

## Оглавление

<b><i>ДЕВЯТЫЙ КЛАСС</i></b>	<b><i>1</i></b>
Задача 9-1 .....	1
Задача 9-2 .....	2
Задача 9-3 .....	3
Задача 9-4 .....	4
Задача 9-5 .....	6
<b><i>Десятый класс</i></b>	<b><i>8</i></b>
Задача 10-1 .....	8
Задача 10-2 .....	9
Задача 10-3 .....	10
Задача 10-4 .....	11
Задача 10-5 .....	12
<b><i>Одиннадцатый класс</i></b>	<b><i>13</i></b>
Задача 11-1 .....	13
Задача 11-2 .....	14
Задача 11-3 .....	15
Задача 11-4 .....	16
Задача 11-5 .....	17

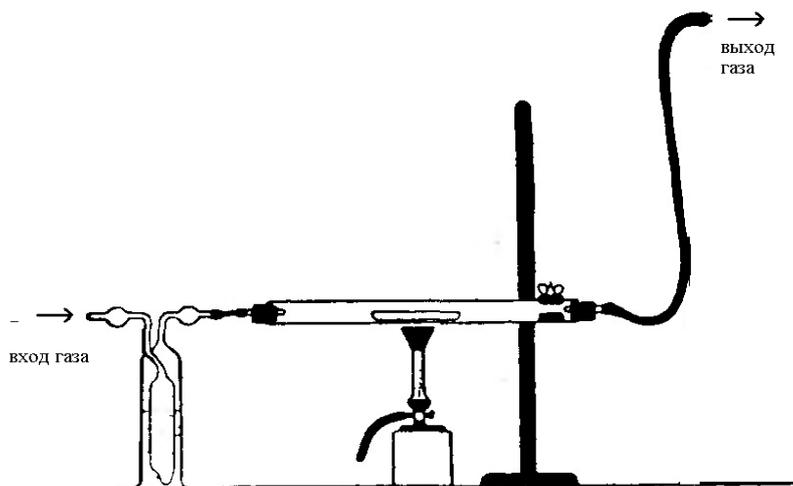


## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

**Задача 9-1**

Неизвестное вещество **X** представляет собой черный кристаллический порошок. Для изучения свойств этого вещества был собран прибор, изображенный на рисунке.

В лодочку помещали навеску **X** и проводили нагревание в токе различных газов в течение нескольких часов. Изменение массы лодочки фиксировали. Результаты опытов приведены в таблице.



Номер опыта	Условия опыта	$\Delta (m)$ – потеря массы вещества в лодочке (% от $m(X)$ )	Наблюдения
1	Ar, 300°C	0	Никаких видимых изменений
2	O <sub>2</sub> , 300°C	82.45	Выделение фиолетовых паров, зеленый порошок в лодочке
3	H <sub>2</sub> , 300°C	29.33	Выделение фиолетовых паров, красно-коричневый порошок в лодочке
4	Cl <sub>2</sub> , 300°C	63.39	Выделение фиолетовых паров, фиолетовый порошок в лодочке
5	Cl <sub>2</sub> , 1150°C	100	Выделение фиолетовых паров, фиолетовые чешуйчатые кристаллы на стенках реактора
6	Ar, 500°C	29.33	Выделение фиолетовых паров, красно-коричневые кристаллы в лодочке
7	Ar, 1100°C	88.0	Выделение фиолетовых паров, мелкие блестящие кристаллы в лодочке

**Задания:**

1. Определите вещество **X**, запишите уравнения реакций, подтвердив их

расчетом потери массы ( $\Delta m$ ) вещества в лодочке (% от массы  $X$ ).

2. Приведите уравнения реакций взаимодействия водного раствора  $X$  с водным раствором гидрокарбоната натрия (*реакция 1*), щелочным раствором гипохлорита натрия (*реакция 2*).

### Задача 9-2

*Да здравствует мыло душистое, и полотенце пушистое!*

*К. Чуковский, «Мойдодыр», 1921 г.*

Установлено, что моющая способность мыла и других моющих средств зависит от жесткости используемой воды. Жесткостью воды называют суммарную концентрацию катионов, дающих нерастворимые осадки с солями высших жирных кислот, обладающих моющим действием.

#### **Задания:**

1. Жесткость в основном обусловлена присутствием гидрокарбонатов магния и кальция (так называемая карбонатная или временная жесткость). Твердое мыло имеет состав  $C_{17}H_{35}COONa$  (стеарат натрия). Образование нерастворимых солей является причиной плохого моющего действия мыла в жесткой воде. Напишите уравнения происходящих при этом реакций (два уравнения).

2. Временную жесткость воды устраняют несколькими способами:

1) кипячением воды (накипь в чайнике образуется именно в результате разложения солей жесткости).

2) пропусканием воды через ионообменник ( $Na^+Ion^-$ ) – твердый материал, способный участвовать в реакции обмена катиона, заменяющий ионы жесткости на эквивалентное количество  $Na^+$ .

3) Обработкой точно отмеренным количеством кальцинированной соды  $Na_2CO_3$ .

Приведите уравнения реакций, используемых для устранения жесткости по способам 1, 2 и 3 (всего 6 уравнений).

3. Для обеспечения моющего действия мыло должно иметь концентрацию не менее 0.001 моль/л, вода из-под крана содержит по 0.0025 моль/л гидрокарбонатов магния и кальция.

Пренебрегая изменением объема и массы раствора, определите объем, в котором кусок мыла массой 200 г способен обеспечить моющее действие:

1) воды из-под крана; 2) воды после кипячения, считая, что выход реакций разложения 80%.

4. В начале 20-го века мыло (стеарат натрия) получали при сплавлении  $NaOH$  с жирами животного происхождения. Составьте уравнение получения



1. Запишите уравнение автоионизации хлорида йода, и уравнения реакций *в ионном виде*, протекающих при добавлении хлорида алюминия и хлорида калия.

