

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА
для 10 классов муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии
2025 - 2026 учебный год**

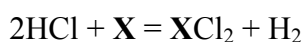
По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (10 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

ЗАДАНИЕ 1 Решение

Навеску смеси порошков металлов массой 2,5 г, содержащей цинк, медь и металл X обработали избытком крепкого раствора едкого кали. При этом выделилось 224 мл (н.у.) газа. Затем твёрдый остаток обработали концентрированной азотной кислотой на холоду до полного прекращения выделения газа. Нерастворившийся остаток массой 1,4 г может прореагировать с 10 мл 16,85%-ой соляной кислоты ($d = 1,0819$ кг/л) с выделением 560 мл (н.у.) газа.

- 1) Определите металл X, ответ подтвердите расчётом.
- 2) Напишите уравнения описанных в задаче химических превращений. Определите состав смеси (массовые доли металлов).

1) Очевидно, что при обработке смеси раствором едкого кали происходит растворение цинка. Дальнейшее действие холодной концентрированной азотной кислоты приводит к растворению меди. Нерастворившимся остатком является металл X. Можно предположить, что X – это железо, хром или марганец (устойчивость к действию щелочей и пассивация в концентрированной азотной кислоте). Предположение можно подтвердить расчётом. Пусть при действии соляной кислоты на металл происходит окисление металла до степени окисления +2, тогда уравнение выглядит следующим образом:



откуда можно получить:

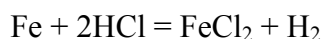
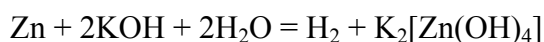
$$n(\text{X}) = n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{0,560}{22,4} = 0,025 \text{ (моль)}$$

тогда молярная масса металла X:

$$M(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{n(\text{X})} = \frac{1,4}{0,025} = 56 \text{ (г/моль)}$$

Таким образом, X – это железо Fe.

- 2) Уравнения описанных в задаче процессов:



(если последнее уравнение отсутствует, но записано уравнение из п. 1 и указано, что X – это железо, то оно может быть засчитано в качестве правильного ответа на п. 2)

Рассчитаем массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m_{\text{сплава}}} = \frac{1,4}{2,5} = 0,56 \Leftrightarrow 56\%$$

Используя первое уравнение, найдём массу цинка:

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{0,224}{22,4} = 0,010 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn}) = 0,01 \cdot 65 = 0,65 \text{ (г)}$$

$$\omega(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{m_{\text{сплава}}} = \frac{0,65}{2,5} = 0,26 \Leftrightarrow 26\%$$

Массовую долю меди определим через массовые доли цинка и железа:

$$\omega(\text{Cu}) = 100\% - \omega(\text{Zn}) - \omega(\text{Fe}) = 100\% - 26\% - 56\% = 18\%$$

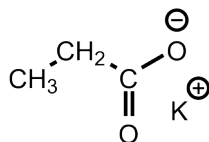
Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- определен металл X - ответ подтверждён расчётом	2 балла за верное определение металла X. 6 баллов за правильный расчёт.
2)	- составлены уравнения трёх описанных превращений - верно определены массовые доли металлов в смеси	- по 2 балла за каждое уравнение, в сумме 6 баллов. - по 2 балла за каждый металл, в сумме 6 баллов.
В сумме:		20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 2 Решение

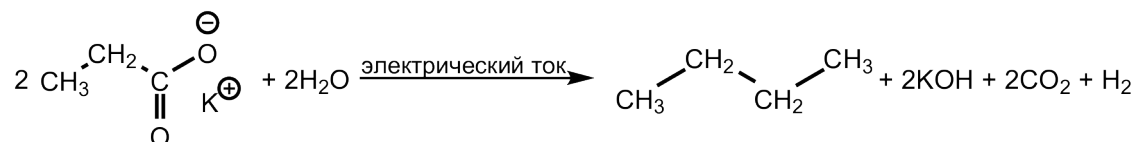
Водный раствор пропионата калия массой 716,80 грамма подвергли электролизу на платиновых электродах до полного разложения соли. Полученную газовую смесь пропустили через насыщенный раствор гидроксида бария. В результате выпало 63,04 грамма осадка.



