

## Десятый класс

### Задача 10-1

Тонко измельченную смесь широко распространенного в природе вещества (I) и серого порошка простого вещества (II) поместили в бокс с инертной атмосферой (аргон) и инициировали экзотермическую реакцию. Масса продуктов реакции оказалась равна массе исходных веществ. При хлорировании полученных продуктов отгоняется жидкость ( $t_{\text{кип.}} = 57\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), плотность паров которой **почти** в шесть раз превышает плотность воздуха. При добавлении продуктов взаимодействия I и II к соляной кислоте образуются газообразные продукты (количественные характеристики этих процессов приведены в таблице).

m (I), г	10	10	10	10	10	10	10	10
m (II), г	1	2	5	7	8	12	16	20
m жидкости, г	3,5	7,08	17,7	24,8	28,3	28,3	28,3	28,3
объем газов, л (н.у.)	0	0	0	0	0	1,87	3,73	7,47

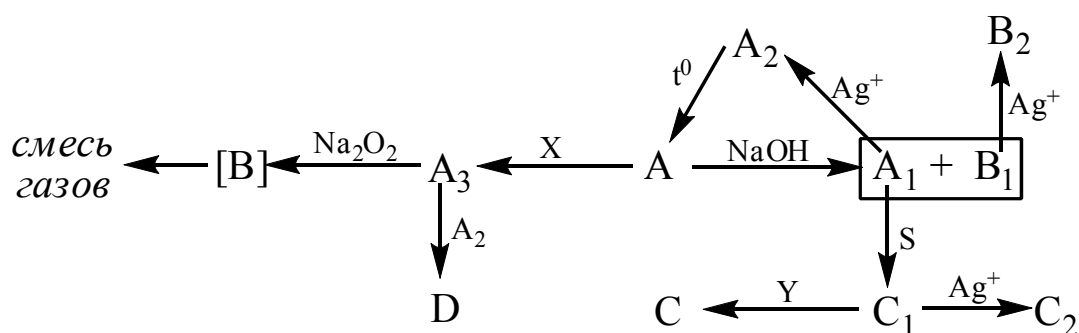
1. Установите состав летучего продукта хлорирования. Ответ подтвердите расчетами.
2. Установите состав веществ I и II (формулы). Ответ подтвердите расчетами (считать все реакции количественными).
3. Какие вещества образуются при взаимодействии I и II (уравнения двух реакций).
4. Напишите уравнения реакций хлорирования
5. Какое строение (рисунок с пояснениями) имеет летучий продукт хлорирования? Как меняются параметры межмолекулярного взаимодействия (температура кипения) в ряду хлоридов, образованных элементами этой группы таблицы Д.И.Менделеева. С каким параметром молекул коррелирует межмолекулярное взаимодействие?
6. Какие газы могут образоваться при взаимодействии продуктов прокаливания с соляной кислотой? (Уравнения реакций).

## Задача 10-2

*Человеческий разум в силу своей склонности легко предполагает в вещах больше порядка, чем находит. И в то время как многое в природе единично и совершенно не имеет себе подобия, он придумал параллели, соответствия и отношения, которых нет.*

*Фрэнсис Бэкон*

В известном издании Ф. Коттона и Дж. Уилкинсона [Современная неорганическая химия, М.: Мир, 1969], а также в ряде книг по неорганической химии проводятся аналогии между молекулами **A**, **B**, **C**, **D** и группой простых веществ, к которой принадлежат **X** и **Y**. Представленная схема отражает некоторые аспекты химии указанных молекул.



### Дополнительная информация:

- Простые вещества **X** и **Y** образованы атомами III и IV периода соответственно; **X** – газ, **Y** – жидкость (при ст.у.).
- **A<sub>2</sub>**, **B<sub>2</sub>** и **C<sub>2</sub>** плохо растворяются в воде; содержание серебра в их составе (в % по массе): 80,6, 72,0 и 65,0, соответственно.
- **[B]** неустойчив и разлагается с образованием смеси двух газов, имеющих плотность 1,25 г/л (н.у.).

