

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

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

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

## 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                               |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                   |                                    |                                    |                                    | <b>(H)</b><br>$1s^1$<br>(2,10)     | <b>He</b><br>$1s^2$<br>(5,50)      |
| <b>B</b><br>$2s^2 2p^1$<br>(2,01) | <b>C</b><br>$2s^2 2p^2$<br>(2,50)  | <b>N</b><br>$2s^2 2p^3$<br>(3,07)  | <b>O</b><br>$2s^2 2p^4$<br>(3,50)  | <b>F</b><br>$2s^2 2p^5$<br>(4,10)  | <b>Ne</b><br>$2s^2 2p^6$<br>(4,84) |
|                                   | <b>Si</b><br>$3s^2 3p^2$<br>(1,80) | <b>P</b><br>$3s^2 3p^3$<br>(2,10)  | <b>S</b><br>$3s^2 3p^4$<br>(2,60)  | <b>Cl</b><br>$3s^2 3p^5$<br>(2,83) | <b>Ar</b><br>$3s^2 3p^6$<br>(3,20) |
|                                   |                                    | <b>As</b><br>$4s^2 4p^3$<br>(2,20) | <b>Se</b><br>$4s^2 4p^4$<br>(2,48) | <b>Br</b><br>$4s^2 4p^5$<br>(2,74) | <b>Kr</b><br>$4s^2 4p^6$<br>(2,94) |
|                                   |                                    |                                    | <b>Te</b><br>$5s^2 5p^4$<br>(2,01) | <b>I</b><br>$5s^2 5p^5$<br>(2,21)  | <b>Xe</b><br>$5s^2 5p^6$<br>(2,40) |
|                                   |                                    |                                    |                                    | <b>At</b><br>$6s^2 6p^5$<br>(1,90) | <b>Rn</b><br>$6s^2 6p^6$<br>(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.

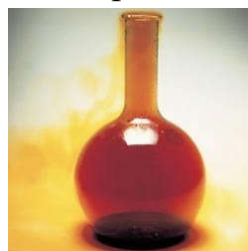
Фтор



Хлор



Бром



Йод

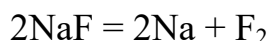




\*\*\* В твердом состоянии галогены - простые вещества имеют **молекулярную** кристаллическую решетку.



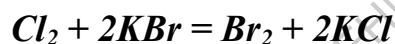
\*\*\* Для получения фтора используют электрохимический метод (электролиз расплава фторидов).



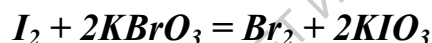
расплав



\*\*\* В ряду галогенов  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$  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**  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  – 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 |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| $\text{HF}$      | Фтороводородная (плавииковая) | $6,2 \cdot 10^{-4}$   |
| $\text{HCl}$     | Хлороводородная (соляная)     | $10^7$                |
| $\text{HBr}$     | Бромоводородная               | $1,0 \cdot 10^9$      |
| $\text{HI}$      | 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 <sub>2</sub> |
| +5 | HClO <sub>3</sub> |
| +7 | HClO <sub>4</sub> |

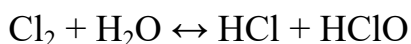
\*\*\*

- 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*):
  - BaCl<sub>2</sub>
  - AgNO<sub>3</sub>
  - KBr
  - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Укажите формулу **самой** сильной кислоты (*как зависит сила кислоты от степени окисления кислотообразующего элемента?*):
  - HClO
  - HF
  - HClO<sub>4</sub>
  - HClO<sub>2</sub>
- В каких процессах, схемы которых приведены ниже, атомы хлора являются и **окислителями**, и **восстановителями**? (*укажите степени окисления атомов хлора в соединениях*)
  - KI + Cl<sub>2</sub> → KCl + I<sub>2</sub>
  - Cl<sub>2</sub> + KOH → KCl + KClO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O
  - KClO<sub>3</sub> → KCl + KClO<sub>4</sub>
  - Cl<sub>2</sub> + Ca(OH)<sub>2</sub> → CaCl<sub>2</sub> + Ca(OCl)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

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



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

- 1) NaOH      2) NaCl      3) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>      4) AgNO<sub>3</sub>

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

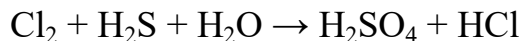
2. Какие реакции, схемы которых приведены ниже, являются **окислительно-восстановительными**? (*укажите степени окисления для атомов элементов, которые меняют степени окисления в ходе реакции*)

- 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: F<sub>2</sub> — Cl<sub>2</sub> — Br<sub>2</sub> — I<sub>2</sub> (*какая величина используется для характеристики неметаллических свойств?*)

- 1) не меняются      2) усиливаются      3) уменьшаются

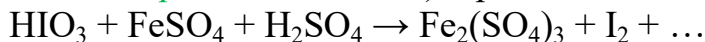
4. Определите **наименьшее общее кратное** чисел отданных и принятых электронов для реакции (*используйте метод электронного баланса*), протекающей по схеме:



- 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.

\*\*\*

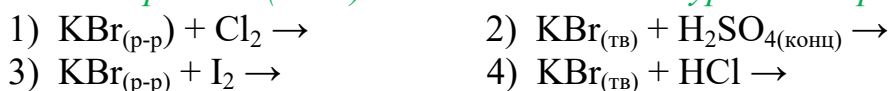
1. В каких соединениях встречается в природе хлор?

- 1) AlCl<sub>3</sub>      2) CaOCl<sub>2</sub>      3) KClO<sub>3</sub>      4) NaCl

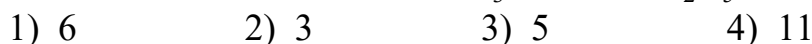
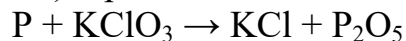
2. Какой из галогенов проявляет **наименьшую** электроотрицательность? (*дайте определение понятия электроотрицательность*)

- 1) фтор      2) хлор      3) бром      4) йод

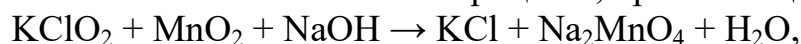
3. Какие реакции используют в лаборатории для получения брома ? (для выбранного варианта(-тов) ответа напишите уравнение реакции)



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



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

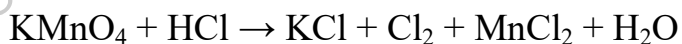
2. Наиболее сильный окислитель? (укажите зависимость окислительных свойств кислородсодержащих кислот хлора от степени окисления атома хлора в соединении)



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:



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  $\text{Cl}^{+5}$  (напишите электронно-графическую формулу валентного уровня)



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

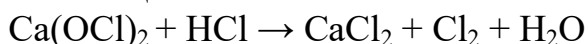
- 1)  $P_2O_5$       2)  $H_2SO_4$  (б/в)      3)  $CaCl_2$       4)  $CaO$

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

- 1) не меняется      2) уменьшается      3) увеличивается

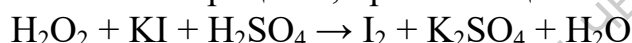
(*что является мерой полярности химической связи?*)

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)  $I_2$

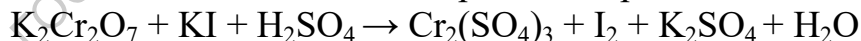
3. Из каких соединений, находящихся в растворе, **хлор** может вытеснить свободный галоген?

- 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)  $\text{KClO}_3$       2)  $\text{KCl}$       3)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$       4)  $\text{KMnO}_4$

4. Какой галогеноводород является наиболее сильным восстановителем?

- 1)  $\text{HF}$       2)  $\text{HCl}$       3)  $\text{HBr}$       4)  $\text{HI}$

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

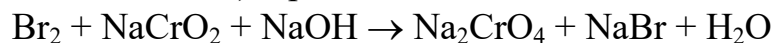
2. Какая реакция, из приведённых ниже невозможна:

- 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  $\text{Cl}_2$  через горячий раствор гидроксида натрия (для обоснованного ответа напишите уравнение реакции и примените метод электронного баланса):

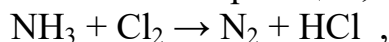
- 1)  $\text{KCl}$       2)  $\text{KClO}_4$       3)  $\text{KClO}$       4)  $\text{KClO}_3$

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:



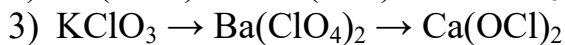
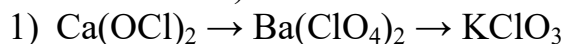
укажите сумму коэффициентов (используйте метод электронного баланса).

\*\*\*

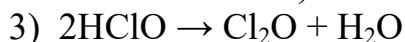
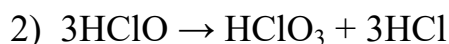
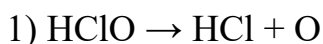
1. Определите электронную конфигурацию частицы  $\text{Br}^{+1}$  (составьте электронно-графическую формулу частицы)

- 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*)



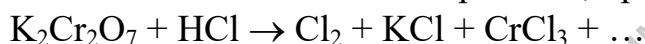
3. Какая схема отражает процесс разложения хлорноватистой кислоты под действием солнечного света?