Бесцветные хлориды **A**, **B** и **B** (массовые доли хлора: 54.4 %, 85.1 %, 60.7 % по массе соответственно), взятые в равных количествах (по 0.001 моль), были растворены в равных порциях  $\text{ICl}$  (по 100 г). При этом, согласно результатам измерения электропроводностей каждой из проб, количество ионов в пробе с веществом **A** в 1.5 раза больше, чем в пробе с **B**.

2. Определите формулы хлоридов **A**, **B** и **B**. Запишите уравнения реакций **B** и **A** с хлоридом йода *в ионном виде*. Плотность паров **A** больше 9 г/л при н. у.

3. Для пробы с веществом **B** известно, что количество свободных ионов в ней равно таковому в пробе с веществом **B**. Однако в случае вещества **B** теоретически возможно два направления диссоциации в  $\text{ICl}$ . Запишите обе реакции **B** с  $\text{ICl}$  *в ионном виде*, а также нарисуйте структурные формулы (с учетом пространственного расположения атомов) ионов в возможных продуктах. Укажите геометрическую форму каждой частицы.

При постепенном добавлении к раствору **B** раствора **A** электропроводность сначала уменьшалась, а затем вновь стала увеличиваться.

4. Исходя из этих данных, определите, какая из двух предложенных Вами реакций из п. 3 идет в действительности. Приведите сокращенное *ионное* уравнение реакции, объясняющее уменьшение электропроводности при сливании растворов **A** и **B**.

5. Какой объем раствора **A** необходимо добавить к раствору **B** для достижения минимума электропроводности? Рассчитайте концентрацию (в моль/л) катиона, присутствующего в растворе в заметных количествах при достижении минимальной электропроводности. Плотность каждого из растворов равна 3.24 г/мл.

#### Задача 9-4

На уроке зельеварения профессор Северус Снег показал первокурсникам несколько волшебных опытов. На столе у него стояло три колбы, на первый взгляд, с одинаковыми, бесцветными жидкостями. Профессор осторожно взял в руки пипетку и капнул поочередно в каждую колбочку небольшое количество жидкости голубого цвета (раствора вещества **A**). *В первой колбе* жидкость помутнела, потом дно покрылось толстым слоем зелёного осадка (*реакция 1*). Чудеса! *Во второй колбе* все зашипело, забурлило, и из горлышка повалила пена

(*реакция 2*). Раствор в третьей колбе остался прозрачным, но цвет стал ядовито-травяного оттенка (*реакция 3*). Вот это да! – вскрикнули удивленно Рон и Гарри. Никто не понимал, что же было в колбах, кроме, конечно, Гермионы.

После урока друзья решили узнать у Гермионы, что же такое добавлял профессор, и, что находилось в колбах. Гермиона хотела, чтобы ее друзья лучше узнали химию, и поэтому начала говорить загадками.

Голубой раствор вещества **A** можно получить растворением в воде природного минерала синего цвета, содержащего катион металла **X**. Металл **X** имеет желто-красный цвет. При прокаливании минерала цвет его бледнеет и получается вещество белого цвета (**Y**) (*реакция 4a*). Потеря массы составляет 36.1%. При прокаливании вещества **Y** при более высокой температуре образуется черное твердое вещество (**Z<sub>1</sub>**) и выделяются два газа: резкопахнувший **Z<sub>2</sub>** и газ **Z<sub>3</sub>**, составляющий 21 % в воздухе (*реакция 4б*)

Содержимое *первой колбы* можно получить, пропуская газ **B** с плотностью 1.964 г/л (н. у.) через избыток раствора гидроксида натрия (*реакция 5*).

Содержимое *второй колбы* в лаборатории можно получить действием серной кислоты на бинарное вещество **D** (*реакция 6*), которое содержит 18.93% кислорода. Туда же необходимо добавить секретный ингредиент, обладающий сильным запахом, который окрашивает растворы солей **X** в фиолетовый цвет, иначе опыт не получится.

В *третьей колбе* находится насыщенный раствор вещества **C**. Вещество **C** можно получить действием концентрированной  $H_2SO_4$  («купоросного масла») на твердый хлорид натрия (*реакция 7*).

Друзья обрадовались, когда узнали, что то, что показывал профессор, вовсе не магия, а химия, и придумали своё «маленькое чудо». Для этого в аптеке они купили фиолетово-черный порошок **E** (сегодня его уже не купишь), при растворении которого в воде получили фиолетовый раствор **E**.

В первую пробирку они поместили то же самое вещество, что было у профессора *во второй колбе*. При добавлении небольшого количества раствора **E** в пробирку все зашипело (*реакция 8*), и потом забурлило и вспенилось (*реакция 9*).

Во *вторую пробирку* поместили продукт пропускания сернистого ангидрида через раствор, содержащий большой избыток гидроксида калия (*реакция 10*). При добавлении раствора **E** раствор во второй пробирке стал ядовито зеленым (*реакция 11*).

Затем они капнули раствор **E** в *третью пробирку*, в которой находилась жидкость, полученная при пропускании эквимольной смеси оксидов азота

(плотность по воздуху 1.310) через раствор гидроксида калия до нейтральной среды (*реакция 12*). В пробирке вдруг появилась «почва» (*реакция 13*).

**Задания:**

1. Определите формулу вещества **A** и содержимое каждой из трех колб. Подтвердите расчетом. Напишите уравнения реакций **1 – 7**.

2. Определите состав фиолетово-черного порошка **E**, а также содержимое трех пробирок, которые понадобились друзьям для проведения своего «маленького чуда». Приведите расчеты. Запишите уравнения реакций **8 - 13**.

