

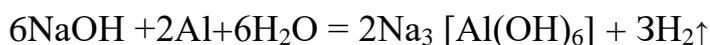
ЗАДАНИЕ 1. (15 баллов)

В лаборатории находится смесь, состоящая как из неактивных металлов, таких как медь и золото, так и более активных железа и алюминия. Предложите химический способ разделения смеси. Напишите уравнения химических реакций.

РЕШЕНИЕ:

Представим один из возможных способов разделения:

а) смесь обрабатывают раствором щелочи (гидроксида натрия) и растворяют алюминий:



Осадок отфильтровывают, а из раствора при подкислении выделяют гидроксид алюминия:



Который переводят в оксид при прокаливании

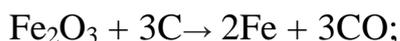
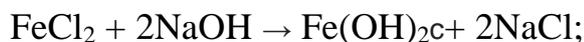


и выделяют алюминий электролизом расплава оксида в криолите Na_3AlF_6

б) Остаток смеси обрабатывают соляной кислотой для растворения железа:



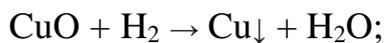
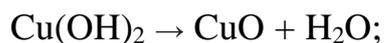
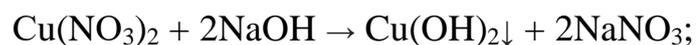
Осадок отфильтровывают, железо осаждают из раствора и проводят последовательно следующие операции:



в) медь и золото разделяют, обрабатывая их смесь концентрированной азотной кислотой, в которой медь растворяется:



Осаждая из раствора гидроксид меди, прокаливая и восстанавливая его, получают металлическую медь:



г) не вступившее в химические превращения золото отделяют фильтрованием от раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

Критерии оценивания:

Предложение способа отделения алюминия. Написание реакций отделения алюминия от смеси	3 балла
Предложение способа отделения железа. Написание реакций отделения железа от смеси	4 балла
Предложение способа отделения меди. Написание реакций отделения меди от смеси	6 баллов
Написание условия извлечения золота из смеси	2 балла

ЗАДАНИЕ 2: (20 баллов)

Вещество **A**, обладающее антимикробным действием, содержит в своём составе 67 % углерода, 7,26 % водорода, а также 17,9 % кислорода и 7,82 % азота. **A** – белый мелкокристаллический порошок без запаха. Порошок плохо растворяется в воде и неполярных жидкостях, однако растворяется в спиртах, образуя нейтральные растворы. При нагревании данного вещества **A** в присутствии соляной кислоты происходит образование уксусной кислоты и вещества **B**. Обнаружено, что продукт **B** способен под действием азотистой кислоты образовывать соль диазония **B**, которая в свою очередь легко переходит в продукт **Г** в условиях щелочного гидролиза, который представляет собой соль производного (моноэфира) гидрохинона – сильного восстановителя. Установите строение исходного вещества **A**, назовите данное соединения и предложите способ его получения из доступных реагентов исходя из бензола и других доступных органических и неорганических реагентов. Объясните очередность реакций хлорирования и нитрования бензола при получении вещества **A**. Изобразите схемы реакций, написанных в условии задания.

РЕШЕНИЕ:

1. Определим брутто-формулу соединения **A**.

Пусть масса соединения **A** будет равна 100 г, тогда массы элементов будут равны:

$$m(\text{C}) = m(\text{вещество A}) * W(\text{C}) = 100 \text{ г} * 0,67 = 67 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}) = m(\text{вещество A}) * W(\text{H}) = 100 \text{ г} * 0,0726 = 7,26 \text{ г.}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{вещество A}) * W(\text{O}) = 100 \text{ г} * 0,179 = 17,9 \text{ г.}$$

$$m(\text{N}) = m(\text{вещество A}) * W(\text{N}) = 100 \text{ г} * 0,0782 = 7,82 \text{ г.}$$

Тогда количество вещества данных элементов будут равны:

$$v(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{67 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 5,58 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{7,26 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 7,26 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{17,9 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 1,1 \text{ моль}$$

$$v(\text{N}) = \frac{m(\text{N})}{M(\text{N})} = \frac{7,28 \text{ г}}{14 \text{ г/моль}} = 0,52 \text{ моль}$$

Разделим полученные значения на 0,52, чтобы получить целые числа, при этом будем иметь следующие значения:

$$v(\text{C}) = 5,58 \text{ моль} / 0,52 = 10 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}) = 7,26 \text{ моль} / 0,52 = 13 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}) = 1,1 \text{ моль} / 0,52 = 2 \text{ моль}$$

