

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Олимпиада школьников по химии и химической технологии
«Потомки Менделеева» 2023/24 учебный год**

Комплект решений экспериментального тура

Контактные данные

сайт: <https://malun.kpfu.ru/mendeleev>

telegram: <https://t.me/potomkimendeleeva>

email: ammoniy.olimpiada@mail.ru

тел.: +7(843)233-72-12

9 класс

Решения

Теоретическая часть

1. Ответы:

а) Таких растворов нет (**0.25 балла**)

б) Na_2SO_4 , KCl , KI , NaNO_3 (**по 0.25 балла за каждое в-во**)

в) Na_2CO_3 , Na_2HPO_4 , NaNO_2 (**по 0.25 балла за каждое в-во**)

г) NaNO_2 . (**0.25 балла за правильное в-во, 0.25 балла за уравнение реакции**). $5\text{NaNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{NaNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

Примечание: KI оценивается в половину баллов, т.к. в результате реакции образуются окрашенные соединения (I_2 или KI_3)

д) KI . $4\text{KI} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{I}_2 + 4\text{KOH}$ (**0.25 балла за правильное в-во,**

0.25 балла за уравнение реакции)

В сумме за первое задание – 3 балла.

2. Реагенты для определения Na^+ : $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ (или KH_2SbO_4), $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{OAc})_8$.

Реагенты для определения K^+ : $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$, $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, $\text{Na}_2\text{Pb}(\text{Cu}(\text{NO}_2)_6)$, $\text{Na}[\text{BPh}_4]$, $\text{Na}_2[\text{PtCl}_6]$, ClO_4^- , H_2SiF_6 , $\text{Na}_3[\text{Bi}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$ и т.д.

Реакции с Na^+ :

$\text{Na}^+ + [\text{Sb}(\text{OH})_6]^- \rightarrow \text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ (белый мелкокристаллический осадок) или $\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{SbO}_4^- \rightarrow \text{NaH}_2\text{SbO}_4$

$\text{Na}^+ + \text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{OAc})_8 + \text{AcO}^- + 9\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{OAc})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (зеленовато-желтые или бесцветные кристаллы, легко различимы под микроскопом)

Реакции с K^+ :

$\text{K}^+ + \text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^- \rightarrow \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ (белый мелкокристаллический осадок)

$2\text{K}^+ + \text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ (желтый кристаллический осадок)

$2\text{K}^+ + \text{Pb}^{2+} + [\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]^{4-} \rightarrow \text{K}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ (черные или фиолетовые кубические кристаллы, легко различимы под микроскопом)

$\text{K}^+ + [\text{BPh}_4]^- \rightarrow \text{K}[\text{BPh}_4]$ (белый мелкокристаллический осадок)

$\text{K}^+ + [\text{PtCl}_6]^{2-} \rightarrow \text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ (желтый кристаллический осадок)

$\text{K}^+ + \text{ClO}_4^- \rightarrow \text{KClO}_4$ (белый кристаллический осадок)

$2\text{K}^+ + \text{SiF}_6^{2-} \rightarrow \text{K}_2\text{SiF}_6$ (студенистый осадок)

$3\text{K}^+ + [\text{Bi}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{3-} \rightarrow \text{K}_3[\text{Bi}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$ (кристаллический осадок)

0.25 балла за любой правильный реагент и 0.25 балла за уравнение реакции.

В сумме за второе задание – 0.5 балла.

3. 1) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (белый осадок)

2) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{BaHPO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (белый осадок)

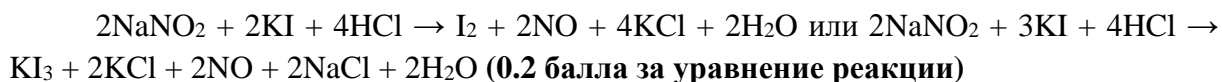
3) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (белый осадок)

4) $2\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (белый осадок)

- 5) $3\text{AgNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + \text{NaH}_2\text{PO}_4 + 3\text{NaNO}_3$ или $6\text{AgNO}_3 + 3\text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow 2\text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + 6\text{NaNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ (жёлтый осадок)
- 6) $2\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3$ (серо-белый осадок)
- 7) $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ (белый осадок)
- 8) $\text{AgNO}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{AgI}\downarrow + \text{NaNO}_3$ (желтый осадок)
- 9) $\text{AgNO}_3 + \text{NaNO}_2 \rightarrow \text{AgNO}_2\downarrow + \text{NaNO}_3$ (образование белого осадка)
- 10) $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (выделение газа)
- 11) $2\text{HCl} + 2\text{NaNO}_2 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (слабоинтенсивное выделение бурого газа) или $\text{HCl} + \text{NaNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{NaCl}$, $2\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

По 0.25 балла за каждое уравнение реакции (всего 2.75 балла) и по 0.25 балла за верный признак реакции (всего 2.75 балла).

