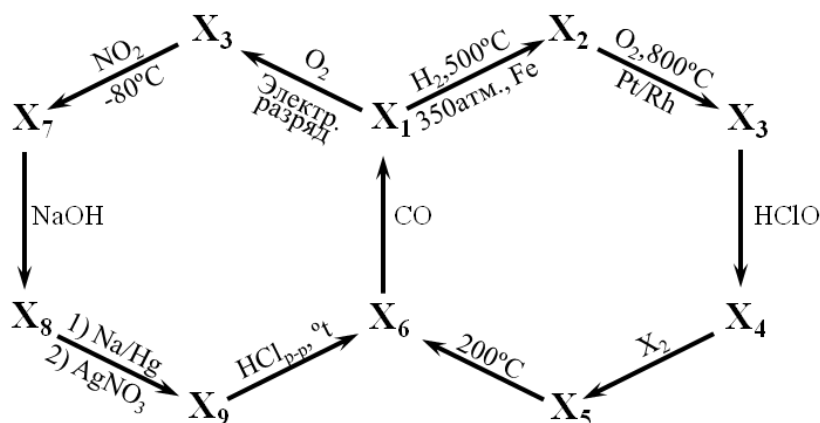


# ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### Задача 9-1

На предлагаемой Вашему вниманию схеме представлены превращения веществ  $X_1 - X_9$ , содержащих в своем составе один и тот же элемент.



В таблице приведены некоторые свойства части из представленных на схеме веществ.

Вещество	Окраска вещества при н.у.	Среда при растворении в воде	$T_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$
$X_1$	Не окрашено	Нейтральная	-210	-196
$X_2$	Не окрашено	Щелочная	-78	-33
$X_3$	Не окрашено	Нейтральная	-164	-152
$X_7$	Синяя	Кислая	-102	4,5

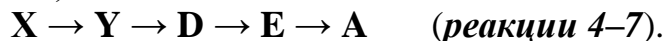
1. Установите формулы и названия веществ  $X_1 - X_9$ . Оценивается любое ОДНО из правильных названий каждого из веществ.
2. Напишите уравнения представленных на схеме реакций.

### Задача 9-2

Получение вещества  $X$  – широко используемого окислителя – рекомендуют проводить растворением оксида  $A$  (9,33 %  $O$ ) в безводной уксусной кислоте ( $CH_3COOH$ ) при температуре 30–40  $^\circ\text{C}$  при интенсивном перемешивании раствора (**реакция 1**). Вещество  $X$  чрезвычайно чувствительно к влаге, в присутствии которой в реакционной смеси тотчас выпадает черный осадок оксида  $B$  (**реакция 2**). Выбор оксида  $A$  для получения вещества  $X$  оправдан в связи с тем, что одновременно с солью  $X$  образуется соль  $Y$ , последняя связывает всю выделяющуюся в ходе реакции воду в кристаллогидрат  $Y \cdot 2H_2O$ , устойчивый ниже 45  $^\circ\text{C}$ . Кристаллогидрат соли  $Y$  растворим в безводной уксусной кислоте существенно лучше вещества  $X$ . Оно выпадает в осадок при охлаждении раствора. Для получения дополнительной порции целевого продукта после отделения осадка  $X$ , через оставшийся после реакции раствор  $Y$  в безводной уксусной кислоте (в присутствии какого-либо

водоотнимающего реагента) рекомендуют пропустить ток сухого хлора при 80°C до прекращения выпадения осадка, содержащего смесь **X** и **C** (*реакция 3*). При этом в реакционной смеси (по завершении выпадения осадка) не остается никаких веществ, кроме растворителя.

При нагревании **X** на воздухе происходит ряд превращений (указаны только твердые вещества):



Растворение соли **D** или оксида **E** в уксусной кислоте приводит к соли **Y**, причем в случае **D** процесс сопровождается выделением газа. (*реакции 8 и 9*).

При переходе **E** → **A** увеличение массы составляет 2,39 %.

Все неизвестные вещества содержат элемент **Z**.

### Вопросы:

1. Определите все неизвестные вещества, установите элемент **Z**. Ответ обоснуйте.

2. Определите вещества **A–E**, **X**, **Y**. Ответ обоснуйте, состав **A** и **E** подтвердите расчетом. Составьте уравнения всех реакций в описанной методике, а также превращений при нагревании **X**.

3. Предложите способ получения в одну стадию оксида **B** из: а) **A**, б) **Y**. (*реакции 10 и 11*).

