

Удмуртский государственный университет
Кафедра фундаментальной и прикладной химии
III Вузовская олимпиада по химии
им. М.Н. Конюхова

Задания теоретического тура

9 класс

2019 год

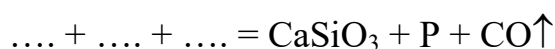
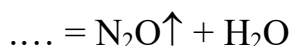
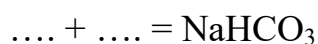
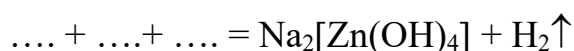
Задача 9.1 (автор Чернова С.П) 10 баллов

Под порядковым номером 34 в Периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева находится химический элемент селен.

1. Какие характерные степени окисления будет проявлять селен в соединениях? Ответ подтвердите, приведя электронографическую формулу атома.
2. Напишите формулу оксида селена в высшей степени окисления и формулу высшего гидроксида.
3. Составьте уравнение реакции взаимодействия концентрированного раствора высшего гидроксида селена с серебром.
4. Сколько граммов соли образуется в результате этого химического процесса, если растворили 3,5 граммов технического серебра с массовой долей серебра 70%?

Задача 9.2 (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

Восстановите левую часть уравнений химических реакций, расставьте коэффициенты. Укажите условия протекания реакций.



Задача 9.3 (автор Кропачева Т.Н.) 10 баллов

«Битва металлов»

Как на основании опытов, используя реактивы и оборудование, указанное ниже, установить «ряд активности» следующих металлов – медь, олово, цинк? Напишите уравнения всех проведенных реакций, укажите их признаки.

Реактивы:

– металлы (гранулы или стружка) – цинк, медь, олово

– соли металлов (водные растворы): хлорид цинка(II), хлорид меди(II), хлорид олова(II)

Оборудование:

штатив с пробирками

Удмуртский государственный университет
Кафедра фундаментальной и прикладной химии
III Вузовская олимпиада по химии
им. М.Н. Конюхова
9 класс
2019 год
Решения

Задача 9.1 (автор Чернова С.П) 10 баллов

1. Характерные степени окисления селена: $-2, +4, +6$. (2 балла)

2. Формула высшего оксида для селена: SeO_3 (2 балла)

3. Формула высшего гидроксида селена: H_2SeO_4 (2 балла)

4. $2\text{H}_2\text{SeO}_4 + 2\text{Ag} = \text{Ag}_2\text{SeO}_4 + \text{SeO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (2 балла)

5. $\dot{w} = m_{\text{чист.}} / m_{\text{техн.}} \times 100\%$

$m_{\text{чист.}} = \dot{w}(\text{Ag}) \times m_{\text{техн.}} / 100 = 70 \times 3,5 / 100 = 2,45 \%$

$n(\text{Ag}) = 2,45 / 107,9 = 0,023$ моль

По уравнению реакции $0,5n(\text{Ag}) = n(\text{Ag}_2\text{SeO}_4) = 0,012$ моль

$m(\text{Ag}_2\text{SeO}_4) = 0,012$ моль $\times 358,8$ г/моль = 4,3 г (2 балла)

Задача 9.2 (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

Восстановите левую часть уравнений химических реакций, расставьте коэффициенты. Укажите условия протекания реакций.

1) $\text{Zn} + 2 \text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\uparrow$ (3 балла)

2) $\text{CO}_2 + \text{KOH} = \text{KHCO}_3$ (2 балла);

3) $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (2 балла)

4) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 + 5\text{C} = 3\text{CaSiO}_3 + 2\text{P} + 5\text{CO}\uparrow$ (3 балла)

Задача 9.3 (автор Кропачева Т.Н.) 10 баллов

Каждый из металлов помещаем в растворы солей двух других металлов и наблюдаем, происходит ли вытеснение металла из его соли (2 балла).

