2022-2023 уч. год

Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный этап (решение)
10 класс

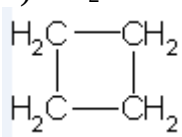
Задание 1.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$\mathbf{C_2H_2} \xrightarrow{CuCl,NH_4Cl,H^+,80^0} \mathbf{X_1} \xrightarrow{H_2,Ni,t^0} \mathbf{X_2} \xrightarrow{Br_2,40^0} \mathbf{X_3} \xrightarrow{H_2} \mathbf{X_4} \xrightarrow{Mg} \mathbf{X_5}$$

При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ, указывайте преимущественно образующиеся продукты.
Назовите органические вещества, представленные в цепочке (C_2H_2, X_1 – X_5), по заместительной номенклатуре ИЮПАК.

Решение задания № 1

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	**Баллы**
Уравнения реакций: 1) $2CH \equiv CH$ ==> $CH \equiv C – CH = CH_2$ 2) $CH \equiv C – CH = CH_2 + H_2$ ==> $CH_2 = CH – CH = CH_2$ 3) $CH_2 = C – CH = CH_2 + Br_2$ ==> ⇨ $CH_2Br - CH = CH - CH_2Br$ 4) $CH_2Br - CH = CH – CH_2Br + H_2$ ===> ===> $CH_2Br – CH_2 – CH_2 – CH_2Br$ 5) $CH_2Br – CH_2 – CH_2 – CH_2Br + Mg$ ===> $MgBr_2$ +  В реакции 5 возможно использование цинка вместо магния.	**5 баллов** (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
Названия веществ: $CH \equiv CH$ этин X_1 – бутен-1-ин-3 X_2 – бутадиен – 1,3 X_3 – 1,4 - дибромбутен - 2 X_4 – 1,4 - дибромбутан X_5 – циклобутан	**3 балла** (по 0,5 балла за название каждого вещества по заместительной номенклатуре ИЮПАК)
Итого	**8 баллов**

Задание 2.

В газовой смеси содержится метан (CH_4) (φ = 40%, *w* = 48,5%), оксид азота (II) (φ = 20%) и некий третий компонент. Установите название третьего компонента газовой смеси. Рассчитайте плотность смеси при н.у. Напишите уравнения реакций, которые могут протекать при нагревании смеси. Приведите по одному уравнению реакций получения компонентов смеси (среди реагентов не должно быть кислот и простых веществ).

Решение задания № 2

<table>
<tr><th>Содержание верного ответа и указания к оцениванию</th><th>Баллы</th></tr>
<tr><td>1. Определим неизвестный компонент смеси.
1.1. Вычислим массы и объемы газообразных компонентов смеси на 100 л смеси:
<table>
<tr><th>Газ</th><th>M, г/моль</th><th>φ</th><th>V, л (на 100 л смеси)</th><th>m, Масса газообразного вещества, г</th></tr>
<tr><td>CH_4</td><td>16</td><td>0,40</td><td>40</td><td>$\frac{40}{22,4} \cdot 16 = 28,57$</td></tr>
<tr><td>NO</td><td>30</td><td>0,20</td><td>20</td><td>$\frac{20}{22,4} \cdot 30 = 26,78$</td></tr>
<tr><td>X</td><td>X</td><td>0,40</td><td>40</td><td>$\frac{40}{22,4} \cdot x = 1,79x$</td></tr>
</table>
1.2. Вычислим молярную массу неизвестного компонента (т.к. известна массовая доля метана в смеси). Она обозначена – x моль
M (CH_4): $\frac{28,57}{28,57+26,78+1,79x} = 0,485$
X = 2
Газом с молярной массой 2 г/моль может быть только водород H_2.</td><td>3 балла</td></tr>
<tr><td>2. Вычислим плотность газовой смеси
ρ = m/V = (28,57 + 26,78 + 1,79·2)/100 = 0,589 г/л</td><td>1 балл</td></tr>
<tr><td>3. Уравнения реакций, которые могут протекать при нагревании смеси
$2H_2 + 2NO \longrightarrow 2H_2O + N_2$
$CH_4 + 4NO \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + 2N_2$</td><td>2 балла</td></tr>
<tr><td>Уравнения реакций получения некоторых компонентов смеси (среди реагентов не должно быть кислот и простых веществ).
$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2$
$Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4A1(OH)_3 + 3CH_4$
$2NO_2 \longrightarrow 2NO + O_2$</td><td>3 балла</td></tr>
<tr><td>Итого</td><td>9 баллов</td></tr>
</table>

Задание 3.

При гидратации двух нециклических углеводородов, содержащих одинаковое число атомов углерод, образовались монофункциональные производные – спирт и кетон – в молярном соотношении 3:1. Масса продуктов сгорания исходной смеси после пропускания через трубку с избытком P_2O_5 уменьшилась на 27,72%.

