

Демонстрационный вариант заданий второго этапа по Профилю «Химия и науки о материалах»

Вариант включает 30 заданий, из них 18 заданий начального уровня с одним правильным ответом (верно выполненное задание оценивается в 1 балл), 9 заданий среднего уровня с несколькими правильными ответами (верно выполненное задание оценивается в 4-6 баллов), 3 задания сложного уровня с развернутым ответом (верно выполненное задание оценивается в 10-14 баллов).

В тестовых заданиях правильные ответы выделены **жирным шрифтом**.

Выберите правильный ответ:

Тематический блок 1. Общая и неорганическая химия

Начальный уровень (максимальный балл - 1)

Задача 1. Длина молекулы циановодородной кислоты $6.04 \cdot 10^{-11}$ м. Вычислить дипольный момент молекулы (D). $1D = 3.33 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.

А) 1.45

Б) 2.9

В) $3.33 \cdot 10^{-20}$

Г) $9.66 \cdot 10^{-30}$

Задача 2. Вычислить ионную силу 0.05 М раствора $MgCl_2$

А) 0.125

Б) 0.1

В) 0.15

Г) 0.075

Задача 3. Гальванический элемент состоит из металлического цинка, погруженного в 0.01 М раствор нитрата цинка, и металлической меди, погруженной в 1 М раствор нитрата меди. Рассчитать ЭДС гальванического элемента. Стандартные потенциалы:

$$\varphi^0 (Zn^{2+}/Zn) = -0.76V, \quad \varphi^0 (Cu^{2+}/Cu) = 0.34 V.$$

А) 1.1 В

Б) – 0.42 В

В) – 0.48 В

Г) 1.16 В

Средний уровень сложности (максимальный балл - 6)

Задача 4. Выберите ТРИ показателя, которые усиливают гидролиз ацетата калия

А) добавление в раствор сульфата натрия

Б) увеличение температуры

В) уменьшение концентрации ацетата калия

Г) уменьшение давления

Д) добавление в раствор соляной кислоты

Е) увеличение давления

ONE CLICK TO OPEN ALL DOORS

Критерии оценивания:

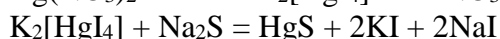
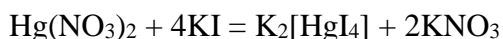
3 правильных ответа – 6 б

2 правильных ответа – 4 б

1 правильный ответ – 2 б

Сложная задача (максимальный балл - 14)

Задача 5. К 200 мл 0,001 моль/л раствора нитрата ртути (II) добавили 50 мл 0,02 моль/л раствора иодида калия. Определите выпадет ли осадок, если к полученному раствору прилить 150 мл 0,002 моль/л раствора сульфида натрия. Табличное значение произведения растворимости сульфида ртути (II) 10^{-52} . Потерями пренебречь. Ответ подтвердить расчетами.

Решение:

$$n(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = c \cdot V = 0,2 \text{ л} \cdot 0,001 \text{ моль/л} = 0,0002 \text{ моль}$$

$$n(\text{KI}) = c \cdot V = 0,05 \text{ л} \cdot 0,02 \text{ моль/л} = 0,001 \text{ моль} \quad - \text{избыток}$$

$$n(\text{K}_2[\text{HgI}_4]) = n(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,0002 \text{ моль}$$

После реакции 1:

$$V_{\text{раствора}} = 200 \text{ мл} + 50 \text{ мл} = 250 \text{ мл} = 0,25 \text{ л}$$

$$n(\text{K}_2[\text{HgI}_4]) = 0,0002 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{S}) = c \cdot V = 0,15 \text{ л} \cdot 0,002 \text{ моль/л} = 0,0003 \text{ моль} \quad - \text{избыток}$$

$$n(\text{HgS}) = n(\text{K}_2[\text{HgI}_4]) = 0,0002 \text{ моль}$$

После реакции 2:

$$V_{\text{раствора}} = 250 \text{ мл} + 150 \text{ мл} = 400 \text{ мл} = 0,4 \text{ л}$$

$$n(\text{Hg}^{2+}) = n(\text{HgS}) = 0,0002 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}^{2-}) = n(\text{HgS}) = 0,0002 \text{ моль}$$

$$c(\text{Hg}^{2+}) = \frac{n}{V} = \frac{0,0002}{0,4} = 0,0005 \text{ моль/л}$$

$$c(\text{S}^{2-}) = \frac{n}{V} = \frac{0,0002}{0,4} = 0,0005 \text{ моль/л}$$

$$\text{ПР}_{\text{HgS}} = [\text{Hg}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 0,0005 \cdot 0,0005 = 2,5 \cdot 10^{-7}$$