**Задача 9-5**

**Огонь и лёд**

В 60-х годах XX века произошёл один удивительный случай. На одном из газопроводов в США закупорило трубы. Когда их вскрыли, оказалось, что они забиты снегом. Дело было летом, трубы лежали на поверхности, и казалось непостижимым, что водяные пары (а они всегда содержатся в газе) могли конденсироваться и замерзнуть при 20 ° тепла. Позже установили, что причина этого явления – способность воды давать с различными веществами соединения, называемые клатратами.

Типичным примером клатратов является гидрат метана  $x\text{CH}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ . Этот гидрат считается потенциальным источником топлива в будущем. По оценкам учёных, содержание гидрата метана в земной коре может достигать  $10^{15}$  т.

Для того, чтобы определить формулу гидрата метана, 10.00 г образца вещества сожгли (*реакция 1*) в избытке кислорода в герметичном сосуде. После завершения реакции и охлаждения, в сосуде оказалось 11.67 г воды и газ. Полученный газ пропустили через известковую воду (*реакция 2*), при этом выпал осадок массой 8.37 г.

**Задания:**

1. Запишите уравнения реакций (1), (2). Определите молекулярную формулу гидрата метана, если его молярная масса составляет 956 г/моль. Рассчитайте процентное содержание по массе метана в гидрате.

Кристаллическую структуру гидрата метана можно представить как бесконечно повторяющиеся в пространстве кубики (элементарные ячейки) со стороной 1.2 нм. В состав одного такого кубика входят  $x$  молекул метана и  $y$  молекул воды.

2. Используя длину ребра и массу элементарной ячейки, определите плотность гидрата метана. (Используйте значения  $x$  и  $y$  из пункта 1). Сколько литров метана (298 К, 1 атм) выделится при плавлении одного литра гидрата?

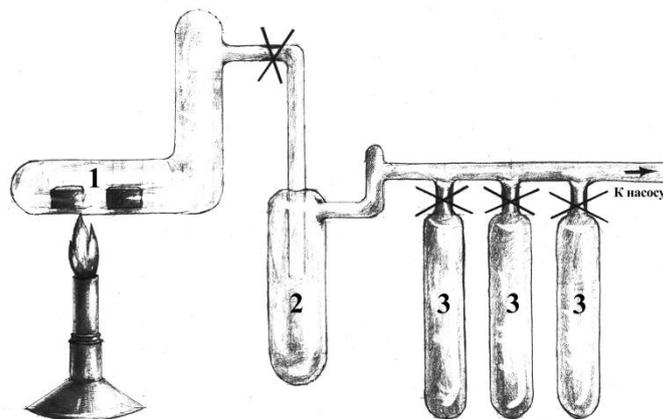
При сжигании 1 моль  $x\text{CH}_4 \times y\text{H}_2\text{O}$  в избытке кислорода при температуре 298 К выделяется 6690.4 кДж теплоты.

3. Используя приведённые ниже данные, определите теплоту образования  $x\text{CH}_4 \times y\text{H}_2\text{O}$ :

а) из простых веществ; б) из метана и воды.

Вещество	$\text{CH}_4$ (газ)	$\text{H}_2\text{O}$ (ж)	$\text{CO}_2$ (газ)
$Q_{\text{обр}}$ , кДж/моль	74.8	285.8	393.5

4. Гидрат метана труднодоступен, его залежи находятся в глубинах Мирового океана и на суше под слоем вечной мерзлоты на глубинах от 500 м до 10 км. Если предположить, что в результате природных катаклизмов земная кора сильно нагреется и весь гидрат, содержащийся в ней, растает, то сколько метана (в объёмных %) будет содержать земная атмосфера? Масса атмосферы равна  $5.1 \cdot 10^{18}$  кг.

*Десятый класс*Задача 10-1

Для получения простого вещества **X** можно использовать следующий метод. Вещество **A** оранжевого цвета перемешивается с порошком металла **B**. (Хотя согласно уравнению реакции для получения 1.00 г **X** необходимо 1.81 г **A** и 0.69 г **B**, на практике используется двадцатикратный избыток **B**). Полученная смесь спрессовывается в палочки, которые нагревают до 400 °С в приборе, представляющем собой кварцевую трубку **1**, соединенную с охлаждаемой ловушкой **2**, ампулами для сбора продукта **3** и высоковакуумным насосом. Все части прибора соединяются путем спаивания без использования шлифов. Реакция **A** и **B** сопровождается повышением температуры в трубке до 600 °С. Пары выделяющегося в ходе реакции вещества **X** конденсируются в ловушке, а также на холодных частях соединительных трубок в виде зеркального налета, который необходимо удалять путем нагревания. Когда в кварцевой трубке больше не остается жидкости, нагревание прекращают и отпаивают кварцевую трубку от ловушки, не отключая вакуумный насос, а затем отгоняют продукт из ловушки в ампулы. Заполненные веществом **X** ампулы отпаивают и хранят до использования. (Места отпайки обозначены крестами на рисунке).

**Задания:**

**1.** Не производя вычислений, ответьте, для получения простых веществ какой группы предназначена вышеописанная установка. Ответ обоснуйте.

После окончания реакции в трубке остаются два оксида и избыток непрореагировавшего **B**. В индивидуальном состоянии один из этих оксидов представляет собой зеленый, а другой белый порошок.

**2.** Определите формулы всех зашифрованных соединений, запишите уравнение реакции.

Большой избыток **B** позволяет избежать побочной реакции, приводящей к загрязнению продукта.

3. Запишите уравнения реакций, приводящих к загрязнению продукта, одна из которых протекает в кварцевой трубке, а другая – в приемнике. Почему это загрязнение не удастся полностью устранить путем перегонки?

Чистое вещество **X** используется, например, для получения соединения **Y** в реакции с сурьмой.

4. Запишите уравнение этой реакции. На каком свойстве вещества **Y**, возникающем под действием электромагнитного излучения, основано его основное применение? Это свойство присуще и веществу **X**.