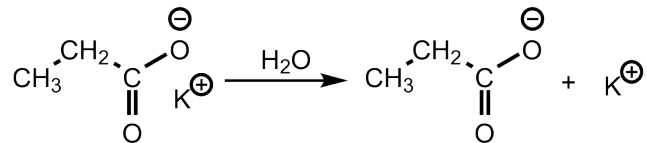
Структурная формула пропионата калия

- 1) Напишите уравнение электролиза водного раствора пропионата калия. Приведите схемы процессов, происходящих на аноде и на катоде. Какое органическое вещество выделяется в ходе электролиза?
- 2) Вычислите массовую долю пропионата калия в исходном растворе.
- 3) Определите объём органического вещества (в литрах), который выделился в результате электролиза ($t = 22^\circ\text{C}$, $p = 784 \text{ мм рт. ст.}$).

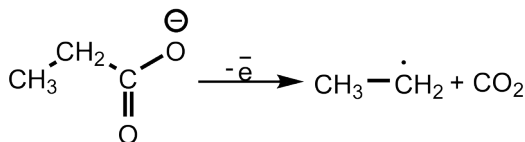
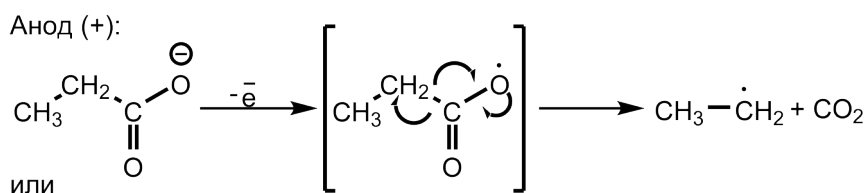
- 1) Запишем уравнение электролиза водного раствора пропионата калия (реакция Кольбе):



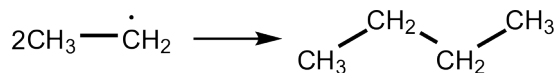
Растворяясь в воде, пропионат калия диссоциирует:



При протекании тока на аноде происходит декарбоксилирование пропионат-аниона с образованием радикалов:

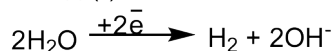


Затем:



На катоде восстанавливается вода:

Катод (-):

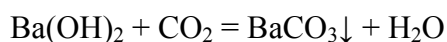


Поскольку в области катодного пространства также находятся ионы калия, то в растворе образуется щёлочь.

В результате в ходе электролиза выделяется органическое вещество – бутан.

На практике возможно образование побочных продуктов (спирты, эфиры, продукты диспропорционирования алкильных радикалов и т.п.), однако в рассматриваемом случае их доля, как правило, незначительна.

- 2) Из всех газов, входящих в состав образующейся смеси, в реакцию с баритовой водой вступит только углекислый:



Отсюда $n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3)$.

$$n(\text{BaCO}_3) = \frac{m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{BaCO}_3)} = \frac{63,04}{197} = 0,32 \text{ (моль)} = n(\text{CO}_2)$$

По уравнению $n(\text{CO}_2) = n(\text{EtCOOK}) = 0,32$ (моль), тогда масса пропионата калия:

$$m(\text{EtCOOK}) = M(\text{EtCOOK}) \cdot n(\text{EtCOOK}) = 112 \cdot 0,32 = 35,84 \text{ (г)}$$

Зная массу раствора и массу соли, найдём массовую долю пропионата калия в растворе:

$$\omega(\text{EtCOOK}) = \frac{m(\text{EtCOOK})}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{35,84}{716,80} = 0,05 \Leftrightarrow 5\%$$

3) Определим объём бутана, выделившегося в ходе электролиза.