$2,5 \cdot 10^{-7} > \text{ПР}_{\text{табличное}}$, осадок образуется.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА:	Баллы
$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{KI} = \text{K}_2[\text{HgI}_4] + 2\text{KNO}_3$ $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{Na}_2\text{S} = \text{HgS} + 2\text{KI} + 2\text{NaI}$	2
Расчет количеств исходных веществ $n(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = c \cdot V = 0.2 \text{ л} \cdot 0.001 \text{ моль/л} = 0.0002 \text{ моль}$ $n(\text{KI}) = c \cdot V = 0.05 \text{ л} \cdot 0.02 \text{ моль/л} = 0.001 \text{ моль}$ $n(\text{Na}_2\text{S}) = c \cdot V = 0.15 \text{ л} \cdot 0.002 \text{ моль/л} = 0.0003 \text{ моль}$	3 (3*1)
Расчет количеств продуктов реакции: $n(\text{K}_2[\text{HgI}_4]) = n(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.0002 \text{ моль}$ $n(\text{HgS}) = n(\text{K}_2[\text{HgI}_4]) = 0.0002 \text{ моль}$	2 (2*1)
Расчет количеств ионов: $n(\text{Hg}^{2+}) = n(\text{HgS}) = 0.0002 \text{ моль}$ $n(\text{S}^{2-}) = n(\text{HgS}) = 0.0002 \text{ моль}$	2(2*1)
Расчет концентраций ионов: $c(\text{Hg}^{2+}) = \frac{n}{V} = \frac{0.0002}{0.4} = 0.0005 \text{ моль/л}$ $c(\text{S}^{2-}) = \frac{n}{V} = \frac{0.0002}{0.4} = 0.0005 \text{ моль/л}$	2 (2*1)
$\text{IP}_{\text{HgS}} = [\text{Hg}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 0.0005 \cdot 0.0005 = 2.5 \cdot 10^{-7}$	2
Осадок образуется.	1
Максимальный балл	14

Тематический блок 2. Физическая химия**Начальный уровень (максимальный балл - 1)****Задача 6.** (Тема: второй и третий закон термодинамики)Изменение энтропии (ΔS) при обратимом и изотермическом расширении гелия от 2 до 50 л составляет 57 Дж/К. Рассчитайте массу гелия, участвующую в данном процессе.

- А) 2 кг
 Б) 3 г
 В) 0.57 г
 Г) **10 г**

Решение:

Изменение энтропии на 1 моль при обратимом и изотермическом расширении идеального газа можно найти по формуле:

$$\Delta \bar{S} = R \cdot \ln(V_2/V_1) = 8,314 \cdot \ln(50/2) = 26.76 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$$

Количество вещества гелия, участвующее в процессе

$$\nu(\text{He}) = \Delta S / \Delta \bar{S} = 57/22.76 = 2.5 \text{ моль}$$

масса гелия равна

$$m(\text{He}) = \nu(\text{He}) \cdot M(\text{He}) = 2.5 \text{ моль} \cdot 4 \text{ г/моль} = \mathbf{10,0 \text{ г}}$$

Задача 7. (Тема: уравнение Клаузиуса – Клапейрона)Температура кипения уксусной кислоты при 760 мм рт.ст. составляет 391 К. При какой температуре будет кипеть уксусная кислота если давление понизить до 300 мм рт.ст.? $\Delta H_{\text{исп}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 24.35 \text{ кДж/моль}$.

