

Отборочный тур ДЕКАБРЬ, 10-11 классы

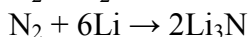
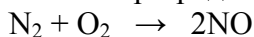
Задание №1

1.1. Приведите пример газообразного вещества с плотностью по водороду 14, которое может проявлять свойства окислителя и восстановителя. Приведите уравнения соответствующих реакций. (4 балла)

Решение:

$M_{\text{газа}} = 28 \text{ г/моль. } \text{C}_2\text{H}_4, \text{CO}, \text{N}_2.$

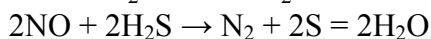
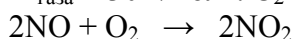
Эл.разряд



1.2. Приведите пример газообразного вещества с плотностью по водороду 15, которое может проявлять свойства окислителя и восстановителя. Приведите уравнения соответствующих реакций. (4 балла)

Решение:

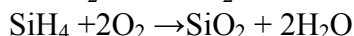
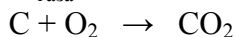
$M_{\text{газа}} = 30 \text{ г/моль. } \text{C}_2\text{H}_6, \text{CH}_2\text{O}, \text{NO}.$



1.3. Приведите пример двух газообразных веществ с плотностью по водороду 16, одно из которых проявляет окислительные свойства, а второе – восстановительные свойства. Приведите уравнения соответствующих реакций. (4 балла)

Решение:

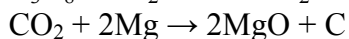
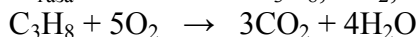
$M_{\text{газа}} = 32 \text{ г/моль. } \text{SiH}_4, \text{O}_2.$



1.4. Приведите пример двух газообразных веществ с плотностью по водороду 22, одно из которых проявляет окислительные свойства, а второе – восстановительные свойства. Приведите уравнения соответствующих реакций. (4 балла)

Решение:

$M_{\text{газа}} = 44 \text{ г/моль. } \text{C}_3\text{H}_8, \text{CO}_2, \text{N}_2\text{O}.$



Задание №2

2.1. Рассчитайте массу электронов в эквимольной смеси оксидов азота (I) и азота (II) объемом 11.2 л (н.у.), если масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м. (6 баллов)

Решение:

Поскольку объем газовой смеси 11.2 л (0.5 моль), смесь содержит 0.25 моль N_2O и 0.25 моль NO . Одна молекула NO содержит 15 электронов, 0.25 моль NO содержит $0.25 \cdot 15 = 3.75$ моль электронов. Одна молекула N_2O содержит 22 электрона, 0.25 моль N_2O содержит $0.25 \cdot 22 = 5.5$ моль электронов. Газовая смесь содержит 9.25 моль электронов.

Поскольку масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м., то молярная масса электронов равна 0.00055 г/моль. Тогда $m_e = 9.25 \cdot 0.00055 = 0.0051 \text{ г} = 5.1 \text{ мг}$.

Ответ: 5.1 мг

2.2. Рассчитайте массу электронов в эквимольной смеси оксидов азота (II) и азота (IV) объемом 33.6 л (н.у.), если масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м. **(6 баллов)**

Решение:

Поскольку объем газовой смеси 33.6 л (1.5 моль), смесь содержит 0.75 моль NO и 0.75 моль NO₂. Одна молекула NO содержит 15 электронов, 0.75 моль NO содержит $0.75 \cdot 15 = 11.25$ моль электронов. Одна молекула NO₂ содержит 23 электрона, 0.75 моль NO₂ содержит $0.75 \cdot 23 = 17.25$ моль электронов. Газовая смесь содержит 28.5 моль электронов. Поскольку масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м., то молярная масса электронов равна 0.00055 г/моль. Тогда $m_e = 28.5 \cdot 0.00055 = 0.015675 \text{ г} = 15.675 \text{ мг}$.

Ответ: 15.675 мг.

2.3. Рассчитайте массу электронов в эквимольной смеси оксидов азота (I) и азота (IV) объемом 56 л (н.у.), если масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м. **(6 баллов)**

Решение:

Поскольку объем газовой смеси 56 л (2.5 моль), смесь содержит 1.25 моль N₂O и 1.25 моль NO₂. Одна молекула N₂O содержит 22 электрона, 1.25 моль N₂O содержит $1.25 \cdot 22 = 27.5$ моль электронов. Одна молекула NO₂ содержит 23 электрона, 1.25 моль NO₂ содержит $1.25 \cdot 23 = 28.75$ моль электронов. Газовая смесь содержит 56.25 моль электронов. Поскольку масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м., то молярная масса электронов равна 0.00055 г/моль. Тогда $m_e = 56.25 \cdot 0.00055 = 0.0309375 \text{ г} = 30.9375 \text{ мг}$.

Ответ: 30.9375 мг

2.4. Рассчитайте массу электронов в эквимольной смеси оксидов углерода (II) и углерода (IV) объемом 28 л (н.у.), если масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м. **(6 баллов)**

Решение:

Поскольку объем газовой смеси 28 л (1.25 моль), смесь содержит 0.625 моль CO и 0.625 моль CO₂. Одна молекула CO содержит 14 электронов, 0.625 моль CO содержит $0.625 \cdot 14 = 8.75$ моль электронов. Одна молекула CO₂ содержит 22 электрона, 0.625 моль CO₂ содержит $0.625 \cdot 22 = 13.75$ моль электронов. Газовая смесь содержит 22.5 моль электронов.

Поскольку масса одного электрона равна 0.00055 а.е.м., то молярная масса электронов равна 0.00055 г/моль. Тогда $m_e = 22.5 \cdot 0.00055 = 0.0124 \text{ г} = 12.4 \text{ мг}$.

Ответ: 12.4 мг.

Задание №3

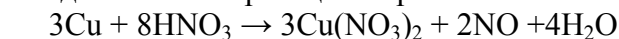
3.1. При растворении навески меди в 50%-ной азотной кислоте выделилось 4.89 л (25°C, 1 атм) смеси равных количеств двух газов (плотность газовой смеси 1.554 г/л). Определите массу растворенной меди. **(6 баллов)**

Решение:

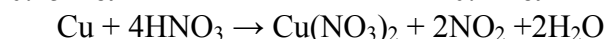
Количество выделившегося газа $v_{\text{газа}} = P \cdot V / R \cdot T = 101.3 \cdot 4.89 / 8.314 \cdot 298 = 0.2$ моль.
Средняя молярная масса образовавшейся в реакции газовой смеси $M_{\text{ср}} = \rho \cdot R \cdot T / P = 1.554 \cdot 8.314 \cdot 298 / 101.3 = 38 \text{ г/моль}$.

При растворении меди в 50%-ной азотной кислоте могут выделяться NO ($M = 30$ г/моль) и NO₂ ($M = 46$ г/моль). $M_{\text{ср}} = 38$ г/моль.

Следовательно в реакции образовалось 0.1 моль NO и 0.1 моль NO₂.



0.15 моль 0.1 моль



0.05 моль 0.1 моль

$$m_{\text{Cu}} = 0.2 \cdot 64 = 12.8 \text{ г.}$$

Ответ: 12.8 г.

3.2. При растворении навески железа в 40%-ной азотной кислоте выделилось 7.34 л (25°C, 1 атм) смеси равных количеств двух газов (плотность газовой смеси 1.513 г/л). Определите массу растворенного железа. **(6 баллов)**

Решение:

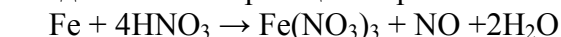
Количество выделившегося газа $v_{\text{газа}} = P \cdot V / R \cdot T = 101.3 \cdot 7.34 / 8.314 \cdot 298 = 0.3$ моль.

