

11 класс

1. Соли. Соль **A**, содержащая калий, хлор и кислород, может термически разлагаться как с образованием газа **B** и соли **C**, так и с образованием солей **C** и **D**. В результате нагревания 9.96 г соли **A** образовалась смесь, содержащая 3.02 г соли **C**, причем соль **A** полностью разложилась.

1. Расшифруйте вещества, если соль **A** содержит 31.9% калия, а хлор в соли **C** находится в наиболее стабильной степени окисления. Приведите уравнения реакций.

2. Рассчитайте массовые доли веществ в полученной смеси.

3. Приведите геометрическое строение сложных ионов в солях **A** и **D**, укажите тип гибридизации центральных атомов.

2. Бинарные газы. Некоторый элемент образует 2 бинарных газа **A** и **B**, в которых он имеет одинаковый тип гибридизации – sp^x . Каждая из молекул имеет одну неподеленную пару электронов. Массовые доли неизвестного элемента в этих веществах равны соответственно 91.18% и 35.22%.

1. Определите неизвестные газы **A** и **B**.

2. Какой тип гибридизации проявляет центральный атом?

3. Какой из этих газов проявляет более основные свойства? Почему?

4. Какой из газов более растворим в воде? Почему?

5. Почему **A** кипит при высшей температуре (-87°C), чем кипит **B** (-102°C).

6. Укажите, как распределены заряды в молекулах этих газов.

7. Может ли молекула, которая содержит полярные связи, иметь суммарный дипольный момент, равный нулю? Приведите 3 примера.

3. Растворитель. Соединение **A** содержит 62.04 % углерода и 27.55 % кислорода. Это летучая легковоспламеняющаяся бесцветная жидкость со специфическим запахом, широко применяемая как промышленности, так и в быту (например, для обезжиривания поверхностей), а также в лаборатории в качестве реагента и растворителя. При обработке соединения **A** газообразным хлором в водной щелочи образуется вещество **B**, обладающее кислотными свойствами, и галогенсодержащее соединение **C**. Разбавленный раствор вещества **B** находит применение в пищевой промышленности, а соединение **C** ранее применялось в медицине. Углеводород **D** (плотность по водороду 20) образуется при гидролизе карбида магния и не содержит двойных связей. **D** легко реагирует с **C** в присутствии NaOH при $0-5^\circ\text{C}$ с образованием галогенсодержащего соединения **E**, которое при дополнительной обработке соединением **C** в присутствии NaOH и более высокой температуре дает соединение **F** ($\text{C}_5\text{H}_4\text{Cl}_4$).

1. Расшифруйте соединения **A-F**, назовите их, приведите уравнения всех упомянутых реакций.

2. Предложите механизм образования веществ **B** и **C** из **A**.

3. В качестве чего применяется соединение **B**; как использовалось ранее вещество **C**?

4. Известь. При взаимодействии 7.89 г соли **A** с соляной кислотой выделился газ без запаха, который пропустили через 2500 мл раствора гашеной извести с концентрацией 0.014 моль/л. Сначала наблюдали за выпадением белого осадка, потом он частично растворился. Осадок отфильтровали и высушили, затем взвесили. Его масса составила 3.00 г.

1. Определите формулу соли **A**, приведите уравнения реакций.

2. Рассчитайте pH исходного раствора гашеной извести и массовую долю растворенного вещества в нем (плотность раствора принять равной 1 г/мл).

3. В помещениях, недавно оштукатуренных смесями на основе гашеной извести, некоторое время даже после высыхания штукатурки очень влажно. Почему? Объясните.

5. Соответствие. 1. Соотнесите фамилии, приведенные в левой колонке таблицы, с понятиями, данными под ней (ответ дайте в виде таблицы).

Лавуазье	
Курциус	
Бертолле	
Кекуле	
Ленин	
Зинин	
Бутлеров	
Вёлер	
Курчатов	
Менделеев	

Периодический закон, теория строения органических соединений, строение бензола, Октябрьская революция, конец теории витализма, советская ядерная программа, азиды, соединения переменного состава, конец теории флогистона, анилин.