- А) **348 К**
 Б) 500 К
 В) 91 К
 Г) 760 К

Решение:

Подставляем известные данные в уравнение Клаузиуса-Клапейрона

$$\ln(P_2/P_1) = \Delta H_{\text{исп}}/R \cdot (1/T_1 - 1/T_2)$$

$$\ln(300/760) = 24350/8.31 \cdot (1/391 - 1/T_2)$$

$$-0.930 = 2930/391 - 2930/T_2$$

$$-8.424 = -2930/T_2$$

$$T_2 = \mathbf{348 \text{ К}}$$

Задача 8. (Тема: химические равновесия)Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{NO} + 0.5\text{Cl}_2 = \text{NOCl}$ при температуре 25 °С, если $\Delta G_{298}^f(\text{NO}) = 87.58 \text{ кДж/моль}$; $\Delta G_{298}^f(\text{NOCl}) = 39.37 \text{ кДж/моль}$.

- А) 0,02
 Б) **$2.85 \cdot 10^8$**
 В) 500
 Г) $3.5 \cdot 10^{-9}$

Решение:

$$\Delta G_{298}^r = \Delta G_{298}^f(\text{NOCl}) - \Delta G_{298}^f(\text{NO}) = 39.37 - 87.58 = -48.21 \text{ кДж/моль}$$

$$K_p = e^{(-\Delta G_{298}^r/R/T)} = e^{(96360/8.31/298)} = e^{19.5} = 2.85 \cdot 10^8$$

Средний уровень сложности (макс 5 баллов)

Задача 9. (Тема: химическая кинетика)

Выберите **ДВА** правильных утверждения для обратимой реакции, которая протекает по механизму $A \leftrightarrow B$.

А) концентрация вещества А уменьшается со временем и достигает постоянного значения

Б) концентрация вещества В уменьшается со временем до нулевого значения

В) кинетическое уравнение этой реакции имеет вид $d[A]/dt = -k_{\text{пр}}[A] + k_{\text{обр}}[B]$

Г) равновесная концентрация вещества В всегда будет больше концентрации вещества А

Д) зависимость концентрации вещества В от времени является линейной

5 баллов – 2 правильных ответа

2 балла – 1 правильный ответ

Сложная задача (макс 12 баллов)

Задача 10. (Тема: электропроводность растворов электролитов)

0.232 г NaCl растворили в 2 л дистиллированной воды, удельная электропроводность этого раствора оказалась равной $24.6 \text{ мСм} \cdot \text{м}^{-1}$ при 25°C , рассчитайте:

1) молярную электропроводность исходного раствора.

2) удельную электропроводность раствора NaCl, если к исходному раствору добавить 1 л воды.

3) молярную электропроводность раствора NaCl при бесконечном разбавлении и кажущуюся степень диссоциации исходного раствора соли в воде, если известно, что $\Lambda_0(\text{Na}^+) = 50,1 \text{ См} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^2$ и $\Lambda_0(\text{Cl}^-) = 76,4 \text{ См} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^2$.

Решение:

1) молярная и удельная электропроводности связаны уравнением:

$$\Lambda = \frac{\chi}{C}$$

Найдём молярную концентрацию NaCl в исходном растворе

$$C_1 = m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl})/V(\text{H}_2\text{O}) = 0.232/58/2 = 0.002 \text{ моль/л} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

Переведем концентрацию в СИ

$$C_1 = 2 \text{ моль/м}^3$$

Рассчитаем молярную электропроводность

$$\Lambda = 24.6 \text{ мСм} \cdot \text{м}^{-1} / 2 \text{ моль/м}^3 = 12.3 \text{ мСм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^2 = 0.0123 \text{ См} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^2 \dots\dots\dots 3 \text{ балла}$$

2) Для разбавленных растворов удельная концентрация прямо пропорциональна концентрации

$$C_2 = C_1 \cdot (2+1)/2 = 0.002 \cdot 2/(2+1) = 0.00133 \text{ моль/л}$$

ONE CLICK TO OPEN ALL DOORS

$$\chi_2 = \chi \cdot \frac{C_2}{C_1} = (24.6 \text{ мСм} \cdot \text{м}^{-1}) \cdot 0.00133 / 0.002 = 16.4 \text{ мСм} \cdot \text{м}^{-1} \dots\dots\dots 4 \text{ балла}$$