Средняя молярная масса образовавшейся в реакции газовой смеси $M_{\text{ср}} = \rho \cdot R \cdot T / P = 1.513 \cdot 8.314 \cdot 298 / 101.3 = 37$ г/моль.

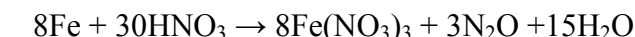
При растворении железа в 40%-ной азотной кислоте могут выделяться N₂ ($M = 28$ г/моль), N₂O ($M = 44$ г/моль), NO ($M = 30$ г/моль) и NO₂ ($M = 46$ г/моль).

$M_{\text{ср}} = 37$ г/моль соответствует эквимольной смеси N₂O и NO.

Следовательно в реакции образовалось 0.15 моль NO и 0.15 моль N₂O.



0.15 моль 0.15 моль



0.4 моль 0.15 моль

$$m_{\text{Fe}} = 0.55 \cdot 56 = 30.8 \text{ г.}$$

Ответ: 30.8 г.

3.3. При растворении навески магния в 15%-ной азотной кислоте выделилось 9.78 л (25°C, 1 атм) смеси равных количеств двух газов (плотность газовой смеси 1.472 г/л). Определите массу растворенного магния. **(6 баллов)**

Решение:

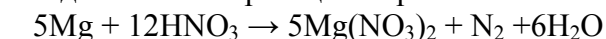
Количество выделившегося газа $v_{\text{газа}} = P \cdot V / R \cdot T = 101.3 \cdot 9.78 / 8.314 \cdot 298 = 0.4$ моль.

Средняя молярная масса образовавшейся в реакции газовой смеси $M_{\text{ср}} = \rho \cdot R \cdot T / P = 1.472 \cdot 8.314 \cdot 298 / 101.3 = 36$ г/моль.

При растворении магния в 15%-ной азотной кислоте могут выделяться выделяться N₂ ($M = 28$ г/моль), N₂O ($M = 44$ г/моль), NO ($M = 30$ г/моль).

$M_{\text{ср}} = 36$ г/моль соответствует эквимольной смеси N₂ и N₂O.

Следовательно в реакции образовалось 0.2 моль N₂ и 0.2 моль N₂O.



1 моль 0.2 моль



0.8 моль 0.2 моль

$$m_{\text{Mg}} = 1.8 \cdot 24 = 43.2 \text{ г.}$$

Ответ: 43.2 г.

3.4. При растворении навески цинка в 20%-ной азотной кислоте выделилось 6.01 л (20°C, 1 атм) смеси равных количеств двух газов (плотность газовой смеси 1.539 г/л). Определите массу растворенного цинка. **(6 баллов)**

Решение:

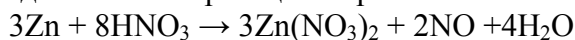
Количество выделившегося газа $v_{\text{газа}} = P \cdot V / R \cdot T = 101.3 \cdot 6.01 / 8.314 \cdot 293 = 0.25$ моль.

Средняя молярная масса образовавшейся в реакции газовой смеси $M_{\text{ср}} = \rho \cdot R \cdot T / P = 1.539 \cdot 8.314 \cdot 293 / 101.3 = 37$ г/моль.

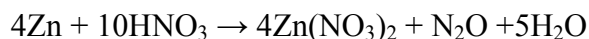
При растворении магния в 15%-ной азотной кислоте могут выделяться выделяться N_2 ($M = 28$ г/моль), N_2O ($M = 44$ г/моль), NO ($M = 30$ г/моль).

$M_{\text{ср}} = 37$ г/моль соответствует эквимольной смеси NO и N_2O .

Следовательно в реакции образовалось 0.125 моль N_2 и 0.125 моль N_2O .



0.1875 моль 0.125 моль



0.5 моль 0.125 моль

$M_{Zn} = 0.6875 \cdot 65 = 44.6875$ г.

Ответ: 44.6875 г.

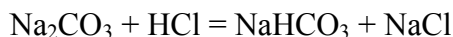
Задание №4

4.1. В 1000 мл 0.5 М раствора (плотность 1.05 г/мл) карбоната натрия растворили 4.48 л (н.у.) газообразного хлороводорода. Рассчитайте молярные концентрации солей в полученном растворе, считая, что объем раствора при растворении хлороводорода не меняется. Как изменится качественный состав и масса раствора после кратковременного нагревания до температуры кипения раствора? Напишите уравнения перечисленных реакций. **(8 баллов)**

Решение:

$n(Na_2CO_3) = cV = 0.5 \cdot 1 = 0.5$ моль

$n(HCl) = V/V_m = 4.48 / 22.4 = 0.2$ моль



После реакции:

$n(Na_2CO_3) = 0.5 - 0.2 = 0.3$ моль

$n(NaHCO_3) = 0.2$ моль

$n(NaCl) = 0.2$ моль

Т.к. объем раствора не меняется, то его объем 1 л.

$C(Na_2CO_3) = 0.3 / 1 = 0.3$ М

$C(NaHCO_3) = 0.2 / 1 = 0.2$ М

$C(NaCl) = 0.2 / 1 = 0.2$ М

При нагревании раствора протекает реакция:



В конечном растворе $n(Na_2CO_3) = 0.3 + 0.2 : 2 = 0.4$ моль

$C(Na_2CO_3) = 0.4 / 1 = 0.4$ М

$C(NaCl) = 0.2 / 1 = 0.2$ М

Масса конечного раствора:

$m(\text{р-ра } Na_2CO_3) + m(HCl) - m(CO_2) = 1000 \cdot 1.05 + 0.2 \cdot 36.5 - 0.1 \cdot 44 = 1052.9$ г

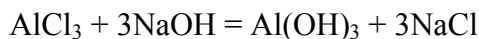
Ответ: $m(\text{р-ра } Na_2CO_3) = 1052.9$ г, $C(Na_2CO_3) = 0.3$ М, $C(NaHCO_3) = 0.2$ М, $C(NaCl) = 0.2$ М.

4.2. К 80 г 15%-ного раствора хлорида алюминия добавили 9.6 г гидроксида натрия. Рассчитайте необходимую массу 10 %-ного раствора серной кислоты, которую надо добавить, чтобы растворить выпавший осадок. Напишите уравнение реакции. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе. **(8 баллов)**

Решение:

$$n(\text{AlCl}_3) = m(\text{AlCl}_3)/M(\text{AlCl}_3) = m(\text{p-ра}) \cdot w/M = 80 \cdot 0.15/133.5 = 0.09 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 9.6/40 = 0.24 \text{ моль}$$

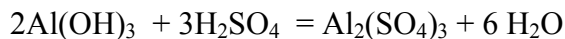


После протекания реакции :

$$n(\text{AlCl}_3) = 0.09 - 0.24/3 = 0.01 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.24/3 = 0.08 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaCl}) = 0.24 \text{ моль}$$



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.5n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 1.5 \cdot 0.08 = 0.12 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = nM = 0.12 \cdot 98 = 11.76 \text{ г}$$

$$m(\text{p-ра H}_2\text{SO}_4) = 11.76/0.1 = 117.6 \text{ г}$$

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра AlCl}_3) + m(\text{NaOH}) + m(\text{p-ра H}_2\text{SO}_4) = 80 + 9.6 + 117.6 = 207.2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{AlCl}_3) = 0.01 \cdot 133.5/207.2 = 0.00644$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 0.24 \cdot 58.5/207.2 = 0.0678$$

$$\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0.04 \cdot 342/207.2 = 0.066$$

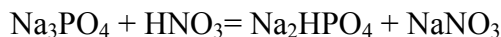
Ответ: $m(\text{p-ра H}_2\text{SO}_4) = 117.6 \text{ г}$, $\omega(\text{AlCl}_3) = 0.00644$, $\omega(\text{NaCl}) = 0.0678$, $\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0.066$.

