



Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020—2021 учебный год. Заключительный этап

Задачи для 9 класса

Задача 9.1

Максимальный балл: 45. Автор: Хрипун В. Д.

Антидот в переводе с греческого означает «даваемое против» - вещество, способное нейтрализовать действие какого-либо яда. Обычно антидот ослабляет действие конкретного вещества или схожих по своему отравляющему воздействию группы веществ. Например, глюкоза способна нейтрализовать цианиды, но не поможет при отравлении тяжелыми металлами.

Однако вещество **X** по праву считается универсальным антидотом, поскольку борется с самыми разнообразными весьма ядовитыми веществами.

Юный химик Петя задумал получить данный антидот своими руками и попросил учителя помочь ему в этом.

Учитель был рад энтузиазму Пети и попросил для начала найти на полке соль **A**, состоящую из трех элементов, причем масса каждого из них больше 15 а.е.м., но меньше 36 а.е.м. Металл **M**, входящий в состав **A**, занимает 36,51% по массе, а при добавлении BaCl_2 к раствору **A** выпадает осадок белого цвета (реакция 1). После некоторых раздумий Петя догадался о какой соли идет речь.

1. Укажите молекулярную формулу соли **A**. Ответ подтвердите расчетом.

Учитель объяснил Пете, что для получения антидота **X** необходимо взять простое вещество **Y** и кипятить его в растворе соли **A** (реакция 2). При этом массовая доля центрального элемента в **X** больше, чем в **A** на 15,1%. Петя успешно получил раствор антидота **X** из 4,16 г **Y** и принялся его выпаривать. Получив конечный твердый продукт в виде белого порошка, Петя удивился, т. к. его масса оказалась на 11,7 г больше, чем он ожидал. Изумленный Петя отправился за разъяснениями к учителю. Покачивая головой, преподаватель подтвердил, что Петя имеет дело не с чистым веществом **X**, а с его кристаллогидратом **X₁**.

2. Укажите молекулярные формулы **X** и **X₁**. Ответ подтвердите расчетом.

3. Приведите структурную формулу **X**.

Петя задался вопросом, есть ли способ сразу получить антидот **X** в безводном виде. Тогда учитель поделился вторым способом синтеза **X**:

«Вещество **Y** кипятят в формамиде, содержащем соль **B** (массовая доля металла **M** в этой соли составляет 33,33%) (реакция 3). Кроме **X** образуется газ **Z**, также находящий применение в медицине»

4. Укажите молекулярные формулы **B** и **Z**.

5. Какое применение находит газ **Z** в медицине?

Пете было интересно, на что способен антидот, который он получил, поэтому он отправился к учебникам в поисках информации.

Оказалось, что вещество **X** используют, во-первых, при отравлении тяжелыми металлами. Так, при взаимодействии нитрата серебра с **X** образуется соль **K**, содержащая 17,21% металла **M** (реакция 4). Соль **K** является комплексным соединением, содержащим в сумме 6 атомов кислорода в кислотном остатке.

При взаимодействии с подкисленным раствором нитрата ртути (II) образуется осадок красного цвета **E** и выделяется газ **D**, обладающий характерным запахом и содержащий 50% элемента **Y** по массе. (реакция 5)

Кроме того, **X** может нейтрализовать действие чрезвычайно сильных ядов, например соли **F**, также содержащей **M**. При взаимодействии с **F** одним из продуктов является соль **G** (массовая доля **M** составляет 28,40%), используемая для качественного определения катиона переходного металла **H** (реакция 6), Металл **H** играет важную

роль в биохимических процессах и входит в состав различных ферментов, например, цитохромоксидаз или нитрогеназы. Продукт реакции 6 раньше часто использовался в кинематографе.

Также **X** может нейтрализовать действие одного из первых боевых отравляющих веществ – газа **I** (реакция 7), благодаря чему у **X** есть тривиальное название.

6. Установите зашифрованные вещества **K, D-I** (6 штук).

X находит применение и в аналитической химии. Так, 10 мл раствора **X** способно обесцветить 20 мл 0,1М раствора триодида калия (реакция 8). Однако такая реакция не применяется в кислом растворе, поскольку **X** разлагается под действием кислоты (реакция 9)

7. Определите молярную концентрацию раствора **X**, использовавшегося в реакции 8.

8. Напишите уравнения описанных реакций 1-9.

Задача 9.2

Максимальный балл: **26**. Автор: **Дмитриев В. А.**

Вещества **I-X** имеют молекулярное строение. Ознакомьтесь с данными об этих веществах:

<p>А. Номер вещества обозначает суммарное количество атомов в одной молекуле этого вещества.</p>	<p>Г. Некоторые из веществ имеют одинаковые атомы:</p> <p>Атом Номера веществ</p> <p>Н IV, VIII, IX</p> <p>С II, IX</p>	<p>Е. Соотношения молекулярных масс:</p> $Mr(VI) + Mr(VII) = 438.5$ $Mr(VII) + Mr(X) = 450$ $Mr(X) + Mr(VI) = 428.5$
<p>Б. I простое, II-X сложные бинарные.</p>	<p>О II, III, VII, X</p> <p>Р VI, X</p>	$Mr(II) = Mr(VIII) = \frac{Mr(VI) + Mr(VII) + Mr(X)}{23.5}$
<p>В. При нормальных условиях 50 л газообразного вещества IV имеют массу 38 г.</p>	<p>Д. Относительные плотности:</p> $D_{IV}(I) = 4.94$ $D_I(III) = 0.762$ $D_{III}(IX) = 0.656$ $D_{IX}(V) = 2.48$	<p>Ж. Атомные массы элементов молекулы V отличаются на 9 а.е.м.</p>

1. Определите молекулярные массы веществ **I-X** (10 штук)

2. Напишите молекулярные формулы веществ **I-X** (10 штук)

3. Напишите уравнения реакций веществ **VI-VIII** с водой (3 штуки)

Примечание. Относительной плотностью газа **A** по газу **B**, $D_B(A)$ называют отношение массы определенного объема газа к массе такого же объема другого газа в одних и тех же условиях: $D_B(A) = M(A) / M(B)$, где **D** - это плотность одного газа по другому.

Задача 9.3

Максимальный балл: **35**. Автор: **Булдаков А. В.**

Как-то раз юному химику Мише попались дома на кухне три упаковки пищевой соли, однако каждая из пачек была разного цвета: первая была белой, вторая — розовой, а третья — черной. Мишу заинтересовали цвета, и он решил разобраться в составе этих пачек. Оказалось, что в каждой пачке основным компонентом было вещество **X**, так как при внесении пробы каждой соли в пламя оно становилось яркого желто-оранжевого цвета, а при взаимодействии **X** с раствором ляписа выпадал белый творожистый осадок (реакция **1**). Также Миша обнаружил, что помимо **X** в 3.500 кг белой соли содержится 0.700 г белого вещества **A** и 1.000 г желто-оранжевого вещества **B**. Из 1.500 кг розовой соли удалось выделить 1.000 г бурого бинарного вещества **C**, а из 0.500 кг «черной» — 3.500 г простого вещества **D**.

После сильного прокаливания **A** осталось 0.543 г твердого бинарного вещества **E** (реакция **2**), в котором массовая доля одного из элементов равна 76.51 %. При добавлении к раствору **E** недостатка перекиси водорода цвет раствора стал темно-оранжевым (реакция **3**). Если **C** растворить в разбавленной серной кислоте (реакция **4**) и затем добавить к раствору **E**, будет наблюдаться тот же эффект (реакция **5**). При смешивании **B** и раствора **C** в серной кислоте образуется красивый синий осадок **F** (реакция **6**). Вещество **D** было крайне инертным, но его полностью удалось сжечь в 5.63 л кислорода (н.у.), при этом образовалась смесь газов с плотностью по воздуху 1.42 (реакции **7, 8**). При ее пропускании через избыток известкового молока образовалось 22.2 г белого осадка (реакция **9**). Также оказалось, что при прокаливании 400 мг **D** с избытком **C** получается простое вещество **G** (реакция **10**) серого цвета, при этом смесь твердых веществ становится легче на 210 мг. Старший товарищ Миши, работающий в лаборатории, подсказал ему, что **B** содержит 42.48 % калия, 19.56 % **D**, 22.81 % азота и 15.15 % **G**, причем в синем осадке **F** содержание **G** равно 36.39%.

1. Рассчитайте массовое содержание всех добавок в солях в расчете на 1 кг (4 штуки).
2. Определите все зашифрованные в задаче вещества **A – G, X** (8 штук).
3. Напишите все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче (10 штук).
4. Рассчитайте объемный состав смеси газов, которая образуется при сжигании **D**.
5. Укажите, с какой целью в белую пищевую соль добавляют вещества **A** и **B**.

Примечание. Цифрами в скобках обозначены номера зашифрованных реакций. При расчетах берите молярные массы элементов с точностью до десятых.