Раствор NaNO_2 можно идентифицировать при помощи HCl и KI . В результате их реакции выделяется молекулярный иод и раствор приобретает **коричнево-бурю окраску**. Указание KI – **0.2 балла**, признак реакции - **0.2 балла**



В сумме за третье задание – 6.1 баллов.

4. Аналитические эффекты реакций, наблюдаемые при смешении содержимых пробирок и выданных реактивов, приведены в таблице:

	Ag^+	Ba^{2+}	HCl
SO_4^{2-}	Образование белого осадка, растворяется в HCl с образованием нового осадка.	Белый осадок, нерастворимый в HCl	-
PO_4^{3-}	Ярко-желтый осадок, растворяется в HCl с образованием нового осадка.	Белый осадок, растворяется в HCl	-
CO_3^{2-}	Малорастворимый осадок серо-белого цвета, растворяется в HCl с выделением газа и образованием осадка	Белый осадок, растворяется в HCl с выделением газа	Выделение газа
Cl^-	Белый осадок, нерастворимый в HCl	-	-
I^-	Желтый осадок, не растворяется в HCl	-	-
NO_3^-	-	-	-
NO_2^-	Белый осадок, растворяется в HCl с образованием осадка.	-	Спустя некоторое время появляется слабо-буря окраска

Приведем один из вариантов проведения идентификации содержимого пробирок. В качестве примера рассмотрим тот случай, когда нумерация пробирок совпадает с последовательностью веществ в задании. Перенесем в 7 чистых пробирок по несколько капель анализируемых растворов и добавим к ним по несколько капель раствора AgNO_3 . В пробирках №2 и 5 образуются осадки желтого цвета. Ag_3PO_4 – ярко-желтый, AgI – тускло-желтый; для того чтобы их окончательно различить, нужно прилить несколько капель раствора соляной кислоты: осадок Ag_3PO_4 растворяется, AgI – нет. В пробирке №2 – Na_2HPO_4 , №5 – KI . В пробирках №1, 3, 4 и 5 образуется белый осадок. Прильем к этим пробиркам несколько капель HCl . Во всех пробирках, кроме №4, наблюдается растворение осадка, следовательно в пробирке №4 – NaCl . В пробирке №3 наблюдается выделение газа, исходя из этого в пробирке №3 – Na_2CO_3 . В пробирках №1 и 7 находятся растворы Na_2SO_4 и NaNO_2 . Для их идентификации перельем содержимое пробирок №1 и 7 в новые пробирки и добавим пару капель BaCl_2 . В пробирке №1 наблюдается выделение белого осадка, нерастворимого в HCl , следовательно в этой пробирке находится раствор Na_2SO_4 . В пробирке №7 – NaNO_2 . Пробирка, содержимое которой не выдавало никаких аналитических признаков реакции, содержит раствор NaNO_3 .

Принимаются любые пути идентификации содержимого неизвестных пробирок.

За каждое идентифицированное вещество по 2.2 балла (всего $7 \cdot 2.2 = 15.4$ балла) Общая сумма баллов – 25.

Каждый долив – минус 0.5 балла, кроме первого. Первый долив – без штрафа. Разбитая посуда и т.п. – минус 0.5 балла.

10 класс

Решения

Теоретическая часть

1) **ПРОПУСКИ 1 и 2** – AgCl и PbCl₂ (порядок не важен), **ПРОПУСК 3** – Ba²⁺, **ПРОПУСК 4** – Ca²⁺, **ПРОПУСК 5** – Pb²⁺.

Уравнения реакций:

1. $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$
2. $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{PbCl}_2 \downarrow$
3. $2\text{Ba}^{2+} + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BaCrO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{CrO}_4$
4. $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
5. $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2 \downarrow$

(По 0.5 балла за каждый пропуск + по 0.5 балла за каждую реакцию)

Всего 5 баллов.

2) **ПРОПУСК 6** – Fe³⁺, **ПРОПУСК 7** – Fe³⁺, Co²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, Ni²⁺, **ПРОПУСК 8** – Zn²⁺, Al³⁺, Cr³⁺, **ПРОПУСК 9** – Al³⁺, **ПРОПУСК 10** – Cr³⁺, **ПРОПУСК 11** – Zn²⁺, **ПРОПУСК 12** – Cu²⁺, **ПРОПУСК 13** – Ni²⁺, **ПРОПУСК 14** – Co²⁺, **ПРОПУСК 15** – Mn²⁺

Уравнения реакций:

1. $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \downarrow$ или $\text{K}^+ + \text{Fe}^{3+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{KFeFe}(\text{CN})_6 \downarrow$
2. $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{OH}^- \rightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$
3. $2\text{Zn}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ или $2\text{K}^+ + \text{Zn}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{K}_2\text{Zn}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$
4. $3\text{Zn}^{2+} + 2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightarrow \text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \downarrow$
5. $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Pb}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

(По 0.25 балла за каждый пропуск + по 0.5 балла за каждую реакцию).

