



Олимпиада школьников
Санкт-Петербургского университета



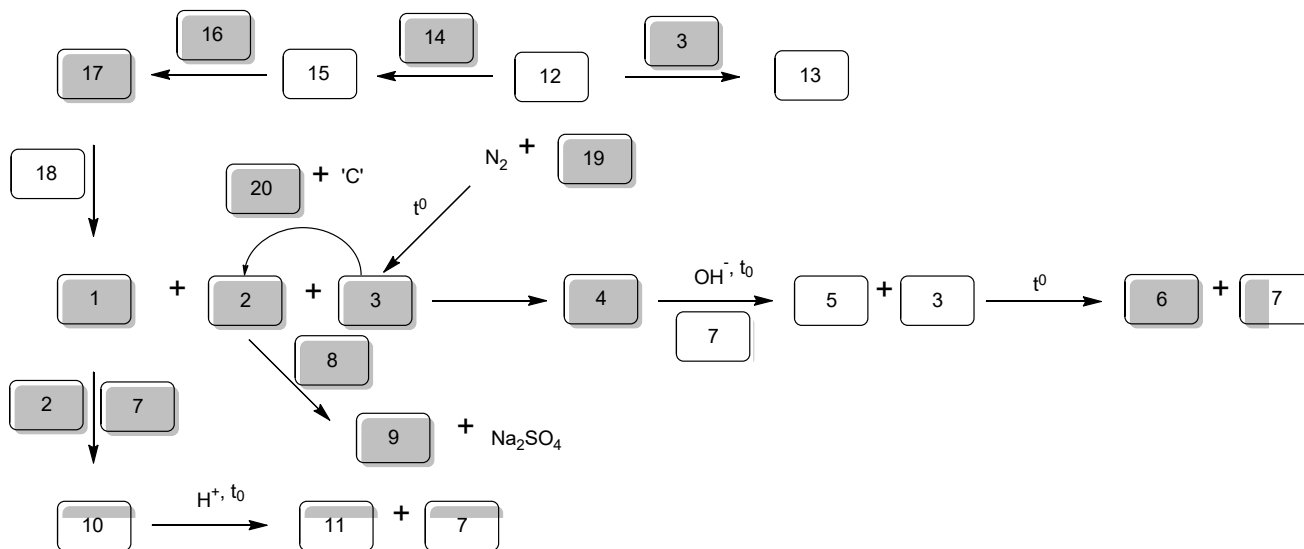
Общеобразовательный предмет «Химия»
Заключительный этап 2024-2025 уч. года

10 класс

Задание № 1. «Конструктор»

Вариант № 1

Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую схему превращений. Ответ представьте в виде пары буква-число, для структуры, представленной в виде брутто формулы изобразите структурную формулу.



A <chem>FeSO4</chem>	B <chem>c1ccccc1CBr</chem>	D <chem>Na2CO3</chem>	E <chem>H2O</chem>	F <chem>Mg</chem>
G <chem>c1ccccc1CC(O)CC(=O)Cc2ccccc2</chem>	H <chem>N[C@@H](Cc1ccccc1)C#N</chem>	I <chem>C16H14O</chem>	J <chem>[NH3+][C-](Br)c1ccccc1</chem>	K <chem>O=Cc1ccccc1</chem>
L <chem>O=C1NC(Cc2ccccc2)C(=O)NC1Cc3ccccc3</chem>	M <chem>N[C@@H](Cc1ccccc1)C(=O)O</chem>	N <chem>C=O</chem>	O <chem>MnO2</chem>	P <chem>c1ccccc1[Mg]Br</chem>
Q <chem>Na4[Fe(CN)6]</chem>	R <chem>NaCN</chem>	S <chem>H2</chem>	T <chem>O[C@H](Cc1ccccc1)Cc2ccccc2</chem>	U <chem>NH3</chem>