4.3. К 500 г 10%-ного раствора ортофосфата натрия прибавили при перемешивании 31 мл 60%-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.373 г/мл). Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе. Напишите уравнения соответствующих реакций. **(8 баллов)**

Решение:

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = m(\text{p-ра}) \cdot w/M = 500 \cdot 0.1/164 = 0.305 \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = V \cdot d \cdot w/M = 31 \cdot 1.373 \cdot 0.6/63 = 0.405 \text{ моль}$$

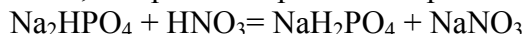


После протекания этой реакции $n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.305 \text{ моль}$

$$n(\text{NaNO}_3) = 0.305 \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = 0.405 - 0.305 = 0.1 \text{ моль}$$

Так как осталась кислота, то протекает реакция образования дигидрофосфата :



После протекания этой реакции $n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.305 - 0.1 = 0.205 \text{ моль}$

$$n(\text{NaNO}_3) = 0.305 + 0.1 = 0.405 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.1 \text{ моль}$$

Масса конечного раствора

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра Na}_3\text{PO}_4) + m(\text{p-ра HNO}_3) = 500 + 31 \cdot 1.373 = 542.56 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.205 \cdot 142/542.56 = 0.054$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = 0.405 \cdot 85/542.56 = 0.063$$

$$\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.1 \cdot 120/542.56 = 0.022$$

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.054$, $\omega(\text{NaNO}_3) = 0.063$, $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.022$.

4.4. Для приготовления раствора использовали 15 г алюмоаммониевых квасцов $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и 150 г воды. К полученному раствору добавили 5.8 г гидроксида натрия и раствор нагрели. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе. **(8 баллов)**

Решение:

$$n((\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = m/M = 15/453 = 0.033 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 5.8/40 = 0.145 \text{ моль}$$



После протекания реакции

$$n(\text{NH}_3) = 0.033 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.033 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.066 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0.145 - 0.033 \cdot 4 = 0.013 \text{ моль}$$

Протекает реакция



$$n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.033 - 0.013 = 0.02 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0.013 \text{ моль}$$

$$m(\text{p-ра}) = 15 + 150 + 5.8 - 0.033 \cdot 17 - 0.02 \cdot 78 = 163.63 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.066 \cdot 142 / 163.63 = 0.057$$

$$\omega(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0.013 \cdot 118 / 163.63 = 0.009$$

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.057$, $\omega(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0.009$

Задание №5

5.1. Старинный портрет с изображением М.В. Ломоносова был подвергнут радиоуглеродному анализу, по результатам которого оказалось, что содержание ^{14}C в холсте на 3.1 % меньше по сравнению с живыми растениями. Определите возраст картины. Мог ли это быть прижизненный портрет Ломоносова, если период полураспада ^{14}C составляет 5730 лет? **(10 баллов)**

Решение:

Реакции радиоактивного распада – реакции первого порядка.

$$C = C_0 e^{-kt}$$

отсюда $t = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{C}$, где $C = (1 - 0.031)C_0 = 0.969C_0$

Найдем константу скорости. Период полураспада – время, при котором текущая концентрация равна половине от исходной

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{0.5C_0} = \frac{1}{k} \ln 2$$

$$k = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730} = 1.21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1}$$

Тогда

$$t = \frac{1}{1.21 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{1}{0.969} = 260 \text{ лет.}$$

Год написания 2016 – 260 = 1756 г.

Это мог быть прижизненным портретом М.В. Ломоносова (1711-1765 гг.)

Ответ: 260 лет, изображение могло быть прижизненным портретом М.В. Ломоносова.

5.2. Тирольский ледяной человек, мумия, обнаруженная в леднике на севере Италии в 1991 г., идеально сохранилась. Это позволило провести множественные исследования артефакта, в том числе и радиоуглеродный анализ, показавший, что содержание ^{14}C в образце составляет 69% по сравнению с живыми организмами. Определите возраст мумии, если период полураспада ^{14}C составляет 5730 лет. **(10 баллов)**

Решение:

Реакции радиоактивного распада – реакции первого порядка.

$$C = C_0 e^{-kt}$$

отсюда $t = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{C}$, где $C = 0.69C_0$

Найдем константу скорости. Период полураспада – время, при котором текущая концентрация равна половине от исходной

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{0.5C_0} = \frac{1}{k} \ln 2$$

$$k = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730} = 1.21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1},$$

Тогда

$$t = \frac{1}{1.21 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{1}{0.69} = 3066 \text{ лет.}$$

Ответ: на момент проведения анализа 3066 лет

5.3. В 1988 г. было проведено исследование фрагментов Туринской плащаницы методом радиоуглеродного анализа, по результатам которого оказалось, что содержание ^{14}C в образце на 7% меньше по сравнению с живыми растениями. Определите возраст артефакта. Подтвердил ли анализ подлинность плащаницы, если период полураспада ^{14}C составляет 5730 лет? (10 баллов)

Решение:

Реакции радиоактивного распада – реакции первого порядка.

$$C = C_0 e^{-kt}$$

отсюда $t = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{C}$, где $C = 0.93C_0$

Найдем константу скорости. Период полураспада – время, при котором текущая концентрация равна половине от исходной

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{0.5C_0} = \frac{1}{k} \ln 2$$

$$k = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730} = 1.21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1},$$

Тогда

$$t = \frac{1}{1.21 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{1}{0.93} = 600 \text{ лет.}$$

Следовательно анализ не подтвердил подлинность.

Ответ: 600 лет, не подтвердил.

5.4. В 2000 году Германия вернула России мозаичную картину, являющуюся фрагментом янтарной комнаты. Для подтверждения подлинности картины было проведено исследование фрагментов деревянной рамы и мозаики методом радиоуглеродного анализа. Исследование показало, что содержание ^{14}C в деревянном образце составляет 97% по сравнению с живыми деревьями, а в янтарном фрагменте чувствительность метода не дала возможности обнаружить данный изотоп углерода. Какие можно сделать выводы на основании полученных данных, если период полураспада ^{14}C составляет 5730 лет? Подтвердил или опроверг анализ подлинность мозаики, подаренной Елизавете Петровне императрицей Марией Терезией? Ответ подтвердите расчетом. (10 баллов)

Решение:

Предельный возраст образца, который может быть точно определен радиоуглеродным методом анализа, составляет 60000 лет (приблизительно 10 периодов

полураспада ^{14}C). Янтарь – окаменевшая смола, которой девятки миллионов лет, поэтому чувствительность метода не дала возможности обнаружить данный изотоп углерода.

Реакции радиоактивного распада – реакции первого порядка.

$$C = C_0 e^{-kt}$$

отсюда $t = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{C}$, где $C = 0.97 C_0$

Найдем константу скорости. Период полураспада – время, при котором текущая концентрация равна половине от исходной

$$t_{1/2} = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{0.5 C_0} = \frac{1}{k} \ln 2$$

$$k = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730} = 1.21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1},$$

Тогда

$$t = \frac{1}{1.21 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{1}{0.97} = 250 \text{ лет.}$$

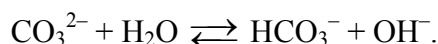
Ответ: 250 лет, год создания 1750, не опроверг.