### Задача 10-2

Элемент **X** образует высшие галогениды **A**, **B**, **B**. В лаборатории чистый газообразный **A** синтезируют из органической соли **Г**, содержащей 37.55 % **C**, 2.62 % **H** в своем составе. При ее разложении образуется органическое вещество **Д** и смесь **A** с некоторым химически инертным газом **Y** в соотношении 1:1, которая при 300 К и 1 атм имеет плотность 1.946 г/л ( $\rho_1$ ) (*реакция 1*). После пропускания этой смеси через воду плотность уменьшается до 1.138 г/л ( $\rho_2$ ) (при той же температуре и давлении) (*реакция 2*).

Приведенный способ, тем не менее, не является наиболее часто используемым: чаще всего для получения **A** используют реакцию оксида элемента **X** с минералом **Z** и концентрированной серной кислотой (*реакция 3*).

Для получения в лаборатории газообразного **B** и жидкого **B** достаточно провести обменную реакцию **A** с соответствующим галогенидом алюминия (*реакции 4 и 5*). В промышленности **B** получают галогенированием оксида элемента **X** в присутствии угля (*реакция 6*).

При смешивании между собой **A**, **B** и **B** легко вступают в обменные реакции, причем в смеси быстро устанавливается равновесие. На первой стадии при этом образуется интермедиат (промежуточное вещество с коротким временем жизни, образующееся в ходе химической реакции и затем реагирующие далее до продуктов реакции). Движущим механизмом образования интермедиата является то, что все эти соединения – кислоты Льюиса (кислота Льюиса – соединение, один из атомов в молекуле которого имеет незанятую электронную орбиталь).

#### **Задания:**

1. Определите соединения **A** – **Д**, газ **Y**, минерал **Z**. Приведите расчеты, проведенные Вами в ходе установления формул веществ. Назовите минерал **Z**.

2. Запишите уравнения *реакций 1 – 6*.

3. Предположите строение промежуточного соединения в реакциях обмена между **A** и **B**.

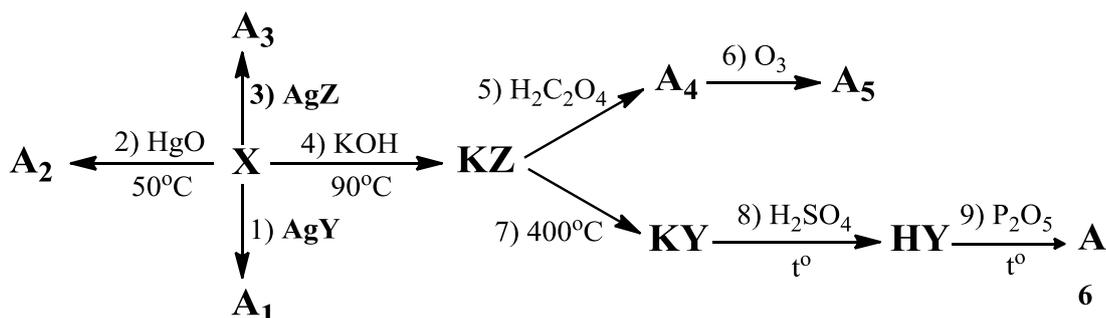
4. Предложите исходные вещества для синтеза четвертого, не упомянутого в задаче, высшего галогенида **X**. Запишите соответствующее уравнение реакции.

Существуют и иные галогениды **X**. Например, хлорид **E**, молекула которого состоит из 8 атомов, представляет собой светлое желто-зеленое вещество. **E** вступает в ряд интересных реакций: с  $(\text{CH}_3)_3\text{SnH}$  (восстановитель) **E** дает водородное соединение **Ж** (81.10% **X** по массе), которое содержит столько же атомов **X** в молекуле, сколько и **E**. А при реакции с трет-бутиллитием **E** дает стеклообразный **З**, содержащий такое же число атомов **X** в молекуле. **З** имеет тетраэдрическую симметрию.

5. Определите галогенид **E**, вещества **Ж** и **З**. Приведите структурную формулу **З**.

### Задача 10-3

Бинарные соединения  $\text{A}_n$ , элементов (1) и (2) получают в соответствии с представленной схемой:



Информация о разности массовых долей элементов (1) и (2) в их составе, а также о некоторых физических свойствах приведена в таблице:

Вещество	$\text{A}_1$	$\text{A}_2$	$\text{A}_3$	$\text{A}_4$	$\text{A}_5$	$\text{A}_6$
$\omega_1 - \omega_2, \%$	5.2	63.2	19.3	5.2	-15.0	-22.4
Свойства	св.-жёлт. жидкость	жёлтый газ	неустойчив	жёлтый газ	красно-бур. жидкость	бесцв. жидкость

### **Задания:**

1. Определите вещества  $\text{A}_1 - \text{A}_6$ . Изобразите структурные формулы веществ  $\text{A}_1 - \text{A}_6$ . Напишите уравнения всех реакций, представленных на схеме (9 реакций).

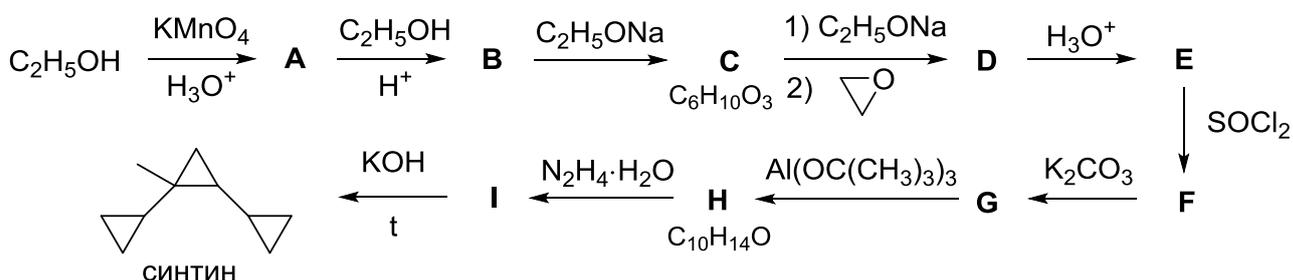
2. При получении вещества **KY** необходимо тщательно очистить **KZ** от возможных примесей. Приведите уравнение побочной реакции, происходящей при разложении **KZ**.

