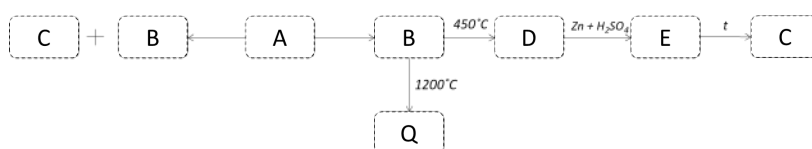


11 класс
Вариант 1

Задание 11-1

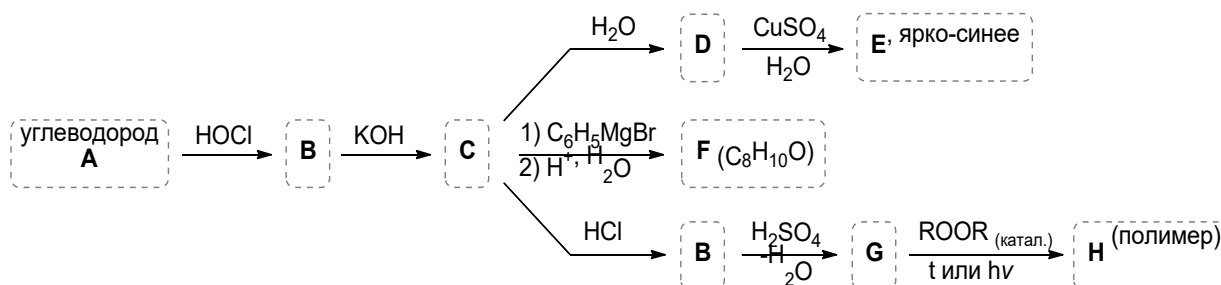
В своем докладе о периодическом законе химических элементов в 1869 году Дмитрий Иванович Менделеев предсказал существование нескольких неизвестных на то время химических элементов, в частности и элемента **Z**. В своей статье ученый назвал его «экасилицием». В 1885 году в Саксонии Клеменс Винклер обнаружил новый элемент и указал на его схожесть с сурьмой. Он хотел назвать его «нептунием», но это название уже было закреплено за одним из предполагаемых элементов, поэтому элемент **Z** получил свое название в честь родины ученого. Простое вещество **A**, образованное атомами элемента **Z** – это серо-белое вещество с металлическим блеском, имеет стратегическое значение в производстве оптических элементов инфракрасной оптики, в частности, в тепловизионных камерах. Массовая доля **Z** в соединении **D**, являющегося галогенидом, составляет 33,95 %, а плотность паров газообразного вещества **E**, равна 3,44 г/л (н.у.). Бинарное соединение **Z** с кислородом - вещество **B**, применяется в изготовлении широкоугольных объективов камер и производстве оптического волокна, а бинарное соединение **Z** с серой – **C** считается перспективным материалом для электродов литий-ионных аккумуляторов.

На схеме изображены превращения веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, а также соединения **Q**, представляющего собой натриевую соль кислоты, содержащей элемент **Z** в степени окисления +4:



1. Определите, какой элемент может быть элементом **Z**.
2. Установите формулы веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, а также соединения **Q**.
3. Напишите уравнения химических реакций, изображенных на схеме.

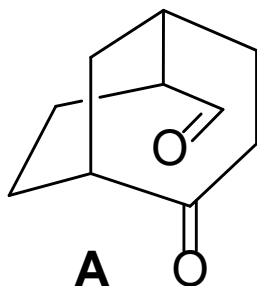
Задание 11-2



1. Определите зашифрованные в схеме соединения **A–H** и изобразите их структурные формулы
2. Напишите уравнения соответствующих реакций.
3. Напишите названия ключевого соединения **C** и полимерного продукта **H**.

Задание 11-3

Дикарбонильное соединение **A** получено озонлизом ненасыщенного углеводорода **B**, который, в свою очередь, является продуктом внутримолекулярной реакции Дильса-Альдера соединения **C**.



1. Изобразите структурные формулы соединений **B** и **C**.
2. Изобразите все возможные исходные углеводороды, из которых, теоретически, можно по реакции Дильса-Альдера получить соединение **B**. Кратко объясните, почему из предложенных вами вариантов подходит только один.

Задание 11-4

Выбросы углекислого газа в атмосферу в результате работы промышленных предприятий, ТЭЦ составляют несколько миллионов тонн в год. В Российской Федерации в 2023 году утверждена климатическая доктрина, которая предполагает уменьшение выбросов углекислого газа к 2060 году до нулевых значений. Один из путей снижения выбросов углекислого газа к 2060 году до нулевых значений заключается в переработке этого парникового газа в ценные для органического синтеза продукты посредством реакций его гидрирования. Достичь превращения этой устойчивой молекулы позволяют различные гетерогенные катализаторы, которые разрабатываются во многих лабораториях отечественных и мировых университетов, в том числе в НИТУ МИСИС.

