

Республиканская олимпиада по химии – 2021

Казань, 19–20 января 2021 г.

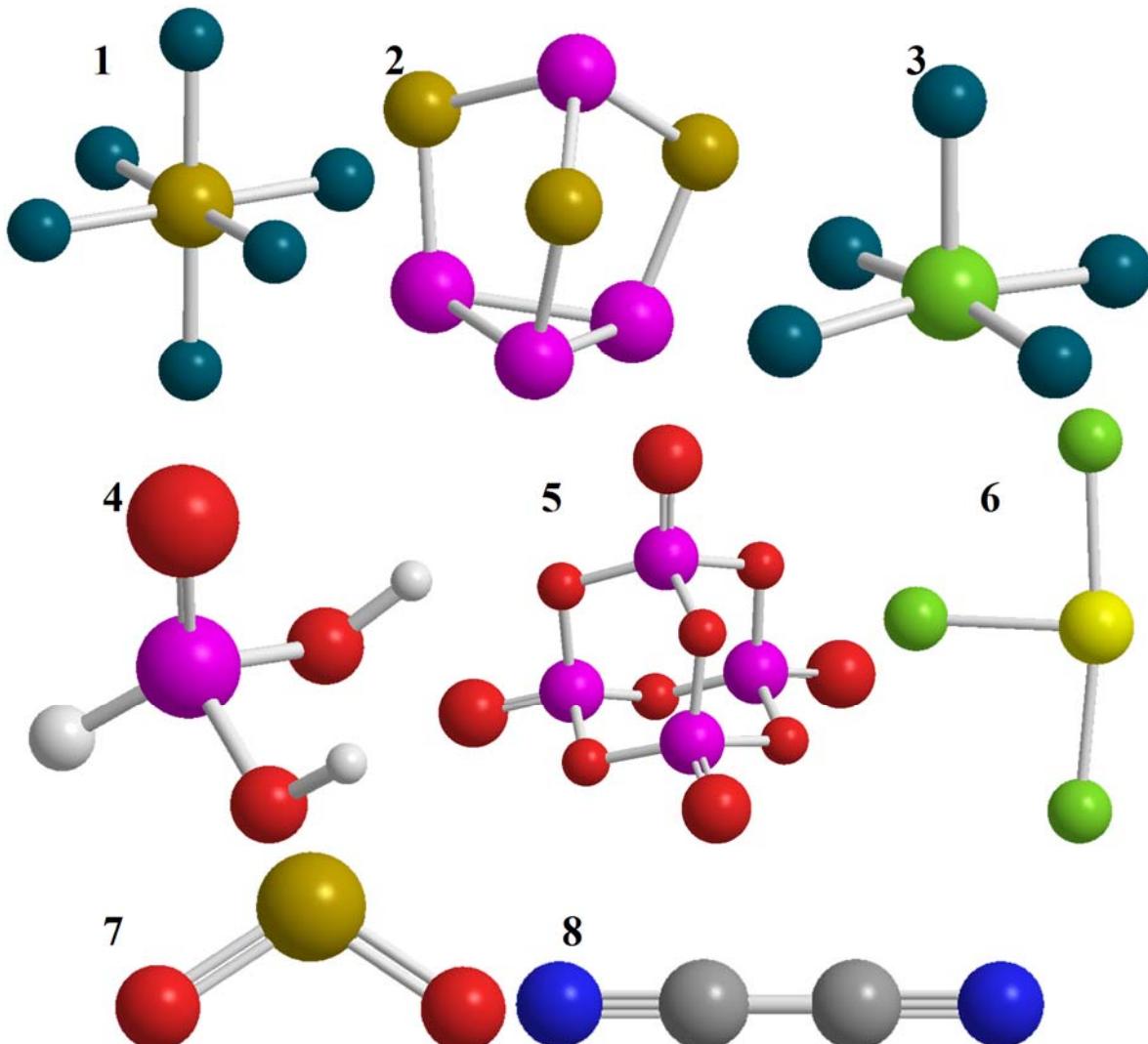
8 класс

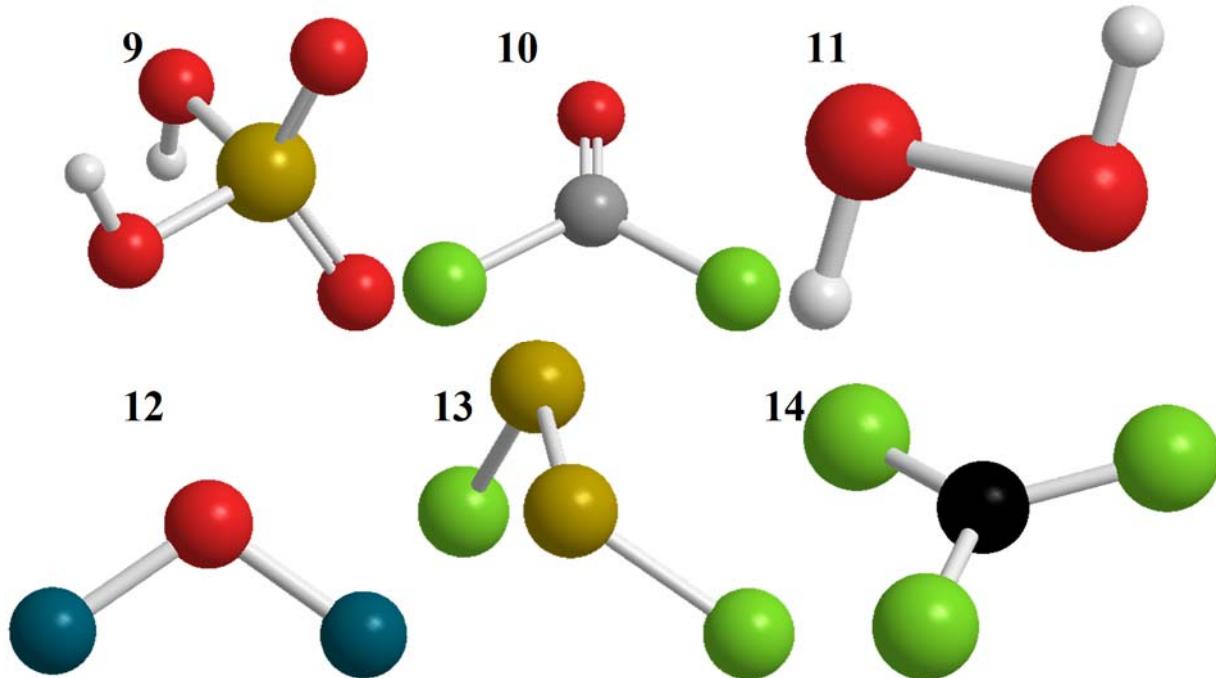
Авторы заданий Д.Н. Болматенков, И.А. Седов

1 тур

Задание 1.

После успешного выступления на районной олимпиаде по химии юный химик Андрей получил в подарок перед Новым годом долгожданный набор для построения моделей молекул. Он состоял из шариков разных цветов, каждый из которых соответствует определенному химическому элементу, и палочек, показывающих связи между атомами. С помощью пластилина Андрей склеил множество моделей разных веществ и предложил пришедшим к нему в гости на праздник друзьям определить, что это за вещества. Всего он продемонстрировал 14 приведенных ниже моделей, составленных из атомов H, B, C, N, O, F, P, S, Cl, I.





- Запишите молекулярные (обычные) формулы веществ, соответствующих каждой из моделей.
- Нарисуйте пространственные структуры молекул CO_2 , SO_3 , Cl_2O_7 . (При необходимости поясните расположение атомов в пространстве словами).

Задание 2.



Пигмент литопон



Минерал из соли X



Микроудобрение из соли В



Минерал госларит

Для производства пигментов белого цвета могут быть использованы разные неорганические соединения и их смеси. В зависимости от химического состава

пигменты могут отличаться оттенком, устойчивостью к влаге и кислороду воздуха, а также стоимостью.

Один из недорогих двухкомпонентных пигментов носит название литопон. Его получают путем смешения растворов двух неорганических солей **A** и **B**, при этом в осадок выпадают сразу две соли **X** и **Y**. Эта смесь малорастворимых солей и носит название литопон.

Соль **A** неустойчива к атмосферным воздействиям и в природе не встречается. Её можно получить при восстановлении углем минерала, образованного солью **X**. Соль **B** образует очень редкие минералы госларит, бианцит, бойлелит и ганнингит, но обычно получается в промышленности из отходов металлургического производства. Она обладает противомикробным действием, а также применяется в качестве добавки к кормам животным и удобрения.