3. Составьте уравнение реакции, протекающей между  $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$  и  $\text{A}_4$ .

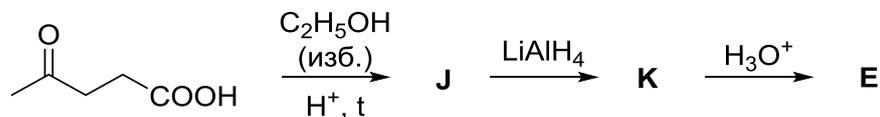
**Задача 10-4**

В 1960 г. советскими учеными в качестве высокоэнергетического ракетного топлива был разработан **синтин** – 1-метил-1,2-дициклопропилциклопропан. В 1980–1990-х гг. он использовался как топливо в ракете-носителе «Союз-У2», в разгонных блоках «ДМ» и двигателе корабля «Буран». На фоне других жидких ракетных топлив синтин выделяется большой удельной теплотой сгорания, высокой плотностью, текучестью и чрезвычайной химической стабильностью – его срок хранения практически неограничен. Однако после распада СССР из-за высокой стоимости его производство было прекращено.

Ниже приведена схема синтеза синтина из этанола:



Вещество **Е** может быть получено также из левулиновой кислоты, продукта переработки биомассы, по следующей схеме:

**Задания:**

1. Напишите структурные формулы соединений **А–К**, учитывая, что превращение **Г** в **Н** представляет собой альдольно-кетоновую конденсацию.

2. При использовании указанного метода синтеза синтин образуется в виде смеси изомеров в соотношении 56:44 с преобладанием *цис*-продукта, который менее стабилен, чем *транс*-изомер на 2.5 кДж/моль. Стандартная теплота образования этой смеси, использовавшейся в качестве топлива, равна -133.0 кДж/моль. Определите, чему равны стандартные теплоты образования каждого изомера синтина.

3. Запишите уравнение реакции сгорания синтина в кислороде. Определите мольный тепловой эффект сгорания синтина и количество теплоты, выделяющейся при сгорании 1 кг синтина, полученного по приведённой схеме.

Стандартные теплоты образования: газообразной воды: 241.8 кДж/моль, а углекислого газа: 393.5 кДж/моль. (Зависимостью теплоты образования от температуры следует пренебречь)

**Задача 10-5**

Энергия связи – это положительная величина, равная энергии, которую необходимо затратить на разрыв 1 моль связей данного типа. Как в этой задаче, так и во многих других расчетах, под энергией связи понимается средняя энергия разрыва всех связей данного типа в молекуле.

В термохимических расчётах, связанных с органическими реакциями, часто применяют приближение, согласно которому энергия связи C–X для какого-либо вида атомов X не отличается в различных соединениях. Это приближение часто оказывается оправданным.

Однако далеко не всегда такое приближение срабатывает для неорганических соединений. Так, энергия связи Cl–F в различных фторидах хлора сильно отличается: в ClF<sub>3</sub> она на 14.2 % больше, чем в ClF<sub>5</sub>, и на 31.2 % меньше, чем в ClF.

**Задания:**

1. Исходя из данных теплот реакций, определите средние энергии связи Cl–F в трёх фторидах хлора, а также энергию связи в молекуле F<sub>2</sub>.



2. Зная, что энергия связи в молекуле хлора равна 242.6 кДж/моль, определите теплоты образования трёх фторидов хлора.

При реакциях фтора с хлором при разных соотношениях реагентов получаются разные фториды хлора или их смеси. На выход каждого фторида влияют его термохимические характеристики.

3. Равновесный выход какого фторида хлора будет увеличиваться по сравнению с равновесными выходами других продуктов при увеличении температуры проведения реакции? Ответ объясните.

В сосуд объёмом 0.750 л поместили смесь хлора с фтором, которая при температуре 300 К создавала давление 1.502 бар. Смесь нагрели, подвергли облучению светом, после чего охладили до 280 К. Конечные давление и плотность при 280 К составили 0.788 бар и 2.781 г/л соответственно. Известно, что в конечном состоянии в сосуде содержалось 4 газообразных вещества, из которых одно – простое.

4. Определите, какое именно простое вещество содержалось в сосуде после опыта, если количество полученного ClF<sub>5</sub> меньше количеств других фторидов хлора. Ответ объясните. Определите количество этого простого вещества до и после опыта.

5. Определите количества всех сложных веществ в конечной смеси, если известно, что количество выделившейся за счёт химических процессов теплоты

равно 3.144 кДж. В решении приведите Ваши расчёты.

### **Одиннадцатый класс**

#### **Задача 11-1**

160 лет назад, в 1857 году, российским химиком Л.Н. Шишковым были синтезированы новые вещества **А** и **Б**. Шишковым **Б** получено реакцией **А** со смесью азотной и серной кислот (**реакция 1**). **А** может быть получено из кислоты **В** при ее декарбонизации.

Вещество **А** – одноосновная кислота средней силы ( $pK_a = 0.17$ ). 2.00 г **А** растворили в воде и объем раствора довели до 100.00 мл (**раствор 1**). Аликвоту полученного раствора **объемом 10.00 мл** оттитровали стандартизированным раствором гидроксида натрия, объем щелочи, пошедший на титрование, составил в среднем 4.69 мл. При этом на титрование 10.00 мл этого раствора гидроксида натрия пошло 20.99 мл соляной кислоты с концентрацией 0.1345 М.