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,5n(\text{CO}_2) = 0,32 \cdot 0,5 = 0,16 \text{ (моль)}$$

Воспользуемся уравнением состояния идеального газа:

$$pV(\text{C}_4\text{H}_{10}) = n(\text{C}_4\text{H}_{10})RT$$

откуда:

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{n(\text{C}_4\text{H}_{10})RT}{p}$$

Подстановка величин требует перехода к СИ и абсолютной температуре:

$$p = 784 \cdot 133,32 = 104523 \text{ Па}$$

$$T = 22 + 273 = 295 \text{ К}$$

Тогда:

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{n(\text{C}_4\text{H}_{10})RT}{p} = \frac{0,16 \cdot 8,314 \cdot 295}{104523} = 0,00375 \text{ (м}^3\text{)}$$

Перейдём к объёму в литрах:

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,00375 \cdot 1000 = 3,75 \text{ л}$$

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- записано уравнение электролиза раствора пропионата калия - приведены схемы анодного и катодного процессов - указано, что в ходе электролиза выделяется бутан	3 балла; 1,5 балла за уравнение с ошибкой в коэффициентах 1 балл за катодный процесс, 3 балла за анодный процесс 1 балл за указание на выделение в ходе электролиза бутана
2)	рассчитана массовая доля пропионата калия в исходном растворе	6 баллов; 3 балла за решение с арифметической ошибкой, не искажающей смысла
3)	определён объём бутана	6 баллов; 3 балла за решение с

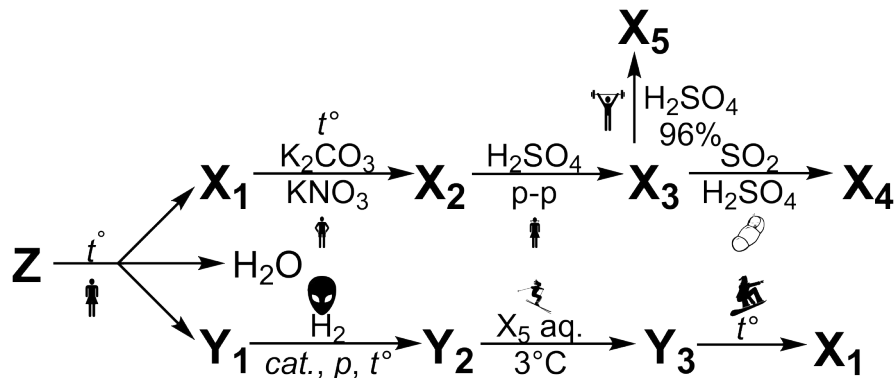
		арифметической ошибкой, не искажающей смысла; 0 баллов за решение с ошибкой в переводе единиц измерения
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 3 Решение

Неорганическая соль **Z** состоит из атомов 4-х химических элементов: водорода, металла **A**, неметалла **B** и кислорода. При нагревании она разлагается с образованием трёх веществ: оксида **X₁**, воды и простого вещества **Y₁**.

Оксид **X₁** затем при спекании со смесью нитрата калия и поташа может быть превращён в вещество **X₂**, которое при подкислении превращается в **X₃** с изменением окраски раствора. **X₃** восстанавливается в подкисленном водном растворе при пропускании через него тока **SO₂**, из которого при охлаждении выпадает кристаллогидрат **X₄**, молярная масса которого 499 г/моль, а отношение массовой доли калия к массовой доле водорода в **X₄** равно 3,25.



Смесь водорода и **Y₁** на катализаторе под воздействием давления и температуры обратимо превращается в **Y₂**. Холодный водный раствор, содержащий значительный избыток **Y₂**, реагирует с холодным водным раствором кислотного оксида **X₅** (который можно получить действием концентрированной серной кислоты на **X₃**), в результате образуется жёлтая соль **Y₃**. **Y₃** при нагревании разлагается, одним из продуктов разложения является **X₁**.

1) Определите элементы **A** и **B**. Составьте формулу соли **Z** (ответ подтвердите расчётом). Учтите, что молярная масса **Z** не превышает 300 г/моль, а массовые доли **A**, **B**, водорода и кислорода соответственно равны 41,27%, 11,11%, 3,17% и 44,44%. Кроме того,

известно, что отношение относительных атомных масс кислорода, **A** и **B** равно соответственно $1 : 3,25 : 0,875$.

2) Определите вещества $X_1 - X_5$ (содержат в составе **A**), $Y_1 - Y_3$ (содержат в составе **B**). Напишите уравнения **реакций 1 – 8** (отмечены на схеме превращений цифрами).

1) Определим элементы **A** и **B**, воспользовавшись отношением относительных атомных масс:

$$Ar(O) : Ar(A) : Ar(B) = 1 : 3,25 : 0,875$$

$$Ar(O) = 16 \Rightarrow Ar(A) = 16 \cdot 3,25 = 52; Ar(B) = 16 \cdot 0,875 = 14$$

Таким образом, **A** и **B** – это хром и азот соответственно.

