Заключительный этап академического соревнования Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Химия» специализация «Химия» (общеобразовательный предмет химия), весна 2022 год

10, 11 классы

Вариант 1

1. Приведите в общем виде уравнение реакции восстановления оксида металла водородом.

2. При восстановлении оксида железа (II, III) оксидом углерода (II) образовалось 10,56 г соединения углерода. Чему равна масса образовавшегося при этом железа?

3. Из перечисленных ниже веществ, выберите вещество, которое не будет вступать в реакции обмена в водном растворе с остальными. Напишите химическую формулу этого вещества. Из оставшихся веществ, выберите то, которое будет реагировать с двумя другими. Напишите химическую формулу этого вещества и приведите уравнения реакций обмена с оставшимися веществами в молекулярном и ионном (полном и сокращенном) виде. Гидроксид кальция, нитрат калия, карбонат калия, хлорид меди (II).

4. Как, исходя из цинка, получить гидроксид цинка? Приведите уравнения реакций.

5. Как, исходя из метана, получите бензол, без использования других углеродсодержащих веществ? Приведите уравнения реакций и укажите условия их проведения.

6. В одной реакции образовалось 3,16 г сульфита калия, а в другой – 5,68 г сульфата натрия. Какая реакция проходила с большей скоростью и во сколько раз? Условия проведения реакций: Δt=1 мин и v=1л.

7. Запишите окончание окислительно-восстановительной реакции, приведите схему электронного баланса и напишите полное молекулярное уравнение:
$KBr + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 + MnSO_4 + ... + ...$

8. К 88 мл раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей вещества 5 % (ρ = 1,02 г/мл) прибавили 1 г оксида фосфора (V) и нагрели. Вычислите массовую долю ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе.

9. Для нейтрализации хлороводорода, образовавшегося при радикальном хлорировании 224 мл (н.у.) газообразного предельного углеводорода, потребовалось 8,7 мл 16%-ого раствора гидроксида натрия (ρ = 1,15 г/мл). Определите, сколько атомов водорода заместилось хлором.

10. К 81 г раствора бромоводородной кислоты, с массовой долей вещества 30%, добавили некоторое количество пропиламина. Затем через полученный раствор стали пропускать этилен до тех пор, пока не закончилось поглощение газа. Масса раствора оказалась равной 92,5 г. Вычислите объём (л) поглощенного газа (н.у.).

Решение варианта 1

1. Уравнение реакции в общем виде

$Me_xO_y + Y\ H_2 \rightarrow x\ Me + Y\ H_2O$

$MeO + H_2 \rightarrow Me + H_2O$ это частный случай решения (неполный ответ, 3 балла)

2. Определение количества образовавшегося вещества

$\nu(CO_2)$= m/M = 0,24 моль *$M(CO_2)$ = 44 г/моль*

Уравнение химической реакции

$Fe_3O_4 + 4\ CO \rightarrow 3\ Fe + 4\ CO_2$

$\nu(Fe)$ = x моль – 0,24 моль

Вычисление количества и массы железа

x = $\nu(Fe) = 3\cdot 0{,}24/4 = 0{,}18$ моль

$\nu(Fe)$ = 0,18 моль *M(Fe) = 56 г/моль*

m(Fe) = 0,18 · 56 = 10,08 г

Ответ: m(Fe) = 10,08 г

3. Не реагирует с другими веществами KNO_3

Реагирует с оставшимися веществами $Ca(OH)_2$

Уравнения реакций реагирующего вещества с оставшимися веществами

$Ca(OH)_2 + K_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2\ KOH$

$Ca^{2+} + \cancel{2\ OH^-} + \cancel{2\ K^+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow + \cancel{2\ K^+} + \cancel{2\ OH^-}$

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow$

$CuCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + CaCl_2$

$Cu^{2+} + \cancel{2Cl^-} + \cancel{Ca^{2+}} + 2\ OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + \cancel{2Cl^-} + \cancel{Ca^{2+}}$

$Cu^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow$

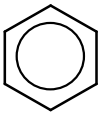
4. $Zn + Cl_2 \rightarrow ZnCl_2$

$ZnCl_2 + 2\ KOH \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2\ KCl$

Способ получения вещества в две стадии (реакции) считается рациональным.

5.

$$6\ CH_4 \xrightarrow[-\,9\,H_2]{t=1500\,^oC} 3\ H{-}C{\equiv}C{-}H \xrightarrow[t=450\text{-}500\,^oC]{activated\ carbon}$$



(C_6H_6)

Способ получения вещества в две стадии (реакции) считается рациональным.

