

**Из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом!**

**Указание:** - при расчетах значения атомных масс следует округлять до целых, кроме хлора и меди ( $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{Cu}) = 63,5$ )  
 - в решении задачи обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов

**Задача 1.** В пяти разных пробирках находятся растворы, в которых содержится по 1,000 г различных индивидуальных соединений ( $A_1$ - $A_5$ ). Дополнительно известно, что каждое из этих веществ состоит из трёх элементов, а соотношение атомов в каждом из них одинаковое (например,  $\text{CaS}$  и  $\text{ZnO}$  – в обоих соединениях соотношение атомов 1:1). В таблице ниже приведены некоторые экспериментально полученные данные для этих веществ.

№	Цвет раствора	Добавление лакмуса	Дополнительная информация
$A_1$	-	Раствор окрашивается в красный цвет	- при добавлении избытка гидрокарбоната натрия ( <i>реакция 1</i> ) выделяется 222,9 мл (н.у.) газа.
$A_2$	Малиновый	Нет изменений	- распространенный реактив в аналитической химии, садоводстве, медицине; - при пропускании сернистого газа раствор обесцвечивается ( <i>реакция 2</i> ).
$A_3$	-	Раствор окрашивается в красный цвет	- при добавлении избытка раствора нитрата серебра, происходит образование белого творожистого осадка ( <i>реакция 3</i> ) массой 2,682 г.
$A_4$	-	Нет изменений	- при добавлении раствора сульфата марганца (II) в присутствии серной кислоты и нескольких капель нитрата серебра в качестве катализатора, наблюдается образование малинового раствора ( <i>реакция 4</i> ); - массовая доля кислорода в соединении равна 47,41%.
$A_5$	Желтый	Раствор окрашивается в оранжево-красный цвет	- при добавлении в раствор раствора сульфата железа (II) ( <i>реакция 5</i> ) происходит выпадение 0,579 г окрашенного осадка; - массовая доля водорода в соединении равна 0,294%.

Определите индивидуальные соединения  $A_1$ - $A_5$ .

Для веществ  $A_1$ ,  $A_3$ - $A_5$  обязательно приведите необходимые расчеты.

Запишите уравнения *реакций 1-5*.

**Задача 2.** Ниже представлена методика получения достаточно интересного бинарного соединения  $Z$ , которое нельзя получить прямым взаимодействием веществ:

“В круглодонной колбе смешивается по 40 см<sup>3</sup> 0,6 М раствора сульфата меди (II) и 2,4 М раствора фосфорноватистой кислоты (*реакция 1*). После этого реакционную смесь нагревают до 45°C в течение 15 минут. Затем смесь охлаждают, выпавший темно-коричневый осадок  $Z$  отфильтровывают, промывают водой и высушивают в инертной атмосфере. Выход реакции обычно составляет около 75% (1,161 г)”. Высушивание нужно проводить очень аккуратно, так как вещество достаточно легко разлагается (*реакция 2*). Сухой  $Z$  обладает пирофорными свойствами и поэтому его нельзя хранить на воздухе, ввиду возможности протекания *реакции 3*.

1) Рассчитайте состав осадка **Z**, если дополнительно известно, что фосфорноватистая кислота берется в избытке, а фильтрат обесцвечивает подкисленный серной кислотой раствор перманганата калия (*реакция 4*) благодаря наличию в нём кислоты, содержащей 37,8% фосфора.

2) Запишите уравнения *реакций 1-4*.

Один из современных способов получения **Z** заключается в применении «сонохимии». То есть химические реакции проводят под воздействием ультразвуковых колебаний (от 20 кГц до нескольких МГц). При таком проведении эксперимента, за счет образования пузырьков и их последующего разрушения удаётся достичь локального нагрева температуры до 5000°C. Для получения **Z** достаточно подвергнуть воздействию раствор нитрата меди (II) ультразвуковой волной (20 Гц) в течение 4 часов. Ниже представлен механизм реакции (т.е. промежуточные реакции, которые приводят к образованию **Z**). К сожалению, в представленной схеме отсутствуют заряды промежуточных частиц:

1 стадия:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}\bullet + \bullet\text{OH}$

2 стадия:  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}\bullet \rightarrow \text{Cu}^+ + \text{H}^+$

3 стадия:  $2\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^0 + \text{Cu}^{2+}$

4 стадия:  $\text{Cu}^0 + \text{H}\bullet \rightarrow \text{Z}$

3) Запишите механизм реакции, поставив на месте «?» необходимый заряд иона.

4) Запишите уравнение реакции растворения **Z** в а) концентрированной азотной кислоте с образованием бурого газа, б) концентрированной серной кислоте с образованием газа с резким запахом.

**Задача 3.** Тепловой эффект реакции можно рассчитать различными способами. Например, через теплоту образования веществ ( $Q_f$ , кДж/моль). Для реакции вида:

$a\text{A} + b\text{B} \rightarrow c\text{C} + Q_{x.p.}$ , где  $a, b, c$  – коэффициенты,  $Q_{x.p.} = cQ_f(\text{C}) - bQ_f(\text{B}) - aQ_f(\text{A})$

1) Запишите уравнение реакции полного сгорания метанола ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) и рассчитайте тепловой эффект этой реакции используя теплоту образования веществ.