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:

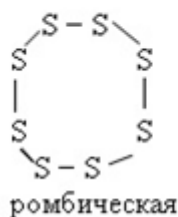
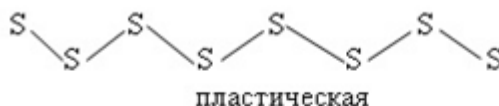


*Используя стандартные потенциалы, определите возможность самопроизвольного протекания реакции в стандартных условиях.*

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

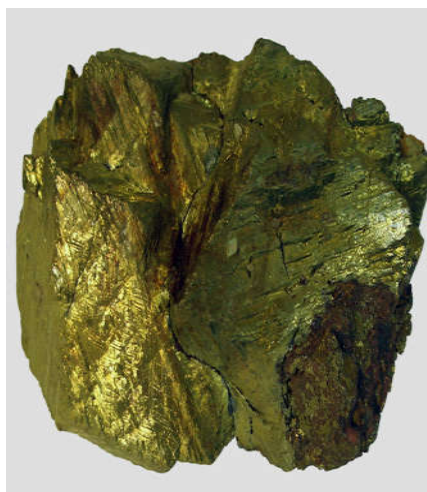


Киноварь  $\text{HgS}$





Пирит  $\text{FeS}_2$



Медный колчедан  $\text{CuFeS}_2$

Характерные степени окисления серы и ее соединений

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

| Степень окисления | Формула вещества   | Свойства   |
|-------------------|--|--|
| -2                | $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{K}_2\text{S}$ ,<br>$\text{CuS}$ , $\text{FeS}$ | Кислотные свойства $\text{H}_2\text{S}$ ; восстановительные свойства сероводорода и сульфидов; растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону.                  |
| 0                 | S  | Окислительно-восстановительная двойственность? Диспропорционирование в растворах щелочей.  |
| +4                | $\text{SO}_2$ , $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,<br>$\text{Na}_2\text{SO}_3$        | Кислотные свойства оксида и гидроксида; окислительно-восстановительная двойственность; растворимые соли в незначительной степени подвергаются гидролизу по аниону. |
| +6                | $\text{SO}_3$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,<br>$\text{CuSO}_4$                 | Кислотные свойства оксида и гидроксида; окислительные свойства концентрированной серной кислоты.   |

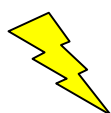
Сила кислот увеличивается с возрастанием степени окисления центрального атома, что наглядно демонстрируется на следующем примере:

| Вещество                         | Название кислоты | Константа диссоциации     |                            |
|----------------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|
| $\text{H}_2\text{S}$             | Сероводородная   | $K_1 = 1,0 \cdot 10^{-7}$ | $K_2 = 2,5 \cdot 10^{-13}$ |
| $\text{H}_2\text{SO}_3$          | Сернистая        | $K_1 = 1,4 \cdot 10^{-2}$ | $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$  |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$          | 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub><br>концентрированная | $S^{+6} + 2e = S^{+4}$    | SO <sub>2</sub>        |
|   | $S^{+6} + e = S^0$        | S                      |
|   | $S^{+6} + 8e = S^{-2}$    | H <sub>2</sub> S       |

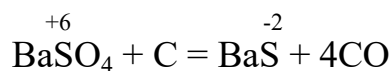


\*\*\* Концентрированная серная кислота *пассивирует* на холоду металлы: алюминий, хром, железо, никель. Растворение металлов происходит только при нагревании. С золотом и платиной реакция *невозможна* ни при каких условиях.

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



\*\*\* 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  $\text{BaSO}_4$ , 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)  $\text{S}_2$                       2)  $\text{S}_4$                       3)  $\text{S}_6$                       4)  $\text{S}_8$

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)  $\text{S}^{2-}$  и  $\text{H}^+$                       2)  $\text{SO}_3^{2-}$  и  $\text{Ba}^{2+}$   
3)  $\text{K}^+$  и  $\text{S}^{2-}$                       4)  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{S}^{2-}$

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)  $\text{SO}_2$       2)  $\text{K}_2\text{SO}_4$       3)  $\text{SO}_3$       4)  $\text{K}_2\text{SO}_3$

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)  $\text{CuSO}_4$       2)  $\text{H}_2$       3)  $\text{H}_2\text{O}$       4)  $\text{SO}_2$

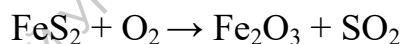
*Для обоснованного ответа напишите уравнение химического взаимодействия.*

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  $25^\circ\text{C}$  реагирует с разбавленной, но **не реагирует** с концентрированной серной кислотой? (*укажите различия в свойствах разбавленной и концентрированной серной кислоты*)

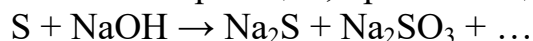
- 1) цинк      2) железо      3) алюминий      4) магний

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  $\text{S}^{2-}$   
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)  $\text{K}_2\text{O}$       2)  $\text{Na}_2\text{O}$       3)  $\text{H}_2\text{S}$       4)  $\text{O}_2$

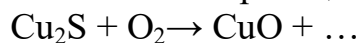
*Напишите формулы кислоты, которая соответствует оксиду серы (IV).*

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:

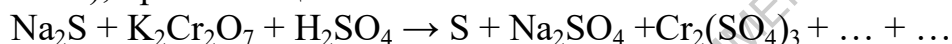


\*\*\*

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)  $\text{SO}$
  - 2)  $\text{SO}_2$
  - 3)  $\text{SO}_3$
  - 4)  $\text{S}_2\text{O}_3$
3. Охарактеризуйте связи в молекуле сероводорода (*напишите графическую формулу сероводорода*):
  - 1) ионные
  - 2) ковалентные полярные
  - 3)  $2\delta -$  связи
  - 4)  $2\delta$  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*

\*\*\*

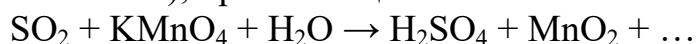
1. Сера и хром находятся в **одной группе**, но в разных подгруппах, т. к.:
  - 1) в атомах этих элементов разное число энергетических уровней
  - 2) высшая валентность серы и хрома не совпадают
  - 3) у атома серы и хрома одинаковое число валентных электронов
  - 4) при одинаковом числе валентных электронов их распределение по энергетическим уровням разное
2. В каких соединениях степень окисления серы одинаковая (*укажите степени окисления серы в каждом соединении*)?
  - 1)  $\text{FeS}_2$
  - 2)  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$
  - 3)  $\text{K}_2\text{S}$
  - 4)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$
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  $\text{H}^+$  ?



*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. Укажите формулы соединений, в которых степень окисления серы равна (+6)? (*укажите степень окисления атома серы в каждом веществе*)

- 1)  $\text{KHSO}_4$                       2)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$                       3)  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$                       4)  $\text{K}_2\text{SO}_4$

2. Оксид серы (IV) проявляет **окислительные** свойства в реакции:

- 1)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$                       2)  $\text{SO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
3)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$                       4)  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

*Для обоснованного ответа напишите уравнение реакции.*

3. С какими веществами реагирует **разбавленная** серная кислота?

- 1) Fe                      2) Cu                      3) KOH                      4)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

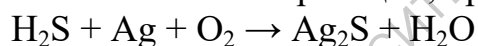
*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.*

4. С помощью каких соединений можно **обнаружить** присутствие в водном растворе  $(\text{SO}_4)^{2-}$  ?

- 1)  $\text{BaCl}_2$                       2) NaCl                      3) NaOH                      4)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

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

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



\*\*\*

1. Атомы серы **отличаются** от атомов других элементов VI группы главной подгруппы:

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

2. Оксид серы (IV) проявляет **восстановительные** свойства в реакции:

- 1)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$                       2)  $\text{SO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
3)  $\text{SO}_2 + \text{HI} \rightarrow$                       4)  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций*

3. Соединения, в которых степень окисления серы **максимальна**:

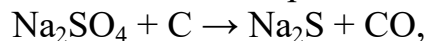
- 1) сульфаты    2) сульфиты  
3) сульфиды    4) гидросульфиты

4. Укажите схемы реакций, в которых реагирует **разбавленная** серная кислота:

- 1)  $\text{C} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \dots$                       2)  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2 + \dots$   
3)  $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 + \dots$                       4)  $\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KHSO}_4 + \dots$

*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций*

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



расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* и укажите **сумму** коэффициентов.

\*\*\*

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<sub>2</sub>                      2) FeS                      3) SCl<sub>2</sub>                      4) H<sub>2</sub>S

3. Сульфид алюминия **Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>** можно получить по реакции:

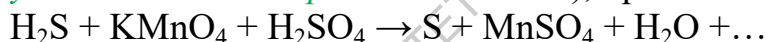
- 1) AlCl<sub>3</sub> + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>O →                      2) Al + S  $\xrightarrow{t}$  →  
2) AlCl<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>O →                      4) AlCl<sub>3</sub> + K<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>O →

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

4. С помощью каких катионов можно **обнаружить** присутствие в водном растворе сульфид-ионы **S<sup>2-</sup>** ?

- 1) K<sup>+</sup>                      2) Cu<sup>2+</sup>                      3) Pb<sup>2+</sup>                      4) Al<sup>3+</sup>

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<sub>2</sub>. Тройная связь между атомами азота в этой молекуле настолько прочная (E<sub>св</sub> = 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                | $\text{NH}_3$ , $(\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O})$ ,<br>$\text{Li}_3\text{N}$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,<br>$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,<br>$\text{Cl}_3\text{N}$ | Основные свойства аммиака; восстановительные свойства аммиака и его соединений; гидролиз растворимых солей по катиону; термическая неустойчивость солей аммония                       |
| -2                | $\text{N}_2\text{H}_4$  | Окислительно-восстановительная двойственность;  |
| -1                | $\text{NH}_2\text{OH}$  | Окислительно-восстановительная двойственность   |
| 0                 | $\text{N}_2$  | Окислительно-восстановительная двойственность   |
| +1                | $\text{N}_2\text{O}$  | Несолеобразующий оксид. Окислительно-восстановительная двойственность   |
| +2                | $\text{NO}$   | Несолеобразующий оксид. Окислительно-восстановительная двойственность   |
| +3                | $\text{N}_2\text{O}_3$ , $\text{HNO}_2$ ,<br>$\text{NaNO}_2$  | Кислотный оксид. Кислотный гидроксид. Окислительно-восстановительная двойственность. Растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону. Окислительно-восстановительная двойственность |
| +4                | $\text{NO}_2$   | Кислотный оксид. Не имеет кислотного гидроксида со степенью окисления азота +4. Окислительно-восстановительная двойственность   |
| +5                | $\text{N}_2\text{O}_5$ , $\text{HNO}_3$ ,<br>$\text{NaNO}_3$ ,<br>$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  | Кислотный оксид и кислотный гидроксид. Сильные окислительные свойства. Соли – окислители; термически неустойчивы. Растворимые соли гидролизу по аниону не подвергаются.               |

