

9 Класс

Задание 1. Известно, что ионы Fe^{2+} окисляются дихромат-ионами, ионы Fe^{3+} восстанавливаются ионами Sn^{2+} , а ионы Sn^{4+} восстанавливаются ионами Ti^{3+} . На основании этих фактов объясните, какие из приведенных ниже окислительно-восстановительных реакций могут протекать самостоятельно, и напишите соответствующие уравнения:

ионы Ti^{3+} с ионами $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ или ионы Ti^{4+} с ионами Cr^{3+} ;

ионы Sn^{2+} с ионами $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ или ионы Sn^{4+} с ионами Cr^{3+} ;

ионы Ti^{3+} с ионами Fe^{3+} или ионы Ti^{4+} с ионами Fe^{2+} . (10 баллов)

Задание 2. Монету из медно-серебряного сплава растворили в избытке концентрированной азотной кислоты. Полученный раствор упарили досуха, твердый продукт прокалили при температуре 500°C до постоянного веса. Масса полученного в результате этого остатка на 15% больше массы исходной монеты. Рассчитать содержание металлов в монете. Записать уравнения реакций. (12 баллов)

Задание 3. В 10 пронумерованных пробирках находятся растворы следующих веществ: NaOH , $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$, NH_4OH , AgNO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, H_2SO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, HNO_3 , AlCl_3 , SnCl_2 .

Расставьте их в необходимом порядке, если известно, что:

№1 образует осадки с №№3 и 5.

№2 образует осадки с №№3, 5, 7 и 8. Осадки №2 с №№7 и 8 растворимы в №10.

№2 образует осадок с №9 при больших концентрациях обоих.

№№3, 5, 6 образуют осадки с №№7 и 8, растворимые в №№9 и 10.

Осадки №№3 и 5 с №№7 и 8 растворимы в избытке №7, а осадки №6 с №№7 и 8 легко растворимы в избытке №8 и большом избытке №7.

№4 образует осадки с №№3, 5, 7, 8, 9, растворимые в избытке №7. Кроме того, осадки №4 с №№3 и 5 растворимы в горячей воде.

Ваши рассуждения подтвердите уравнениями химических реакций.

(14 баллов)

Задание 4. В 1-литровой колбе при 406.5 K и давлении 101325 Па находится смесь газообразного углеводорода с кислородом, причем кислорода в смеси вдвое больше, чем необходимо для полного сгорания углеводорода. В результате сгорания образовалось 0.162 г воды и давление в сосуде (при той же температуре) увеличилось на 5%.

1. Приведите структурные формулы и названия возможных углеводородов.

2. Какой из изомеров способен образовывать полимер? Приведите формулу полимера.

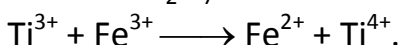
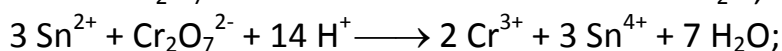
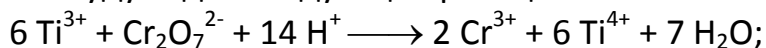
3. Известно несколько разновидностей данного полимера в зависимости от строения. Приведите структурные их формулы и названия. (14 баллов)

Задание 1

В окислительно-восстановительных реакциях одни ионы окисляются, а другие восстанавливаются. Чтобы реакция протекала самопроизвольно, стандартный нулевой потенциал ионов-окислителей должен превышать стандартный нулевой потенциал ионов-восстановителей. Первая группа реакций позволяет расположить окислительные потенциалы в порядке возрастания:

$$E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) > E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) > E^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) > E^0(\text{Ti}^{4+}/\text{Ti}^{3+}).$$

Из полученного ряда вытекает, что самопроизвольно в указанных условиях будут идти следующие реакции:



Примечание:

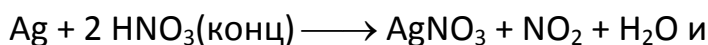
1. Написание уравнений реакций в ионном виде (по 2 балла за каждое уравнение) - 6 баллов.
2. Знание понятия стандартного редокс-потенциала (E^0) - 2 балла.
3. Заключение о протекании Ох-Red реакции по значению E^0 - 2 балла.

Итого – 10 баллов.

Задание 2

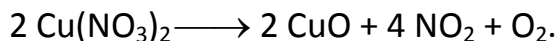
Пусть масса монеты x г, а масса меди в ней y г. Тогда количество меди в монете $n(\text{Cu}) = y / 64 = 0.0156y$, а количество серебра $n(\text{Ag}) = (x - y) / 108 = 0.00926(x - y)$.

При растворении монеты в концентрированной азотной кислоте протекают следующие реакции:



Твердый продукт после растворения – смесь нитратов серебра и меди.

При прокаливании твердого продукта протекают реакции:



Окончательный остаток – смесь серебра и оксида меди (II).