Медь: не вытесняет цинк и свинец из их солей

$\text{Cu} + \text{ZnCl}_2 \neq$ 1 балл

$\text{Cu} + \text{SnCl}_2 \neq$ 1 балл

Олово: вытесняет медь из соли (красная масса), но не вытесняет цинк

$\text{Sn} + \text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{SnCl}_2$ 1 балл

$\text{Sn} + \text{ZnCl}_2 \neq$ 1 балл

Цинк: вытесняет медь и олово (серая губчатая масса – «дерево Юпитера») из их солей

$\text{Zn} + \text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{ZnCl}_2$ 1 балл

$\text{Zn} + \text{SnCl}_2 = \text{Sn} + \text{ZnCl}_2$ 1 балл

Ряд активности металлов (вытеснительный ряд) в порядке уменьшения активности: $\text{Zn}-\text{Sn}-\text{Cu}$ (2 балла).

Экспериментальный тур (9 класс) 10 баллов

«Битва металлов»

Как на основании опытов, используя реактивы и оборудование, указанное ниже, установить «ряд активности» следующих металлов – медь, олово, цинк? Напишите уравнения всех проведенных реакций, укажите их признаки.

Реактивы:

- металлы (гранулы или стружка) – цинк, медь, олово
- соли металлов (водные растворы): хлорид цинка(II), хлорид меди(II), хлорид олова(II)

Оборудование:

штатив с пробирками

Планирование работы **2 балла**

Техника работы **2 балла**

Описание проведенных опытов, наблюдения, уравнения реакций **6 баллов**
(6 опытов по **1 баллу**)

Что делали	Что наблюдали	Уравнения реакций
Помещали медь в раствор хлорида цинка	Медь не вытесняет цинк из его соли	$\text{Cu} + \text{ZnCl}_2 \neq$
Помещали медь в раствор хлорида олова	Медь не вытесняет олово из его соли	$\text{Cu} + \text{SnCl}_2 \neq$
Помещали олово в раствор хлорида меди	Олово вытесняет медь из соли (красная масса)	$\text{Sn} + \text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{SnCl}_2$
Помещали олово в раствор хлорида цинка	Олово не вытесняет цинк из его соли	$\text{Sn} + \text{ZnCl}_2 \neq$
Помещали цинк в раствор хлорида меди	Цинк вытесняет медь из соли (красная масса)	$\text{Zn} + \text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{ZnCl}_2$
Помещали цинк в раствор хлорида олова	Цинк вытесняет олово (серая губчатая масса – «дерево Юпитера») из соли	$\text{Zn} + \text{SnCl}_2 = \text{Sn} + \text{ZnCl}_2$

Удмуртский государственный университет
Кафедра фундаментальной и прикладной химии
III Вузовская олимпиада по химии
им. М.Н. Конюхова

Задания теоретического тура

10 класс

2019 год

Задача 10.1 (автор Дерябина Н.Е., Корепанова Е.М.) 10 баллов

Бинарное соединение АБ – газ с резким запахом, его водный раствор – кислота. Входя в состав желудочного сока, АБ убивает большую часть бактерий, попадающих в желудок вместе с пищей, и создает условия для действия ферментов, расщепляющих белки. Холерный вибрион погибает в 0,5% растворе АБ. При взаимодействии концентрированного раствора АБ с кристаллическим перманганатом калия образуются четыре продукта, один из которых В₂.

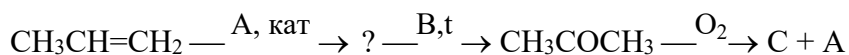
При взаимодействии В₂ с горячим раствором гидроксида калия французский ученый Клод-Луи Бертолле в 1810 году получил соль, которую в честь него называют бертолетовой. Запишите формулы зашифрованных веществ: АБ, А₂, В₂ и уравнения приведенных химических процессов. Дайте названия продуктов, которые получаются в реакциях.

Задача 10.2 (автор Доронькин В.Н) 10 баллов

При прокаливании 54,8 г смеси пропионата натрия и едкого натра образовался газ, который прореагировал с хлором при освещении, в результате чего было получено монохлорпроизводное, при нагревании которого в спиртовом растворе гидроксида калия выделилось 4,48 л (выход 50%) органического вещества. Определить массовые доли веществ в исходной смеси.

