Задания заочного тура олимпиады по химии

«Покори Воробьёвы горы» – 2011

11 класс

1. Приведите по два примера соединений разных классов, в которых атом селена имеет: а) минимальную, б) максимальную степень окисления.

Ответ.

Минимальная степень окисления селена (−2) – H_2Se, K_2Se; максимальная (+6) – SeO_3, H_2SeO_4.

2. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбуждённом состоянии, у которого общее количество *s*-электронов равно общему количеству *d*-электронов.

Ответ.

Ni: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$.

3. Сколько граммов $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ нужно добавить к 120 г 5.0 %-ного раствора сульфата меди, чтобы массовая доля соли в растворе возросла в три раза?

Решение:

$M_1 = M(CuSO_4) = 160$ г/моль.

$M_2 = M(CuO_4 \cdot 5H_2O) = 250$ г/моль.

Масса $CuSO_4$ исходном растворе: $m_1 = 120 \cdot 0.05 = 6.0$ г.

Пусть нужно добавить x моль $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Тогда $\dfrac{m_1 + x \cdot M_1}{120 + x \cdot M_2} = 0.15$, откуда $x = 0.098$ моль.

$m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250x = 24.5$ г.

Ответ. 24.5 г.

4. Рассчитайте pH раствора муравьиной кислоты с концентрацией 0.01 моль/л, если константа диссоциации кислоты равна $1.77 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Решение:

$K = \dfrac{x^2}{c - x}$ или $1.77 \cdot 10^{-4} = \dfrac{x^2}{0.01 - x}$, откуда $x = [H^+] = 1.24 \cdot 10^{-3}$.

$pH = -\lg[H^+] = 2.90$.

Ответ. pH = 2.90.

5. Даны эквимолярные количества следующих солей: $(NH_4)_2CO_3$, NH_4HCO_3, $(NH_4)_2C_2O_4$, $(NH_4)_2Cr_2O_7$, NH_4NO_2, NH_4NO_3. При термическом разложении какой соли выделяется наибольшее количество воды?

Решение:

$(NH_4)_2CO_3 = 2\,NH_3 + CO_2 + H_2O$

$NH_4HCO_3 = NH_3 + CO_2 + H_2O$

$(NH_4)_2C_2O_4 = 2NH_3 + CO_2 + CO + H_2O$

$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 + 4\,H_2O$

$NH_4NO_2 = N_2 + 2\,H_2O$

$NH_4NO_3 = N_2O + 2\,H_2O$

Ответ. При термическом разложении $(NH_4)_2Cr_2O_7$.

6. Какой объём углекислого газа (н. у.) надо пропустить через 200 г 1.71 % раствора гидроксида бария, чтобы масса выпавшего осадка составила 1.97 г, а раствор над осадком не давал окраски с фенолфталеином?

Решение:

При пропускании углекислого газа через раствор гидроксида бария сначала образуется осадок карбоната бария:

$$Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3\downarrow + H_2O,$$

который затем может растворяться в избытке CO_2:

$$BaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ba(HCO_3)_2.$$

При недостатке CO_2 раствор над осадком будет содержать $Ba(OH)_2$ и будет давать малиновое окрашивание с фенолфталеином. По условию, этого окрашивания нет, следовательно CO_2 находится в избытке по сравнению с $Ba(OH)_2$, т. е. сначала весь $Ba(OH)_2$ превращается в $BaCO_3$, а затем $BaCO_3$ частично растворяется в CO_2.

$\nu(Ba(OH)_2) = 200 \cdot 0.0171 / 171 = 0.02$ моль, $\nu(BaCO_3) = 1.97 / 197 = 0.01$ моль. Для того, чтобы весь $Ba(OH)_2$ перешел в $BaCO_3$, через исходный раствор надо пропустить 0.02 моль CO_2, а затем пропустить еще 0.01 моль CO_2, чтобы 0.01 моль $BaCO_3$ растворилось и осталось 0.01 моль. $V(CO_2) = (0.02 + 0.01) \cdot 22.4 = 0.672$ л.

Ответ. 0.672 л CO_2.