Установите исходные углеводороды, если известно, что при пропускании их смеси через аммиачный раствор хлорида меди (I) выпадает осадок, а один из них имеет разветвленный углеродный скелет.

Решение задания № 3

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Нециклические УВ, образующие при гидратации спирт и кетон – это алкен C_nH_{2n} и алкин C_nH_{2n-2} $n(C_nH_{2n}) / n(C_nH_{2n-2}) = 3:1$	**1 балл**
Уравнения реакций гидратации в общем виде: $C_nH_{2n} + H_2O \Rightarrow C_nH_{2n+1}OH$ $C_nH_{2n-2} + H_2O \Rightarrow C_nH_{2n}O$	**1 балл**
При сгорании смеси этих УВ в соотношении 3 моль C_nH_{2n} : 1 моль C_nH_{2n-2} количественные соотношения: $\overset{3\ моль}{C_nH_{2n}} + \frac{3n}{2}O_2 \Rightarrow \overset{3n\ моль}{n\,CO_2} + \overset{3n\ моль}{n\,H_2O}$ $\overset{1\ моль}{C_nH_{2n-2}} + (3n-1)O_2 \Rightarrow \overset{n\ моль}{n\,CO_2} + \overset{n-1\ моль}{(n-1)H_2O}$ Образуется углекислый газ: $n(CO_2) = 3n + n = 4n$ и вода: $n(H_2O) = 3n = n-1 = 4n-1$	**2 балла**
Общая масса продуктов реакции сгорания: $m(CO_2) + m(H_2O) = 4n \cdot 44 + (4n-1) \cdot 18 = (248n - 18)$ г	**1 балл**
Пары воды поглощаются P_2O_5 $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$ Доля воды составляет 27,72% от общей массы продуктов сгорания: $(4n-1) \cdot 18 = 0{,}2772 \cdot (248n - 18)$ $n = 4$	**2 балла**
Осадок с аммиачным раствором хлорида меди (I) образует бутин-1: $CH_3CH_2C{\equiv}CH + [Cu(NH_3)_2]Cl \Rightarrow CH_3CH_2C{\equiv}CCu + NH_3 + NH_4Cl$	**1 балл**
Разветвленный алкен – 2-метилпропен	**1 балл**
Итого	**9 баллов**

Задание 4.

В результате термического разложения смеси нитратов натрия и металла средней активности (степень окисления +2) образовалось 32,48 л (н.у.) газовой смеси с плотностью по воздуху 1,436. Определите состав второго нитрата, если масса твердого остатка после прокаливания составляет 68,1 г. Напишите уравнения (схемы) реакций разложения нитратов.

Решение задания № 4

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Приведены уравнения реакций с учетом того, что металл средней активности разлагается до оксида MeO: $2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$ $2Me(NO_3)_2 = 2MeO + 4NO_2 + O_2$	**2 балла**
Определим количество вещества газов, образовавшихся в ходе реакции разложения: Пусть *x* моль – количество вещества $NaNO_3$ в смеси. Тогда по уравнению 1: *0,5x* моль - количество вещества O_2 Пусть *y* моль – количество вещества $Me(NO_3)_2$ в смеси. Тогда по уравнению 2: *0,5y* моль - количество вещества O_2, а *2y* моль - количество вещества NO_2 Количество вещества газообразных веществ по условию задачи: $\frac{32{,}48 л}{22{,}4\ л/моль} = 1{,}45$ моль Таким образом, 0,5x + 0,5 y + 2y = 1,45	**1 балл**
Средняя молярная масса смеси составляет: $Mср = 29 \cdot D_{возд} = 29 \cdot 1{,}436 = 41{,}644$ г/моль Используя формулу для расчета средней молярной массы смеси газов, составим систему уравнений: $\left\{\begin{array}{c} 0{,}5x + 0{,}5\,y + 2y = 1{,}45 \\ \frac{32\ \cdot (0{,}5x + 0{,}5\,y) + 46\ \cdot 2y}{0{,}5x + 0{,}5\,y + 2y} = 41{,}644 \end{array}\right\}$ x = 0,4 моль; y = 0,5 моль	**1 балл**
Из уравнений реакций следует, что твердый остаток состоит из *x* моль $NaNO_2$ и *y* моль оксида неизвестного металла. Их массы: m $NaNO_2$ = 0,4 · 69 = 27,6 г m MeO = 68,1 – 27,6 = 40,5 г	**1 балл**
M MeO = $\frac{40{,}5}{0{,}5}$ = 81 г/моль Ar Me = 81-16 = 65 Это цинк Ответ: $Zn(NO_3)_2$	**1 балл**
Итого	**6 баллов**

Задание 5.

