

Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета  
по предмету «Химия»  
Очный тур  
2017-2018 учебный год

9 класс



**I. Задача про коэффициенты реакций (20 баллов)**

Завершите уравнения окислительно-восстановительных реакций, указав их продукты и расставив стехиометрические коэффициенты с помощью методов электронного или электронно-ионного баланса (метода полуреакций):

1.  $KI + H_2SO_4 + KMnO_4 \rightarrow$
2.  $Ba + HNO_3(\text{разб.}) \rightarrow$
3.  $H_2S + H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 \rightarrow$
4.  $I_2 + HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow$
5.  $As + NaOH + NaClO \rightarrow$
6.  $PBr_5 + P(\text{красн.}) \rightarrow$
7.  $H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow$
8.  $H_2SO_4(\text{гор., конц.}) + C(\text{графит}) \rightarrow$
9.  $O_3 + H_2S(\text{г.}) \rightarrow$
10.  $OF_2 + H_2 \rightarrow$



**II. Задача-угадайка про газы (20 баллов)**

В данной задаче загадано девять газообразных веществ, каждое из которых является либо бинарным, либо простым веществом. В ходе решения считайте атомные массы элементов целыми числами. *Ответ необходимо подтвердить расчетами там, где они необходимы.*

1. Газы **A** и **Б** имеют равные молярные массы. При их взаимодействии получается твердое белое вещество и бесцветная жидкость в массовом соотношении 5 : 3 (или в мольном – 1 : 2). Полученная жидкость и твердое вещество содержат общий элемент. *Определите газы A и Б и напишите уравнение реакции их взаимодействия, если количество A, которое затрачивается в этой реакции, больше количества Б.*

2. Газ **B**, так же, как и **A** поддерживающий горение, реагирует с **Б** в мольном соотношении 4 : 1 при повышенной температуре. В ходе этой реакции также образуется белое твердое вещество и прозрачная жидкость в таком же массовом соотношении, а кроме того – газ **Г**, имеющий плотность 1,25 г/л при н.у., в количестве, равном количеству исходного **B**. *Напишите формулы газов B и Г и уравнение реакции B с Б.*

3. Газы **Д** и **Е** могут реагировать между собой в соотношениях 1 : 1 (плотность смеси реагентов при н.у. равна 3,77 г/л) и 1 : 2 (плотность смеси реагентов при н.у. 3,08 г/л) с образованием бинарных соединений. *Определите формулы газов и напишите две описанные реакции.*

4. Смесь газов **Ж** и **З** образуется при реакции **Б** с избытком **Е**. При пропускании смеси **Ж** и **З** в воду в растворе образуется сильная двухосновная кислота. **З** в растворе проявляет свойства кислоты средней силы. *Напишите формулы газов **Ж** и **З** и уравнения двух описанных реакций.*

5. Газ **И**, имеющий такую же молярную массу, как и **Г**, при реакции с **В** дает газ **Г** и газ **К**, имеющий такую же молярную массу, как и **В**. *Напишите формулу газов **И** и **К** и уравнение реакции **И** с **В**.*



### **III. Задача про неизвестные вещества (20 баллов)**

Неизвестное вещество **А** состоит только из углерода, хлора и кислорода. 3,00 грамма вещества **А** при 70°C были полностью испарены в контейнере объемом 1,00 литр, создав при этом давление 0,854 атмосферы.

?1. *Определите молярную массу вещества **А**.*

Образец вещества **А** массой 0,300 грамм смешали со 100 мл воды, в результате чего произошла химическая реакция, и весь хлор, содержащийся в веществе, был превращен в HCl. Через полученный раствор в течение 30 минут пропускали ток газообразного азота. На нейтрализацию образовавшейся соляной кислоты было израсходовано 30,33 мл раствора NaOH с концентрацией 0,200 моль/л.

?2. *Определите процентное содержание хлора в соединении **А**. Предложите молекулярную и структурную формулу вещества **А**.*

?3. *Запишите уравнение взаимодействия вещества **А** с водой.*

?4. *Для чего через раствор, полученный взаимодействием вещества **А** с водой, пропускали ток газообразного азота?*

Другое неизвестное вещество **Б** имеет такой же качественный состав, что и соединение **А**, при этом относительная плотность паров **Б** по воздуху равна 4,38. При 600 °С вещество **Б** разлагается с образованием вещества **А** и угарного газа.

