

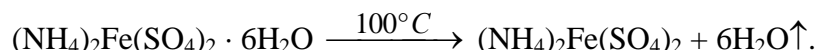
Одиннадцатый класс

Автор – Ильин М.А.

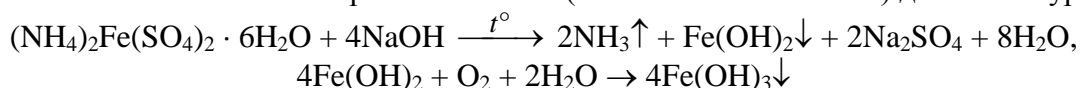
Опыт 1.

Соль Мора – $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

а) При нагревании (при $\sim 100^\circ\text{C}$) твердой соли Мора в сухой пробирке молекулы кристаллизационной воды отщепляются, и конденсируется в виде капель на холодных стенках пробирки:

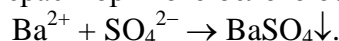


б) При взаимодействии соли Мора с раствором щелочи при небольшом нагревании по появлению малиновой окраски влажной фенолфталеиновой бумаги можно обнаружить выделение аммиака. При этом в пробирке образуется гидроксид железа(II), который быстро (особенно при нагревании) окисляется до гидроксида железа(III) – цвет осадка постепенно меняется с грязно-зеленого (с синеватым оттенком) до темно-бурого:



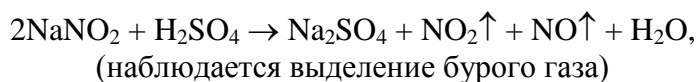
(вместо образования $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в качестве верного ответа принимается образование $\text{FeO}(\text{OH})$).

в) Обнаружить присутствие сульфат-ионов в растворе соли Мора можно с помощью реакции образования нерастворимого белого осадка BaSO_4 :



Опыт 2.

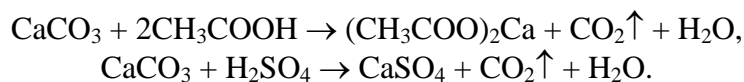
При взаимодействии NaNO_2 и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ с раствором серной кислоты при комнатной температуре не образуются соответствующие кислоты ввиду их неустойчивости:



(наблюдается образование светло-желтого осадка и выделение газа с резким запахом)

Опыт 3.

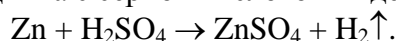
В случае с обеими кислотами в первый момент наблюдается довольно бурное выделение углекислого газа:



Однако в пробирке с серной кислотой через некоторое время интенсивность газовыделения резко падает. Это обусловлено образованием на поверхности кристаллов CaCO_3 малорастворимого сульфата кальция, который препятствует дальнейшему взаимодействию H_2SO_4 и CaCO_3 .

Опыт 4.

При взаимодействии цинка с серной кислотой выделяется водород:

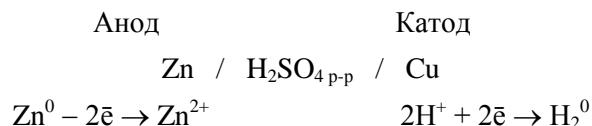


В случае нагретого раствора интенсивность выделения H_2 заметно выше, поскольку при повышении температуры скорость протекания большинства реакций выше (вспомните эмпирическое правило Вант-Гоффа, согласно которому при повышении

температуры на каждые 10° скорость большинства реакций увеличивается в среднем в 2-4 раза; в качестве более строгого объяснения можно также привести зависимость константы скорости от температуры – уравнение Аррениуса $k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}}$).

Опыт 5.

При соприкосновении медной проволоки с цинковой гранулой, помещенной в раствор серной кислоты, образуется гальваническая пара, в которой цинк является анодом, а медь – катодом:



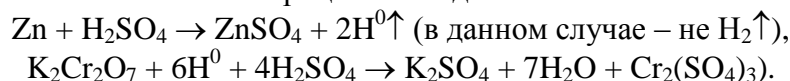
При этом цинковый анод постепенно растворяется и катионы Zn²⁺ переходят в раствор, а на медном катоде происходит восстановление частиц H⁺, вследствие чего на медной проволоке появляются пузырьки H₂.

Опыт 6.

Зеленая окраска раствора, образовавшегося при взаимодействии K₂Cr₂O₇ с цинком в присутствии серной кислоты («водород в момент выделения») обусловлена присутствием гидратированных ионов Cr³⁺:



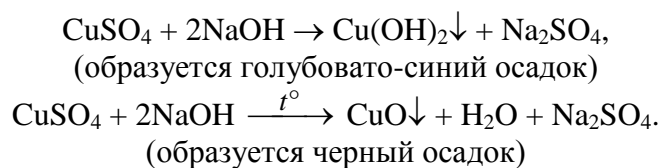
(допускается также описание этого процесса в виде:



Если проводить восстановление дихромат-иона молекулярным водородом H₂ (например, из баллона) смены оранжевой окраски раствора наблюдаться не будет, поскольку молекулярный водород обладает заметно меньшей восстановительной активностью, чем «водород в момент выделения» (Zn + H₂SO_{4 p-p}).