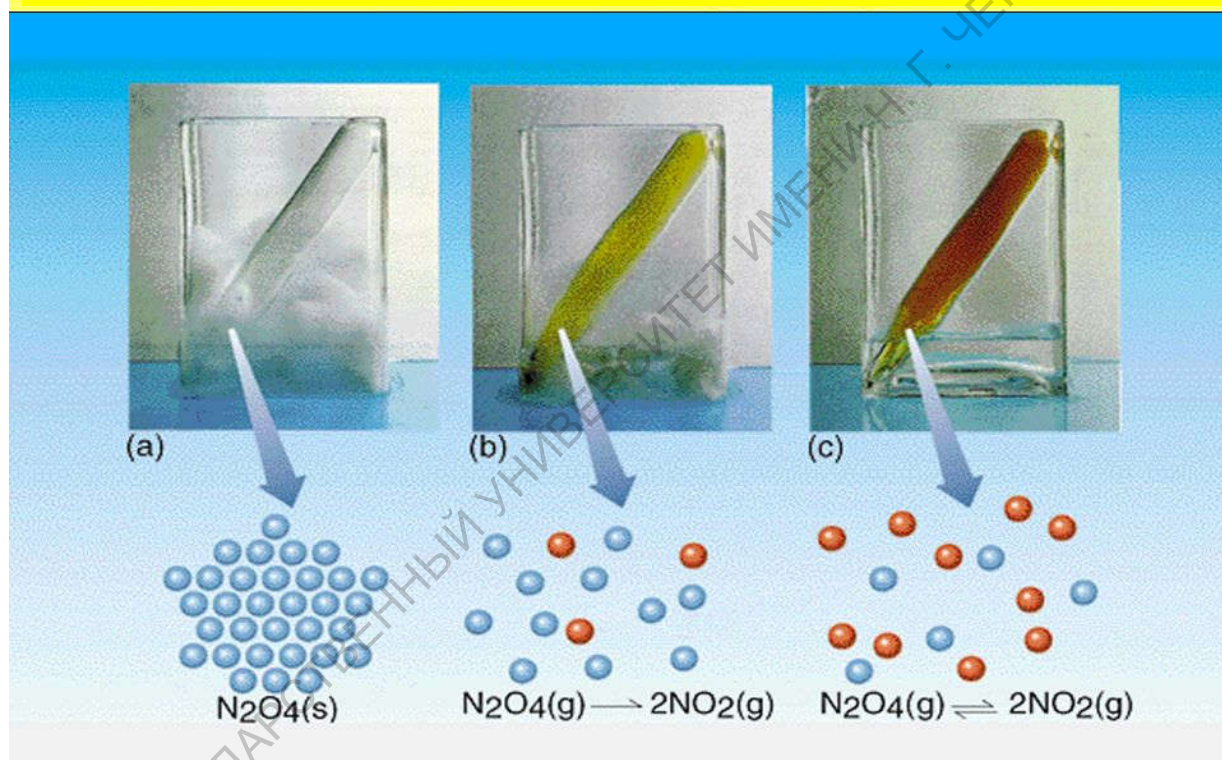
\*\*\* Соли аммония термически неустойчивы, продукты разложения зависят от природы аниона, образующего соль:

|  |  |
|--|--|
| 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  $\text{NO}_2$ , который на холоде способен подвергаться димеризации, т.е. превращению в  $\text{N}_2\text{O}_4$ . 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  $\text{NO}_2$ , а при охлаждении – в сторону бесцветного  $\text{N}_2\text{O}_4$**



\*\*\* 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 <sub>3</sub> | $N^{+5} + 1e = N^{+4}$    | NO <sub>2</sub>                 |
|                  | $N^{+5} + 3e = N^{+2}$    | NO                              |
|                  | $N^{+5} + 4e = N^{+1}$    | N <sub>2</sub> O                |
|                  | $N^{+5} + 5e = N^0$       | N <sub>2</sub>                  |
|                  | $N^{+3} + 8e = N^{-3}$    | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> |

Соли азотной кислоты – нитраты термически неустойчивы:

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

\*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:

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

Взаимодействие азотной кислоты с неметаллами:

|  |   |
|--|---|
| Взаимодействие концентрированной азотной кислоты с неметаллами (NO <sub>2</sub> + 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?



*Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции*

3. Охарактеризуйте реакцию синтеза аммиака из простых веществ:

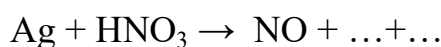
- 1) обратимая
- 2) окислительно-восстановительная
- 3) эндотермическая
- 4) соединения

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



*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?



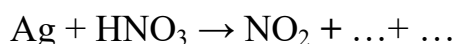
*Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции*

4. Отметьте схемы реакций, продуктом которых может быть соль аммония:

- 1)  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} \rightarrow$                       2)  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$   
3)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl} \rightarrow$                       4)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$

*Для выбранного варианта (-ов) ответа напишите уравнения химической (-их) реакции.*

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



\*\*\*

1. Атом азота имеет *промежуточную* степень окисления в:

- 1) нитратах                      2) нитритах                      3) нитридах                      4) селитрах

*Какими свойствами обладают соединения, в которых азот находится в промежуточной степени окисления?*

2. Какие соли при прокаливании разлагаются с выделением *аммиака*?

- 1)  $\text{NH}_4\text{NO}_2$                       2)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$                       3)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$                       4)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

*Составьте уравнения химических превращений.*

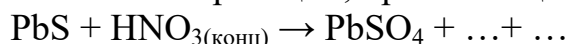
3. В реакциях аммиак может проявлять *свойства*:

- 1) окислителя                      2) восстановителя  
3) акцептора протонов                      4) донора электронов

4. Для каких оксидов азота *нет кислот* с такой же степенью окисления азота, как в оксиде (*укажите степени окисления для атома азота во всех соединениях*):

- 1)  $\text{N}_2\text{O}_5$                       2)  $\text{N}_2\text{O}_3$                       3)  $\text{NO}_2$                       4)  $\text{NO}$

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



\*\*\*

1. Какие утверждения для солей аммония *справедливы*?

- 1) большинство из них растворимы в воде  
2) степень окисления атома азота в ионе аммония равна (-3)  
3) все соли аммония, реагируя с раствором щёлочи при нагревании, образуют аммиак  
4) соли аммония термически неустойчивы

2. Какие соли при нагревании разлагаются с выделением **азота**?

- 1)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$                       2)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$                       3)  $\text{NH}_4\text{NO}_2$                       4)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

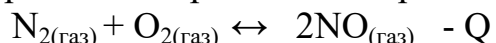
*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических превращений.*

3. **Валентность** атома азота равна (III) в:

- 1) молекуле азота                      2) азотной кислоте  
3) азотистой кислоте                      4) ионе аммония

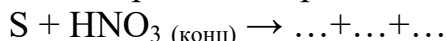
*Составьте графические формулы указанных частиц.*

4. Какие факторы смещают равновесие процесса **вправо**?



- 1) повышение давления                      2) повышение температуры  
3) увеличение концентрации азота    4) уменьшение концентрации оксида

5. Расставьте коэффициенты *методом электронного баланса* в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



и укажите **сумму** коэффициентов. *По величинам стандартных потенциалов рассчитайте ЭДС реакции.*

\*\*\*

1. Какая молекула является **наиболее** прочной?

- 1) F<sub>2</sub>                      2) O<sub>2</sub>                      3) H<sub>2</sub>                      4) N<sub>2</sub>

*Как оценить прочность связи по кратности связи?*

2. Какие нитраты разлагаются при нагревании с выделением **оксида азота (IV)**?

- 1) NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>              2) NaNO<sub>3</sub>              3) Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>              4) Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

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

3. В реакциях с какими веществами *аммиак* проявляет основные свойства?

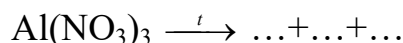
- 1) H<sub>2</sub>O                      2) HCl                      3) O<sub>2</sub>                      4) CuO

*Подтвердите свой ответ уравнениями химических реакций.*

4. Охарактеризуйте реакцию, отражаемую уравнением: **NH<sub>3</sub> + HCl → NH<sub>4</sub>Cl**

- 1) атом азота акцептор протонов  
2) степень окисления атома азота изменяется от (-3) до (-4)  
3) реакция соединения  
4) атом азота – донор электронов

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



\*\*\*

1. Азот **менее** реакционноспособен, чем кислород, так как:

- 1) молекула азота имеет меньшую массу  
2) атомы азота имеют меньший заряд ядра  
3) азот не имеет аллотропных модификаций  
4) атомы азота в молекуле связаны прочной тройной связью

2. Укажите формулу соединений, в которых степень окисления азота **минимальная**:

- 1) Ca<sub>3</sub>N<sub>2</sub>                      2) NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>                      3) NH<sub>2</sub>OH                      4) NaNO<sub>2</sub>

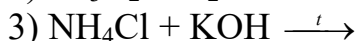
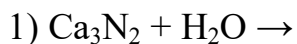
*Укажите степени окисления атома азота в каждом веществе.*

3. Определите схемы реакций, в которых азот – **окислитель**:

- 1) N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> →                                      2) N<sub>2</sub> + Ca →  
3) N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> →                                      4) N<sub>2</sub> + Li →

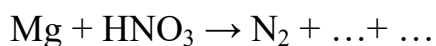
Допишите формулы продуктов реакции и укажите степени окисления атома азота в каждом соединении.

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:

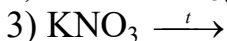
1) молекула аммиака неполярна

2) молекула аммиака плоская

3) молекула аммиака может быть донором электронов

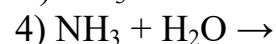
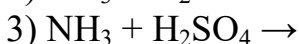
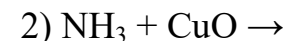
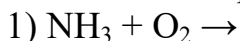
4) связи в молекуле аммиака ковалентные полярные

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



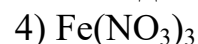
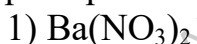
Для выбранного варианта (-ов) ответа допишите уравнения химических взаимодействий.

3. Укажите схемы реакций, подтверждающие основные свойства аммиака:

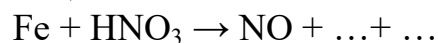


Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

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?