Известно, что массовая доля кислорода в полученном описанным способом литопоне равна 19,34%, а соли **A**, **B**, **X** и **Y** состоят из двухзарядных ионов и содержат в своём составе общий элемент.

1. Установите с использованием расчета формулы соединений **A**, **B**, **X** и **Y** и запишите уравнения реакций образования литопона и взаимодействия **X** с углем.
2. Соль **B** часто называют ... купорос. Какое прилагательное пропущено?
3. Чем отличаются с химической точки зрения различные минералы, образованные солью **B**?
4. Приведите еще один пример неорганического вещества, которое можно использовать в качестве белого пигмента.

Задание 3.

Простые вещества **A-D** образованы элементами периодической системы, находящимися в одной группе. При 25°C и атмосферном давлении плотность вещества **A** составляет 1,553 г/л, **C** – 3103 г/л, **D** – 4933 г/л.

1. Установите вещества **A-D** и вычислите плотность **B** при 25°C и атмосферном давлении.

Элементы данной группы образуют друг с другом множество соединений. Сведения о некоторых из них представлены ниже.

В бинарном соединении **1** массовые доли элементов примерно равны, а в его молекуле 6 атомов лежат в одной плоскости.

В 1,00 г соединения **2** содержится $1,64 \cdot 10^{21}$ молекул и $6,57 \cdot 10^{21}$ атомов.

Из 1 моль **B** и 1 моль **D** можно получить 2 моль соединения **3**.

Соединение **4** имеет Т-образное строение молекулы и образуется при реакции **A** с **C**.

1 моль соединения **5** реагирует с 3 моль воды с образованием смеси двух кислот. Соединение **6** может самопроизвольно превращаться в эквимолярную смесь соединения **4** и **C**, либо в смесь соединений **4**, **5** и **C**.

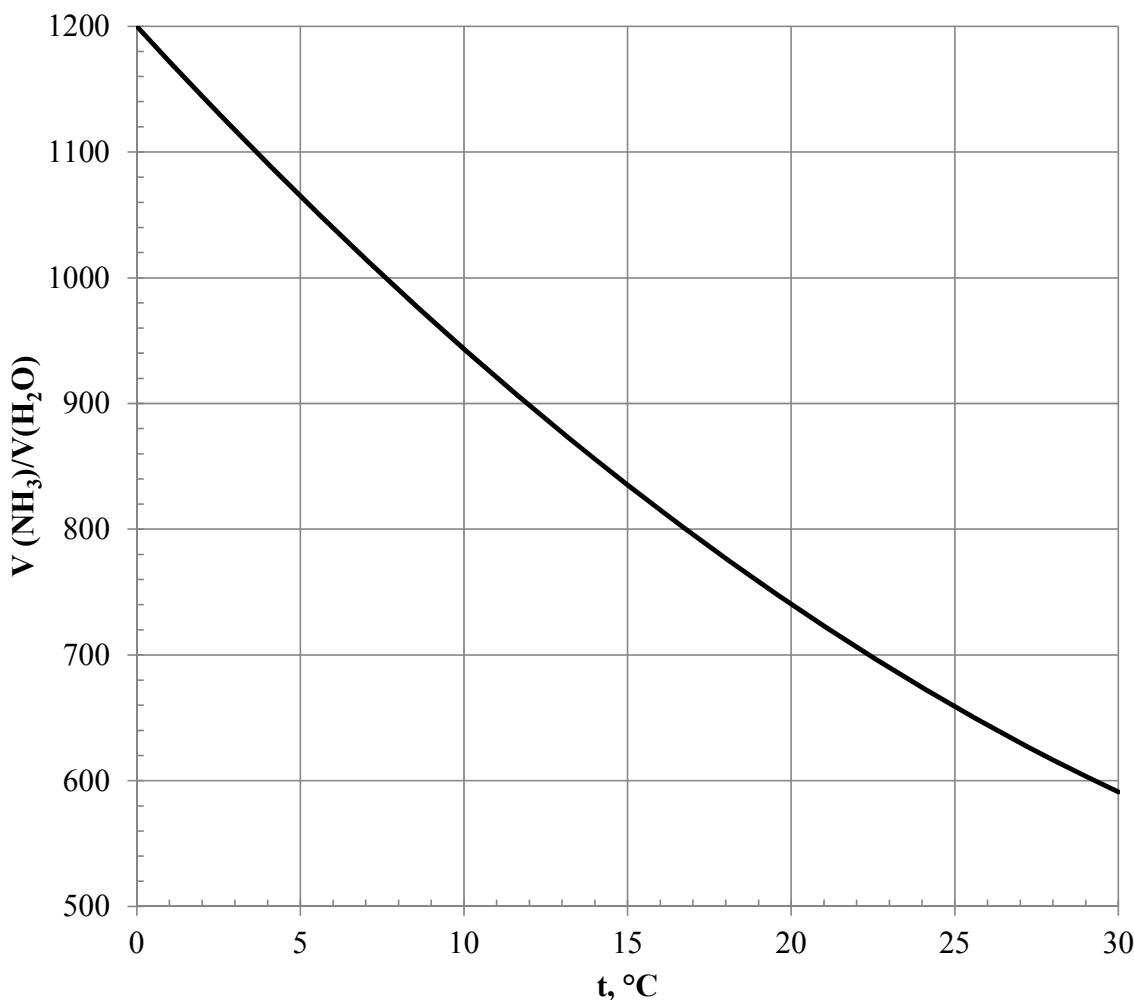
3. Установите формулы соединений **1-6**. Запишите уравнения всех упомянутых реакций.

