

**Решения задач олимпиады «Высшая проба», 2021 г.,
11 класс, заключительный тур**

Задача 11-1

В 2019-м году впервые осуществлен синтез в твердом виде новой аллотропной модификации углерода (**A**) из его оксида (**B**), имеющего молекулярную массу в пределах 340-420 г/моль. Оксид массой 0.0503 г сожгли в закрытом сосуде, в котором было 0.1 л кислорода. Получили смесь 70.4 мл CO₂ и 38.4 мл O₂.

1. Напишите известные вам аллотропные модификации углерода (засчитываются 4).
2. Найдите массовую долю углерода в **B**. Напишите молекулярную формулу **B**.

Получение **A** проходит при 5 К на инертной поверхности, так как **A** очень реакционноспособно, с использованием метода манипуляции атомами, который позволяет перемещать атомы и таким образом проводить реакции. Происходит реакция декарбонирования, то есть молекула **B** теряет определенное количество фрагментов, уходящих в виде CO, и превращается в **A**. Спектральные исследования показали, что **B** имеет ось симметрии третьего порядка (структура совмещается сама с собой при повороте на 120°), один 18-членный цикл и три 4-членных цикла.

3. Опишите (или нарисуйте) **A** и нарисуйте структуру **B**. Напишите реакцию образования **A**.
4. Зная, что **A** по правилу Хюккеля имеет двойную ароматичность, которая возникает в группе атомов с двумя ароматическими системами, предположите будут ли различаться длины связей и углы между собой. Опишите (или нарисуйте) гипотетическую структуру **A**, которая удовлетворяет этому условию.
5. Однако, экспериментально доказано, что правило Хюккеля для **A** не соблюдается, соединение неароматично. Опишите (или нарисуйте) такую неароматическую структуру **A**, где длины связей и углы связей различаются между собой.

Ответы:

1. На данный момент хорошо известны и описаны следующие аллотропные модификации: графит, алмаз, графен, фуллерен, нанотрубка, карбин, лонсдейлит. (Полный балл за 4)

2. Для начала найдем массу углерода исходя из объема его оксида, затем посчитаем его содержание в соединении **B**.

$$m(C) \text{ в } CO_2 = n(CO_2)Mr(C) = \frac{V(CO_2)}{V_m} Mr(C) = \frac{0.0704 \text{ л} * 12 \text{ г/моль}}{22.4 \text{ л/моль}} = 0.0377 \text{ г}$$

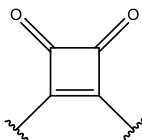
$$\omega(C) = \frac{0.0377 \text{ г}}{0.0503 \text{ г}} = 75\%.$$

Посчитаем эмпирическую формулу оксида:

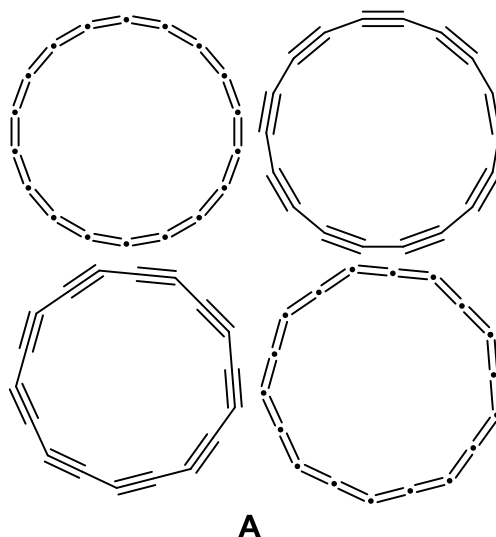
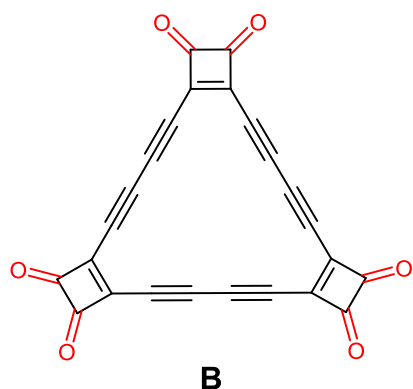
$$\omega(O) = 100\% - 75\% = 25\%. Mr(C_xO) = \frac{16}{0.25} = 64 \text{ г/моль}, x = \frac{64 - 16}{12} = 4.$$

Эмпирическая формула – C₄O. Перебором найдем значение брутто-формулы, удовлетворяющее условию. Под молекулярную массу 340-420 г/моль подходит только брутто-формула C₂₄O₆.