7. Константа K_p равновесия реакции

$$CaCO_3\ (тв) = CaO\ (тв) + CO_2\ (г)$$

при температуре 1000 К равна $3.9 \cdot 10^{-2}$ атм. Константа равновесия реакции

$$C\ (тв) + CO_2\ (г) = 2CO\ (г)$$

при этой температуре равна 1.9 атм. Рассчитайте равновесные давления диоксида и моноксида углерода над смесью углерода, карбоната кальция и оксида кальция при 1000 К.

Решение:

Равновесие первой реакции не зависит от присутствия углерода, поэтому равновесное давление CO_2 равно

$$p(CO_2) = K_p(1) = 3.9 \cdot 10^{-2}\ атм.$$

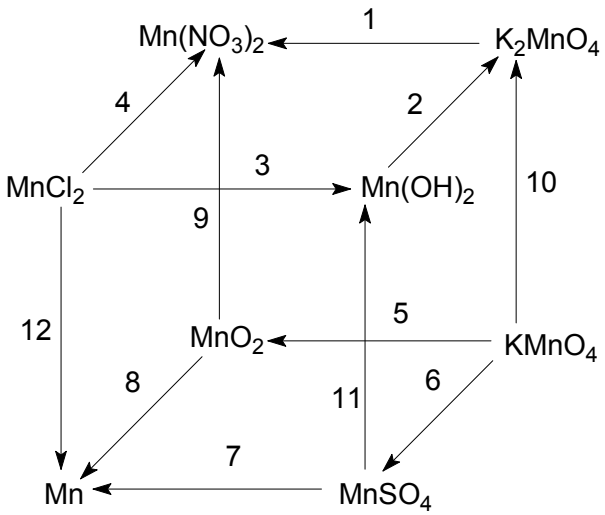
Константа равновесия второй реакции равна

$$K_p(2) = \frac{p(CO)^2}{p(CO_2)},$$

откуда $p(CO) = \left(K_p(2) \cdot p(CO_2)\right)^{1/2} = \left(1.9 \cdot 3.9 \cdot 10^{-2}\right)^{1/2} = 0.272$ атм.

Ответ: $p(CO_2) = 3.9 \cdot 10^{-2}$ атм, $p(CO) = 0.272$ атм.

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:



Укажите условия протекания реакций.

Решение:

1). $K_2MnO_4 + 4\,HNO_2 = 2\,KNO_2 + Mn(NO_3)_2 + 2\,H_2O$

2). $4\,KMnO_4 + Mn(OH)_2 + 6\,KOH = 5\,K_2MnO_4 + 4\,H_2O$

3). $MnCl_2 + 2\,KOH = Mn(OH)_2\downarrow + 2\,KCl$

4). $MnCl_2 + 2\,AgNO_3 = Mn(NO_3)_2 + 2\,AgCl\downarrow$

5). $2\,KMnO_4 + 3\,CH_2CH_2 + 4\,H_2O = 3\,C_2H_6O_2 + 2\,MnO_2\downarrow + 2\,KOH$

6). $2\,KMnO_4 + 5\,H_2O_2 + 3\,H_2SO_4 = 2\,MnSO_4 + K_2SO_4 + 5\,O_2\uparrow + 8\,H_2O$

7). $Mn + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2\uparrow$

8). $3\,MnO_2 + 4\,Al = 2\,Al_2O_3 + 3\,Mn$

9). $2\,MnO_2 + 4\,HNO_2 = Mn(NO_3)_2 + Mn(NO_2)_2 + 2\,H_2O$

10). $2\,KMnO_4 + H_2O_2 + 2\,KOH = 2\,K_2MnO_4 + O_2\uparrow + 2\,H_2O$

11). $MnSO_4 + 2\,KOH = Mn(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$

12). $MnCl_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} Mn + Cl_2\uparrow$

9. Принадлежность крови человека к одной из групп обусловлена наличием определённых олигосахаридов. Так, одним из олигосахаридов, определяющих принадлежность крови к группе B, является некоторый олигосахарид с относительной молярной массой 488. Сделайте предположение о том, какие моносахариды могут входить в его состав.

