

## Пояснительная записка

Региональный этап Олимпиады по химии проводится в 2 тура. Для трех возрастных параллелей: 9-х, 10-х и 11-х классов подготовлен отдельный комплект заданий теоретического и практического туров. В задание теоретического тура входит 6 задач из различных разделов химии для каждой возрастной параллели участников. Проверке подлежат все 6 задач, при подсчете рейтинга участников в суммарном балле за теоретический тур учитываются баллы только ПЯТИ задач. Баллы за задачу с минимальным числом баллов не суммируются.

Задание экспериментального тура содержит теоретические вопросы и методику экспериментальной работы.

Длительность каждого тура составляет 5 (пять) астрономических часов.

Распределение тематики задач по классам представлено в таблице:

Задача \ Класс	1	2	3	4	5	6
9	Неорганическая химия			Физическая химия		
10	Неорганическая химия			Орг. химия	Физическая химия	
11	Неорг. химия		Органическая химия		Физическая химия	

# Задания теоретического тура

## Девятый класс

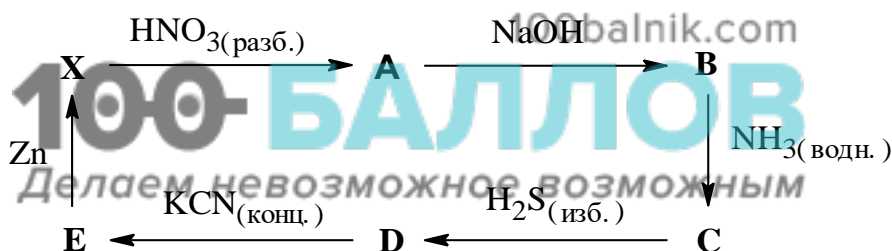
В зачет идут только ПЯТЬ задач из шести. Задача с минимальным числом баллов не учитывается при подсчете суммы баллов за теоретический тур.

### Задача 9-1

Навеску сульфида алюминия массой 15.0 г внесли в 200 г 16.77 %-ного раствора сульфида натрия. Выпавший осадок отфильтровали прокалили до постоянной массы (масса твердого остатка – 3.57 г). Найдите массовые доли веществ в полученном растворе. Какой максимальный объем 10%-ной соляной кислоты (плотность 1.05 г/мл) может вступить в реакцию с этим раствором?

### Задача 9-2

На схеме представлены превращения веществ, в состав каждого из которых входит металл X:



Если в два стакана со 100 мл раствора А поместить алюминиевую и цинковую пластинки, то их массы изменятся на 0.971 г и 0.738 г, соответственно.

### Вопросы:

1. Определите элемент X (подтвердите расчетом) и концентрацию А в растворах, в которые опускали пластинки алюминия и цинка.
2. Расшифруйте указанные на схеме вещества А – Е и запишите уравнения реакций соответствующих переходов.
3. С какой целью используется последовательность превращений D–E–X в промышленности? Ваш ответ поясните.

### Задача 9-3

Для неорганических солеобразных веществ **A** и **B** реакции взаимодействия с водой протекают количественно и являются окислительно-восстановительными, при этом из 0.100 г каждого вещества выделяется по 0.236 л газа **C** (при н.у.) (*p-цiii* 1.2). Известно, что вещества **A** и **B** имеют одинаковый количественный состав (но элементы в их составе могут быть разными!).

Реакция с водой для **A** протекает значительно быстрее, чем **B**, при этом образуются бесцветные прозрачные растворы солей **D** и **E**, соответственно (при  $\text{pH} > 10$ ). При стоянии на воздухе в открытом сосуде раствор **D** мутнеет (осадок **F**) (*p-ция* 3), а при подкислении раствора **E** соляной кислотой выпадает кристаллический осадок **G** (*p-ция* 4).

