

Республиканская олимпиада по химии – 2021

Казань, 19–20 января 2021 г.

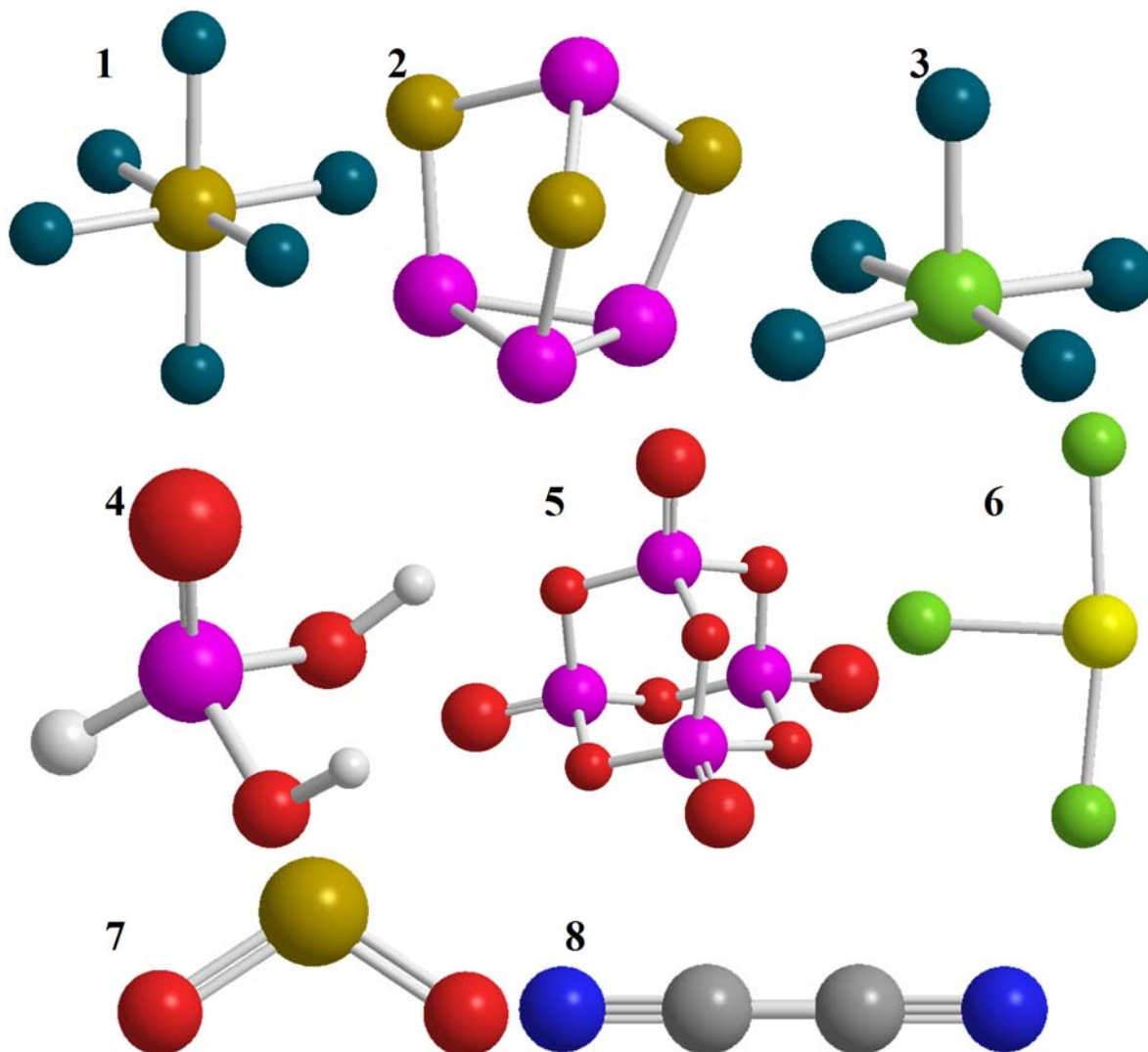
8 класс

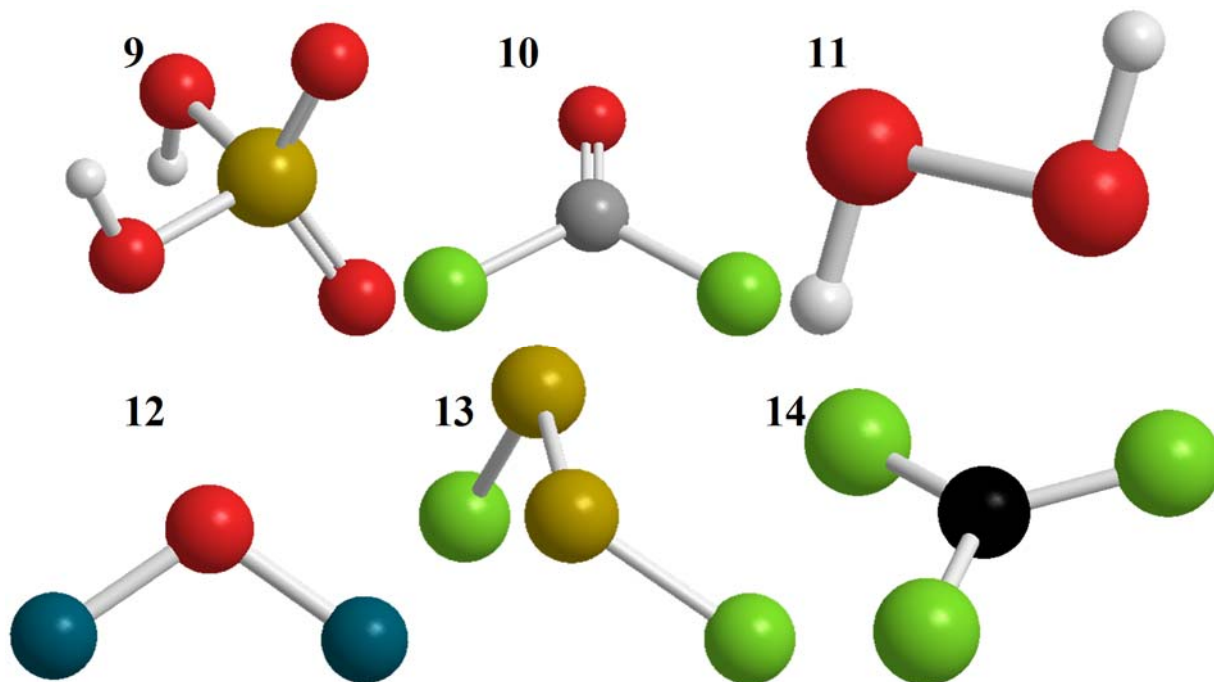
Авторы заданий Д.Н. Болматенков, И.А. Седов

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.





1. Запишите молекулярные (обычные) формулы веществ, соответствующих каждой из моделей.
2. 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, бианчит, 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 эквимольную смесь соединения **4** и **C**, либо в смесь соединений **4**, **5** и **C**.

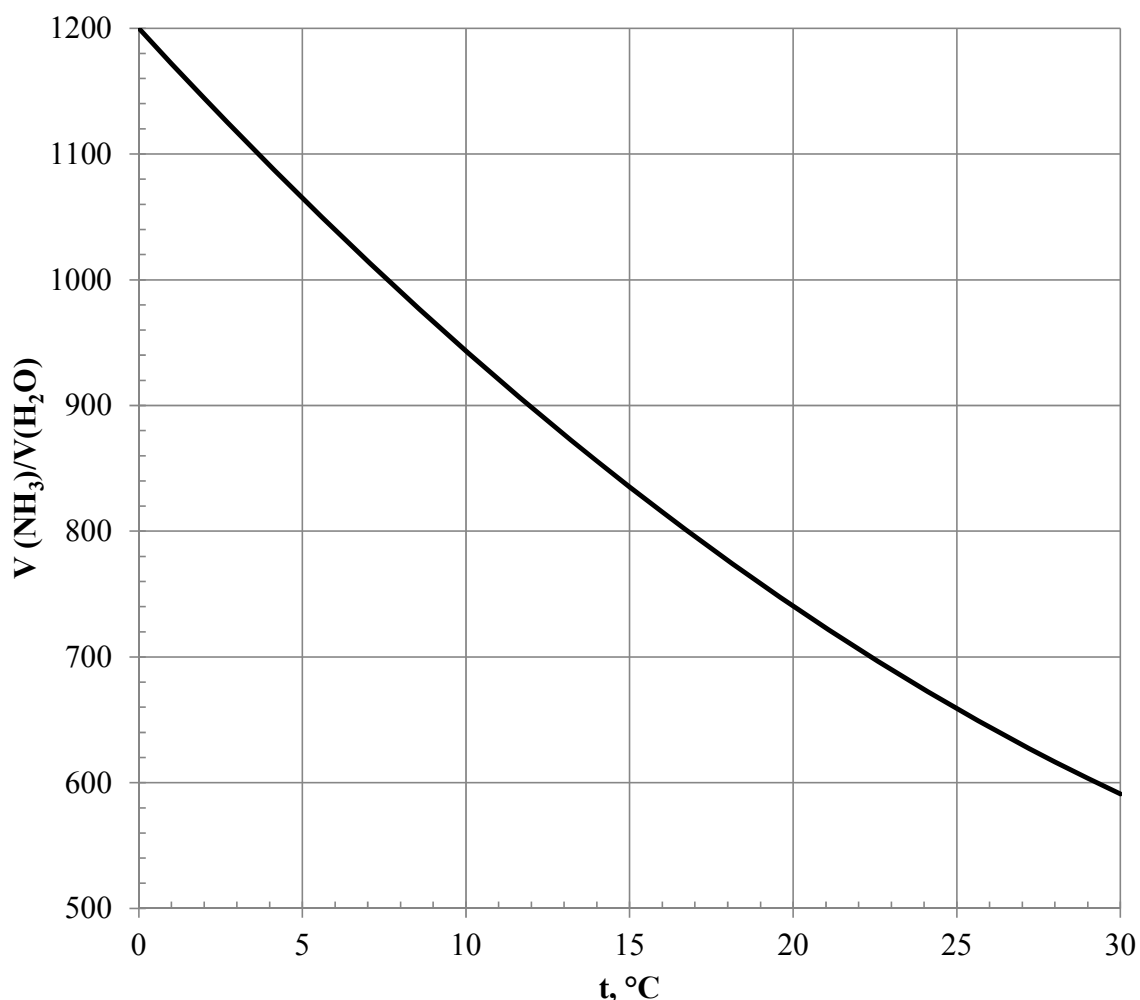
3. Установите формулы соединений **1-6**. Запишите уравнения всех упомянутых реакций.

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 объёмах на один объём воды от температуры при атмосферном давлении изображён ниже.



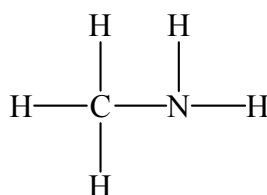
(Молярный объём газообразного аммиака при атмосферном давлении линейно зависит от температуры t : $V_m = 22,4 + 0,0821 \cdot t$.)

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

2 тур

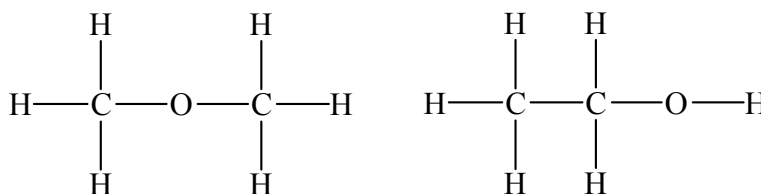
Задание 5.

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:



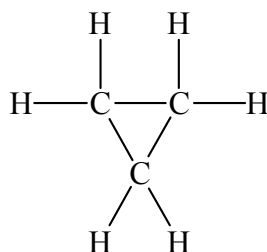
1. Нарисуйте структурную формулу молекулы пропана C_3H_8 .

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:



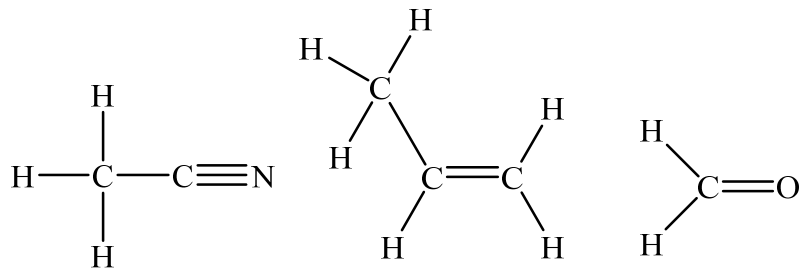
2. Изобразите все возможные изомеры молекул C_5H_{12} , $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$, $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$.

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 способны 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
ω (O), %	38,85	36,18	37,13
ω (M), %	51,43	57,48	55,31
Потеря массы при нагревании, %	35,62	28,05	30,76

1. Приведите формулу стиральной соды и дайте химическое название этому веществу.
 2. Определите с помощью расчета металл **M** и формулы солей **X**, **Y**, **Z**.
 3. Напишите уравнения реакций получения **Y**, **Z** и **X**.
- Все три соли взаимодействуют с соляной кислотой с выделением газа и разлагаются при нагревании.
4. 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:

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

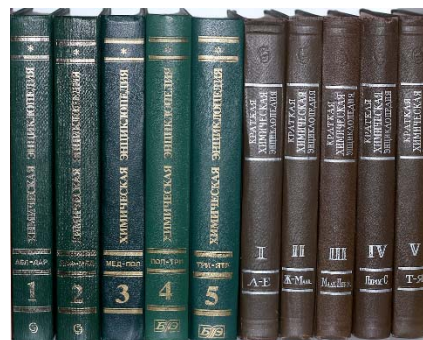
1. Установите формулу **X**.
2. Запишите уравнения реакций получения **X** описанными способами.

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. $-38,87\text{ }^\circ\text{C}$, т. кип. $356,58\text{ }^\circ\text{C}$
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 $4f^7 5s^2 5p^6 5d^1 6s^2$
П	Существует 9 устойчивых изотопных разновидностей
Р	во многом подобен лантаноидам
С	при $250\text{ }^\circ\text{C}$ превращ. в безводную соль
Т	на горячей пов-сти в виде зеркала используют для обнаружения
У	применяют для консервирования фруктов, ягод

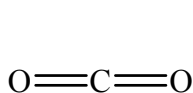
Краткие решения

Задание 1.

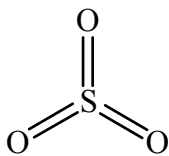
1. 1 – SF₆, 2 – P₄S₃, 3 – ClF₅, 4 – H₃PO₃, 5 – P₄O₁₀, 6 – ICl₃, 7 – SO₂, 8 – (CN)₂, 9 – H₂SO₄, 10 – COCl₂, 11 – H₂O₂, 12 – OF₂, 13 – S₂Cl₂, 14 – BCl₃

По 1 баллу за формулу.

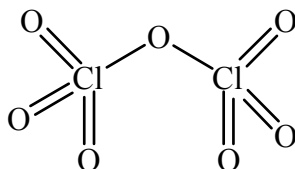
2.



линейный



плоский



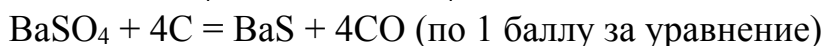
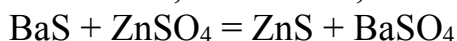
тетраэдры

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)



Массовая доля кислорода:

$$\omega(\text{O}) = 16.00 \cdot 4 / (137.33 + 32.07 + 16.00 \cdot 4 + 65.39 + 32.07) = 0.1934$$

2. Цинковый (1 балл)

3. Количеством кристаллизационной воды (1 балл)

4. TiO₂, CaCO₃, PbCO₃, ZnO, ZrO₂ и другие **нерастворимые** стабильные неорганические соединения белого цвета (проверяйте в интернете). (1 балл)

Итого 13 баллов

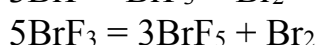
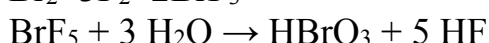
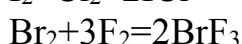
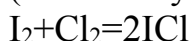
Задание 3.

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 6 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: $\varphi(NH_3) = 53.57/109.13 \cdot 100\% = 49.09\%$

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

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

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

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

(3 балла за ответ)

