

1 ВАРИАНТ 11 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 1

РЕШЕНИЕ

1. Зная плотность газа **D**, можно рассчитать его молярную массу:

$$Mr(\mathbf{D}) = 1,518 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 34 \text{ г/моль}.$$

Из газообразных веществ такую массу имеют сероводород (H_2S) и фосфин (PH_3), причём известно, что оба они пахнут плохо. Тем не менее, гнилой рыбой пахнет именно фосфин. Это позволяет сделать вывод о том, что кислоты **BH** и **CH**, а, следовательно, и соли **A** – **C** содержат фосфор. Если не получилось выбрать газ по запаху, то существует возможность отказаться от серы по другому критерию.

Вычислим формулы солей, исходя из информации о массовой доле натрия и из того, что в их состав входит фосфор (или сера).

Допустим, в состав соли **A** входит только один атом натрия, тогда $Mr(\mathbf{A}) = 23 / 0,3239 = 71$ г/моль. Вычитаем атомную массу натрия (23 г/моль), получается, что молярная масса кислотного остатка 48 г/моль. Это либо сера и кислород, либо фосфор, водород и кислород. Тогда формула соли будет $(\text{NaSO})_n$ или $(\text{NaHPO})_n$.

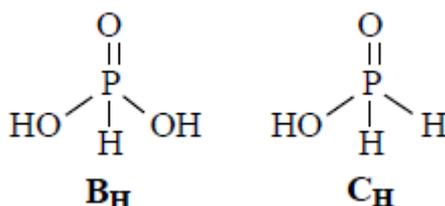
Предположим, что в состав соли **A** входит два атома натрия, тогда $Mr(\mathbf{A}) = 23 \cdot 2 / 0,3239 = 142$ г/моль. Молярная масса кислотного остатка будет равна $142 - 2 \cdot 23 = 96$ г/моль, что соответствует остаткам SO_4 и HPO_4 . Тогда формула соли Na_2SO_4 или Na_2HPO_4 .

Аналогичный расчёт для соли **B** даёт формулы Na_2SO_3 и Na_2HPO_3 , для соли **C** – NaHSO_2 и NaH_2PO_2 .

Самый очевидный критерий, по которому сера точно не подходит под условие задачи – отличие качественного состава соли **C** (наличие водорода) от состава солей **A** и **B**. Помимо этого, серная кислота H_2SO_4 при 20 °C жидкость, сернистой кислоты H_2SO_3 безводной не бывает (так называют раствор сернистого газа в воде), а сульфоксиловую кислоту H_2SO_2 в свободном состоянии и вовсе не выделена, существуют только её соли.

Наличие фосфора в солях **A–C** и газе **D**, напротив, полностью удовлетворяет условию задачи. Таким образом, **A** – Na_2HPO_4 – гидрофосфат натрия, **B** – Na_2HPO_3 – фосфит натрия, **C** – NaH_2PO_2 – гипофосфит натрия, **D** – PH_3 – фосфин.

2. Солям Na_2HPO_3 (**B**) и NaH_2PO_2 (**C**) соответствуют фосфористая кислота H_3PO_3 (**BH**) и фосфорноватистая кислота H_3PO_2 (**CH**). Структурные формулы:



3. Уравнения реакций:

- $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + \text{NaH}_2\text{PO}_4 + 3\text{NaNO}_3$
- $\text{Na}_2\text{HPO}_3 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_2\text{HPO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3$
- $\text{Ag}_2\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{0} t 2\text{Ag}\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4$
- $\text{NaH}_2\text{PO}_2 + 4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Ag}\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaNO}_3 + 3\text{HNO}_3$
- $4\text{H}_3\text{PO}_3 \xrightarrow{0} t 3\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{PH}_3\uparrow$
- $2\text{H}_3\text{PO}_2 \xrightarrow{0} t \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{PH}_3\uparrow$ или $3\text{H}_3\text{PO}_2 \xrightarrow{0} t 2\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{PH}_3\uparrow$
- $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 \xrightarrow{0} t \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{Na}_2\text{HPO}_3 + 2\text{HgCl}_2 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{Hg}_2\text{Cl}_2\downarrow + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$;
- $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{HI}$ или $\text{H}_3\text{PO}_2 + 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{HI}$;
- $\text{PH}_3 + \text{HI} = \text{PH}_4\text{I}$;
- $\text{PH}_3 + 4\text{Cl}_2 \xrightarrow{0} t \text{PCl}_5 + 3\text{HCl}$.

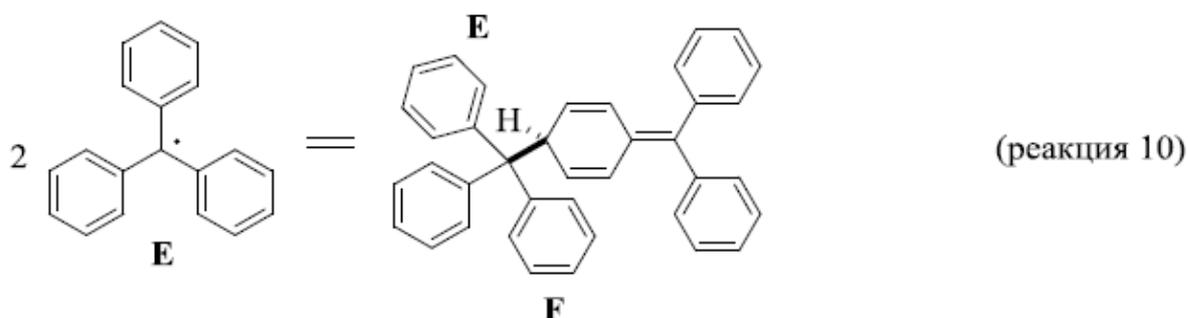
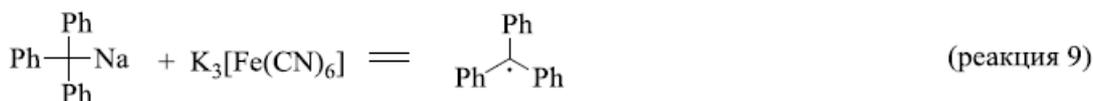
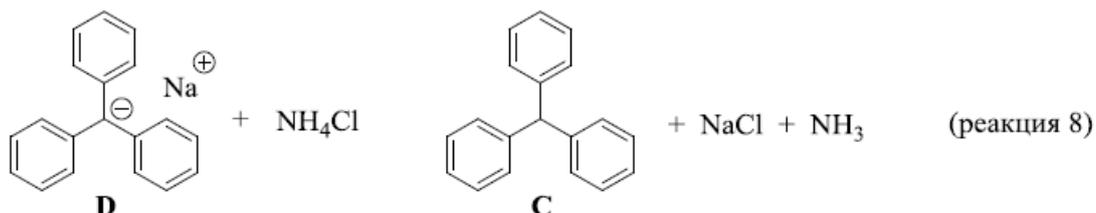
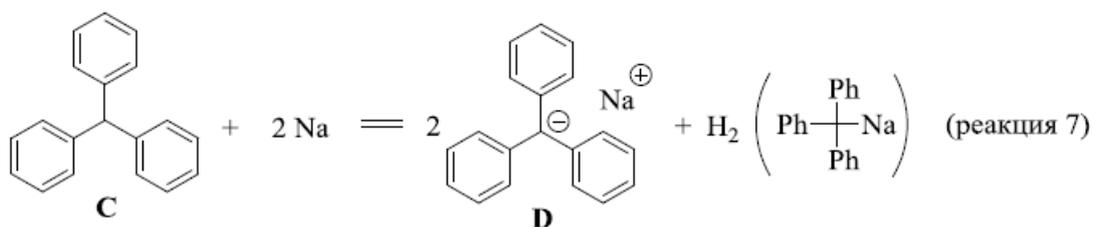
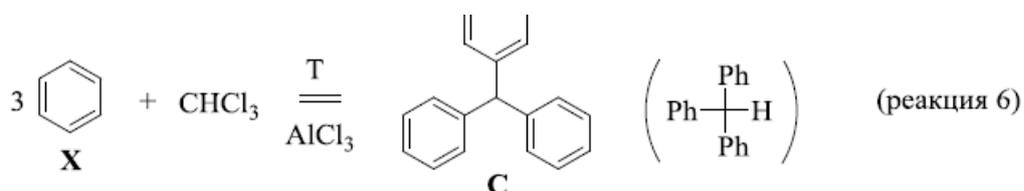
Система оценивания:

- Формулы **A–D** по 1 баллу, названия по 0,5 балла **6 баллов**
 - Структурные формулы кислот **ВН** и **СН** по 1 баллу, названия по 0,5 балла **3 балла**
 - Уравнения реакций (по 1 баллу) **11 баллов**
- ИТОГО: 20 баллов**