Исходными веществами промышленного синтеза **A** служит биметаллический сплав **H**, обработка которого газом **C** (ТГФ, 140°C, 350 атм, выход 99%) приводит к солеобразному веществу **I**. (*p-ция* 5). При добавлении LiCl к эфирному раствору **I** образуется **A** и осадок NaCl (*p-ция* 6).

Растворы **D** и **E** можно использовать для получения наночастиц оксидной керамики с заданной стехиометрией. Прибавление к **D** раствора  $\text{CoCl}_2$  приводит к выпадению осадка, термическое разложение которого даёт окрашенный сложный оксид **J** (*p-цiii* 7.8). Взаимодействие **E** с раствором  $\text{CuSO}_4$  и при последующем нагревании осадка получают магнитный материал **K** (*p-цiii* 9.10).

1. Определите вещества **A-K**, составьте уравнения реакций (*1 - 6*).
2. Напишите уравнения реакций, приводящих к синтезу сложных оксидов **J** и **K** (*7 - 10*)
3. Приведите уравнение реакции взаимодействия **A** и **B** с безводным хлоридом алюминия (*11 - 12*). Взаимодействию **B** и  $\text{AlCl}_3$  протекает в присутствии каталитических количеств трибутилфосфата, образуется легколетучая жидкость, пары которой самовоспламеняются на воздухе.

#### Задача 9-4

В 50-е годы двадцатого века началось активное изучение расплавов смесей серы с селеном, которые, как оказалось, содержат большое число новых бинарных веществ. Разделить их простыми методами (перекристаллизация, перегонка) невозможно из-за близких физико-химических характеристик.

Некоторые из этих бинарных веществ удалось получить в чистом виде, например, вещество **A** получается реакцией стехиометрических количеств серы и селена в сероуглероде в качестве растворителя.

При полном окислении 131 мг **A** кислородом (*р-ция* 1) образуется твердое вещество **B** массой 110 мг и 58.2 мл газа **B** (при температуре проведения реакции и давлении 1 атм).

**B** полностью растворили в небольшой порции воды (*р-ция* 2). При пропускании в полученный раствор кислоты **Г** избытка газа **B** выпадает 78.3 мг красного простого вещества, и образуется раствор кислоты **Д** (*р-ция* 3).

1. Определите вещества **A** – **Д**. Состав **A** и **B** подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций **1** – **3**.
3. При какой температуре проводился опыт по окислению **A**?
4. Нарисуйте все возможные структурные формулы молекулы **A**, если это циклическое соединение, в котором и сера, и селен двухвалентны.
5. Кроме **A** в результате сплавления серы с селеном получается ряд других соединений, которые имеют аналогичную структуру. Соединения какого состава имеют 4 возможных изомера аналогичного строения? Приведите структурные формулы изомеров для одного из соединений.

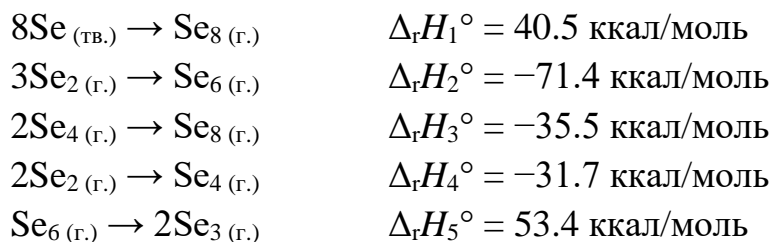
6. Существуют и другие методы получения смеси соединений такого типа, среди которых – электролитическое восстановление растворов, содержащих сульфат- и селенат-ионы на металлических электродах. Напишите полуреакцию восстановления в кислой среде, в которой образуется соединение **A** по такому методу.

### Задача 9-5

#### Пары селена

При испарении селена в газовой фазе устанавливается сложное равновесие между различными циклическими молекулами  $\text{Se}_n$ ,  $n = 3, 4, \dots, 8$  и  $\text{Se}_2$ .

Известны энтальпии реакций, которые частично описывают эту систему.



