

# Задания первого теоретического тура

## Девятый класс

### Задача 9-1

Электролит – один из важных компонентов аккумулятора. Раствор неорганической соли **X** в полярном апротонном растворителе часто используется в качестве электролита для литий-ионных аккумуляторов. Один из ионов соли **X** имеет октаэдрическую структуру и состоит из элементов малых периодов. Синтез **X** проводили по следующей схеме: бесцветная жидкость **A** реагирует с веществом **B**, образуя **C** и  $\text{HCl}$  (*р-ция 1*). Вещество **C** реагирует с желто-зелёным газом **D** в соотношении 1 к 1 с образованием **E** (*р-ция 2*). Далее **E** взаимодействует с **B** с образованием **F** и  $\text{HCl}$  (*р-ция 3*). На заключительной стадии синтеза **F** реагирует с малорастворимой солью лития **G** и при этом получается **X** (*р-ция 4*).

1. Назовите по 2 вещества, являющихся полярными апротонными растворителями и неполярными апротонными растворителями.

2. Определите неизвестные вещества, если известно, что в газовой фазе молекулы **A** имеют форму тригональной пирамиды, **E** и **F** – тригональной бипирамиды. Длительное нагревание смеси **X** и  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , взятых в мольном отношении 1 : 1, при  $80^\circ\text{C}$  приводит к образованию в твёрдом остатке соли **G** (*р-ция 5*), потеря массы составляет 65.54 %.

3. Напишите уравнения реакций 1 – 5, а также по одному уравнению реакции **A**, **D** и **E** с избытком раствора гидроксида натрия (реакции 6 – 8), укажите условия их проведения.

4. Изобразите все изомеры вещества **E**. Какой из них наиболее устойчив?

### Задача 9-2

#### «Улавливай!»

На одном из химических производств лаборанты смастерили газоанализатор, включающий герметичную камеру (заполненную азотом) для прокаливания твердых веществ, соединённую с тремя U-образными трубками, через которые последовательно пропускали продукты разложения исследуемого образца. Содержимое трубок в направлении тока летучих продуктов разложения:

1) оксид меди (II), нагреваемый с внешней стороны трубки;

2) безводный сульфат меди (II);

3) водный раствор гидроксида бария.

Продукты разложения в трубках поглощались полностью.

Исследовали образцы трёх индивидуальных вещества **B**, **C** и **D**, обнаруженных на стадиях одного производства, и ещё три индивидуальных вещества **E**, **F** и **G** со смежных производств. Для удобства расчетов (слава лаборантам!!!) таблица результатов проведённых измерений пересчитана на одну и ту же массу единственного твердого продукта разложения **A** каждого из шести изученных веществ:

образец	$m$ (образец), г	$\Delta m$ трубки 1, г	$\Delta m$ трубки 2, г	$m$ (осадок) трубка 3, г
<b>B</b>	4.862	нет	+3.060	нет
<b>C</b>	2.856	нет	+0.306	+3.349
<b>D</b>	2.561	нет	+0.510	+1.116
<b>E</b>	2.278	-0.272	нет	+3.349
<b>F</b>	2.312	-0.544	+0.306	+3.349
<b>G</b>	4.420	-0.544	+0.918	+10.047

### Вопросы:

1. Какие наблюдаются изменения внешнего вида содержимого U-образных трубок в этих опытах?
2. Определите вещества **A** – **G**, ответ обоснуйте, подтвердите расчётом. Составьте уравнение реакций разложения **D** и **G** (*р-ции 1 и 2*).
3. В промышленности **F** получают из **A** в две стадии, запишите уравнения этих *р-ций 3 и 4*.

В ответе заполните, пожалуйста, таблицу, в которой указаны формулы определенных вами веществ. Формулы веществ должны отражать не только состав, но и их строение, например,  $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ .

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>

После таблицы запишите уравнения реакций *1) – 4)*.

### Задача 9-3

Химия металла **X** необычна. Он растворяется в растворах кислот, щелочей и даже в растворе **A** (*р-ция 1*). Из полученного раствора может быть выделена соль **B** со структурой сульфата калия.

Для получения безводной соли **Y** используют следующую методику: простое вещество **X** хлорируют при нагревании (*р-ция 2*), в результате образуется вещество **C**. Далее при взаимодействии **C** с жидким при н.у. **D** получают **E** (*р-ция 3*), нагревая которое в вакууме до  $50^\circ C$  получают **Y** (*р-ция 4*). Стоит отметить, что повышение температуры до  $125^\circ C$  приводит к образованию молекулярного вещества **F** и газообразного **G** (*р-ция 5*). При упаривании раствора **Y** воде, кристаллизуется  $Y \cdot 4H_2O$ . При нагревании этого вещества не удается получить безводный **Y**, вместо этого при  $250^\circ C$  протекает *р-ция 6*, потеря массы в которой составляет 87.80%.

Действием безводной кислоты **H** на вещество **C**, можно получить безводную среднюю соль **Z**. При действии безводной кислоты **H** на гидроксид **X** образуется вещество **I**, строение которого аналогично **F** (*р-ция 7*). **I** также образуется при термическом разложении **Z** (потеря массы 20.08%) (*р-ция 8*).