К 200 г раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей H_3PO_4 9,8% прилили 430,8 мл 5%-ого по массе раствора КОН плотностью 1,04 г/см^3. Определите массовую долю соли в полученном растворе. Напишите уравнения всех возможных реакций, которые соответствуют условию задания.

Решение задания № 5

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	**Баллы**
Уравнения возможных реакций: $H_3PO_4 + 2KOH = K_2HPO_4 + 2H_2O$ (р-ция 1) $H_3PO_4 + KOH = KH_2PO_4 + H_2O$ (р-ция 2) $H_3PO_4 + 3KOH = K_3PO_4 + 3H_2O$ (р-ция 3)	**3 балла**
Вычислим количество вещества фосфорной кислоты в растворе: $m_{р.в.}(H_3PO_4) = \frac{9{,}8\% \cdot 200\ г}{100\%} = 19{,}6$ г $n_{р.в.}(H_3PO_4) = \frac{m(H3PO4)}{M(H3PO4)} = \frac{19{,}6}{98} = 0{,}2$ моль	**1 балл**
Вычислим количество вещества гидроксида калия в растворе: $m_{р\text{-}ра}(KOH) = 430{,}8\ мл \cdot 1{,}04\ г/мл = 448$ г $m_{р.в.}(KOH) = \frac{5\% \cdot 448\ г}{100\%} = 22{,}4$ г $n_{р.в.}(KOH) = \frac{m(KOH)}{M(KOH)} = \frac{22{,}4}{56} = 0{,}4$ моль	**1 балл**
Проведем анализ соотношений реагирующих веществ: $n(H_3PO_4) : n(KOH) = 0{,}2 : 0{,}4 = 1 : 2$ Значит, протекает реакция 1	**1 балл**
Вычислим массовую долю соли в полученном растворе: $n(K_2HPO_4) = n(H_3PO_4) = 0{,}2$ моль $M(K_2HPO_4) = 174$ г/моль $m_{р.в.}(K_2HPO_4) = 0{,}2 \cdot 174 = 34{,}8$ г $\omega_{р.в.}(K_2HPO_4) = \frac{mр.в.(K2HPO4)}{m\ р-ра} \cdot 100\% = \frac{34{,}8}{200+448} \cdot 100\% = 5{,}37\%$ Ответ: $\omega_{р.в.}(K_2HPO_4) = 5{,}37\%$	**1 балл**
Итого	**7 баллов**

Задание 6 (реальный эксперимент)

В трех пронумерованных пробирках находятся растворы сернокислого аммония, технической соды и сульфата натрия. В Вашем распоряжении имеются растворы едкого натра, соляной кислоты, хлорида бария и спиртовка. Определите, какое вещество находится в каждой пробирке. Решение представьте в виде таблицы. В таблице укажите признаки, по

которым Вы провели идентификацию. Приведите уравнения реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

Решение задания № 6

<table>
<tr><th>Содержание верного ответа и указания к оцениванию</th><th>Баллы</th></tr>
<tr><td>Таблица и признаки реакций:
<table>
<tr><th>Вещества</th><th>Na_2CO3</th><th>$(NH_4)_2SO_4$</th><th>Na_2SO_4</th></tr>
<tr><td>NaOH</td><td>-</td><td>+
Выделяется газ с характерным резким запахом</td><td>-</td></tr>
<tr><td>HCl</td><td>+
Выделяется газ, не поддерживающий горение</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>$BaCl_2$</td><td>+
Выпадает белый осадок, который растворяется в кислотах</td><td>+
Выпадает белый мелкодисперсный осадок, нерастворимый в кислотах</td><td>+
Выпадает белый мелкодисперсный осадок, нерастворимый в кислотах</td></tr>
</table></td><td>3 балла
(по 0,5 балла за каждый признак и составление таблицы)</td></tr>
<tr><td>Уравнения реакций:
1). $(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$
$NH_4^+ + OH^- = NH_3 + H_2O$
2). $Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$
$CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2 + H_2O$
3). $Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2NaCl$
$CO_3^{2-} + Ba^{2+} = BaCO_3$
4). $BaCO_3 + 2HCl = BaCl_2 + CO_2 + H_2O$
$BaCO_3 + 2H^+ = Ba^{2+} + CO_2 + H_2O$
5). $(NH_4)_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2NH_4Cl$
$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4$
6). $Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2NaCl$
$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4$</td><td>6 баллов
(по 0,5 балла за молекулярное и сокращенное ионное уравнение)</td></tr>
<tr><td>Итого</td><td>9 баллов</td></tr>
</table>

Итого за выполнение всех заданий: 8 + 9 + 9 + 6 + 7 + 9 = 48 баллов