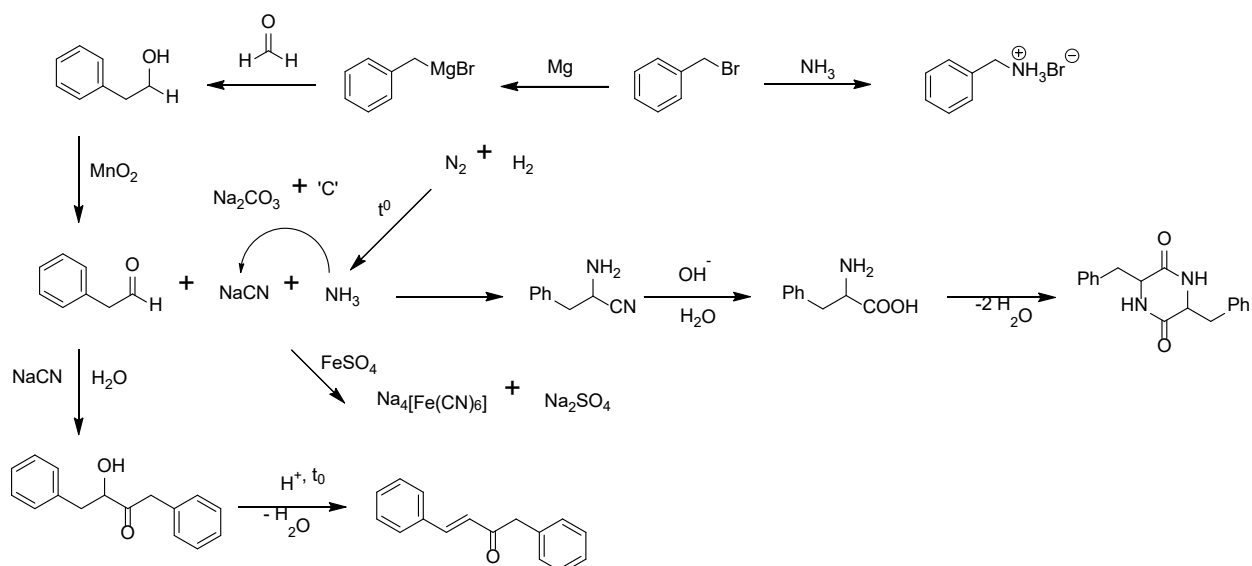
Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Структура веществ 1-20 (1 балл за структуру)	1
ВСЕГО:		20

Рекомендации по решению:

Ответ:

РЕШЕНИЕ:



Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

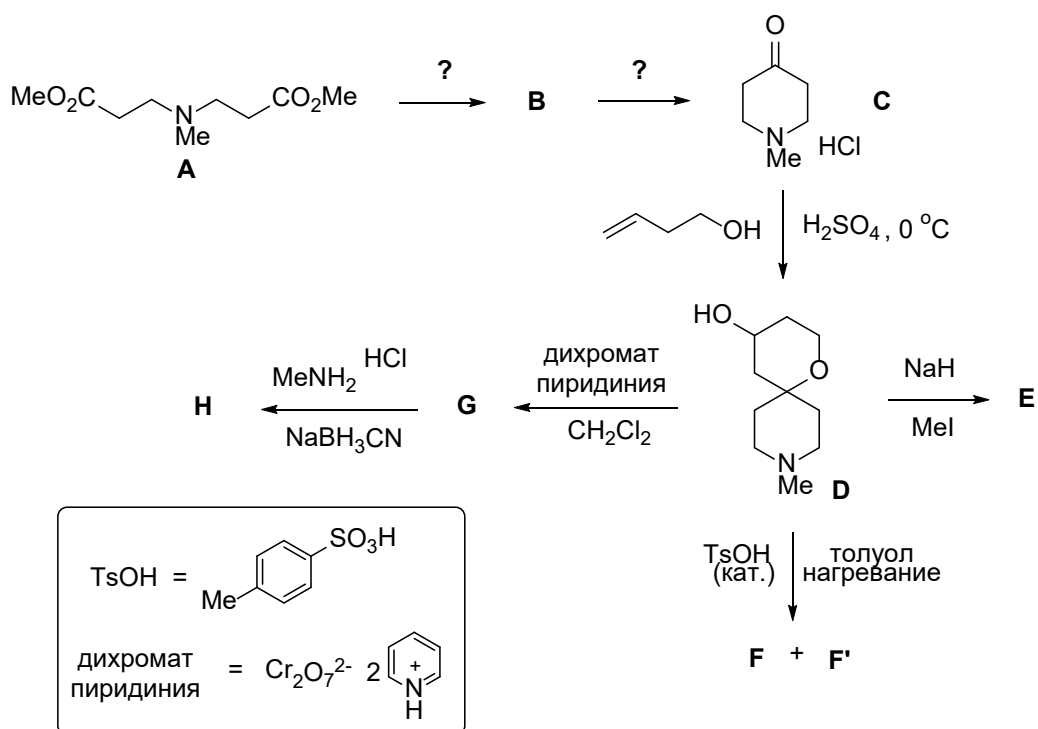
Проверил: Дарьин Д.В.