Задача 10.3 (Черепанов И.С.) 10 баллов

Определите вещества А, В и С в схеме превращений, записав уравнения соответствующих реакций:



В соответствии с каким правилом, 150 летний юбилей которого отмечается в этом году, происходит присоединение вещества А к пропену?

Установите формулу твердого вещества D зеленого цвета, имеющего относительную молекулярную массу 222, разлагающееся при нагревании с образованием веществ А, В и С. Приведите его тривиальное и систематическое название и уравнение реакции разложения. В какие реакции должно вступить это вещество? Приведите пример.

Задание экспериментального тура (10 класс) 10 баллов

Вам выдан образец малахита (в пробирке). Проведите ряд последовательных экспериментов, описание которых приведено ниже:

Растворяется ли он в кислотах? Проверьте это экспериментально. Запишите уравнение реакции в молекулярном и ионном виде.

Далее проведите реакцию получения осадка из полученного раствора, используя выданные реактивы. Каков состав осадка? Запишите уравнение реакции в молекулярном и ионном виде.

Осуществите экспериментально реакцию комплексообразования, используя полученный в предыдущем опыте осадок и необходимые экспериментальные условия. Какую окраску имеет образовавшийся комплекс? Запишите уравнения реакции его образования.

Какие изменения произойдут при добавлении кислоты к комплексному соединению, полученному в предыдущем эксперименте? Проверьте и опишите наблюдения. Объясните причины наблюдаемых эффектов.

Удмуртский государственный университет
Кафедра фундаментальной и прикладной химии
III Вузовская олимпиада по химии
им. М.Н. Конюхова

Задания теоретического тура

10 класс

2019 год

Решения

Задача 10.1 (автор Дерябина Н.Е., Корепанова Е.М.) 10 баллов

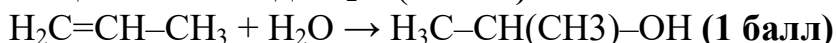
1. Зашифрованные вещества: АБ – HCl, A₂ – H₂, Б₂ – Cl₂ (2 балла)
2. $16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 5\text{Cl}_2 + 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)
3. $6\text{NaOH} + 3\text{Cl}_2 = \text{NaClO}_3 + 5\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)
4. Даны названия продуктов реакции (хлор, хлорид марганца(II), хлорид калия, вода, хлорат натрия, хлорид натрия) (2 балла).

Задача 10.2 (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

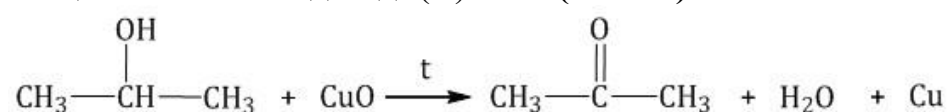
- 1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa} + \text{NaOH} = \text{C}_2\text{H}_6 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (2 балла)
- 2) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ (на свету) (1 балл)
- 3) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{KOH}$ (спирт. р-р) = $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ (2 балла)
- 4) Находим объем этана теоретический и его количество:
 $V_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = V_{\text{практ.}} / \dot{w}_{\text{вых}} = 4,48 / 0,5 = 8,96$ л
 $n_{\text{теор.}} = V_{\text{теор.}} / V_m = 0,4$ моль (2 балла)
- 5) По уравнениям 1, 2, 3: $n(\text{C}_2\text{H}_4) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = n(\text{C}_2\text{H}_6) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = n(\text{NaOH}) = 0,4$ моль (1 балл)
- 6) Находим массы исходных веществ:
 $m(\text{NaOH}) = n \times M = 0,4 \text{ моль} \times 40 \text{ г/моль} = 16$ г
 $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = n \times M = 0,4 \text{ моль} \times 97 \text{ г/моль} = 38,8$ г (1 балл)
- 7) Находим массовые доли веществ в исходной смеси:
 $W(\text{NaOH}) = 16 / 16 + 38,8 = 29,2 \%$
 $W(\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}) = 100 - 29,2 = 70,8\%$ (1 балл)

Задача 10.3 (Черепанов И.С.) 10 баллов

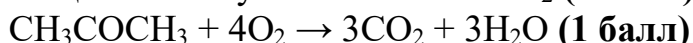
Вещество А – вода H₂O (1 балл)



Вещество В – оксид меди(II) CuO (1 балл)



Вещество С – углекислый газ CO₂ (1 балл)



Присоединение вещества А к пропену происходит по правилу Марковникова.