2. Корректны ли выражения: а) «высушенный сырой продукт реакции»; б) «кипящая ледяная уксусная кислота»; в) «дробная кристаллизация из холодного *изо*-пропанола»; г) «азеотропная смесь метанола с водой»; д) «фракционная перегонка»? Объясните.

6. Синтез. Предложите схемы синтеза указанных соединений из неорганических веществ (в скобках дано оптимальное количество стадий, отведенное на каждое соединение): 1) *n*-октан (10); 2) толуол (6); 3) *трет*-бутанол (8); 4) бутадиев-1,3 (5); 5) 1,2-дибром-3-хлорпропан (5).

7. Задание экспериментального тура. Белое кристаллическое вещество **A** ($\omega(\text{N}) = 23.7\%$), являющееся производным монокарбоновой кислоты, растворяют в воде; раствор разделяют на 2 части. К одной части добавляют 3-5 капель H_2SO_4 (конц.) и нагревают в течение 10 минут. После этого к полученному раствору добавляют несколько капель концентрированного раствора FeCl_3 . Раствор приобретает красно-коричневую окраску.

Ко второй части раствора вещества **A** добавляют 5 г сухого NaOH . После полного растворения гидроксида натрия раствор нагревается и через 2-3 минуты начинается выделение газа с резким специфическим запахом, который окрашивает влажную индикаторную бумагу в синий цвет.

1. Определите неизвестное соединение **A**.
2. Приведите уравнения реакций, прошедших с веществом **A**.
3. Приведите как можно больше уравнений реакций, с помощью которых можно получить соединение **A**.
4. Напишите механизм кислотного и щелочного гидролиза соединения **A**.

11 клас

1. Солі. Сіль **A**, що містить Калій, Хлор і Оксиген, може термічно розкладатися як з утворенням газу **B** і солі **C**, так і з утворенням солей **C** і **D**. У результаті нагрівання 9.96 г солі **A** утворилася суміш, що містить 3.02 г солі **C**, причому сіль **A** повністю розклалася.

1. Розшифруйте речовини, якщо сіль **A** містить 31.9% Калію, а Хлор у солі **C** знаходиться в найбільш стабільному ступені окиснення. Наведіть рівняння реакцій.

2. Розрахуйте масові долі речовин в отриманій суміші.

3. Наведіть геометричну будову складних іонів у солях **A** і **D**, вкажіть тип гібридизації центральних атомів.

2. Бінарні гази. Деякий елемент утворює 2 бінарні гази **A** та **B**, в яких він має однаковий тип гібридизації – sp^x . Кожна з молекул має одну неподілену пару електронів. Масові частки невідомого елемента в цих речовинах дорівнюють відповідно 91.18% та 35.22%.

1. Визначте невідомі гази **A** та **B**.

2. Який тип гібридизації проявляє центральний атом?

3. Який з цих газів проявляє більш основні властивості? Чому?

4. Який з газів більш розчинний у воді? Чому?

5. Чому **A** кипить при більш високій температурі (-87°C), ніж кипить **B** (-102°C).

6. Вкажіть, як розподілені заряди у молекулах цих газів.

7. Чи може молекула, що містить полярні зв'язки, мати сумарний дипольний момент, рівний нулю? Наведіть 3 приклади.

3. Розчинник. Сполука **A** містить 62.04 % Карбону і 27.55 % Оксигену. Це летка легкозаймиста безбарвна рідина із специфічним запахом, широко вживана як у промисловості, так і в побуті (наприклад, для знежирення поверхонь), а також в лабораторії як реагент і розчинник. При обробці сполуки **A** газоподібним хлором у водному лузі утворюється речовина **B**, що має кислотні властивості, і галогенвмісна сполука **C**. Розведений розчин речовини **B** знаходить вживання в харчовій промисловості, а сполука **C** раніше застосовувалася в медицині. Вуглеводень **D** (густина за воднем 20) утворюється при гідролізі карбіду магнію і не містить подвійних зв'язків. **D** легко реагує із **C** у присутності NaOH при $0-5^\circ\text{C}$ з утворенням галогенвмісної сполуки **E**, яка при додатковій обробці сполукою **C** у присутності NaOH та вищій температурі дає сполуку **F** ($\text{C}_5\text{H}_4\text{Cl}_4$).

1. Розшифруйте сполуки **A-F**, назвіть їх, наведіть рівняння усіх згаданих реакцій.

2. Запропонуйте механізм утворення речовин **B** та **C** з **A**.

3. В якості чого застосовується сполука **B**; як використовувалася раніше речовина **C**?

4. Вапно. При взаємодії 7.89 г солі **A** з хлоридною кислотою виділився газ без запаху, який пропустили через 2500 мл розчину гашеного вапна з концентрацією 0.014 моль/л. Спочатку спостерігали за випаданням білого осаду, потім він частково розчинився. Осад відфільтрували і висушили, потім зважили. Його маса склала 3.00 г.

1. Визначте формулу солі **A**, наведіть рівняння реакцій.

2. Розрахуйте рН вихідного розчину гашеного вапна і масову долю розчиненої речовини у ньому (густина розчину прийняти рівній 1 г/мл).

3. У приміщеннях, нещодавно обштукатурених сумішами на основі гашеного вапна, деякий час навіть після висихання штукатурки дуже волого. Чому? Поясніть.

5. Відповідність. 1. Співвіднесіть прізвища, наведені в лівій колонці таблиці, з поняттями, даними під нею (відповідь дайте у вигляді таблиці).

Лавуазьє	
Курціус	
Бертолле	
Кекуле	
Ленін	
Зінін	
Бутлеров	
Велер	
Курчатов	
Менделєєв	

Періодичний закон, теорія будови органічних сполук, будова бензолу, Жовтнева революція, кінець теорії віталізму, радянська ядерна програма, азиди, сполуки змінного складу, кінець теорії флогистона, анілін.

2. Чи коректні вирази: а) «висушений сирий продукт реакції»; б) «кипляча крижана оцтова кислота»; в) «дрібна кристалізація з холодного *ізо*-пропанолу»; г) «азеотропна суміш метанолу з водою»; д) «фракційна перегонка»? Поясніть.

6. Синтез. Запропонуйте схеми синтезу вказаних сполук з неорганічних речовин (у дужках дана оптимальна кількість стадій, відведена на кожну сполуку): 1) *n*-октан (10); 2) толуол (6); 3) *трет*-бутанол (8); 4) бутадієн-1,3 (5); 5) 1,2-дибром-3-хлорпропан (5).

7. Завдання експериментального туру. Білу кристалічну речовину А ($\omega(\text{N}) = 23.7\%$), що є похідним монокарбонової кислоти, розчиняють у воді; розчин розділяють на 2 частини. До однієї частини додають 3-5 крапель H_2SO_4 (конц.) і нагрівають протягом 10 хвилин. Після цього до отриманого розчину додають декілька крапель концентрованого розчину FeCl_3 . Розчин набуває червоно-коричневого забарвлення.

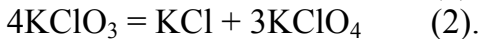
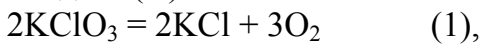
До другої частини розчину речовини А додають 5 г сухого NaOH . Після повного розчинення гідроксиду Натрію розчин нагрівається і через 2-3 хвилини починається виділення газу з різким специфічним запахом, який забарвлює вологий індикаторний папір в синій колір.

1. Визначте невідому сполуку А.
2. Наведіть рівняння реакцій, що відбулись з речовиною А.
3. Наведіть якомога більше рівнянь реакцій, за допомогою яких можна отримати сполуку А.
4. Напишіть механізм кислотного і лужного гідролізу сполуки А.

Решения-11

1. Соли. 1. Скорее, всего, **A** – соль состава $KClO_n$.

Тогда $M(A) = 39.1/0.319 \text{ г/моль} = 122.5 \text{ г/моль}$, т.е. $A \equiv KClO_3$.



$B \equiv O_2$, $C \equiv KCl$, $D \equiv KClO_4$.

2. Пусть $m(KClO_4) = x$, $m(KCl)_1 = y$ (хлорид калия, образовавшийся по реакции (1)), $m(KCl)_2 = z$ (хлорид калия, образовавшийся по реакции (2)). Составим систему уравнений (3) и (4):

$$y + z = 3.02, \quad y = 3.02 - z \quad (3),$$

$$(y + 4z)/M(KCl) = 9.96/M(KClO_3) \quad (4), \text{ откуда}$$

$$z = 1.013 \text{ г}, \quad y = 2.007 \text{ г}, \quad x = 5.647 \text{ г}.$$

$$\omega(KCl) = 34.8\%, \quad \omega(KClO_4) = 65.2\%.$$

3. ClO_3^- : тетраэдр (атом хлора в вершине), sp^3 ; ClO_4^- : тетраэдр (атом хлора в центре), sp^3 .

2. Бинарные газы.

1. Центральный атом может иметь sp , sp^2 или sp^3 гибридизацию; учитывая наличие неподеленной электронной пары, молекула может иметь стехиометрию: EA , EA_2 или EA_3 , соответственно.

Массовая доля второго элемента в **A** – 8.82% – очень мала. Имеет смысл допустить, что это – водород. Тогда:

$$n(\varepsilon) : n(H) = \frac{91,18}{x} : \frac{1,82}{1} = 1:1 \quad (\text{или } 1:2, \text{ или } 1:3)$$

Проверяя каждый вариант, получаем: 1) $x = 10.33$, 2) $x = 20.67$, 3) $x = 31$ (P).

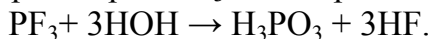
Т.е., подходит третий вариант: PH_3 ; тогда второй газ – PF_3 , т.к.

$$n(P) : n(Y) = \frac{35,22}{31} : \frac{100 - 35,22}{y} = 1:3 \Rightarrow y = 19,$$

2. sp^3 .

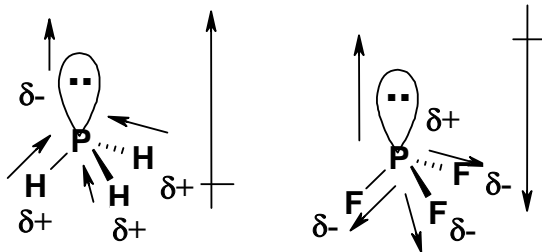
3. Более основный PH_3 , т.к. основность – это способность отдавать электронную пару протону, а в PF_3 атомы фтора сильно смещают электронную пару к себе (–I-эффект).

4. Более растворим PF_3 из-за прохождения реакции:

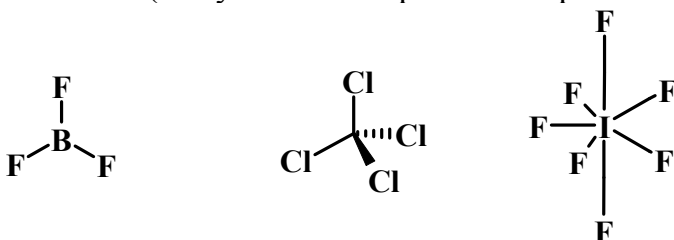


5. Для PH_3 характерны слабые водородные связи.

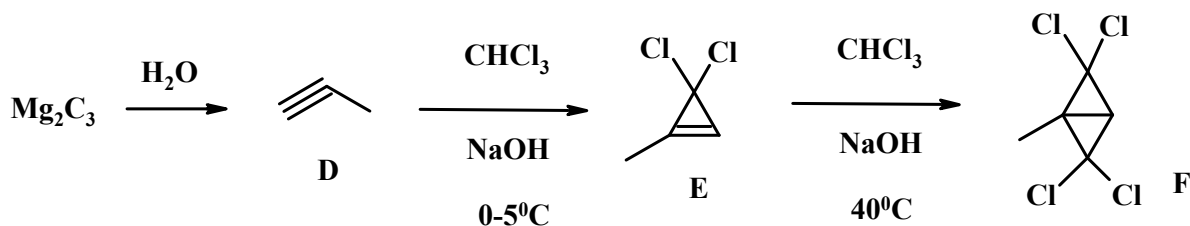
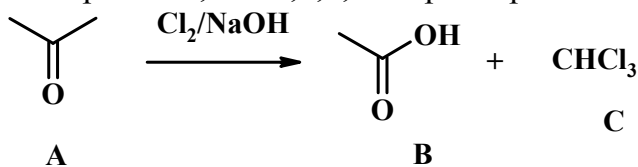
6. Суммарный дипольный момент трех связей P-F преобладает над дипольным моментом, создаваемым неподеленной электронной парой.