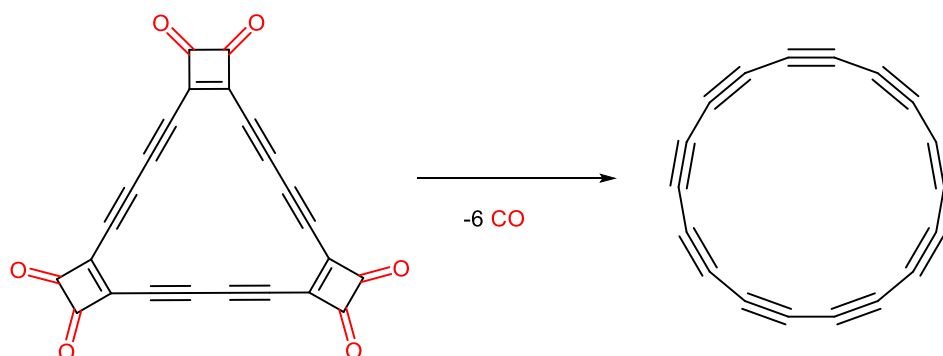
3. Из реакции декарбонирования и 4-членного цикла можно придумать вот такую структуру:



и дорисовать с 18-членным циклом, учитывая ось симметрии третьего порядка:

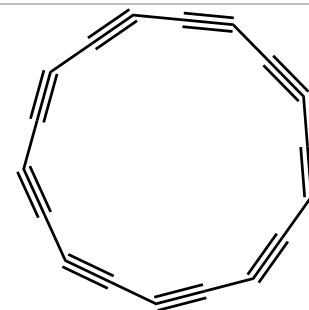
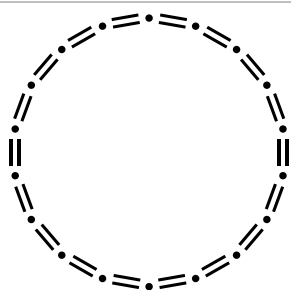


A – цикл из 18 углеродов, 18 двойных связей или 9 тройных. Подходит любая структура.



4. При двойной ароматичности ясно, что структура высокосимметричная, а значит, что ни углы, ни длины связей не различаются. Структура будет иметь кумуленовую форму.

5. Длина одинарной и тройной связи отличается. Так же, как и углы (180° и 140°). Каждая тройная связь «напряжена на 40° ».



Критерии оценивания:

Итог	Объяснение	Балл
1	4 модификации по 0.5	2 балла
2	3 за массовую долю + 2 за брутто-формулу	5 баллов
3	А и В по 3 балла + 1 за реакцию	7 баллов
4	3 балла за форму	3 балла
5	3 балла за форму	3 балла
Итог		20 баллов

Статьи, в которых это опубликовано:

Kaiser *et al.*, *Science* **365**, 1299–1301 (2019).

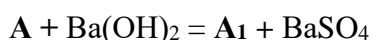
Scriven *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 12921–12924 (2020).

Задача 11-2

Соединения А-Г, содержащие элемент Э, имеют разные применения: соединение А - для борьбы с крысами, эквимолярный водный раствор соединений Б и В применяется в геологии для определения плотности минералов, а соединение Г используется в лаборатории в качестве сильного окислителя.

1. Один из смешанных иодидов элемента Э имеет массовую долю элемента = 51,71%. Мольная доля иода = 60%. Смешанный иодид — это иодид с элементом в разных степенях окисления. Задание: определите элемент Э. Ответ подтвердите расчётом.

2. Соединение А получается растворением Э в разбавленной серной кислоте при охлаждении. Соединения Б и В получаются по следующей методике:



Задание: уравняйте реакции, определите вещества А, А₁, Б, В, предложите метод анализа плотности минералов раствором, содержащим Б и В, если известно, что концентрация веществ при этом не изменяется.

3. А восстановили водородом и получили А₂. А₂ растворили в горячей концентрированной азотной кислоте с выделением газов, упарили и выделили кристаллогидрат Г с массовой долей Э = 45,95%.

Задание: определите вещество Г, ответ подтвердите расчётом. Напишите реакции, уравняйте их. Напишите реакцию Г с концентрированным раствором HCl.

4. Действием циклопентадиена на А₁ можно получить полусэндвичевое соединение Д.

Задание: изобразите эту реакцию, нарисуйте структуру Д.

5. Существует иодид элемента Э, который можно представить как два соединения с одинаковой молекулярной формулой, но с разными степенями окисления и структурами. Массовая доля элемента = 34,87%, а анион одной из форм изоструктурен азид-иону, то есть схож по структуре с ним.

Задание: Обоснуйте, почему одна из форм иодида не может существовать в обычных условиях. Изобразите структуру азид-иона и аниона соединения.

6. Для стабилизации высших степеней окисления часто применяют комплексообразование. Так, нестабильная форма иодида в среде KI стабилизируется с образованием соединения **E**.

Задание: изобразите структуру аниона **E** и укажите степени окисления элементов.

Решение:

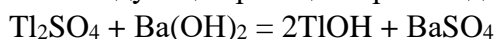
Расчёт по мольной доле говорит о том, что брутто-формула иодида равна $\text{Э}_2\text{I}_3$ или $\text{Э}_4\text{I}_6$. Дальнейшие расчёты дают нам значение для $\text{Э} = 204$ г/моль, что соответствует Tl_2I_3 , также возможна форма Tl_4I_6 , которая является более корректной. По описанию в начале задачи можно предположить, что искомым элемент – таллий, и провести любой подтверждающий расчёт.