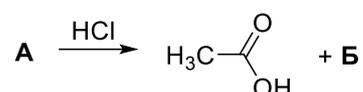
$$v(\text{N}) = 0,52 \text{ моль} / 0,52 = 1 \text{ моль}$$

Из этого следует, что соотношение элементов в соединении **A** будет равно:

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} : \text{N} = 11 : 14 : 2 : 1 \Rightarrow \text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$$

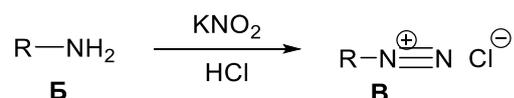
2. Определим строение соединения **A** по продуктам реакций:

Из условий задания известно, что нагревание соединения **A** с соляной кислотой приводит к образованию уксусной кислоты и продукта **B**:

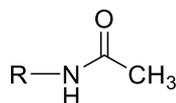


Исходя из этого, можно сделать вывод, что исходное соединение **A** гидролизуется в кислой среде и содержит в своей структуре фрагмент уксусной кислоты.

Соединение **B**, по условиям задачи, вступает в реакцию с азотистой кислотой, что приводит к образованию соли диазония **B**. Из этого мы можем сделать вывод о том, что соединение **B** содержит в своей структуре аминогруппу:



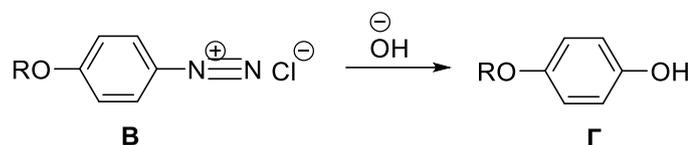
Проанализировав вышеописанное, можно прийти к выводу, что исходное соединение **A**, содержит в своей структуре фрагмент ацилированного амина.



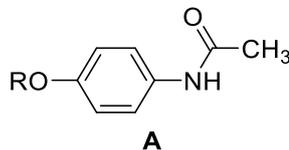
Далее в условии задачи говорится о том, в соль диазония **В**, можно легко превратить в соединение **Г** - щелочной гидролиз дает соль двухатомного фенола.

Принимая во внимание информацию о том, что щелочной гидролиз соединения **В** приводит к соли двухатомного фенола **Г**, мы делаем вывод – исходное соединение **А** представляет собой ароматическое соединение.

По условию задания, соединение **В** вступает в реакцию щелочного гидролиза, при этом образуется соль производного гидрохинона, значит мы можем записать следующее уравнение:

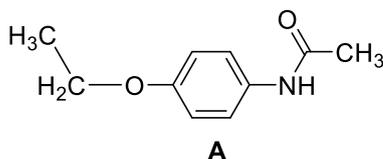


Подведя итоги вышеописанного, можно сделать вывод, что исходное соединение **А** имеет следующее строение:



Для того, чтобы определить оставшийся фрагмент молекулы, мы можем обратиться к расчетам, которые сделали в первой части решения. Брутто-формула соединения **А**, по расчетным данным, имеет следующий вид $\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$. Отсюда можно сделать вывод, что неизвестным фрагментом является C_2H_5 - (этил-).

Таким образом, структурная формула исходного соединения **А** имеет следующий вид:

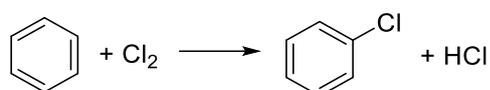


Данная структурная формула полностью соответствует брутто формуле, которую мы рассчитали, а соединение в свою очередь, обладает всеми теми химическими свойствами, которые были описаны в условиях задания.

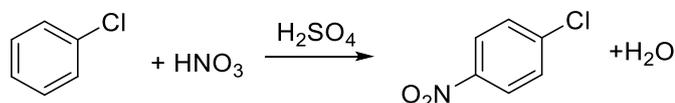
Таким образом **A** – это *1-этокси-4-ацетоминобензол* или *фенацетин*.

3. Предложение способа получения соединения **A** из доступных реагентов.

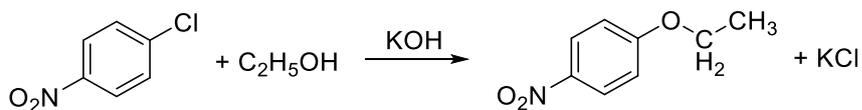
В качестве исходного соединения для синтеза вещества **A** можно взять бензол (C_6H_6). На первой стадии можно провести хлорирование.



