

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП 2023**

10 класс

**Ключи и критерии оценивания
Максимальное количество баллов - 100**

1. Найдено, что исследуемое вещество, образованное в результате взаимодействия с пятихлористым фосфором, содержит 30,70% - углерода, 3,82% - водорода, 45,23% - хлора. При качественном элементарном анализе другие элементы обнаружены не были. Относительная плотность данного вещества по воздуху 2,7069. Выведите эмпирическую и молекулярную формулу соединения, дайте ему название, напишите уравнение реакции получения с пятихлористым фосфором.

Ответ:

Вычисляем процентное содержание кислорода в соединении:

$$100 - (30,70 + 3,82 + 45,23) = 20,25 \text{ (2 балла)}$$

Находим соотношение элементов в соединении:

$$30,70/12 \text{ (C)} : 3,82/1 \text{ (H)} : 45,23/35,5 \text{ (Cl)} : 20,25/16 \text{ (O)} = 2:3:1:1 \quad (3 \text{ балла})$$

Эмпирическая (простейшая) формула C_2H_3OCl (1 балл)

Находим молекулярную массу вещества по относительной плотности: $29 \cdot 2,7069 = 78,50$ (2 балла), отсюда пишем структурную формулу CH_3COCl (1 балл) этаноилхлорида (3 балла) (ацетилхлорида, хлорангидрида уксусной кислоты – по 1 баллу)

Уравнение реакции:



Итого – 20 баллов

2. При полном сжигании 5 мг вещества выделилось 16,92 мг углекислого газа и воды 3,46 мг. Плотность данного вещества по водороду равна 39. Определите молекулярную и структурную формулу искомого вещества. Напишите реакцию взаимодействия данного соединения с пропиленом в кислой среде. (20 баллов)

Ответ:

Находим содержание углерода в углекислом газе: $16,92 \cdot 12 / 44 = 4,6$ г

Определяем процентное содержание углерода в искомом веществе:

$$4,6 / 5 \cdot 100\% = 92,3\% \text{ (3 балла, можно определить через количество вещества)}$$

Находим содержание водорода в воде: $3,46 \cdot 2 / 18 = 0,38$ г

Определяем процентное содержание водорода в искомом веществе:

$0,38 / 5 * 100\% = 7,7\%$ (3 балла, можно определить через количество вещества)

$92,3+7,7=100\%$, т.е. вещество содержит только углерод и водород (1 балл)

Найдем атомные соотношения элементов, входящих в его молекулу
 $92,3/12 : 7,7/1 = 7,7:7,7 = 1:1$ (3 балла)

C_nH_n - общая формула (1 балл)

Находим истинную молекулярную массу вещества по плотности по водороду: $39*2=78$ г/моль (1 балл)

Из общей формулы находим количество атомов в молекуле:

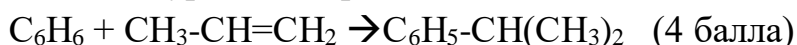
$$12n+n=78$$

$$13n=78$$

$$n=6 \text{ (2 балла)}$$

Формула C_6H_6 (1 балл) или бензол, (нарисовать структурную формулу)
– 1 балл

Написать уравнение реакции:



Итого – 20 баллов

3. В 1836 году изучая состав светильного газа, английский ученый Эдмунд Дэви открыл газ, который получил название в честь уксуса. В настоящее время данный газ широко используется в химической промышленности, очень горюч, но не используется в качестве топлива. В современном химическом синтезе получение этого вещества осуществляют пиролизом при $1600^{\circ}C$.

Дайте тривиальное и химическое название данного вещества, опишите его строение и охарактеризуйте физические свойства. Дайте химическое объяснение неиспользованию данного газа в качестве топлива. Напишите реакции получения пиролизом и синтез циклического ароматического соединения из исследуемого вещества.

Ответ:

Этин или ацетилен — алкин (2 балла), поэтому для него характерно:

линейное строение молекулы;

валентный угол 180°

полярная σ -связь между атомом углерода и атомом водорода (2 балла);

sp-гибридизация орбиталей атомов углерода;

тройная связь между атомами углерода;

наличие двух π – связей между атомами углерода и трех σ -связей – графическое изображение (2 балла).

При горении образует большое количество сажи (копоти), поэтому использование в качестве топлива неэффективно (1 балл).

Реакция горения: $C_2H_2 + O_2 \rightarrow C + CO + H_2O$ (1 балл)

Пиролиз метана: $2CH_4 \xrightarrow{(1500-1600^\circ C)} C_2H_2 + 3H_2$ (1 балл)

Тримеризация ацетилена:

$3C_2H_2 \xrightarrow{(450^\circ C, \text{ акт. уголь})} C_6H_6$ - (1 балл)

Итого - 10 баллов

4. Транспортный белок крови способный переносить углекислый газ и кислород, придающий характерную окраску крови человека, содержит 0,34% железа. Определите его относительную молекулярную массу и истинную молекулярную массу, учитывая, что молекула данного белка содержит 4 атома железа. Назовите его.

Ответ: Белок – гемоглобин (3 балла)

Атомная масса железа 56 г/моль (1 балл), отсюда относительная молекулярная масса белка будет $56 \cdot 100 / 0,34 = 16470,59$ Да (дальтон) (3 балла), а истинная масса белка будет в 4 раза больше = 65883,35 Да (3 балла)

Итого – 10 баллов

5. Через смесь растворов солей нитрата серебра и нитрата меди (II), объемом 160 мл, пропустили ток силой 0,804 А в течение 2 часов, в результате на катоде выделилось 3,44 г смеси двух металлов. Определите молярную концентрацию обеих солей в исходном растворе, если известно, что раствор, полученный по окончании опыта, не содержит ни ионов меди, ни ионов серебра.

Ответ:

Схема электролиза солей: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag^0$

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ (4 балла)

Для выделения 1 моль серебра необходимо $1 F = 1 \cdot 96500$ Кл, а для выделения 1 моль меди необходимо $2 F = 2 \cdot 96500 = 193000$ Кл (2 балла).

Количество вещества нитрата серебра возьмем за x моль, а количество вещества нитрата меди за y моль. В результате электролиза образуется x моль серебра и y моль меди. Следовательно,

$108x + 63,5y = 3,44$ (2 балла)

На образование таких количеств металлов расходуется $96500x + 193000y$ Кл (1 балл). Через раствор пропустили $0,804 \cdot 2 \cdot 3600 = 5788,8$ Кл. По уравнению $Q=I \cdot t$ (1 балл). Т.е.:

$$96500x + 193000y = 5788,8$$

$$x + 2y = 0,06 \quad (2 \text{ балла})$$

Решаем систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 108x + 63,5y = 3,44 \\ x + 2y = 0,06 \end{cases}$$

$$108 \cdot (0,06 - 2y) + 63,5y = 3,44$$

$$6,48 - 216y + 63,5y = 3,44$$

$$6,48 - 3,44 = 152,5y$$

$$3,08 / 152,5 = y$$

$$0,02 = y \quad (3 \text{ балла})$$

$$x = 0,06 - 2 \cdot 0,02$$

$$x = 0,02$$

$$x = y = 0,02 \quad (2 \text{ балла})$$

в 160 мл исходного раствора содержалось по 0,02 моль солей (нитрата серебра и нитрата меди)

Молярная концентрация каждой из солей равна:

$$C = n/V, C = 0,02/0,16 = 0,125 \text{ моль/л} \quad (3 \text{ балла})$$

ИТОГО – 20 баллов

6. Относительная молекулярная масса органического вещества **A** равна 86. Процентное содержание $C=69,8\%$, $H=11,6\%$, других элементов при анализе продуктов горения не обнаружено. При взаимодействии с CH_3MgI образуется вещество **B**, гидролиз которого дает вещество **C**. В результате внутримолекулярной дегидротации вещество **C** превращается в вещество **D**, которое при окислении дает эквимольную смесь пропионовой кислоты и ацетона. Установите строение веществ **A**, **B**, **C** и **D**. Напишите все реакции.

Ответ :

18,7 % = 100 – 69,8 – 11,5 (процентное содержание кислорода) (1 балл)

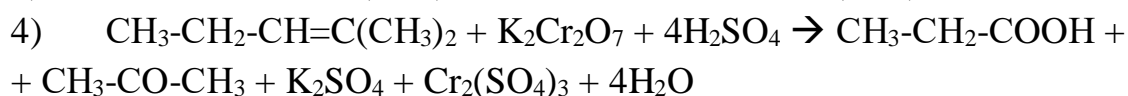
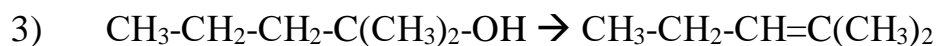
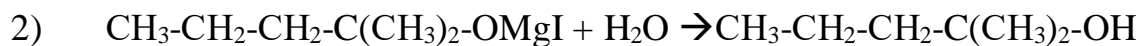
Найдем молекулярную формулу вещества А:

$$69,8\% / 12 : 11,5\% / 1 : 18,7\% / 16 = 5,8 : 11,6 : 1,16 = 5 : 10 : 1 \text{ (2 балла)}$$

Простейшая формула вещества А – $C_5H_{10}O$, а молекулярная – $(C_5H_{10}O)_n$ (1 балл).

Так как, молекулярная масса 86 г/моль вычислим n: $86/12*5+1*10+16=1$ (1 балл). Значит, общая формула вещества будет $C_5H_{10}O$, к данной формуле соответствуют: карбонильные соединения, непредельные или циклические спирты, однако в данные реакции вступают только оксосоединения (альдегиды и кетоны). Альдегиды не способны образовать в результате разветвленные непредельные соединения (окисление D дает пропионовую кислоту и *ацетон*). Поэтому вещество А это кетон (3 балла).

Реакции:



3 балла за уравнение*4=12 баллов

Итого – 20 баллов.