?5. *Определите молярную массу вещества **Б**. Предложите молекулярную и структурную формулы этого вещества.*

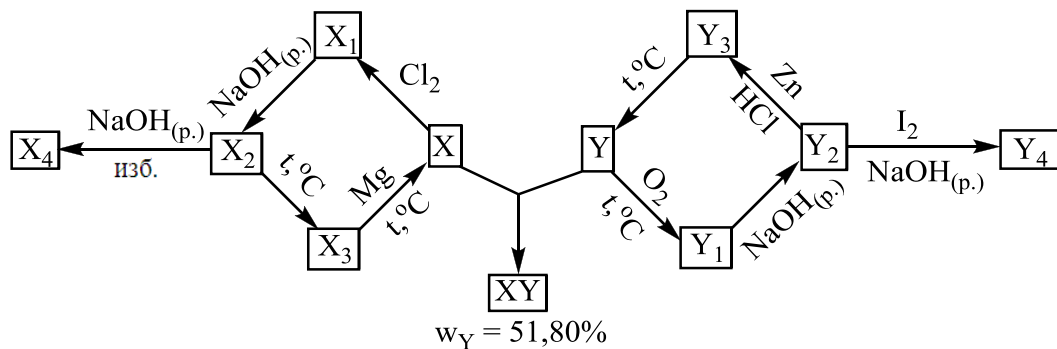
?6. *Приведите уравнение реакции термического разложения вещества **Б**.*



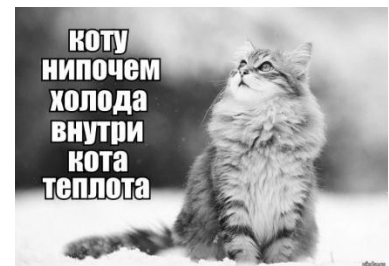
#### IV. Задача про цепочку превращений (20 баллов)

Элементы  $X$  и  $Y$  находятся в четвертом периоде периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Они образуют бинарное соединение  $XY$  в соотношении  $1:1$ , которое является одним из самых часто используемых полупроводников. Массовая доля неметалла  $Y$  в  $XY$  равна  $51,80\%$ .

Ниже представлена цепочка превращений элементов  $X$  и  $Y$ .



- ?1. Определите элементы  $X$  и  $Y$ . Назовите вещество  $XY$ . Ответ подтвердите расчетом.
- ?2. Определите формулы веществ, зашифрованных на схеме. Напишите уравнения описанных реакций (11 реакций). В ходе решения учтите, что радиус атома  $X$  достаточно велик, чтобы образовывать комплексы с координационным числом 6, а  $Y_3$  – легко окисляющийся и термически неустойчивый газ.
- ?3. Температура кипения какого вещества выше –  $Y_1$  или  $X_3$ ? Ответ кратко объясните.



#### V. Задача про теплоту растворения (20 баллов)

Хорошо известно, что растворение многих твердых ионных веществ в воде сопровождается тепловым эффектом, состоящим из двух слагаемых: теплоты разрушения кристаллической решетки твердого вещества (при этом тепло поглощается) и теплоты гидратации (взаимодействия с водой) ионов в растворе (при этом тепло выделяется). Знак суммарного теплового эффекта зависит от того, какое из слагаемых больше по абсолютной величине. Первое слагаемое – теплота разрушения кристаллической решетки зависит от прочности (энергии) решетки; второе слагаемое – теплота гидратации ионов зависит от заряда иона (прямо пропорционально) и от радиуса иона (обратно пропорционально). Количество теплоты, поглощающейся или выделяющейся при растворении одного моля вещества в избытке растворителя, называется интегральной (мольной) теплотой растворения. Ниже в таблице приведены интегральные теплоты растворения некоторых неорганических соединений (знак

«+» около теплового эффекта означает, что тепло выделяется в ходе процесса растворения, а «-» – поглощается).

Вещество	Интегральная теплота растворения, кДж/моль	Вещество	Интегральная теплота растворения, кДж/моль
NaCl	-3,89	KCl	-17,23
NaNO <sub>3</sub>	-20,94	KNO <sub>3</sub>	-35,62
NaOH	+44,45	KOH	+55,65

- ?1. Сравните абсолютные величины теплот разрушения кристаллической решетки и теплот гидратации ионов для солей и гидроксидов, приведенных в таблице (какой из вкладов больше?).
- ?2. Исходя из условия задачи, назовите основные причины большей величины тепловых эффектов растворения соединений калия по сравнению с соответствующими соединениями натрия.

Соотношение между теплотой ( $Q$ ), переданной телу или отданной телом, его массой ( $m$ ) и изменением температуры ( $\Delta T$ ) выглядит следующим образом:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

где  $c$  – удельная теплоемкость материала.

- ?3. Рассчитайте, на сколько градусов понизится температура (по сравнению с исходной) при растворении в 200 мл воды 20 г каждой из солей, приведенных в таблице (каждая соль растворяется в отдельном сосуде). Теплоемкости растворов принять равной теплоемкости воды (4200 Дж/кг·°C); зависимость теплоты растворения от концентрации конечного раствора и теплообменом с окружающей средой при приготовлении растворов в данной задаче пренебречь.
- ?4. Можно ли приготовить 40%-ные (по массе) растворы гидроксидов натрия и калия единовременным смешением компонентов без охлаждения при приготовлении, если исходная температура равна 25 °C? Ответ поясните расчетом. Теплоемкость растворов, теплоту растворения и теплообмен учитывать так же, как и в предыдущем вопросе.