Иодид = Tl_2I_3

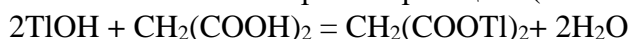
$\text{Э} = \text{Tl}$

При растворении таллия в холодной разбавленной серной кислоте, таллий не будет окисляться до Tl^{3+} , а только лишь до Tl^+ , поэтому **A - Tl_2SO_4**

В последующей реакции происходит обменная реакция с образованием TlOH (**A₁ = TlOH**)



Из задачи понять то, что образуется двузамещённый малонат таллия (**I**) нельзя, поэтому засчитывались оба варианта реакции. (**B = $\text{CH}_2(\text{COOTl})_2$** или **$\text{CH}_2(\text{COOTl})\text{COOH}$**)



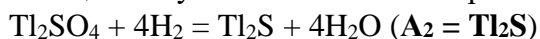
или



Следующая реакция с муравьиной кислотой однозначна: $\text{TlOH} + \text{HCOOH} = \text{HCOOTl} + \text{H}_2\text{O}$

V = HCOOTl

Реакция получения **A₂** похожа на реакцию получения сульфида бария:



В следующей реакции выделяется только NO_2



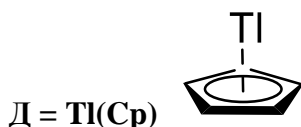
$\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ засчитывался только в случае подтверждения любым расчётом.

(**Г = $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$**)

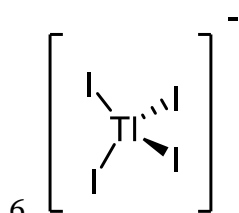
Дальше шла реакция с HCl . Tl^{3+} проявляет окислительные свойства и окисляет хлорид до хлора, восстанавливаясь до Tl^+ . Возможны 2 реакции:



Затем идёт реакция циклопентадиена и TlOH : $\text{TlOH} + \text{C}_5\text{H}_6 = \text{TlC}_5\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$



5. Азид и трииодид ионы линейные, Tl^{3+}I_3 не существует в обычных условиях ввиду окислительной способности Tl^{3+} .



$\text{Tl}^{3+} \text{I}^-$, **E = $\text{K}[\text{TlI}_4]$** . Структура в виде октаэдра не принималась как верная, нет данных о ее существовании.

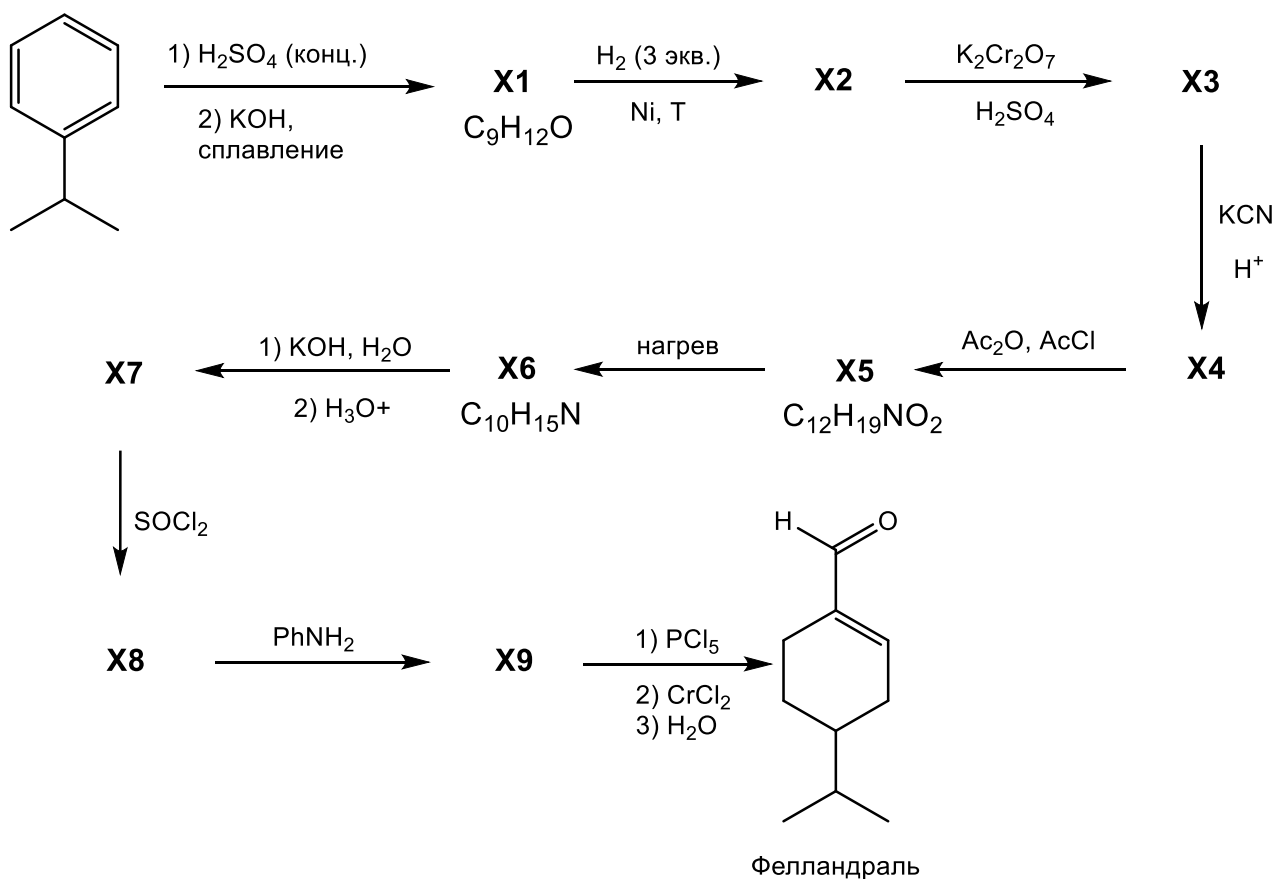
Критерии оценивания:

Пункт	Объяснение	Балл
1	1 балл за расчет иодида + 1 балл за элемент	2 балла
2	По 0.75 балла за 3 реакции + по 0.75 балла за 4 соединения + 1.75 балла за пояснение	7 баллов
3	2 балла за расчет и определение Г + по 1 баллу за 3 реакции	5 баллов
4	1 балл за структуру + 1 балл за реакцию	2 балла
5	1 балл за объяснение + по 1 баллу за 2 структуры	3 балла
6	1.5 балла за структуру аниона + по 0.25 балла за 2 с.о.	2 балла
Итого		21 балл

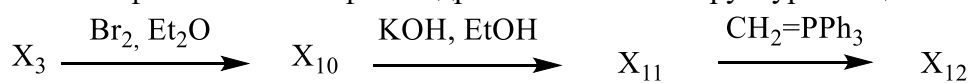
Задача 11-3

Вокруг нас в повседневной жизни витает огромное количество запахов: запахи свежее испеченного хлеба, доносящиеся из булочной, букеты ароматов цветочного поля или может запах цитрусовых в преддверии Нового Года. Но часто ли мы задумываемся почему одни вещества пахнут, а другие нет? Дело в том, что запахи мы ощущаем благодаря тому, что специальные рецепторы в носу улавливают летучие пахнущие вещества, передают импульсы по нервам в мозг, где в центре обоняния происходит обработка этого сигнала и мы ощущаем запах того или иного благоволия.

Люди издавна заметили, что, например, из растений можно извлекать душистые вещества (*одоранты*). Так из эфирных масел фенхеля, а также эвкалипта выделили одорант, получивший название - фелландраль. На схеме ниже Вам представлен полный синтез этого вещества.