Задание 4.

Аммиак NH_3 представляет собой хорошо растворимый в воде ядовитый газ с резким запахом. В одном объёме жидкой воды при н.у. растворяется 1200 объёмов газообразного аммиака. При этом образуется раствор с плотностью 0,790 г/мл. (Плотность чистой воды примите равной 1,000 г/мл независимо от температуры.)

1. Вычислите массовые доли компонентов и молярную концентрацию (моль/л) аммиака в насыщенном растворе при н.у.
2. Какими будут объёмные доли газов в газовой смеси, образующейся при полном испарении насыщенного раствора при 100°C ?

При повышении температуры растворимость аммиака в воде снижается. График зависимости растворимости аммиака в объемах на один объем воды от температуры при атмосферном давлении изображён ниже.



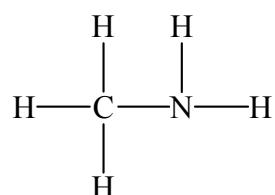
(Молярный объём газообразного аммиака при атмосферном давлении линейно зависит от температуры t : $V_m = 22,4 + 0,0821 \cdot t$.)

3. Какая доля аммиака выделится из насыщенного при н.у. раствора при его нагревании до $30 {}^\circ\text{C}$?
4. При какой температуре насыщенный раствор аммиака имеет концентрацию 40% по массе? (Будет засчитан только ответ с точностью до $1 {}^\circ\text{C}$).

2 тур

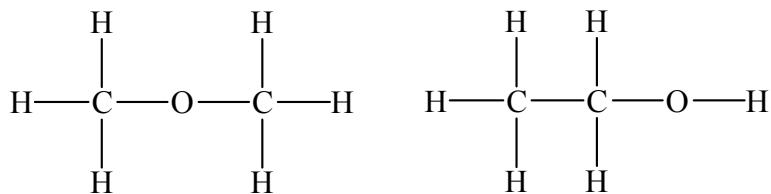
Задание 5.

Многообразие органических соединений объясняется тем, что небольшое количество разных атомов может соединяться в разной последовательности, подобно деталям конструктора. При этом каждый атом образует строго определённое число связей: углерод – 4, водород – 1, кислород – 2, хлор и другие галогены – 1, а азот – 3. Для изображения органических молекул используются структурные формулы, в которых связи между атомами обозначаются линиями. Например, соединение состава CNH_5 имеет следующую структуру:



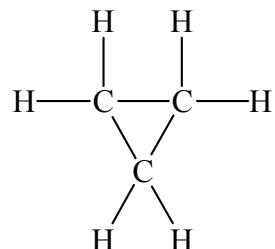
1. Нарисуйте структурную формулу молекулы пропана C_3H_8 .