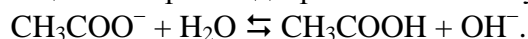
Опыт 7.

Гидроксид меди(II) – термически нестабильный гидроксид, который уже при 60-70 °С разлагается. В случае использования горячего раствора щелочи образуется CuO, а не Cu(OH)₂:



Опыт 8.

В водном растворе ацетат натрия подвержен частичному гидролизу:

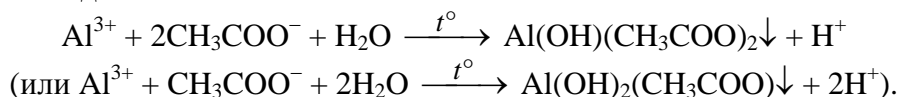


При нагревании степень гидролиза увеличивается, поэтому добавленный к раствору фенолфталеин приобретает светло-малиновую окраску. Охлаждение раствора приводит к уменьшению степени гидролиза и ослаблению интенсивности окраски индикатора (раствор практически бесцветный).

Опыт 9.

В водном растворе соли алюминия подвержены частичному гидролизу по катиону, однако выпадение основных солей при этом не наблюдается и растворы остаются прозрачными. Добавление раствора ацетата натрия (который гидролизует по

аниону) при нагревании приводит к смещению равновесия гидролиза солей алюминия и наблюдается выпадение белых основных солей:



(возможно образование аналогичных по составу основных хлоридов алюминия; образование $\text{Al}(\text{OH})_3$ в данном случае маловероятно, поскольку уксусная кислота не является настолько слабой кислотой, чтобы протекал полный гидролиз).

Опыт 10.

При нагревании солей аммония с растворами карбонатов щелочных металлов выделяется аммиак (влажная фенолфталеиновая бумага при этом становится малиновой):

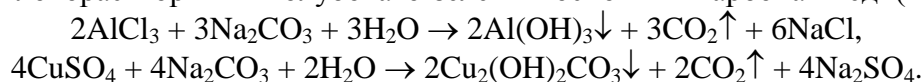


или



Опыт 11.

При взаимодействии раствора карбоната натрия с растворами солей алюминия вследствие протекания полного гидролиза образуется белый студенистый осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$, а при взаимодействии Na_2CO_3 с растворами солей меди вследствие частичного гидролиза образуется плохо растворимый голубовато-зеленый основной карбонат меди(II):

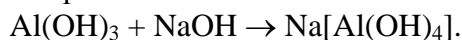


Опыт 12.

При добавлении по каплям раствора щелочи к раствору соли алюминия сначала образуется белый студенистый осадок:



Добавление избытка раствора щелочи приводит к растворению $\text{Al}(\text{OH})_3$ и образованию бесцветного раствора:



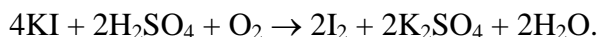
(допускается написание образования $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$)

При добавлении к полученному бесцветному раствору твердого NH_4Cl вновь наблюдается выпадение осадка $\text{Al}(\text{OH})_3$:

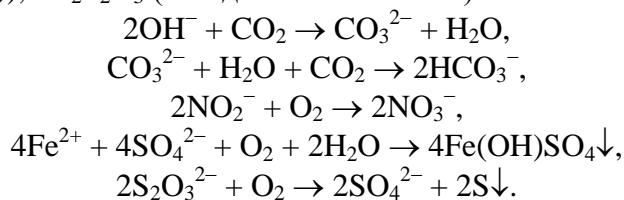


Опыт 13.

При хранении раствора иодида калия на воздухе (особенно в кислой среде) происходит его медленное окисление и спустя некоторое время появляется слабо-желтая окраска:



Из предложенного списка веществ, помимо KI , долгое время на воздухе нельзя хранить растворы: NaOH (вследствие поглощения CO_2 из воздуха), Na_2CO_3 (вследствие поглощения CO_2 из воздуха), NaNO_2 (вследствие окисления), соль Мора (вследствие окисления ионов $\text{Fe}(\text{II})$), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (вследствие окисления).

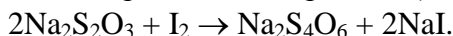


Опыт 14.

При взаимодействии раствора соли меди(II) с раствором иодида калия образуется осадок CuI, а раствор при этом окрашивается в темно-коричневый цвет за счет образования I₂:



Раствор тиосульфата натрия обесцвечивает раствор I₂ (эта реакция используется в количественном анализе при иодометрическом титровании):



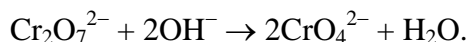
Избыток раствора тиосульфата натрия взаимодействует с осадком CuI с образованием бесцветного раствора тиосульфатного комплекса меди(I):



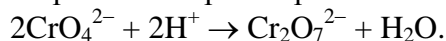
(допускается также написание Na₂[Cu₂(S₂O₃)₂] и Na₅[Cu(S₂O₃)₃])

Опыт 15.

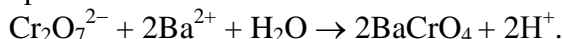
а) В щелочной среде дихромат-ион в водном растворе превращается в желтый хромат-ион:



Подкисление образовавшегося желтого раствора, содержащего хромат-ионы, приводит вновь к образованию оранжевого раствора:



б) При добавлении раствора соли бария к раствору дихромата калия образуется желтый осадок хромата бария:



Список реактивов и оборудования, необходимых для проведения опытов.

Концентрации всех используемых растворов ориентировочная (не требуется определения точной концентрации).

№	Наименование реактива	Количество на 1 учащегося	Примечание
1	Кусочек школьного мела (такого размера, чтобы кусочек помещался в пробирку (~0,5 × 0,5 см))	2 кусочка	На 3-4 учащихся выдается широкогорлая склянка, содержащая 6-8 кусочков мела (к склянке прилагается пинцет)
2	Цинк (гранулы)	2 гранулы	На 3-4 учащихся выдается широкогорлая склянка, содержащая 6-8 гранул (к склянке прилагается пинцет)
3	Медная проволока (длина ~20 см, диаметр 2-3 мм)	1 шт.	Выдается каждому учащемуся <i>медная проволока должна быть очищена от изоляции или лакового покрытия¹</i>
4	Хлорид аммония (твердый)	1-2 г	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая 6-8 г NH ₄ Cl (к склянке прилагается шпатель (металлический, пластиковый или стеклянный))

¹ *Лаковое покрытие на проволоке можно удалить, если ее сначала нагреть в пламени горелки или спиртовки, а затем очистить поверхность от черного налета с помощью наждачной бумаги.*

5	Соль Мора (твердая)	2-3 г	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая 9-12 г $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (к склянке прилагается шпатель (металлический, пластиковый или стеклянный))
6	~0,1 М водный раствор любой растворимой соли алюминия (например, AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ или $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$)	2-3 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~15 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
7	~0,1 М водный раствор любой растворимой соли бария (например, BaCl_2 или $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)	2-3 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~15 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
8	~0,1 М водный раствор дихромата калия	3-4 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~20 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
9	~0,1 М водный раствор любой растворимой соли меди (например, CuSO_4 , CuCl_2 или $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$)	3-4 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~20 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
10	~1 М водный раствор уксусной кислоты	1-2 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~10 мл кислоты (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
11	~1 М водный раствор ацетата натрия или калия	2-3 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~15 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
12	~4 М водный раствор серной кислоты	10-12 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~50 мл кислоты (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
13	1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина	3-4 капли	Выдается 1 склянка на 10-15 учащихся (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
14	~0,1 М водный раствор карбоната натрия или калия (раствор приготовить не ранее, чем за 1 день до проведения эксперимента и хранить в закрытой склянке)	3-4 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~20 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
15	~0,5 М водный раствор иодида калия или натрия (раствор приготовить не ранее, чем за 1 день до проведения эксперимента и хранить в закрытой склянке)	2-3 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~15 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
16	~0,5 М водный раствор тиосульфата натрия (раствор приготовить не ранее, чем за 1 день до проведения эксперимента и хранить в закрытой склянке)	3-4 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~20 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
17	~0,5 М водный раствор гидроксида натрия или калия (раствор приготовить не	5-6 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~30 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором

	ранее, чем за 1 день до проведения эксперимента и хранить в закрытой склянке)		капель))
18	~1 М водный раствор нитрита натрия или калия (раствор приготовить не ранее, чем за 1 день до проведения эксперимента и хранить в закрытой склянке)	2-3 мл	На 3-4 учащихся выдается склянка, содержащая ~15 мл раствора (склянка должна быть снабжена глазной пипеткой (или другим дозатором капель))
19	Фильтровальная бумага (небольшого размера, ~5 × 5 см)	3-4 шт.	Выдается каждому учащемуся
20	Дистиллированная вода	В объеме, необходимом для ополаскивания посуды и растворения небольших порций твердых веществ	Содержится в склянке большого объема (как правило, 1-2 склянки на лабораторию)

№	Наименование оборудования	Примечание
1	Штатив с 10 чистыми и сухими пробирками	1 набор на 1 учащегося (выдается каждому)
2	Нагревательное оборудование (электроплитка, спиртовка или горелка)	1 шт. на 2-3 учащихся
3	Пробиркодержатель	1 шт. на 2-3 учащихся; необходим для закрепления пробирки, в которой нагревается небольшое количество вещества (проведение качественного эксперимента)
4	Склянка с надписью «Слив хрома»	1 шт. на 5-7 учащихся
5	Пинцет	2 шт. на 3-4 учащихся
6	Шпатель	2 шт. на 3-4 учащихся
7	Пипетка глазная	12 шт. на 3-4 учащихся

Система оценивания.