По условию и в соответствии с принятыми обозначениями масса остатка равна: $m(\text{остатка}) = 1.15x$. С другой стороны, $m(\text{остатка}) = m(\text{Ag}) + m(\text{CuO}) = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) + n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) + n(\text{Cu}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.00926(x - y) \cdot 108 + 0.0156y \cdot 80 = (x - y) + 1.25y = x + 0.25y$.

$$\text{Тогда: } 1.15x = x + 0.25y$$

$$0.15x = 0.25y$$

$$x = 1.67y$$

Массовая доля меди в монете равна:

$$\omega(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) / m(\text{монеты}) = m(\text{Cu}) / [m(\text{Cu}) + m(\text{Ag})] = y / x = y / (1.67y) = 1 / 1.67 = 0.60 \text{ или } 60 \%, \text{ тогда содержание серебра в монете } 40\%.$$

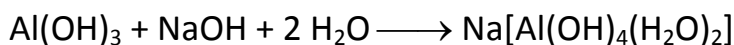
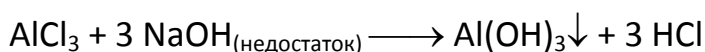
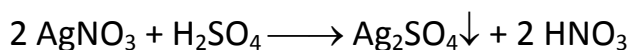
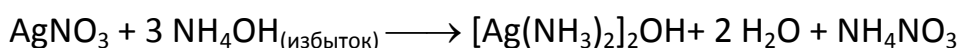
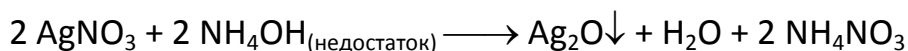
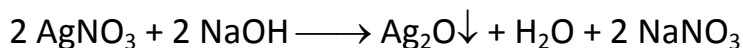
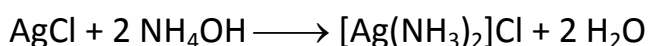
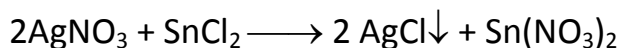
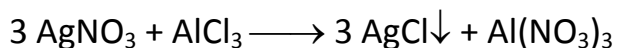
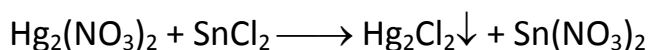
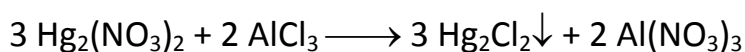
Примечание:

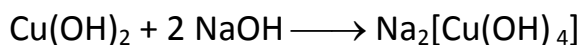
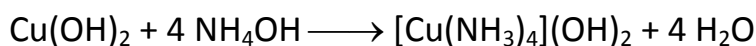
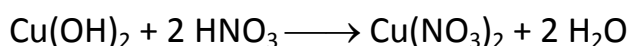
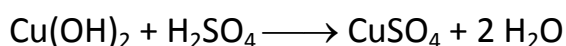
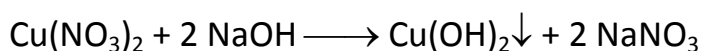
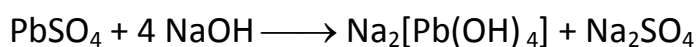
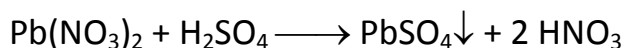
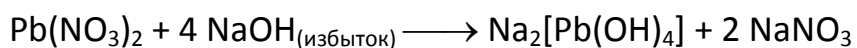
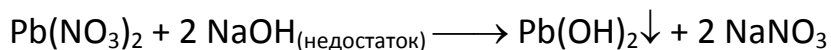
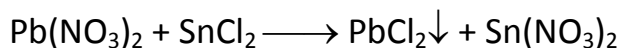
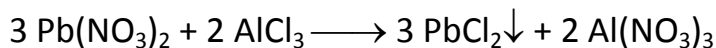
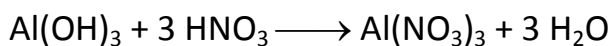
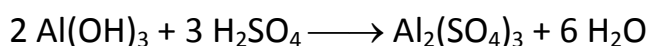
1. Запись уравнений реакций - 4 балла.
2. Введение неизвестных и составление системы уравнений для определения количеств прореагировавших и образовавшихся веществ - 6 баллов.
3. Определение массовой доли меди в монете – 2 балла.

Итого – 12 баллов.

Задание 3

№ 1 - $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$, № 2 – AgNO_3 , № 3 - AlCl_3 , № 4 - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, № 5 - SnCl_2 , № 6 - $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, № 7 - NaOH , № 8 - NH_4OH , № 9 - H_2SO_4 , № 10 - HNO_3 .





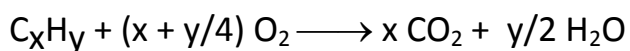
Примечание:

1. Запись уравнений реакций - 12 баллов (по 0.5 балла за каждое уравнение).
2. Рассуждения - 2 балла.

Итого – 14 баллов.