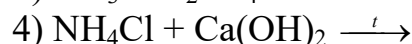
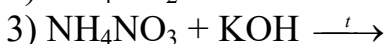
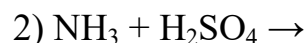
1) не имеет аллотропных модификаций

2) в природе находится только в свободном виде

3) высшая степень окисления атома азота (+5)

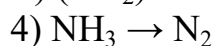
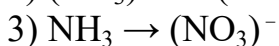
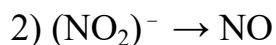
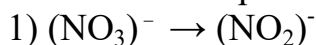
4) высшая валентность атома азота равна 4

2. Укажите качественные реакции на ион аммония:



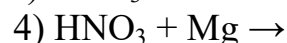
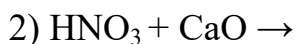
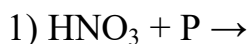
Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.

3. Укажите схемы реакций **окисления**:



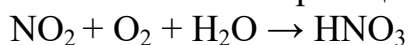
*Укажите степени окисления атома азота в каждой частице.*

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  $\text{N}^{-3}$

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

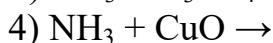
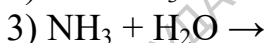
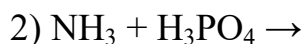
2) степенью окисления атома азота

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

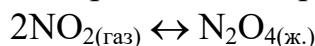
3. В каких соединениях степень окисления атома **азота** равна (-3)?

1) нитрид магния

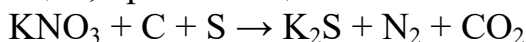
2) аммиак



- 2) нитрид калия  
4) хлорид аммония
4. Какие факторы смещают **влево** равновесие процесса?




- 1) повышение давления  
2) уменьшение концентрации  $\text{NO}_2$   
3) понижение давления  
4) увеличение концентрации  $\text{NO}_2$
5. Используя *метод электронного баланса*, расставьте коэффициенты и укажите **сумму** коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:




#### 4. ФОСФОР И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ


Это нужно  
знать ...



Подобно сере для фосфора характерно несколько **аллотропных модификаций**. Наиболее устойчив в нормальных условиях **красный фосфор**, имеющий полимерную структуру ( $\text{P}_n$ ). Данная модификация достаточно инертна, при нормальных условиях **красный фосфор** взаимодействует только с фтором и кислотами-окислителями.



При нагревании **красный фосфор** переходит в белую модификацию, имеющую вид искаженного тетраэдра. Нарушение симметрии приводит к увеличению химической активности. Белый фосфор самопроизвольно воспламеняется на воздухе, что сопровождается зелено-белым свечением (фосфоресценцией). Именно благодаря этому свойству фосфор и получил свое название – «светоносный».



При повышении давления **красный фосфор** превращается в **черный**, который является более термодинамически стабильным и менее химически активным. При дальнейшем повышении давления **черный** фосфор переходит в металлическую модификацию, его плотность существенно возрастает и он становится способен проводить электрический ток.

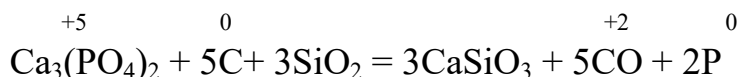


Основные аллотропные модификации фосфора (белый, красный, черный, металлический)

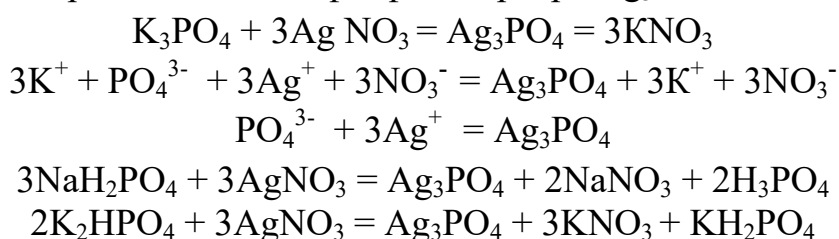
Характерные степени окисления фосфора и его соединений

| Степень окисления | Соединения   | Химические свойства  |
|-------------------|--|--|
| -3                | $\text{PH}_3$ , $\text{Ca}_3\text{P}_2$  | Восстановительные свойства; фосфиды подвергаются необратимому гидролизу  |
| 0                 | P  | Окислительно-восстановительная двойственность; реакции самовосстановления – самоокисления (диспропорционирования) в растворах щелочей                      |
| +3                | $\text{P}_2\text{O}_3$<br>$\text{H}_3\text{PO}_3$ или<br>$\text{H}_2(\text{HPO}_3)$  | Кислотный оксид и гидроксид; двухосновная слабая кислота; растворимые соли подвергаются гидролизу по аниону; окислительно-восстановительная двойственность |
| +5                | $\text{P}_2\text{O}_5$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,<br>$\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,<br>$\text{K}_2\text{HPO}_4$ | 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  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  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

$\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  – 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)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$       2)  $\text{CaO}$       3)  $\text{K}_3\text{PO}_4$       4)  $\text{NH}_3$

*Для обоснования ответа приведите уравнения химических превращений.*

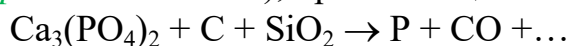
4. **Ортофосфорную** кислоту можно получить:

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<sup>+5</sup>**

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)  $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow$

*Напишите уравнения химических превращений для выбранных вариантов ответа.*

3. Укажите число сигма - связей в молекуле **метафосфорной** кислоты:

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

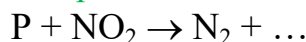
*Составьте графическую формулу метафосфорной кислоты.*

4. Отметьте формулы кислот, которым отвечает один и тот же оксид:

- 1)  $\text{HPO}_3$             2)  $\text{H}_3\text{PO}_3$             3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$             4)  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

**Укажите степени окисления атома фосфора в каждом соединении.**

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



\*\*\*

1. Формулы веществ, с которыми реагирует **оксид фосфора (V)**:

- 1)  $\text{CaO}$             2)  $\text{CO}_2$             3)  $\text{HCl}$             4)  $\text{Ca(OH)}_2$

*Напишите необходимые уравнения химических превращений.*

2. С какими веществами реагирует как азотная разбавленная, так и ортофосфорная кислоты?

- 1)  $\text{Cu}$             2)  $\text{NaHCO}_3$             3)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$             4)  $\text{KOH}$

*Напишите необходимые уравнения химических уравнений.*

3. Фосфор проявляет **максимальную** степень окисления в:

- 1) фосфидах    2) ортофосфатах    3) метафосфатах    4) дигидрофосфатах

*Напишите химические формулы указанных соединения на примере солей натрия. Укажите степень окисления атома фосфора в каждом соединении.*

4. **Ортофосфорная** кислота реагирует с:

- 1)  $\text{NaHCO}_3$     2)  $\text{Mg}$             3)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$             4)  $\text{MgO}$

*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.*

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



\*\*\*

1. Электронная конфигурация фосфора  $\text{P}^{-3}$

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

2. Укажите формулы солей, с которыми реагирует **ортофосфорная** кислота:

- 1)  $\text{K}_2\text{HPO}_4$     2)  $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$     3)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$             4)  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$

*Для доказательства ответа напишите необходимые уравнения химических превращений.*

3. Укажите схемы реакций, в которых могут образовываться **соли ортофосфорной** кислоты:

- 1)  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$                                     2)  $\text{CaHPO}_4 + \text{Ba(OH)}_2 \rightarrow$   
3)  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{CaCl}_2 \rightarrow$                                     4)  $\text{KHCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$

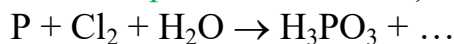
*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.*

4. **Оксид фосфора (V)** соответствует кислотам:

- 1)  $\text{H}_3\text{PO}_2$       2)  $\text{H}_3\text{PO}_3$       3)  $\text{HPO}_3$       4)  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

*Укажите степень окисления атома фосфора в каждом соединении и составьте графические формулы указанных веществ.*

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



\*\*\*

1. **Минимальная** степень окисления фосфора в соединении:

- 1) ортофосфатах                                      2) фосфине  
3) фосфидах    4) метафосфатах

*Напишите формулы указанных соединений и укажите степень окисления атома фосфора в каждом веществе.*

2. Укажите реакции, в которых фосфор – **окислитель**:

- 1)  $\text{P} + \text{KClO}_3 \rightarrow$                                       2)  $\text{P} + \text{Cl}_2 \rightarrow$   
3)  $\text{P} + \text{Ca} \rightarrow$     4)  $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow$

*Для обоснования ответа напишите необходимые уравнения реакций.*

3. Какую окраску имеет индикатор фенолфталеин в растворе соли фосфата калия?

- 1) желтую      2) малиновую      3) фиолетовую      4) синюю

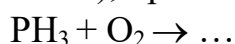
*Напишите уравнение процесса гидролиза по I стадии в растворе соли  $\text{K}_3\text{PO}_4$  и рассчитайте константу равновесия этого процесса.*

4. **Оксид фосфора (III)** соответствует кислоте:

- 1)  $\text{H}_3\text{PO}_2$       2)  $\text{HPO}_3$       3)  $\text{H}_3\text{PO}_3$       4)  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

*Укажите степень окисления атома фосфора в каждом соединении. Для выбранного варианта ответа напишите графическую формулу.*

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



\*\*\*

1. С какими веществами может реагировать **фосфор**?

- 1)  $\text{Ca}$                                       2)  $\text{Cl}_2$                                       3)  $\text{KClO}_3$                                       4)  $\text{HNO}_3$

*Для обоснованного ответа напишите необходимые уравнения реакций.*

2. Укажите формулы соединений с **одинаковой** степенью окисления атома фосфора:

- 1)  $\text{Ba}(\text{PO}_3)_2$       2)  $\text{Ca}_3\text{P}_2$       3)  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$       4)  $\text{MgH}_2\text{P}_2\text{O}_7$

*Укажите степени окисления атома фосфора в каждом соединении.*

3. Общее число электронов в частице  $\text{P}^{3-}$  равно :

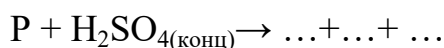
- 1) 15                                      2) 12                                      3) 18                                      4) 10

4. Какая среда в водном растворе **ортофосфата натрия**?

