

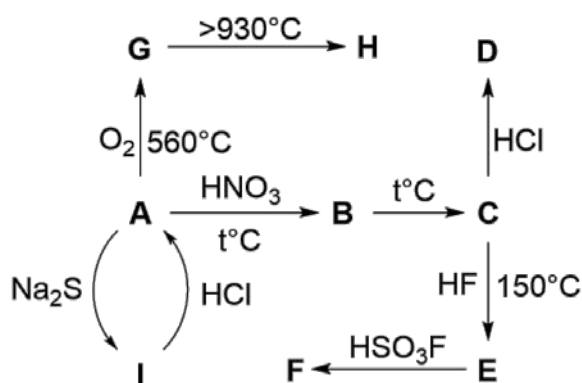
Задача 1. Согласно красивой средневековой легенде, однажды настоятель монастыря Василий Валентин, заметил, что свиньи существенно набирали в весе, если потребляли в пищу соединения элемента **X**. Он решил опробовать их действие на братьях-монахах. Однако затея не увенчалась успехом – служители монастыря начали быстро умирать. Это сказалось на современном названии элемента, которое буквально означает «против монахов».

Основной минерал данного элемента – бинарное соединение **A**, содержащее 71,68 % **X** по массе, – существует в двух модификациях: кристаллической форме тёмно-серого цвета и аморфной форме оранжевого цвета. В настоящее время **A** преимущественно используется в спичечной промышленности и при производстве микроэлектроники.

При обработке соединения **A** горячей концентрированной HNO_3 образуется гидрат **B** переменного состава (*реакция 1*). При нагревании он отщепляет воду, переходя в белое вещество **C** (*реакция 2*). Оно растворяется в концентрированной соляной кислоте с образованием сильной кислоты **D** (*реакция 3*), разлагающейся при разбавлении раствора. Вещество **E**, обладающее свойствами сильной кислоты Льюиса, может быть получено при взаимодействии **C** с фтороводородом при нагревании (*реакция 4*). При добавлении к **E** фторсульфоновой кислоты HSO_3F (*реакция 5*) образуется вещество **F**, обладающее крайне сильными кислотными свойствами ($\text{p}K_{\text{a}} = -20$).

При обжиге **A** на воздухе (*реакция 6*) выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий помутнение известковой воды, и образуется желтовато-белое вещество **G**. При дальнейшем прокаливании оно разлагается с образованием **H** (*реакция 7*), при этом масса уменьшается на 5,20 %. Дополнительно известно, что бинарные соединения **C**, **G** и **H** имеют одинаковый качественный состав и число атомов элемента **X** в формульных единицах.

Соединение **A** можно перевести в раствор действием сульфида натрия (*реакция 8*), при этом образуется вещество **I**, разрушающееся под действием разбавленной соляной кислоты (*реакция 9*) с образованием **A**.



1. Определите элемент **X** и приведите формулы соединений **A–H**. Формулу **A** подтвердите расчётом.
2. Напишите уравнения *реакций 1–9*.
3. Приведите тривиальное название вещества **F**.

Задача 2. В 1866 году французский химик Марселен Бертло опубликовал работу, в которой отметил, что при сильном нагревании вещество **A** превращается в смесь двух продуктов **B** и **X**: «Один летучий, обладающий свойствами и реакциями стирола..., другой почти неподвижный, смолоподобный». Спустя почти 60 лет реакция получения **B** из **A** в присутствии активированного угля была исследована двумя российскими химиками и в настоящий момент входит в базовый курс органической химии в школе.

Вещество **X** является первым примером необычного типа соединений, обладающих особыми физическими свойствами, отличными от обычных органических соединений. За синтез и исследование класса веществ, к которому относится **X**, впоследствии была присуждена Нобелевская премия по химии.

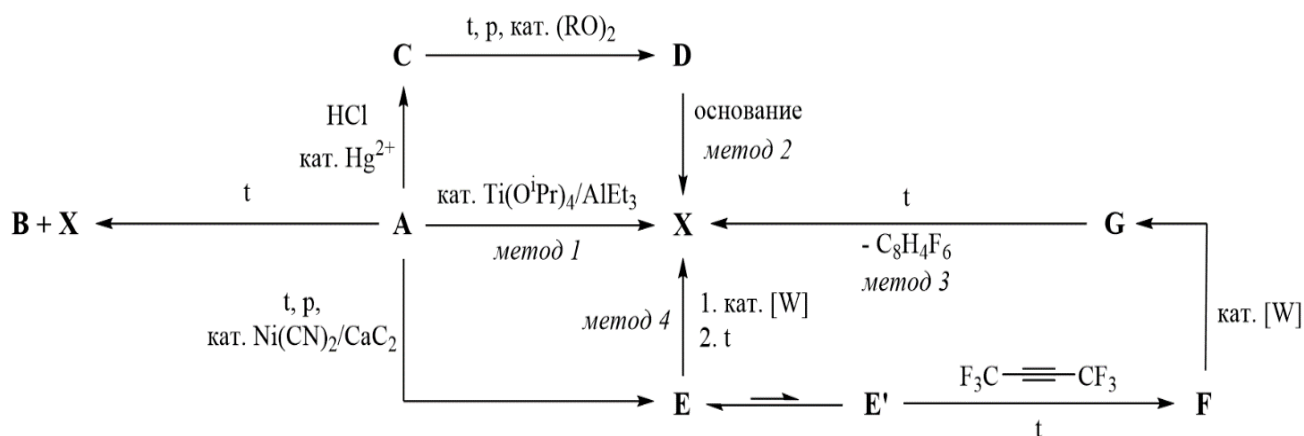
Для селективного получения **X** в разные годы использовали четыре основных метода:

1. Первым применяемым методом было получение **X** из **A** с помощью каталитической системы на основе соединений титана и алюминия, разработанной двумя Нобелевскими лауреатами – Карлом Циглером и Джулио Наттой.

2. Альтернативным методом создания **X** является трёхстадийное превращение, подробно представленное на схеме ниже. Промежуточный продукт **D** находит широкое применение в производстве пластика для оконных рам, перегородок, панелей и т. д.

3. Иной способ получения **X** начинается с симметричного моноциклического соединения **E**, легко получаемого из **A** в результате тетрамеризации на никелевом катализаторе. В результате нагревания в присутствии катализатора на основе вольфрама **E** превращается в целевой продукт **X**.

4. Соединение **E** существует в равновесии со своим бициклическим изомером **E'**, который легко вступает в реакцию с перфторбутином-2 с образованием продукта **F**, в молекуле которого присутствуют шести- и четырёхчленный циклы, объединённые общим ребром. Механизм этого превращения аналогичен реакции Дильса-Альдера. Под действием каталитической системы на основе вольфрама, упомянутой в п. 3, вещество **E'** превращается в **G** в результате раскрытия наиболее напряжённого цикла. При нагревании **G** происходит отщепление ароматического соединения с формулой $C_8H_4F_6$.



1. Приведите структурные формулы неизвестных соединений **X**, **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **E'**, **F**, **G**. Дополнительно известно, что все они являются углеводородами или их галогенпроизводными. В соединениях **X**, **A**, **B**, **E**, **E'** массовая доля углерода одинакова и равна 92,31 %. Вещества **X**, **D** и **G** относятся к одному классу молекул, за открытие которых была присуждена Нобелевская премия.

2. Напишите уравнение реакции получения **B** из соединения **A** в присутствии активированного угля, исследованной двумя российскими химиками.

Задача 3. Основной задачей каждого химического синтеза является получение целевого вещества из минимального количества исходных веществ. Ниже описан один из вариантов производства синтетического полимера, объём выпуска которого достигает несколько миллионов тонн.

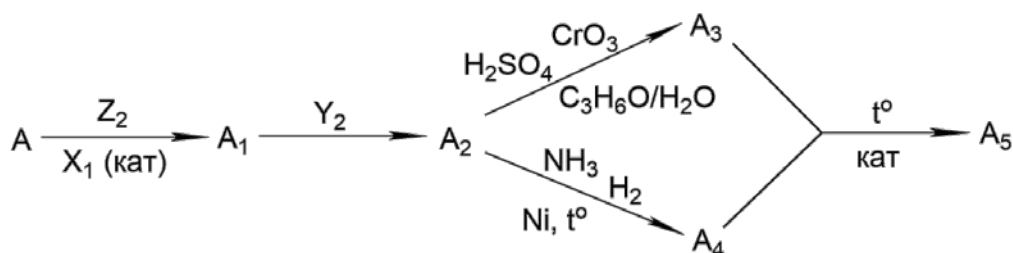
Для осуществления синтеза необходимо использование нескольких ключевых реагентов – X_1 , Y_2 и Z_2 :

1) Измельчённый редкоземельный металл X добавляют к кипящему раствору концентрированных серной и азотной кислот. При этом образуется бинарное соединение X_1 , в котором массовая доля кислорода составляет 25,18 % (реакция 1).

2) Твёрдое простое вещество Y чёрно-фиолетового цвета растворили в концентрированном растворе гидроксида натрия. При этом образовалось несколько веществ, в том числе и Y_1 (реакция 2), в котором степень окисления элемента Y равна +5. После очистки раствор Y_1 в результате двухстадийного процесса превращают в Y_2 , молярная масса которого на 8,085 % больше, чем у Y_1 .

3) Основной оксид активного металла Z , содержащий 10,435 % кислорода по массе, дополнительно окислили кислородом до Z_1 (реакция 3). К полученному веществу добавили серную кислоту до окончания формирования белого кристаллического осадка, нерастворимого в кислотах и щелочах, и вещества Z_2 (реакция 4).

Дополнительно известно, что исходным веществом является непредельный циклический углеводород A , а последняя стадия – совместная поликонденсация веществ A_3 и A_4 .