Задание № 2. «Противотуберкулезные препараты»

Вариант № 1

Синтез ряда производных с противотуберкулезной активностью основан на использовании спироциклического соединения **D**, которое получается из кетона **C** (в виде гидрохлорида) при взаимодействии с бут-3-ен-1-олом в присутствии серной кислоты.

- 1) Предложите двухстадийный путь получения гидрохлорида **C** из соединения **A**.
- 2) Предложите механизм образования спироцикла **D**.
- 3) Расшифруйте структуры, обозначенные на схеме буквами **E**, **F**, **F'**, **G** и **H**.



Система оценивания:

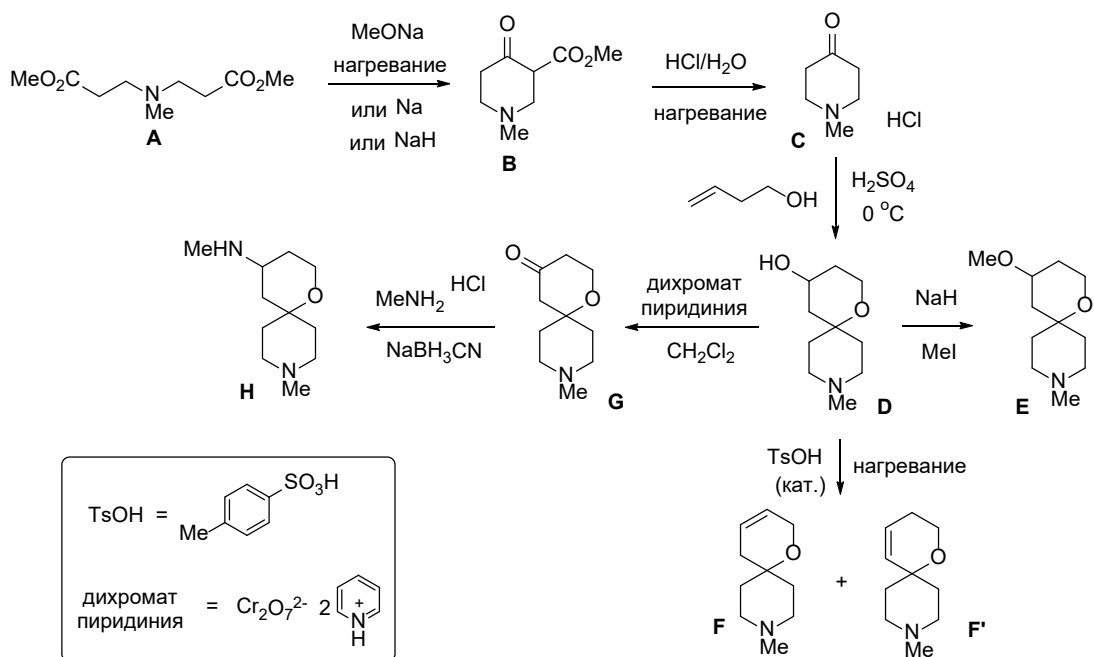
№	Критерий	Балл
1	Структуры B , E , F , F' , G	2*
2	Структура H	3
3	условия реакций A → B	1
4	условия реакции B → C	1
5	Механизм превращения C → D	5
	ВСЕГО:	20