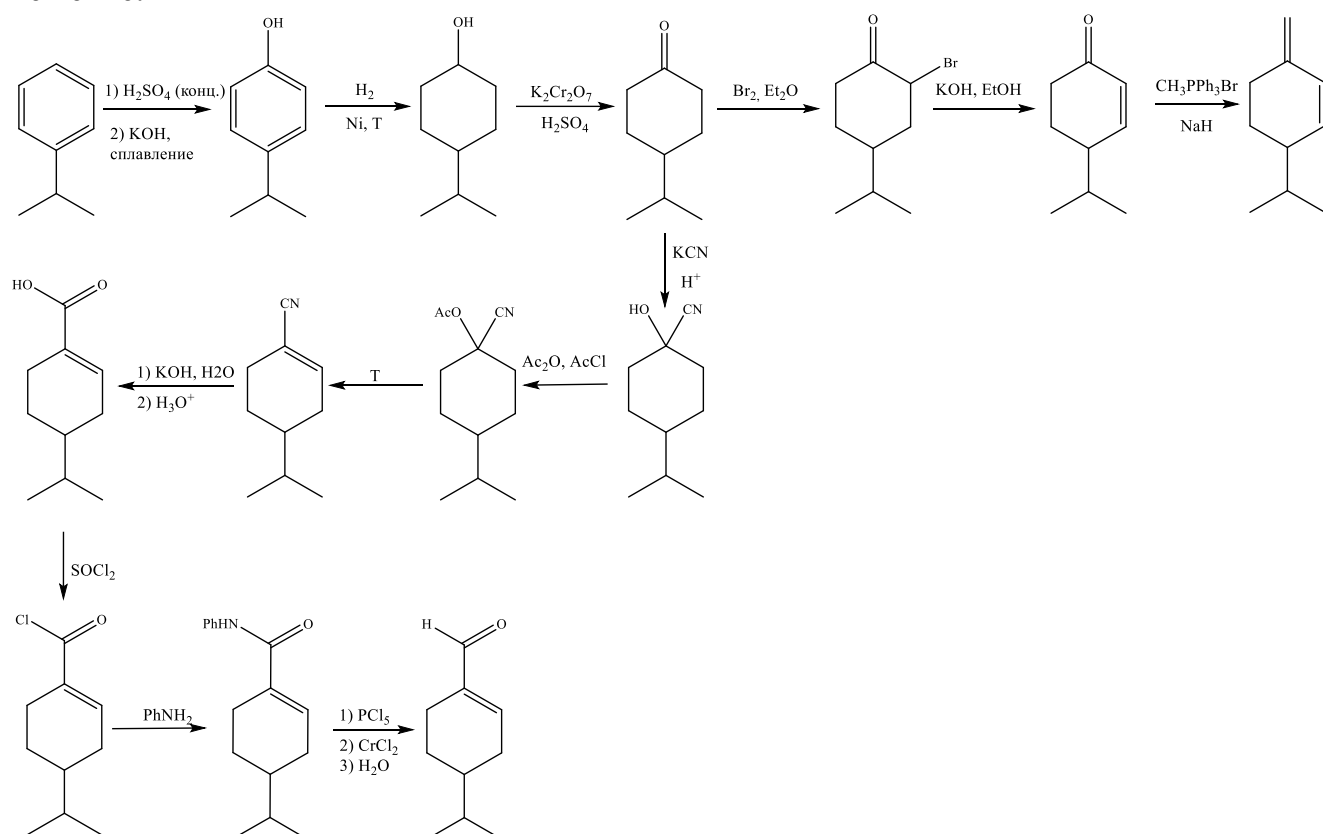


1. Расшифруйте схему превращений. Напишите структуры веществ X₁-X₉.
2. Что может происходить при стоянии фелландраля на воздухе и по какой причине? Напишите уравнение реакции.
3. На второй схеме приведен синтез другого пахнущего вещества, содержащегося в эфирном масле фенхеля – бета-фелландрена. Напишите структуры веществ X₁₀-X₁₂.



4. В реакции образования X₁₀ начальная скорость реакции довольно низка, но затем, она резко возрастает. Объясните причину данного явления.

Решение:



1. Реакция изопропилбензола с серной кислотой является электрофильным замещением, в свою очередь изопропил – ориентант 1-го рода, но в силу стерических причин замещение протекает только по пара-положению. Во второй стадии при сплавлении с щелочью происходит замещение сульфогруппы –SO₃H на гидроксильную группу, при этом получается вещество X₁. Понять, что щелочь нужна для замещения на гидроксильную группу можно из состава X₁. В реакции получения X₂ используется 3 эквивалента водорода, а следовательно получается полностью гидрированный цикл. Известно, что под действием дихромата калия в серной кислоте вторичные спирты легко окисляются в кетоны, что мы и можем наблюдать при получении X₃. Смесь KCN и кислоты приводит к образованию HCN *in situ*, которая реагирует с кетоном с образованием циангидрина X₄. Под действием уксусного ангидрида и ацетилхлорида образуется сложный эфир, ацетат циангидрина – вещество X₅. При нагревании X₅ происходит элиминирование – отщепление молекулы уксусной кислоты и образуется X₆. Для того чтобы понять, что происходило на этой стадии можно было посчитать разницу в молекулярном составе: C₁₂H₁₉NO₂ – C₁₀H₁₅N = C₂H₄O₂ или же CH₃COOH, что соответствует потере уксусной кислоты. При щелочном гидролизе и последующей кислотной обработке нитрил превращается в кислоту X₇. Действуя на это соединение тионилхлоридом, известным

реагентом для хлорирования, можно получить X_8 хлорангидрид кислоты. Следующая стадия тоже довольно очевидна и является реакцией получения амида X_9 . Последняя реакция является не столь очевидной, но поскольку продукт реакции уже дан в решении, никак ее комментировать не пришлось.

2. Поскольку фелландраль является альдегидом, а тем более сопряженным с двойной связью, то он склонен к окислению кислородом воздуха до кислоты. При этом одна молекула кислорода способна окислить 2 молекулы фелландраля.
3. Карбонильные соединения под действием брома способны к альфа-галогенированию, то есть к реакции по второму положению, именно так мы и получаем соединение X_{10} . Последующее элиминирование щелочью в спиртовом растворе приводит к образованию енона X_{11} . Последняя стадия этой цепочки является реакцией Виттига с образованием бета-фелландрена.
4. Реакция альфа-галогенирования происходит через стадию енолизации карбонильного соединения. В ходе реакции бромирования выделяется HBr , а вследствие этого уменьшается pH. Скорость енолизации увеличивается в кислой среде, а следовательно эта реакция будет автокатализируемой.

Критерии оценивания:

Пункт	Объяснение	Балл
1	Каждая структура оценивается в 1,5 балла	13.5 баллов
2	Окисление до фелландровой кислоты. С указанием что альдегиды легко окисляются и правильно уравненной реакцией 1,5 балла, если есть объяснение и упоминание кислоты, но реакция не написана вовсе или уравнена неправильно, то 1 балл	1.5 балла
3	Каждая структура оценивается в 1,5 балла	4.5 балла
4	Упоминание кислотного катализа или автокатализа	1.5 балла
Итого		21 балл

Источник: <https://doi.org/10.1021/ja01180a005>

Задача 11-4

Исторически сложилось, что минерал **А** привозился в Европу под названием «тинкала» из Азии. Внешне он представляет собой небольшие бесцветные или желтоватые кристаллы, которые использовались в качестве флюса для пайки и очистки поверхностей металлических заготовок. При медленном прокаливании минерала **А** массой 3,82 г образуется **Б** (потеря массы составляет 1,08 г) (**реакция 1**).