### Дополнительная информация:

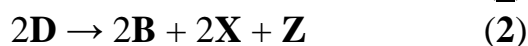
1. Кислота **H** с характерным запахом в газовой фазе присутствует преимущественно в виде димеров;
2. Бесцветная жидкость **D** может быть получена при конденсации бурого бинарного газа **G**;
3. **A** – кислая аммонийная соль слабой одноосновной кислоты;
4. Из 37.0 мг **X** можно получить не более 1.3016 г **E**.

### Вопросы:

1. Определите вещества **A – I**, ответ обоснуйте!
2. Запишите уравнения реакций **1 – 8**.
3. Изобразите структуры веществ **F** и **H** в газовой фазе;
4. Соединения металла **X** при попадании в лёгкие человека вызывают болезнь, назовите её.

### Задача 9-4

Преобразование доступного соединения **X** в простые вещества **Y** и **Z** является одной из главных проблем современной энергетики и уже много лет занимает умы исследователей в этой области. Один из химических циклов, предложенных для переработки **X** в продукты **Y** и **Z**, включает три процесса:



Известно, что при нормальных условиях вещество **A** – твёрдое, **D** и **X** – жидкие, а **Y**, **Z**, **B** и **C** – газы. Плотность газовой смеси **A** и **Y**, образующейся в *p-цикл* **3** при 450 °С при общем давлении 1 атм, равна 2.156 г/л, а плотность газообразной смеси продуктов *p-цикл* **2** при 830 °С и общем давлении 1 атм составляет 0.433 г/л.

1. Запишите суммарное уравнение реакции, для проведения которой используется описанный цикл (можно использовать буквенные обозначения).
2. Установите формулы всех неизвестных веществ. Ответ подтвердите расчётом.
3. Предложите альтернативный способ превращения **X** в **Y** и **Z**.

Температурные зависимости стандартных энергий Гиббса (в Дж/моль) реакций **1** и **2** имеют следующий вид:

$$\Delta_r G^\circ \text{(1)} = -56100 + 125.5 \cdot (T / K)$$

$$\Delta_r G^\circ \text{(2)} = 551000 - 764.8 \cdot (T / K)$$

Первый процесс - экзотермический, поэтому для эффективного протекания реакции необходимо отводить тепло. Вторая реакция, напротив, требует нагревания.

4. Установите температуру, выше которой реакция **1** становится самопроизвольной при стандартных давлениях газообразных участников, и температуру, выше которой предпочтительно проводить реакцию **2**, при стандартных давлениях реагентов и продуктов.

Реакции 1-3 проводят в существенно различных условиях, поэтому агрегатные состояния некоторых реагентов в них различаются. Например, реакция 3 эндотермична ( $\Delta_r H^\circ(3) = 9.2 \text{ кДж/моль}$ ) и требует нагревания. Если привести термодинамические функции к единым условиям, то выражение для стандартной энергии Гиббса реакции 1 примет вид:

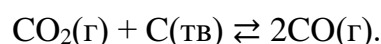
$$\Delta_r G^\circ(1^*) = -42900 - 316.2 \cdot (T / K)$$

5. Рассчитайте совокупный тепловой эффект превращения **X** в **Y** и **Z**.

### Задача 9-5

#### Гетерогенное равновесие

1. В замкнутый сосуд объёмом 1.10 л, содержащий некоторое количество графита, поместили 17.6 г  $\text{CO}_2$ . Сосуд нагрели до  $1000^\circ\text{C}$ , в результате установилось равновесие



Средняя молярная масса газовой смеси в сосуде в состоянии равновесия оказалась равна 32 г/моль.

Рассчитайте общее равновесное давление в сосуде (в бар), равновесные парциальные давления  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$  (в бар) и константу равновесия  $K_p$  протекающей в сосуде реакции.

2. Сколько граммов  $\text{CO}_2$  нужно поместить в сосуд при условиях из пункта 1, чтобы средняя молярная масса газовой смеси в состоянии равновесия оказалась равна 36 г/моль?

3. Если в равновесную смесь добавить  $\text{He}$  при постоянном объёме до увеличения общего давления в 2 раза, как это повлияет на равновесное количество  $\text{CO}$ ? Дайте качественный (без расчёта) ответ: а) увеличится, б) уменьшится, в) не изменится, г) недостаточно данных для ответа. Объясните свой ответ (ответ без объяснения не засчитывается).

4. Если в равновесную смесь добавить  $\text{He}$  при постоянном давлении до увеличения общего объёма в 2 раза, как это повлияет на равновесное количество  $\text{CO}$ ? Дайте качественный (без расчёта) ответ: а) увеличится, б) уменьшится, в) не изменится, г) недостаточно данных для ответа. Объясните свой ответ (ответ без объяснения не засчитывается).

5. Пусть в сосуде изначально находилось 7.2 г графита. Сколько граммов  $\text{CO}_2$  нужно поместить в сосуд при условиях из пункта 1, чтобы при установлении равновесия осталось следовое (близкое к нулю) количество графита?

Необходимая информация:  $K_p$  – константа равновесия, выраженная через парциальные давления участников реакции (в бар).  $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ . Во всех расчётах газы считайте идеальными.