*За каждую структуру

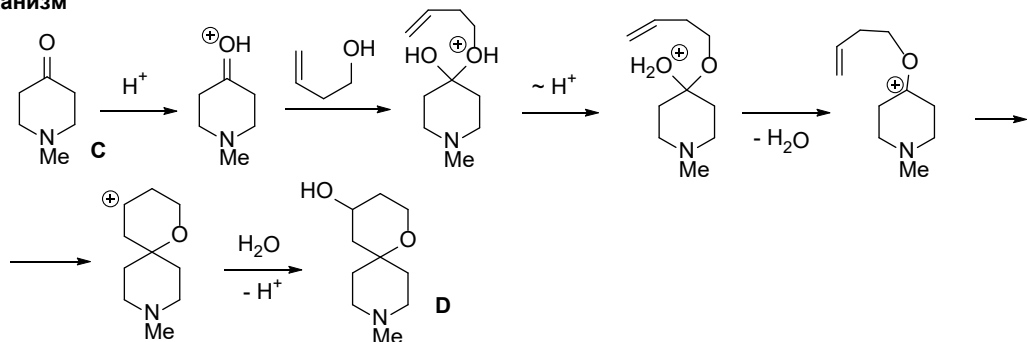
Рекомендации по решению:

На первой стадии синтеза применяется именная реакция циклизации. Образование спироциклической системы происходит с применением модификации реакции Принса.

Решение:



Механизм



Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

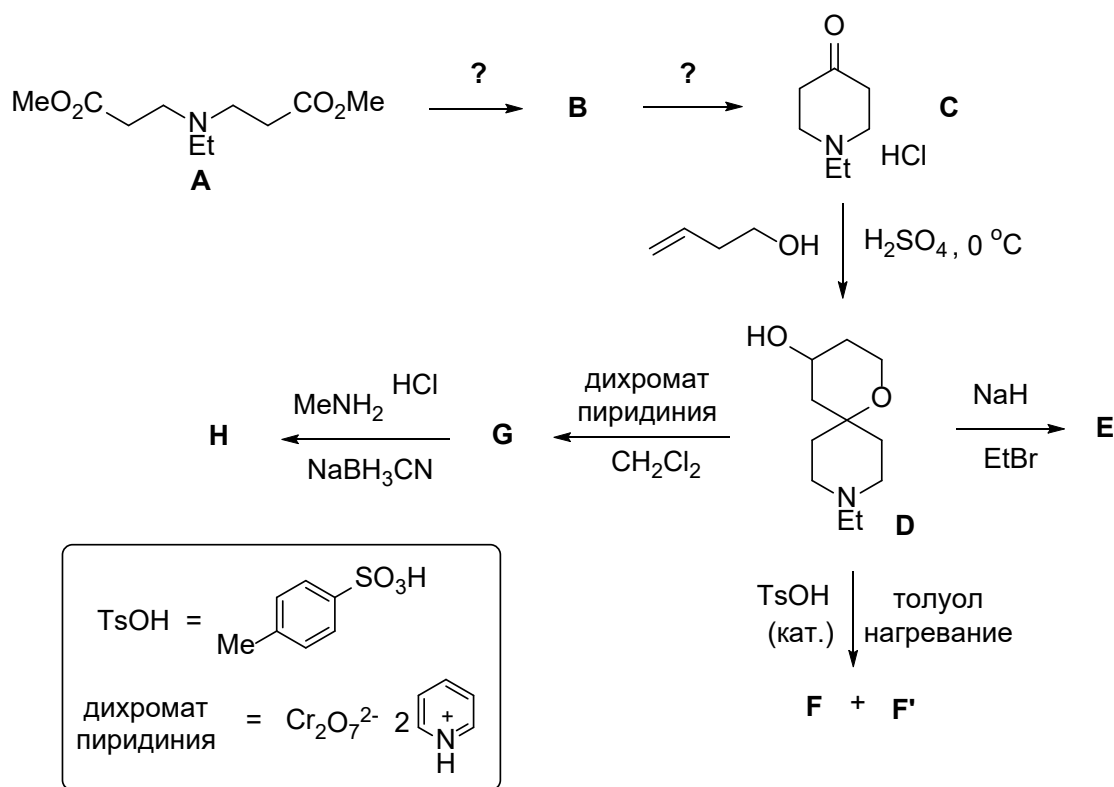
Проверил: Сорокоумов В.Н.

Задание № 2. «Противотуберкулезные препараты»

Вариант № 2

Синтез ряда производных с противотуберкулезной активностью основан на использовании спироциклического соединения **D**, которое получается из кетона **C** (в виде гидрохлорида) при взаимодействии с бут-3-ен-1-олом в присутствии серной кислоты.

- 1) Предложите двухстадийный путь получения гидрохлорида **C** из соединения **A**.
- 2) Предложите механизм образования спироцикла **D**.
- 3) Расшифруйте структуры, обозначенные на схеме буквами **E**, **F**, **F'**, **G** и **H**.