Второй способ расчета  $Q_{x.p.}$  заключается в использовании данных по энергиям связей. Рассмотрим, к примеру, реакцию образования хлороводорода:

$\text{H}-\text{H} + \text{Cl}-\text{Cl} \rightarrow 2\text{HCl} + Q_{x.p.}$ ,  $Q_{x.p.} = 2E_{\text{св}}(\text{H}-\text{Cl}) - E_{\text{св}}(\text{H}-\text{H}) - E_{\text{св}}(\text{Cl}-\text{Cl})$

Т.е. тепловой эффект реакции представляет собой разность суммы энергий связей, которые образовались, и суммы энергий связей, которые разорвались.

2) Рассчитайте тепловой эффект реакции сгорания метанола, но уже с использованием данных по энергиям связей.

3) При условии отсутствия погрешностей при определении энергий связей и теплот образования, как Вы считаете, какой метод расчета теплового эффекта реакции более точный – через  $E_{\text{св}}$  или через  $Q_f$ ?

4) Запишите уравнения реакций полного гидролиза хлорида фосфора (V) и оксохлорида фосфора ( $\text{POCl}_3$ ). Рассчитайте тепловые эффекты этих реакций. На основании полученных данных рассчитайте энергии связей  $\text{P}=\text{O}$  и  $\text{P}-\text{Cl}$ . Примите, что энергия связи не зависит от окружения.

Справочная информация

Вещ-во	$Q_f$ , кДж/моль	Вещ-во	$Q_f$ , кДж/моль	Связь	$E_{\text{св}}$ , кДж/моль	Связь	$E_{\text{св}}$ , кДж/моль
$\text{CO}_2$	393	$\text{POCl}_3$	597	О-Н	459	$\text{O}_2$	494
$\text{H}_2\text{O}$	286	$\text{H}_3\text{PO}_4$	1279	С-Н	410	Р-О	350
$\text{CH}_3\text{OH}$	239	$\text{HCl}$	93	С-О	358	Н-Cl	427
$\text{O}_2$	0	$\text{PCl}_5$	367	С=О	798		

**Задача 4.** При полном окислении на воздухе (*реакции 1 и 2*) твердого образца **A** массой 10,000 г образовались только твердое вещество **B** массой 14,000 г и газ **B** (плотность газа при н.у. равна 1,9643 г/л) объемом 0,374 л (н.у.). Вещество **B** растворили в стехиометрическом количестве разбавленной серной кислоты (*реакция 3*), образовавшийся раствор смешали с избытком раствора аммиака (*реакция 4*), при этом выпал осадок **Г** массой 18,725 г.

Если провести аналогичные операции с 10,000 г твердого образца **Ж** такого же качественного состава что и **A**, то также образуется газ **B** объемом 0,748 л (н.у.).

При растворении образца **A** в концентрированной азотной кислоте (*реакции 5 и 6*) образуется раствор соли **C<sub>1</sub>**, если же растворение проводить в очень разбавленной азотной кислоте (2-3% по массе), то, как ни странно, образуется раствор соли **C<sub>2</sub>**. Обе соли содержат катионы одного металла.

1) Установите формулы веществ **B**, **B**, **Г**, **C<sub>1</sub>**, **C<sub>2</sub>**. Для веществ **B** – **Г** нужно привести соответствующие расчеты.

2) Как называются **A** и **Ж**? Приведите соответствующие расчеты. Напишите название романа Николая Островского, в котором упоминается **A**?

3) Напишите уравнения *реакций 1-6*.

4) Почему при растворении вещества **A** в очень разбавленной азотной кислоте образуется соль **C<sub>2</sub>**, а не **C<sub>1</sub>**?

**Задача 5.** Как правило, лава, вытекающая из вулкана, окрашена в оттенки красного и оранжевого цветов. Но в одном из кратеров вулкана Иджен в Индонезии туристы могут наблюдать лаву, окрашенную в синий цвет! Такое необычное природное явление происходит из-за выделения из жерла соединения **X**. Известно, что при извержении **X** превращается в вещество **Y** (*реакция 1*), которое способно реагировать с **X** с образованием окрашенного вещества **Z** (*реакция 2*). Вещества **X** и **Y** обесцвечивают сернокислый раствор перманганата калия (*реакции 3 и 4 соответственно*), вещества **X**, **Y**, **Z** реагируют с горячим концентрированным раствором гидроксида натрия (*реакции 5, 6, 7 соответственно*).

1) Установите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**.

2) Напишите уравнения *реакций 1-7*.

**Задача 6.** Оксид **A** массой 25,2 г растворили в горячей воде (*реакция 1*). При этом образовалась раствор, содержащий равные количества двух кислот **B** и **C**. При нейтрализации этой смеси избытком известковой воды образуется осадок (*реакции 2, 3*).

Если такую же массу оксида **A** окислить избытком кислорода (*реакция 4*), то образуется соединение **D**. Вещество **D** растворили в горячей воде с образованием **C** (*реакция 5*), нейтрализовали стехиометрическим количеством раствора гидроксида натрия (в растворе образовалась соль **E**). При добавлении к полученному раствору избытка нитрата серебра выпадает 167,6 г осадка **G** (массовая доля серебра равна 77,327%).

Образованием кристаллогидратов при выпадении осадков следует пренебречь.

1) Установите формулы веществ **A** – **G**. Формула вещества **G** должна быть выведена при помощи расчетов, а не угадана; если верность угаданной формулы будет проверена расчетом массовых долей элементов, то это не будет засчитано как расчет. Учтите, что молярная масса **A** находится в пределах от 230 до 270 г/моль.

2) Напишите уравнения *реакций 1-5*.

3) Определите массовый состав (в %) осадка, полученного при нейтрализации смеси кислот известковой водой.

4) Изобразите структурные формулы кислот **B** и **C**, если известно, что в этих кислотах атом элемента, образующий указанные соединения, имеет тетраэдрическое окружение.