Задание №6

6.1. Навеску кристаллогидрата карбоната натрия массой 50.00 г растворили в воде и объём раствора довели до 1.000 л. В полученном растворе $\text{pH} = 11.82$. Определите формулу кристаллогидрата. Константа диссоциации угольной кислоты по второй ступени: $K_a(\text{HCO}_3^-) = 4.8 \cdot 10^{-11}$. **(11 баллов)**

Решение:

В растворе происходит гидролиз карбоната (учитываем только первую ступень):



Константа равновесия гидролиза равна:

$$K = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C - [\text{OH}^-]},$$

где C – исходная концентрация карбонат-иона. Константу гидролиза найдем через константу диссоциации и ионное произведение воды, а $[\text{OH}^-]$ – из pH .

$$K = \frac{K_w}{K_a(\text{HCO}_3^-)} = \frac{10^{-14}}{4.8 \cdot 10^{-11}} = 2.08 \cdot 10^{-4}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14} = 10^{-2.18} = 6.607 \cdot 10^{-3} \text{ М}$$

С помощью этих величин рассчитаем молярную концентрацию карбоната в растворе:

$$C = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K} + [\text{OH}^-] = 0.216 \text{ М}$$

С учетом того, что объём раствора равен 1.000 л, $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 0.216$ моль,

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 50.00 / 0.216 = 232 \text{ г/моль},$$

$$x = 7.$$

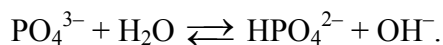
Ответ: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

6.2. Навеску кристаллогидрата фосфата натрия массой 100.0 г растворили в воде и объём раствора довели до 2.000 л. В полученном растворе $\text{pH} = 12.77$. Определите формулу

кристаллогидрата. Константа диссоциации фосфорной кислоты по третьей ступени:
 $K_a(\text{HPO}_4^{2-}) = 2.08 \cdot 10^{-13}$. (11 баллов)

Решение:

В растворе происходит гидролиз фосфата (учитываем только первую ступень):



Константа равновесия гидролиза равна:

$$K = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{PO}_4^{3-}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C - [\text{OH}^-]},$$

где C – исходная концентрация фосфат-иона. Константу гидролиза найдем через константу диссоциации и ионное произведение воды, а $[\text{OH}^-]$ – из pH.

$$K = \frac{K_w}{K_a(\text{HPO}_4^{2-})} = \frac{10^{-14}}{2.08 \cdot 10^{-13}} = 4.81 \cdot 10^{-2}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14} = 10^{-1.23} = 5.888 \cdot 10^{-2} \text{ М}$$

С помощью этих величин рассчитаем молярную концентрацию фосфата в растворе:

$$C = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K} + [\text{OH}^-] = 0.131 \text{ М}$$

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 0.131 \cdot 2 = 0.262 \text{ моль},$$

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 100.0 / 0.262 = 382 \text{ г/моль},$$

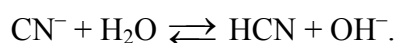
$$x = 12.$$

Ответ: $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

6.3. Навеску кристаллогидрата цианида натрия массой 20.0 г растворили в воде и объём раствора довели до 500 мл. В полученном растворе $\text{pH} = 11.44$. Определите формулу кристаллогидрата. Константа диссоциации циановодородной кислоты:
 $K_a(\text{HCN}) = 6.17 \cdot 10^{-10}$. (11 баллов)

Решение:

В растворе происходит гидролиз цианида:



Константа равновесия гидролиза равна:

$$K = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C - [\text{OH}^-]},$$

где C – исходная концентрация цианид-иона. Константу гидролиза найдем через константу диссоциации и ионное произведение воды, а $[\text{OH}^-]$ – из pH.

$$K = \frac{K_w}{K_a(\text{HCN})} = \frac{10^{-14}}{6.17 \cdot 10^{-10}} = 1.62 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14} = 10^{-2.56} = 2.754 \cdot 10^{-3} \text{ М}$$

С помощью этих величин рассчитаем молярную концентрацию цианида в растворе:

$$C = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K} + [\text{OH}^-] = 0.471 \text{ М}$$

$$v(\text{NaCN} \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 0.471 \cdot 0.5 = 0.2355 \text{ моль},$$

$$M(\text{NaCN} \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 20.00 / 0.2355 = 85 \text{ г/моль},$$

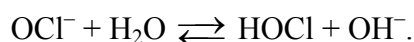
$$x = 2.$$

Ответ: $\text{NaCN} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

6.4. Навеску кристаллогидрата гипохлорита натрия массой 120.0 г растворили в воде и объём раствора довели до 300 мл. В полученном растворе $pH = 10.96$. Определите формулу кристаллогидрата. Константа диссоциации хлорноватистой кислоты: $K_a(\text{HOCl}) = 2.95 \cdot 10^{-8}$. **(11 баллов)**

Решение:

В растворе происходит гидролиз гипохлорита:



Константа равновесия гидролиза равна:

$$K = \frac{[\text{HOCl}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{OCl}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C - [\text{OH}^-]},$$

где C – исходная концентрация гипохлорит-иона. Константу гидролиза найдем через константу диссоциации и ионное произведение воды, а $[\text{OH}^-]$ – из pH .

$$K = \frac{K_w}{K_a(\text{HOCl})} = \frac{10^{-14}}{2.95 \cdot 10^{-8}} = 3.39 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{pH-14} = 10^{-3.04} = 9.12 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

С помощью этих величин рассчитаем молярную концентрацию гипохлорита в растворе:

$$C = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K} + [\text{OH}^-] = 2.454 \text{ М}$$

$$v(\text{NaOCl} \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 2.454 \cdot 0.3 = 0.736 \text{ моль},$$

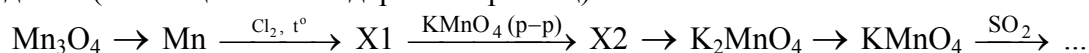
$$M(\text{NaOCl} \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 120.0 / 0.736 = 163 \text{ г/моль},$$

$$x = 5.$$

Ответ: $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

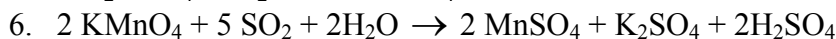
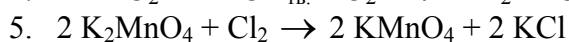
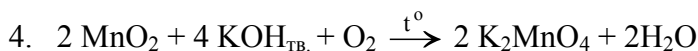
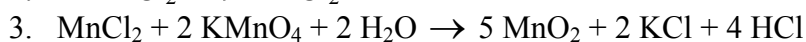
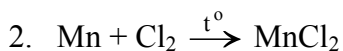
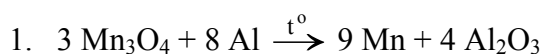
Задание №7

7.1. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат марганец).



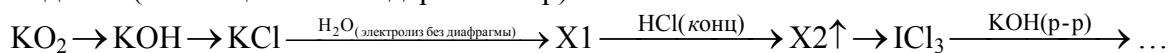
(12 баллов)

Решение:



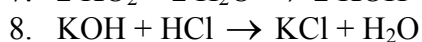
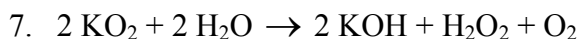
$\text{X1} - \text{MnCl}_2, \text{X2} - \text{MnO}_2$

7.2. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат хлор).



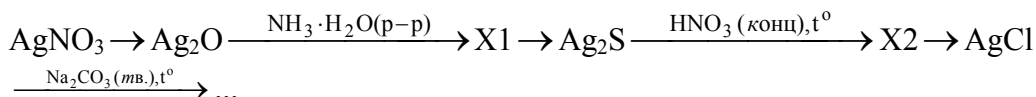
(12 баллов)

Решение:



9. $\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{(электролиз без диафрагмы)}} \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2$
 10. $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl}_{\text{конц.}} \rightarrow \text{KCl} + 3\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
 11. $3\text{Cl}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{ICl}_3$
 12. $3\text{ICl}_3 + 12\text{KOH} \rightarrow 2\text{KIO}_3 + \text{KI} + 9\text{KCl} + 6\text{H}_2\text{O}$
 X1 - KClO_3 , X2 - Cl_2

7.3. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат серебро).

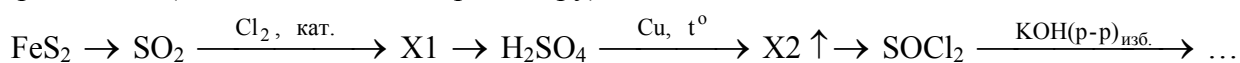


(12 баллов)

Решение:

- $2\text{AgNO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + 2\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{p-p}} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$
 - $2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Ag}_2\text{S} + 10\text{HNO}_{3\text{конц.}} \rightarrow 2\text{AgNO}_3 + 8\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl}_{\text{p-p}} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$
 - $4\text{AgCl} + 2\text{Na}_2\text{CO}_{3\text{тв.}} \xrightarrow{t^\circ} 4\text{Ag} + 4\text{NaCl} + 2\text{CO}_2 + \text{O}_2$
- X1 - $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, X2 - AgNO_3

7.4. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат серу).



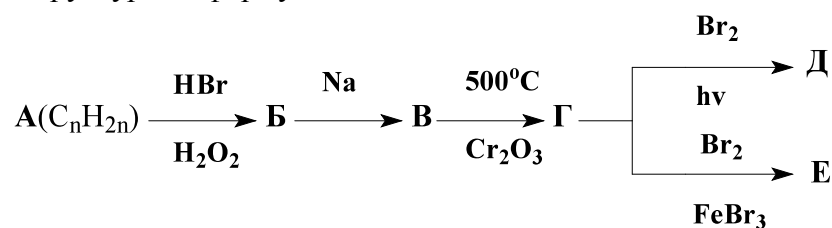
(12 баллов)

Решение:

- $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \rightarrow 8\text{SO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$
 - $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{SO}_2\text{Cl}_2$
 - $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$
 - $2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}} + \text{Cu} \xrightarrow{t^\circ} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{SO}_2 + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{POCl}_3 + \text{SOCl}_2$
 - $\text{SOCl}_2 + 4\text{KOH}_{\text{p-p, изб.}} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- X1 - SO_2Cl_2 , X2 - SO_2

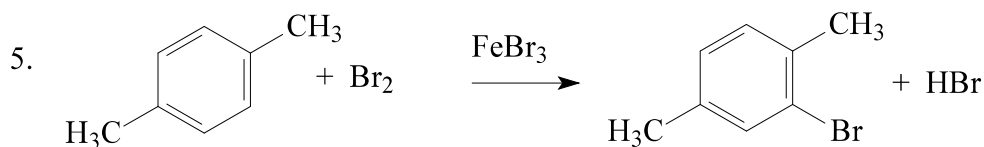
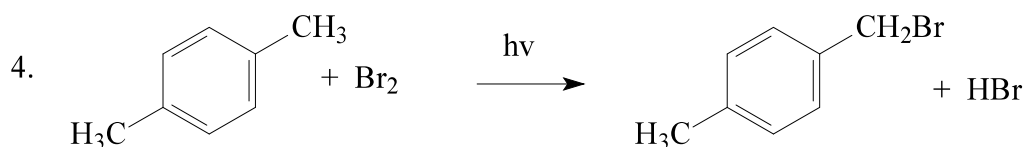
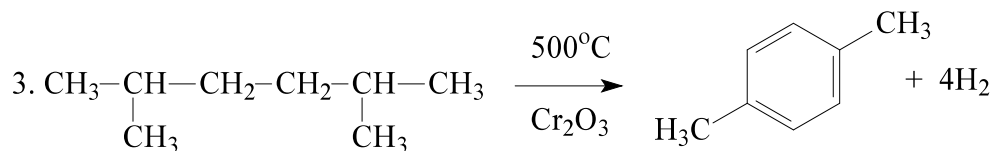
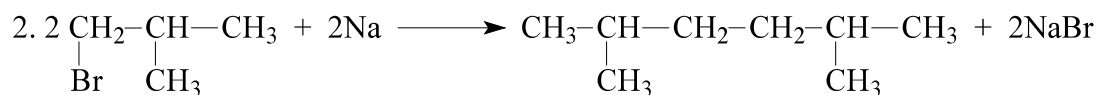
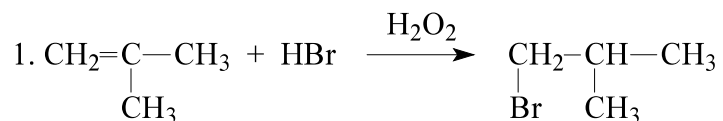
Задание №8

8.1. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что массовая доля водорода в соединении А больше массовой доли водорода в соединении Г на 4.84 %, а соединения Д и Е – изомеры с формулой $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}$. Напишите уравнения протекающих реакций, указав структурные формулы соединений.

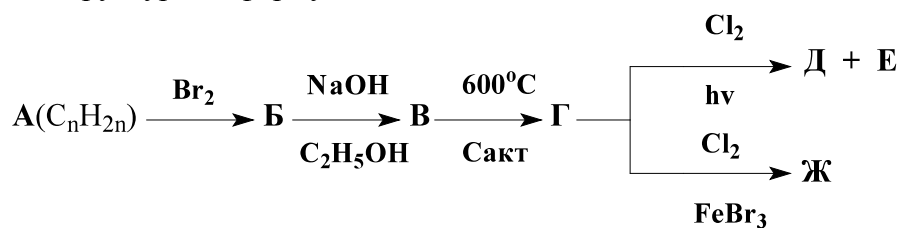


(12 баллов)

Решение:

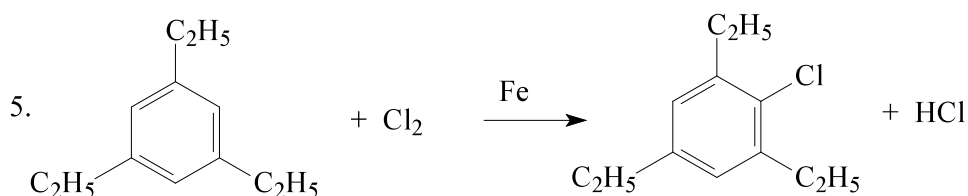
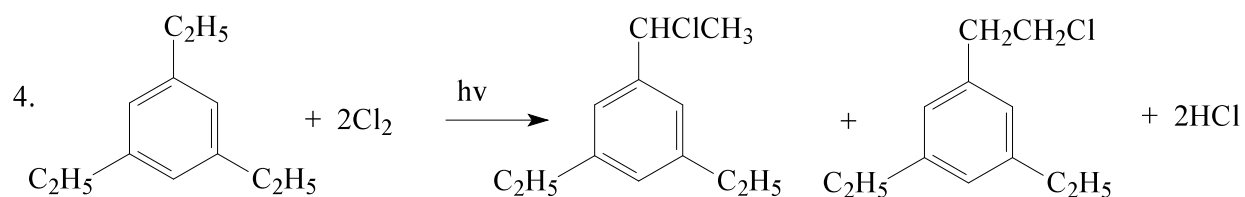
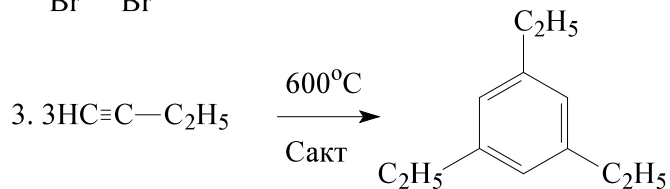
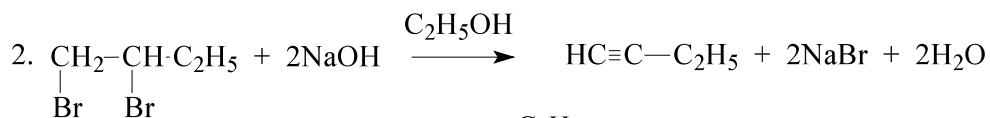
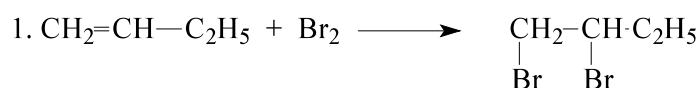


8.2. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что массовая доля водорода в соединении А больше массовой доли водорода в соединении Г на 3.18 %, а соединения Д, Е и Ж – изомеры с формулой $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}$. Напишите уравнения протекающих реакций, указав структурные формулы соединений.

