



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

Задачи для 8 класса

Задача 8.1

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. Покачав 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 8.2

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> <table border="0"> <tr> <td>Атом</td> <td>Номера веществ</td> </tr> <tr> <td>Н</td> <td>IV, VIII, IX</td> </tr> <tr> <td>С</td> <td>II, IX</td> </tr> <tr> <td>О</td> <td>II, III, VII, X</td> </tr> <tr> <td>Р</td> <td>VI, X</td> </tr> </table>	Атом	Номера веществ	Н	IV, VIII, IX	С	II, IX	О	II, III, VII, X	Р	VI, X	<p>Е. Соотношения молекулярных масс:</p> $Mr(VI) + Mr(VII) = 438.5$ $Mr(VII) + Mr(X) = 450$ $Mr(X) + Mr(VI) = 428.5$ $Mr(II) = Mr(VIII) = \frac{Mr(VI) + Mr(VII) + Mr(X)}{23.5}$
Атом	Номера веществ											
Н	IV, VIII, IX											
С	II, IX											
О	II, III, VII, X											
Р	VI, X											
<p>Б. I простое, II-X сложные бинарные.</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 8.3

Максимальный балл: 25. Автор: Дмитриев В. А.

Для пересчета массы в объем и обратно химики пользуются понятием плотности. Ознакомьтесь с таблицей плотностей растворов NaCl и KNO₃ в зависимости от массовой доли растворенного вещества.

1. Какую плотность будет иметь раствор массой 184 г, содержащий 7,36 г NaCl?

При растворении солей в воде вместе с изменением массы раствора происходит изменение объема.

2. Какая из двух приведенных солей даст большее увеличение объема раствора при его приготовлении из 11 г соли и 100 г воды. Ответ подтвердите расчетом.

№	Масса, г
1	158.23
2	308.70
3	318.28
4	277.88

Экспериментатор взвесил пустой **стакан 1**, затем налил в него воды и взвесил снова, после этого насыпал туда нитрат калия и взвесил в третий раз. Последнее измерение массы он произвел после того, как выпарил на плитке часть воды. Результаты измерений он внес в таблицу слева.

3. Определите плотность раствора до упаривания.
4. Определите плотность раствора после упаривания.

Экспериментатор добавил к конечному раствору какое-то количество нитрата калия, при этом плотность полученного раствора составила 1.13 г/мл

5. Рассчитайте массу добавленной соли и массу получившегося раствора.

Экспериментатор продолжил работу со **стаканом 1** и получившимся в нем раствором. Теперь он добавил туда неизвестное количество воды, после этого разделил раствор на 2 равные части, разлив их в **стакан 2** и **стакан 3**. В **стакан 2** он добавил 85 г воды, а в **стакан 3** 5 г соли. После проделанных операций масса раствора в **стакане 2** оказалась в 2 раза больше массы раствора в **стакане 3**.

6. Определите сколько воды добавил экспериментатор в **стакан 1**.
7. На сколько отличается массовая доля соли в растворах в **стакане 2** и **стакане 3**?

ω , %	Плотность раствора NaCl, г/мл, 20°C	Плотность раствора KNO ₃ , г/мл, 20°C
1	1,005	1,004
2	1,013	1,011
4	1,027	1,023
6	1,041	1,036
8	1,056	1,049
10	1,071	1,063
12	1,086	1,076
14	1,101	1,090
16	1,116	1,103
18	1,132	1,118
20	1,148	1,133