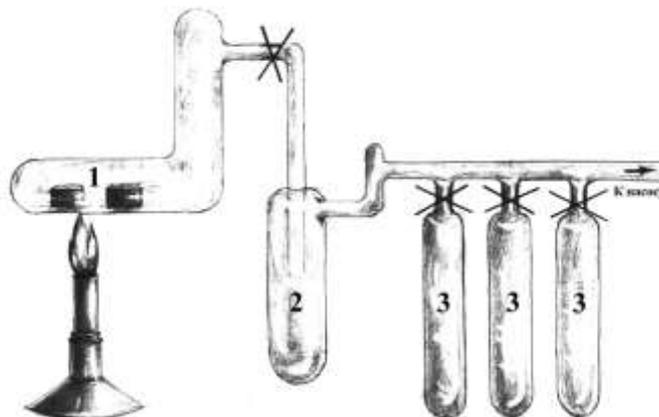


*Десятый класс*Задача 10-1

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).

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 **В** 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 **Х** используется, например, для получения соединения **У** в реакции с сурьмой.

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

### Задача 10-2

Элемент **Х** образует высшие галогениды **А**, **Б**, **В**. В лаборатории *чистый* газообразный **А** синтезируют из органической соли **Г**, содержащей 37,55 % **С**, 2,62% **Н** в своем составе. При ее разложении образуется органическое вещество **Д** и смесь **А** с некоторым химически инертным газом **У** 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 **А** используют реакцию оксида элемента **Х** с минералом **З** и концентрированной серной кислотой (*реакция 3*).

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

При смешивании между собой **А**, **Б** и **В** 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 которого является то, что все эти соединения – кислоты Льюиса (кислота Льюиса – соединение, один из атомов в молекуле которого имеет незанятую электронную орбиталь).

**Вопросы:**

1. Определите соединения **A** – **D**, 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**.

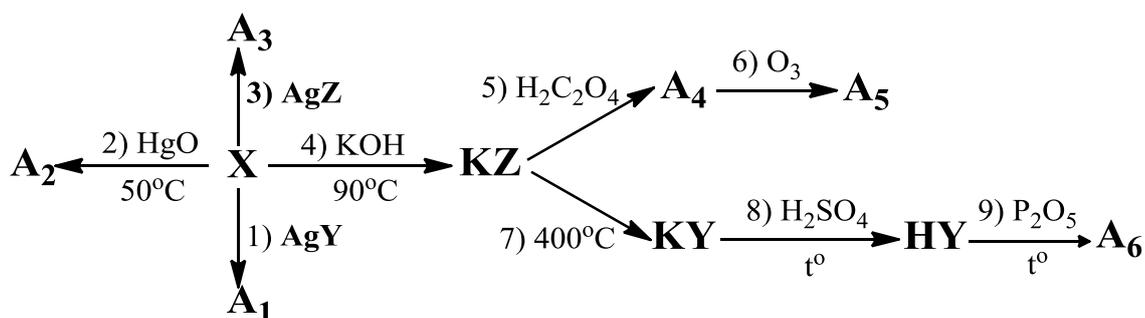
4. Предложите исходные вещества для синтеза четвертого, не упомянутого в задаче высшего галогенида **X**. Запишите соответствующее уравнение реакции.

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	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
$\omega_1 - \omega_2, \%$	5,2	63,2	19,3	5,2	-15	-22,4
Свойства	св.-жёлт. жидкость	жёлтый газ	неустойчив	жёлтый газ	красно- бур. жидкость	бесцв. жидкость

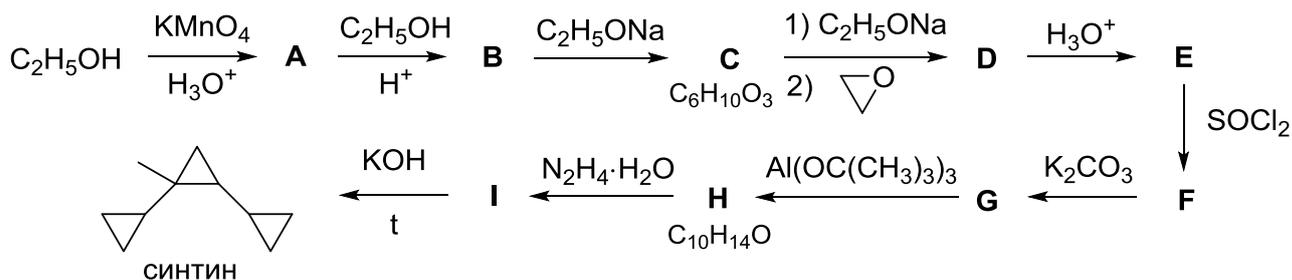
**Вопросы:**

1. Определите вещества  $A_1 - A_6$ . Изобразите структурные формулы веществ  $A_1 - A_6$ . 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  $Na_2[Pb(OH)_4]$  и  $A_4$ .

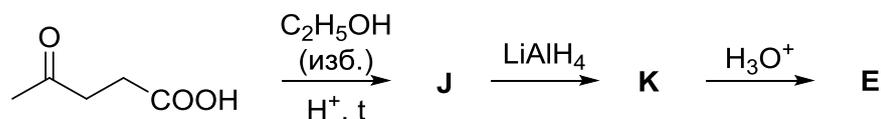
**Задача 10-4**

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



1. Напишите структурные формулы соединений **A–K**, учитывая, что превращение **G** в **H** представляет собой альдольно-кетоновую конденсацию.

2. При использовании указанного метода синтеза синтина 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

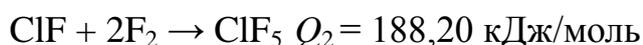
Энергия связи – это положительная величина, равная энергии, которую необходимо затратить на разрыв 1 моль связей данного типа. Как в этой задаче, так и во многих других расчетах, под энергией связи понимается средняя энергия разрыва всех связей данного типа в молекуле.

В термодимических расчётах, связанных с органическими реакциями,

часто применяют приближение, согласно которому энергия связи С–Х для какого-либо вида атомов Х 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.

**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 получают разные фториды хлора или их смеси. На выход каждого фторида влияют его термодимические 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.