#### **Задания:**

**1.** Определите концентрацию гидроксида натрия в растворе-титранте (далее в задаче для титрования используется этот раствор гидроксида натрия).

**2.** Вычислите молярную массу **А**.

**3.** Рассчитайте рН **раствора 1** и степень диссоциации кислоты в нём.

Вещество **Б** представляет собой бесцветную маслянистую жидкость (плотность 1.639 г/мл), которая кипит без разложения при температуре 125.7°C и давлении 101325 Па (плотность паров в этих условиях составляет 5.99 г/л).

При гидролизе 1.00 мл **Б** в 100 мл теплой воды образуется газ легче воздуха, а в растворе остается только азотная кислота (**реакция 2**). Объем этого раствора довели до 250 мл, на титрование аликвоты этого раствора объемом 10 мл пошло 4.74 мл стандартизированного раствора гидроксида натрия.

Вещество **Б** объемом 5.00 мл растворили в концентрированном растворе гидроксида калия (**реакция 3**), после завершения реакции объем полученного раствора довели до 250 мл (**раствор 2**).

К порции **раствора 2** объемом 5.00 мл добавили концентрированный раствор соляной кислоты. При этом выделялось большое количество газовой смеси бурого цвета (**реакции 4а и 4б**). Эта смесь при пропускании в баритовую воду дает белый растворимый в кислотах осадок, масса которого после просушки составляет 0.165 г.

Если к порции **раствора 2** добавить разбавленный раствор соляной кислоты до кислой среды, а затем избыток твердого йодида калия, то раствор приобретает интенсивную коричневую окраску (**реакция 5**). Из раствора при этом выделялся бесцветный бинарный газ с плотностью, близкой к плотности

воздуха.

4. Определите вещества **A** и **Б**, если известно, что **Б** состоит только из трех элементов. Состав подтвердите расчетом. Назовите эти вещества.

5. Запишите уравнения *реакций 1 – 5*.

6. Нарисуйте структурную формулу **B**.

Кислота **A** и анион кислоты  $A^-$  обладают интересной электронной структурой. Было выяснено, что существует два таутомера **A**, один из которых содержит внутримолекулярную водородную связь, и две резонансные структуры  $A^-$ .

7. Нарисуйте структурные формулы таутомеров **A** и резонансных структур  $A^-$ . Какие из них являются плоскими?

### Задача 11-2

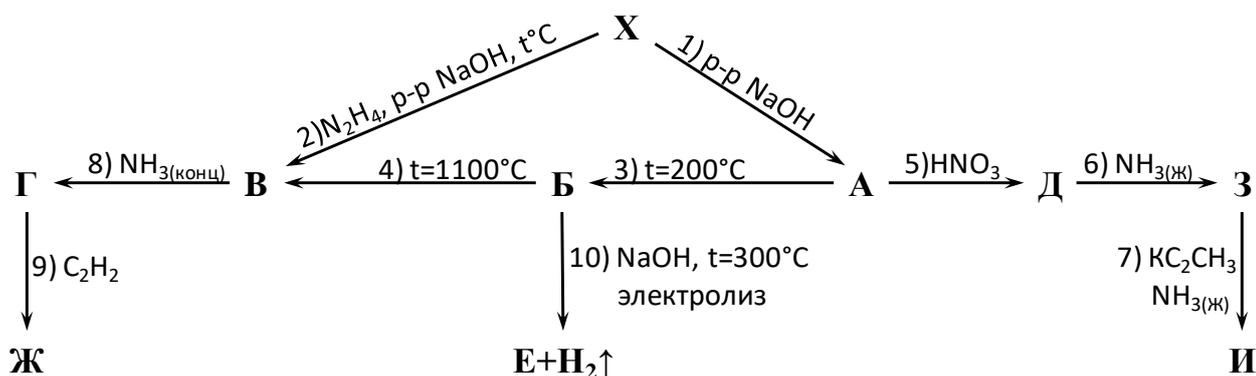
Минералы  $Y_1$ ,  $Y_2$  и  $Y_3$  состоят из четырёх одинаковых элементов и представляют собой прозрачные негигроскопичные кристаллы. При нагревании выше  $200^\circ\text{C}$  все они превращаются в вещество **X**, также встречающееся в природе в виде минерала. При растворении 10 г  $Y_1$  и 10 г  $Y_3$  в 100 г воды образуется раствор вещества **X** с массовой долей 10 %. Насыщенный при  $25^\circ\text{C}$  раствор вещества **X** можно приготовить, постепенно растворяя 26.75 г  $Y_2$  небольшими порциями в 100 г воды. При смешении получившегося раствора с избытком водного раствора хлорида бария образуется 29.125 г белого осадка, который не растворим ни в щелочах, ни в кислотах.  $Y_2$  можно получить из  $Y_1$  осторожным нагреванием до  $63^\circ\text{C}$ . При этом масса твёрдого остатка после этого составляет 85.60 % от исходной.

#### Задания:

1. Определите состав перечисленных в тексте задачи минералов.

2. Какую окраску имеют минералы  $Y_1 - Y_3$  и вещество **X**? Обоснуйте сделанное предположение.

Ниже приведена схема превращений, в которых принимает участие вещество **X**:



Вещества **А**, **Б**, **В** нерастворимы в воде. Вещество **Ж** после высушивания теряет 10.59 % своей массы и становятся склонными к детонации при незначительном нагревании или механическом воздействии. При взаимодействии 1.840 г вещества **З** с 1.126 г  $\text{KC}\equiv\text{CCH}_3$  раствор становится зеленым, а после удаления растворителя и некоторых продуктов реакции в вакууме, остается 0.738 г желтого **И**. При растворении 0.01 моль **Е** в разбавленной серной кислоте выделяется 112 мл (н. у.) бесцветного газа, поддерживающего горение.