В молекулах одинакового атомного состава атомы могут быть соединены в разной последовательности. Такие молекулы называют изомерами. Например, соединение состава $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ имеет два изомера:



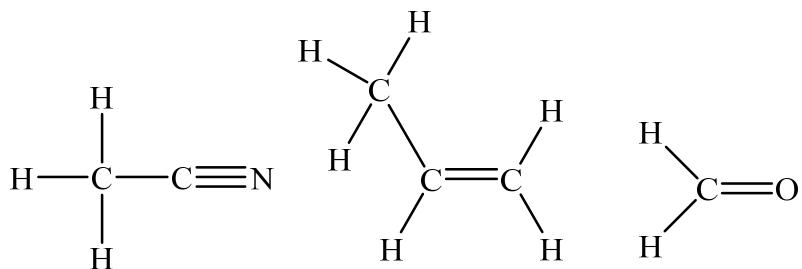
2. Изобразите все возможные изомеры молекул C_5H_{12} , $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$, $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$.

Органические молекулы способны образовывать циклы размером от трех атомов:



3. Изобразите все изомеры молекул C_5H_{10} и $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, имеющие цикл.

Атомы углерода и азота способные образовывать между собой двойные и тройные связи, которые обозначаются в структурных формулах как соответственно двойные (=) и тройные (\equiv) линии. Атомы кислорода могут участвовать только в двойных связях с другими элементами.



4. Нарисуйте структурные формулы всех возможных изомеров молекул C_4H_6 и $C_3H_2Cl_2$.

Задание 6.

При попытке получить соль **X** добавлением раствора стиральной соды к раствору нитрата металла **M** вместо **X** в зависимости от условий образуются соли **Y** или **Z**, содержащих в своем составе по 4 элемента. Соль **X** была впервые получена в 1973 году при нагревании **Y** в атмосфере углекислого газа под высоким давлением. Некоторые характеристики упомянутых солей приведены в таблице:

Соль	X	Y	Z
Цвет	Серый	Зеленый	Голубой
$\omega(O)$, %	38,85	36,18	37,13
$\omega(M)$, %	51,43	57,48	55,31
Потеря массы при нагревании, %	35,62	28,05	30,76

- Приведите формулу стиральной соды и дайте химическое название этому веществу.
- Определите с помощью расчета металл **M** и формулы солей **X**, **Y**, **Z**.
- Напишите уравнения реакций получения **Y**, **Z** и **X**.
Все три соли взаимодействуют с соляной кислотой с выделением газа и разлагаются при нагревании.
- Напишите уравнения протекающих при этом реакций для любой из солей.

Задание 7.

Соединение **X** с плотностью паров чуть ниже плотности воздуха в промышленности получают несколькими разными способами:

- Взаимодействием угарного газа с аммиаком в присутствии катализатора;
- Взаимодействием метана с аммиаком в присутствии катализатора;
- Взаимодействием смеси метана и аммиака с кислородом в присутствии катализатора;
- Взаимодействием метана с азотом при интенсивном облучении.

1. Установите формулу **X**.
2. Запишите уравнения реакций получения **X** описанными способами.

Лабораторным способом получения **X** является добавление соляной кислоты к соли калия **Y**.

3. Запишите уравнение реакции, приведите название соли **Y** и кислоты, от которой она образована.

Задание 8.

Химическая энциклопедия в 5 томах – надежный источник общих сведений в области химии. В ней можно найти статьи, посвященные всем часто встречающимся химическим веществам. Попробуйте найти соответствия между названием вещества и фрагментом энциклопедической статьи, посвященной ему. В ответе приведите номер вещества из таблицы ниже, его формулу и букву, соответствующую определению из другой таблицы (например, 0 – H_2O – Я).



№	Вещество
1	Никеля нитрат
2	Натрия хлорид
3	Марганца карбонат
4	Меди сульфат
5	Известняк
6	Мышьяка гидрид
7	Вольфрама гексафторид
8	Серы диоксид
9	Криптон
10	Гадолиний
11	Вода
12	Натрия гипохлорит
13	Америций
14	Ртуть
15	Натрия карбонат
16	Алмаз
17	Серебра нитрат
18	Осмий
19	Индия фосфид
20	Кремния диоксид