ЗАДАНИЕ 2

РЕШЕНИЕ

1. Вещество **В** образуется при пиролизе метана и используется для газовой сварки и резки металлов. Легко догадаться, что **В** – ацетилен, C_2H_2 . Окисление ацетилена избытком перманганата калия в серной кислоте при нагревании приводит к образованию CO_2 и HO . Следовательно, единственное органическое соединение **Z**, образующееся при окислении смеси **A** и **В**, является продуктом окисления **A**. На нейтрализацию 2,19 г **Z** требуется $3,75 \cdot 0,32 = 1,2$ г NaOH , что соответствует 0,03 моль NaOH . Если **Z** – одноосновная кислота, то её молекулярная масса равна 73 а. е. м. Это невозможно, поскольку молекулярная масса соединений формулы $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ должна быть чётным числом. Если **Z** – двухосновная кислота, то её молекулярная масса равна 146. Она соответствует формуле $\text{C}_4\text{H}_8(\text{CO}_2\text{H})_2$. Отсюда можно сделать вывод, что **A** – циклоалкен. Поскольку **Z** не содержит третичных атомов углерода, это либо адипиновая (гександиовая) кислота, либо 2,2-диметилантарная (2,2-



2. При увеличении давления по принципу Ле-Шателье равновесие должно сдвигаться в сторону димера. Следовательно, интенсивность окраски должна ослабевать.

Система оценивания:

- | | | |
|----|----------------------------------------------|------------------|
| 1. | 9 структурных формул – по 1 баллу | |
| | 10 уравнений реакций по 1 баллу | 19 баллов |
| 2. | Ответ с обоснованием – 1 балл. | |
| | Правильный ответ без обоснования – 0,5 балла | 1 балл |

ИТОГО: 20 баллов

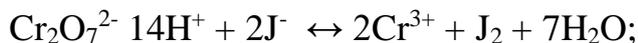
ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ:

В данном случае для определения содержания дихромата калия в растворе использован приём титрование по заместителю. В процессе

определения протекают следующие окислительно – восстановительные реакции:

1) взаимодействие $K_2Cr_2O_7$ с KJ



2) взаимодействие выделившегося йода с титрантом – тиосульфатом натрия $Na_2S_2O_3$: $J_2 + S_2O_3^{2-} \leftrightarrow 2J^- + S_4O_6^{2-}$.

Заместителем дихромата калия является выделившийся по первой реакции йод, количество которого химически эквивалентно количеству $K_2Cr_2O_7$. Расчёт массы определяемого вещества ($K_2Cr_2O_7$) по результатам титрования заместителя производится по формуле:

$$m(K_2Cr_2O_7) = C(1/z_1 Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3) \cdot M(1/z_2 K_2Cr_2O_7) \cdot 10^{-3},$$

отсюда:

$$V(Na_2S_2O_3) = (m(K_2Cr_2O_7) \cdot 10^3) / C(1/z_1 Na_2S_2O_3) \cdot M(1/z_2 K_2Cr_2O_7).$$

Малярная масса эквивалента $K_2Cr_2O_7$ рассчитывается, исходя из полуреакции его восстановления $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$:

$$f = 1/z_2 = 1/6$$

поэтому:

$$M(1/z_2 K_2Cr_2O_7) = 1/z_2 \cdot M(K_2Cr_2O_7) = 1/6 \cdot 294,0 \text{ г/моль} = 49,03 \text{ г/моль}$$

После подстановки значений получаем:

$$V(Na_2S_2O_3) = 0,2677 \cdot 10^3 \cdot \text{мл/л} / 0,1165 \text{ моль/л} \cdot 49,03 \text{ г/моль} = 46,89 \text{ мл.}$$

Ответ: $V(Na_2S_2O_3) = 46,89 \text{ мл.}$

Система оценивания:

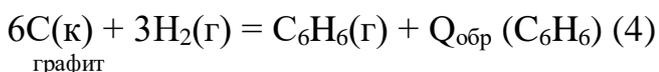
- | | |
|---------------------------------------------|-----------|
| 1. Уравнения хроматометрического титрования | 3,5 балла |
| 2. Уравнение йодометрического титрования | 3,5 балла |
| 3. Нахождение объёма | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 4

РЕШЕНИЕ

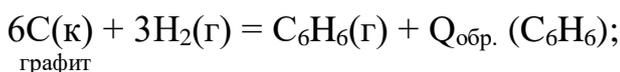
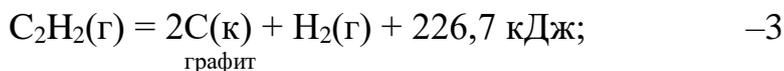
Стандартная теплота образования вещества равна тепловому эффекту реакции образования 1 моль данного вещества из простых веществ в стандартных состояниях (при давлении равном 1 атм. и заданной температуре). Следовательно, необходимо найти тепловой эффект реакции:



Согласно закону Гесса тепловой эффект реакции зависит только от вида и состояния исходных веществ и продуктов и не зависит от пути перехода.

Закон Гесса позволяет оперировать термохимическими уравнениями, как алгебраическими выражениями, т. е. на его основе путем комбинации уравнений реакций с известными тепловыми эффектами можно вычислить неизвестный тепловой эффект суммарной реакции.

Таким образом, получаем:



$$Q_{\text{обр.}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 226,7 \cdot (-3) + 631,1 - 33,9 = -82,9 \text{ (кДж/моль)}.$$

Ответ: $Q_{\text{обр.}}(\text{C}_6\text{H}_6) = -82,9 \text{ кДж/моль}.$

Система оценивания:

- | | |
|-----------------------------------------|-----------|
| 1. Уравнение теплового эффекта реакции | 3,5 балла |
| 2. Термохимические уравнения | 3,5 балла |
| 3. Нахождение теплового эффекта реакции | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ

При нагревании (упаривании) сложного эфира (этилацетата) со щелочью происходит щелочной гидролиз эфира:

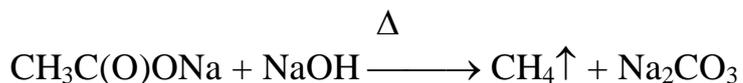


Рассчитаем количества реагирующих веществ:

$$v(\text{эфира}) = (16,5 \cdot 0,8) / 88 = 0,15 \text{ моль}, \quad v(\text{NaOH}) = 0,0625 \cdot 6 = 0,375 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции видно, что в твердом остатке находятся 0,15 моль ацетата натрия и $(0,375 - 0,15) = 0,225$ моль NaOH.

При прокаливании этого твердого продукта проходит реакция:



Остаток от прокалывания содержит 0,15 моль Na_2CO_3 и $(0,225 - 0,15) = 0,075$ моль NaOH.

Определяем массы веществ в остатке:

$$m(\text{NaOH}) = 0,075 \cdot 40 = 3 \text{ г}, \quad m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,15 \cdot 106 = 15,9 \text{ г},$$

Общая масса осадка $(3 + 15,9) = 18,9 \text{ г}.$

Массовые доли компонентов:

$$\omega(\text{NaOH}) = (3 \cdot 100\%) / 18,9 = 15,9\%, \quad \omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (15,9 \cdot 100\%) / 18,9 = 84,1\%.$$

Система оценивания:

- | | |
|--------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Уравнение щелочного гидролиза эфира | 3 балла |
| 2. Реакция прокаливания твердого продукта | 3 балла |
| 3. Определение остатка от прокаливания | 2 балла |
| 4. Определение содержания веществ (%) в остатке после прокаливания | 2 балла |

по 1 баллу за каждое

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ:

1. Запишем кинетическое уравнение для реакции до повышения давления в системе. Обозначим концентрацию SO_2 :

$C(\text{SO}_2) = a$, концентрация кислорода $C(\text{O}_2) = b$.

$$u = k_1 \cdot a^2 \cdot b$$

2. При повышении давления в 2 раза, объём уменьшается в 2 раза, следовательно, концентрация газа O_2 и SO_2 увеличится в 2 раза и кинетическое уравнение примет вид:

$$u' = k_1 \cdot (2a)^2 \cdot 2b = k_1 \cdot 4a^2 \cdot 2b = k_1 \cdot 8a^2 \cdot b$$

3. Определяем, во сколько раз возрастёт скорость реакции:

$$u' / u = k_1 \cdot 8a^2 \cdot b / k_1 \cdot a^2 \cdot b = 8$$

Следовательно, при повышении давления в 2 раза скорость данной реакции увеличится в 8 раз.

Система оценивания:

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Кинетическое уравнение для реакции до повышения давления в системе | 3,5 балла |
| 2. Кинетическое уравнение для реакции после повышения давления в системе | 3,5 балла |
| 3. Оценка о повышении скорости реакции | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ

$$M = mRT \cdot 1000 / pV,$$

где $p = 97325$ Па; $V = 0,227$ л; $T = 310$ К.

$$M = 0,313 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 310 / 97325 \cdot 0,227 = 36,5 \text{ г/моль.}$$

Система оценивания:

- | | |
|------------------------------------------------|------------|
| 1. Написание уравнение Менделеева – Клайперона | 3,5 баллов |
| 2. Правильный перевод величин | 3,5 баллов |
| 2. Определение молярной массы газа | 3 баллов |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

Определяем ионную силу раствора:

$$\mu = 1/2(\sqrt{2}^2 \cdot 0,005 + 2^2 \cdot 0,005 + 3^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01 \cdot 3) = 1/2(0,02 + 0,02 + 0,09 + 0,03) = 1/2 \cdot 0,16 = 0,08.$$

Проверяем расчетную величину μ , используя сопряженный метод:

$$\mu = 4c_{\text{ZnSO}_4} = 4 \cdot 0,005 + 6 \cdot 0,01 = 0,08,$$

$$\alpha_{\text{SO}_4^{2-}} = c \cdot f = 0,005 \cdot 0,47 = 0,00235 = 2,35 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Для разбавленных растворов коэффициент активности можно рассчитывать по формулам:

$$\lg f = -0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu} \text{ для } \mu \leq 0,01,$$

$$\lg f = -0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu} / (1 + \sqrt{\mu}) \text{ для } \mu \leq 0,1.$$

Для растворов с $\mu > 0,1$ уравнения сложные, и использовать их нецелесообразно. Следует упомянуть, что расчеты величин f и μ по данным формулам дают приближенные результаты.

Ответ: $\mu = 0,08$; $\alpha_{\text{SO}_4^{2-}} = 2,35 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Система оценивания:

1. Расчёт ионной силы раствора **5 баллов**
2. Расчёт активность сульфат-иона SO_4^{2-} раствора **5 баллов**

ИТОГО: 10 баллов.

2 ВАРИАНТ 11 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 1

РЕШЕНИЕ

1. Водным аммиаком можно осадить гидроксиды металлов, проявляющие слабые по сравнению с аммиаком основные свойства, при условии, что соответствующий металл не образует аммиачные комплексы. Если **A** – гидроксид элемента **X** бурого цвета, тогда соль **B** – сульфат, так как она получается при действии серной кислоты на этот гидроксид. Сульфат **B** проявляет окислительные свойства по отношению к сильным восстановителям (SO_2 , иодид, сульфид ионы). Значит, **X** – переходный элемент. (Это следует из того, что соль **C** – тоже сульфат, так как растворимые в воде сульфиты дают только непереходные металлы.) То есть **X** образует сульфаты в двух разных степенях окисления, причём водные растворы **B** окрашены в характерный для этой степени окисления **X** жёлтый цвет.

2. Смешанный сульфат **D** – по всей вероятности, квасцы, которые дают только трёхзарядные катионы, значит **B** содержит X^{3+} . Учитывая все эти соображения, элементом **X** может быть только железо. Кроме того, щелочное окисление хлором гидроксида железа (III) приводит именно к красно-фиолетовым растворам, содержащим анионы феррата (IV). Хром и марганец в таких условиях давали бы, соответственно, жёлтые растворы хромата (IV) CrO_4^{2-} и зелёные манганата (IV) MnO_4^{2-} . Впрочем, и в низких степенях окисления в водных растворах Cr(III) и Mn(III) имеют отличную от жёлтой окраску.

Бурый гидроксид железа (III), образующийся непосредственно после осаждения, например, аммиаком, называется также ферригидритом. Вокруг его структуры до сих пор идут споры в связи с чрезвычайно малым размером образуемых частиц (< 10 нм). Попытки вырастить более крупные частицы, к сожалению, приводят к образованию более стабильных модификаций гидроксида железа (III). Ферригидрит входит в состав белкового комплекса ферритина, имеющего колоссальное физиологическое значение для организма животных и человека.

Таким образом, описанные превращения касаются элемента железа.

X – Fe

A – $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ (или $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$, или $Fe(OH)_3$)

B – $Fe_2(SO_4)_3$

C – $FeSO_4$

D – $2KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

E – K_2FeO_4 (принимается любой феррат (VI), в том числе и в ионной форме FeO_4^{2-})

F – $BaFeO_4$

Расчёт молярной массы феррата (VI) бария:

Молярная масса удушливого жёлто-зелёного газа $M_r(\text{газа}) = 22,4 \cdot 3,17 = 71$ (г/моль) – это хлор. $\nu(Cl_2) = 0,179/22,4 = 0,0080$ (моль).

Используя уравнение реакции 9) (см. пункт 3), $\nu(\text{феррата бария}) = 0,008 \cdot 2/3$ (моль).

$M_r(\text{феррата бария}) = 1,37 \cdot 3/0,008/2 = 257$ (г/моль). Молярная масса соответствует формуле $BaFeO_4$.

Определение формулы кристаллогидрата **C**:

Формула кристаллогидрата сульфата железа (II) – $FeSO_4 \cdot yH_2O$. Найдём y . $M_r(FeSO_4 \cdot yH_2O) = 56 + 96 + y \cdot 18 = 152 + 18y$ (г/моль).

$\omega(H_2O) = 18y/(152 + 18y) = 0,453$. Отсюда $y = 7$. Формула $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

Определение формулы кристаллогидрата **F**:

Смешанный сульфат содержит ионы железа (III), калия, сульфат и молекулы воды. Из условия электронейтральности молекулы соли формула – $KFe(SO_4)_2 \cdot zH_2O$. Найдём z . $Mr(KFe(SO_4)_2 \cdot zH_2O) = 39 + 56 + 2 \cdot 96 + z \cdot 18 = 287 + 18z$ (г/моль).