### Вопросы

1. Определите вещества **X**, **Y**, **A**, **A<sub>2</sub>**, **A<sub>3</sub>**, **[B]**, **B<sub>2</sub>**, **C**, **C<sub>2</sub>** и **D**. Напишите уравнения всех реакций, (11 уравнений), упомянутых на схеме (в качестве вещества, содержащего  $\text{Ag}^+$  в уравнениях использовать  $\text{AgNO}_3$ ).
2. Составьте уравнения реакций разложения **B<sub>2</sub>** и **C<sub>2</sub>** при нагревании.
3. Соединения **A** и **D** гидролизуются разбавленным раствором  $\text{HCl}$  с образованием разных кислот. Напишите эти уравнения гидролиза.

### Задача 10-3

#### Разноцветные соединения металла

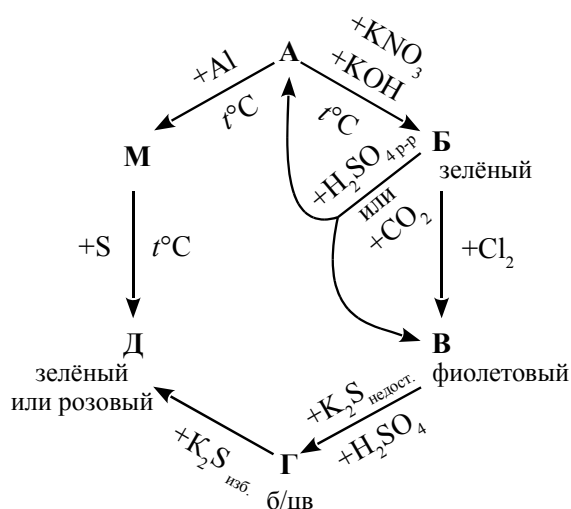
Учитель на занятиях химического кружка выставил перед учениками ряд стаканчиков с растворами и один бюкс с темно-коричневым (почти черным) порошком.

«В этих склянках находятся соединения одного и того же металла **М**, химические свойства которого мы сегодня будем изучать. Все реакции, о которых я расскажу изображены в виде схемы. Начнем с этого черно-коричневого порошка оксида **А**, в котором массовая доля металла составляет 63,2 %. В природе **А** встречается в виде минерала **Х**, являющегося основным источником для производства металла **М** и его соединений. Я нагревал **А** с нитратом и гидроксидом калия и в результате в расплаве идет реакция 1 образования зеленого вещества **Б**. Это не очень устойчивое при хранении вещество, так как склонно к интересной реакции, в которой степень окисления металла одновременно и увеличивается, и уменьшается. Особенно быстро этот процесс происходит, если в раствор продувать, например, углекислый газ (реакция 2) или просто прилить раствор кислоты (реакция 3)» С этими словами, учитель перелил немного раствора **Б** в пробирку и добавил несколько капель разбавленной серной кислоты – цвет раствора изменился на фиолетовый, такой же, как и раствор вещества **В**.

«В веществе **В** степень окисления металла **М** максимальная, поэтому в промышленности его получают обычно, продувая хлор в раствор соединения **Б** (реакция 4). Подобно **Б**, вещество **В** обладает сильными окислительными свойствами (особенно в кислой среде), а химики его прозвали **В** "хамелеон"». Учитель добавил несколько капель раствора серной кислоты и немного раствора сульфида калия к раствору **В**, в результате чего он обесцветился (реакция 5).

«Мы получили раствор соединения **Г**. Если к нему добавить избыток сульфида калия, то образуется осадок **Д** светло-розового цвета (реакция 6). Интересно, что при сплавлении металла **М** с серой тоже образуется **Д**, но зеленого цвета (реакция 7)».