А	наиб. распространенная осадочная карбонатная горная порода
Б	получают как побочный продукт при воздуха разделении
В	для получения пигментов, напр. Fe_2O_3 из FeCl_3
Г	полупроводниковый материал для инжекц. лазеров, светодиодов
Д	в воде океанов и морей
Е	Содержит 95,2% активного хлора
Ж	зеленые кристаллы
З	т.пл. $-38,87^\circ\text{C}$, т. кип. $356,58^\circ\text{C}$
И	как вяжущее бактерицидное ср-во (ляпис), в произ-ве фотографич. эмульсий
Й	может существовать неопределенно долго, не превращаясь в устойчивую модификацию
К	степени окисления +4, +6, +8 (наиб. характерны), +1, +3, +5
Л	в присут. O_2 и H_2O приобретают коричневый оттенок вследствие окисления
М	бесцв. кристаллич., аморфное или стеклообразное в-во
Н	бесцв. газ, дымящий и синеющий во влажном воздухе
О	Конфигурация внеш. электронных оболочек $4f^75s^25p^65d^16s^2$
П	Существует 9 устойчивых изотопных разновидностей
Р	во многом подобен лантаноидам
С	при 250°C превращ. в безводную соль
Т	на горячей пов-сти в виде зеркала используют для обнаружения
У	применяют для консервирования фруктов, ягод

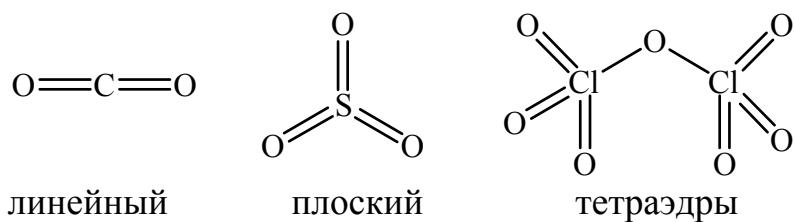
Краткие решения

Задание 1.

1. 1 – SF₆, 2 – P₄S₃, 3 – ClF₅, 4 – H₃PO₃, 5 – P₄O₁₀, 6 – ICl₃, 7 – SO₂, 8 – (CN)₂, 9 – H₂SO₄, 10 – COCl₂, 11 – H₂O₂, 12 – OF₂, 13 – S₂Cl₂, 14 – BCl₃

По 1 баллу за формулу.

2.

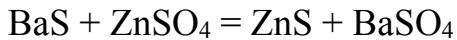


По 1 баллу за структуру. По 0.5 балла за изображение верной кратности связей, но неверной геометрии структур в пункте 2.

Итого 17 баллов

Задание 2.

1. A – BaS, B – ZnSO₄, X – BaSO₄, Y – ZnS (по 2 балла за вещество)



$\text{BaSO}_4 + 4\text{C} = \text{BaS} + 4\text{CO}$ (по 1 баллу за уравнение)

Массовая доля кислорода:

$$\omega(0) = 16.00 \cdot 4 / (137.33 + 32.07 + 16.00 \cdot 4 + 65.39 + 32.07) = 0.1934$$

2. Цинковый (1 балл)

3. Количество кристаллизационной воды (1 балл)

4. TiO_2 , CaCO_3 , PbCO_3 , ZnO , ZrO_2 и другие **нерасторимые** стабильные неорганические соединения белого цвета (проверяйте в интернете). (1 балл)

Итого 13 баллов

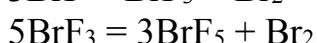
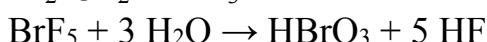
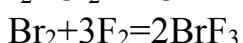
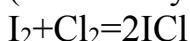
Задание 3.

1. A – F₂, B – Cl₂, C – Br₂, D – I₂

Плотность В: 2,9 г/л (по 1 баллу за вещество и 1 за плотность)

2. 1 – IF₇, 2 – IBr₃, 3 – ICl, 4 – BrF₃, 5 – BrF₅, 6 - BrF

(по 1 баллу за вещество)



(по 1 баллу за уравнение; превращение б в смесь 4,5 и С можно рассматривать как любую суперпозицию двух последних уравнений)

Итого 16 баллов

Задание 4.