- 1) щелочная                                      2) нейтральная                                      3) кислотная

*Напишите формулу вещества и уравнение гидролиза по I ступени гидролиза.*

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)  $Mg_2P_2P_7$

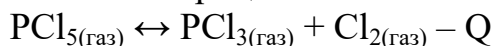
*Укажите степени окисления атома фосфора в каждом соединении.*

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**?



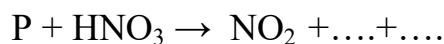
- 1) понизить температуру                      2) повысить температуру  
3) повысить давление                      4) увеличить концентрацию  $Cl_2$

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) $H_4P_2O_7$ |
|--------------|--------------|--------------|----------------|

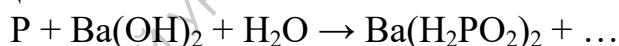
*Составьте графические формулы соединений.*

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) $P_2O_3 + CaO \rightarrow$  |

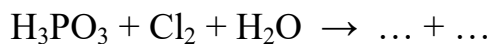
*Напишите необходимые уравнения химических реакций.*

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:

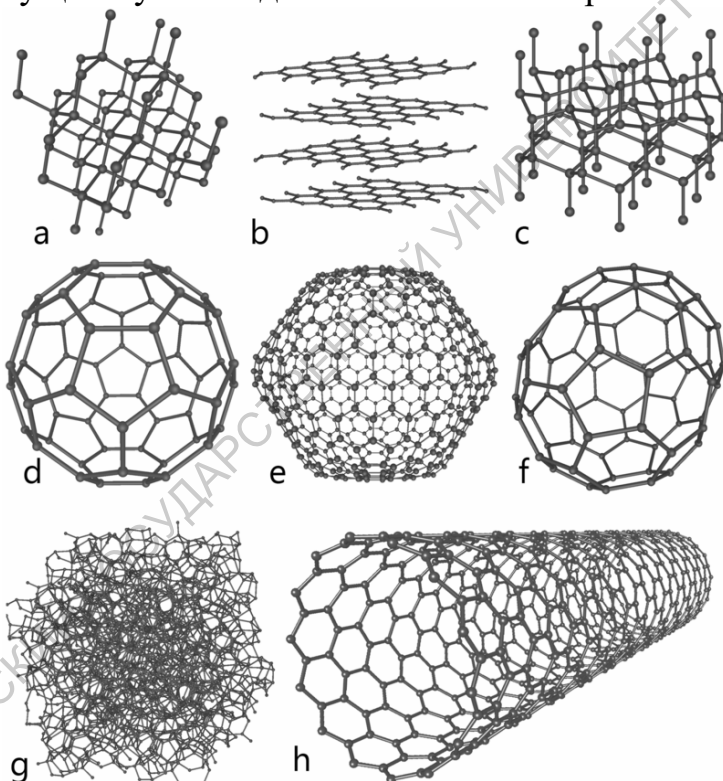


Используя метод электронного баланса, напишите уравнение химической реакции, укажите величины стандартных окислительно-восстановительных потенциалов и рассчитайте ЭДС реакции

## 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  $\text{C}_{60}$

e – фуллерен  $\text{C}_{540}$

f – фуллерен  $\text{C}_{70}$

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 ( $sp^3$ -гибридизация). Атом углерода находится в центре тетраэдра, связан четырьмя эквивалентными  $\sigma$ -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 (**sp<sup>2</sup>-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 <sub>4</sub>   | Не проявляет кислотно-основных свойств; слабый восстановитель   |
| 0                 | C   | Окислительно-восстановительная двойственность; преобладают восстановительные свойства.  |
| +2                | CO  | Несолеобразующий оксид, восстановительные свойства.   |
| +4                | CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ,<br>Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ,<br>NaHCO <sub>3</sub> | 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  $\text{CH}_3\text{Cl}$  три связи  $\text{C-H}$  дают суммарный заряд на атоме  $\text{C}$ , равный  $-3$ , а связь  $\text{C-Cl}$  - заряд  $+1$ . Следовательно, степень окисления атома углерода в этом соединении равна:

$$-3 + 1 = -2$$

2. Определим степени окисления ( $\text{CO}$ ) атомов углерода в молекуле этанола:

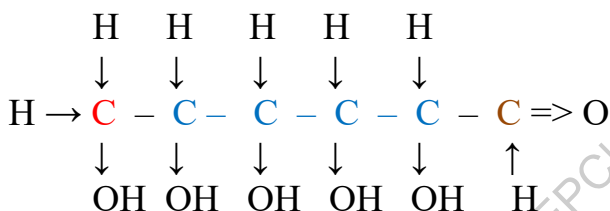


Три связи  $\text{C-H}$  дают суммарный заряд на атоме  $\text{C}$ , равный ( $\text{C}^0 + 3\text{e}^- \rightarrow \text{C}^{-3}$ )

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

3.

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

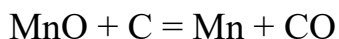
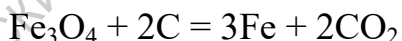
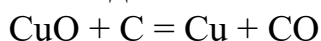
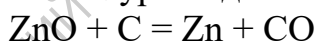


$\text{C}^{-1}$  (принимает электроны у двух атомов водорода  $\text{C}^0 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{C}^{-2}$  и отдаёт один электрон атому кислорода  $\text{C}^0 - 1\text{e}^- \rightarrow \text{C}^{+1}$ )

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

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

\*\*\* 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

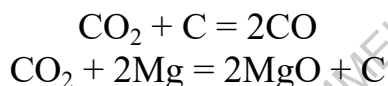
продуктов для получения особо чистых металлов, для изготовления радиопоглощающих материалов и т.п.



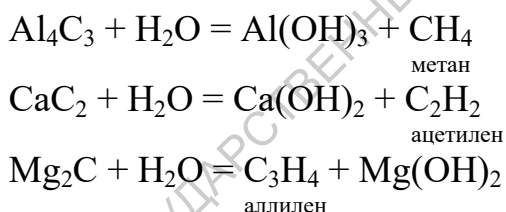
\*\*\* Оксиды углерода (CO и CO<sub>2</sub>) так же, как и кислород, способны связываться с атомом железа в белке гемоглобине (Hb). При этом устойчивость получаемых комплексов существенно различается: окси- и карбоксигемоглобин (комплексы с O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, соответственно) легко разрушаются со временем, что жизненно необходимо для поддержания работы дыхательной системы человека; в то же время, при связывании железа с CO образуется очень прочный комплекс, который не разрушается в легких и не выводится из организма, тем самым нарушая дыхание человека и приводя к его гибели.



\*\*\* CO<sub>2</sub> проявляет окислительные свойства при взаимодействии с углеродом и магнием:



\*\*\* Для углерода характерно образование большого количества *карбидов* – *солеподобных* (CaC<sub>2</sub>, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>)  
- *ковалентных* (SiC- карборунд)  
- *металлоподобные* (Fe<sub>3</sub>C - цементит)  
*Солеподобные* карбиды полностью гидролизуются в воде с образованием углеводородов (производные ацетилен, метана, аллилена)



\*\*\*

1. Для объяснения структуры какой аллотропной модификации используется представление об **sp-гибридизации** орбиталей?

- 1) графита                      2) карбина                      3) алмаза

2. С какими веществами реагирует углекислый газ?

- 1) Mg                      2) H<sub>2</sub>O                      3) NaOH                      4) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.*

3. Укажите схемы реакций, в которых может выделяться газ:

- 1) CaC<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O →                      2) HCOOH  $\xrightarrow{t}$  →  
3) NaHCO<sub>3</sub>  $\xrightarrow{t}$  →                      4) Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O →

*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.*

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

- 1) NaCl                      2) Na<sub>2</sub>S                      3) NaNO<sub>3</sub>                      4) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

*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) H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>                      2) CaC<sub>2</sub>                      3) CH<sub>4</sub>                      4) CO

*Укажите степени окисления в каждом соединении.*

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

- 1) K<sup>+</sup> и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>                      2) NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>                      3) Ca<sup>2+</sup> и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>                      4) Ba<sup>2+</sup> и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

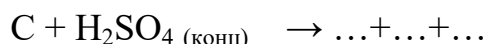
*Какие справочные данные можно использовать для обоснованного ответа?*

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

- 1) HNO<sub>3</sub>                      2) CO<sub>2</sub>                      3) ZnO                      4) H<sub>2</sub>

*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) CO<sub>2</sub>                      2) CaC<sub>2</sub>                      3) CO                      4) CH<sub>4</sub>

*Укажите степень окисления атома углерода в каждом соединении.*

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

- 1) H<sub>2</sub>O                      2) Ca(OH)<sub>2</sub>                      3) CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O                      4) KOH

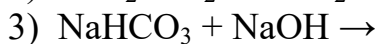
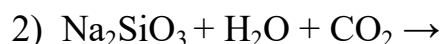
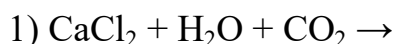
*Напишите необходимые уравнения химических реакций.*

3. Укажите схемы реакций, которые подтверждают **кислотные** свойства CO<sub>2</sub>:

- 1) CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O →                      2) CO<sub>2</sub> + C →  
3) CO<sub>2</sub> + Mg →                      4) CO<sub>2</sub> + NaOH →

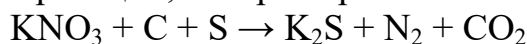
*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.*

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**:

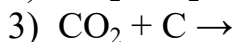
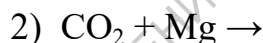
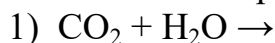
1) 4

2) 10

3) 14

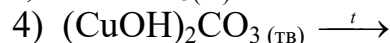
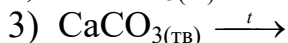
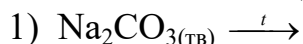
4) 2

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:



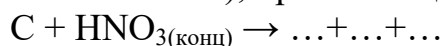
*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.*