4. Составьте уравнение взаимодействия **B** в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с:

а)  $\text{H}_2\text{O}_2$  (выделяется газ с резким запахом),

б)  $\text{MnSO}_4$  (изменение окраски раствора). (*реакции 12 и 13*).

5. Растворимость **C** при 25 °C в воде составляет 1,067 %, а при 100 °C 3,203%. Определите массу **C** и объем воды, которые необходимо взять для того, чтобы в результате однократной перекристаллизации получить 1,00 г вещества при охлаждении кипящего раствора до 25 °C.

### Задача 9-3

Для получения бесцветного газа **X** Крокодил Гена использовал следующий способ. Он взял из банки неизвестный серебристо–белый металл **Y**, предварительно очищенный от керосина, в котором он хранился, и сжег его на воздухе. Из 3,22 г **Y** при сжигании образовалось 5,46 г жёлтого порошка **Z**. Этот порошок Крокодил внес в холодную воду. Образовавшийся раствор он подкислил серной кислотой и добавлял к нему медленно по каплям разбавленный раствор перманганата калия. Выделился газ **X**. Гена легко написал схему реакции со всеми реагентами и правильными продуктами, но затем надолго задумался над расстановкой коэффициентов. В конце концов, он составил уравнение реакции, по которому из 5,46 г порошка **Z** и перманганата калия должно было получиться 4,704 л (н.у.) газа **X**. Однако реально он получил его в 3,5 раза меньше, чем ожидал.

Когда Чебурашка повторял этот опыт с друзьями в школе, он взял свежеприготовленный раствор свежеперекристаллизованного перманганата калия. У них газ сначала вообще не выделялся, а затем (через несколько минут

после смешения реагентов) реакция «пошла», но газа выделилось в 3 раза меньше, чем по расчету Гены.

Старуха Шапокляк, повторяя опыт Крокодила, сразу добавила побольше перманганата калия и пошла подглядывать за Чебурашкой, надолго оставив реакцию без присмотра. Интересно, что ее результат лучше всего приблизился к расчету, проведенному Крокодилем. Полученный ею газ занимал объем всего в 2 раза меньше, чем его должно было получиться в соответствии с уравнением Гены.

1. Установите неизвестные вещества **X**, **Y**, **Z**. Состав **Z** подтвердите расчетом. Напишите уравнение реакции горения металла **Y** на воздухе.
2. Используя данные задачи по объему выделившихся газов, запишите несколько вариантов уравнений реакций вещества **Z** с раствором перманганата калия в кислой среде:
  - реакции, выполненной Чебурашкой (со свежеприготовленным раствором свежеперекристаллизованного перманганата калия [уравнение 1]);
  - реакции, написанной и уравненной Крокодилем Геней [уравнение 2];
  - реакции, проведенной Крокодилем Геней [уравнение 3];
  - реакции, проведенной Старухой Шапокляк [уравнение 4].В каждом случае укажите вещество (вещества) – окислитель и вещество (вещества) – восстановитель.
3. Выскажите предположение, почему в реакции, которую проводил Чебурашка с друзьями, газ сначала не выделялся, а затем реакция «пошла».
4. Укажите условия реакции, необходимые для образования такого количества газа, как получила Старуха Шапокляк.

Примечание: Объемы всех газов приведены при н. у.

#### Задача 9-4

Некая неорганическая кислота образует три вида натриевых солей (**I** – **III**), кристаллизующихся из водного раствора. При нагревании до 500 °С они превращаются в три других соли (**IV** – **VI**), отличающихся количественным составом. Натриевые соли хорошо растворимы в воде, добавление к ним растворов солей серебра вызывает выпадение осадков, растворимых в 2 М растворе аммиака. Осадки, образующиеся при добавлении растворов солей бария, растворяются при действии 2 М раствора азотной кислоты. Соль **IV**, при прибавлении соли бария или серебра, образует слабую белую муть. А при обратном порядке смешивания устойчивое помутнение возникает при добавлении первых капель реагента.

