

Химия 11 класс

1. Концентрация хлорной кислоты в растворе 8 моль/дм³. Плотность раствора 1,47 г/см³. Какова массовая доля хлорной кислоты в этом растворе? **(5 баллов)**

ОТВЕТ: Пусть $V(p-pa) = 1 \text{ дм}^3$, тогда $n(\text{HClO}_4) = 8 \text{ моль}$ (**1 балл**); $m(p-pa) = 1000 \cdot 1,47 = 1470 \text{ г}$ (**1 балл**); $m(\text{HClO}_4) = 8 \cdot 100,5 = 804 \text{ г}$ (**1 балл**); $\omega(\text{HClO}_4) = 804 \cdot 100 / 1470 = 54,7 \%$ (**2 балла**). ИТОГО **5 баллов**

2. Бромид цезия имеет кубическую объемцентрированную кристаллическую решетку с ребром 0,429 нм (в каждой вершине куба один сорт ионов, в центре – противоион). Рассчитайте теоретическую плотность бромида цезия. **(5 баллов)**

ОТВЕТ: При построении кристалла из ячеек каждая вершина будет общей для 8 из них, а центральный атом принадлежит только одной, тогда в элементарную ячейку бромида цезия входит одна формульная единица. $6,02 \cdot 10^{23}$ (1 моль) ячеек бромида цезия будет весить 212,81 г, а плотность составит:
$$d = 212,81 \cdot 10^{-3} / ((0,429 \cdot 10^{-9})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) = 4477 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

3. Хлорид некоторого металла в растворе имеет фиолетовую окраску. Если к фиолетовому раствору данного хлорида добавлять небольшими порциями подкисленный раствор перманганата калия, то раствор постепенно меняет окраску сперва на зеленую, потом на голубую и, наконец, на желтую. Приведите уравнения реакций, протекающих при добавлении перманганата калия. Назовите соединения, которые ответственны за окраску описанных растворов. **(20 баллов)**

ОТВЕТ: Желтый метаванадат аммония NH_4VO_3 (**2 балла**); голубой хлорид ванадила VOCl_2 (**2 балла**); зеленый хлорид ванадия (+3) (**2 балла**); фиолетовый хлорид ванадия (+2) (**2 балла**); $5\text{VCl}_2 + \text{KMnO}_4 + 8\text{HCl} = 5\text{VCl}_3 + \text{MnCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$ (**4 балла**); $5\text{VCl}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 5\text{VOCl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{KCl} + 2\text{HCl}$ (**4 балла**); $5\text{VOCl}_2 + \text{KMnO}_4 + 4\text{KCl} + 6\text{H}_2\text{O} = 6\text{KVO}_3 + \text{MnCl}_2 + 12\text{HCl}$ (**4 балла**). ИТОГО **20 баллов**

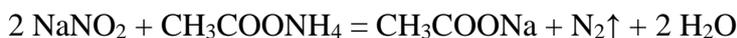
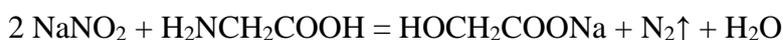
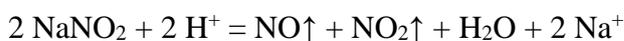
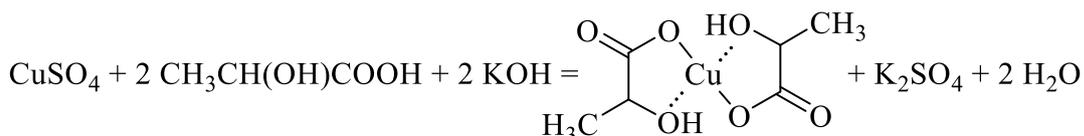
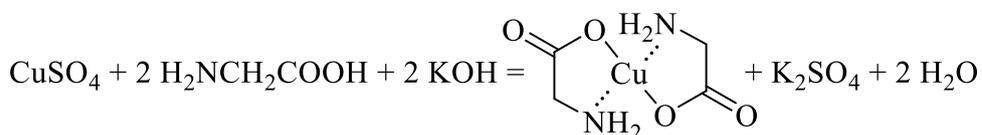
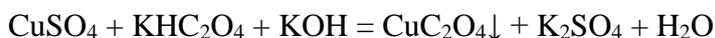
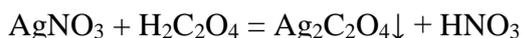
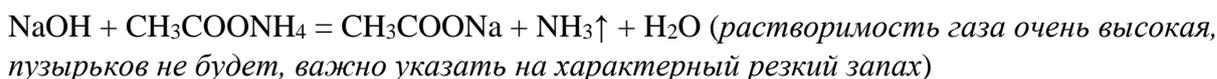
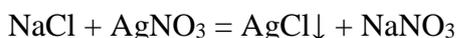
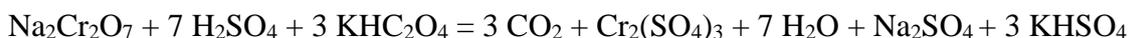
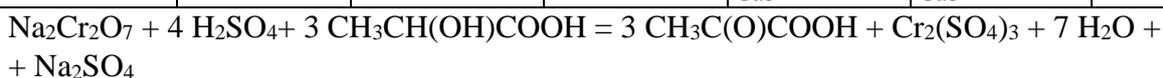
4. Две пластинки одинаковой массы изготовлены из одного металла. Этот металл в соединениях может проявлять степень окисления +2. Пластинки опустили в растворы солей меди и серебра одинаковой концентрации. Через некоторое время пластинки вынули, аккуратно промыли (чтобы весь осадок остался на пластинках), высушили и взвесили. Масса первой пластинки увеличилась на 0,8 %, второй – на 16 %. Из какого металла изготовлены пластинки? **(20 баллов)**