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)**:

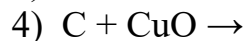
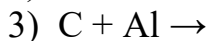
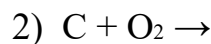
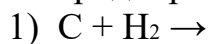
1) ковалентная полярная

2) связь двойная 1σ и 1π

3) связь тройная, 1σ и 2π

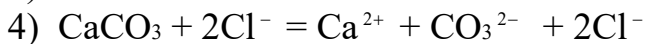
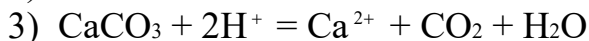
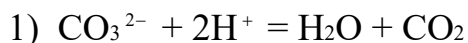
4) одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму

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

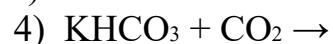
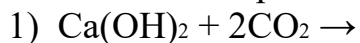


*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.*

3. Какое ионное уравнение отвечает молекулярному:



4. Укажите схемы реакций, приводящих к образованию гидрокарбонатов:



*Для выбранных вариантов ответа напишите уравнения химических реакций.*

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



\*\*\*

1. Укажите число **полностью** заполненных подуровней в основном состоянии атома углерода:

1) 2

2) 3

3) 1

4) 4

2. Как можно сместить **вправо** равновесие реакции:



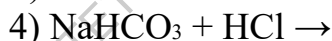
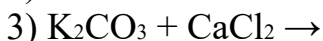
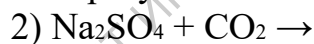
1) повысить температуру

2) понизить температуру

3) добавить в раствор воду

4) увеличить концентрацию ионов  $\text{CO}_3^{2-}$

3. Схемы реакций, в результате которых образуются соли **угольной** кислоты:



*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.*

4. Охарактеризуйте строение и свойства **угольной** кислоты:

1) двухосновная

2) сильная

3) все связи  $\sigma$  - типа

4) содержит  $1\pi$  - связь

*Для обоснования выбранного ответа напишите графическую формулу вещества.*

5. Напишите уравнение реакции и укажите **сумму** коэффициентов:



*Укажите класс, к которому относится соединение  $\text{Al}_4\text{C}_3$  и тип химической реакции.*

\*\*\*

1. Оксид углерода (II) характеризуется свойствами:

1) бесцветный газ

2) токсичен (ядовит)

3) хорошо растворим в воде

4) кислотный оксид

2. В каком соединении степень окисления углерода **наименьшая**?

1)  $\text{HCOH}$

2)  $\text{CO}$

3)  $\text{CO}_2$

4)  $\text{SiC}$

*Укажите степень окисления атома углерода в каждом соединении.*

3. **Кислотные** свойства  $\text{CO}_2$  проявляются в реакциях с:

1)  $\text{NaOH}$

2)  $\text{C}$

3)  $\text{Mg}$

4)  $\text{CaO}$

*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.*

4. На каком из свойств активированного угля основано его использование в медицине?

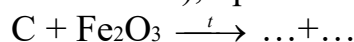
1) восстановительных

2) окислительных

3) каталитических

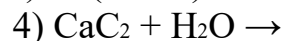
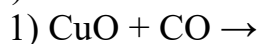
4) адсорбционных

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

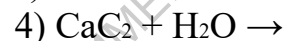
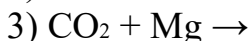
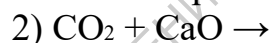
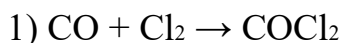
2) повышение температуры

3) понижение давления

4) увеличение концентрации  $\text{CO}_2$

*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)<sub>2</sub>

3) Mg

4) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

*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?

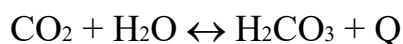
1) твёрдостью

2) электропроводимостью

3) кристаллической решёткой

4) типом гибридизации АО

2. Для увеличения растворимости  $\text{CO}_2$  в воде необходимо:



1) повысить температуру

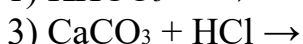
2) увеличить давление

3) понизить давление

4) увеличить концентрацию  $\text{CO}_2$

*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

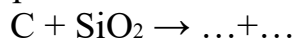
2) степенью окисления углерода

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) CaCl<sub>2</sub>

*Для обоснованного ответа напишите уравнения химических реакций.*

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

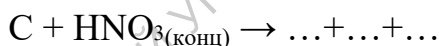
- 1)  $\text{NbO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{NbCO} + \text{O}_2$                       2)  $\text{CO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HCOONa}$   
3)  $\text{Fe} + 5\text{CO} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5$                       4)  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

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:

- SiO<sub>2</sub> (кремнезем, песок, кварц, горный хрусталь, аметист)



кварц



аметист

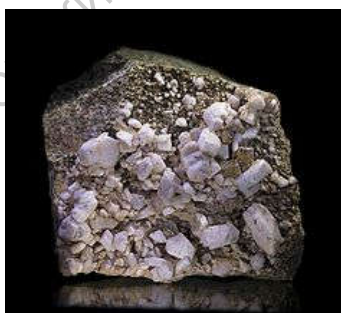


хрусталь

- каолинит (смешанный гидроксид-силикат алюминия, Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>)



- полевые шпаты (K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>], Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>], Ca[Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>])



альбит Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]



анортит Ca[Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>]



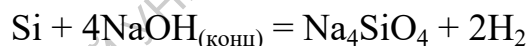
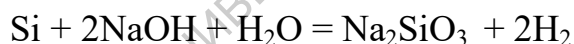
ортоклаз K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]

### Устойчивые степени окисления соединений кремния

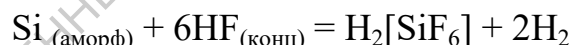
| Степень окисления | Вещество   | Химические свойства  |
|-------------------|--|--|
| -4                | Ca <sub>2</sub> Si   | Восстановитель   |
| 0                 | Si   | Окислительно-восстановительная двойственность, с преобладанием восстановительных свойств         |
| +2                | SiO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



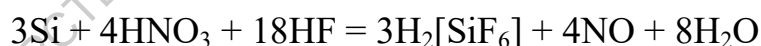
\*\*\* Кремний переводят в растворимые соединения при взаимодействии со щелочью:



при взаимодействии с плавиковой кислотой:



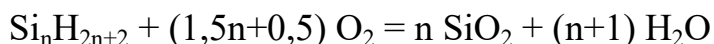
при взаимодействии со смесью плавиковой и азотной кислот:



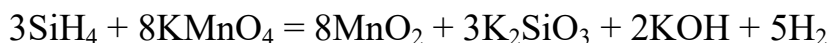
*Движущей силой этих реакций является процесс комплексообразования - образование комплексного устойчивого аниона  $[\text{SiF}_6]^{2-}$*



\*\*\* По аналогии с насыщенными углеводородами, кремний также может образовывать кремневодороды – силаны Si<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. По физическим свойствам силаны похожи на алканы: SiH<sub>4</sub> и Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – газы, Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 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  $\text{SiO}_2$  выражены слабее, чем у  $\text{CO}_2$
  - 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  $\text{SiH}_4$  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  $\text{Si}^{4-}$ 
  - 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)  $\text{NaCl}$
  - 2)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
  - 3)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$
  - 4)  $\text{NaNO}_3$

*Напишите уравнение гидролиза.*

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



\*\*\*

1. Электронная конфигурация кремния  $\text{Si}^{+2}$   
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  $\text{SiH}_4$  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.*

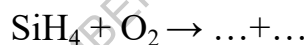
3. С какими веществами реагирует силикат калия?  
1)  $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$       2)  $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$   
3)  $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$       4)  $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{NH}_3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

*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)  $\text{K}_2\text{CO}_3$       2)  $\text{K}_2\text{SiO}_3$       3)  $\text{KHCO}_3$       4)  $\text{KNO}_3$

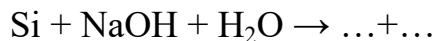
*Напишите уравнения гидролиза для выбранных вариантов ответа..*

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  $\text{Si}^{-4}$

- 1) ...3s<sup>2</sup>3p<sup>2</sup>      2) ...3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup>      3) ...3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>      4) ...3s<sup>2</sup>3p<sup>0</sup>
2. Укажите схемы реакций подтверждающие **кислотные** свойства оксида кремния (IV):



*Напишите уравнения химических реакций.*

3. Для **кремниевой** кислоты справедливы утверждения:

- 1) термически неустойчива      2) сильнее угольной  
 3) практически нерастворима в воде      4) слабый электролит

4. В водных растворах каких солей среда **основная** (щелочная)?

- 1) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>      2) K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>      3) KCl      4) KNO<sub>3</sub>

*Напишите уравнения гидролиза для выбранных вариантов ответа.*

5. Определите **сумму** коэффициентов в уравнении реакции:



\*\*\*

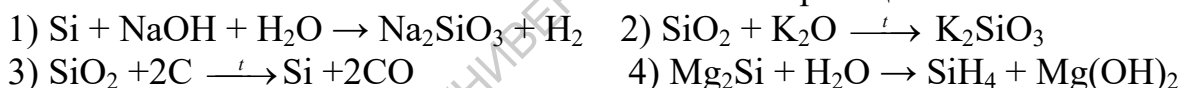
1. В атоме кремния в основном состоянии имеется **вакантных** орбиталей:

- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 6

2. Какая из частиц, формулы которых приведены ниже, содержит **наименьшее** число электронов?

