

10 КЛАСС

Задание 1. «Химик-синтетик»

В распоряжении Юного химика имеется следующий набор веществ: карбид *сладкого элемента* (низкотемпературная модификация), *купоросное масло*, *универсальный растворитель*, *селитряная водка*, *азурит*, *морская кислота*, *сулема*, *каустический поташ*, *хлорид кипрского элемента*. Покажите, как, используя только эти вещества и продукты их взаимодействия между собой, получить не менее 15 неорганических и 15 органических соединений. Все соединения должны быть выделены в виде индивидуальных веществ. Приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания.

Система оценивания:

За первые 10 неорганических и 10 органических веществ – по 0,5 балла

За последние 5 неорганических и 5 органических веществ – по 1,5 балла

При отсутствии уравнения реакции (или неправильном уравнении) вещества не засчитываются.

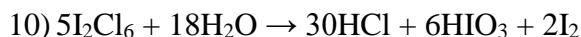
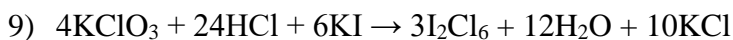
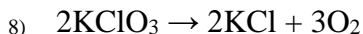
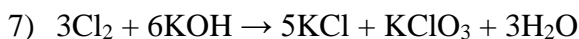
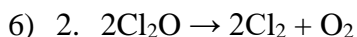
Неправильные коэффициенты в уравнениях реакций или отсутствие указаний на условия протекания – баллы за соответствующий этап уменьшаются в 2 раза

Задание 2. «Подобное с подобным»

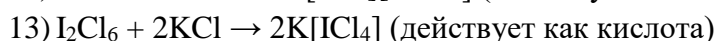
Желто-бурый газ А при нагревании со взрывом разлагается на газообразные простые вещества Б и В, при этом плотность газа Б при н.у. составляет 3,17 г/л. Вещество Б полностью поглощается при пропускании через горячий раствор щелочи, при этом объем газовой смеси увеличивается в полтора раза (объем приведен к одним и тем же условиям). Образующийся продукт Г в присутствии катализатора – диоксида марганца экзотермически разлагается на вещества В и Д. При взаимодействии холодного раствора вещества Г в соляной кислоте с иодидом калия образуется желтый осадок Е легко гидролизующийся до с образованием темно-коричневого раствора. Известно, что Е представляет собой интергаллоген в виде димера, в котором массовая доля элемента образующего газ Б составляет 45.596%.

- 1) Определите вещества А – Е;
- 2) Напишите уравнения упомянутых в задаче реакций;
- 3) Назовите вещество Е по номенклатуре. Что Вы можете сказать о кислотно-основных свойствах по Льюису вещества Е? Ответ поясните и проиллюстрируйте соответствующими уравнениями реакций.
- 4) *Решение:*
- 5) 1. Взаимодействие с раствором щелочи, образование экзотермически разлагающейся соли позволяют прийти к заключению, что вещество Б – хлор. Также вещество Б подтверждается расчетом молярной массы: $M = \rho \cdot V_m$ (при н.у.), $M = 71$, что соответствует молекулярному хлору. Исходя из объемного соотношения веществ Б и В легко увидеть, что А – Cl_2O , тогда В – кислород. Тогда Г – хлорат щелочного металла, а Д – его хлорид. Рассчитаем формулу интергаллогена, в реакции имеются только 2 галогена Cl и I, значит формула I_xCl_y , согласно массовым долям найдем простейшую формулу: $\omega(I)/Ar(I) :$

$\omega(\text{Cl})/\text{Ar}(\text{Cl})$, получается 1:3, тогда формула ICl_3 , однако в условии сказано, что E – димер, значит E – I_2Cl_6 .



11) 3. Гексахлорид диioda обладает окислительно-восстановительной двойственностью, т.к. может выступать и в качестве донора хлорид-иона, и в качестве акцептора такового:



Критерии оценивания:

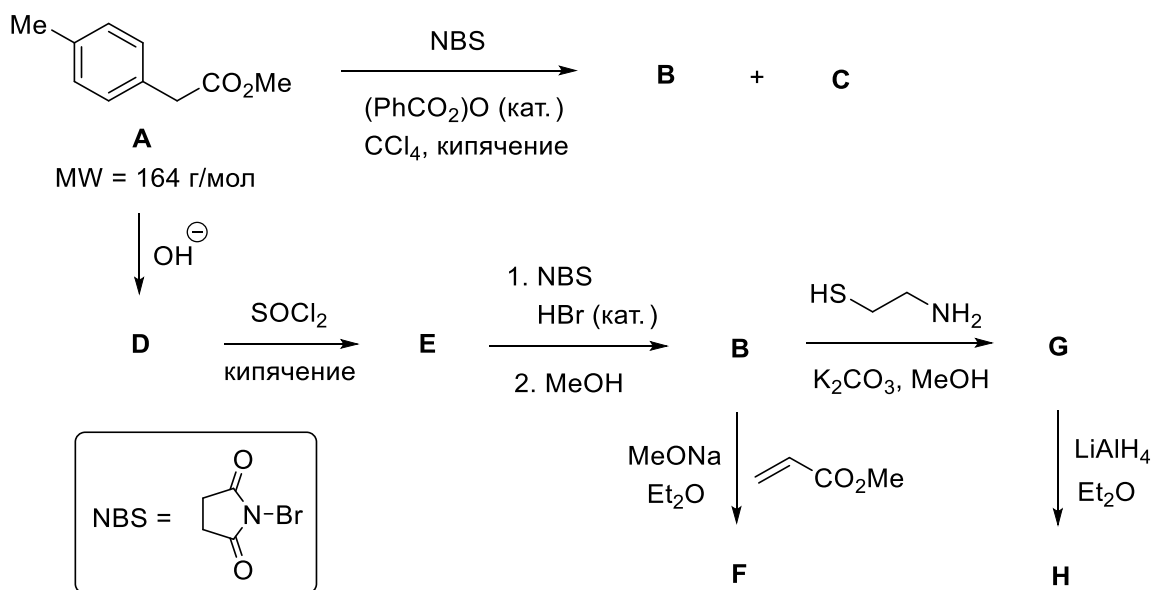
Определение веществ А-Е – 1 балл за каждое (6 баллов)

За правильно написанные уравнения реакций (1-7) – 2 балла за каждую ($7 \cdot 2 = 14$ баллов).

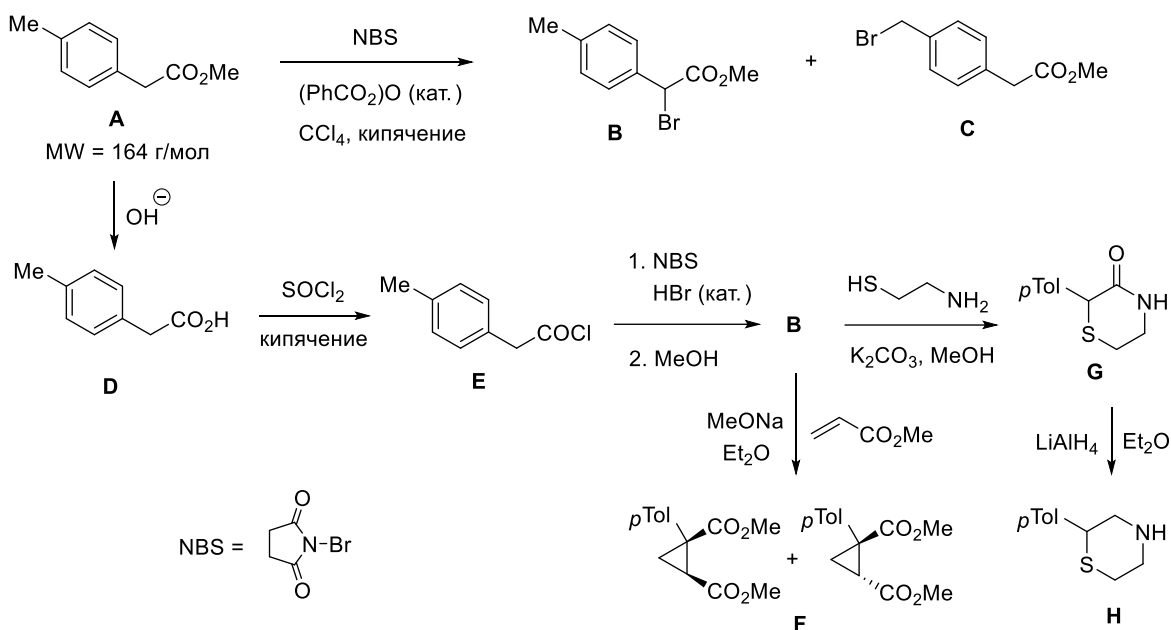
Задание 3

При бромировании соединения **A** *N*-бромсукцинимидом в присутствии перекиси была получена смесь целевого вещества **B** и изомера **C**. Для получения **B** воспользовались альтернативным методом (через промежуточные соединения **D** и **E**). Вещество **B** использовали в синтезе соединения **F** (в виде смеси двух диастереомеров; мол. вес на 5 ед. больше, чем у **B**) и соединения **H** (мол. вес на 50 ед. меньше, чем у **B**).