Изучение активности и селективности катализатора в лабораторных условиях проводят в специальном проточном реакторе при определенной скорости потоков газов, температуре и давлении. Студент Степан проводил изучение реакции гидрирования углекислого газа в изобарно-изотермических условиях при давлении 1 атм и двух температурах: 200 °С и 220 °С. Начальная скорость потока смеси газов на входе в реактор составляла 50 мл/мин, при этом объемная концентрация углекислого газа в смеси была 20 %. Эксперимент для каждой температуры Степан проводил в течение 45 минут. Через заданный промежуток времени он фиксировал объем, вышедших из реактора газов. Ему удалось определить объемную концентрацию углекислого газа на выходе из реактора. Все наблюдения он занес в таблицу. Кроме того, Степан вычислил, что относительная плотность паров углеродсодержащего продукта по воздуху составляет 0,552.

Экспериментальный параметр	Температура в реакторе 200 °С	Температура в реакторе 220 °С
Объем вышедших из реактора газов, мл	2070	1530
Объемная концентрация углекислого газа на выходе из реактора, %	17,4	5,89

1. Подтвердите расчётами, какой ценный углеродсодержащий продукт получил Степан в результате каталитической реакции. Составьте уравнение этой реакции.
2. Предложите не менее трех реакций гидрирования углекислого газа с альтернативными продуктами.
3. Рассчитайте степень превращения углекислого газа в описанном эксперименте для каждой температуры.
4. Рассчитайте средние скорости реакции при разных температурах.
5. Вычислите температурный коэффициент Вант-Гоффа данной реакции и энергию активации (E_A) в присутствии катализатора.

Задание 11-5

Пиролиз метана позволяет производить водород экологически безопасным способом, поскольку углерод выделяется в твердой биологически нейтральной форме и может быть использован в производстве. Полученный данным способом водород классифицируют как «бирюзовый водород».

Для обратимой реакции $\text{CH}_4 = \text{C}_{\text{тв.}} + 2\text{H}_2$ известны стандартные энтальпии образования её участников при температуре $T = 734^\circ\text{C}$: $-34,29$ кДж/моль для метана, $12,14$ кДж/моль для углерода и $20,97$ кДж/моль для водорода. Константа равновесия, выраженная через давления газообразных участников реакции (в атмосферах), при этой температуре равна $10,0$. Для проведения реакции использовали предварительно вакуумированный достаточно длинный цилиндрический сосуд, герметично закрытый невесомым подвижным поршнем. В пространство под поршнем поместили избыток углерода, а также ввели 32 г метана и 32 г водорода.

1. Дайте обоснованный ответ, является ли данная реакция экзотермической или эндотермической.
2. Определите количественный состав (мольные доли) газовой фазы после достижения системой химического равновесия.
3. Установите в каком направлении протекает реакция при таком исходном составе.
4. Определите выделялось ли или поглощалось тепло при протекании реакции от исходного состава до достижения равновесия?

11 класс

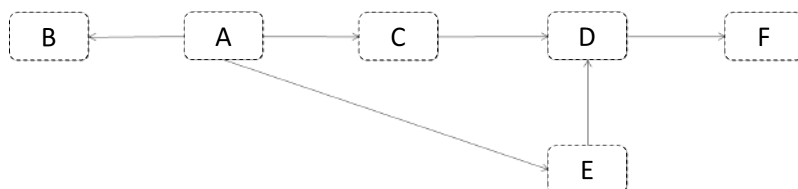
Вариант 2

Задание 11-1

Элемент **X**, является одним из древнейших элементов, используемых человеком. Его соединения аурипигмент и реальгар были знакомы римлянам и грекам. Название элемента с греческого переводится как «желтый аурипигмент» и является аналогом фосфора. Соединения на основе **X** используются для синтеза полупроводниковых материалов. Простое вещество **A**, представляющий собой элемент **X**, встречается в природе в самородном виде, является ядом и канцерогеном. Соединение **D** является бинарным соединением **X** с кислородом и обладает плотностью 4,12 г/см³. Вещество **E**, содержащее **X** и серу, используется живописи в качестве красок, массовая доля **X** в этом веществе равна 60,5 %. В газообразном веществе **C**, содержащее **X**, плотность паров составляет 3,5 г/л (н.у.). Вещество **F**, оксид, представляющий собой гигроскопичный белый порошок.

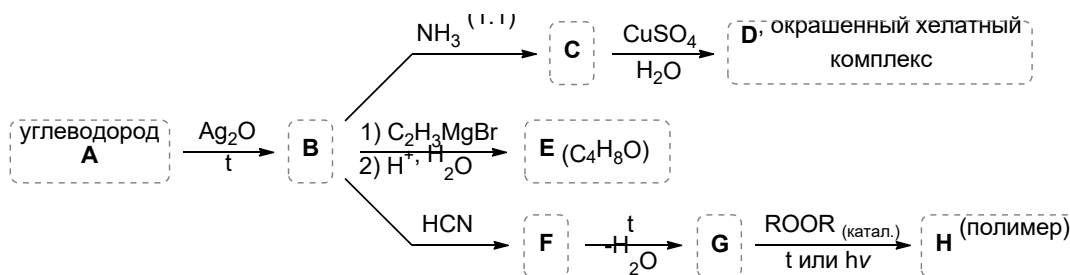
Простое вещество **B**, получаемое из **A** при температуре 600⁰С представляет собой наиболее устойчивую модификацию **A**.