Система оценивания:

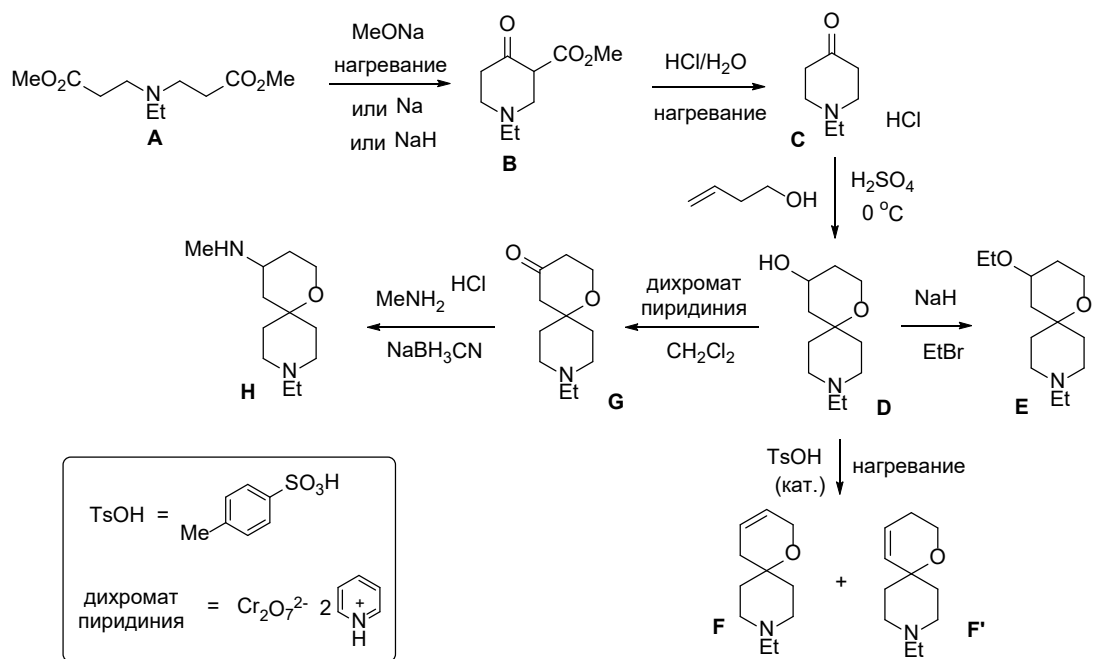
№	Критерий	Балл
1	Структуры B , E , F , F' , G	2*
2	Структура H	3
3	условия реакций A → B	1
4	условия реакции B → C	1
5	Механизм превращения C → D	5
ВСЕГО:		20

*За каждую структуру

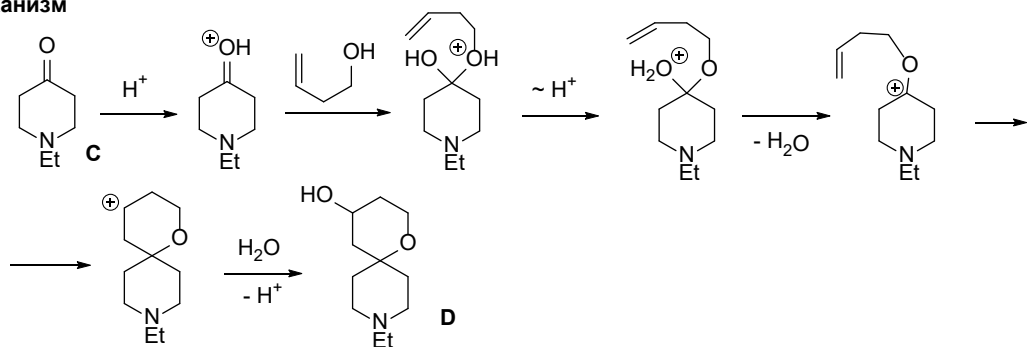
Рекомендации по решению:

На первой стадии синтеза применяется именная реакция циклизации. Образование спироциклической системы происходит с применением модификации реакции Принса.

Решение:



Механизм



Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

Проверил: Сорокоумов В.Н.