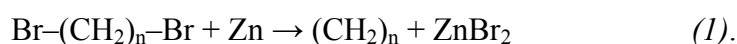
1. Определите металл **М** и вещества **А–Д**



2. Напишите уравнения реакций, обозначенные в тексте номерами 1–7.
3. Как называется минерал **X**, основным компонентом которого является оксид **A**?
4. К какому типу окислительно-восстановительных реакций относятся реакции 2 и 3?
5. Учитель забыл рассказать про реакцию **A**→**M**. Приведите ее уравнение. Как называется такой способ получения чистых металлов?
6. Почему **B** называют «хамелеоном»? Приведите уравнения реакций **B** с сульфитом калия в кислой ( $H_2SO_4$ ), нейтральной и сильнощелочной (KOH) средах (три уравнения) и опишите наблюдаемые изменения
7. Учитель назвал **B** сильным окислителем. Приведите уравнение реакции **B** с сульфитом калия в сернокислой среде.

### Задача 10-4

Для синтеза карбоциклических соединений нередко используется дегалогенирование  $\alpha,\omega$ -дигалогенидов под действием металла, например:



В этой реакции для одной и той же концентрации дибромида выход циклоалкана зависит от:

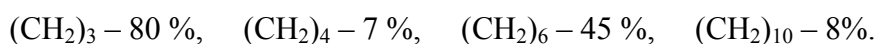
- a) величины напряжения в образующемся цикле;
- b) вероятности сближения реакционных концов дибромида для циклизации.

В отличие от циклогексана, для которого энергия напряжения равна 0, большинство циклоалканов характеризуются той или иной энергией напряжения. Ниже приведены величины энергии напряжения (ккал/моль) на одну  $CH_2$  группу для циклопропана, циклобутана и циклодекана:

**1,2; 6,5; 9,2**

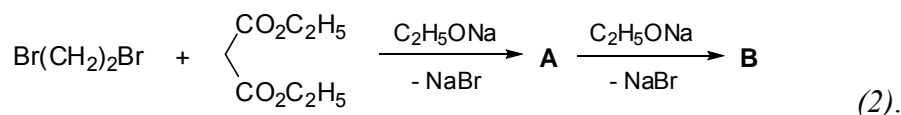
1. Соотнесите величины энергии напряжения с соответствующим циклоалканом.

Выходы циклоалканов по реакции 1 составляют:



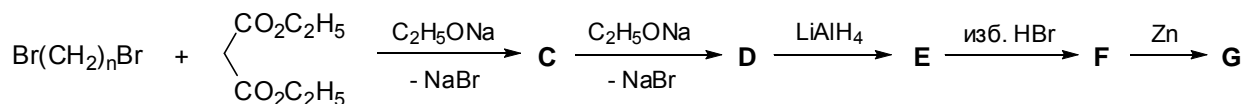
2. Укажите, какой из факторов (**a** или **b**) оказывает решающее влияние на выход продукта для синтеза каждого из следующих углеводородов: циклопропана, циклобутана и циклодекана.

Другой популярный способ получения циклических соединений – синтез с использованием малонового эфира, например:



3. Напишите структурные формулы **A** и **B**.

Реакции 1 и 2 были использованы в синтезе углеводорода **G**.



4. Напишите структурные формулы соединений **C–G** и укажите значение  $n$ , учитывая, что соединение **G** содержит три типа атомов водорода в соотношении 1 : 1 : 1.

### Задача 10-5

Юные химики Коля и Таня получали диоксид азота. Для этого они растворили кусочки меди в концентрированной азотной кислоте. Собрав выделившийся газ, они решили измерить его плотность. Оказалось, что при температуре 25.0 °C и давлении 1.00 бар плотность газа равна 3.130 г/л.

– Странно, – сказал Коля, задумчиво глядя то на калькулятор, то на колбу с газом.

– Что странно? – не поняла Таня.

– Плотность не сходится, – ответил Коля.

– С чем не сходится? – заинтересовалась Таня.