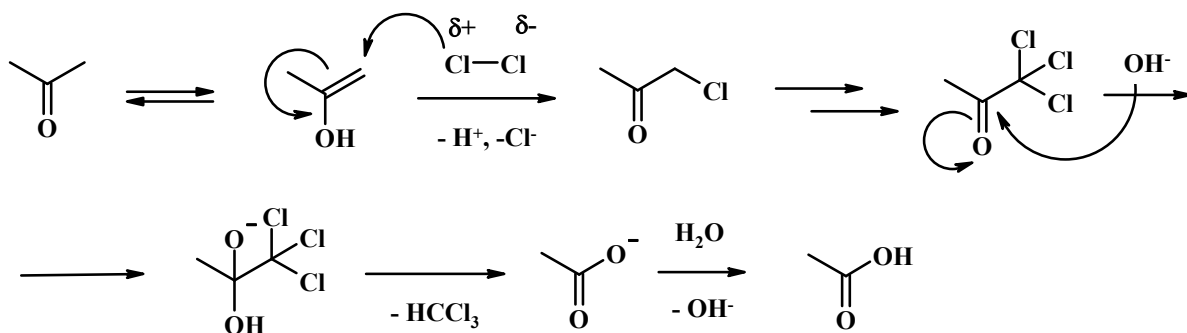
7. Может (в случае симметричного строения и отсутствия неподеленных электронных пар).



3. Растворитель. 1. Кроме углерода и кислорода, соединение **A** содержит еще по крайней мере один элемент. Его мало (10.41 %), поэтому скорее всего это – водород. Отсюда формула **A** – C_3H_6O (ацетон). **B** – уксусная (этановая) кислота, **C** – хлороформ (трихлорметан), **D** – пропин, **E** – 1-метил-3,3-дихлорциклопропен-1, **F** – 2,2,4,4-тетрахлор-1-метилбицикло[1.1.0]бутан.



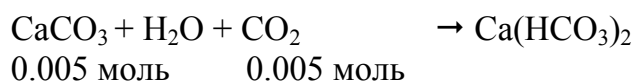
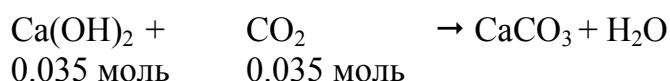
2.



3. Раствор уксусной кислоты (уксус) используется в качестве консерванта и вкусовой добавки, хлороформ использовался в смесях с кислородом для ингаляционного наркоза. В настоящее время из-за своей токсичности вытеснен иными препаратами – циклопропаном, оксидом азота (I), 1,1,1-трифтор-2-бром-2-хлорэтаном (фторотаном) и другими.

4. Известь. 1. Образование осадка при пропускании газа через раствор гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а потом его растворение – особенность лишь SO_2 и CO_2 , но сернистый газ имеет запах. Итак, **A** – карбонат. Полученный осадок, следовательно, CaCO_3 с количеством вещества 0.03 моль. В 2500 мл приведенного раствора содержится 0.035 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При пропускании через него сначала образовалось 0.035 моль карбоната кальция, а далее часть карбоната, а именно 0.005 моль, растворилась с образованием гидрокарбоната кальция.

Рассчитаем общее количество вещества CO_2 , выделившегося в результате взаимодействия соли **A** с соляной кислотой:



$$v_{\text{общ}}(\text{CO}_2) = (0.035 \text{ моль} + 0.005) \text{ моль} = 0.04 \text{ моль}.$$

Общая формула карбоната металла – Me_2CO_3 , где Me – эквивалент металла.

Тогда: $M(\text{Me}) = (7.89 - 0.04 \times 60.01) / (0.04 \times 2) \text{ г/моль} \approx 68.6 \text{ г/моль}$. Т.е., металл – барий, а соль **A** – BaCO_3 .

2. $pH = 14 - pOH = 14 + \lg(0.014 \times 2) = 12.4$, $\omega = 0.014 \times 74.09 / 1000 = 1.0 \times 10^{-4}$.

3. Влажность в оштукатуренных помещениях повышается из-за реакции:
 $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$.