3) молярную электропроводность раствора NaCl при бесконечном разбавлении рассчитываем по уравнению закона Кольрауша:

$$\Lambda_0 = \Lambda_0(\text{Na}^+) + \Lambda_0(\text{Cl}^-) =$$

$$= 50.1 + 76.4 = 126.5 \text{ См} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^2 = 0.01265 \text{ См} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^2 \dots\dots\dots 2 \text{ балла}$$

Кажущаяся степень диссоциации рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{каж}} = \frac{\Lambda \cdot 100\%}{\Lambda_0} = \frac{0.0123 \cdot 100\%}{0.01265} = 97\% \dots\dots\dots 2 \text{ балла}$$

Тематический блок 3. Органическая химия**Начальный уровень (максимальный балл - 1)**

Задача 11. Выберите дисахарид, способный к мутаротации:

- 1) этил-β-целлобиозид
- 2) метил-α-лактозид
- 3) мальтоза**
- 4) этил- β -мальтозид
- 5) сахароза

Решение:

Мутаротация – изменение величины оптического вращения растворов оптически активных соединений за счет эпимеризации полуацетального атома углерода.

Мутаротация характерна для моносахаридов, восстанавливающих дисахариды.

Редуцирующие дисахариды (лактоза, мальтоза, целлобиоза) имеют свободную полуацетальную гидроксильную группу, которая сохраняет способность к размыканию цикла. Невосстанавливающие дисахариды (сахароза, трегалоза) не имеют гидроксильной группы ни в одном аномерном центре, вследствие чего не мутаротизируются. Гликозиды также не способны к мутаротации.

Задача 12. 3-аминобензальдегид при охлаждении взаимодействует с нитритом натрия в присутствии серной кислоты. При нагревании полученного раствора до стандартной температуры образуется:

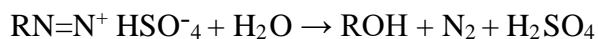
- 1) 3-гидроксибензальдегид**
- 2) 3-гидроксибензойная кислота
- 3) 3-нитробензойная кислота
- 4) 3-аминофенол
- 5) 3-аминобензойная кислота

Решение:

Реакция диазотирования представляет собой взаимодействие ароматических аминов с азотной кислотой с образованием ароматических диазных соединений. Реакция диазотирования протекает на холоде, как правило, при температуре от 0 до 5°C. Обычно для диазотирования используют нитрит натрия (NaNO₂) в присутствии избытка неорганической кислоты, в результате реакции образуются соли диазония:



Диазо соединения очень нестабильны и разлагаются через короткое время в водном растворе, особенно легко при нагревании с образованием фенолов:



Задача 13. Все утверждения для холевой кислоты верны, за исключением того, что



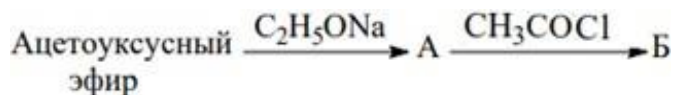
- 1) образует синее соединение с гидроксидом меди (II)
- 2) образует сложный эфир при взаимодействии с этанолом в кислой среде
- 3) окисляется оксидом хрома (VI)
- 4) содержит 24 атома углерода
- 5) является одноосновной кислотой

Решение:

Холевая кислота ($C_{24}H_{40}O_5$) – одноосновная (содержит одну группу $COON$) триоксикислота. Относится к желчным кислотам. Реагирует этерификацией со спиртами. При тщательном окислении оксидом хрома (VI) или хромовой кислотой образует дегидрохолевую кислоту ($C_{24}H_{34}O_5$). Холевая кислота образует, как и крахмал, синее соединение с йодом.

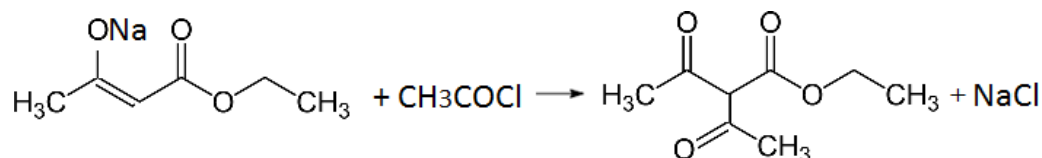
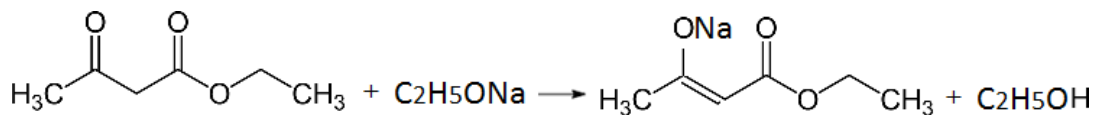
Средний уровень сложности (максимальный балл - 5)