Номер соли	Свойства				
	+ р-р AgNO <sub>3</sub> (недост.)	+ р-р Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (недост.)	$\Delta m$ , %*	рН водн. р-ра соли	Твердый остаток прокаливания
<b>I</b>	Желтый осадок	Белый осадок	34,62	слабо кислый рН~4,5	<b>IV</b>
<b>II</b>	Желтый осадок	Белый осадок	62,85	слабо щелочной рН~9	<b>V</b>
<b>III</b>	Желтый осадок	Белый осадок	56,84	щелочной рН~12	<b>VI</b>
<b>VI</b>	Желтый осадок	Белый осадок			
<b>V</b>	Белый осадок	Белый осадок			
<b>IV</b>	–	–			

\* $\Delta m$ , % – потеря массы при прокаливании твердых форм, кристаллизующихся из водных растворов

Определите состав исходных солей (**I – III**) и продуктов термического разложения (**IV – VI**). Ответ обоснуйте.

Напишите уравнения реакций: термического разложения (3 уравнения), осаждения нитратом серебра (4 уравнения) и растворения этих осадков в NH<sub>3</sub> (1 реакция); осаждения нитратом бария (4 реакции) и растворения этих осадков в HNO<sub>3</sub> (3 реакции). Всего 15 уравнений.

Нарисуйте геометрическое строение анионов солей **I – VI** и прокомментируйте Ваш рисунок.

### Задача 9-5

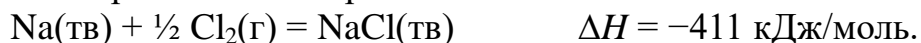
#### Энергия кристаллической решётки

Количественной мерой устойчивости кристалла является энергия кристаллической решётки, то есть энергия, которую необходимо затратить, чтобы превратить 1 моль твердого ионного соединения в газ, состоящий из ионов. Например, для хлорида натрия эта энергия равна энтальпии реакции



Энергию кристаллической решётки нельзя измерить экспериментально, но можно определить с помощью термохимического цикла, предложенного двумя нобелевскими лауреатами – немецким физиком М. Борном и немецким химиком Ф. Габером.

Энтальпию образования 1 моль хлорида натрия из твёрдого натрия и газообразного хлора можно измерить:



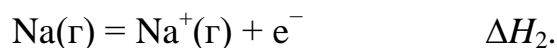
(Положительное значение энтальпии означает, что реакция эндотермическая, а отрицательное – что реакция экзотермическая.)

Используя цикл Борна–Габера, представим, что этот процесс протекает в пять стадий:

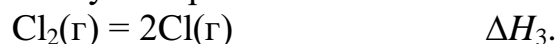
1. Превращение твёрдого натрия в газ:



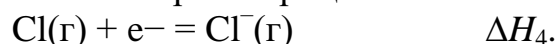
2. Превращение атомов натрия в положительные ионы:



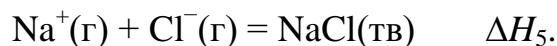
3. Диссоциация молекул хлора на атомы:



4. Превращение атомов хлора в отрицательные ионы:



5. Взаимодействие ионов натрия и хлора с образованием кристаллического NaCl:



### Задания

1. В правой колонке таблицы приведены значения  $\Delta H$  перечисленных реакций (в неверном порядке). Расположите значения  $\Delta H$  реакций в правильном порядке в левой колонке.

$\Delta H_1 =$		-349 кДж/моль
$\Delta H_2 =$	?	107 кДж/моль
$\Delta H_3 =$		244 кДж/моль
$\Delta H_4 =$		496 кДж/моль

Используя приведённые данные, рассчитайте энергию кристаллической решётки хлорида натрия.

2. Каков знак полученного значения энергии кристаллической решётки (положительный или отрицательный?) Почему? Объясните.

3. Качественно предскажите, как от энергии кристаллической решётки NaCl будут отличаться энергии решёток LiCl, KCl, NaF и NaBr (больше или меньше). Почему? Объясните.

4. Энергия кристаллической решётки хлорида магния равна 2524 кДж/моль. Объясните отличие этой величины от энергии решётки хлорида натрия.

5. Известны следующие энтальпии ионизации атомов натрия и магния:



Используя эти данные, предложите своё объяснение, почему не существует кристаллических а) NaCl<sub>2</sub> и б) MgCl.

6. Энтальпии гидратации ионов Na<sup>+</sup>(г) и Cl<sup>-</sup>(г) равны -406 кДж/моль и -377 кДж/моль соответственно.

а) Выделяется или поглощается теплота при растворении кристаллического хлорида натрия в воде? Ответ подтвердите расчётом энтальпии реакции растворения.

б) Сколько теплоты выделится (или поглотится) при растворении в воде 46.8 г кристаллического NaCl?

### Полезные знания

Энергия электростатического взаимодействия двух зарядов пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна расстоянию между ними.