Задание № 3. «Фенолфталеин»

Вариант № 1

Студентка Ольга проводила опыты в учебной лаборатории. Для проведения некоторого эксперимента ей потребовалось кислота. Преподаватель указал ей на две колбы с прозрачными растворами, сказав, что в одной из них концентрированная серная кислота, а в другой – концентрированная щелочь. Ольга решила различить колбы с помощью оказавшегося под рукой фенолфталеина. Отлив немного раствора из колбы №1 в пробирку, она добавила несколько капель фенолфталеина. Раствор в пробирке остался прозрачным.

Тогда Ольга добавила в пробирку немного раствора из колбы №2 и несколько капель фенолфталеина. Раствор в пробирке стал оранжевым. Тем временем, в лабораторию заходило и выходило множество людей, а пробирка с фенолфталеином и раствором из первой колбы постепенно приобрела малиновый оттенок. В отчаянье Ольга попросила определить pH раствора из колбы №2 с помощью pH-метра. Ей пришел ответ, что pH этого раствора больше 14.

Правильно ли преподаватель сказал Ольге о содержимом колб? Помогите Ольге разобраться в какой же колбе какое было вещество. Действительно ли Ольга использовала фенолфталеин? Какого цвета станет раствор в пробирке из колбы №2, если к нему добавить равный объем воды? Запишите уравнение реакции, проходящей при нагревании раствора из колбы №2 и фенолфталеина.

Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Указание на то, что фенолфталеин имеет несколько цветовых переходов	5 баллов
2	Указание на то, что в концентрированной серной кислоте нет свободных протонов	5 баллов
3	Указание на поглощение щелочью углекислого газа и снижение pH раствора	5 баллов
4	Определение цвета в пробирке №2	5 баллов
	ВСЕГО:	20 баллов

Рекомендации по решению:

Индикатор фенолфталеин имеет несколько цветовых переходов. В растворах кислот сильных кислот с большой концентрацией протонов он приобретает оранжевую окраску, а в концентрированных щелочах $\text{pH} > 13$ бесцветную. По мере поглощения щелочью углекислого

газа и рН раствора снижается до 12 и индикатор приобретает малиновую окраску. В колбе №1 – щелочь, а в колбе №2 – кислота. В концентрированной серной кислоте практически нет свободных протонов в результате процесса автоионизации, поэтому рНметр показал такой результат. При разбавлении рН упадет примерно до нуля.

В результате нагревания фенолфталеина с концентрированной серной кислотой образуются фенол и 2-гидроксиантрахинон.

Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

Проверил: ФИО

Задание № 4. «Минералы для анализа»

Вариант № 1

На практическом туре олимпиады школьнику было предложено распознать водные растворы следующих веществ: маннит, манноза, резорцин, пирокатехин, пропаналь. В качестве реагентов ему были предложены хлорная вода, соляная кислота, водный раствор аммиака, едкое кали, а также образцы трех минералов, для которых были приведены массовые доли некоторых элементов:

Минерал	w(C), %	w(O), %	w(H), %	Общее содержание неметаллов, %
1	10.4	41.4	-	51.8
2	-	-	-	24.7
3	7.0	37.1	0.6	44.7

Определите состав минералов. Укажите их названия. Предложите схему распознавания органических веществ, приведите уравнения соответствующих реакций.

Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Определение состава минералов	По 2 балла Всего 6 баллов
2	Названия минералов	По 0,5 балла, всего 1,5 балла
3	Схема распознавания	По 2 балла за вещество, итого 10 баллов (без уравнений реакций – по 0.5 балла)
4	Схема с двумя минералами	2,5 балла
	ВСЕГО:	20 баллов

Рекомендации по решению:

1. Для определения указанных веществ в качестве реагентов обычно используют: хлорное железо, гидроксид диамминсеребра (реактив Толленса) и свежееосажденный гидроксид меди(II). Логично ожидать, что неизвестные минералы будут солями именно этих металлов.

В минерале № 1 соотношение количества вещества углерода и кислорода составляет $10,4/12:41,4/16 = 1:3$ – минерал представляет собой некий карбонат. Если предположить, что металл двухвалентный, молярная масса металла составит:

$M = 48,2 \cdot 12/10,4 = 55,8$, что соответствует железу

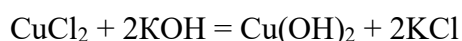
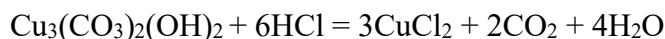
Минерал – FeCO_3 , сидерит

Минерал № 3 также, по-видимому, содержит карбонат-ион. Однако соотношение количества кислорода и углерода в данном случае составляет $37,1/16:7/12 = 4$. По-видимому, речь идет об основной соли. Расчет приводит к составу $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ – минерал азурит.

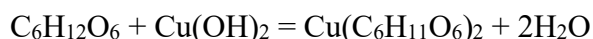
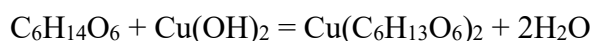
Минерал № 2, скорее всего, должен содержать серебро. Тогда на 107,9 г серебра приходится $107,9/75,3 \cdot 24,7 = 35,4$ г неметалла, что соответствует хлору. Искомый минерал – хлорид серебра, хлораргирит

2. Идентификация веществ:

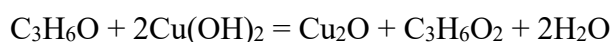
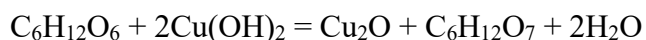
Азурит растворяем в соляной кислоте, затем осаждаем гидроксид меди



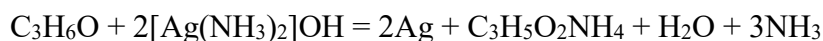
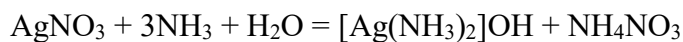
Свежеосажденный гидроксид меди реагирует с маннитом и маннозой с образованием характерного синего комплекса:



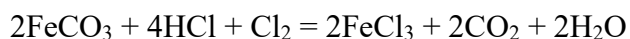
При нагревании альдегиды (манноза, пропаналь) восстанавливают гидроксид меди до оранжевого оксида меди(І):



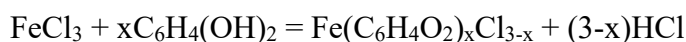
Для определения маннозы и пропаналь можно также использовать реакцию серебряного зеркала:



Сидерит следует перевести в трихлорид железа:



Хлорное железо при взаимодействии с резорцином (1,3-дигидроксибензолом) и пирокатехином (1,2-дигидроксибензолом) образует комплексы сине-фиолетового и зеленого цвета, соответственно:



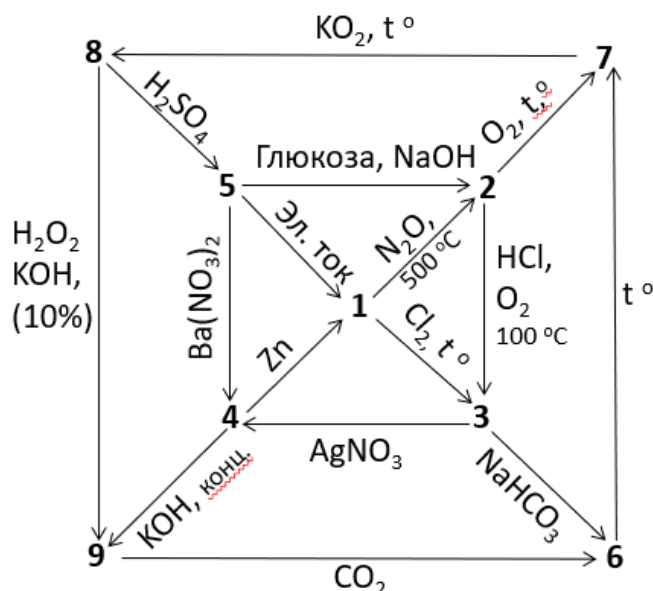
3. Очевидно, что для определения веществ можно использовать либо соединение меди, либо соединение серебра – один из минералов оказывается лишним.

Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

Проверил: Тимошкин А.Ю.