ОТВЕТ: $\text{Me} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = \text{Me}(\text{NO}_3)_2 + \text{Cu}$ (**2 балла**); $\text{Me} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Me}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$ (**2 балла**); пусть $m(\text{пласт}) = 10 \text{ г}$, тогда $\Delta m(1) = 0,08 \text{ г}$, $\Delta m(2) = 1,6 \text{ г}$ (**2 балла**); $n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) - n(\text{Me}) \cdot M(\text{Me}) = 0,08$ и $n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) - n(\text{Me}) \cdot M(\text{Me}) = 1,6$ (**4 балла**); $n(\text{Cu}) = n(\text{Me})$; $n(\text{Ag}) = 2 \cdot n(\text{Me})$ (**1 балл**); $64 \cdot n(\text{Me}) - n(\text{Me}) \cdot M(\text{Me}) = 0,08$ и $216 \cdot n(\text{Me}) - n(\text{Me}) \cdot M(\text{Me}) = 1,6$, $n(\text{Me}) = 0,01 \text{ моль}$ (**3 балла**); $0,01 \cdot 64 - 0,01 \cdot M(\text{Me}) = 0,08$, $M(\text{Me}) = 56 \text{ г/моль}$ (**4 балла**); железо (Fe) (**2 балла**). ИТОГО **20 баллов**

5. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно отличить **водные растворы** уксусной кислоты, хлоруксусной кислоты, молочной (2-гидроксипропановой) кислоты, глицина (аминоуксусной кислоты), ацетата аммония и гидрооксалата калия. (20 баллов)

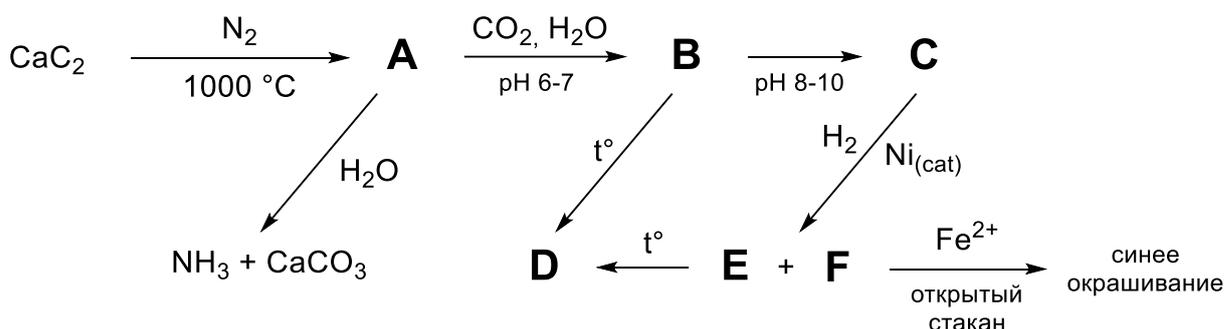
ОТВЕТ: Пример набора реагентов для распознавания (принимались и другие варианты):

	уксусная кислота	хлоруксусная кислота	молочная кислота	глицин	ацетат аммония	гидрооксалат калия
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$)	нет реакции	нет реакции	Изменение цвета раствора на изумрудно-зеленый	нет реакции	нет реакции	Изменение цвета раствора на изумрудно-зеленый (при нагревании)
1. NaOH 2. HNO_3 3. AgNO_3	нет реакции	3. Выпадение белого осадка	Без видимых изменений	Без видимых изменений	1. Появление резкого запаха	3. Выпадение белого осадка
$\text{CuSO}_4 + \text{KOH}$	нет реакции	нет реакции	усиление синей окраски	усиление синей окраски	Появление глубокой синей окраски	Светло-синий осадок
NaNO_2	Бурый газ	Бурый газ	Бурый газ	Бесцветный газ	Бесцветный газ	Бурый газ



По **3 балла** за каждое строго идентифицированное вещество, **2 балла** за составление таблицы (важно для понимания уникальности набора свойств в ряду). Использование реактивов, взаимодействующих с водой, не оценивалось. Реакции протекающие одинаково с несколькими веществами оценивались в **1 балл**. За ошибку в уравнении или отсутствие аналитического эффекта реакции **вычитался 1 балл**.

