

Всероссийская олимпиада школьников по химии, 2013/14 год

I этап

10 класс

Задача 1. Восстановите левую или правую часть уравнений следующих химических реакций

- 1) ... \rightarrow $\text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) ... \rightarrow $2\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) ... \rightarrow $4\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 4\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 4) $\text{CuS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$...
- 5) $6\text{HNO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow$...

Задача 2. При прокаливании исследуемой безводной соли ортофосфорной кислоты и трехвалентного металла она теряет 17% массы. Молярная масса исследуемой соли равна 318 г/моль.

А. Установите формулу соли.

Б. Напишите уравнение реакции её термического разложения. Назовите продукты реакции.

В. Приведите уравнения реакций трёх способов получения этой соли.

Задача 3. При хлорировании на свету индивидуального изомера некоторого алкана была получена смесь продуктов реакции, в которой содержалось только два изомерных моноклорпроизводных. Плотность паров моноклорпроизводных по исходному алкану равна 1,4.

А. Изомер какого алкана был взят для этого эксперимента? Выводы подтвердите соответствующими расчетами.

Б. Сколько изомеров имеет этот алкан? Напишите структурные формулы всех изомеров искомого алкана и назовите их по систематической номенклатуре.

В. Установите строение изомера этого алкана, при хлорировании которого образуются только два моногалогенпроизводных.

Г. Напишите уравнение реакции хлорирования этого изомера и укажите, какой из хлорзамещенных преобладает в смеси продуктов реакции. Назовите по систематической номенклатуре органические продукты реакции.

Задача 4. В лаборатории устанавливали состав газообразного органического соединения. Для анализа был взят образец объемом 448мл (н.у.) и массой 1,16 г. Продукты сгорания этого образца полностью поглотились при последовательном пропускании их через трубку с оксидом фосфора(V) и концентрированным раствором гидроксида калия. Масса трубок увеличилась соответственно на 1,8 г и 3,52 г.

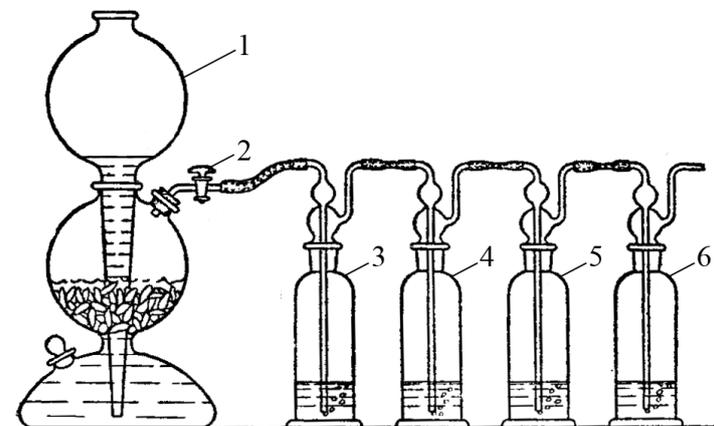
А. Какие выводы исследователи могут сделать на основании анализа результатов исследования?

Б. Какое соединение изучали в лаборатории? Выводы подтвердите соответствующими расчетами.

В. Напишите уравнения всех химических реакций, упомянутых в задаче.

Г. Имеет ли искомое соединение изомеры? Если имеет, то напишите их структурные формулы и назовите по систематической номенклатуре.

Задача 5. Для исследования свойств некоторого газа юные химики собрали лабораторную установку, как показано на рисунке.



В аппарат Киппа 1 загрузили кусочки сульфида железа (II) и налили соляную кислоту. В четыре промывные склянки 3 – 6 налили разбавленные растворы лакмуса, нитрата свинца, бромную воду и насыщенный раствор сернистого газа, но, к сожалению, забыли, в какой именно склянке каждый раствор находится.

После того как открыли кран 2, кислота начала взаимодействовать с сульфидом, из аппарата Киппа стал выделяться бесцветный газ, который последовательно проходил через растворы в склянках 3 – 6. Некоторые результаты наблюдений юные исследователи представили в таблице.