1. Количество вещества аммиака: $n = 1200/22.4 = 53.57$ моль

Масса аммиака: $m = 53.57 \cdot 17 = 910.7$ г

Масса раствора: $m(p-pa) = 1000 + 910.7 = 1910.7$ г

Массовые доли компонентов: $\omega(NH_3) = 910.7/1910.7 \cdot 100\% = 47.66\%$

$\omega(H_2O) = 1000/1910.7 \cdot 100\% = 52.34\%$ (по 1 баллу)

Объём раствора: $1910.7/0.79 = 2419$ мл = 2.42 л

Молярная концентрация аммиака: $C = 53.57/2.42 = 22.1$ моль/л (2 балла)

2. Количество вещества воды: $n = 1000/18 = 55.56$ моль

Суммарное количество вещества газов: $55.56 + 53.57 = 109.13$ моль

Объёмные доли: $\phi(NH_3) = 53.57/109.13 \cdot 100\% = 49.09\%$

$\phi(H_2O) = 55.56/109.13 \cdot 100\% = 50.91\%$ (по 1 баллу)

3. Количество аммиака в насыщенном растворе при 30 °C:

$n = 600/(22.4 + 30 \cdot 0.0821) = 24.13$ моль

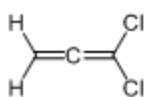
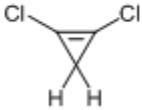
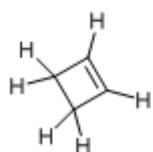
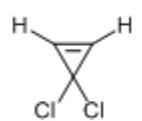
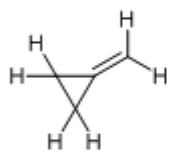
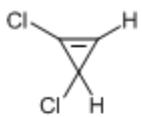
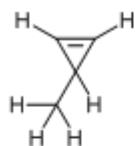
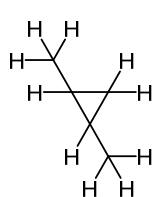
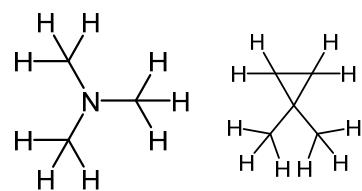
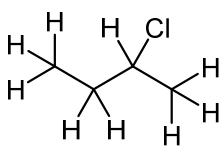
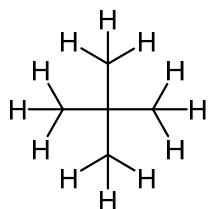
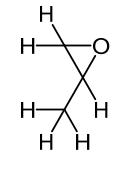
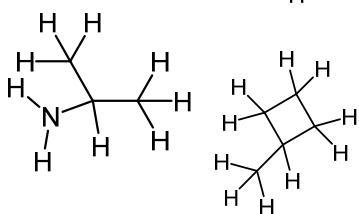
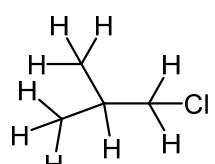
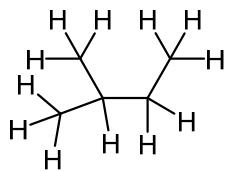
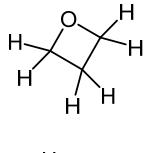
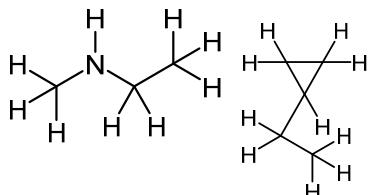
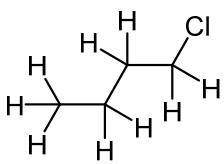
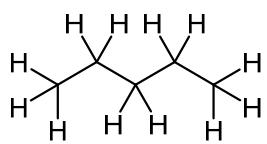
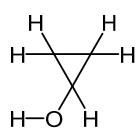
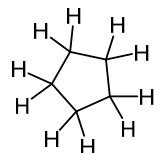
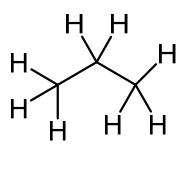
Из раствора улетучится $53.57 - 24.13 = 29.44$ моль аммиака, что составит 55% от исходного количества.