Задача 14. Заполните диаграмму трансформации. В ответе укажите молекулярную массу вещества Б:



Ответ 172 г/моль

Решение:



Молекулярная масса $M(C_8H_{12}O_4) = 172$

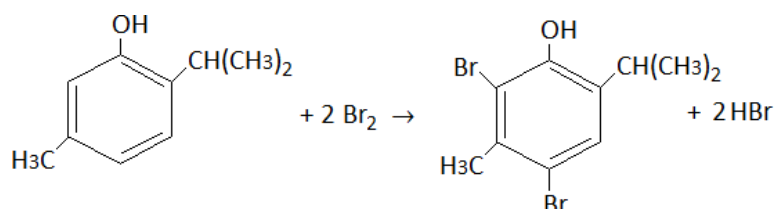
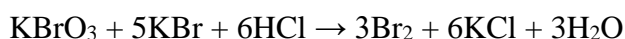
Указаны вещества А и Б (и/или записаны реакции) – 4 балла

Определена молекулярная масса вещества Б – 1 балл

Задача 15. Тимол (2-изопропил-5-метилфенол) используется в медицине как антисептическое, противомикробное средство. Для количественного определения содержания тимола в веществе применяют метод броматометрического титрования по методу: суспензию вещества массой 0.500 г растворяют в растворе гидроксида натрия в мерной колбе объемом 100 мл, объем раствора доводят до отметки дистиллированной водой. Для титрования отбирают пробу объемом 10.0 мл, переносят в колбу для титрования, добавляют избыток бромиды калия и соляной кислоты, индикатор метиловый оранжевый и титруют стандартным 0.0167 М раствором бромата калия до исчезновения розового окрашивания. На титрование расходовали 11.93 мл раствора бромата калия. Рассчитайте массовую долю тимола (в %) в веществе. Округлите ответ до десятых долей процента.

Ответ 89.8

Решение



Количество бромата калия, потребляемого для титрования:

$$v(\text{KBrO}_3) = 0.0167 \text{ моль/л} \cdot 11.93 \text{ мл} = 0.1993 \text{ ммоль};$$

Количество тимола в образце для титрования:

$$v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 0.1993 \text{ ммоль} \cdot 3/2 = 0.2989 \text{ ммоль} \dots\dots\dots 2 \text{ балла}$$

Масса тимола в образце для титрования:

$$m(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 150.22 \text{ г/моль} \cdot 0.2989 \text{ ммоль} = 44.9 \text{ мг} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

Масса тимола в образце:

$$m(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 44.9 \text{ мг} \cdot 100/10 = 449 \text{ мг} = 0.449 \text{ г} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

Массовая доля тимола в образце:

$$\omega(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = (0.449/0.500) \cdot 100\% = 89.8\% \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

Тематический блок 4. Аналитическая химия**Начальный уровень (максимальный балл - 1)**

Задача 16. Ионы свинца являются потенциальным токсикантом, что обуславливает важность разработки чувствительных методов их идентификации и количественного определения в исследуемых образцах. Рассчитайте предел обнаружения ионов свинца (II) в растворе, если максимальная концентрация ионов свинца в растворе составляет $4 \cdot 10^{-6}$ г/мл, а минимальный объем исследуемого раствора равен 0.025.

- 1) 0.05
- 2) **0.1**
- 3) 0.25
- 4) 0.40
- 5) 0.75

Решение:

Предел обнаружения (минимальное открытие) m - наименьшая масса определяемого иона, которая однозначно открывается этой реакцией по данной методике в минимальном объеме чрезвычайно разбавленного раствора. Выражается в мкг.

Предельная концентрация – это наименьшая концентрация обнаруженного иона в анализируемом растворе, при которой ион может быть обнаружен этой реакцией.