Если же обрабатывать минерал **А** соляной кислотой (**реакция 2**), то образуется только три продукта, один из продуктов – **В** - можно найти даже в аптеке (раньше **В** называлось успокоительной солью Гомберга). Известно, что при реакции **В** с тремя эквивалентами метанола в среде серной кислоты образуется **Х** (**реакция 3**), в котором массовая доля элемента **Э** составляет 10,58% по массе.

После длительного прокаливания **В** образуется оксид **Г** (**реакция 4**). Обработка **Г** плавиковой кислотой приводит к **Д** (**реакция 5**), молекула которого имеет плоское строение. **Д** также можно получить реакцией **У** с фтором (**реакция 6**). При прокаливании **Г** с магнием можно получить элемент **Э** в виде простого вещества **У** (**реакция 7**), однако параллельно этой реакции протекает реакция с образованием **Р**, содержащего **Э** с массовой долей 47,83% масс. (**реакция 8**).

Последующая обработка **Д** веществом **Е**, широко используемым в качестве восстановителя в органической химии и также содержащем **Э** (массовая доля **Э** в **Е** 28,95% масс.), приводит к выделению газа **Ж** (**реакция 9**). Молекула **Ж** не является плоской. **Ж** можно получить из **Р** в реакции с соляной кислотой в присутствии магния (**реакция 10**); либо реакцией **Д** с гидридом натрия (**реакция 11**).

Если проводить реакцию **Ж** с аммиаком при нагревании, образуется соединение **К** (**реакция 12**) – неорганический аналог бензола. При реакции **Д** в расплаве **У** (2000°C) можно получить частицу **О** (состоит только из двух атомов), которая, в свою очередь, при реакции с ацетиленом при температуре жидкого азота образует соединение **И** (шестичленный цикл, содержащий эквивалентные атомы углерода и эквивалентные атомы водорода) (**реакция 13**).

Вопросы:

1. Определите все неизвестные вещества и подтвердите это расчётом, если во все вещества входит элемент **Э**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций, а в **реакции 13** приведите наиболее устойчивый продукт и возможный интермедиат.
3. Соединение **З** и бензол обладают общим «свойством». Предположите и объясните какие еще аналоги **З**, содержащие элемент **Э**, обладают этим «свойством».

Решение:

Решение задачи можно начать с определения элемента **Э** – это можно сделать разными путями:

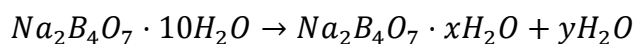
1. По описанию вещества **А** – минерала «тинкала» понять, что речь идет о буре.
2. Зная, что с веществом **В** реагирует 3 эквивалента метанола, можно рассчитать атомную массу **Э**. Указание на проведение реакции в присутствии серной кислоты дает подсказку на получение метилового эфира, значит скорее всего **В** - кислота:

$$\frac{Ar(\text{Э})}{3 \cdot Mr(\text{CH}_3\text{O})} = \frac{10,58}{100 - 10,58} \quad Ar(\text{Э}) = 11 \text{ а. е. м} \Rightarrow \text{Э} = \text{В}$$

Тогда **В** – борная кислота.

3. Неорганический аналог бензола – боразол.

Определив элемент Э и вещество А, можно используя несложный расчет определить формулу Б. Так как А – кристаллогидрат логично предположить, что при его нагревании будет происходить отщепление молекул кристаллизационной воды:



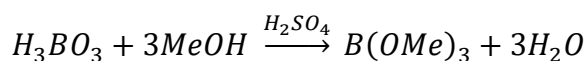
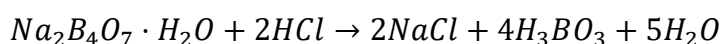
$$\begin{cases} x + y = 10 \\ n(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{n(H_2O)}{y} \end{cases}$$

Решая данную систему получаем, что Б - $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$

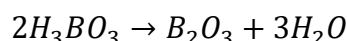
Соответствующая реакция прокаливания:



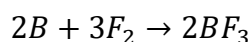
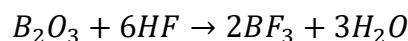
Определив вещество В, запишем уравнение второй и третьей реакций:



При прокаливании борной кислоты образуется оксид бора(III) - Г:



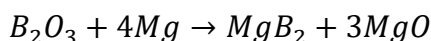
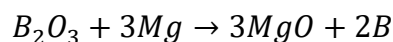
Указание на то, что продукт обработки Г плавиковой кислотой имеет плоское строение, однозначно дает понять, что Д – трифторид бора:



Реакция прокаливания оксида бора в присутствии металлического магний протекает с образованием простого вещества У – В и оксида магния, тогда можно предположить, что побочная реакция протекает с образованием вещества Mg_xB_y , зная массовую долю бора можем найти формулу вещества Р:

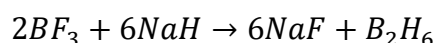
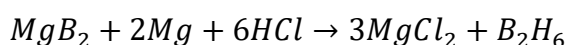
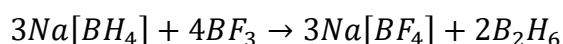
$$\frac{11y}{24x} = \frac{47,83}{52,2} \Rightarrow y = 2x$$

Откуда получаем что в простейшая формула Р соответствует MgB_2

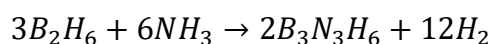


Вещество Е определяется нетрудно - $Na[BH_4]$, данное предположение легко подтверждается расчетом.

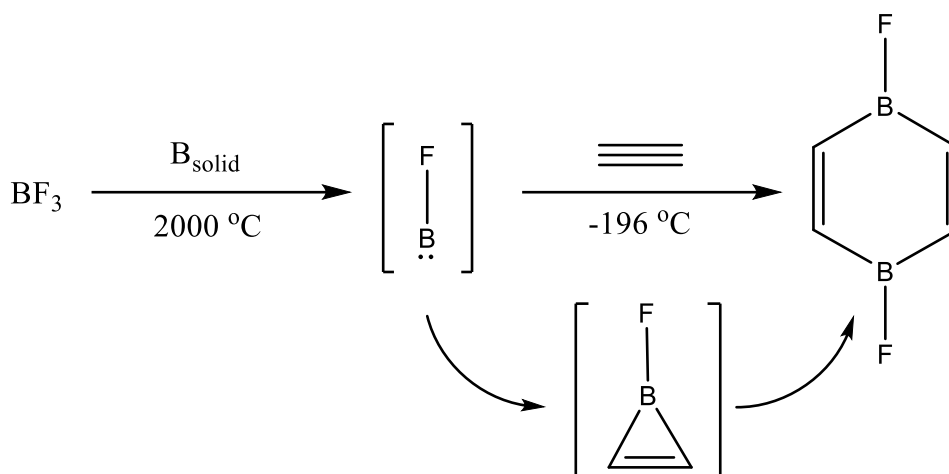
Различные реакции получения Ж, описанные в задаче, и указание на то, что молекула Ж не имеет плоского строения указывает на то, что речь идет о диборане – B_2H_6



Реакция получения неорганического аналога бензола:



Указание на то, что частица О состоит только из двух элементов наталкивает на мысль, что она имеет формулу - $[:BF]$. Наличие неподелённой электронной пары приводит к образованию следующего продукта:



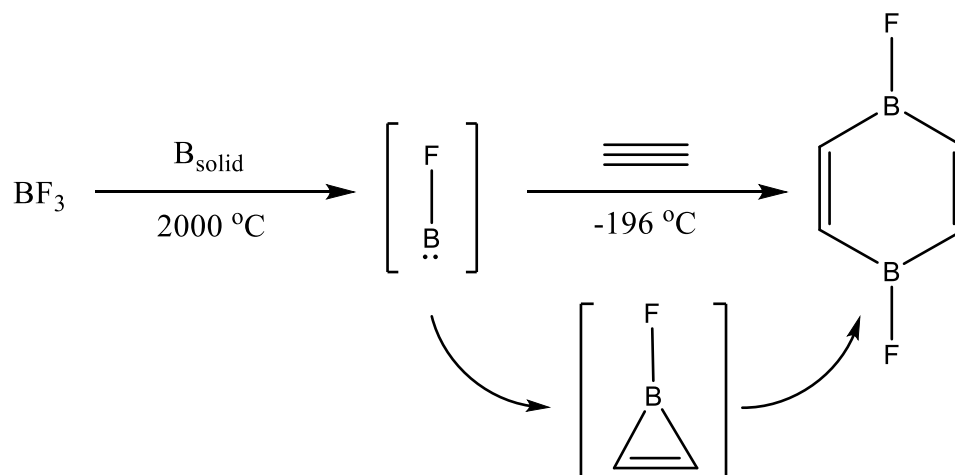
Пункт 1:

Э - бор	А - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, бура	Б - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, кернит	В - H_3BO_3	Х - $\text{B}(\text{OCH}_3)_3$	У - В
Г - B_2O_3	Д - BF_3	Р - MgB_2	Е - $\text{Na}[\text{BH}_4]$	Ж - B_2H_6	З - $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$, боразин, боразол
Частица О - $[:\text{BF}]$		И - $\text{B}_2\text{F}_2\text{C}_4\text{H}_4$	возможный интермедиат - $\text{C}_2\text{H}_2\text{BF}$		

Пункт 2:

- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} = 4\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{NaCl} + 5\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{CH}_3\text{OH} = \text{B}(\text{OCH}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{H}_3\text{BO}_3 = \text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{B}_2\text{O}_3 + 6\text{HF} = 2\text{BF}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{B} + 3\text{F}_2 = 2\text{BF}_3$
- $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} = 3\text{MgO} + 2\text{B}$
- $\text{B}_2\text{O}_3 + 4\text{Mg} = \text{MgB}_2 + 3\text{MgO}$
 $\text{Mg} + 2\text{B} = \text{MgB}_2$
- $3\text{Na}[\text{BH}_4] + 4\text{BF}_3 = 3\text{Na}[\text{BF}_4] + 2\text{B}_2\text{H}_6$
 $3\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{BF}_3 = 3\text{NaF} + 2\text{B}_2\text{H}_6$
- $\text{MgB}_2 + 2\text{Mg} + 6\text{HCl} = 3\text{MgCl}_2 + \text{B}_2\text{H}_6$
- $2\text{BF}_3 + 6\text{NaH} = 6\text{NaF} + \text{B}_2\text{H}_6$
 $6\text{NaH} + 8\text{BF}_3 = 6\text{Na}[\text{BF}_4] + \text{B}_2\text{H}_6$
- $3\text{B}_2\text{H}_6 + 6\text{NH}_3 = 2\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6 + 12\text{H}_2$

13.