3. Определите формулы веществ **Е**, **Ж**, **З** и **И**. Напишите уравнения всех упомянутых в схеме реакций (10 реакций).

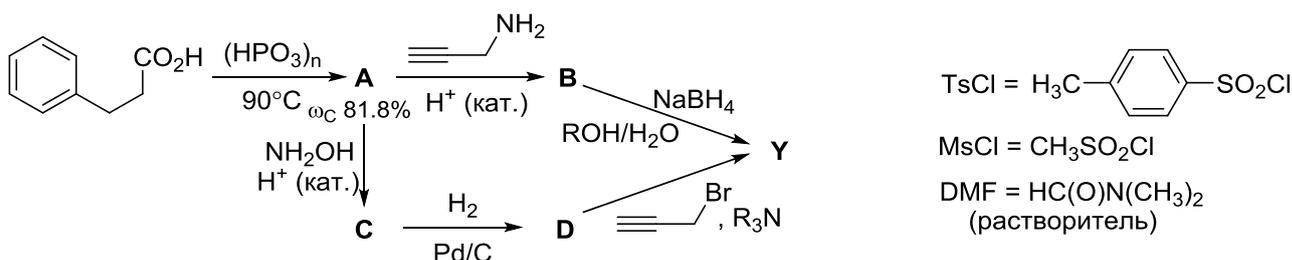
### Задача 11-3

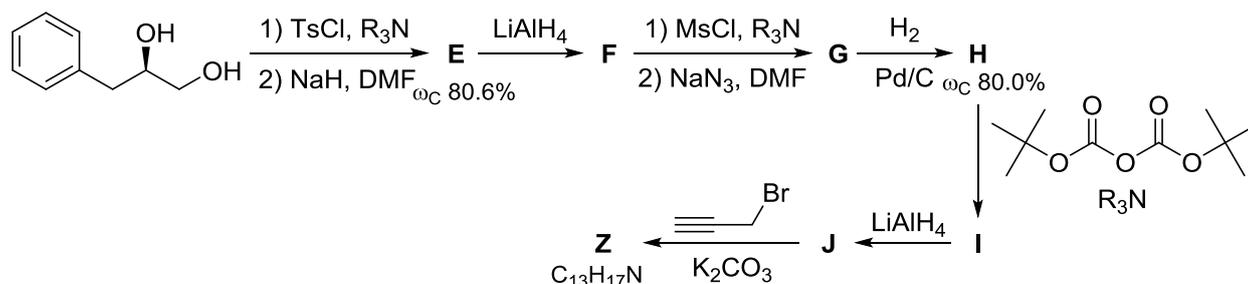
Болезнь Паркинсона является одним из наиболее распространённых неврологических заболеваний, которым страдает около 1 % людей старше 60 лет. Характерными симптомами этой болезни являются мышечная ригидность, тремор, низкая двигательная активность и др. Болезнь Паркинсона вызвана прогрессирующей гибелью нейронов, вырабатывающих нейромедиатор дофамин (2-(3,4-дигидроксифенил)этиламин). В настоящее время болезнь Паркинсона является неизлечимой, однако существует ряд лекарств, облегчающих её симптомы. Наиболее распространённым антипаркинсоническим препаратом является «леводопа», действующим веществом которого является *L*- $\alpha$ -аминокислота **Х**, которая в организме превращается в дофамин в результате реакции декарбоксилирования.

#### **Задания:**

1. Приведите структурные формулы дофамина и соединения **Х** (с указанием конфигурации хиральных центров).

Другим подходом к лечению болезни Паркинсона является использование препаратов, которые подавляют активность ферментов, расщепляющих дофамин. К таким препаратам относятся разагилин (**Y**) и селегилин (**Z**), ингибирующие фермент моноаминоксидазу типа Б (МАО-Б). Ниже приведены схемы синтеза этих соединений (для **Y** приведён синтез рацемической смеси энантиомеров).





2. Приведите структурные формулы соединений **A–J**, **Y** и **Z**. Для соединений **E–J** и **Z** укажите стереохимию хиральных центров (при отсутствии стереохимии каждая структура оценивается с понижающим коэффициентом).

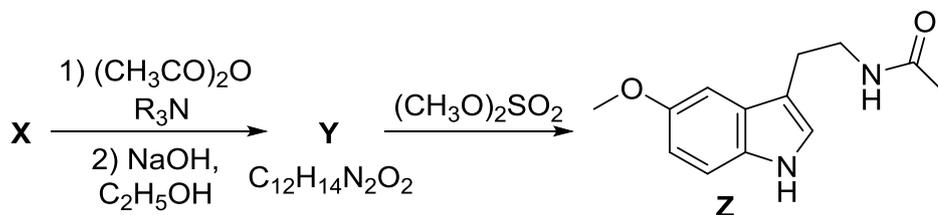
### Задача 11-4

#### Здоровый сон и отличное настроение

*Единство и борьба противоположностей*

*Ф.Энгельс, один из законов диалектики*

Регуляцию сна и биоритмов человека в зависимости от уровня освещённости обеспечивает заметное изменение концентрации гормона мелатонина (**Z**) в крови в течение суток. В организме человека мелатонин под действием ферментов синтезируется из серотонина (**X**), который в свою очередь образуется из аминокислоты триптофана в двухстадийном процессе под действием ферментов гидроксилазы и декарбоксилазы. Однако мелатонин может быть получен из серотонина и химическим путем по приведенной ниже схеме.



Серотонин является нейромедиатором и отвечает за многие функции в организме, в том числе за эмоции, познавательную активность, творческое мышление и двигательную систему. Дефицит серотонина приводит к появлению усталости и нарушает выработку мелатонина, что в свою очередь ухудшает качество сна. Для нормализации суточных ритмов мелатонин используется как лекарственный препарат и может приниматься в таблетках для облегчения засыпания и в качестве антидепрессанта.