– С плотностью  $\text{NO}_2$ , – ответил Коля.

– А почему? – предсказуемо спросила Таня.

– То-то и оно – почему, – буркнул в ответ Коля.

– А может, мы газ плохо высушили? – предположила Таня.

– Во-первых, газ мы высушили хорошо, – ответил Коля. – А во-вторых, если бы в нём и была вода, это всё равно не помогло бы.

– А может, он с чем-то прореагировал? – не унималась Таня.

– Вот это, пожалуй, уже разумная мысль, – одобрительно посмотрев на Таню, сказал Коля.

– Вот только с чем?

– А давай мы его нагреем, чтобы реакция лучше пошла, – предложила Таня.

– Что значит лучше? – возразил Коля, но газ нагреть согласился.

К удивлению Коли и восторгу Тани, оказалось, что при температуре 35.0 °C и давлении 1.00 бар плотность газа стала равна 2.840 г/л.

– Ну вот, теперь вообще ничего не понятно, – сконфуженно признался Коля.

– А может...? – не сдавалась Таня.

– Не может, – подражая киноактёру, сказал Коля. – И вообще, хватит гадать. Давай просто посоветуемся с классиками, – предложил он, снимая с полки учебник. Через минуту друзья уже читали о свойствах  $\text{NO}_2$ .

– Ну вот, теперь всё ясно, – удовлетворённо произнёс Коля. Вот такая реакция протекает в колбе.

– Значит, мы зря плотность мерили? – обиделась Таня. – Ведь мы уже и так знаем, какие вещества содержатся в газе.

– Почему же зря? – возразил Коля. Зато теперь мы можем рассчитать состав газа и даже константу равновесия этой реакции.

– И нагревали тоже не зря? – попробовала съехидничать Таня.

– Конечно, не зря, – веско ответил Коля. С помощью этих данных мы можем рассчитать значения стандартных  $\Delta H^\circ$  и  $\Delta S^\circ$  этой реакции. – Вот, смотри и учись. И Коля начал уверенно заполнять лист бумаги формулами и расчётами.

– Коленька, какой же ты умный! – восторженно воскликнула Таня.

– Спасибо. Я это знаю, – скромно ответил Коля.

### **Вопросы**

1. Почему Коля сказал, что плотность газа не сходится с плотностью  $\text{NO}_2$ ? Какова должна была бы быть плотность  $\text{NO}_2$  при указанных условиях?

2. Почему Коля сказал, что если бы в газе была вода, это всё равно не помогло бы? Какова была бы (качественно) плотность  $\text{NO}_2$ , если бы в нём содержался водяной пар?

3. Какая реакция протекает в колбе? С чем реагирует  $\text{NO}_2$ ?

4. Вслед за Колей и Таней рассчитайте состав газа в колбе (в мольных долях), парциальные давления веществ и константы равновесия протекающей реакции при двух указанных температурах. Коля рекомендует рассчитывать константы равновесия, выраженные через парциальные давления веществ (в барах).

5. Рассчитайте стандартные энергии Гиббса протекающей реакции при двух указанных температурах. Коля рекомендует воспользоваться для этого формулой  $\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$  и взять значения констант, рассчитанные в предыдущем вопросе.

6. Не проводя расчётов, объясните, какой знак имеют стандартные  $\Delta H^\circ$  и  $\Delta S^\circ$  протекающей реакции (то есть укажите  $\Delta H^\circ > 0$ ,  $\Delta H^\circ < 0$  или  $\Delta H^\circ = 0$ , и, соответственно,  $\Delta S^\circ > 0$ ,  $\Delta S^\circ < 0$  или  $\Delta S^\circ = 0$ ). Вслед за Колей и Таней рассчитайте значения стандартных

$\Delta H^\circ$  и  $\Delta S^\circ$  протекающей реакции (считайте, что они не зависят от температуры). Коля рекомендует воспользоваться для этого формулой  $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ .