.Н. Павлова, В.И. Фролова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2002. – 304 с.
5. Химические свойства неорганических веществ / Под ред.Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер., - М. : КолосС, 2006. – 480 с

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ГЛУХОВСКОГО