Задание 4

Реакция полного сгорания углеводорода описывается уравнением:



$$n_1(\text{смеси}) = PV/RT = 101.325 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ л} / [8.314 (\text{кПа} \cdot \text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \cdot 406.5 \text{ K}]$$

$$= 0.03 \text{ моль}$$

Увеличение на 5% давления по окончании реакции означает и такое же увеличение числа моль смеси:

$$n_2(\text{смеси}) = 0.03 + (0.03 \cdot 0.05) = 0.0315 \text{ моль}; n(\text{H}_2\text{O}) = 0.162 / 18 = 0.009 \text{ моль}.$$

Пусть в исходной смеси было n моль углеводорода, тогда кислорода $2n(x + y/4)$, то есть: $n + 2n(x + y/4) = 0.03$.

Поскольку кислород был в избытке, по окончании реакции газовая смесь состояла из nx моль CO_2 , $ny/2$ моль H_2O и $n(x + y/4)$ моль оставшегося O_2 : $nx + ny/2 + n(x + y/4) = 0.0315$.

С учетом $ny/2 = 0.009$ моль H_2O составим систему уравнений:

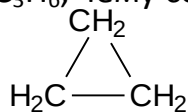
$$n + 2n(x + y/4) = 0.03$$

$$nx + ny/2 + n(x + y/4) = 0.0315$$

$$ny/2 = 0.009$$

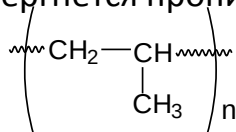
Решая систему уравнений, получаем $n = 0.003$ моль, **$x = 3$, $y = 6$** .

1. То есть, общая формула углеводорода C_3H_6 , чему соответствуют



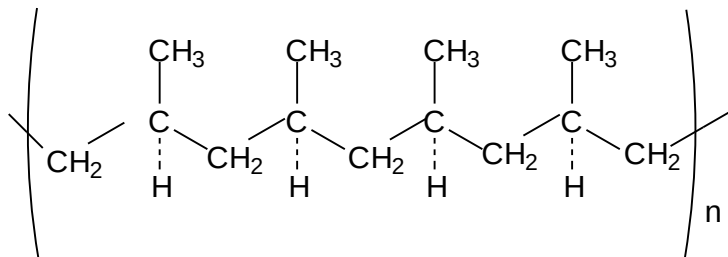
пропилен $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ или циклопропан .

2. Полимеризации подвергнется пропилен, образуя полипропилен

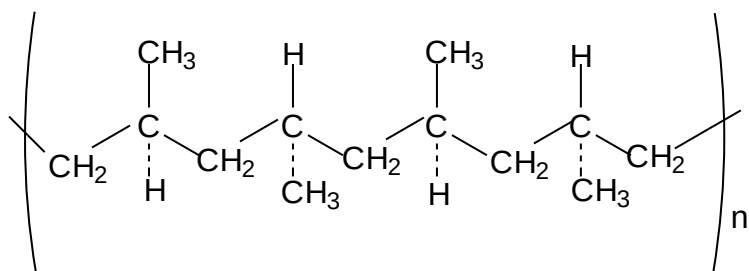


3. Полипропилен бывает:

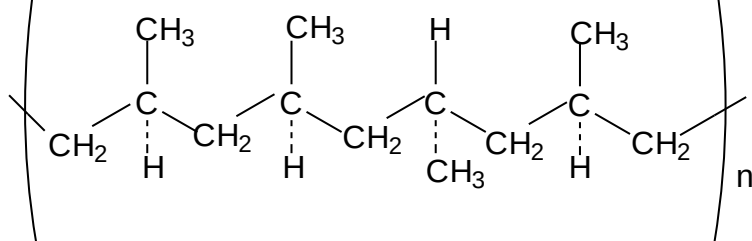
а) Изотактический (метильные группы по одну сторону боковой цепи)



б) Синдиотактический (заместители располагаются поочередно по разные стороны основной цепи)



в) Атактический (с неупорядоченным расположением заместителей)



Примечание:

1. Запись уравнения полного сгорания углеводорода - 2 балла.
2. Определение количества вещества исходной смеси - 1 балл.
3. Определение количества вещества конечной смеси – 1 балл.
4. Установление формулы углеводорода – 7 баллов.
4. Запись структурных формул полипропилена различной тактичности - 3 балла.

Итого – 14 баллов.

10 класс

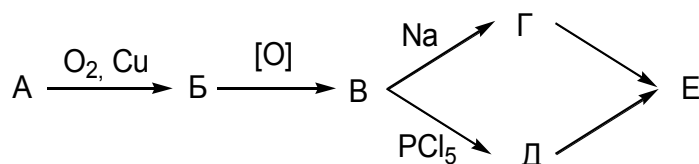
Задание 1. Определите структурную формулу соединения, если известно, что оно состоит из 37,7% С, 6,3% Н и 56,0% Cl (по массе). 6,35 г паров этого соединения занимают объем 1,12 л (н.у.). При гидролизе этого соединения образуется вещество, состоящее из С, Н, О, а при восстановлении последнего образуется вторичный спирт. (8 баллов)

Задание 2. Смесь хлорида и сульфата магния растворили в воде. К полученному раствору добавили избыток нитрата бария. Выпавший осадок отделили, промыли, просушили и взвесили. К оставшемуся раствору добавили избыток нитрата серебра. При этом также выпал осадок, который промыли, просушили и взвесили. Масса второго осадка в три раза больше массы первого осадка.

1. Составьте уравнения описанных реакций.
2. Рассчитайте массовые доли солей в исходной смеси.
3. Рассчитайте массу осадка, которую можно получить при добавлении к раствору 2,0 г исходной смеси избытка раствора гидроксида калия.

(10 баллов)

Задание 3. При сгорании 2,30 г органического вещества, имеющего плотность по гелию 11,50, образовалось 2,24 л (н.у.) углекислого газа и 2,70 г воды. Установить молекулярную формулу исходного вещества, написать все возможные изомеры. Для какого изомера (А) возможно осуществить приведенные ниже превращения?



1. Запишите соответствующие уравнения реакций, назовите вещества А, Б, В, Г, Д и Е.
2. Укажите, что общего у вещества Е и оксида серы (VI).

(12 баллов)

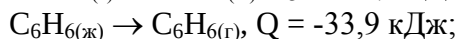
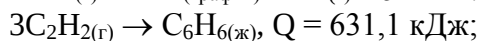
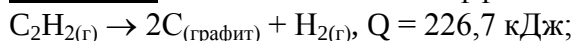
Задание 4. Получение алканов по методу Фишера-Тропша протекает на кобальтовом катализаторе по общей схеме: $\text{CO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + \text{H}_2\text{O}$.

В реактор ввели оксид углерода(II) и водород при 180 °С в объемном соотношении 1:2, при этом образовалась смесь первых трех представителей ряда алканов в молярном соотношении 3:2:2.

Вычислите, во сколько раз изменилось общее давление в системе, если в реакторе поддерживались постоянными V и T , а расход CO составил 10 %.

(12 баллов)

Задание 5. Известны тепловые эффекты следующих реакций:



Рассчитайте теплоту образования газообразного бензола из графита и водорода.

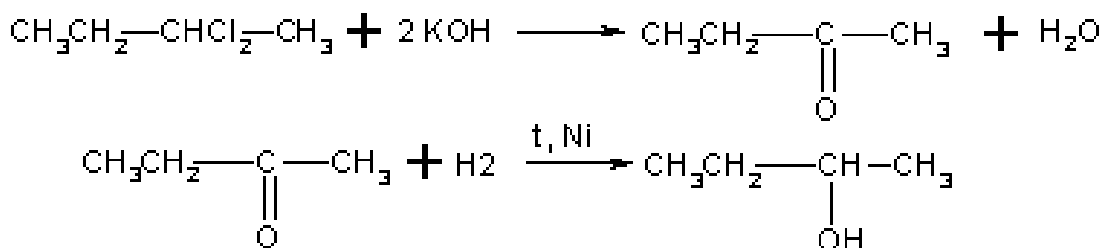
(8 баллов)

Задание 1

В объеме 1,12 л содержится $1,12/22,4 = 0,05$ моль данного вещества. Его молярная масса равна $6,35/0,05 = 127$ г/моль. В одном моле вещества содержится $127-0,56 = 71$ г Cl (два моля), $127-0,377 = 48$ г C (четыре моля) и $127-0,063 = 8$ г H (восемь молей). Формула вещества - $C_4H_8Cl_2$.

Вторичные спирты образуются при восстановлении кетонов, следовательно, при гидролизе $C_4H_8Cl_2$ образуется кетон. Это означает, что два атома хлора находятся при одном атоме углерода в середине цепи. Искомое вещество - 2,2-дихлорбутан, $CH_3-CH_2-CCl_2-CH_3$.

Уравнения реакций:



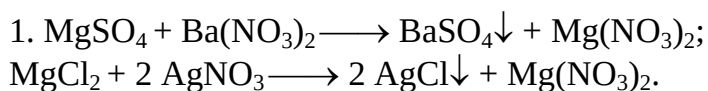
Ответ. 2,2-дихлорбутан, $CH_3-CH_2-CCl_2-CH_3$.

Примечание:

1. Определение количества вещества и его молярной массы - 2 балла.
2. Установление брутто-формулы вещества - 3 балла.
3. Установление структурной формулы вещества и запись уравнений реакций - 3 балла.

Итого – 8 баллов.

Задание 2



2. Пусть в 2.0 г исходной смеси содержится x г $MgCl_2$. Тогда:

$$m(MgCl_2) = x \text{ г.}$$

$$m(MgSO_4) = (2-x) \text{ г.}$$

$$n(MgSO_4) = m(MgSO_4) / M(MgSO_4) = (2-x) / (24+32+4 \cdot 16) = (2-x) / 120 \text{ моль.}$$

$$n(BaSO_4) = n(MgSO_4) = (2-x) / 120 \text{ моль.}$$

$$m(BaSO_4) = n(BaSO_4) \cdot M(BaSO_4) = (2-x) / 120 \cdot (137+32+4 \cdot 16) = 1.94(2-x) = 3.88 - 1.94x \text{ г.}$$

$$n(MgCl_2) = m(MgCl_2) / M(MgCl_2) = x / (24+2 \cdot 35.5) = 0.0105x \text{ моль.}$$

$$n(AgCl) = 2n(MgCl_2) = 2 \cdot 0.0105x = 0.0210x \text{ г.}$$

$$m(AgCl) = n(AgCl) \cdot M(AgCl) = 0.0210x \cdot (108+35.5) = 3.01x \text{ г.}$$