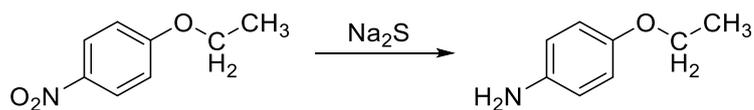
Следующей стадией будет являться нитрование. При этом стоит отметить, что менять местами данные стадии нельзя, так как нитрогруппа является ориентантом 2 рода, и в случае хлорирования нитрометана, мы будем получать мета-продукт, в то время как нам необходимо получить пара-продукт.



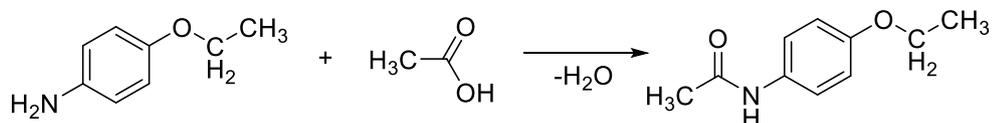
Следующей стадией является нуклеофильное замещение атома хлора на этоксигруппу:



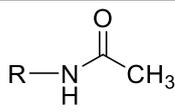
Далее проводится восстановление нитрогруппы. Возможно использовать сульфиды щелочных металлов или цинк в уксусной / соляной кислоте.



Последней стадией является ацилирование при помощи уксусной кислотой.



Критерии оценивания:

Определение брутто формулы соединения A	2 балла
Написание схемы гидролиза соединения A . Написание структуры соединения B .	2 балла
Написание схемы образования соли диазония. Написание структуры соединения B .	2 балла
Установление фрагмента 	1 балл
Написание реакции щелочного гидролиза ароматической соли диазония. Написание структуры соединения G .	2 балла
Установление строения фрагмента R	1 балл
Установление полной структурной формулы соединения A	1 балл
Установление названия соединения A	1 балл
Написание уравнения хлорирования бензола	1 балл
Написание уравнения нитрования хлорбензола	1 балл
Написание уравнения нуклеофильного замещения	2 балла
Написание уравнения восстановления нитрогруппы	1 балл
Реакция ацилирования аминогруппы	1 балл
Объяснение очередности реакций нитрования и хлорирования при получении A с позиции заместителей 1го и 2го рода.	2 балла

ЗАДАНИЕ 3 (10 баллов)

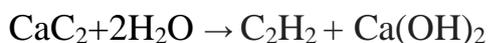
Используя только неорганические вещества, изобразите путь получения сложного эфира уксусной кислоты и этилового спирта. Дайте название получаемым веществам. Назовите реакцию получения сложных эфиров и объясните какое влияние на нее оказывают молекулы воды. В качестве исходного соединения также используйте неорганическое простое вещество.

РЕШЕНИЕ

Исходным неорганическим реагентом является кальций:



Гидролизом, образовавшегося карбида легко получить ацетилен:



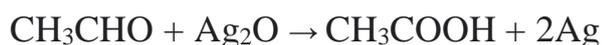
1. Дальнейшее действие воды на ацетилен в присутствии солей ртути (реакция Кучерова) приводит к образованию ацетальдегида:



Окисление ацетальдегида оксидом серебра или перманганатом калия в кислой среде приводит к уксусной кислоте – одной из целевых молекул:



или



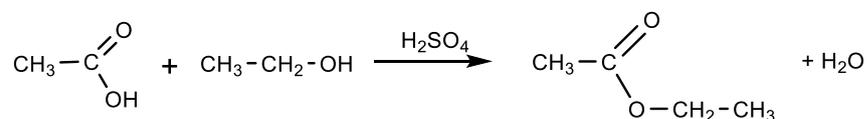
2. Теперь необходимо получить вторую целевую молекулу – этилового спирта. Для этого ацетилен, который был получен выше, можно гидрировать до этилена:



Затем проводим реакцию гидратации этилена, в присутствии серной кислоты, в следствие чего получаем этиловый спирт – вторую целевую молекулу:



3. Последней стадией является реакция этерификации – взаимодействие уксусной кислоты и этилового спирта, которое проходит в кислой среде:



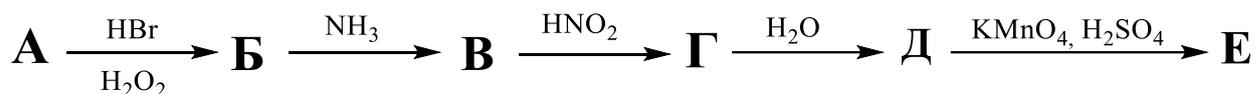
В ходе этерификации происходит образование молекул воды, которая приводит к гидролизу образовавшегося сложного эфира. По этой причине необходимо удаление молекул воды из реакционной смеси.