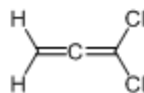
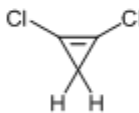
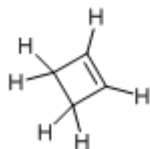
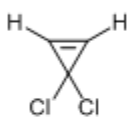
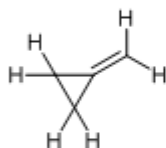
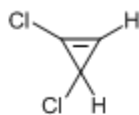
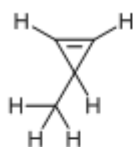
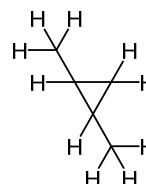
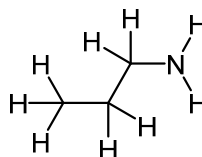
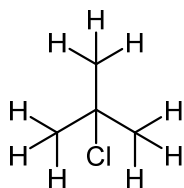
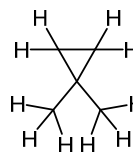
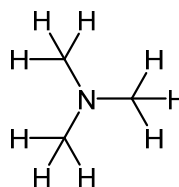
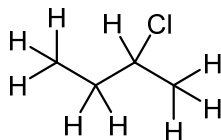
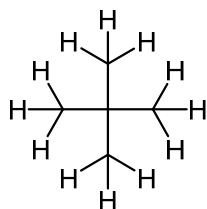
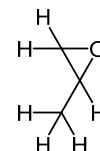
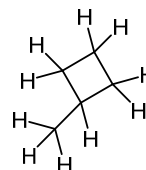
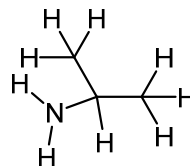
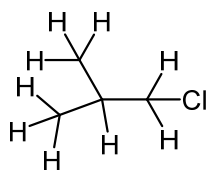
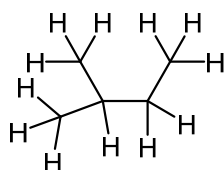
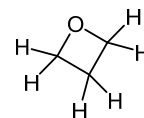
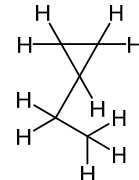
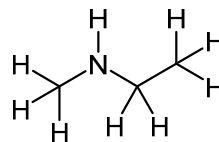
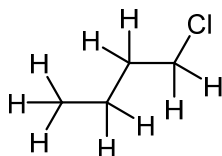
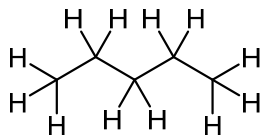
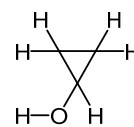
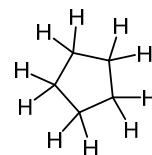
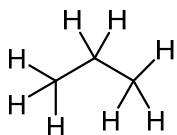
4. Если в 40 % растворе аммиака содержится 1000 г воды, то масса аммиака будет равна $1000/0.6 \cdot 0.4 = 666.7$ г, что соответствует количеству вещества $n = 39.22$ моль, что соответствует объёму от 878.5 л ($t = 0$ °С) до 975 л ($t = 30$ °С).

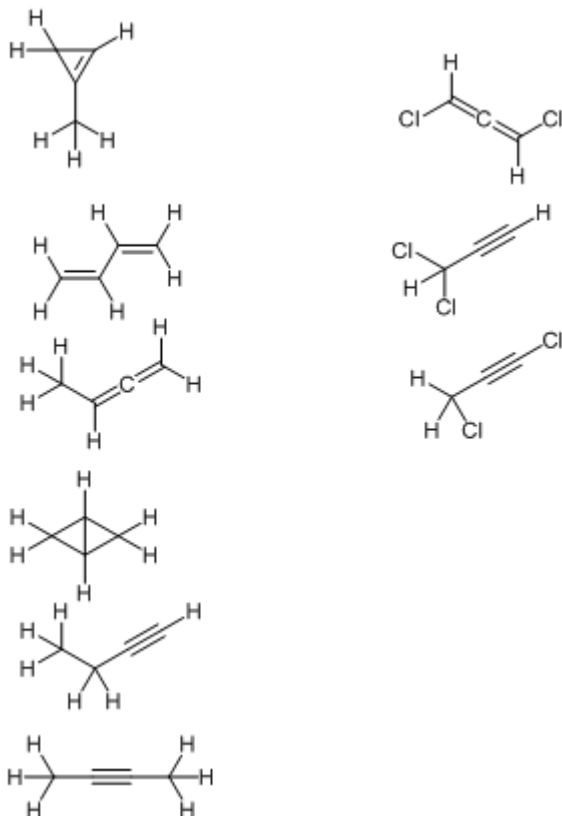
Растворимость аммиака при этих температурах отличается от рассчитанной.

Данным объёмам соответствуют на графике температуры от 8 до 13 °С, и соответствующие объёмы будут равны 904.3 л и 920.4 л. На графике этим объёмам соответствуют температуры чуть выше 10 °С, так что искомая температура **11±1** °С. (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. **М** – Cu; **X** – CuCO_3 ; **Y** – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ или $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$; **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:

$\text{CuCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} = 2\text{CuCl}_2 + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

$\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 + 6\text{HCl} = 3\text{CuCl}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

(1 балл за любую из реакций)

Уравнения реакций разложения:

$\text{CuCO}_3 = \text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 = 3\text{CuO} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(1 балл за любую из реакций)

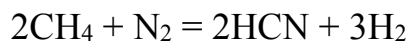
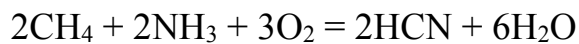
Итого 13 баллов

Задание 7.

1. X – 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	Ni(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 ₂ O	П
12	NaClO	Е
13	Am	Р
14	Hg	З
15	Na ₂ CO 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**.