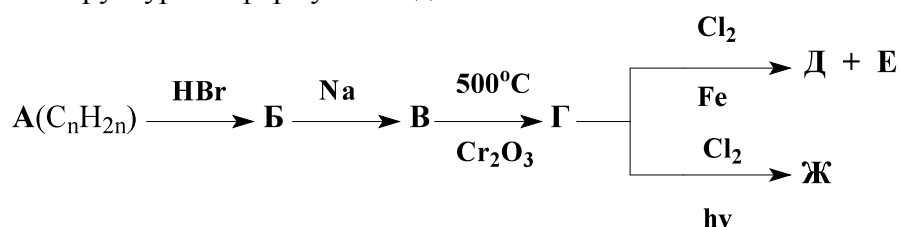


(12 баллов)

Решение:

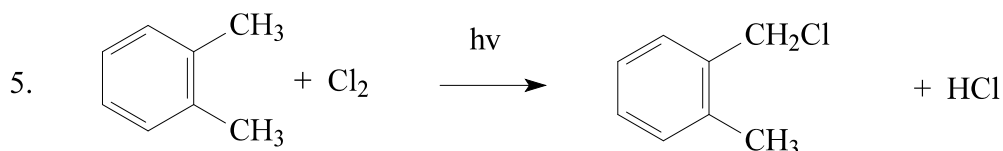
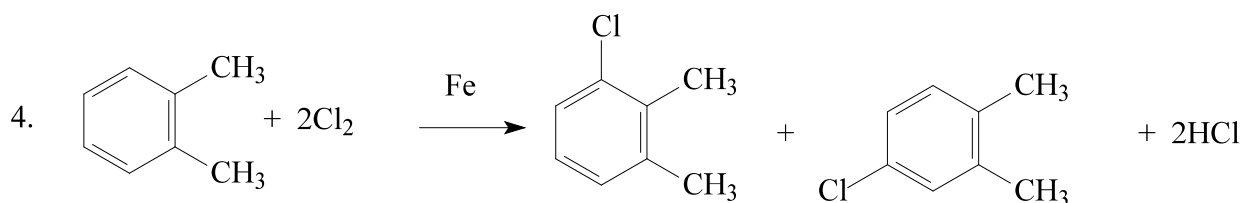
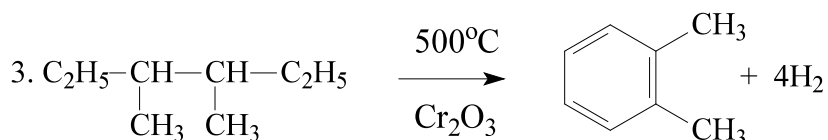
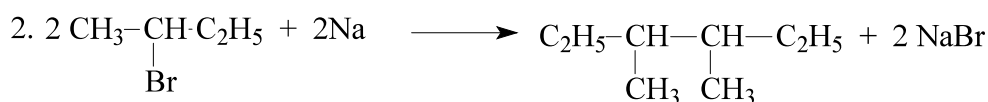


8.3. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что массовая доля водорода в соединении А больше массовой доли водорода в соединении Г на 4.84 %, а соединения Д, Е и Ж – изомеры с формулой $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}$. Напишите уравнения протекающих реакций, указав структурные формулы соединений.

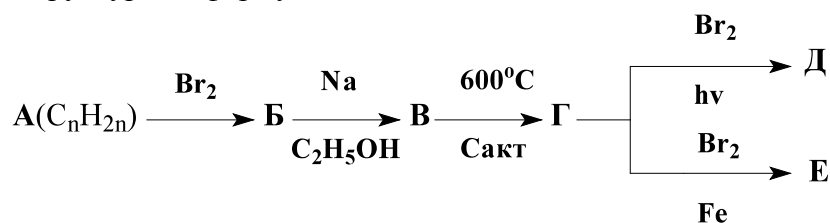


(12 баллов)

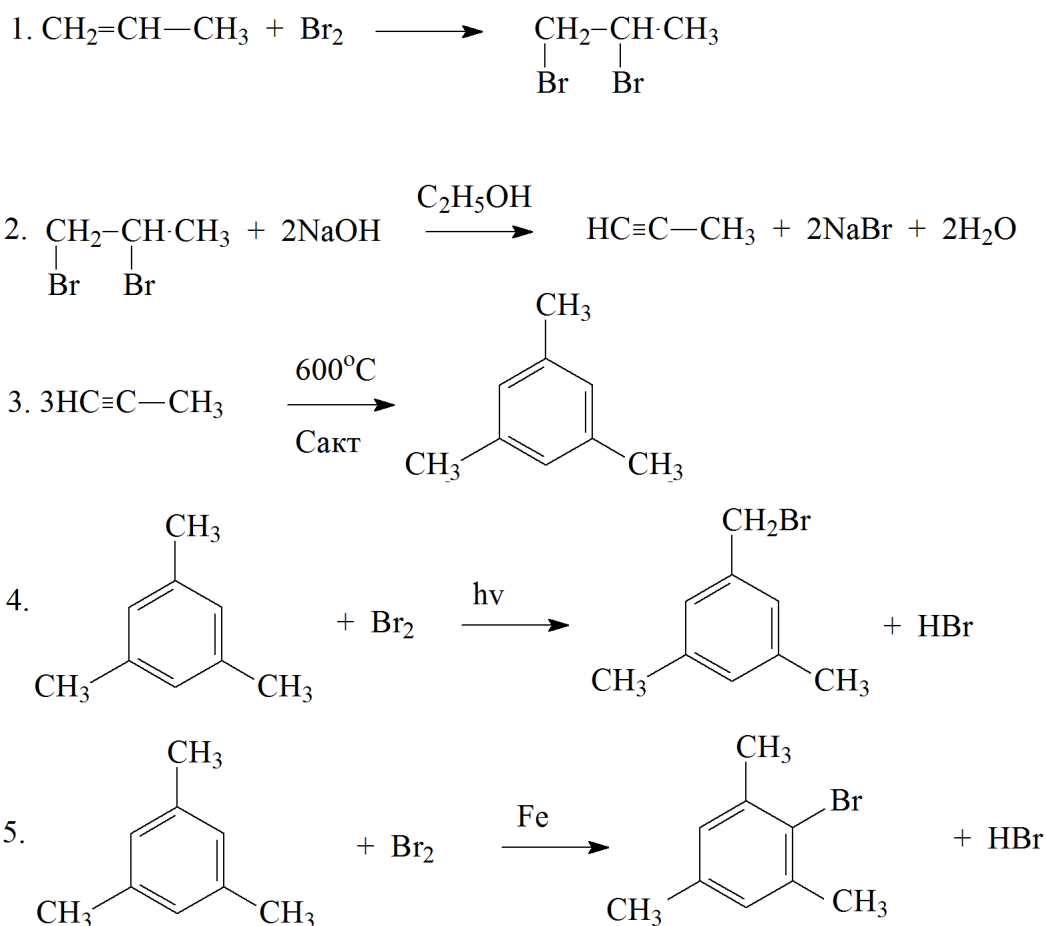
Решение:



8.4. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что массовая доля водорода в соединении А больше массовой доли водорода в соединении Г на 4.29 %, а соединения Д и Е – изомеры с формулой $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}$. Напишите уравнения протекающих реакций, указав структурные формулы соединений.



Решение:

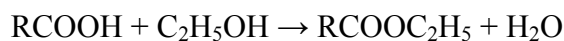


(12 баллов)

Задание №9

9.1. Для полной этерификации смеси двух алифатических одноосновных карбоновых кислот массой 25.2 г, различающихся по составу только на один атом углерода, потребовалось 18.4 г этанола. Установите строение этих кислот и их массовые доли в исходной смеси. (15 баллов)

Решение:



Количество этанола, вступившего в реакцию $\nu = 18.4/46 = 0.4$ моль.

Если формула одной из кислот $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$, то формула второй кислоты $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n}\text{O}_2$.

$$\begin{cases} x + y = 0.4 \\ (14n + 32)x + (14n + 44)y = 25.2 \end{cases}$$

Отсюда:

$$\begin{cases} x + y = 0.4 \\ 5.6n - 12x = 7.2 \end{cases}$$

При $x = 0$ $n = 7.6/5.6 = 1.36$. При $x = 0.4$ $n = 12.4/5.6 = 2.2$. n – целое число. $n = 2$.

Тогда одна из кислот имеет формулу $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ - уксусная кислота CH_3COOH . Формула второй кислоты $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ - акриловая кислота $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$.

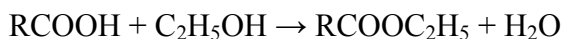
$$\begin{cases} x + y = 0.4 \\ 60x + 72y = 25.2 \\ x = 0.3, y = 0.1 \end{cases}$$

$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0.3 \cdot 60 = 18 \text{ г.}$ $\omega_{\text{CH}_3\text{COOH}} = (18/25.2)100\% = 71.43\%$. $\omega_{\text{CH}_2=\text{CHCOOH}} = 28.57\%$.

Ответ: $\omega_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 71.43\%$, $\omega_{\text{CH}_2=\text{CHCOOH}} = 28.57\%$.

9.2 Для полной этерификации смеси двух алифатических спиртов массой 25.4 г, различающихся по составу только на один атом углерода, потребовалось 30 г уксусной кислоты. Установите строение этих спиртов и их массовые доли в исходной смеси. (15 баллов)

Решение:



Количество уксусной кислоты, вступившей в реакцию $\nu = 30/60 = 0.5$ моль.

Если формула одного из спиртов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$, то формула второй кислоты $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+2}\text{O}$.

$$\begin{cases} x + y = 0.5 \\ (14n + 18)x + (14n + 30)y = 25.4 \end{cases}$$

Отсюда:

$$\begin{cases} x + y = 0.5 \\ 7n - 12x = 10.4 \end{cases}$$

При $x = 0$ $n = 10.4/7 = 1.49$. При $x = 0.5$ $n = 16.4/7 = 2.34$. n – целое число. $n = 2$.

Тогда один из спиртов имеет формулу $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ – этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Формула второго спирта

$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ – аллиловый спирт $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$.

$$\begin{cases} x + y = 0.5 \\ 46x + 58y = 25.4 \end{cases}$$

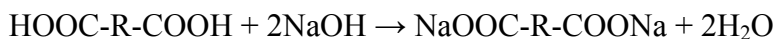
$$x = 0.3, y = 0.2$$

$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 0.3 \cdot 46 = 13.8 \text{ г.}$ $\omega_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = (13.8/25.4)100\% = 54.33\%$. $\omega_{\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}} = 45.67\%$.

Ответ: $\omega_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 54.33\%$, $\omega_{\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}} = 45.67\%$.

9.3. Для полной нейтрализации смеси двух алифатических двухосновных карбоновых кислот массой 53.2 г, различающихся по составу только на один атом углерода, потребовалось 200 г 20%-ного раствора гидроксида натрия. Установите строение этих кислот и их массовые доли в исходной смеси. (15 баллов)

Решение:



Количество гидроксида натрия, вступившего в реакцию $\nu = 200 \cdot 0.2/40 = 1$ моль.

Следовательно суммарное количество двухосновных кислот – 0.5 моль

Если формула одной из кислот $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_4$, то формула второй кислоты $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n-2}\text{O}_4$.

$$\begin{cases} x + y = 0.5 \\ (14n + 62)x + (14n + 74)y = 53.2 \end{cases}$$

Отсюда:

$$\begin{cases} x + y = 0.5 \\ 7n - 12x = 15.2 \end{cases}$$

При $x = 0$ $n = 15.2/7 = 2.17$. При $x = 0.5$ $n = 21.2/7 = 3.03$. n – целое число. $n = 3$.

Тогда одна из кислот имеет формулу $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$ – малоновая кислота $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COON}$.

Формула второй кислоты $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ – бутеновая (фумаровая или малеиновая) кислота $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COON}$.

$$\begin{cases} x + y = 0.5 \\ 104x + 116y = 53.2 \end{cases}$$

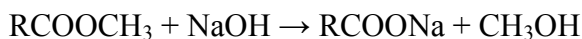
$$x = 0.4, y = 0.1$$

$m_{\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COON}} = 0.4 \cdot 104 = 41.6 \text{ г.}$ $\omega_{\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COON}} = (41.6/53.2)100\% = 78.2\%$. $\omega_{\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COON}} = 21.8\%$.

Ответ: $\omega_{\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COON}} = 78.2\%$, $\omega_{\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COON}} = 21.8\%$.

9.4. Для полного гидролиза смеси двух метиловых эфиров алифатических одноосновных карбоновых кислот массой 24.6 г, различающихся по составу только на один атом углерода, потребовалось 48 г 25%-ного раствора гидроксида натрия. Установите строение этих эфиров и их массовые доли в исходной смеси. **(15 баллов)**

Решение:



Количество гидроксида натрия, вступившего в реакцию $\nu = 48 \cdot 0.25 / 40 = 0.3$ моль. Если формула одного из эфиров $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$, то формула второго эфира $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n}\text{O}_2$.

$$\begin{cases} x + y = 0.3 \\ (14n + 32)x + (14n + 44)y = 24.6 \end{cases}$$

Отсюда:

$$\begin{cases} x + y = 0.3 \\ 4.2n - 12x = 11.4 \end{cases}$$

При $x = 0$ $n = 11.4 / 4.2 = 2.71$. При $x = 0.3$ $n = 15 / 4.2 = 3.57$. n – целое число. $n = 3$.

Тогда один из эфиров имеет формулу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ – метилацетат $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$. Формула второго эфира $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ – метилакрилат $\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3$.

$$\begin{cases} x + y = 0.3 \\ 74x + 84y = 24.6 \end{cases}$$

$$x = 0.1, y = 0.2$$

$$m_{\text{CH}_3\text{COOCH}_3} = 0.1 \cdot 74 = 7.4 \text{ г. } \omega_{\text{CH}_3\text{COOCH}_3} = (7.4 / 24.6) 100\% = 31.3\%. \omega_{\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3} = 68.7\%.$$

Ответ: $\omega_{\text{CH}_3\text{COOCH}_3} = 31.3\%$, $\omega_{\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3} = 68.7\%$.

Задание №10

10.1. Нагревание перманганата калия экспериментатор проводил не очень внимательно и допустил изменения в температуре, что привело к тому, что при разложении 20.000 г перманганата калия произошло образование не только манганата(VI), но и манганата(V) калия (в результате дальнейшего частичного разложения манганата(VI) до манганата(V) калия). Потеря массы при этом составила 2.500 г. Напишите уравнения всех протекающих реакций, а также рассчитайте объем хлора (н.у.), который может быть получен при взаимодействии полученного твердого остатка с концентрированной соляной кислотой. **(15 баллов)**

Решение:



Потеря массы – это масса образовавшегося кислорода.

$$n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2) / M(\text{O}_2) = 2.5 / 32 = 0.078 \text{ моль}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = m(\text{KMnO}_4) / M(\text{KMnO}_4) = 20 / 158 = 0.127 \text{ моль}$$

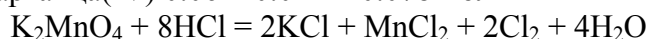
$$\text{Если бы прошла только первая реакция, то количество кислорода было бы } 0.127 / 2 = 0.064 \text{ моль.}$$

В нашем случае образовалось дополнительно $0.078 - 0.064 = 0.014$ моль кислорода.