Задание № 5. «Элемент вечной жизни»

Вариант № 1



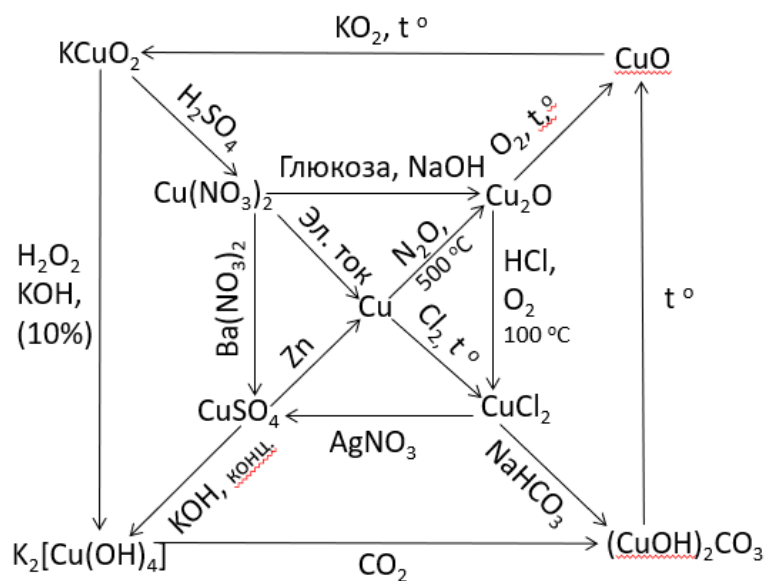
Приведена схема превращений веществ, в состав которых входит один и тот же элемент **X**, который способен проявлять четыре степени окисления в соединениях, две из которых встречаются крайне редко. Комплексные соединения, содержащие данный элемент, активно участвуют в окислительно-восстановительных превращениях во многих живых организмах. Известно, что вещество **1** является простым, а вещество **8** является сильным окислителем и способно окислять воду, массовая доля одного из элементов в соединении **8** составляет 47,21 %.

- 1) Определите элемент **X**, вещества **1** – **9**.
- 2) Напишите уравнения реакций, отражённых на схеме.

Система оценивания:

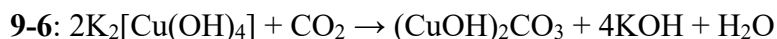
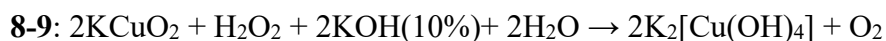
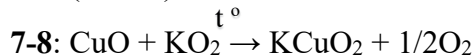
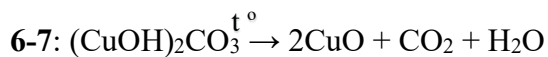
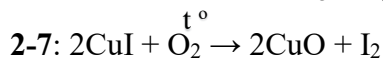
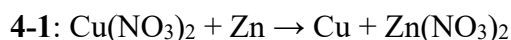
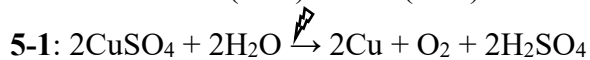
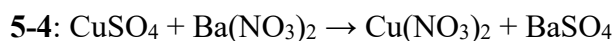
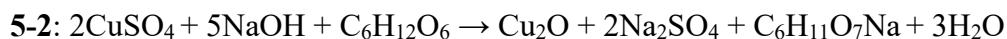
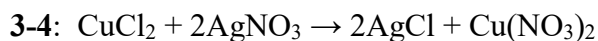
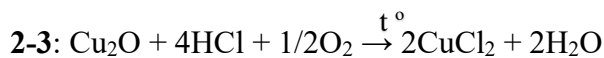
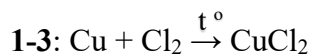
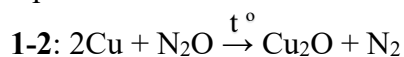
№	Критерий	Балл
1	За правильно определенный элемент X с подтверждением расчетами по массовой доле – 1 балл За правильно определенные вещества 1 – 9 по 1 баллу (всего 9)	10
2	0,5 баллов за каждое уравнение реакции (12 шт), кроме 5-2 и 8-9	6
3	2 балл за реакции 5-2 и 8-9	4
	ВСЕГО:	20

Рекомендации по решению:



X, 1 – Cu, 2 – Cu₂O, 3 – CuCl₂, 4 – Cu(NO₃)₂, 5 – CuSO₄, 6 – (CuOH)₂CO₃, 7 – CuO, 8 – KCuO₂, 9 – K₂[Cu(OH)₄]

Уравнения:



Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

Проверил: Фамилия И.О.