Вещество D – малахит, гидроксокарбонат меди(II) (1 балл)

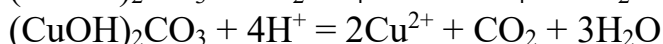
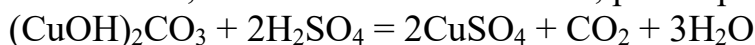
Реакция разложения: $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

Как основная соль, D должна взаимодействовать с кислотами:

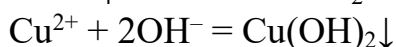
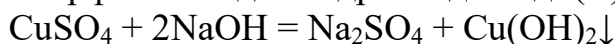
$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (2 балла)

Экспериментальный тур (10 класс) 10 баллов

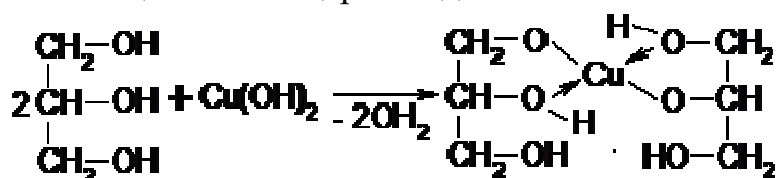
1. Малахит, являясь основной солью, растворяется в кислотах:



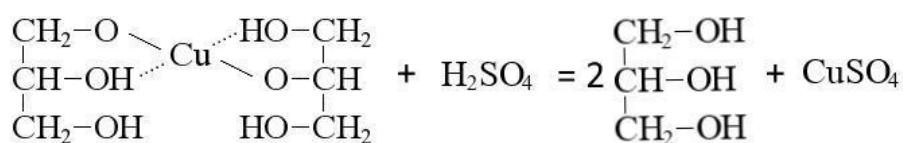
2. При сливании раствора сульфата меди и раствора щелочи образуется аморфный осадок гидроксида меди(II) голубого цвета:



3. С многоатомными спиртами (например, с глицерином) свежесоздавшийся гидроксид меди(II) образует растворимое комплексное соединение яркого синего цвета – глицерат меди:



4. При добавлении кислоты к комплексному соединению происходит разрушение комплекса с образованием исходного многоатомного спирта и соответствующей соли меди(II). Это происходит потому, что спирты являются более слабыми кислотами, чем неорганические кислоты, которые вытесняют их из соединения с медью.



Удмуртский государственный университет
Кафедра фундаментальной и прикладной химии
III Вузовская олимпиада по химии
им. М.Н. Конюхова

Задания теоретического тура

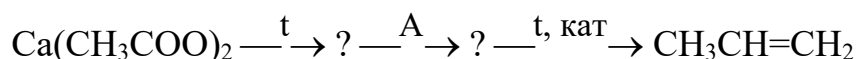
11 класс

2019 год

Задача 11.1 (автор Черепанов И.С.) 10 баллов

Вещество А применяется в качестве реагента в органическом синтезе с середины прошлого века. Оно состоит из атомов трех элементов – неметалла X (10,6%), элемента Y (71,0%), оксид и гидроксид которого амфотерны, и металла Z (18,4%), причем элементы X, Y и Z расположены в первых трех группах и первых трех периодах ПСХЭ, и каждый из них находится в своем периоде.