№ склянки	Раствор до начала реакции	Изменения после пропускания газа
3	бесцветный	?
4	?	смесь помутнела, постепенно выпал осадок желтого цвета
5	?	?
6	бурый	раствор обесцветился и помутнел

А. Какой газ получили юные химики в аппарате Киппа? Ответ подтвердите уравнением реакции. Можно ли в данном случае сульфид железа заменить сульфидом натрия или меди?

Б. Помогите юным исследователям определить, какие растворы находились в склянках 3 – 6. Объясните свое решение, проиллюстрировав его соответствующими уравнениями химических реакций.

В. Приведите еще 2 примера получения исследуемого газа в лаборатории.

Г. О каких мерах безопасности следует помнить при выполнении данного эксперимента?

Задача 6. Для исследования взяли порошок белого цвета и отмерили 296 мг. Навеску порошка перенесли в стакан с избытком соляной кислоты, при этом выделился углекислый газ, объемом 89,6 мл (н.у.). Какое вещество исследовали?

Решения - 10 класс

В том случае, если участники олимпиады предлагают правильное решение, но отличное от представленных образцов, то задача оценивается по согласованию с жюри, исходя из максимального количества баллов по данной задаче.

Задача 1.

- 1) $\text{MnO}_2 + 4\text{HBr} = \text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 2\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $4\text{FeSO}_4 + 8\text{NaOH} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 4\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 4) $\text{CuS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 5) $6\text{HNO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 = 3\text{N}_2\text{O}_5 + 2\text{H}_3\text{PO}_4$

За каждое уравнение по 2 балла

Всего: 10 баллов

Задача 2.

А. Установление формулы соли.

Искомая соль по условию задачи – безводная. Значит, эта соль - не кристаллогидрат. Видимо, соль относится к кислым, так как теряет массу при нагревании. При разложении данной соли ортофосфорной кислоты выделяется вода.

Определение массы выделившейся воды при разложении 1 моль соли.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,17 \times 318 \approx 54 \text{ г}$$

Количество вещества воды равно 3 моль. Следовательно, искомая соль является дигидроортофосфатом: $\text{Me}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$.

Определение металла, входящего в состав соли.

$$M(\text{Me}) = M(\text{Me}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3) - 3M(\text{H}_2\text{PO}_4); M(\text{Me}) = 318 - 291 = 27 \text{ г/моль}$$

Следовательно, соль образована алюминием.

Формула исследуемой соли $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$.

5 баллов

Б. Полученный вывод подтверждается уравнением реакции



Метафосфат алюминия

2 балла

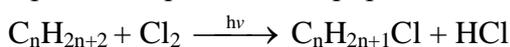
В. 3 балла (по 1 баллу за каждое правильное уравнение)

Всего: 10 баллов

Задача 3.

А. Общая формула алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

Уравнение реакции хлорирования алканов в общем виде:



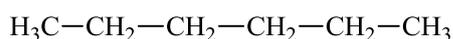
$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = (14n+2) \text{ г/моль}; \quad M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl}) = (14n+36,5) \text{ г/моль}$$

$$D(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl}) = \frac{M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl})}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2})}; \quad \frac{14n + 36,5}{14n + 2} = 1,4$$

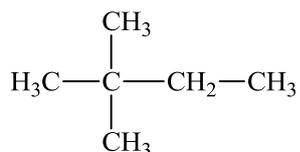
$n = 6$, следовательно, в эксперименте использовали изомер гексана C_6H_{14}

4 балла

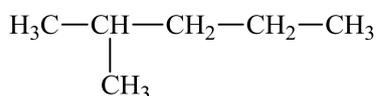
Б. Гексан имеет пять изомеров:



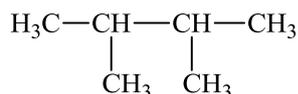
н-гексан



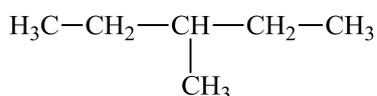
2,2-диметилбутан



2-метилпентан



2,3-диметилбутан

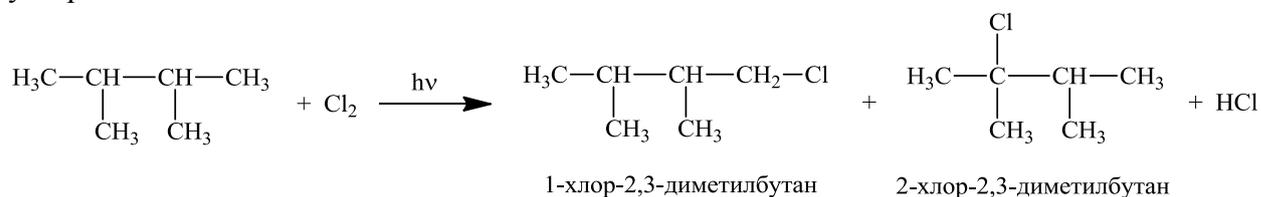


3-метилпентан

2 балла

В. Только при хлорировании 2,3-диметилбутана образуются два изомерных монохлорпроизводных. 2 балла

Г. В смеси органических продуктов реакции преобладает 2-хлор-2,3-диметилбутан, так как в реакциях радикального замещения наиболее вероятна атака третичного атома углерода.



2 балла

Всего – 10 баллов

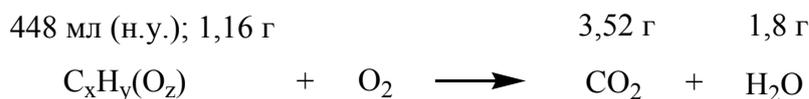
Задача 4.

А. На основании анализа результатов исследования можно предположить:

- Соединение органическое, следовательно, в его составе есть углерод, а в продуктах горения есть углекислый газ, поглощаемый в эксперименте щелочью. Масса углекислого газа будет равна приросту массы склянки со щелочью.
- Вторым продуктом реакции горения является вода, так как происходит увеличение массы трубки с оксидом фосфора(V), активно поглощающего воду. Масса воды будет равна приросту массы трубки с оксидом фосфора(V).
- В итоге можно сказать, что в состав искомого соединения входят углерод, водород и, возможно, кислород. Последнее можно доказать с помощью расчетов.

2 балла

Б. уравнение реакции горения искомого соединения в общем виде:



$$n(\text{C}_x\text{H}_y(\text{O}_z)) = 0,448 / 22,4 = 0,02 \text{ моль}$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y(\text{O}_z)) = 1,16 : 0,02 = 58 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = 3,52 / 44 = 0,08 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1,8 / 18 = 0,10 \text{ моль}$$

Расчет количества вещества и массы углерода, водорода, (кислорода) в исходном веществе

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,08 \text{ моль}; \quad m(\text{C}) = 0,08 \times 12 = 0,96 \text{ г}$$

$$n(\text{H}) = n(\text{H}_2\text{O}) \times 2 = 0,2 \text{ моль}; \quad m(\text{H}) = 0,2 \times 1 = 0,20 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = 0,96 \text{ г} + 0,20 \text{ г} = 1,16 \text{ г}$$

$m(\text{C}_x\text{H}_y(\text{O}_z))$ по условию задачи равна 1,16 г, следовательно, кислорода в исходном соединении нет. Его формулу можно представить так - C_xH_y

Его формулу можно представить так - C_xH_y

Нахождение простейшей формулы этого вещества

$$x : y = n(\text{C}) : n(\text{H}) = 0,08 : 0,20 = 1 : 2,5$$

$$M(\text{CH}_{2,5}) = 14,5 \text{ г/моль}$$

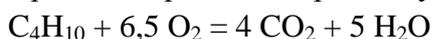
$$\frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{CH}_{2,5})} = \frac{58}{14,5} = 4$$

Истинная формула искомого соединения C_4H_{10}

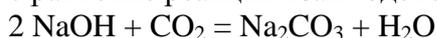
4 балла

В.

Уравнение реакции горения бутана



Уравнение реакции взаимодействия углекислого газа со щелочью



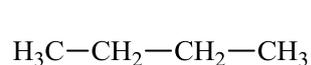
Уравнения реакции взаимодействия воды с оксидом фосфора(V)



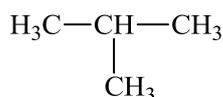
В зависимости от условий образуются разные фосфорные кислоты.

3 балла

Г. Бутан имеет два изомера.



н-бутан



метилпропан

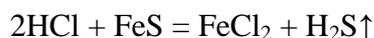
1 балл

Всего: 10 баллов

Задача 5.

Решение

А. В аппарате Киппа получили сероводород. В задаче описан лабораторный способ его получения



1 балл

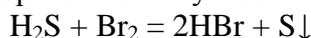
1 балл

Сульфид натрия для получения H_2S в аппарате Киппа использовать нецелесообразно, т.к. Na_2S растворяется в воде. Реакцию нельзя будет остановить.

CuS также не используют, т.к. он не реагирует с соляной кислотой.

1 балл

Б. Бурую окраску имеет только один исходный раствор — бромная вода. При пропускании сероводорода бурая окраска брома исчезает, раствор обесцвечивается, выпадает осадок серы, за счет которого смесь мутнеет:

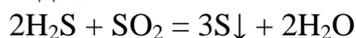


В склянке 6 находилась бромная вода.

1 балл

Бесцветными были два исходных раствора: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и SO_2 .

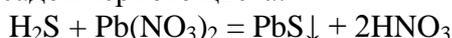
При взаимодействии сероводорода с сернистым газом в присутствии воды образуется сера, которая постепенно выпадает в осадок:



Таким образом, в склянке 4 находился насыщенный раствор сернистого газа.

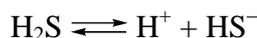
1 балл

Второй бесцветный раствор, т.е. раствор нитрата свинца, находился в склянке 3. При пропускании H_2S выпадает осадок черного цвета:



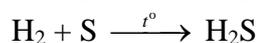
1 балл

Остается только раствор лакмуса, который, очевидно, находился в склянке 5. Фиолетовая окраска лакмуса при пропускании H_2S постепенно переходит в красную, т.к. сероводород является слабой кислотой:



1 балл

В. Могут быть предложены различные варианты, например, прямой синтез:



Гидролиз сульфида алюминия:



По 1 баллу за каждый верный способ получения,
но не более 2-х баллов.

Г. Сероводород ядовит, с ним необходимо работать под тягой. Следует предусмотреть поглощение избытка H_2S , выделяющегося из установки.

Соли свинца сильно ядовиты. При работе с раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ следует соблюдать предельную осторожность, предотвратить всякую возможность попадания раствора в ротовую полость.

1 балл

Итого 10 баллов

Задача 6.

Примерный вариант решения

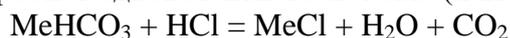
При действии на исследуемое вещество соляной кислотой выделяется углекислый газ, следовательно, для анализа взяли карбонат или гидрокарбонат.

1 балл

Количество выделившегося углекислого газа $0,0896 : 22,4 = 0,004$ моль

1 балл

Если исследовали гидрокарбонат одновалентного металла (или аммония)

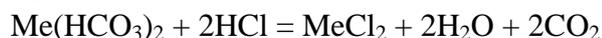


Молярная масса исходной соли $0,296 : 0,004 = 74$ г/моль, тогда

$M(\text{Me}) = 74 - 1 - 12 - 48 = 13$ г/моль, такого металла нет.

1 балл

Если металл двухвалентный

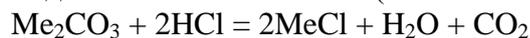


$M(\text{Me}(\text{HCO}_3)_2) = 0,296 : 0,002 = 148$ г/моль

$M(\text{Me}) = 148 - 2 - 24 - 96 = 26$ г/моль, такого металла нет.

1 балл

Если исследовали карбонат одновалентного металла (или аммония)



Молярная масса исходной соли $0,296 : 0,004 = 74$ г/моль, тогда

$M(\text{Me}) = (74 - 12 - 48) : 2 = 7$ г/моль, металл — литий Li.

2 балла

Исследуемая соль — карбонат лития Li_2CO_3

2 балла

Другие варианты соли не удовлетворяют условию.

Максимально за проверку других вариантов — 2 балла

Итого 10 баллов

Макс. балл: 60