Выражается в г/мл.

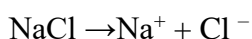
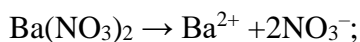
$$m(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{lim}) \cdot V(\text{min}) \cdot 10^6 = 4.0 \cdot 10^{-6} \cdot 0.025 \cdot 10^6 = \mathbf{0.1 \text{ мкг.}}$$

Задача 17. Рассчитайте ионную силу раствора, содержащего 0.010 моль нитрата бария и 0.1 моль хлорида натрия в 1 литре раствора. Выберите правильный ответ.

- 1) 0.26
- 2) **0.13**
- 3) 0.23
- 4) 0.11
- 5) 0.14

Решение:

I – ионная сила раствора определяется как половина суммы произведений концентраций ионов на квадраты их зарядов.



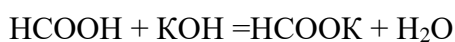
$$I = 0.5 \cdot (0.01 \cdot 2^2 + 2 \cdot (0.01) \cdot 1^2 + 0.1 \cdot 1^2 + 0.1 \cdot 1^2) = \mathbf{0.13}$$

Задача 18. Смешали 150 мл 0.200 моль/л раствора метановой кислоты и 50 мл 0.400 моль/л раствора гидроксида калия. Рассчитайте значение рН полученного раствора. Выберите правильный ответ.

- 1) 4.05
- 2) 3.75
- 3) 3.25
- 4) 4.55
- 5) 4.75

Решение:

При смешении растворов метановой кислоты и гидроксида калия происходит реакция:



Чтобы произвести расчеты, необходимо выяснить, какой из реагентов берется в избытке, а какой в недостатке.

Вычисляем количество вещества метановой кислоты и гидроксида калия в исходных растворах.

$$n(\text{НСООН}) = 0.200 \cdot 0.15 = 0.0300 \text{ моль}$$

$$n(\text{КОН}) = 0.400 \cdot 0.05 = 0.0200 \text{ моль}$$

Гидроксид калия берется в недостатке, поэтому в растворе после реакции присутствует непрореагировавшая слабая кислота и ее соль:

$$n(\text{НСООН}) = 0.0300 - 0.0200 = 0.0100 \text{ моль}$$

$$n(\text{НСООК}) = n(\text{КОН}) = 0.0200 \text{ моль}$$

В растворе образуется **буферная система:**

$$\text{pH} = 3.75 - \lg(0.0100 \cdot V_{\text{sum}}) / (0.0200 \cdot V_{\text{sum}}) = \mathbf{4.05}$$

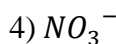
Средний уровень сложности

Задача 19. (максимальный балл – 5) Для анализа выдан желтый прозрачный раствор. С отдельными порциями раствора были проведены следующие испытания:

- при действии раствором гексацианоферрата калия (II) образовался темно-синий осадок «берлинской лазури»,
- при действии раствором тиоцианата калия появилось кроваво-красное окрашивание,
- при действии раствора нитрата серебра образуется осадок, который полностью растворяется в концентрированном растворе аммиака.

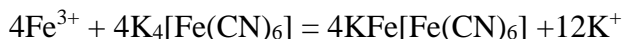
Выделите ионы, присутствие которых в растворе обеспечило протекание этих реакций.

Запишите реакции.



Решение:

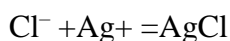
1) Желтая кровавая соль (гексацианоферрат калия (II)) взаимодействует с ионами железа (III), образуя темно-синий осадок «берлинской лазури».



2) Кроме того, ионы железа (III) взаимодействуют с роданидом калия (тиоцианатом) с образованием красного осадка роданида железа.



3) Под действием нитрата серебра образуется осадок, который полностью растворялся в концентрированном растворе аммиака

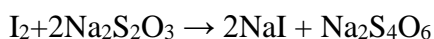
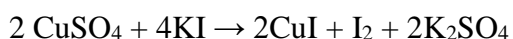


Элемент решения	Баллы
Ионы выбраны из списка	1
$4Fe^{3+} + 4K_4[Fe(CN)_6] = 4KFe[Fe(CN)_6] + 12K^+$	2
$Fe^{3+} + 3CNS^- = Fe(CNS)_3$	
$Cl^- + Ag^+ = AgCl$	2
$AgCl + 2NH_3 \cdot H_2O = [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O$	
Максимальный балл	5

Задача 20. (максимальный балл – 6) Медный купорос применяется в медицине как антисептик, оказывает вяжущее, прижигающее, эритропозитическое местное действие. В малых дозах он действует как катализатор, ускоряющий образование гемоглобина, поэтому применяется для лечения анемии одновременно с приемом препаратов железа. Техническую пробу пентагидрата сульфата меди (II) массой 1.85 г растворяют в воде, переносят в мерную колбу объемом 50.0 мл и доводят до отметки дистиллированной водой. К образцу раствора объемом 5.0 мл добавляют 10.0 мл 10% раствора йодида калия и 2 мл раствора серной кислоты концентрацией 1 моль/л, накрывают стеклом и оставляют на некоторое время до завершения реакции. Полученную смесь титруют раствором тиосульфата натрия концентрацией 0.25 моль/л до бледно-желтого цвета. Добавляют 5 капель раствора крахмала и продолжают титрование до тех пор, пока раствор не обесцветится. Всего было добавлено 2.6 мл раствора тиосульфата натрия. Напишите уравнения реакции и рассчитайте массовую долю сульфата меди в исходном образце.

Решение:

1) Уравнения реакции:



2) Количество вещества тиосульфата натрия:

$$v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.25 \cdot 2.6 = 0.65 \text{ ммоль}$$

3) Количество вещества сульфата меди (II):

$$v(\text{CuSO}_4) = v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.65 \text{ ммоль (в аликвотной доле)}$$

$$v(\text{CuSO}_4) = 0.65 \cdot 50/5 = 6.5 \text{ ммоль} = 0.0065 \text{ моль (в растворе)}$$

4) Массовая доля сульфата меди (II) в исходном образце:

$$m(\text{CuSO}_4) = 0.0065 \cdot 159.6 = 1.037 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = 1.037 / 1.85 = 0.5608 (56.08 \%)$$

Ответ: 0.5608 (56.08 %)

Элемент решения	Баллы
Записаны уравнения реакций	2
Рассчитано количество вещества тиосульфата натрия	2
Рассчитано количество вещества сульфата меди (II)	
Определена массовая доля сульфата меди (II) в исходном образце	2
Максимальный балл	6

Тематический блок 5. Химия твердого тела**Начальный уровень (максимальный балл - 1)****Задача 21.** (Тема: плотнейшие упаковки)

Гексагональная плотнейшая упаковка описывается последовательностью...

- А) *ABCDEF*
 Б) *ABCABC*
 В) *ABCABA*
 Г) *ABABAB*

Задача 22. (Тема: электронная и дырочная проводимость)Чему равна подвижность дырок кремния легированного алюминием в концентрации 10^{-8} атомов, если его электропроводность $\kappa = 4.0 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. ($\rho(\text{Si}) = 2.4 \text{ г/см}^3$).

- А) **0.0485 м²/В·с**
 Б) 0.5 м²/В·с
 В) 4 м²/В·с
 Г) 10^{-4} м²/В·с

Решение:

$$\mu = \frac{\kappa \cdot M(\text{Si}) \cdot 10^{-6}}{1 \text{ см}^3 \cdot \rho(\text{Si}) \cdot N_A \cdot 10^{-8} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}} = 0.0485 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$$

Задача 23. (Тема: свойства твёрдых веществ и их взаимосвязь со структурой объёма)Чему равна плотность кристаллов NaCl, если он кристаллизуется в кубической решетке с параметром $a = 5.64 \text{ \AA}$, а на решетку приходится 4 формульные единицы?

- А) 10.27 г/см³
 Б) **2.163 г/см³**
 В) 0.564 г/см³
 Г) 7.074 г/см³

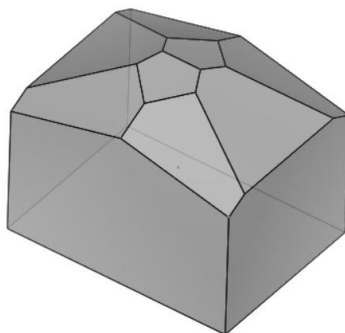
Решение:

$$\rho = \frac{n \cdot M}{N_A \cdot a^3} = \frac{4 \cdot 58.443}{6.023 \cdot 10^{23} \cdot (5.64 \cdot 10^{-8})^3} = 2.163 \text{ г/см}^3$$

Средний уровень сложности (максимальный балл – 5)

Задача 24. (Тема: операции и элементы симметрии)

Выберите **ДВЕ** операции симметрии, которыми обладает фигура, изображенная на рисунке.