По условию задачи:

$$m(AgCl) / m(BaSO_4) = 3, \text{ т.е. } 3.01x / (3.88 - 1.94x) = 3. \text{ Отсюда:}$$

$$3.01x = 11.6 - 5.82x$$

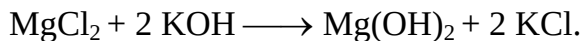
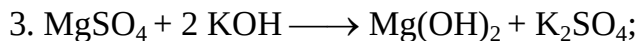
$$8.83x = 11.6$$

$$X = 1.31 \approx 1.3 \text{ г.}$$

$$m(\text{MgCl}_2) = 1.3 \text{ г, } m(\text{MgSO}_4) = (2 - 1.3) = 0.7 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{MgCl}_2) = m(\text{MgCl}_2) / m(\text{смеси}) = 1.3 / 2 = 0.65 \approx 65 \text{ \%}.$$

$$\omega(\text{MgSO}_4) = 1 - \omega(\text{MgCl}_2) = 1 - 0.65 = 0.35 \approx 35 \text{ \%}.$$



Отсюда:

$$n(\text{Mg(OH)}_2) = n(\text{MgSO}_4) + n(\text{MgCl}_2).$$

$$n(\text{MgSO}_4) = m(\text{MgSO}_4) / M(\text{MgSO}_4) = 0.7 / 120 = 0.00583 \text{ моль.}$$

$$n(\text{MgCl}_2) = m(\text{MgCl}_2) / M(\text{MgCl}_2) = 1.3 / 95 = 0.0137 \text{ моль.}$$

$$n(\text{Mg(OH)}_2) = 0.00583 + 0.0137 = 0.0195 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Mg(OH)}_2) = n(\text{Mg(OH)}_2) \cdot M(\text{Mg(OH)}_2) = 0.0195 \cdot 58 = 1.13 \approx 1.1 \text{ г.}$$

Примечание:

1. Составление уравнений описанных реакций - 2 балла.

2. Расчёт массовых долей солей в исходной смеси - 4 балла.

3. Расчёт массы осадка - 4 балла.

Итого – 10 баллов.

Задание 3

Молекулярная масса исходного органического соединения равна $11.5 \times 4 = 46 \text{ г/моль}$.

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 2.24 / 22.4 = 0.1 \text{ моль.}$$

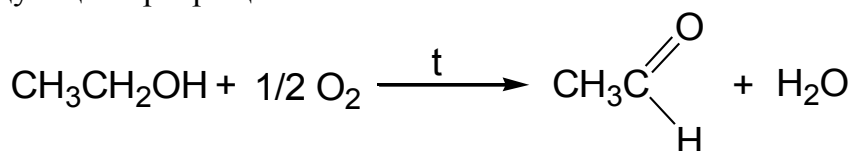
$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 2.7 / 18 = 0.3 \text{ моль.}$$

$$m(\text{C+H}) = 0.1 \times 12 + 0.3 \times 1 = 1.5 \text{ г,}$$

По условию задачи масса вещества 2.3 г, следовательно, оно содержит кислород, количество которого равно $0.8 / 16 = 0.05 \text{ моль}$.

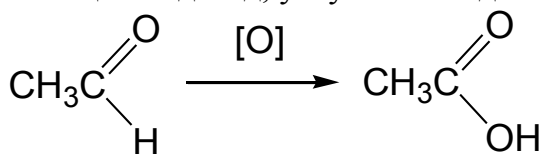
Мольные соотношения составляют $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 2 : 6 : 1$, что отвечает молекулярной формуле $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, молекулярная масса которой составляет 46 г/моль, что удовлетворяет условию задачи. Данной формуле соответствуют два изомера: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – этиловый спирт и CH_3OCH_3 – диметиловый эфир. Этиловый спирт (винный спирт, этанол) – искомое вещество **А**, так как для него характерны следующие превращения:

1.

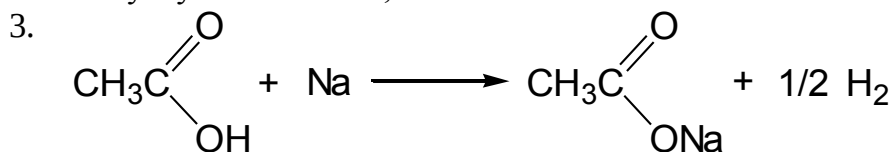


Б - ацетальдегид, уксусный альдегид, этаналь

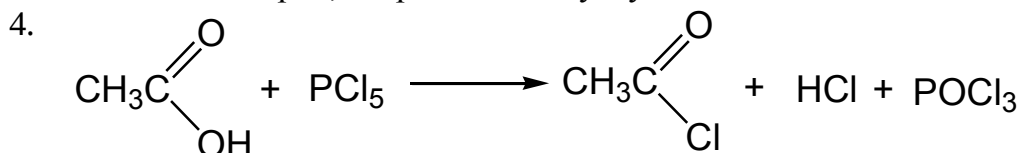
2.