6. Скорость химической реакции определяется количеством вещества (ν), прореагировавшего в единицу времени (t) в единице объема (v).

$$v = \frac{\nu_2-\nu_1}{v\cdot(t_2-t_1)} = \frac{c_2-c_1}{(t_2-t_1)} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Обычно концентрации реагентов выражают в моль/л, а скорость реакции — моль/(л·с).

$M(K_2SO_3)$ = 158 г/моль; $\nu(K_2SO_3)$ = 0,02 моль = ν_1

$M(Na_2SO_4)$ = 142 г/моль; $\nu(Na_2SO_4)$ = 0,04 моль = ν_2

Соотношение скоростей реакций $v_2/v_1 = \frac{\Delta c_2}{\Delta t} : \frac{\Delta c_1}{\Delta t} = \frac{\Delta c_2}{\Delta c_1} = \frac{0{,}04}{0{,}02} = 2$

Ответ. Вторая реакция протекала в 2 раза быстрее первой реакции.

7. $10\ KBr^{-1} + 2\ KMn^{+7}O_4 + 8\ H_2SO_4 \rightarrow 5\ Br^0{}_2 + 2\ Mn^{+2}SO_4 + 6\ K_2SO_4 + 8\ H_2O$

$2\ Br^{-1} - 2\ \bar{e} \rightarrow Br^0{}_2 \mid 5$

$Mn^{+7} + 5\ \bar{e} \rightarrow Mn^{+2} \mid 2$

8. Определим массу ортофосфорной кислоты в исходном растворе

$m_{р\text{-}р}(H_3PO_4) = \nu \cdot \rho = 89{,}76 \approx 90$ г

$m(H_3PO_4) = \frac{mр-р(H3PO4) \cdot \omega}{100\%} = 4{,}488 \approx 4{,}5$ г

Реакция, протекающая при добавлении P_2O_5 к раствору

$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$

1 моль – 2 моль

$\nu'(P_2O_5) = \frac{1}{142} \approx 0{,}007$ моль (добавлено в раствор) *$M(P_2O_5) = 142$ г/моль*

Вычисление количества и массы образовавшейся ортофосфорной кислоты

$\nu'(P_2O_5) = 0{,}007$ моль, образуется x моль $= \nu'(H_3PO_4) = 2 \cdot 0{,}007/1 = 0{,}014$ моль

$m'(H_3PO_4)$ $0{,}014 \cdot 98$ г/моль $= 1{,}38$ г (дополнительно образовалось в растворе)

Массы ортофосфорной кислоты и растворе, после добавления P_2O_5

$m''(H_3PO_4) = m(H_3PO_4) + 1{,}38 = 5{,}88$ г;

$m'_{р\text{-}р}(H_3PO_4) = m_{р\text{-}р}(H_3PO_4) + 1 = 90{,}76$ г

Вычисление массовой доли ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе

$\omega'(H_3PO_4) = \frac{m''(H3PO4)}{m'р-р(H3PO4)} \cdot 100\% \approx 6{,}48\ \%$

Ответ. $\omega'(H_3PO_4) \approx 6{,}48$ %.

9. Уравнение хлорирования алкана в общем виде

$C_nH_{2n+2} + m\ Cl_2 \rightarrow C_nH_{2n+2-m}Cl_m + m\ HCl$ (1)

Вычисление массы и количества гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации HCl

$m_{р\text{-}р\ (NaOH)} = V_{р\text{-}р\ (NaOH)} \cdot \rho = 8{,}7$ мл $\cdot$ 1,15 г/мл ≈ 10 г

$m_{(NaOH)} = m_{р\text{-}р\ (NaOH)} \cdot \omega_{(NaOH)} = 10 \cdot 0{,}16 = 1{,}6$ г

$\nu_{(NaOH)} = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)} \approx \frac{1{,}6}{40} = 0{,}04$ моль *$M(NaOH) = 40$ г/моль*

Вычисление количества алкана

$\nu_{(C_nH_{2n+2})} = 0{,}224$ л/22,4 л/моль $= 0{,}01$ моль

Вычисление количества образовавшегося HCl

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$ (2)

$\nu_{(HCl)} = \nu_{(NaOH)} = 0{,}04$ моль

По уравнению реакции хлорирования (1) определяем мольное соотношение количеств хлороводорода и алкана

$\nu\ (HCl) = m \cdot \nu_{(C_nH_{2n+2})} \Rightarrow m = \frac{\nu\ (HCl)}{\nu(C_nH_{2n+2})} = \frac{0{,}04}{0{,}01} = 4$

Число атомов алкана, замещенных при хлорировании алкана, равно мольному соотнщению количеств HCl и C_nH_{2n+2}

Ответ: на хлор заместилось 4 атома водорода.