1. Определите энтальпии образования  $\text{Se}_6$  и  $\text{Se}_3$  из твердого  $\text{Se}$ . Объясните с точки зрения строения этих молекул полученное соотношение между энтальпиями образования (какая из них больше и почему?).

2. Средняя энергия связи в молекуле  $\text{Se}_6$  равна 49.4 ккал/моль. Определите средние энергии связей в молекуле  $\text{Se}_2$ . Объясните соотношение между энергиями связей в  $\text{Se}_6$  и  $\text{Se}_2$ .

При описании многокомпонентных газовых смесей удобно пользоваться средними величинами. В случае с газообразным селеном таким удобным параметром является среднее количество атомов в молекуле.

3. При некоторых условиях парциальные давления форм селена в равновесной смеси составляют:  $p(\text{Se}_8) = 12.0$  кПа,  $p(\text{Se}_7) = 10.0$  кПа,  $p(\text{Se}_6) = 9.8$  кПа,  $p(\text{Se}_5) = 8.7$  кПа,  $p(\text{Se}_4) = 6.1$  кПа,  $p(\text{Se}_3) = 2.0$  кПа,  $p(\text{Se}_2) = 1.5$  кПа. Определите среднее количество атомов селена в молекуле для такой смеси.

4. Как изменится среднее число атомов в молекуле при повышении давления при постоянной температуре?

5. При дальнейшем повышении температуры газообразного селена плотность смеси оказывается ниже предсказанной на основании термодинамических расчетов для реакций образования  $\text{Se}_n$ ,  $n = 2, 3, \dots, 8$ . Объясните, каким процессом это обусловлено.

#### Дополнительная информация

Средняя энергия связи – энергия необходимая для разрыва 1 моль связей данного типа в газообразном веществе.

### Задача 9-6

#### **Радиоизотопные термоэлектрические генераторы**

Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГи) – устройства, использующие тепловую энергию, выделяющуюся при естественном распаде радиоактивных изотопов и преобразующие её в электрическую энергию.

РИТЭГи являются основными источниками энергии на космических аппаратах, выполняющих длительные полёты и сильно удаляющихся от Солнца, когда использование солнечных батарей неэффективно или невозможно.

В качестве топлива для РИТЭГов часто используют плутоний-238 (обычно в виде диоксида  $^{238}\text{PuO}_2$ ).

1. Запишите уравнение радиоактивного распада плутония-238.
2. Рассчитайте количество плутония-238 (в моль), которое распадётся за 1 год, если начальное количество плутония-238 равно 1 моль. В предположении, что в течение года скорость остается постоянной.
3. Рассчитайте активность (число распадов в секунду) образца, содержащего 1 моль плутония-238.
4. Рассчитайте дефект массы (в г/моль) при радиоактивном распаде плутония-238.
5. Рассчитайте количество энергии (в Дж/моль), которая выделяется при радиоактивном распаде плутония-238.
6. Оцените массу угля, при сжигании которого выделится такое же количество энергии.

#### **Справочная информация:**

Плутоний-238 является альфа-излучателем с периодом полураспада 87.7 года.

Молярные массы плутония-238, альфа-частицы и изотопа, образующегося при распаде плутония-238, равны 238.049560, 4.001506 и 234.040952 г/моль.

$$E = m \cdot c^2,$$

где  $E$  – энергия,  $m$  – масса,  $c$  – скорость света.

*ВсОШ по химии, региональный этап  
2018–2019 учебный год  
Задания экспериментального тура*

Радиоактивный распад – реакция, скорость которой описывается уравнением:

$$-\frac{\Delta N}{\Delta t} = k \cdot N,$$

где  $N$  – количество изотопа,  $k$  – константа распада, которая связана с периодом полураспада ( $t_{1/2}$ ):

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}.$$

Теплота образования  $\text{CO}_2$  равна 393.5 кДж/моль.

Скорость света равна  $3 \cdot 10^8$  м/с.