Техника проведения эксперимента

1 балл

Опыт 1.

Формула соли Мора

0,5 балла

а) Состав конденсата

0,5 балла

Уравнение реакции

0,5 балла

б) Наблюдения

0,5 балла

Уравнения реакций (0,5 × 2)

1 балл

в) Наблюдения

0,5 балла

Уравнение реакции

0,5 балла

Всего за опыт 1

4 балла

Опыт 2.

Наблюдения

0,5 балла

Уравнения реакций (0,5 × 2)

1 балл

Всего за опыт 2

1,5 балла

<u>Опыт 3.</u>	
Наблюдения (интенсивность выделения газа)	0,5 балла
Уравнения реакций (0,5 × 2)	1 балл
Объяснение	0,5 балла
<i>Всего за опыт 3</i>	<i>2 балла</i>
<u>Опыт 4.</u>	
Наблюдения (интенсивность выделения газа)	0,5 балла
Уравнение реакции	0,5 балла
Объяснение	0,5 балла
<i>Всего за опыт 4</i>	<i>1,5 балла</i>
<u>Опыт 5.</u>	
Наблюдения	0,5 балла
Объяснение (образование гальванической пары)	0,5 балла
Уравнения процессов на электродах (0,5 × 2)	1 балл
<i>Всего за опыт 5</i>	<i>2 балла</i>
<u>Опыт 6.</u>	
Наблюдения	0,5 балла
Уравнение реакции (суммарное или два постадийных процесса)	0,5 балла
Невозможность восстановления с помощью H ₂ (с объяснением)	0,5 балла
<i>Всего за опыт 6</i>	<i>1,5 балла</i>
<u>Опыт 7.</u>	
Наблюдения (цвета осадков)	0,5 балла
Уравнения реакций (0,5 × 2)	1 балл
<i>Всего за опыт 7</i>	<i>1,5 балла</i>
<u>Опыт 8.</u>	
Наблюдения	0,5 балла
Уравнение реакции гидролиза	0,5 балла
Объяснение (увеличение степени гидролиза)	0,5 балла
<i>Всего за опыт 8</i>	<i>1,5 балла</i>
<u>Опыт 9.</u>	
Наблюдения	0,5 балла
Уравнение реакции	0,5 балла
<i>Всего за опыт 9</i>	<i>1 балл</i>
<u>Опыт 10.</u>	
Наблюдения (окраска фенолфталеиновой бумаги)	0,5 балла
Уравнение реакции	0,5 балла
<i>Всего за опыт 10</i>	<i>1 балл</i>
<u>Опыт 11.</u>	
Наблюдения (образование осадков с указанием их цветов)	0,5 балла
Уравнения реакций (0,5 × 2)	1 балл
<i>Всего за опыт 11</i>	<i>1,5 балла</i>
<u>Опыт 12.</u>	
Наблюдения	0,5 балла
Уравнения реакций (0,5 × 3)	1,5 балла
<i>Всего за опыт 12</i>	<i>2 балла</i>
<u>Опыт 13.</u>	
Наблюдения	0,5 балла

Уравнение реакции окисления KI в кислой среде	0,5 балла
Указание «портящихся» растворов с соответствующими уравнениями реакций (0,5 × 5)	2,5 балла
(если указаны все «портящиеся» растворы, но нет необходимых уравнений реакций ставится 1 балл; если указаны все «портящиеся» растворы и приведено более половины (3 из 5) уравнений ставится 2 балла)	
<i>Всего за опыт 13</i>	<i>3,5 балла</i>
<u>Опыт 14.</u>	
Наблюдения	0,5 балла
Уравнения реакций (0,5 × 3)	1,5 балла
<i>Всего за опыт 14</i>	<i>2 балла</i>
<u>Опыт 15.</u>	
<i>а)</i> Наблюдения	0,5 балла
Уравнения реакций (0,5 × 2)	1 балл
<i>б)</i> Наблюдения	0,5 балла
Уравнение реакции	0,5 балла
<i>Всего за опыт 15</i>	<i>2,5 балла</i>
Итого за экспериментальный тур (максимальный балл)	30 баллов