10. Уравнения протекающих реакций:

$C_3H_7NH_2 + HBr \rightarrow [C_3H_7NH_3^+]\ Br^-$ (1)

$C_2H_4 + HBr \rightarrow C_2H_5Br.$ (2)

Пусть количества добавленных пропиламина и этилена

$\nu(C_3H_7NH_2) = x$ моль; $\nu(C_2H_4) = y$ моль.

Тогда массы добавленных пропиламина и этилена

$m(C_3H_7NH_2) = M \cdot \nu = 59 \cdot x$ (г); *$M(C_3H_7NH_2) = 59$ г/моль*

$m(C_2H_4) = M \cdot \nu = 28 \cdot y$ (г) *$M(C_2H_4) = 28$ г/моль*

Масса и количество бромоводорода

$m(HBr) = \frac{mр-р\ (HBr) \cdot \omega(HBr)}{100\%} = \frac{81 \cdot 30}{100\%} = 24{,}3$ г

$\nu(HBr) = \frac{m(HBr)}{M(HBr)} = \frac{24{,}3}{81} = 0{,}3$ моль *$M(HBr) = 81$ г/мол;*

Количества бромоводрода прореагировавших с пропиламином и этиленом

$\nu(C_3H_7NH_2) = \nu_1(HBr) = x$ моль;

$\nu(C_2H_4) = \nu_2(HBr) = y$ моль.

$\nu_1(HBr) + \nu_2(HBr) = 0{,}3$ моль, отсюда

$\nu(C_3H_7NH_2) + \nu(C_2H_4) = 0{,}3$ моль $\Rightarrow$ $x + y = 0{,}3$

Масса раствора увеличилась на 92,5 г – 81 г = 11,5 г за счет вступивших в реакции x моль пропиламина и y моль этилена:.

$m(C_3H_7NH_2) + m(C_2H_4) = 11{,}5 \Rightarrow 59x + 28y = 11{,}5$

Составляем систему уравнений $\begin{cases} 59x + 28y = 11{,}5 \\ x + y = 0{,}3 \end{cases}$

Решение системы уравнений дает результат:

$x = 0{,}1$ моль, $y = 0{,}2$ моль

Поскольку пропиламин – жидкость, то объём поглощённого газа будет равен:

$v(C_2H_4) = 0{,}2$ моль $\cdot$ 22,4 л/моль = 4,48 л

Ответ: $v(C_2H_4) = 4{,}48$ л

Химия, специализации «Химия» критерии оценивания 10, 11 классы

1.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 60% - 3 балла
- Задание решено на 100% - 5 баллов

2.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 20% - 1 балл
- Задание решено на 60% - 3 балла
- Задание решено на 100% - 5 баллов

3.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 20% - 1 балл
- Задание решено на 60% - 3 балла
- Задание решено на 100% - 5 баллов

4.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 40% - 2 балла
- Задание решено на 80% - 4 балла

Задание решено на 100% - 5 баллов

5.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 40% - 4 балла
- Задание решено на 80% - 8 баллов

Задание решено на 100% - 10 баллов

6.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 20% - 2 балла
- Задание решено на 60% - 6 баллов
- Задание решено на 80% - 8 баллов

7.

Критерии оценивания :

- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 30% - 3 балла
- Задание решено на 50% - 5 баллов

- Задание решено на 80% - 8 баллов
- Задание решено на 100% - 10 баллов

8.
Критерии оценивания :
- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 20% - 3 балла
- Задание решено на 40% - 6 баллов
- Задание решено на 60% - 9 баллов
- Задание решено на 80% - 12 баллов

Задание решено на 100% - 15 баллов

9.
Критерии оценивания :
- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 20% - 3 балла
- Задание решено на 40% - 6 баллов
- Задание решено на 60% - 9 баллов
- Задание решено на 80% - 12 баллов
- Задание решено на 100% - 15 баллов

10.
Критерии оценивания :
- Задание не решено - 0 баллов
- Задание решено на 20% - 4 балла
- Задание решено на 40% - 8 баллов
- Задание решено на 60% - 12 баллов
- Задание решено на 70% - 14 баллов
- Задание решено на 90% - 18 баллов
- Задание решено на 100% - 20 баллов