Решение:

Гидролиз трисахарида протекает в соответствии со схемой:

Трисахарид + $2H_2O$ → моносахарид 1 + моносахарид 2 + моносахарид 3.

Значит, сумма молярных масс трех моносахаридов равна

$$448 + 18 \cdot 2 = 524.$$

Попробуем разделить это число на три:

$$524 / 3 = 174.67.$$

Это немного меньше, чем 180 – молярная масса глюкозы и других изомерных ей гексоз. Другие известные из школьной программы моносахариды – это пентозы рибоза (молярная масса 150) и дезоксирибоза (молярная масса 134). Их молярные массы существенно меньше, чем 174.67. Возможно, молекула трисахарида включает два остатка гексоз и остаток какого-либо более легкого моносахарида. Проверим это предположение:

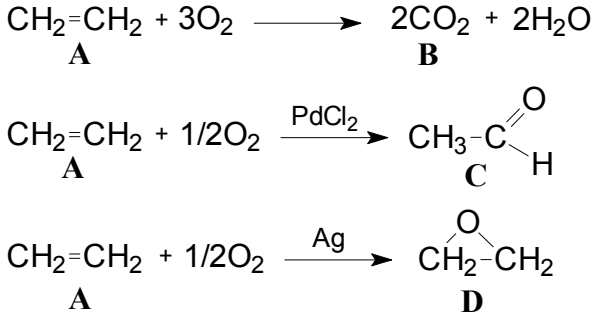
$$524 – 180 \cdot 2 = 164.$$

Масса 164 не соответствует гексозам, но отличается от 180 на 16 – это масса кислорода. Разумным предположением является следующее: в состав трисахарида входят две гексозы и одна дезоксигексоза.

Действительно, в состав обсуждаемого трисахарида входят два остатка галактозы и остаток фукозы (6-дезоксигалактозы).
Ответ: в состав трисахарида входят два остатка гексоз и один – дезоксигексозы.

10. В зависимости от условий проведения окисления вещества **A** кислородом воздуха могут образоваться разные продукты. При прямом окислении **A** образуется вещество **B**. При каталитическом окислении вещества **A** на одном катализаторе образуется вещество **C**, а использование другого катализатора приводит к веществу **D**. Вещества **B**, **C** и **D** имеют одну и ту же молярную массу. Определите вещества **A**, **B**, **C** и **D**, напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания.
Решение:

$$\underset{\mathbf{A}}{CH_2{=}CH_2} + 3O_2 \rightarrow \underset{\mathbf{B}}{2CO_2} + 2H_2O$$



11. Соль **X**, образовавшуюся при растворении оксида магния в бромоводородной кислоте и выпаривании раствора, нагрели на воздухе и получили вещество **Y**. Определите формулы веществ и запишите уравнения реакций, если известно, что массовая доля брома в соли **X** составляет 54.8 %, а в веществе **Y** – 71.4 %.
Решение:
Растворение оксида магния в бромоводородной кислоте:

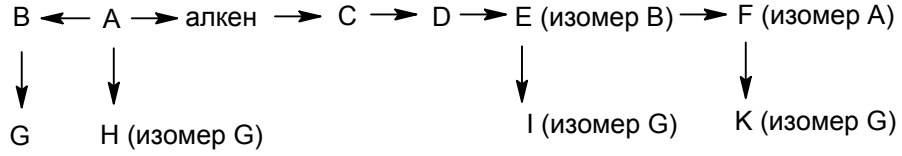
$$MgO + 2HBr + (x–1)H_2O = MgBr_2 \cdot xH_2O \text{ (соль } \mathbf{X}\text{)}.$$

$\omega(Br) = \dfrac{160}{24+60+18x} = 0.548$, откуда $x = 6$. Следовательно, **X** – $MgBr_2 \cdot 6H_2O$.