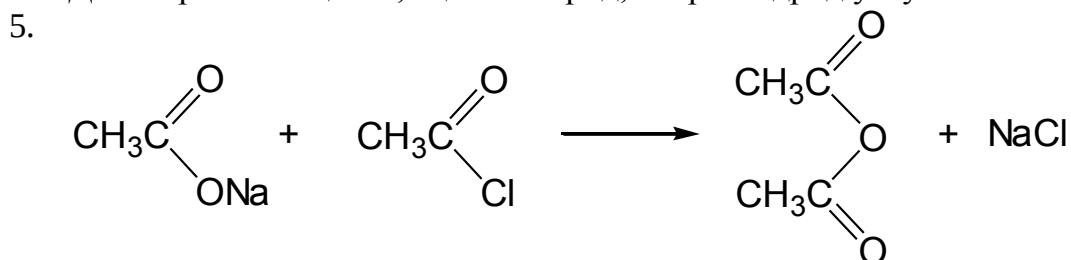
В – уксусная кислота, этановая кислота



Г – ацетат натрия, натриевая соль уксусной кислоты



Д – хлористый ацетил, ацетилхлорид, хлорангидрид уксусной кислоты



Е – уксусный ангидрид, ангидрид уксусной кислоты

Уксусный ангидрид и серный ангидрид (SO₂) являются ангидридами уксусной и серной кислот соответственно. Происхождение слова ангидрид от греч. *an* — отрицательная частица и *hýdōr* — вода. Ангидридами называют химические соединения, которые можно получить, отнимая воду от соответствующей кислоты.

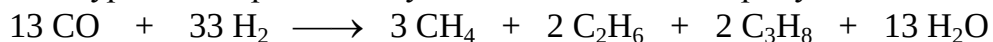
Примечание:

1. За каждое уравнение реакции – 1 балл;
2. За название каждого вещества – 0.5 балла;
3. Установление природы исходного вещества А – 4 балла.

Итого – 12 баллов.

Задание 4

1. Запишем уравнение реакции с учетом соотношения продуктов в смеси:



2. Составим баланс:

Было: 1 2 0 0 0 0

Израсх.: 0.1 (0.1·33)/13 (0.1·3)/13 (0.1·2)/13 (0.1·3)/13 0.1
(образ.)

Стало: 0.9 (2-0.254) 0.0230 0.0154 0.0154 0.1

3. Обозначим общее давление в исходной смеси как P₀, общее давление в конечной смеси – P.

P₀ пропорционально 3,

P пропорционально $(0.9 + 2 - 0.254 + 0.0230 + 0.0154 + 0.0154 + 0.1) = 2.8$

Тогда $P_0 / P = 1.07$, т.е. давление в системе уменьшилось в 1.07 раза.

Примечание:

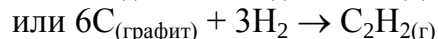
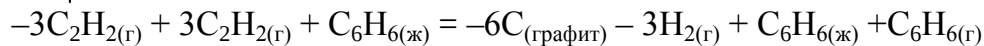
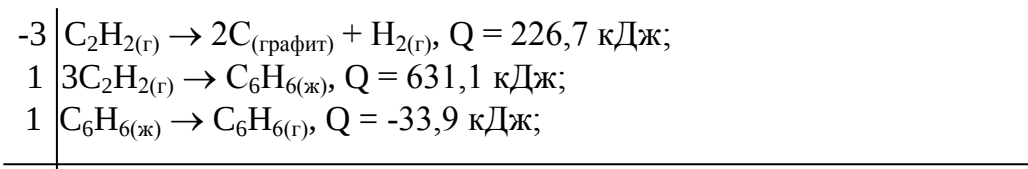
1. Запись уравнения реакции – 2 балла;
2. Составление баланса равновесия – 6 баллов;
3. Расчет изменения давления в системе – 4 балла.

Итого – 12 баллов.

Задание 5

Необходимо найти теплоту реакции: $6C_{(\text{графит})} + 3H_2 \rightarrow C_6H_{6(g)}$

Эту реакцию можно представить, как комбинацию трёх заданных реакций со следующими коэффициентами:



отсюда искомая тепловая реакция равна:

$$Q = -3Q_1 + Q_2 + Q_3 = -82 \text{ кДж/моль.}$$

Примечание:

1. Уравнение реакции образования бензола – 2 балла;
2. Закон Гесса и использование следствия из него для определения теплоты образования – 6 баллов.

Итого – 8 баллов.