$\omega(H_2O) = 18z / (287 + 18z) = 0,429$. Отсюда $z = 12$. Формула $KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

Проверка массовых долей железа:

кристаллогидрат С: $\omega(Fe) = 56/278 = 0,201$

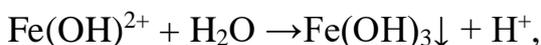
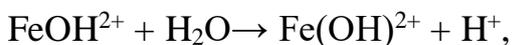
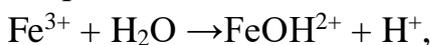
Г: $\omega(Fe) = 56/503 = 0,111$.

Полное соответствие с условием задачи.

3. Уравнения реакций (засчитывается также $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ или $Fe(OH)_3$):

- 1) $Fe_2(SO_4)_3 + 6NH_3 \cdot H_2O = Fe_2O_3 \cdot 3H_2O \downarrow + 3(NH_4)_2SO_4$
- 2) $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$
- 3) $Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$
- 4) $Fe_2(SO_4)_3 + 2KI = 2FeSO_4 + K_2SO_4 + I_2 \downarrow$
- 5) $Fe_2(SO_4)_3 + H_2S = 2FeSO_4 + H_2SO_4 + S \downarrow$
- 6) $Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 24H_2O = 2KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O \downarrow$
- 7) $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O + 3Cl_2 + 10KOH = 2K_2FeO_4 + 6KCl + 8H_2O$
- 8) $K_2FeO_4 + Ba(OH)_2 = BaFeO_4 \downarrow + 2KOH$
- 9) $2BaFeO_4 + 16HCl = 2FeCl_3 + 3Cl_2 \uparrow + 2BaCl_2 + 8H_2O$

4. При растворении квасцов в воде происходит гидролиз по катиону. В действительности, $Fe(OH)_3$ начинает осаждаться уже при pH 1, поэтому в водных растворах всех солей железа (III) в высокой концентрации представлены различные продукты гидролиза, которые и обуславливают жёлтую окраску. В данном пункте засчитывается уравнение реакции гидролиза Fe^{3+} по любой ступени, например:



или реакция в молекулярной форме:



5. Речь идёт о превращении ферригидрита при 70 °С в щелочном растворе в более стабильную модификацию: гётит (**G**, Göthite), что сопровождается потерей части воды:



При более высокой температуре идёт полная дегидратация:



с образованием оксида железа (III), наиболее известный минерал которого гематит (**Н**, Hematite).

Проверка массовых долей железа:

G: $\omega(\text{Fe}) = 56/89 = 0,629$

Н: $\omega(\text{Fe}) = 112/160 = 0,700$.

Соответствие с условием задачи.

Система оценивания:

1. За обоснованное определение железа 2 балла, установление металла без пояснений – 1 балл **2 балла**
2. За правильные формулы веществ **A–F** по 0,5 балла, за расчёт состава кристаллогидратов **C** и **D** по 1 баллу **5 баллов**
3. За правильные уравнения реакций 1–9 по 1 баллу **9 баллов**
4. За указание причин жёлтой окраски с уравнением гидролиза 2 балла, без уравнения – 1 балл **2 балла**
5. За правильные формулы **G** и **Н** по 0,5 балла, за уравнения реакций образования гётита и Fe_2O_3 по 0,5 балла **2 балла**

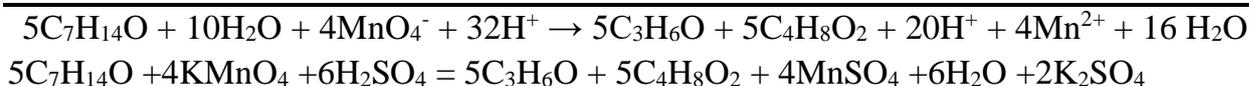
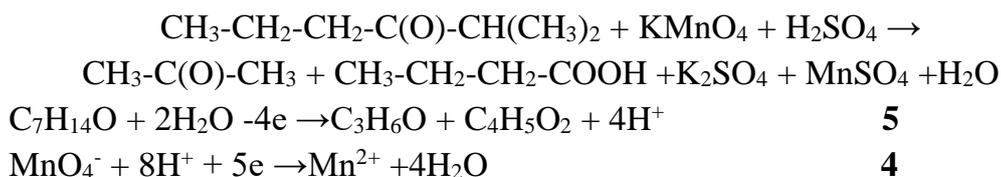
ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2