Всего 5 баллов.

Практическая часть

По 3 балла за каждое верное вещество из первой пробирки.

По 3 балла за каждое верное вещество из второй пробирки.

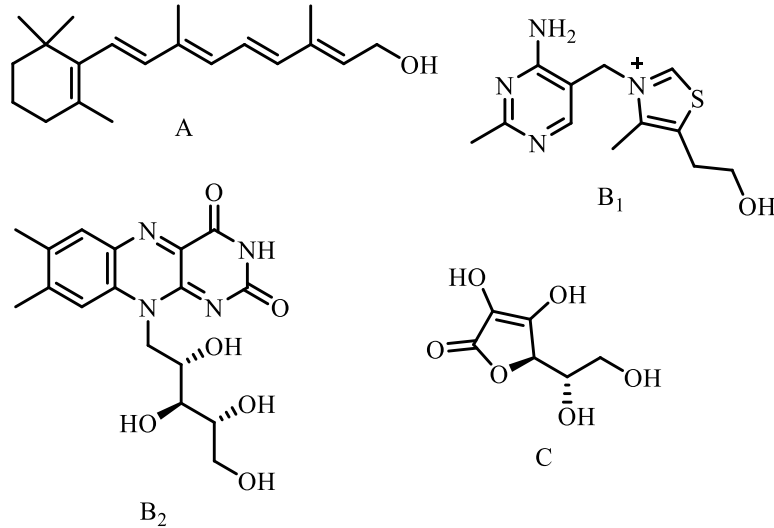
Всего 15 баллов.

11 класс

Решения

Теоретическая часть

1. 1 балл за каждый верно идентифицированный витамин.



2. Источники бета-каротина: тыква, морковь, батат, зеленый лук, щавель, шпинат, латук, салат, салат романо, капуста кейл, помидоры, красный перец, брокколи, грейпфруты, сливы, персики, дыни, абрикосы, хурма, крыжовник, черника, черная смородина.

0,5 балла за любой из вышеперечисленных.

Недостаток витамина А: Куриная слепота. **0,5 балла.**

Недостаток витамина С: Цинга. **0,5 балла.**

Недостаток витамина D: Рахит, остеомалация. **0,5 балла за любой из вышеперечисленных.**

3. Брутто формула витамина В₁₂ – C₆₃H₈₈CoN₁₄O₁₄P, молярная масса – 1355.388, массовая доля кобальта – 4,3480% .

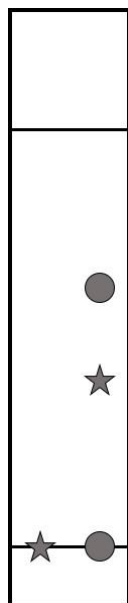
Пороговые значения кобальта в крови: от 8,566 пг/мл до 33,523 пг/мл (если считали сколько кобальта в 5 л крови: от 42827,8 пг до 167615 пг).

Верно посчитана молярная масса витамина В₁₂ или массовая доля кобальта в витамине – 1 балл.

Верно рассчитаны границы – 1 балл.

Итого 8 баллов.

Практическая часть



- - Не флуоресцентный пик
★ - Флуоресцентный пик

1. Пластика размечена правильно, не сломана, не использованы запасные пластинки – 2 балла.

Если пластинка размечена неверно, но не сломана и не были использованы дополнительные пластинки – 1 балл. Если пластинка сломана или были использованы дополнительные, но разметка верная – 1 балл. Если не выполнены оба пункта – 0 баллов.

2. В левой части пластинки один флуоресцентный пик витамина А, $R_f = 0$ – **2 балла за пик и 1 балл за правильный R_f .**

В правой части выделяются 3 пика ($R_f = 0$, $R_f = 0.4$, $R_f = 0.6$, витамины В₁, В₂^{флуор.}, С соответственно) – **по 2 балла за каждый пик и по 1 баллу за каждый R_f .**

3. Флуоресценция витаминов А и В₂ обусловлена наличием длинных сопряжённых π-систем. Витамин А экстрагируется в органическую фазу, остальные витамины – в водную. Катионная форма витамина В₁ плохо растворяется в этаноле, поэтому для него значение R_f наименьшее среди веществ из водной фазы. Витамин С не должен флуоресцировать, а его растворимость в этаноле в силу схожести функциональных групп должна быть выше.

2 пика идентифицированы верно – 1 балл.

3 пика идентифицированы верно – 2 балла.

4 пика идентифицированы верно – 3 балла.

Итого 17 баллов.

Итого за обе части: 25 баллов