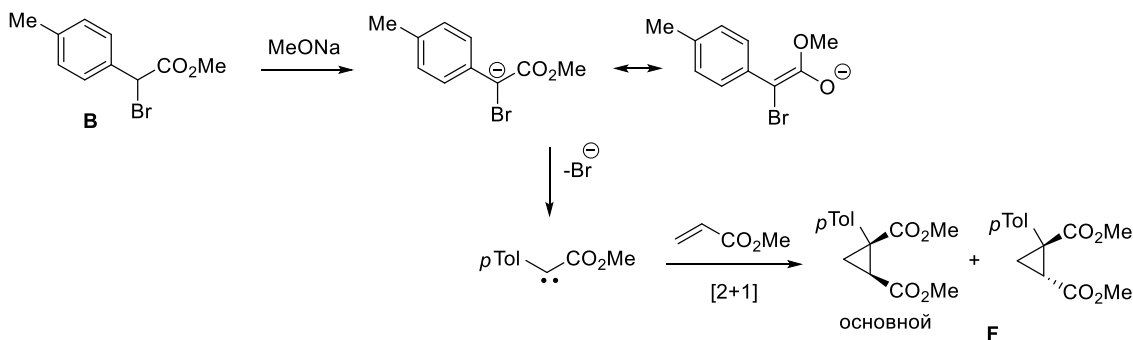
1. Расшифруйте структуры, обозначенные на схеме буквами **B-H**.
2. Изобразите диастереомеры для структуры **F**.
3. Предложите механизм образования **F**.



Решение:



Механизм образования соединения **F**: генерация карбена из бромида **B** под действием основания в результате последовательного отщепления протона и бромид-аниона; [2+1]-циклоприсоединение карбена к двойной связи C=C метилакрилата.



Задание 4. «Универсальный антидот»

В медицине антидотами называют вещества, которые способны нейтрализовать или приостановить действие яда в организме человека. Известно, что вещество X проявляет себя как триденатный лиганд, содержит серу, углерод (19,14 %), водород (4,28 %), кислород (25,49 %), относится к универсальному типу антидотов (противоядий) и не обладает высокой токсичностью. Это соединение часто используется при отравлениях солями тяжелых металлов, и хлорированными углеводородами, а также при лечении болезни Вильсона-Коновалова, которая заключается нарушении обмена ионов меди за счет их накопления в подкорковых ядрах головного мозга.

Задания:

1. О каком веществе идет речь? Напишите структурную формулу соединения и назовите его.
2. Предложите метод синтеза вышеуказанного вещества из глицерина и других неорганических реагентов.
3. Напишите примеры уравнений реакций (не менее двух), определяющих возможность использовать данное вещество в качестве антидота (если в результате реакции может образоваться несколько изомерных продуктов, приведите их все).

4. Какие antidоты, нейтрализующие действие цианид-ионов Вам известны? Какие из них будут нетоксичны для организма человека? Приведите реакции, позволяющие нейтрализовать токсическое действие цианида при попадании его в организм (укажите как минимум два примера с разными antidотами).

5. Какие еще вещества, применяемые в качестве antidотов при отравлении тяжелыми металлами, Вам известны? Приведите уравнения соответствующих реакций (не менее двух).

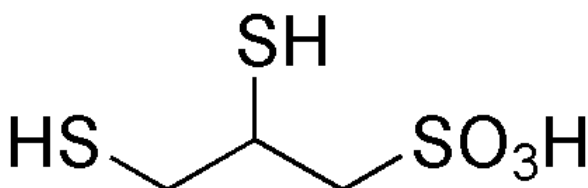
Решение:

1. Найдем соотношение индексов из формулы: $\omega = A \cdot n / M$.