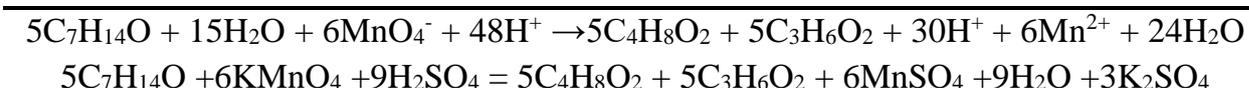
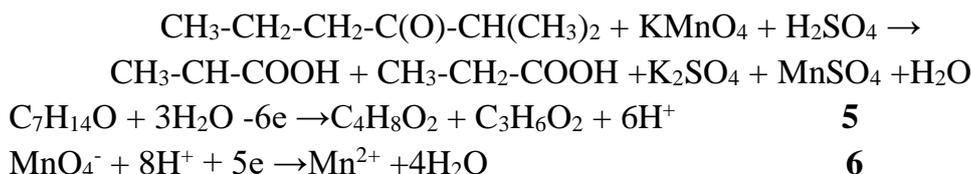
РЕШЕНИЕ

Исходя из продуктов реакции и возможности образовывать при восстановлении вещества **A** вторичный спирт, можно предположить, что исходное вещество относится к кетонам. Тогда возможно протекание реакций, сопровождающихся разрывом C-C связей по обе стороны от карбонильной группы. Уравнения возможных реакций:

1).



2).



Исходное вещество – 2 метилгексанон – 3.

Система оценивания:

1. За правильные уравнения реакций по 8 балла

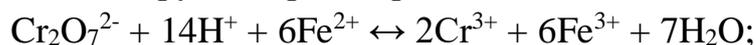
16 баллов

2. За правильное название исходного вещества формулы

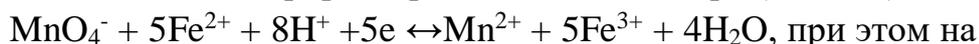
4 балла**ИТОГО: 20 баллов.****ЗАДАНИЕ 3****РЕШЕНИЕ**

В данном случае непосредственное взаимодействие между определяемым веществом $K_2Cr_2O_7$ и титрантом $KMnO_4$ невозможно, так как оба они являются сильными окислителями и значения их окислительно – восстановительных потенциалов близки (1,36 и 1,51 В соответственно), в связи с чем используется приём обратного титрования (титрования по остатку), состоящий из двух стадий. На первой стадии протекают две окислительно – восстановительные реакции:

1) взаимодействие части соли Мора, взятой в избытке, с дихроматом калия, содержащимся в анализируемом растворе:



2) взаимодействие непрореагировавшей соли Мора (остатка) с титрантом:



титрование уходит $V_{ост.}(KMnO_4) = 20,00$ мл.

На второй стадии в процессе титрования всей соли Мора, взятой в том же количестве, что и первой стадии, но без добавления $K_2Cr_2O_7$, то есть протекает только вторая реакция. При этом на титрование уходит $V_1(KMnO_4) = 25,50$ мл.

Следовательно, количество эквивалентов дихромата калия в растворе определяется разностью эквивалентов перманганата калия, вступивших в реакцию на второй и первой стадиях титрования, поэтому массу хрома в анализируемом растворе можно рассчитать по формуле:

$$m(Cr) = [C(1/z_1 KMnO_4) \cdot V_1(KMnO_4) \cdot 10^{-3} - C(1/z_1 KMnO_4) \cdot V_{ост.}(KMnO_4) \cdot 10^{-3}] \cdot M(1/z_2 Cr)$$

или

$$m(Cr) = C(1/z_1 KMnO_4) \cdot [V_1(KMnO_4) \cdot 10^{-3} - V_{ост.}(KMnO_4)] \cdot M(1/z_2 Cr) \cdot 10^{-3}, \text{ г}$$

Молярная масса эквивалента хрома равна $1/3$ атомной массы хрома, поскольку в полуреакции восстановления $K_2Cr_2O_7$ принимают участие 6 электронов, которые приходятся на 2 атома хрома:



$$1/z_2 = 2/6 = 1/3$$

$$M(1/z_2 Cr) = 1/z_2 \cdot M(Cr) = 1/3 \cdot 52,00 \text{ г/моль} = 17,33 \text{ г/моль}.$$

Подставим значения известных величин и рассчитаем массу хрома

$$m(\text{Cr}) = 0,1247 \text{ моль/л} \cdot (25,50-20,00) \text{ мл} \cdot 17,33 \text{ г/моль} \cdot 10^{-3} \text{ л/мл} = 0,01189 \text{ г.}$$

Массовая доля хрома в стали:

$$w(\text{Cr}) = [m(\text{Cr}) / m(\text{стали})] \cdot 100\% = [0,0119 \text{ г} / 2,597 \text{ г}] \cdot 100\% = 0,4578\%$$

Ответ: $w(\text{Cr}) = 0,4578\%$.