Установим формулу соли **Z**. Пусть $n(N) = k$, $n(H) = l$, $n(Cr) = m$, $n(O) = n$. Тогда формула соли имеет вид $N_k H_l Cr_m O_n$.

Воспользуемся формулой массовой доли элемента Э в веществе В:

$$\omega(Э) = \frac{n(Э) \cdot Ar(Э)}{Mr(B)},$$

откуда выразим $n(Э)$:

$$n(Э) = \frac{\omega(Э) \cdot Mr(B)}{Ar(Э)}$$

Тогда:

$$n(N) = k = \frac{\omega(N) \cdot Mr(Z)}{Ar(N)} = \frac{0,1111 \cdot Mr(Z)}{14} = 0,0079 \cdot Mr(Z)$$

$$n(H) = l = \frac{\omega(H) \cdot Mr(Z)}{Ar(H)} = \frac{0,0317 \cdot Mr(Z)}{1} = 0,0317 \cdot Mr(Z)$$

$$n(Cr) = m = \frac{\omega(Cr) \cdot Mr(Z)}{Ar(Cr)} = \frac{0,4127 \cdot Mr(Z)}{52} = 0,0079 \cdot Mr(Z)$$

$$n(O) = n = \frac{\omega(O) \cdot Mr(Z)}{Ar(O)} = \frac{0,4444 \cdot Mr(Z)}{16} = 0,0278 \cdot Mr(Z)$$

Поскольку $k = m$ и $< n < l$, то выразим l и n через $k = m$:

$$k = m = 1$$

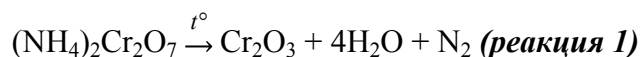
$$l = \frac{0,0317 \cdot Mr(Z)}{0,0079 \cdot Mr(Z)} \approx 4$$

$$n = \frac{0,0278 \cdot Mr(Z)}{0,0079 \cdot Mr(Z)} \approx 3,5$$

Чтобы привести индексы к целым числам, умножим k , l , m и n на 2. Тогда $k = m = 2$, $l = 8$, $n = 7$, откуда формула соли – $N_2 H_8 Cr_2 O_7$, т.е. **Z** – это дихромат аммония $(NH_4)_2 Cr_2 O_7$.

2) Запишем уравнения реакций и определим вещества $X_1 - X_5$, $Y_1 - Y_3$.

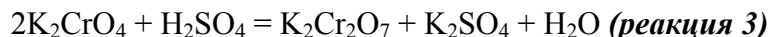
При нагревании дихромата аммония он разлагается с образованием оксида хрома(+3) и выделением азота. Тогда X_1 – это $Cr_2 O_3$, а Y_1 – это N_2 .



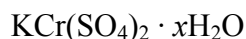
Спекание с нитратом калия и поташем приводит к окислению хрома(+3) до хрома(+6), образуется хромат калия:



Таким образом, **X₂** – это хромат калия. При подкислении хромат превращается в **X₃** – дихромат калия:



Пропускание тока SO_2 через кислый раствор дихромата калия приводит к восстановлению дихромата и образованию после охлаждения раствора кристаллов хромокалиевых квасцов **X₄**. Подтвердим формулу кристаллогидрата хромокалиевых квасцов. Пусть в составе кристаллогидрата x молекул воды. Тогда формула принимает вид:



Молярная масса безводной соли 283 г/моль. Вычислим долю молярной массы, которая приходится на воду:

$$M(x\text{H}_2\text{O}) = M(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) - M(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2) = 499 - 283 = 216 \text{ г/моль}$$

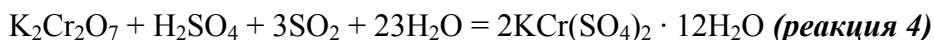
$$x = \frac{M(x\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{216}{18} = 12$$

Иначе количество воды в кристаллогидрате можно рассчитать с использованием отношения массовых долей калия и водорода:

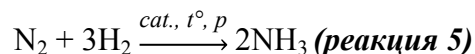
$$3,25 = \frac{\omega(\text{K})}{\omega(\text{H})} = \frac{\frac{2 \cdot Ar(\text{K})}{Mr(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}}{\frac{x \cdot Ar(\text{H})}{Mr(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}} = \frac{2 \cdot Ar(\text{K})}{x \cdot Ar(\text{H})} = \frac{2 \cdot 39}{x \cdot 1} = \frac{78}{x}$$

откуда $x = 78 : 3,25 = 12$.