Массовые доли углерода в соединениях A , A_1 – A_5 приведены в таблице:

Вещество	A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$\omega(C)$, %	87,8	62,1	63,2	49,3	62,1	63,7

1. Определите вещества X , X_1 , Y , Y_1 , Y_2 , Z , Z_1 , Z_2 , A , A_1 – A_5 .
2. Назовите полимер A_5 .
3. Приведите уравнения реакций 1–4.

Задача 4. День Химика, зародившийся на химическом факультете в далёком 1965 году, и по сей день остаётся одним из наиболее ярких и любимых событий календарного года. Именно студенты предложили посвящать праздники элементам в таблице Менделеева. Первый из них прошёл под символом водорода H , а в текущем году в центре внимания будет элемент \mathcal{E} .

Прокаливание на воздухе простого вещества, образованного элементом \mathcal{E} , приводит к светло-жёлтому соединению A (реакция 1), массовая доля кислорода в котором равна 18,59 %.

1. Определите элемент \mathcal{E} и установите формулу вещества A .

При растворении простого вещества в соляной кислоте образуется бесцветный раствор хлорида B (реакция 2), действие на который гидроксида натрия приводит к выпадению осадка гидроксида B (реакция 3). При его окислении с помощью щелочного раствора гипохлорита натрия образуется осадок гидратированного оксида Γ (реакция 4), содержащего элемент в той же степени окисления, что и в A . Он полностью растворяется в соляной кислоте с выделением жёлто-зелёного газа и образованием вещества B в соотношении 1 : 2

(реакция 5). При упаривании раствора выпадает кристаллогидрат Д, содержащий 28,554 % хлора по массе. Прокаливание гидроксида В в инертной атмосфере позволяет получить оксид Е (реакция 6).

2. Расшифруйте соединения Б–Е, ответ подтвердите рассуждениями и/или расчётами.

Растворение А в даже горячей концентрированной азотной кислоте затруднено, зато Е растворяется в концентрированной азотной кислоте с образованием оранжевого раствора оксонитрата. Проведение подобной реакции в присутствии нитрата аммония позволяет выделить из раствора кристаллы комплексного соединения Ж, не содержащего кристаллизационной воды и на 52,54 % по массе состоящего из кислорода (реакция 7).

3. Определите состав соли Ж и координационное число атома Э в её анионе.

4. Приведите уравнения реакций 1–7.

Задача 5. Кристаллическое вещество Х тёмно-красного цвета, состоящее из атомов трёх химических элементов, разлагается при малейшем контакте с водой (реакция 1). В результате реакции навески Х массой 2,51 г получено 112 мл (н.у.) газа Г с относительной плотностью по водороду, равной 16. Образовавшийся зелёный раствор содержал кислоту А массой 0,4 г и её соли В и С в отношении 2 к 1. На полную нейтрализацию раствора понадобилось 11,2 г 10 % раствора едкого кали (реакция 2). При добавлении избытка реагента выпал зелёный осадок вещества Д (реакция 3), который отделили, высушили и прокалили (реакция 4). Полученное вещество Е массой 0,747 г, на 21,42 % по массе состоит из кислорода. Интересно, что раствор после отделения осадка содержал только соль В и избыток едкого кали.

1. Определите вещества А–Е. Ответ подтвердите расчётом.

2. Определите исходное вещество Х

3. Напишите уравнения реакций 1–4.

Задача 6. Полимер Х был совершенно случайно обнаружен в 1938 году, когда бинарное соединение А в течение долгого времени хранилось в баллоне под высоким давлением при низкой температуре (реакция 1). При внимательном осмотре внутри баллона обнаружили плёнку крайне химически устойчивого соединения Х. Оно не растворялось в воде, кислотах, щелочах, ацетоне, спирте и не горело даже в атмосфере чистого кислорода. Благодаря этим свойствам Х нашло широкое применение для изготовления покрытий.

Вещество А обладает куда большей химической активностью и при малейшем воздействии разлагается на чёрное простое вещество В и достаточно инертный газ С в соотношении 3 : 22 по массе (реакция 2). При сгорании вещества А в атмосфере кислорода образуется смесь двух газообразных веществ С и Д с плотностью по водороду 33 (реакция 3).

Синтез соединения А осуществляется следующим образом:

1. На первой стадии вещество Е вводят во взаимодействие с газообразным соединением F, при этом получают смесь, из которой впоследствии выделяют соединение А₁ (реакция 4).

2. После соединения А₁ подвергают пиролизу при 600 °С (реакция 5). Считается, что реакция пиролиза протекает через образование чрезвычайно реакционной частицы А₂, масса которой в 2 раза меньше соединения А.

Дополнительно известно:

- Газ F хорошо растворяется в воде с образованием кислоты, соли которой играют важную роль в формировании зубной эмали.

- Ненадлежащее хранение Е приводит к взаимодействию с кислородом и образованию чрезвычайно ядовитого газа G плотностью 4,415 г/л (н. у.) и хлороводорода в мольном соотношении 1 : 1 (реакция 6).

1. Определите соединения Х, А–G, А₁ и частицы А₂. Ответ подтвердите расчётом.

2. Напишите уравнения реакций 1–6.

3. Укажите побочные продукты взаимодействия Е и F