#### Задания:

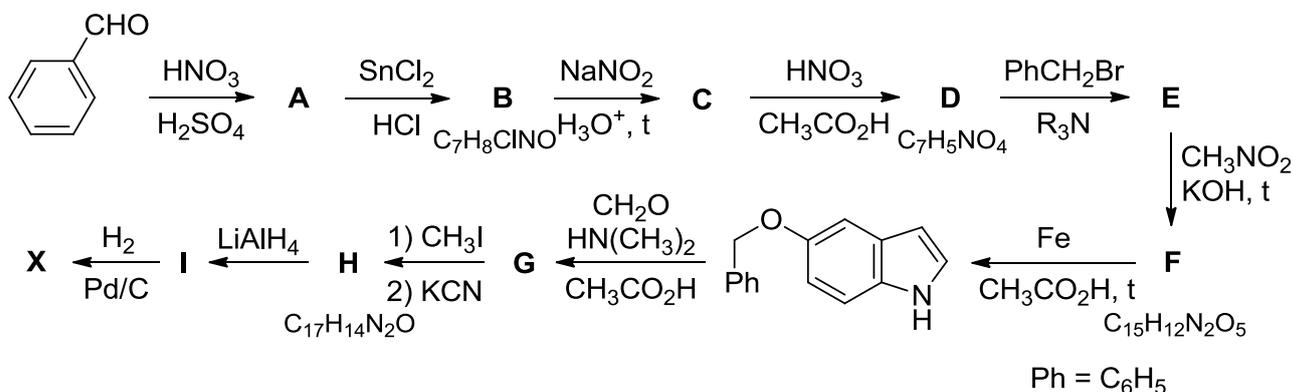
1. Какие вещества называют ферментами? Чем они отличаются от промышленных катализаторов?

2. Приведите структурные формулы серотонина **X** и вещества **Y**.

3. Превращение **X** в **Y** представляет собой двухстадийный процесс, по-

сколько при действии на **X** избытком уксусного ангидрида (что необходимо для обеспечения полной конверсии **X**) наряду с **Y** образуются и другие вещества, которые при обработке щелочью превращаются в **Y**. Приведите структурную формулу одного из таких побочных веществ.

Ниже представлена схема превращений, иллюстрирующая химический способ получения серотонина **X** из бензальдегида.



4. Известно, что стадия превращения **E** в **F** представляет собой разновидность альдольно-кратоновой конденсации, а **G** образуется в результате аминометилирования. Расшифруйте схему превращений и напишите структурные формулы продуктов **A–I**.

### Задача 11-5

Восстановление углекислого газа водородом – одна из самых изучаемых реакций в газовой фазе. Ее активно исследуют, надеясь уменьшить парниковый эффект углекислого газа и научиться производить дешевое топливо из воздуха. Для получения полезных продуктов реакции в относительно мягких условиях используют разнообразные гетерогенные катализаторы, например наночастицы платиновых металлов, нанесённые на инертную подложку.

В одном из экспериментов смесь CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>, взятых в различных соотношениях, нагревали в камере постоянного объема до 350 °С в присутствии Rh катализатора. Катализатор представлял собой кубики металла размером 37 нм, нанесенные на поверхность Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В этих условиях протекают только две конкурирующие реакции – одна с изменением числа молекул (продукт **I**), другая – без (продукт **II**).

#### **Задания:**

1. Напишите уравнения обеих реакций, если известно, что все продукты легче воздуха.

Некоторые результаты экспериментов представлены в таблице

№ эксп.	Температура, К	Начальное давление, атм		Давление через 5 мин, атм	
		$p_0(\text{CO}_2)$	$p_0(\text{H}_2)$	Общее	$p(\text{H}_2\text{O})$
1	623	0.20	1.00	1.08	0.16
2	623	0.20	1.50	1.52	
3	623	0.10	0.50	0.56	
4	663	0.20	1.00	0.90	

2. Селективность катализатора по отношению к продукту можно определить как долю реагента, превратившегося в этот продукт, от общего количества израсходованного реагента. Найдите парциальные давления продуктов **I** и **II** в первом опыте и рассчитайте селективность катализатора по отношению к **I**.

3. Определите кинетические порядки по реагентам в реакции 1, т. е. коэффициенты  $x$  и  $y$  в выражении для средней скорости реакции:

$$r = \frac{\Delta p_{\text{I}}}{\Delta t} = k p_{\text{CO}_2}^x p_{\text{H}_2}^y$$

Рассчитайте энергию активации реакции образования **I**.

4. При освещении селективность катализатора резко возрастает: скорость образования продукта **I** увеличивается в 10 раз при температуре 623 К, тогда как скорость образования продукта **II** практически не меняется. Оцените энергию активации фотокаталитической реакции образования **I**.

5. Механизм образования **I** можно описать упрощенной схемой:



Все стехиометрические коэффициенты указаны, не все реакции элементарны. Заполните пропущенные места (свободный активный центр на поверхности катализатора обозначьте (\*), любую частицу  $X$  на поверхности –  $X^*$ ).

6. Наночастицы катализатора приготовили из 12 мг кристаллогидрата хлорида родия  $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  и нанесли на оксид алюминия общей поверхностью  $10 \text{ м}^2$ . Рассчитайте удельную поверхность наночастиц родия (в  $\text{м}^2/\text{г}$ , поверхность соприкосновения с подложкой не учитывайте). Считая, что катализатор распределен по подложке равномерно, оцените, во сколько раз среднее расстояние между частицами катализатора на подложке больше размера самих частиц?

**Справочные данные:**

Плотность родия  $12.4 \text{ г}/\text{см}^3$ ; Уравнение Аррениуса:  $\ln k(T) = \text{const} - \frac{E_a}{RT}$