- 1) SiO<sub>2</sub>      2) SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>      3) SiH<sub>4</sub>      4) SiO

3. Укажите схемы окислительно-восстановительных реакций:



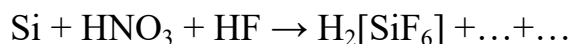
*Укажите степени окисления атома кремния в каждом соединении.*

4. Укажите формулы веществ, с которыми может реагировать оксид кремния (IV):

- 1) CaCl<sub>2</sub>      2) CaCO<sub>3</sub>      3) KOH      4) Mg

*Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа.*

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



*Что является движущей силой этого процесса?*

\*\*\*

1. Для определения строения молекулы силана **SiH<sub>4</sub>** используют представление о **гибридизации** атома кремния типа:

- 1) sp      2) sp<sup>2</sup>      3) sp<sup>3</sup>

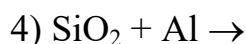
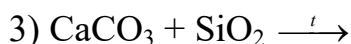
2. Укажите формулы соединений, в которых степень окисления кремния равна (-4):

- 1) Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>      2) SiS<sub>2</sub>      3) Ca<sub>2</sub>Si      4) Mg<sub>2</sub>Si

*Укажите степень окисления атома кремния в каждом соединении.*

3. Отметьте схемы осуществимых реакций:





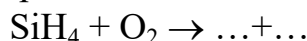
*Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа.*

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



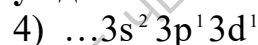
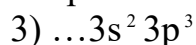
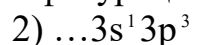
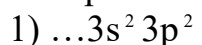
*Напишите необходимые уравнения химических реакций.*

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

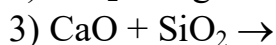
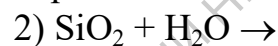
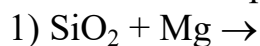


\*\*\*

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

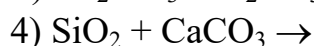
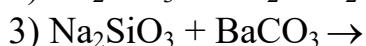
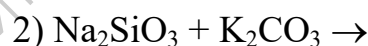
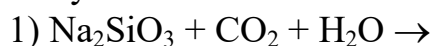


2. Укажите схемы реакций, в которых **SiO<sub>2</sub>** проявляет **кислотные** свойства:



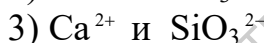
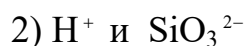
*Напишите уравнения химических реакций для выбранных вариантов ответа.*

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

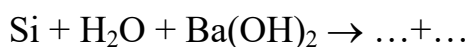


*Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химической реакции.*

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:

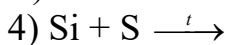
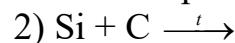
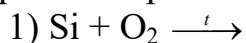
1) 3

2) 2

3) 4

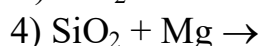
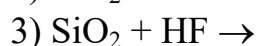
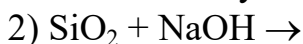
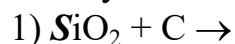
4) 1

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)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$                       2)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$                       3)  $\text{NaCl}$                       4)  $\text{NaNO}_3$

*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)  $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t}$

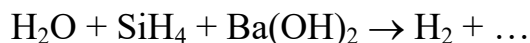
*Для выбранного варианта ответа напишите уравнение химического процесса.*

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)  |  |  |  |  |  |   | <b>H</b> <sup>1</sup><br>1,00797<br>Водород | <b>He</b> <sup>2</sup><br>4,0026<br>Гелий | Обозначение элемента<br>Атомный номер<br><b>Li</b> <sup>3</sup><br>6,939<br>Литий<br>Относительная атомная масса |  |  |
| 2      | 2   | <b>Li</b> <sup>3</sup><br>6,939<br>Литий     | <b>Be</b> <sup>4</sup><br>9,0122<br>Бериллий | <b>B</b> <sup>5</sup><br>10,811<br>Бор         | <b>C</b> <sup>6</sup><br>12,01115<br>Углерод | <b>N</b> <sup>7</sup><br>14,0067<br>Азот     | <b>O</b> <sup>8</sup><br>15,9994<br>Кислород | <b>F</b> <sup>9</sup><br>18,9984<br>Фтор  | <b>Ne</b> <sup>10</sup><br>20,179<br>Неон   |   |  |  |  |
| 3      | 3   | <b>Na</b> <sup>11</sup><br>22,9898<br>Натрий | <b>Mg</b> <sup>12</sup><br>24,305<br>Магний  | <b>Al</b> <sup>13</sup><br>26,9815<br>Алюминий | <b>Si</b> <sup>14</sup><br>28,086<br>Кремний | <b>P</b> <sup>15</sup><br>30,9738<br>Фосфор  | <b>S</b> <sup>16</sup><br>32,064<br>Сера     | <b>Cl</b> <sup>17</sup><br>35,453<br>Хлор | <b>Ar</b> <sup>18</sup><br>39,948<br>Аргон  |   |  |  |  |
| 4      | 4   | <b>K</b> <sup>19</sup><br>39,102<br>Калий    | <b>Ca</b> <sup>20</sup><br>40,08<br>Кальций  | 21 <b>Sc</b><br>44,956<br>Скандий              | 22 <b>Ti</b><br>47,90<br>Титан               | 23 <b>V</b><br>50,942<br>Ванадий             | 24 <b>Cr</b><br>51,996<br>Хром               | 25 <b>Mn</b><br>54,9380<br>Марганец       | 26 <b>Fe</b><br>55,847<br>Железо            | 27 <b>Co</b><br>58,9330<br>Кобальт        | 28 <b>Ni</b><br>58,71<br>Никель  |  |  |
|        | 5   | 29 <b>Cu</b><br>63,546<br>Медь               | 30 <b>Zn</b><br>65,37<br>Цинк                | <b>Ga</b> <sup>31</sup><br>69,72<br>Галлий     | <b>Ge</b> <sup>32</sup><br>72,59<br>Германий | <b>As</b> <sup>33</sup><br>74,9216<br>Мышьяк | <b>Se</b> <sup>34</sup><br>78,96<br>Селен    | <b>Br</b> <sup>35</sup><br>79,904<br>Бром | <b>Kr</b> <sup>36</sup><br>83,80<br>Криптон |   |  |  |  |
| 5      | 6   | <b>Rb</b> <sup>37</sup><br>85,47<br>Рубидий  | <b>Sr</b> <sup>38</sup><br>87,62<br>Стронций | 39 <b>Y</b><br>88,905<br>Иттрий                | 40 <b>Zr</b><br>91,22<br>Цирконий            | 41 <b>Nb</b><br>92,906<br>Ниобий             | 42 <b>Mo</b><br>95,94<br>Молибден            | 43 <b>Tc</b><br>[99]<br>Технеций          | 44 <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутений           | 45 <b>Rh</b><br>102,905<br>Родий          | 46 <b>Pd</b><br>106,4<br>Палладий  |  |  |
|        | 7   | 47 <b>Ag</b><br>107,868<br>Серебро           | 48 <b>Cd</b><br>112,40<br>Кадмий             | 49 <b>In</b><br>114,82<br>Индий                | 50 <b>Sn</b><br>118,69<br>Олово              | 51 <b>Sb</b><br>121,75<br>Сурьма             | 52 <b>Te</b><br>127,60<br>Теллур             | 53 <b>I</b><br>126,9044<br>Иод            | 54 <b>Xe</b><br>131,30<br>Ксенон            |   |  |  |  |
| 6      | 8   | <b>Cs</b> <sup>55</sup><br>132,905<br>Цезий  | <b>Ba</b> <sup>56</sup><br>137,34<br>Барий   | 57 <b>La*</b><br>138,91<br>Лантан              | 72 <b>Hf</b><br>178,49<br>Гафний             | 73 <b>Ta</b><br>180,948<br>Тантал            | 74 <b>W</b><br>183,85<br>Вольфрам            | 75 <b>Re</b><br>186,2<br>Рений            | 76 <b>Os</b><br>190,2<br>Осмий              | 77 <b>Ir</b><br>192,2<br>Иридий           | 78 <b>Pt</b><br>195,09<br>Платина  |  |  |
|        | 9   | 79 <b>Au</b><br>196,967<br>Золото            | 80 <b>Hg</b><br>200,59<br>Ртуть              | 81 <b>Tl</b><br>204,37<br>Таллий               | 82 <b>Pb</b><br>207,19<br>Свинец             | 83 <b>Bi</b><br>208,980<br>Висмут            | 84 <b>Po</b><br>[210]*<br>Полоний            | 85 <b>At</b><br>[210]<br>Астат            | 86 <b>Rn</b><br>[222]<br>Радон              |   |  |  |  |
| 7      | 10  | <b>Fr</b> <sup>87</sup><br>[223]<br>Франций  | <b>Ra</b> <sup>88</sup><br>[226]<br>Радий    | 89 <b>Ac**</b><br>[227]<br>Актиний             | 104 <b>Rf</b><br>[261]<br>Резерфордий        | 105 <b>Db</b><br>[262]<br>Дубний             | 106 <b>Sg</b><br>[263]<br>Сиборгий           | 107 <b>Bh</b><br>[262]<br>Борий           | 108 <b>Hs</b><br>[265]<br>Хассий            | 109 <b>Mt</b><br>[266]<br>Майтнерий       | 110 <b>Ds</b><br>[271]<br>Дармштадтий  |  |  |
|        | 11  | 111 <b>Rg</b><br>[272]<br>Рентгений          | 112 <b>Cn</b><br>[285]<br>Коперниций         | <b>Nh</b> <sup>113</sup><br>[286]<br>Нихоний   | 114 <b>Fl</b><br>114<br>Флеровий             | 115 <b>Mc</b><br>115<br>Московский           | 116 <b>Lv</b><br>116<br>Ливерморий           | 117 <b>Ts</b><br>117<br>Теннессин         | 118 <b>Og</b><br>[294]<br>Оганесон          |   |  |  |  |

|             |                                  |                                      |                                  |                                    |                                   |                                   |                                     |                                   |                                      |                                     |                                  |                                      |                                    |                                     |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Лантаноиды* | 58 <b>Ce</b><br>140,12<br>Церий  | 59 <b>Pr</b><br>140,907<br>Празеодим | 60 <b>Nd</b><br>144,24<br>Неодим | 61 <b>Pm</b><br>[147]*<br>Прометий | 62 <b>Sm</b><br>150,35<br>Самарий | 63 <b>Eu</b><br>151,96<br>Европий | 64 <b>Gd</b><br>157,25<br>Гадолиний | 65 <b>Tb</b><br>158,924<br>Тербий | 66 <b>Dy</b><br>162,50<br>Диспрозий  | 67 <b>Ho</b><br>164,930<br>Гольмий  | 68 <b>Er</b><br>167,26<br>Эрбий  | 69 <b>Tm</b><br>168,934<br>Тулий     | 70 <b>Yb</b><br>173,04<br>Иттербий | 71 <b>Lu</b><br>174,97<br>Лютеций   |
| Актиноиды** | 90 <b>Th</b><br>232,038<br>Торий | 91 <b>Pa</b><br>[231]<br>Протактиний | 92 <b>U</b><br>238,03<br>Уран    | 93 <b>Np</b><br>[237]<br>Нептуний  | 94 <b>Pu</b><br>[244]<br>Плутоний | 95 <b>Am</b><br>[243]<br>Америций | 96 <b>Cm</b><br>[247]<br>Кюрий      | 97 <b>Bk</b><br>[247]<br>Берклий  | 98 <b>Cf</b><br>[252]*<br>Калифорний | 99 <b>Es</b><br>[254]<br>Эйнштейний | 100 <b>Fm</b><br>[257]<br>Фермий | 101 <b>Md</b><br>[257]<br>Менделевий | 102 <b>No</b><br>[255]<br>Нобелий  | 103 <b>Lr</b><br>[256]<br>Лоуренсий |