- А) ось симметрии второго порядка
- Б) ось симметрии четвертого порядка
- В) плоскость симметрии**
- Г) центр симметрии
- Д) ось инверсии шестого порядка

5 баллов – 2 правильных ответа

2 балла – 1 правильный ответ

Задача 25. (Тема: точечные дефекты и взаимосвязь их концентрации с составом атмосферы над образцом)

Выберите **ДВА** верных утверждения. Чтобы получить образец оксида никеля с анионными вакансиями необходимо проводить синтез...

- 1) в атмосфере O_2
- 2) в атмосфере CO**
- 3) в атмосфере O_3
- 4) в атмосфере H_2**
- 5) состав атмосферы не влияет на образование анионных вакансий

5 баллов – 2 правильных ответа

2 балла – 1 правильный ответ

Тематический блок 6. Науки о материалах

Начальный уровень (максимальный балл - 1)

Задача 26. Какие типы инденторов используется в методе Роквелла.

- А) Стальной шарик
- Б) Стальной шарик и алмазный конус**
- В) Алмазная пирамидка
- Г) Стальной шарик и алмазная пирамидка

Задача 27. Какие виды решеток Браве могут существовать в кубической сингонии?

- А) Примитивная, объемно-центрированная, гранецентрированная**
- Б) Примитивная, объемно-центрированная
- В) Примитивная, базоцентрированная
- Г) Примитивная, гранецентрированная

Задача 28. Образец дентинной стоматологической керамики длиной 10.0 мм подвергли равномерному обжигу. Длина обожженного образца составила 8.7 мм. Определите линейную усадку образца при обжиге (в %).

- А) 10
- Б) 13**
- В) 15
- Г) 17

Средний уровень сложности (максимальный балл – 4)

Задача 29. Образец акриловой базисной пластмассы горячего отверждения в виде цилиндра диаметром 50 мм и толщиной 5 мм выдержали в дистиллированной воде при температуре 37⁰С в течении 170 часов и взвесили. Масса образца составила 11,579 г. После полного высушивания образца в эксикаторе масса составила 11,365 г. Определите водопоглощение(W_B) полимера (в мкг/мм³, ответ округлите до целого числа), если по ГОСТ Р 31572-2012: $W_B = \Delta m / V$.

Ответ: 22

Сложная задача (макс 10 баллов)

Задача 30. Начальная длина образца равна 10 мм, начальный диаметр 3 мм, после растяжения диаметр образца уменьшился до 2 мм. Определите конечную длину образца.

Решение

Закон постоянства объёма $F_0 l_0 = F_k l_k$; F_0 – начальная площадь поперечного сечения образца; F_k – конечная (после испытания) площадь поперечного сечения образца; l_0 – начальная длина образца; l_k – конечная (после испытания) длина образца;

$$F_0 \text{ цилиндрического образца} = (\pi \times d_0^2) / 4 = (3.14 \times 3^2) / 2 = 14.13 \text{ мм}^2$$

$$F_k \text{ цилиндрического образца} = (\pi \times d_k^2) / 4 = (3.14 \times 2^2) / 2 = 6.28 \text{ мм}^2$$

$$F_0 l_0 = F_k l_k \Rightarrow l_k = (F_0 l_0) / F_k = (14.13 \times 10) / 6.28 = 22.5 \text{ мм}$$

Ответ: $l_k = 22.5$ мм.

- Записать закон постоянства объема $F_{0l_0} = F_{kl_k}$ 5 баллов;
Записать формулу для расчета площади сечения цилиндрического образца $F_0 = (\pi \times d_0^2)/4$
.....3 балла;
Подстановка численных значений в формулы.....1 балл;
Определение конечной длины образца 1 балл.