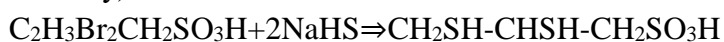
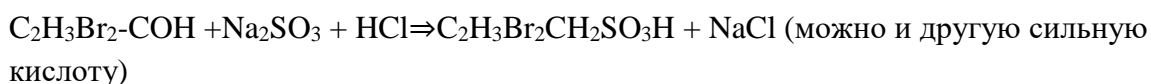
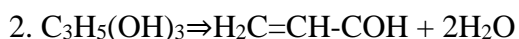
$$n(C):n(H):n(O):n(S) = \omega(C)/A(C) : \omega(H)/w(H) : \omega(O)/A(O) : \omega(S)/A(S)$$

$$0,1914/12,01 : 0,0428/1,01 : 0,2549/15,99 : 0,5109/32,06$$

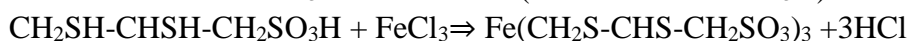
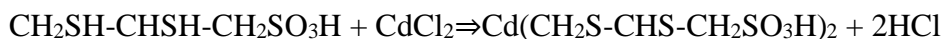
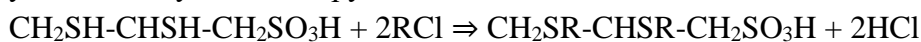
0,0159 : 0,0428 : 0,0159 : 0,0159, разделим все на 0,0159, получаем 1 : 2,7 : 1 : 1, домножим на 3, в итоге будет 3:8:3:3, запишем $C_3H_8O_3S_3$ и составим для структурную формулу. Возможно 2 изомера, однако окончательный выбор можно сделать после исходя из подсказки, что синтез проводится из глицерина.

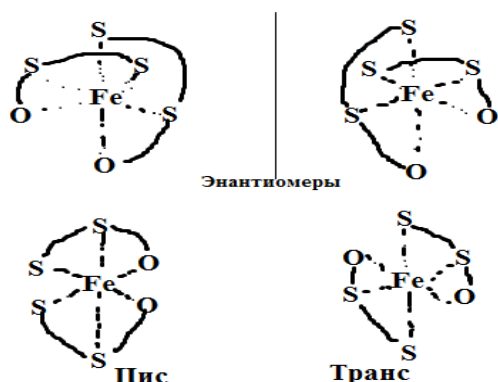


Унитиол. 2,3-меркапто-1-пропансульфоновая кислота.

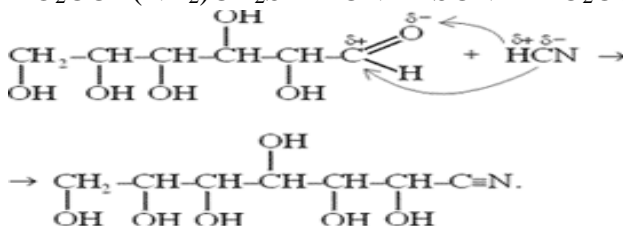
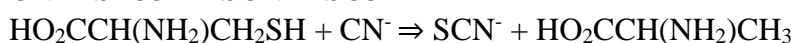
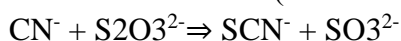


3. В случае взаимодействия с металлами образуются хелатные комплексы, в случае взаимодействия с хлорорганикой происходит алкилирование серы за счет образования устойчивой уходящей группы.

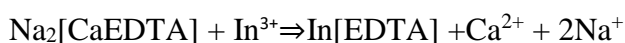
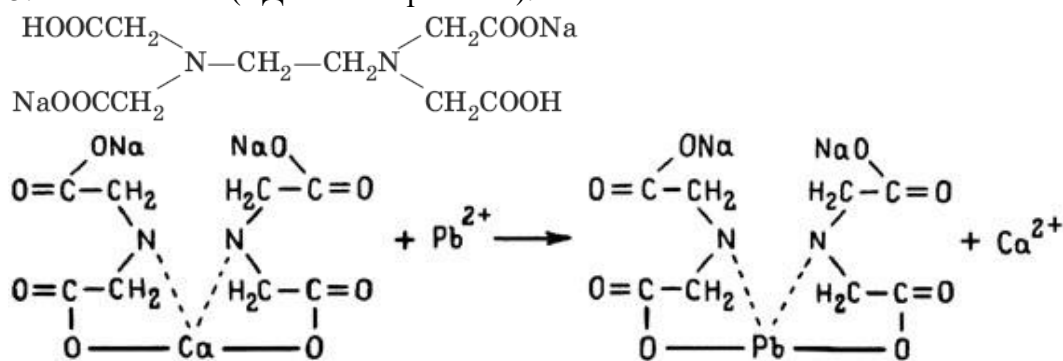




4. Меркаптаны, цистеин (нетоксичен), тиосульфат натрия (нетоксичный), тиосульфаны, метиленовый синий (нетоксичный), глюкоза (нетоксичный).



5. Комплексоны (ЭДТА или трилон Б).