1. Определите молекулярную формулу вещества А.
2. Объясните, какими свойствами, на которых основано его применение, должно обладать вещество А, определив степени окисления элементов.
3. Укажите реагент и продукт в реакции с участием вещества А:



Задача 11.2 (автор Дидик М.В.) 10 баллов

Вещество X – бинарное соединение серы с фтором – содержит 78,08% галогена по массе. Определите:

1. Молекулярную формулу вещества X
2. Укажите тип химической связи в молекуле вещества. Полярная или неполярной является молекула?
3. Исходя из представлений о гибридизации атомных орбиталей, предположите пространственное строение молекулы X.
4. Напишите уравнение разложения X парами воды (300°C).
5. Предскажите, какими свойствами – окислительными или восстановительными – будет обладать это вещество? Напишите уравнение реакции этого вещества с сероводородом.
6. Напишите уравнение реакции получения этого вещества в результате взаимодействия сернистого ангидрида и свободного галогена. Учитывая, что эта реакция экзотермическая, ее тепловой эффект равен 924 кДж/моль, а теплота образования сернистого ангидрида 297 кДж/моль, оцените теплоту образования вещества X.

Задача 11.3 (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

Реакция взаимодействия раствора роданида калия KSCN (бесцветный) с раствором хлорида железа(III) (слабо желтый) является **обратимой** и ведет к образованию двух веществ, одно из которых – комплексная соль (гексароданоферрат(III) калия), имеющая красно-бурую окраску. Запишите уравнение реакции. Как изменится интенсивность окраски в реакционной смеси при добавлении:

- а) концентрированного раствора хлорида железа (III),
- б) концентрированного раствора роданида калия;
- в) кристаллического хлорида калия;
- г) раствора фторида натрия.

Ответ в каждом случае обоснуйте.

Задание экспериментального тура (11 класс) 10 баллов

Реакция взаимодействия раствора роданида калия KSCN (бесцветный) с раствором хлорида железа (III) (слабо желтый) является **обратимой** и ведет к образованию двух веществ, одно из которых – комплексная соль (гексароданоферрат(III) калия), имеющая красно-бурую окраску. Как изменится интенсивность окраски в реакционной смеси при добавлении: а) концентрированного раствора хлорида железа (III), б) концентрированного раствора роданида калия; в) кристаллического хлорида калия; г) раствора фторида натрия.

Экспериментальное задание:

Выполните эксперимент на основе задания, заполните таблицу.

Что делали	Что наблюдали	Вывод
1.		
2.		
3.		
4.		

Удмуртский государственный университет
Кафедра фундаментальной и прикладной химии
III Вузовская олимпиада по химии
им. М.Н. Конюхова

11 класс

2019 год

Решения

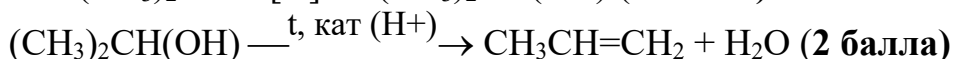
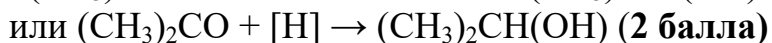
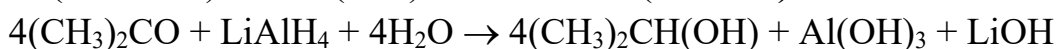
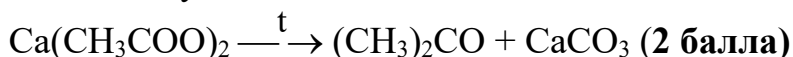
Задача 11.1 (автор Черепанов И.С.) 10 баллов

1. Из условия задачи о том, что все три элемента находятся в разных периодах, становится понятно, что неметалл X – это водород (гелий исключаем по умолчанию). Элементы 2, 3 групп и 2, 3 периодов, характеристические соединения которых отчетливо амфотерны – это алюминий и бериллий. Таким образом, нужно проверить три комбинации: H, Al, Li (тогда сразу выходим на искомое соединение: $10,6/1 : 71,0/27 : 18,4/7 = 10,6 : 2,63 : 2,63$ или 4:1:1, т.е. LiAlH_4), H, Be, Na и H, Be, Mg (дают примерно одинаковые вследствие близости атомных масс магния и натрия составы, не отвечающие действительности) (3 балла).

2. Степени окисления атомов элементов определяются легко $\text{Li}^{+1}\text{Al}^{+3}\text{H}_4^{-1}$, поскольку литий и алюминий имеют их постоянными. $\text{CO} = -1$ для водорода определяет восстановительные свойства литийалюмогидрида.