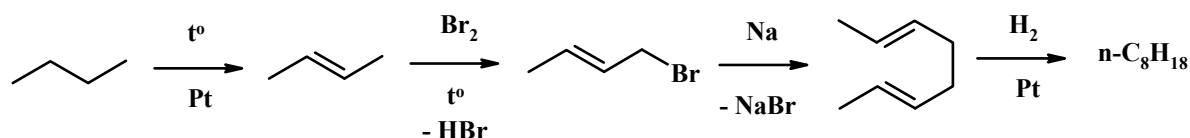
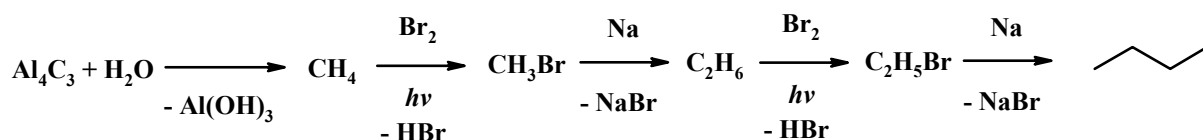
5. 1.

Лавуазье	конец теории флогистона
Курциус	азиды
Бертолле	соединения переменного состава
Кекуле	строение бензола
Ленин	Октябрьская революция
Зинин	анилин
Бутлеров	теория строения органических соединений
Вёлер	конец теории витализма
Курчатов	советская ядерная программа
Менделеев	периодический закон

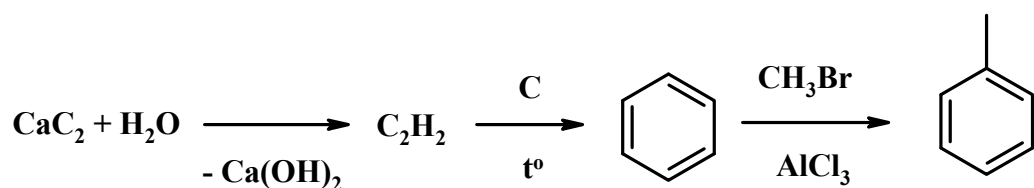
2. а) да, «сырой продукт» – означает неочищенный; б) да, «ледяная уксусная кислота» – это безводная уксусная кислота; в) нет, кристаллизуют из нагретых или кипящих растворителей; г) нет, метанол не дает азеотропной смеси с водой; д) да, «фракционная перегонка» – перегонка с отбором двух или более фракций, отличающихся температурой кипения.

6. Синтез. Внимание! Синтез одинаковых соединений приведен в решении один раз.

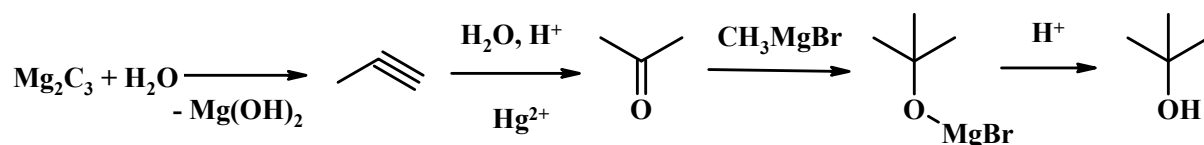
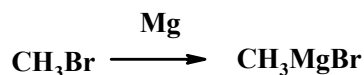
1.



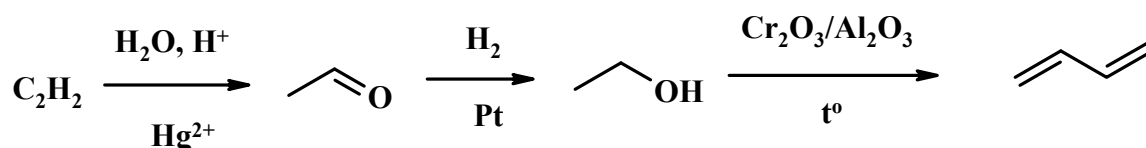
2.



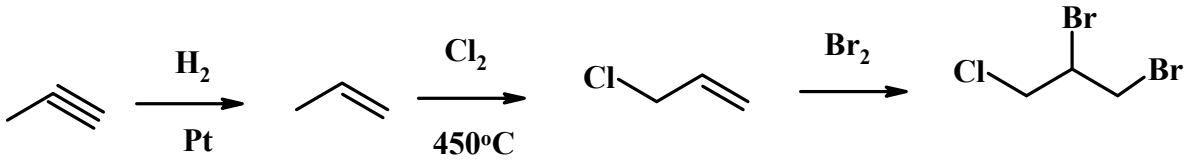
3.



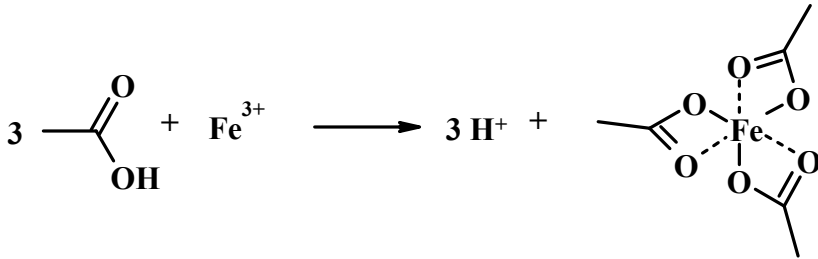
4.



5.

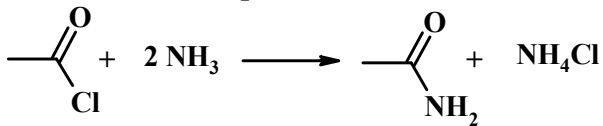


7. *Задание экспериментального тура.* 1–4. Производные карбоновой кислоты – это соединения, которые в воде при кислотном или щелочном катализе превращаются в карбоновые кислоты. При добавлении к раствору вещества А нескольких капель H_2SO_4 (конц.) и нагревании происходит гидролиз А до соответствующей карбоновой кислоты, которая с катионами Fe^{3+} дает красно-коричневое окрашивание. Это качественная реакция на уксусную кислоту:

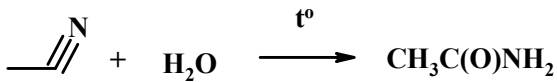


Газ, выделяющийся при щелочном гидролизе соединения А и окрашивающий влажную индикаторную бумагу в синий цвет, – аммиак. Следовательно, А может быть ацетонитрилом, ацетамидом или ацетатом аммония, т.к все эти соединения гидролизуются до уксусной кислоты и аммиака. Исходя из массовой доли азота в соединении ($\omega(\text{N}) = 23.7\%$) можно рассчитать, что А – это ацетамид. Получение ацетамида:

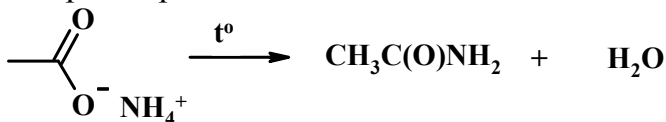
1. Из ацетилхлорида:



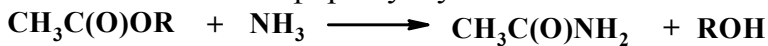
2. Из ацетонитрила:



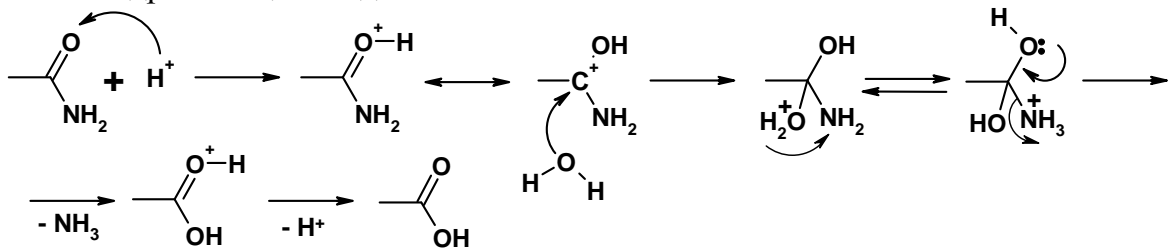
3. При нагревании ацетата аммония:



4. Аммонолизом эфиров уксусной кислоты:



Кислотный гидролиз ацетамида:



Щелочной гидролиз ацетамида:

