

# ЛХХІІ Московская олимпиада школьников по химии

Заключительный этап

Теоретический тур

21 февраля 2016 года

## 8 класс

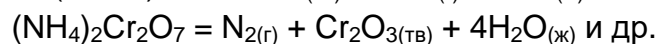
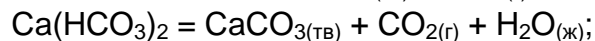
*Решения всех заданий считаются полными только в том случае, если записаны все необходимые уравнения реакций, расчеты и рассуждения.*

1. Приведите примеры 2 уравнений реакций, в которых одновременно образовывались бы вещества во всех трех (при комнатной температуре) агрегатных состояниях. Помните: раствор является смесью, а не индивидуальным соединением!

*Рекомендации к решению.*

Ответом задачи могут являться любые разумные реакции, отвечающие условию.

Например,



За каждое уравнение реакции – по 5 баллов

**Всего за задачу – 10 баллов**

2. Хлорофилл – зеленый пигмент растений, участвующий в процессе фотосинтеза – представляет собой сложное органическое соединение с молярной массой 892 г/моль. В состав хлорофилла входят (по массе): Mg – 2,69%, С – 73,99%, О – 8,97%, N – 6,27%, остальное – водород.

1. Рассчитайте, сколько атомов магния содержится в одной молекуле хлорофилла.

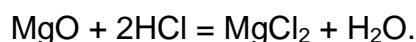
2. Твердый остаток, полученный при сжигании 100 г хлорофилла, растворили в 100 г 10%-ной соляной кислоты. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

*Рекомендации к решению.*

1. Поскольку молярная масса хлорофилла составляет 892 г/моль, то на магний приходится  $892 \times 0,0269 = 24$  г/моль, что соответствует одному атому магния в молекуле (поскольку молярная масса магния равна 24 г/моль).

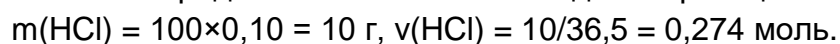
Тот же ответ можно получить, рассчитав из данных задачи брутто-формулу хлорофилла  $\text{MgC}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4$ .

2. Сжигание сложных веществ чаще всего приводит к образованию оксидов тех элементов, которые образуют исходное вещество. Таким образом, твердым продуктом сжигания хлорофилла может быть только MgO, который реагирует с соляной кислотой по уравнению:

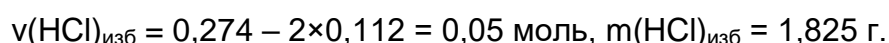


В 100 г хлорофилла содержится  $100 \times 0,0269 = 2,69$  г или  $2,69/24 = 0,112$  моль атомов магния. Отсюда следует, что  $v(\text{MgCl}_2) = v(\text{MgO}) = v(\text{Mg}) = 0,112$  моль.

В свою очередь соляной кислоты введено в реакцию:



По уравнению реакции видно, что соляная кислота взята в избытке. Избыток кислоты составил:



Масса раствора, полученного после реакции, складывается из массы раствора соляной кислоты и массы растворенного оксида магния:

$$m(p-ра) = 100 + 0,112 \times 40 = 104,5 \text{ г.}$$

В конечном растворе присутствуют хлорид магния массой  $0,112 \times 95 = 10,64 \text{ г}$  и непрореагировавшая соляная кислота. Их массовые доли в растворе составляют:

$$\omega(\text{MgCl}_2) = 10,64/104,5 = 0,102 \text{ (10,2\%)}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 1,825/104,5 = 0,0175 \text{ (1,75\%)}$$

Расчет числа атомов магния в молекуле хлорофилла – 3 балла

Формула твердого остатка – 1 балл

Уравнение реакции с соляной кислотой – 1 балл

Расчет массы хлорида магния – 5 баллов

Расчет массы раствора – 1 балл

Расчет массовой доли хлорида магния – 1 балл

Расчет массовой доли соляной кислоты – 2 балла

**Всего за задачу – 15 баллов**

3. В кулинарии Древнего Рима в качестве подсластителя широко использовался так называемый *defrutum*, который получали выпариванием виноградного сока в металлических котлах. Вещество **A**, которое при этом могло образовываться, сейчас получают взаимодействием оксида двухвалентного металла с уксусной кислотой (одноосновная уксусная кислота имеет формулу  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Известно, что в образующемся веществе **A** на металл приходится 63,7% массы.

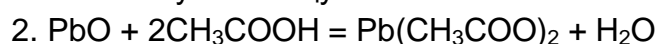
1. Какой металл мог входить в состав сплава, из которого был изготовлен котел? Ответ подтвердите расчетом.

2. Напишите уравнение реакции современного процесса получения **A**.

3. Почему в настоящее время *defrutum* не используется в пищевой промышленности?

*Рекомендации к решению.*

1. В общем случае при взаимодействии оксида с кислотой получается соль и вода, поэтому скорее всего вещество **A** является солью данного неизвестного металла. По условию металл двухвалентен, а уксусная кислота одноосновна (молярная масса кислотного остатка уксусной кислоты составляет 59 г/моль), значит, общая формула такой соли –  $\text{M}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Если считать, что молярная масса неизвестного металла  $\text{M}$  –  $x$  г/моль, то по определению массовой доли  $x/(x+2 \times 59) = 0,637$ . Отсюда  $x = 207$  г/моль, что соответствует свинцу.



3. В силу токсичности соединений свинца ими не стоит пользоваться в кулинарных целях. Есть версия, что использование свинецсодержащих посуды и водопровода является одной из причин гибели древнеримской цивилизации.

В решении принимаются любые разумные формы записи соединений уксусной кислоты!

Нахождение металла – 10 баллов

Уравнение взаимодействия оксида с кислотой – 2 балла

Обоснование токсичности соединений свинца – 3 балла

**Всего за задачу – 15 баллов**

4. Смесь углекислого и угарного (СО) газов составлена таким образом, что массовая доля кислорода в ней оказалась равной 70%.

1. Определите соотношение объемов компонентов газовой смеси.
2. Тяжелее или легче воздуха данная смесь газов? Ответ обоснуйте.
3. Предложите способ химического разделения данной газовой смеси.

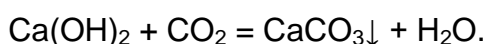
1. Пусть в нашей смеси содержится  $x$  моль СО и  $y$  моль СО<sub>2</sub>. В силу закона Авогадро их объемы будут соотноситься так же, как и количества веществ, то есть искомому соотношению отвечает величина  $x/y$ . Количество вещества атомов кислорода, содержащихся в угарном газе, равно количеству вещества СО, тогда как атомов кислорода в углекислом газе – в два раза больше.

Тогда масса атомов кислорода в смеси составит  $16(x + 2y)$ , а масса смеси газов –  $28x + 44y$ , где 28 и 44 г/моль – молярные массы угарного и углекислого газов, соответственно.

По определению массовой доли:  $16(x+2y)/(28x+44y) = 0,7$ . Откуда  $x/y = 1/3$ .

2. Значение молярной массы смеси угарного и углекислого газов может принимать значения от 28 до 44 г/моль. Поскольку рассматриваемая газовая смесь обогащена углекислым газом, то значение ее средней молярной массы ближе к 44 г/моль, чем к 28 г/моль. Поскольку средняя молярная масса воздуха составляет 29 г/моль, то очевидно, рассматриваемая смесь будет тяжелее воздуха.

3. Химически смесь можно разделить следующим образом: при пропускании через раствор гидроксида кальция (известковую воду) углекислый газ вступает в реакцию и поглощается, тогда как угарный – нет:



Поглощенный таким образом углекислый газ можно регенерировать, прокалив карбонат кальция:



Расчет состава газовой смеси – 8 баллов

Обоснование относительной плотности по воздуху – 6 баллов

Любые приемлемые способы разделения газов – 6 баллов

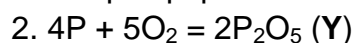
*Всего за задачу – 20 баллов*

5. 0,5 моль простого вещества, образованного элементом **X**, полностью реагируют с 14 л (н.у.) кислорода. При этом образуется 35,5 г твердого белого продукта **Y**, при взаимодействии которого с горячей водой получается соединение **Z**. Раствор **Z** в присутствии метилового оранжевого приобретает красный цвет.

1. Установите элемент **X**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Приведите уравнения описанных реакций, укажите формулы веществ **Y** и **Z**.

*Рекомендации к решению.*

1. При реакции простого вещества с кислородом образуются соответствующие оксиды. Количество вещества кислорода, введенного в реакцию, составляет  $14/22,4 = 0,625$  моль или  $0,625 \times 32 = 20$  г. Тогда, по закону сохранения массы, на простое вещество приходится  $35,5 - 20 = 15,5$  г и, следовательно, молярная масса **X** составляет  $15,5/0,5 = 31$  г/моль. **X** – это фосфор Р.



$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$  (**Z**, появление кислоты в растворе приводит к изменению цвета индикатора)

Определение элемента X – 10 баллов

За каждое уравнение – по 5 баллов

Всего за задачу – 20 баллов

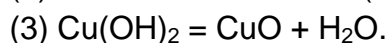
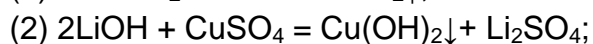
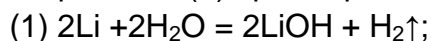
6. Одним из химических свойств солей является их способность к реакции с металлами, часто формулируемая как «более активные металлы вытесняют менее активные из растворов их солей». Учащийся решил воспользоваться этим правилом для получения меди. Для этого он поместил в широкую пробирку раствор сульфата меди (II), закрепил ее в лапке штатива и бросил в пробирку кусочек лития. Однако вместо ожидаемого слоя меди на поверхности металла, литий зашипел (1), раствор начал мутнеть (2), а затем в верхней части раствора образовалось черное нерастворимое вещество, постепенно распространившееся по всему объему раствора (3).

1. Объясните наблюдаемые явления, приведите уравнения реакций (1)-(3).

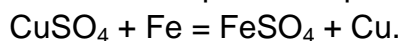
2. Каким образом можно получить медь из раствора сульфата меди (II)? Опишите постановку эксперимента, ожидаемые наблюдения и уравнение происходящего процесса.

*Рекомендации к решению.*

1. Литий зашипел, поскольку достаточно активен для того, чтобы взаимодействовать с водой, в которой растворен сульфат меди. При этом выделяется водород и образуется гидроксид лития (1). Реакция лития с водой сильно экзотермична. Гидроксид лития вызвал помутнение раствора медного купороса, поскольку при их взаимодействии начал выделяться нерастворимый гидроксид меди (II) (2). Черное нерастворимое вещество, появившееся впоследствии – оксид меди (II), продукт дегидратации указанного гидроксида (3) при нагревании. Уравнения:



2. Основная ошибка юного экспериментатора – использование слишком активного металла для вытеснения меди. Для успешного проведения данного эксперимента необходимо взять металл, не реагирующий с водой при обычных условиях. Классический эксперимент подобного рода, описанный во всех учебниках – опускание предварительно зачищенной от оксидной пленки железной пластинки в раствор медного купороса. Уже через несколько минут хорошо видно образование медного покрытия на железной пластинке. При этом происходит реакция вытеснения меди из ее соли:



Каждое уравнение реакции, описывающее процессы в пробирке – по 3 балла

Объяснение каждого изменения, протекающего в пробирке – по 2 балла

Описание корректного эксперимента – 3 балла

Уравнение реакции корректного эксперимента – 2 балла

Всего за задачу – 20 баллов

Всего 100 баллов