11 класс

Задание 1. Какую среду (кислую, нейтральную или щелочную) имеют водные растворы следующих соединений: CH_3COOK , NaCl , H_3PO_4 , NH_4NO_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$? Поясните свой ответ и запишите необходимые уравнения реакций. (5 баллов)

Задание 2. При гидролизе сложного эфира, молярная масса которого равна 130 г/моль, образуются кислота А и спирт Б. Определите строение эфира, если известно, что серебряная соль кислоты содержит 59,66% серебра по массе. Спирт Б не окисляется бихроматом натрия и легко реагирует с хлороводородной кислотой с образованием алкилхлорида. (10 баллов)

Задание 3. Смесь паров толуола и водорода, в которой объемная доля водорода равна 83,3%, поместили в контактный аппарат для синтеза метилциклогексана. После установления равновесия выяснилось, что при абсолютной температуре (в Кельвинах), в 1,2 раза больше исходной, давление в аппарате в 1,3 раза меньше исходного. Вычислите выход (%) реакции гидрирования. (15 баллов)

Задание 4. Концентрация нитрит-ионов в растворе равна 0,1 моль/л. К некоторому объему этого раствора добавили 50 мл раствора брома с концентрацией 20 г/л и разбавленную серную кислоту. Затем к полученному раствору добавляли по каплям 10%-ный раствор сульфита натрия до исчезновения желтой окраски, присущей бром. Всего добавили 5,15 мл раствора ($\rho = 1,09$ г/мл). Вычислите объем исходного раствора, содержащего нитрит-ионы. (12 баллов)

Задание 5. Уксусную кислоту массой 5,4 г поместили в сосуд объемом 4,5 л и нагрели до температуры 200°C. Давление паров при этом составило 43,7 кПа. Определите число молекул димера уксусной кислоты в газовой фазе. (8 баллов)

11 класс

Задание 1

- 1) Водный раствор ацетата калия имеет щелочную среду в результате гидролиза:
 $\text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$; $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$.
- 2) Водный раствор хлорида натрия имеет нейтральную среду, так как не содержит в своем составе H^+ или OH^- и не подвергается гидролизу: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$.
- 3) Водный раствор H_3PO_4 имеет кислую среду, так как молекулы H_3PO_4 в воде диссоциируют с образованием H^+ : $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}^+$; $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+$.
- 4) Водный раствор нитрата аммония имеет кислую среду в результате гидролиза:
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{HNO}_3$; $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+$.
- 5) Водный раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$ имеет щелочную среду, так как диссоциирует в воде с образованием гидроксид-ионов: $\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$.

Примечание:

за каждое правильно записанное уравнение реакции - 1 балл.

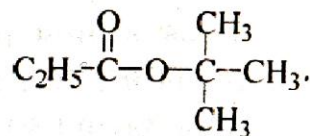
Итого - 5 баллов.

Задание 2

Сложный эфир имеет общую формулу RCOOR' . Известно, что серебряная соль кислоты, RCOOAg содержит 59,66% серебра, следовательно, молярная масса соли равна: $M(\text{RCOOAg}) = M(\text{Ag}) / \omega(\text{Ag}) = 108 / 0,5966 = 181 \text{ г/моль}$, откуда $M(\text{R}) = 181 - (12 + 2 \cdot 16 + 108) = 29 \text{ г/моль}$. Этот радикал – этил, C_2H_5 , а сложный эфир был образован пропионовой кислотой: $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOR}'$.

Молярная масса второго радикала равна: $M(\text{R}') = M(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOR}') - M(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}) = 130 - 73 = 57 \text{ г/моль}$. Этот радикал имеет молекулярную формулу C_4H_9 . По условию, спирт $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ не окисляется $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и легко реагирует с HCl , следовательно, этот спирт – третичный, $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$.

Таким образом, искомый эфир образован пропионовой кислотой и *трет*-бутанолом и называется *трет*-бутилпропионат:



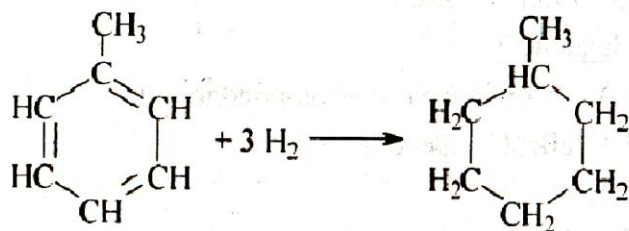
Примечание:

1. Написание общей формулы сложного эфира - 2 балла;
2. Определение молярной массы серебряной соли - 2 балла;
3. Нахождение молярной массы радикала
и установление молярной массы второго радикала - 3 балла;
4. Заключение о том, что спирт третичный,
и написание структурной формулы искомого эфира - 3 балла.

Итого - 10 баллов.

Задание 3

Толуол гидрируется до метилциклогексана:



Величины, относящиеся к исходному состоянию системы, обозначим индексом «1», а к конечному – индексом – «2».

Вычислим, во сколько раз в исходной смеси было больше водорода, чем толуола: $n_1(\text{H}_2)/n_1(\text{толуол}) = 83,3/(100-83,3) = 5$.