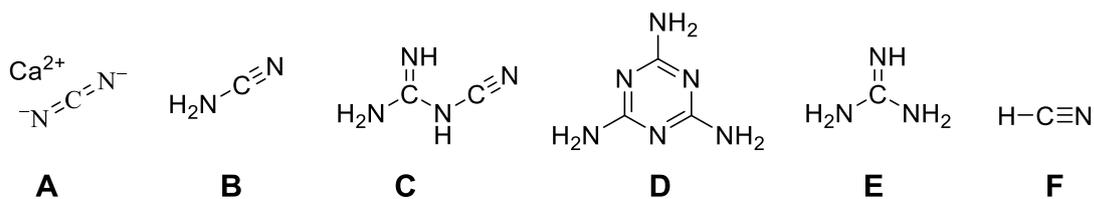
6. Карбид кальция способен поглощать азот при прокаливании до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ с образованием вещества **A**, которое отделяют от чёрного побочного продукта растворением в холодной воде. Вещество **A** при длительном контакте с водой или кипячении полностью гидролизуется, образуя только аммиак и карбонат кальция. Если через раствор **A** пропускать ток углекислого газа, поддерживая pH 6–7, образуется соединение **B**, способное димеризоваться в слабощелочной среде с образованием **C** и тримеризоваться при нагревании с образованием **D**. Вещество **C** при каталитическом гидрировании превращается в **E** и **F**. При добавлении к раствору **F** соли железа(II) в открытом стакане происходит его посинение, постепенно выпадает синий осадок. Соединение **E** обладает основными свойствами, образуя соль даже с угольной кислотой, при этом переходит в катион, имеющий ось симметрии третьего порядка. При нагревании **E** может превращаться в **D**, также имеющее ось симметрии третьего порядка. Изобразите структурные формулы соединений **A–F**, напишите реакции образования **A** и **B** и взаимодействия **E** с угольной кислотой. Какое непромышленное применение имело соединение **A**? Соединение **D** с избытком формальдегида образует полимер, изобразите его примерную структуру.



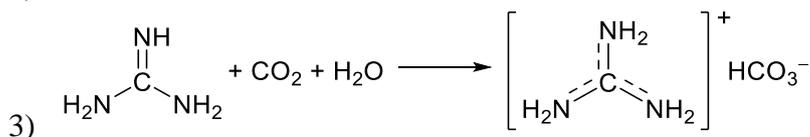
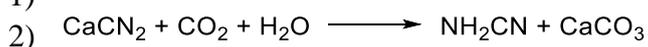
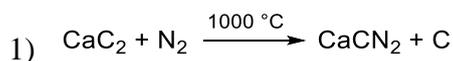
(30 баллов)

ОТВЕТ: Исходя из реакции, вещество **A** может содержать только кальций, углерод и азот. Так как при гидролизе ОВР, обычно, не происходит, углерод должен иметь степень окисления +4, кальций +2, азот –3. Тогда простейший вариант формулы соединения **A** – CaCN_2 , что соответствует цианамиду кальция. Черный побочный продукт – углерод. При взаимодействии с водой цианамид гидролизуется с сильным повышением pH среды, поэтому гидролиз идет до конца. В слабокислой среде идет простая реакция обмена с образованием цианамиды **B**, который при осторожном повышении pH димеризуется за счет присоединения аминогруппы одной молекулы к нитрильной другой молекулы. При нагревании цианамид тримеризуется по тройным связям подобно ацетилену с образованием меламина **D**. Ион Fe^{2+} в открытом стаканчике частично окисляется кислородом до Fe^{3+} , при их совместном присутствии синее окрашивание появляется в присутствии цианида, значит гидрирование произошло по связи N–CN. Двойная связь в гуанидине **E** делокализована за счет сопряжения, поэтому образующийся при протонировании катион является полностью симметричным, а положительный заряд в нём равномерно распределён по всем шести водородам, что и обеспечивает его высокую устойчивость.

Структуры зашифрованных соединений (по 3 балла):



Уравнения реакций (по 2 балла):



Так как цианамид кальция при гидролизе постепенно выделяет аммиак, важный нутриент для растений, его использовали в качестве удобрения (3 балла). Кроме того, он нейтрализует pH кислых почв за счет основных свойств.

Меламин **D** взаимодействует с формальдегидом с образованием аминального фрагмента, связывающего молекулы в полимерную сеть (3 балла). Такой полимер, меламиноформальдегидная смола, довольно прочен, а за счет атомов азота хорошо сорбирует полярные соединения, и используется, например, в производстве меламиновых губок.