На схеме изображены превращения веществ **A, B, C, D, E, F**:



1. Определите, какой элемент может быть элементом **X**.
2. Установите формулы веществ **A, B, C, D, E, F**.
3. Напишите уравнения химических реакций, изображенных на схеме.

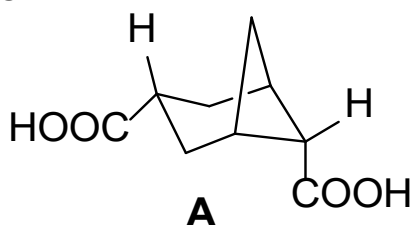
Задание 11-2



1. Определите зашифрованные в схеме соединения **A–H** и изобразите их структурные формулы.
2. Напишите уравнения соответствующих реакций.
3. Напишите названия ключевого соединения **B** и полимерного продукта **H**.

Задание 11-3

Дикарбоновая кислота **A** получена озонлизом ненасыщенного углеводорода **B**, который, в свою очередь, является продуктом внутримолекулярной реакции Дильса-Альдера соединения **C**.



1. Изобразите структурные формулы соединений **B** и **C**.
2. Изобразите структурную формулу углеводорода **D** и дикарбоновой кислоты **E**, которые также могут получиться из исходного соединения **C** в той же последовательности реакций.

Задание 11-4

Выбросы углекислого газа в атмосферу в результате работы промышленных предприятий, ТЭЦ составляют несколько миллионов тонн в год. В Российской Федерации в 2023 году утверждена климатическая доктрина, которая предполагает уменьшение выбросов углекислого газа к 2060 году до нулевых значений. Один из путей снижения заключается в переработке этого парникового газа в ценные для органического синтеза продукты посредством реакций его гидрирования. Достичь превращения этой устойчивой молекулы позволяют различные гетерогенные катализаторы, которые разрабатываются во многих лабораториях отечественных и мировых университетов, в том числе в НИТУ МИСИС.

Изучение активности и селективности катализатора в лабораторных условиях проводят в специальном проточном реакторе при определенной скорости потоков газов, температуре и давлении. Студент Степан проводил изучение реакции гидрирования углекислого газа в изобарно-изотермических условиях при давлении 1 атм и двух температурах: 320 °С и 340 °С. Начальная скорость потока смеси газов на входе в реактор составляла 40 мл/мин, при этом объемная концентрация углекислого газа в смеси была 25 %. Эксперимент для каждой температуры Степан проводил в течение 45 минут. Через заданный промежуток времени он фиксировал объем, вышедших из реактора газов. Ему удалось определить объемную концентрацию углекислого газа на выходе из реактора. Все наблюдения он занес в таблицу. Кроме того, Степан вычислил, что относительная плотность паров углеродсодержащего продукта по азоту составляет 1.

Экспериментальный параметр	Температура в реакторе 320 °С	Температура в реакторе 340 °С
Объем вышедших из реактора газов, мл	1700	1192,5
Объемная концентрация углекислого газа на выходе из реактора, %	22,5	3,78

1. Подтвердите расчётами, какой ценный углеродсодержащий продукт получил Степан в результате каталитической реакции. Составьте уравнение этой реакции.
2. Предложите не менее трех реакций гидрирования углекислого газа с альтернативными продуктами.
3. Рассчитайте степень превращения углекислого газа в описанном эксперименте для каждой температуры.
4. Рассчитайте скорости реакции при разных температурах.
5. Вычислите температурный коэффициент Вант-Гоффа данной реакции и энергию активации (E_A) в присутствии катализатора.

Задание 11-5

Сероуглерод широко используется в промышленности как растворитель, экстрагент, а также в производстве вискозы.

Для обратимой реакции $\text{CS}_2 = \text{C}_{\text{тв.}} + \text{S}_2$ известны стандартные энтальпии образования её участников при температуре $T = 827^\circ\text{C}$: 160,38 кДж/моль для сероуглерода, 14,11 кДж/моль для углерода и 157,31 кДж/моль для двухатомной серы. Константа равновесия, выраженная через давления газообразных участников реакции (в атмосферах), при этой температуре равна 0,148. Для проведения реакции использовали предварительно вакуумированный достаточно длинный вертикальный цилиндрический сосуд диаметром 11 см, герметично закрытый сверху подвижным поршнем массой 97 кг. В пространство под поршнем поместили избыток углерода, а также ввели 38 г сероуглерода и 32 г двухатомной серы.

1. Дайте обоснованный ответ, является ли данная реакция экзотермической или эндотермической?
2. Определите количественный состав (мольные доли) газовой фазы после достижения системой химического равновесия.
3. Установите в каком направлении протекает реакция при таком исходном составе?
4. Определите выделялось ли или поглощалось тепло при протекании реакции от исходного состава до достижения равновесия?