Критерии оценивания:

Правильное написание реакций и их уравнивание	По 1 баллу за реакцию
Даны правильные названия для всех полученных веществ	1 балл
Названа реакция этерификации и объяснено влияние воды на ее протекание	2 бала

ЗАДАНИЕ 4 (12 баллов)

Осуществите следующую цепочку превращений:



Известно, что вещество **A** представляет собой непредельный углеводород, содержащий одну двойную связь. Плотность его паров по водороду равняется 21.

РЕШЕНИЕ:

1. Вычислим молярную массу вещества **A**, зная плотность его паров по водороду:

$$M(\text{A}) = D_{\text{H}_2} * 2 = 21 * 2 = 42 \text{ г/моль.}$$

2. Известно, что вещество **A** содержит всего одну двойную связь.

Исходя из этого мы можем сделать вывод – вещество **A** – алкен.

3. Определим структуру вещества, исходя из молярной массы:

$$\text{C}_n\text{H}_{2n} = 42 \text{ г/моль}$$

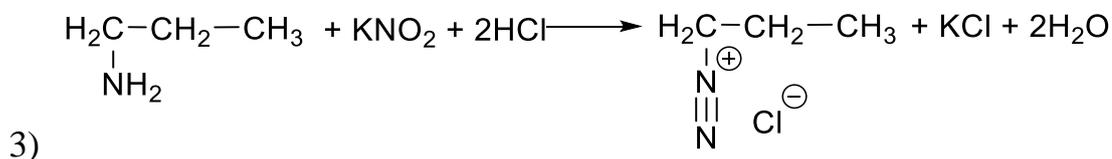
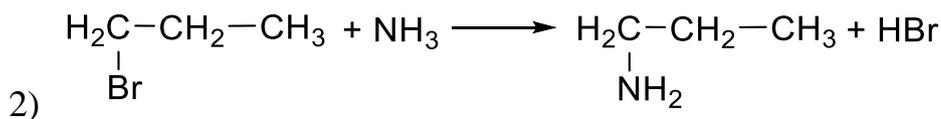
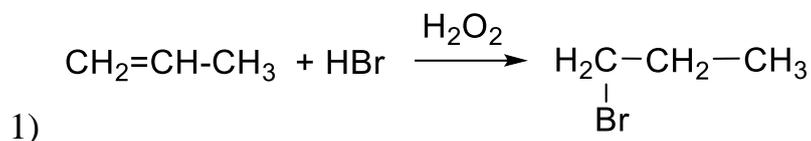
$$12n + 2n = 42 \text{ г/моль}$$

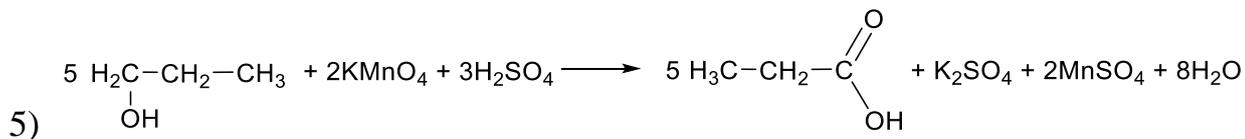
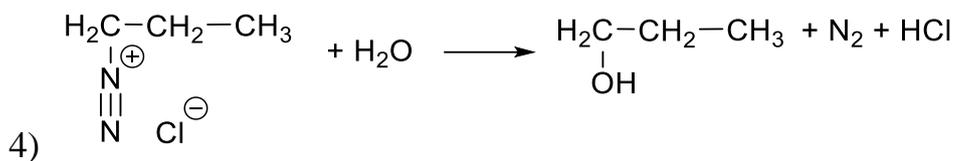
$$14n = 42 \text{ г/моль}$$

$$n = 3$$

Значит **A** – пропен $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$

4. Теперь можно осуществить цепочку превращений:





Критерии оценивания:

Определение формулы вещества A	2 балла
Правильное написание реакций цепочки превращений и определение структуры каждого соединения (Б, В, Г, Д, Е)	По 1 баллу за реакцию
Правильное уравнивание реакций цепочки превращений	По 1 баллу за реакцию