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



# РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

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

**P** - растворится (>1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)  
**M** - мало растворится (от 0,1 до 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)  
**H** - не растворится (от 0,01 на 1000 г воды)  
**—** - в водной среде разлагается  
**?** - нет достоверных сведений о существовании соединений

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.С. СКИНДИНА

Приложение 3

Константы диссоциации некоторых слабых электролитов при 20°С

| Название                      | Формула                           | $K_1$                | $K_2$                | $K_3$                |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Кислоты</b>                |                                   |                      |                      |                      |
| Азотистая                     | $\text{HNO}_2$                    | $6,9 \cdot 10^{-4}$  |                      |                      |
| Борная (орто)                 | $\text{H}_3\text{BO}_3$           | $7,1 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-13}$ | $1,6 \cdot 10^{-14}$ |
| Бромноватая                   | $\text{HBrO}_3$                   | $2,0 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |
| Бромноватистая                | $\text{HBrO}$                     | $2,2 \cdot 10^{-9}$  |                      |                      |
| Дихромовая                    | $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ |                      | $2,3 \cdot 10^{-2}$  |                      |
| Иодноватая                    | $\text{HIO}_3$                    | $1,7 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |
| Иодноватистая                 | $\text{HIO}$                      | $2,3 \cdot 10^{-11}$ |                      |                      |
| Кремниевая (орто)             | $\text{H}_4\text{SiO}_4$          | $1,3 \cdot 10^{-10}$ | $1,6 \cdot 10^{-12}$ | $2,0 \cdot 10^{-14}$ |
| Марганцовистая                | $\text{H}_2\text{MnO}_4$          | $10^{-1}$            | $7,1 \cdot 10^{-11}$ |                      |
| Муравьиная                    | $\text{HCOOH}$                    | $1,8 \cdot 10^{-4}$  |                      |                      |
| Селеновая                     | $\text{H}_2\text{SeO}_4$          |                      | $1,2 \cdot 10^{-2}$  |                      |
| Серная                        | $\text{H}_2\text{SO}_4$           |                      | $1,15 \cdot 10^{-2}$ |                      |
| Сернистая                     | $\text{H}_2\text{SO}_3$           | $1,4 \cdot 10^{-2}$  | $6,2 \cdot 10^{-8}$  |                      |
| Сероводородная                | $\text{H}_2\text{S}$              | $1,0 \cdot 10^{-7}$  | $2,5 \cdot 10^{-13}$ |                      |
| Тиосерная                     | $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$  | $2,5 \cdot 10^{-1}$  | $1,9 \cdot 10^{-2}$  |                      |
| Угольная                      | $\text{H}_2\text{CO}_3$           | $4,5 \cdot 10^{-7}$  | $4,8 \cdot 10^{-11}$ |                      |
| Уксусная                      | $\text{CH}_3\text{COOH}$          | $1,7 \cdot 10^{-5}$  |                      |                      |
| Фосфористая                   | $\text{H}_3\text{PO}_3$           | $3,1 \cdot 10^{-2}$  | $1,6 \cdot 10^{-7}$  |                      |
| Фосфорная (орто)              | $\text{H}_3\text{PO}_4$           | $7,1 \cdot 10^{-3}$  | $6,2 \cdot 10^{-8}$  | $5,0 \cdot 10^{-13}$ |
| Фтороводородная (плавииковая) | $\text{HF}$                       | $6,2 \cdot 10^{-4}$  |                      |                      |
| Хромовая                      | $\text{H}_2\text{CrO}_4$          | $1,6 \cdot 10^{-1}$  | $3,2 \cdot 10^{-7}$  |                      |
| Щавелевая                     | $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  | $5,6 \cdot 10^{-2}$  | $5,4 \cdot 10^{-5}$  |                      |
| <b>Основания</b>              |                                   |                      |                      |                      |
| Алюминия гидроксид            | $\text{Al}(\text{OH})_3$          |                      |                      | $1 \cdot 10^{-9}$    |
| Аммония гидроксид             | $\text{NH}_4\text{OH}$            | $1,8 \cdot 10^{-5}$  |                      |                      |
| 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) <sub>2</sub> | 2,6·10 <sup>-4</sup>  | 1,1·10 <sup>-5</sup>  |                       |
| Олова (II) гидроксид  | Sn(OH) <sub>2</sub> | 9,8·10 <sup>-10</sup> | 1,2·10 <sup>-12</sup> |                       |
| Ртуты (II) гидроксид  | Hg(OH) <sub>2</sub> | 3,9·10 <sup>-12</sup> | 5·10 <sup>-11</sup>   |                       |
| Свинца(II) гидроксид  | Pb(OH) <sub>2</sub> | 9,6·10 <sup>-4</sup>  | 3,0·10 <sup>-8</sup>  |                       |
| Серебра гидроксид     | AgOH                | 5,0·10 <sup>-3</sup>  |                       |                       |
| Хрома (III) гидроксид | Cr(OH) <sub>3</sub> |                       | 2·10 <sup>-8</sup>    | 7,9·10 <sup>-11</sup> |
| Цинка гидроксид       | Zn(OH) <sub>2</sub> | 1,3·10 <sup>-5</sup>  | 4,9·10 <sup>-7</sup>  |                       |

#### Приложение 4

##### Стандартные электродные потенциалы в водных растворах

В таблице приведены значения стандартных электродных потенциалов ( $E^0$ ) при температуре 25<sup>0</sup>С 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    |

|  |  |         |
|--|--|---------|
| <b>Алюминий</b>                            | $[Al(OH)_4]^- + 3e = Al + 4OH^-$             | -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  |
| <b>Барий</b>                               | $Ba^{2+} + 2e = Ba$                          | -2,900  |
| <b>Бром</b>                                | $Br_2 + 2e = 2Br^-$                          | +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                                       |         |
| <b>Висмут</b>                              | $Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$         | -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 |
| <b>Водород</b>                             | $H_2 + 2e = 2H^-$                            | -2,250  |
|  | $2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$                   | -0,828  |
|  | $2H^+ + 2e = H_2$                            | 0,000   |
|  | $HO_2^- + H_2O + 2e = 3OH^-$                 | +0,880  |
| <b>Железо</b>                              | $Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$                 | -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                                       |         |

|                 |   |        |
|-----------------|---|--------|
| <b>Йод</b>      | $I_2 + 2e = 2I^-$                         | +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 |
| <b>Йод</b>      | $IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$      | +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 |
| <b>Калий</b>    | $K^+ + e = K$                             | -2,925 |
| <b>Кальций</b>  | $Ca(OH)_2 + 2e = Ca + 2OH^-$              | -3,030 |
|                 | $Ca^{2+} + 2e = Ca$                       | -2,866 |
| <b>Кобальт</b>  | $Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$              | -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 |
| <b>Кислород</b> | $O_2 + H_2O + 2e = HO_2^- + OH^-$         | -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 |
| <b>Литий</b>    | $Li^+ + e = Li$                           | -3,030 |
| <b>Магний</b>   | $Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$              | -2,690 |
|                 | $Mg^{2+} + 2e = Mg$                       | -2,363 |
|                 | $Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$       | -1,862 |
| <b>Марганец</b> | $Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$                   | +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 |

|  |  |        |
|--|--|--------|
| <b>Медь</b>                            | $\text{Cu}(\text{CN})_2^- + e = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$                                  | -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 |
| <b>Натрий</b>                          | $\text{Na}^+ + e = \text{Na}$  | -2,714 |
| <b>Никель</b>                          | $\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2e = \text{Ni} + 2\text{OH}^-$                                   | -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 |
| <b>Олово</b>                           | $\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Sn} + 3\text{OH}^-$                     | -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   |        |
| <b>Свинец</b>                          | $\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Pb} + 2\text{OH}^-$                          | -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 |
| <b>Сера</b>                            | $2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$  | -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 |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| <b>Серебро</b>  | $\text{AgNO}_2 + e = \text{Ag} + \text{NO}_2^-$  | +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 |
| <b>Стронций</b>   | $\text{Sr}^{2+} + 2e = \text{Sr}$  | -2,888 |
| <b>Углерод</b>  |  |        |
| <b>Хлор</b>   | $\text{Cl}_2 + 2e = 2\text{Cl}^-$  | +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   |        |
| <b>Хром</b>   | $\text{Cr}^{2+} + 2e = \text{Cr}$  | -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   |        |
| <b>Цезий</b>  | $\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}$  | -2,923 |
| <b>Цинк</b>   | $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} + 2e = \text{Zn}_{(\text{ТВ})} + 4\text{CN}^-$              | -1,260 |
|   | $\text{Zn}(\text{OH})_{2(\text{ТВ})} + 2e = \text{Zn}_{(\text{ТВ})} + 2\text{OH}^-$      | -1,245 |
|   | $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e = \text{Zn}_{(\text{ТВ})} + 4\text{NH}_3$            | -1,040 |
|   | $\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}_{(\text{ТВ})}$  | -0,763 |
|   | $\text{ZnO}_2^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Zn}_{(\text{ТВ})} + 2\text{H}_2\text{O}$   | +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