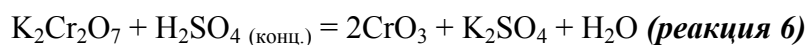
Уравнение имеет следующий вид:



Действием водорода на азот под действием катализатора, давления и температуры может быть получен **Y₂** – аммиак:



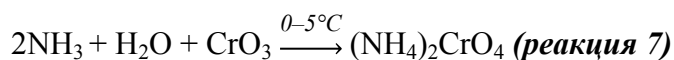
Кислотный оксид **X₅**, который образуется при действии концентрированной серной кислоты на дихромат калия – это оксид хрома(+6):



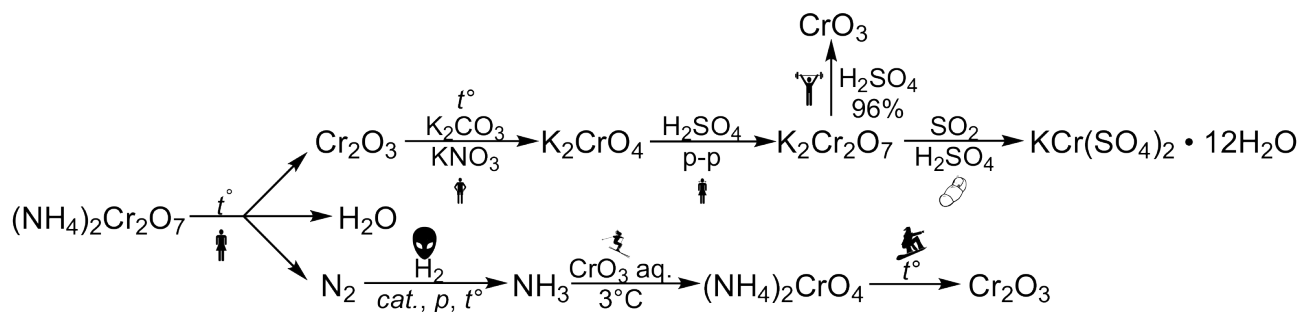
Избыток аммиака реагирует с хромовым ангидридом в водном растворе на холоду с образованием **Y₃** – хромата аммония:



или



Хромат аммония разлагается при нагревании с выделением X_1 – оксида хрома(+3), азота, аммиака и воды:



Вещество	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Формула	Cr_2O_3	K_2CrO_4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	CrO_3

Вещество	Y_1	Y_2	Y_3
Формула	N_2	NH_3	$(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$

- Определите элементы **A** и **B**. Составьте формулу соли **Z** (ответ подтвердите расчётом). Учтите, что молярная масса **Z** не превышает 300 г/моль, а массовые доли **A**, **B**, водорода и кислорода соответственно 41,27%, 11,11%, 3,17% и 44,44%. Кроме того, известно, что отношение относительных атомных масс кислорода, **A** и **B** равно соответственно 1 : 3,25 : 0,875.
- Определите вещества $\text{X}_1 - \text{X}_5$ (содержат в составе **A**), $\text{Y}_1 - \text{Y}_3$ (содержат в составе **B**). Напишите уравнения *реакций 1 – 8* (отмечены на схеме превращений цифрами).

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- правильно определены элементы A и B - выведена формула соли Z	- по 1 баллу за каждый элемент, в сумме 2 балла 1 балл за формулу соли, 3 балла за расчёт, в сумме 4 балла
2)	составлены уравнения <i>реакций 1 – 8</i>	по 1 баллу за правильно составленное уравнение реакции, при ошибке в коэффициентах 0,25 балла, в сумме 8 баллов

	• верно определены вещества X_1-X_5, Y_1-Y_3	• по 0,5 баллов за каждую формулу X_1-X_3, X_5, Y_1-Y_3; 2,5 балла за формулу кристаллогидрата X_4, в сумме 6 баллов
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 4 Решение

Известно, что температура кипения раствора при добавлении растворённого вещества X изменяется в соответствии с законом, согласно которому её изменение зависит только от природы растворителя и концентрации растворённого вещества:

$$\Delta T_{\text{кип}} = \varepsilon \cdot C_m(X),$$

где $\Delta T_{\text{кип}}$ – изменение температуры кипения раствора (по шкале Кельвина), ε – эбулиоскопическая константа растворителя ($K \cdot \text{кг/моль}$), $C_m(X)$ – моляльная концентрация растворённого вещества X (моль/кг). Если известна концентрация и изменение температуры кипения раствора, то можно определить молярную массу вещества:

$$M(X) = \frac{\varepsilon \cdot m(X)}{\Delta T_{\text{кип}} \cdot m_{\text{р-ля}}},$$

где ε – эбулиоскопическая константа растворителя ($K \cdot \text{кг/моль}$), $m(X)$ – масса растворённого вещества X (в г), $m_{\text{р-ля}}$ – масса растворителя (в кг), $\Delta T_{\text{кип}}$ – изменение температуры кипения раствора (в сравнении с абсолютно чистым растворителем).

Известно, что при некоторых условиях 72 г 5%-ого водного раствора глюкозы $C_6H_{12}O_6$ имеют температуру кипения $100,150^\circ\text{C}$ (чистая вода при тех же условиях имеет температуру кипения $100,000^\circ\text{C}$).

Кроме того, также известно, что 72 г 5%-ого водного раствора неизвестной органической аминокислоты $R-CH(NH_2)-COOH$ (где R – это водород или углеводородный радикал) имеют температуру кипения $100,360^\circ\text{C}$.

Плотность воды примите равной $1,000 \text{ г/мл}$.

- 1) Рассчитайте эбулиоскопическую константу воды в заданных условиях.
- 2) Определите формулу неизвестной аминокислоты.
- 1) Найдём массу глюкозы:

$$\omega(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{m_{\text{р-ра}}} \Leftrightarrow m(C_6H_{12}O_6) = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(C_6H_{12}O_6) = 72 \cdot 0,05 = 3,6 \text{ (г)}$$

Рассчитаем моляльность раствора:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{p-pa} - m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 72 - 3,6 = 68,4 \text{ (г)}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{3,6}{180} = 0,02 \text{ (моль)}$$

$$C_m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,02}{0,0684} \approx 0,2924 \text{ (моль/кг)}$$

Определим эбулиоскопическую постоянную воды. Для этого необходимо найти разность температур кипения (поскольку размерность °C совпадает с К, дополнительный перевод температур кипения в шкалу Кельвина здесь не обязателен, но вполне допустим):

$$\Delta T_{\text{кип}} = T_{\text{кип}}' - T_{\text{кип}} = 100,150 - 100,000 = 0,150 \text{ (К)}$$

Выразим и вычислим константу:

$$\Delta T_{\text{кип}} = \varepsilon \cdot C_m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{\Delta T_{\text{кип}}}{C_m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{0,150}{0,2924} \approx 0,513 \left(\frac{\text{К} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \right)$$

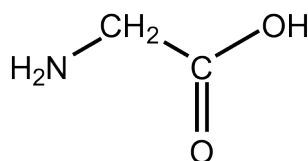
2) Общая формула искомой аминокислоты $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$. Вычислим разность температур кипения растворов:

$$\Delta T_{\text{кип}} = T_{\text{кип}}'' - T_{\text{кип}} = 100,360 - 100,000 = 0,360 \text{ (К)}$$

Определим молярную массу аминокислоты (важно брать значения массы растворителя и растворённого вещества в одинаковой размерности):

$$M(\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}) = \frac{\varepsilon \cdot m(\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH})}{\Delta T_{\text{кип}} \cdot m_{p-ля}} = \frac{0,513 \cdot 3,6}{0,360 \cdot 68,4 \cdot 10^{-3}} \approx 75 \text{ (г/моль)}$$

Определим формулу органического вещества. Фрагмент молекулы, не содержащий углеводородного радикала (т.е. имеющий формулу $\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$) имеет молярную массу 74 г/моль. А значит, что часть молекулы, приходящаяся на углеводородный радикал – это атом водорода (поскольку разность молярных масс $75 - 74 = 1$ (г/моль), что соответствует молярной массе атома водорода). Тогда формула аминокислоты имеет вид:



Молекулярная формула – $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$

Название аминокислоты – аминоксусная кислота, глицин, гликокол (принимаются любые названия глицина).