Пункт 3:

Общее свойство для бензола и боразина это ароматичность, что объясняется изоэлектронностью и правилом Хюккеля.

В качестве аналогов можно привести такие соединения, как бороксин и боротин, в которых ароматичность осуществляется не за счет образования сопряженной системы двойных связей, а за счет чередования вакантных и заполненных орбиталей.

Критерии оценивания:

Пункт	Объяснение	Балл
1	Э, У, О, интермедиат – по 0,4 балла; А, Б, В, Х, Г, Д, Р, Е, Ж, К, И – по 1 баллу	12.6 баллов
2	Реакции 1-13 - по 0.6 баллов	7.8 баллов
3	Аналог – 3,1 балла, объяснение – 2,5 балла	5.6 баллов
Итого		26 баллов

Задача 11-5

Существование одного из элементов Периодической системы (назовем его **X**) было предсказано Д. И. Менделеевым задолго до его открытия, в 1898 году: «Можно, например, сказать, что при открытии элемента **X** с атомным весом, большим, чем [его аналог из предыдущего периода], он будет образовывать KX , KXO_3 и т. п., что его водородное соединение будет газообразным» [Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи. Серия «Классические науки». — Москва: АН СССР, 1958. — С.263.] Впервые изотоп **X** был получен искусственно в 1940 году облучением висмута альфа-частицами.

Необычные свойства этого элемента всегда интересовали химиков. Например, водный раствор простого вещества **A**, содержащего элемент **X**, реагирует с водородом (**реакция 1**), с образованием газа **B** (массовая доля водорода в **B** равна 0,474%). Этого следует ожидать, исходя из его положения в Периодической системе. Однако, в водном растворе **B** присутствует какое-то количество ионов X^+ . Также было установлено, что **A** вступает в реакцию (**реакция 2**) с этаном, образуя в качестве одного из продуктов соединение **B**.

Пропуская газ с резким запахом, который был получен при обработке вещества **B** с тривиальным названием «антихлор» (также используется в иодометрии) серной кислотой (**реакция 3**), через водный раствор **A**, и постепенно добавляя раствор вещества **Г**, которого не оказалось у уездного лекаря в романе И. С. Тургенева «Отцы и дети» (*адский камень*), выпал осадок вещества **E** (**реакция 4**).

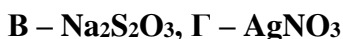
При добавлении **B** к щёлочи происходит реакция нейтрализации (**реакция 5**). Обработка **B** концентрированной серной кислотой приводит к (**реакция 6**), выделению **A** и газа с резким запахом. Интересно также, что этилен поглощается раствором **B** (**реакция 7**).

Также установлено, что **B** может взаимодействовать с солями сильных кислот, например с нитратом таллия (**реакция 8**), а также реагирует с нерастворимыми основаниями, например с гидроксидом платины(II) (**реакция 9**).

Определите неизвестные вещества, объясните описанные химические взаимодействия и запишите все уравнения проводимых реакций. С какой основной проблемой сталкиваются химики при проведении реакций с веществами, подобными соединениям элемента **X**?

Решение:

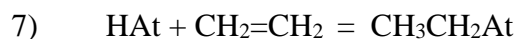
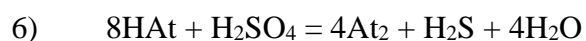
1. По историческим подсказкам, речь идет о астате, **A - At**
2. Зная массовую долю водорода в **B** получаем, что молярная масса **B** равна 211, что соответствует астаатоводороду - **HAt**, а значит **A - At₂**, а **B - HAt**



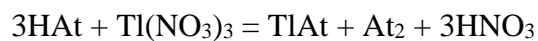
Очевидно тогда, что **E = AgAt**

Уравнения реакций:

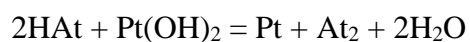
- 1) $At_2 + H_2 = 2HAt$
- 2) $C_2H_6 + At_2 = C_2H_5At + HAt$
- 3) $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + S$
- 4) $At_2 + SO_2 + 2AgNO_3 + 2H_2O = 2AgAt + H_2SO_4 + 2HNO_3$
- 5) $HAt + LiOH = LiAt + H_2O$



Допускается верным также вариант



Допускается верным также вариант



Самая большая проблема проведения всех описанных опытов – это радиоактивность астата и его редкость на Земле.

Критерии оценивания:

Итог	Объяснение	Балл
1	А, Б, Е – по 0,5 балла; В, Г – по 0,6 балла.	2.7 балла
2	По 1 баллу за каждую реакцию	9 баллов
3	По 0,15 баллов за каждую проблему	0.3 балла
Итог		12 баллов