Пусть $n_1(\text{толуол}) = a$, тогда $n_1(\text{H}_2) = 5 \cdot a$. Примем, что выход реакции равен x . Толуол находится в смеси в недостатке, его вступит в реакцию с учетом выхода $n(\text{толуол})_{\text{вст}} = a \cdot x$; количество вещества, вступающего в реакцию водорода и образующегося метилциклогексана определяется стехиометрическими соотношениями: $n(\text{H}_2)_{\text{вст}} = 3 \cdot n(\text{толуол})_{\text{вст}} = 3 \cdot a \cdot x$; $n(\text{метилциклогексан}) = n(\text{толуол})_{\text{вст}} = a \cdot x$. Остатки не вступивших в реакцию веществ составят:

$$n_2(\text{толуол}) = n_1(\text{толуол}) - n(\text{толуол})_{\text{вст}} = a - a \cdot x = a \cdot (1 - x);$$

$$n_2(\text{H}_2) = n_1(\text{H}_2) - n(\text{H}_2)_{\text{вст}} = 5 \cdot a - 3 \cdot a \cdot x.$$

По условию задачи: $T_2 = 1,2 T_1$; $P_2 = P_1 / 1,3$. При $V = \text{const}$ справедливо:

$$n_1(\text{смеси})/n_2(\text{смеси}) = T_2 P_1 / T_1 P_2; \quad n_1(\text{смеси})/n_2(\text{смеси}) = 1,2 \cdot T_1 \cdot 1,3 \cdot P_1 / (T_1 \cdot P_1);$$

$$n_1(\text{смеси})/n_2(\text{смеси}) = 1,56.$$

Выразим суммарные количества веществ до и после реакции:

$$n_1(\text{смеси}) = n_1(\text{толуол}) + n_1(\text{H}_2) = a + 5a = 6a;$$

$$n_2(\text{смеси}) = n_2(\text{толуол}) + n_2(\text{H}_2) + n(\text{метилциклогексан}) = a \cdot (1 - x) + a \cdot (5 - 3 \cdot x) + a \cdot x = 6 \cdot a - 3 \cdot a \cdot x.$$

Составим уравнение: $6 \cdot a / (6 \cdot a - 3 \cdot a \cdot x) = 1,56$; откуда $x = 0,718$ или 71,8%.

Примечание:

1. Написание уравнения реакции - 2 балла;
2. Вычисление соотношения количества вещества водорода и толуола в исходной смеси - 3 балла;
3. Выражение равновесных количеств веществ в общем виде (через неизвестную) - 6 баллов;
4. Нахождение общего количества смеси до установления равновесия и в момент равновесия, определение выхода продукта реакции - 4 балла.

Итого - 15 баллов.

Задание 4

$\text{NaNO}_2 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaNO}_3 + 2\text{HBr}$ (1); $\text{Br}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$ (2).
Обозначим объем исходного раствора через V л, тогда количество нитрит-ионов в этом растворе равно $0,1V$ моль. К этому раствору прибавили $20\text{г/л} \cdot 0,05\text{л} / 160\text{г/моль} = 0,00625$ моль брома. Избыток брома прореагировал с $\omega \cdot V \cdot \rho / M = (0,1 \cdot 5,15\text{мл} \cdot 1,09\text{г/мл}) / 126\text{г/моль} = 0,004455$ моль сульфита натрия. По разности найдем, что в реакцию (1) вступило $0,00625 - 0,004455 = 0,001795$ моль брома. С этим количеством брома прореагировало столько же нитритов: $0,1V = 0,001795$ моль. Отсюда: $V = 0,01795\text{л} = 17,95\text{мл}$.

Примечание:

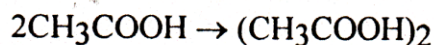
1. Запись уравнений реакций - 3 балла;
2. Определение исходных количеств брома и сульфита натрия - 4 балла;
3. Вычисление количества брома, вступившего в реакцию - 2 балла;
4. Определение количества прореагировавших нитрит-ионов - 2 балла;
5. Определение объема раствора - 1 балл.

Итого - 12 баллов.

Задание 5

В парах уксусная кислота находится частично в виде димеров, а частично в виде отдельных молекул:

x моль $x/2$ моль



Исходное количество уксусной кислоты: $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = m/M = 5,4/60 = 0,09$ моль. Пусть в реакцию димеризации вступило x моль CH_3COOH , тогда образовалось $x/2$ моль димера $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ и осталось $(0,09 - x)$ моль CH_3COOH .

Общее количество веществ в газовой фазе равно:

$$p = PV/RT = 43,7 \cdot 10^3 \text{Па} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \text{м}^3 / (8,314 \text{Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 473 \text{К}) = 0,05 = x/2 + (0,09 - x),$$

откуда $x = 0,08$ моль. Число молекул димера уксусной кислоты в газовой фазе равно:

$$N((\text{CH}_3\text{COOH})_2) = n \cdot N_A = (0,08/2) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,408 \cdot 10^{22}.$$

Примечание:

1. Запись уравнения реакции - 1 балл;
2. Определение исходного количества уксусной кислоты - 1 балл;
3. Определение количества вещества уксусной кислоты, вступившей в реакцию, и образовавшегося димера - 4 балла;
4. Определение числа молекул димера уксусной кислоты - 2 балла.

Итого - 8 баллов.