Таким образом, количество оставшегося манганата(VI) $0.064 - 0.014 \cdot 3 = 0.022$ моль

Количество манганата(V) $2 \cdot 0.014 = 0.028$ моль

Количество оксида марганца(IV) $0.064 + 0.014 = 0.078$ моль



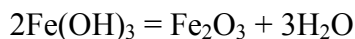
$$n(\text{Cl}_2) = 2n(\text{K}_2\text{MnO}_4) + 1.5n(\text{K}_3\text{MnO}_4) + n(\text{MnO}_2) = 2 \cdot 0.022 + 1.5 \cdot 0.028 + 0.078 = 0.164 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2) = n \cdot V_m = 0.164 \cdot 22.4 = 3.674 \text{ л}$$

Ответ: 3.674 л

10.2. При разложении гидроксида железа (III) массой 40.000 г прошла реакция не только разложения, но из-за несоблюдения температурного режима частично образовался оксид железа(II,III). Потеря массы при термическом разложении составила 10.600 г. Напишите уравнения всех протекающих реакций, а также рассчитайте объем оксида азота(II) (н.у.), который может быть получен при взаимодействии полученного твердого остатка с разбавленной азотной кислотой. **(15 баллов)**

Решение:



$$n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = m(\text{Fe}(\text{OH})_3)/M(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 40/107 = 0.374 \text{ моль}$$

Потеря массы – это масса кислорода и воды.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1.5n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 1.5 \cdot 0.374 = 0.561 \text{ моль}$$

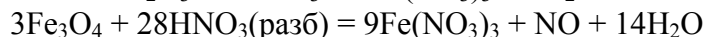
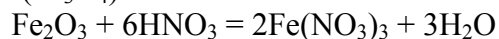
$$m(\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0.561 \cdot 18 = 10.098 \text{ г}$$

$$m(\text{O}_2) = 10.6 - 10.098 = 0.502 \text{ г}$$

$$n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2)/M(\text{O}_2) = 0.502/32 = 0.016 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 4n(\text{O}_2) = 4 \cdot 0.016 = 0.064 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.5 \cdot n(\text{Fe}(\text{OH})_3) - 1.5 \cdot n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0.5 \cdot 0.374 - 1.5 \cdot 0.064 = 0.091 \text{ моль}$$



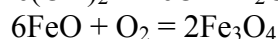
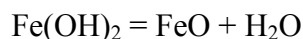
$$n(\text{NO}) = n(\text{Fe}_3\text{O}_4)/3 = 0.064/3 = 0.021 \text{ моль}$$

$$V(\text{NO}) = n \cdot V_m = 0.021 \cdot 22.4 = 0.4704 = 0.470 \text{ л}$$

Ответ: 0.470 л.

10.3. При разложении гидроксида железа (II) массой 50.000 г из-за плохой изоляции от кислорода воздуха прошла реакция не только разложения, но и образования оксида железа(II,III). Суммарная потеря массы при нагревании составила 9.000 г. Напишите уравнения всех протекающих реакций, а также рассчитайте массу осадка, который может быть получен при взаимодействии полученного твердого остатка с подкисленным серной кислотой раствором иодида калия. **(15 баллов)**

Решение:



Потеря массы – за счет воды масса уменьшается, кислород же массу увеличивает.

$$n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = m(\text{Fe}(\text{OH})_2)/M(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 50/90 = 0.556 \text{ моль}$$

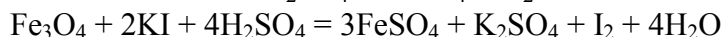
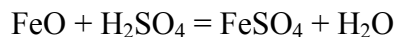
$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 0.556 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0.556 \cdot 18 = 10.008 \text{ г}$$

Чтобы суммарная потеря массы составила 9 г, масса прореагировавшего кислорода должна быть равна $10.008 - 9 = 1.008 \text{ г}$

$$n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2)/M(\text{O}_2) = 1.008/32 = 0.032 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0.032 = 0.064 \text{ моль}$$



$$n(\text{I}_2) = n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0.064 \text{ моль}$$

$$m(\text{I}_2) = nM = 0.064 \cdot 254 = 16.256 \text{ г}$$

Ответ: 16.256 г.

10.4. Нагревание нитрата меди (II) экспериментатор проводил не очень внимательно и допустил изменения в температуре, что привело к тому, что при разложении 60.000 г соли произошло образование смеси двух оксидов меди. Потеря массы при этом составила 35.500 г. Напишите уравнения всех протекающих реакций, а также рассчитайте массу

осадка, который выделится при взаимодействии полученного твердого остатка с раствором иодоводородной кислоты. (15 баллов)

Решение:



$$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) / M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 60 / 188 = 0.319 \text{ моль}$$

Потеря массы – это масса диоксида азота и кислорода, выделяющегося по 1 и 2 реакциям.

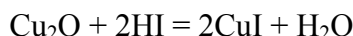
$$n(\text{NO}_2) = 2n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 2 \cdot 0.319 = 0.638 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_2 \text{ 1p}) = 0.5n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0.5 \cdot 0.319 = 0.160 \text{ моль}$$

$$m(\text{NO}_2 + \text{O}_2 \text{ 1p}) = 0.638 \cdot 46 + 0.160 \cdot 32 = 34.468 \text{ г}$$

$$m(\text{O}_2 \text{ 2p}) = 35.5 - 34.468 = 1.032 \text{ г}$$

$$n(\text{O}_2 \text{ 2p}) = 1.032 / 32 = 0.032 \text{ моль}$$



$$n(\text{Cu}_2\text{O}) = 2n(\text{O}_2 \text{ 2p}) = 2 \cdot 0.032 = 0.064 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) - 2n(\text{Cu}_2\text{O}) = 0.319 - 2 \cdot 0.064 = 0.303 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuI}) = n(\text{CuO}) + 2n(\text{Cu}_2\text{O}) = 0.303 + 2 \cdot 0.064 = 0.431 \text{ моль}$$

$$n(\text{I}_2) = 0.5 \cdot n(\text{CuO}) = 0.303 \cdot 0.5 = 0.152 \text{ моль}$$

$$m(\text{осадка}) = m(\text{CuI}) + m(\text{I}_2) = 0.431 \cdot 191 + 0.152 \cdot 254 = 120.929 \text{ г}$$

Ответ: 120.929 г.

Отборочный тур, 5-9 классы

1. Напишите по одному уравнению реакций с участием кислорода, в результате которых:

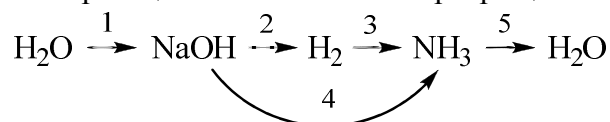
- общий объем газов не изменяется;
- объем газов уменьшается в 1,5 раза;
- объем газов уменьшается в 3 раза;
- объем газов увеличивается.

Объемы реагентов и продуктов измерены при нормальных условиях (0 °С, 1 атм).

2. Приведите 6 химических элементов, названия которых связаны с Россией. Кратко объясните происхождение названия каждого элемента. Какие из этих элементов существуют в природе?

3. В атоме некоторого элемента число электронов на внешнем уровне в 5 раз меньше общего числа внутренних электронов. Определите атомный номер элемента.

4. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



5. Соединения **A** и **B** содержат по два элемента, один из которых – водород. **A** – газ, **B** – твердое вещество. Массовая доля водорода в этих соединениях – одна и та же. Установите формулы **A** и **B**. Чему равна массовая доля водорода? Как получить водород из этих соединений?