Если в веществе **Y** формульная единица содержит 1 атом брома, то на все остальные элементы, включая магний, придется масса: 80 / 71.4 · 28.6 = 32 а. е. м., что невозможно. На 2 атома брома придется 64 а. е. м., что соответствует Mg_2O. Формула **Y** – Mg_2OBr_2.
Уравнение реакции:

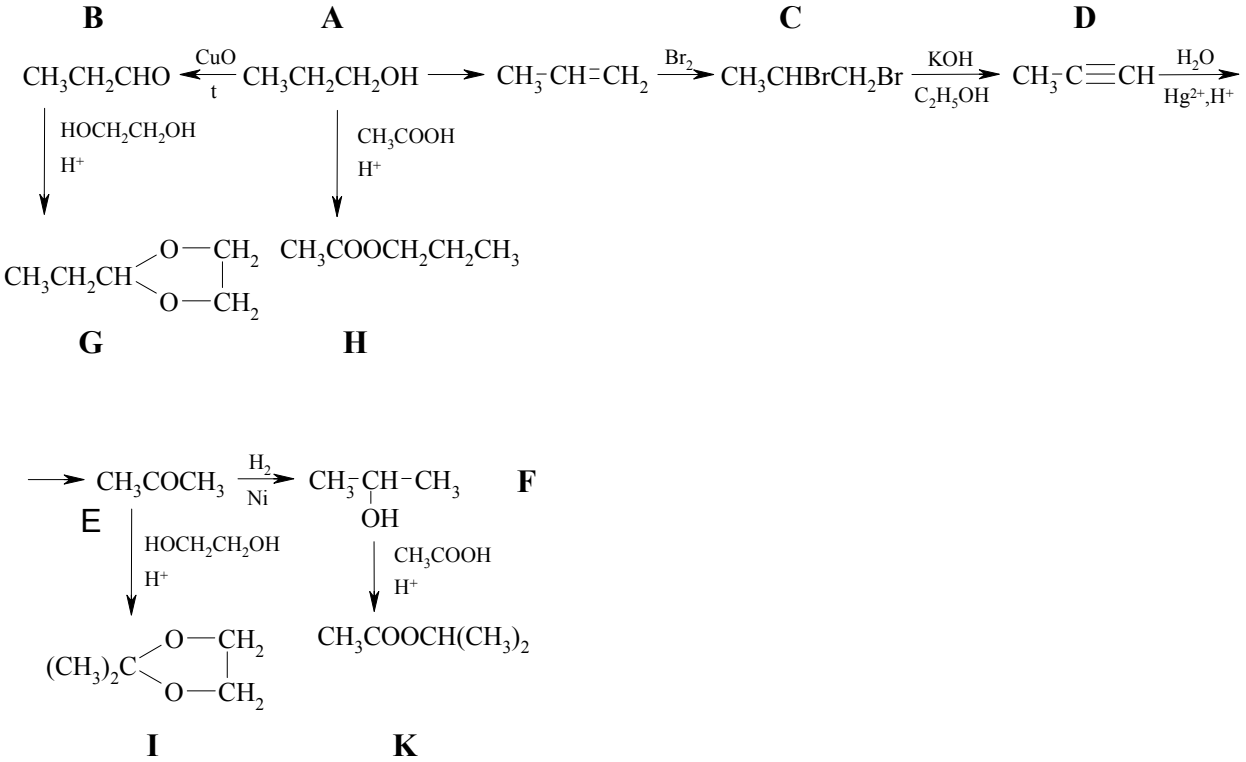
$$2\ MgBr_2 \cdot 6H_2O = Mg_2OBr_2 + 11H_2O + 2HBr.$$

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



Укажите условия протекания реакций. Приведите структурные формулы всех веществ и назовите их.

Решение:


B
A
C
D
CH3CH2CHO
CuO
t
CH3CH2CH2OH
CH3-CH=CH2
Br2
CH3CHBrCH2Br
KOH
C2H5OH
CH3-C≡CH
H2O
Hg2+,H+
HOCH2CH2OH
H+
CH3COOH
H+
CH3CH2CH
O—CH2
O—CH2
CH3COOCH2CH2CH3
G
H
CH3COCH3
H2
Ni
CH3-CH-CH3
OH
F
E
HOCH2CH2OH
H+
CH3COOH
H+
(CH3)2C
O—CH2
O—CH2
CH3COOCH(CH3)2
I
K