Критерии оценивания:

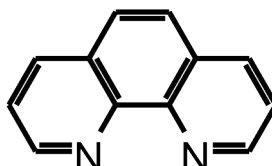
Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	рассчитано значение эбулиоскопической константы	10 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем

		ответе – до 4 баллов
2)	• рассчитана молярная масса органического вещества • определена молекулярная формула органического вещества • верно составлена структурная формула вещества • приведено название органического вещества	• 5 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем ответе – до 2 баллов • 3,5 балла за правильно определённую молекулярную формулу • 1 балл за правильно составленную структурную формулу органического вещества • 0,5 балла за название органического вещества
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 5 Решение

Орто-фенантролин является известным бидентатным хелатным лигандом, представляющим собой конденсированный гетероцикл с двумя атомами азота:



Комплексное соединение (координационное число $KЧ(Fe) = 6$), образующееся при взаимодействии раствора сульфата железа(+2) и о-фенантролина (в присутствии небольшого количества гидрохинона), известно в аналитической химии под названием ферроин и используется в качестве окислительно-восстановительного индикатора. Окраска восстановленной формы – тёмно-красная, окраска окисленной формы – бледно-голубая.

Аликвоту раствора соли Мора объёмом 10,0 мл титровали 0,0500М раствором дихромата калия в присутствии индикатора ферроина до устойчивого перехода окраски из тёмно-красной в голубую. Результаты эксперимента приведены в таблице ниже:

№ опыта	V_A , мл	V_T , мл
1	10,0	14,2

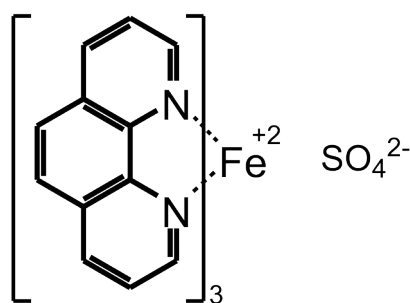
2		14,2
3		14,3

1) Напишите формулу ферроина, полученного взаимодействием сульфата о-фенантролина с сульфатом железа(II).

Примечание: допускается использование сокращения при записи формулы лиганда, см. Справочные материалы.

2) Напишите уравнение взаимодействия дихромата калия с солью Мора (в присутствии серной кислоты). Рассчитайте концентрацию раствора соли Мора.

1) Комплекс железа с сульфатом орто-фенантролина имеет следующий вид:



Допускается также следующая запись:



2) Уравнение взаимодействия дихромата калия с солью Мора имеет следующий вид:



Выведем формулу для определения концентрации соли Мора:

$$n((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = 6n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$$

$$V_A c_A = 6V_T c_T$$

$$c_A = \frac{6V_T c_T}{V_A}$$

Найдём среднее значение объёма титранта:

$$\overline{V_T} = \frac{V_{T1} + V_{T2} + V_{T3}}{3} = \frac{14,2 + 14,2 + 14,3}{3} = 14,23 \text{ (мл)}$$

$$c_A = \frac{6\overline{V_T} c_T}{V_A} = \frac{6 \cdot 14,23 \cdot 0,0500}{10,00} = 0,4269 \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right)$$

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
-------	---------------------	------

1)	• приведена формула комплекса железа(II) с сульфатом орто-фенантролина.	• 5 баллов за структурную формулу.
2)	• составлено уравнение взаимодействия соли Мора с дихроматом калия в кислой среде. • рассчитана концентрация соли Мора в растворе.	• 7,5 баллов за правильно составленное уравнение реакции, при ошибке в коэффициентах 3 балла. • 7,5 баллов за правильный расчёт концентрации соли Мора в растворе, при наличии арифметической ошибки, не искажающей смысла решения, 4 балла.
<i>В сумме:</i>		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.