Справка. Он, в зависимости от условий, восстанавливает большинство функциональных групп в органических молекулах, применяется в неводной среде, обычно в эфире, в котором, правда, долго растворяется (иногда в течение суток) (1 балл).

3. К решению можно подойти как из начала схемы, зная, что при термодеструкции ацетата кальция образуется ацетон. Тогда зная, что LiAlH_4 – восстановитель, восстанавливаем ацетон до пропанола-2; либо предположить, что пропен – продукт кислотно-катализируемой дегидратации пропанола-2, и не имея понятия о том, по какому направлению разлагается ацетат кальция, можно понять, что пропанол-2 – продукт восстановления соответствующего кетона.



Задача 11.2 (автор Дидик М.В) 10 баллов

1. Веществом X является высший фторид серы SF_6 (1 балл).

2. Связь S–F полярная, а молекула SF_6 – нет, поскольку она симметричная и дипольные моменты связей скомпенсированы (1 балл).

3. Необходимо расписать электронную конфигурацию атома серы в нормальном состоянии, в возбужденном состоянии атома возможно

промотирование электронов с 3s и 3p-подуровней на свободный 3d-подуровень и тогда в атоме серы возможна sp^3d^2 -гибридизация шести атомных орбиталей, т.е. молекула будет иметь форму октаэдра (**2 балла**).

4. $SF_6 + H_2O_{(пар)} \rightarrow HF + SO_3$ (или H_2SO_4) – т.е. происходит гидролиз бинарного соединения без изменения СО элементов (**2 балла**).

5. Поскольку сера проявляет высшую валентность IV, то вещество обладает окислительными свойствами:



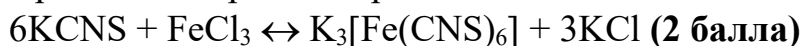
Используя следствие из закона Гесса и, зная, что теплота образования простого вещества = 0, можно записать:

$$\Delta Q_{(реакции)} = \Delta Q(SF_6) - \Delta Q(SO_2) = \Delta Q(SF_6) - 297 = 924, \text{ откуда}$$

$$\Delta Q(SF_6) = 1221 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

Задача 11.3 (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

Уравнение обратимой реакции:

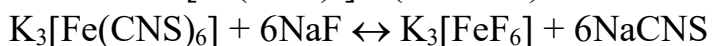


а) интенсивность окраски усилится, химическое равновесие сместится в сторону продуктов реакции, вследствие увеличения концентрации исходного вещества (**2 балла**);

б) интенсивность окраски усилится, химическое равновесие сместится в сторону продуктов реакции вследствие увеличения концентрации исходного вещества (**2 балла**);

в) интенсивность окраски ослабится, химическое равновесие сместится в сторону исходных веществ, вследствие увеличения концентрации продукта реакции (**2 балла**);

г) интенсивность окраски ослабится, это связано с разрушением роданидного комплекса $[Fe(CNS)_6]^{3-}$ (**2 балла**)



Экспериментальный тур (11 класс) 10 баллов

Экспериментальное задание: выполняют эксперимент, заполняют таблицу.

Что делали	Что наблюдали	Вывод
1. Добавили концентрированный раствор хлорида железа(III)	Интенсивность окраски усилилась	Химическое равновесие сместилось в сторону продуктов реакции, вследствие увеличения концентрации исходного вещества (2 балла)

2. Добавили концентрированный раствор роданида калия	Интенсивность окраски усилилась	Химическое равновесие сместилось в сторону продуктов реакции, вследствие увеличения концентрации исходного вещества (2 балла)
3. Добавили кристаллический хлорид калия	Интенсивность окраски ослабилась	Химическое равновесие сместилось в сторону исходных веществ, вследствие увеличения концентрации продукта реакции (2 балла)
4. Добавили раствор фторида натрия	Интенсивность окраски ослабилась	Разрушается роданидный комплекс $K_3[Fe(CNS)_6]$, вследствие образования более устойчивого бесцветного фторидного комплекса $K_3[FeF_6]$ (4 балла)