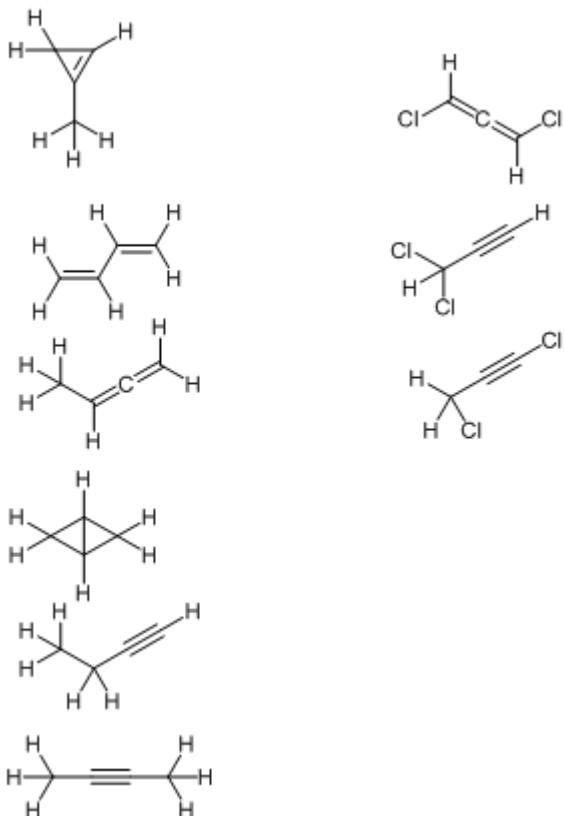
(3 балла за ответ)

4. Если в 40 % растворе аммиака содержится 1000 г воды, то масса аммиака будет равна $1000/0.6 \cdot 0.4 = 666.7$ г, что соответствует количеству вещества $n = 39.22$ моль, что соответствует объёму от 878.5 л ($t = 0$ °C) до 975 л ($t = 30$ °C). Растворимость аммиака при этих температурах отличается от рассчитанной. Данным объёмам соответствуют на графике температуры от 8 до 13 °C, и соответствующие объёмы будут равны 904.3 л и 920.4 л. На графике этим объёмам соответствуют температуры чуть выше 10 °C, так что искомая температура **11±1 °C**. (3 балла за ответ)

Итого 12 баллов

Задание 5.



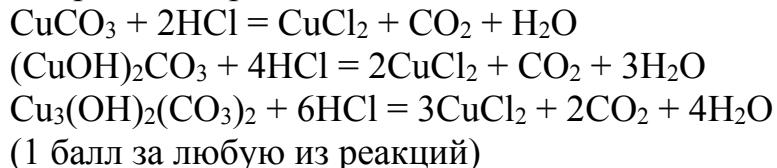


По 0,5 балла за структуру, всего **18 баллов.**

Задание 6.

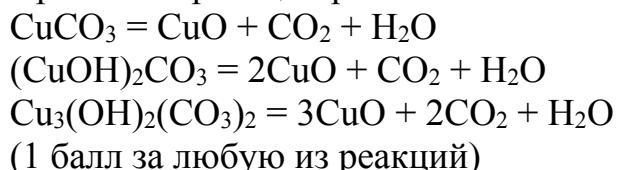
1. Na_2CO_3 – карбонат натрия (по 0.5 б за формулу и название)
2. $\text{M} = \text{Cu}$; $\text{X} = \text{CuCO}_3$; $\text{Y} = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ или $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$; $\text{Z} = \text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ или $\text{Cu}_3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_8$ (1 балл за металл и по 2 балла за формулы солей в любой записи)
3. $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + 4\text{NaNO}_3$
 $3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 + \text{CO}_2 + 6\text{NaNO}_3$
 $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 = 2\text{CuCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
(по 1 баллу за уравнение)

4. Уравнения реакций взаимодействия с соляной кислотой:



(1 балл за любую из реакций)

Уравнения реакций разложения:

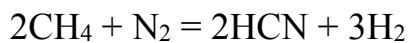


(1 балл за любую из реакций)

Итого 13 баллов

Задание 7.

1. $\text{X} = \text{HCN}$ (2 балла).
 2. $\text{CO} + \text{NH}_3 = \text{HCN} + \text{H}_2\text{O}$
- $$\text{CH}_4 + \text{NH}_3 = \text{HCN} + 3\text{H}_2$$



(по 1 баллу за уравнение)



Цианид, синильная кислота (по 0,5 балла).

Итого 9 баллов

Задание 8.

1	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	Ж
2	NaCl	Д
3	MnCO_3	Л
4	CuSO_4	С
5	CaCO_3	А
6	AsH_3	Т
7	WF_6	Н
8	SO_2	У
9	Kr	Б
10	Gd	О
11	H_2O	П
12	NaClO	Е
13	Am	Р
14	Hg	З
15	Na_2CO_3	В
16	C	Й
17	AgNO_3	И
18	Os	К
19	InP	Г
20	SiO_2	М

По **0,5 балла** за формулу и соответствие, всего **20 баллов**.