Критерии оценивания:

За вывод формулы с указанием структуры (с подтвержденными расчетами) – 4 балла,

За правильную методику синтеза – 4 балла,

В заданиях 3,4,5 за каждое уравнение реакции – 2 балла, должно быть минимум 2 уравнения для каждого задания. Всего 6 уравнений, $2 \cdot 6 = 12$ баллов).

Итого 20 баллов.

Задание 5. «Превращения горного духа»

Нерастворимый в воде черный оксид А с массовой долей металла 73.44% сплавили на воздухе со щелочью и получили продукт Б, который растворили в соляной кислоте. При

этом образовался розовый раствор соли **В**, приобретающий синюю окраску при добавлении ацетона, и выделился газ с плотностью по воздуху 2.45. При пропускании этого газа через раствор иодида калия раствор сначала становится желто-коричневым, а затем – бесцветным. Обработкой раствора **В** нитритом натрия и уксусной кислотой получают вещество **Г**, которое используется как реагент для качественного обнаружения ионов калия. При действии на раствор соли **В** раствором щелочи образуется темно-синий осадок, розовеющий со временем, который при растворении в водном аммиаке окисляется на воздухе до вещества **Д**. Если на этот продукт подействовать небольшим количеством разбавленной соляной кислоты, а затем избытком щелочи, то образуется темно-коричневое нерастворимое в воде вещество **Е**, разлагающееся на свету.

Задания:

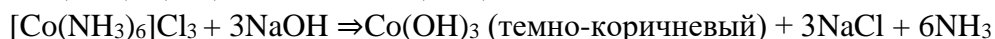
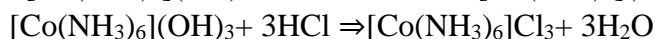
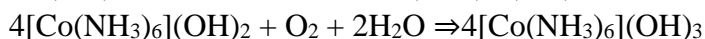
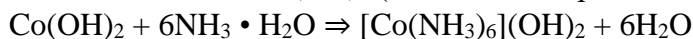
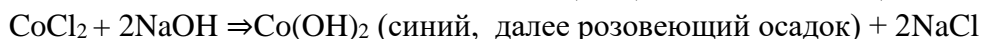
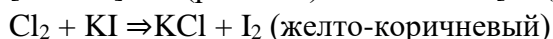
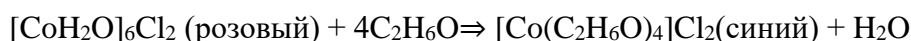
- 1) Определите вещества А-Е. Напишите уравнения всех упомянутых в задаче реакций.
- 2) Почему при добавлении ацетона окраска раствора соли **В** меняется именно с розовой на синюю, а не наоборот? Как это связано с пространственным строением соответствующих частиц?
- 3) Каково пространственное строение вещества **Г** (если есть изомеры, укажите их все)?

Решение:

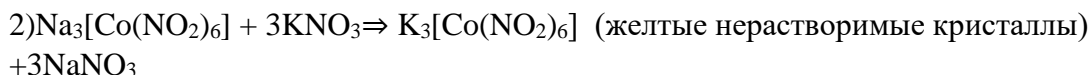
Исходя из данных можно посчитать предположительную молярную массу перебирая разные n из формулы $\omega = n \cdot Ar / M$, $M = Ar \cdot n / \omega$. Черные оксиды нерастворимые в воде это некоторые оксиды переходных металлов. Это могут быть оксиды железа, кобальта никеля или меди. Розовый окраску раствора может иметь только ион кобальта, поэтому А - оксид кобальта. При подборе n получаем массу 241, значит формула оксида - Co_3O_4 .



Кислота, в которой растворили продукт Б - соляная, так как выделившийся газ - хлор, так как можно посчитать его молярную массу $M = 29 \cdot 2.228 = 71$.



А – Co_3O_4 ; Б – $NaCoO_2$; В – $CoCl_2$; Г – $Na_3[Co(NO_2)_6]$; Д – $[Co(NH_3)_6](OH)_3$; Е – $Co(OH)_3$



3) $Na_3[Co(NO_2)_6]$ - октаэдрическая структура, координация лиганда происходит через атом азота. Изомеров нет.

Критерии оценивания:

Определение вещества А с подтвержденными расчетами – 2 балла

Вещества Б-Е по 1 баллу ($1 \cdot 5 = 5$ баллов)

Правильное уравнение реакцию по 1 баллу ($1 \cdot 11 = 11$ баллов).

Задание 2 и 3 по 1 баллу.

Итого 20 баллов.