Система оценивания:

- | | |
|---------------------------------------------|-----------|
| 1. Уравнения хроматометрического титрования | 3,5 балла |
| 2. Уравнение йодометрического титрования | 3,5 балла |
| 3. Нахождение массовой доли хрома | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 4

РЕШЕНИЕ

При стандартных условиях и $T = 298^\circ\text{K}$ ΔG^0_{298} можно рассчитать как разность суммарной энергии Гиббса образования продуктов реакции и суммарной энергии Гиббса образования исходных веществ. Необходимые справочные данные: $\Delta G^0_{\text{обр}}(\text{NaOH}_T) = -381,1 \text{ кДж/моль}$, $\Delta G^0_{\text{обр}}(\text{Na}_2\text{O}_T) = -378 \text{ кДж/моль}$, $\Delta G^0_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_J) = -237 \text{ кДж/моль}$.

$$\Delta G^0_{298} = 2 \cdot \Delta G^0_{\text{обр}}(\text{NaOH}_T) - (\Delta G^0_{\text{обр}}(\text{Na}_2\text{O}_T) + \Delta G^0_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_T)) = 2 \cdot (-381,1) - (-378 + (-237)) = -147,2 \text{ кДж.}$$

Значение ΔG^0_{298} отрицательно, поэтому самопроизвольное протекание реакции возможно.

Ответ: $\Delta G^0_{298} = -147,2 \text{ кДж}$; протекание реакции возможно.

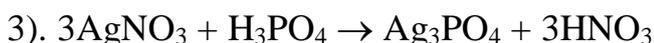
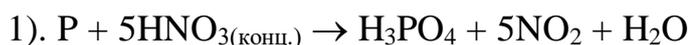
Система оценивания:

- | | |
|------------------------------|----------|
| 1. Расчёт энергии Гиббса | 5 баллов |
| 2. Термохимические уравнения | 5 баллов |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ



Так как объемы газообразных продуктов одинаковы, то

$$v(\text{P}) = v(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 0,4 \text{ моль.}$$

$$m(\text{P}) = 12,4 \text{ г} \quad \omega(\text{P}) = 12,4 \cdot 100 / 13,6 = 91,2\%$$

Система оценивания:

- | | |
|-----------------------------------------------|---------|
| 1. Расчёт массовой доли (%) фосфора в образце | 4 балла |
|-----------------------------------------------|---------|

2. Уравнение реакции, с помощью которых можно из данной смеси получить оксид меди(II) по 2 балла за реакцию 6

баллов

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ

Чтобы уменьшить скорость реакции необходимо увеличить объём системы, т.е. уменьшить давление и тем самым уменьшить концентрацию газообразного компонента - NH₃. Концентрация Br₂ при этом останется постоянной.

Начальная скорость прямой реакции была равна:

$$u_1 = k [\text{NH}_3]^8 [\text{Br}_2]$$

при увеличении концентрации аммиака скорость прямой реакции стала равной:

$$\begin{aligned} u_2 &= k [x \cdot \text{NH}_3]^8 [\text{Br}_2] = k \cdot x^8 \cdot [\text{NH}_3]^8 \cdot [\text{Br}_2] \\ u_2 / u_1 &= k \cdot x^8 \cdot [\text{NH}_3]^8 \cdot [\text{Br}_2] / k [\text{NH}_3]^8 [\text{Br}_2] = 60 \\ x^8 &= 60 \\ x &= 1,66 \end{aligned}$$

Таким образом, чтобы уменьшить скорость реакции в 60 раз, надо увеличить объём в 1,66 раз.

Система оценивания:

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Кинетическое уравнение для реакции до повышения давления в системе | 3,5 балла |
| 2. Кинетическое уравнение для реакции после повышения давления в системе | 3,5 балла |
| 3. Оценка изменения объёма | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ:

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = pV / RT$$

$$\nu = 10^5 \text{Па} \cdot 150 \text{м}^3 / 8,31 (\text{Дж/Моль} \cdot \text{К}) \cdot 330 \text{К} = 5469,8610 \text{Моль}$$

Ответ: ≈ 5470 Моль.

Система оценивания:

- | | |
|------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Написание уравнение Менделеева – Клайперона | 3,5 баллов |
| 2. Правильный перевод величин | 3,5 баллов |
| 2. Определение количество вещества воздуха | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

$$\mu = 1/2 (1^2 \cdot C_{\text{Na}^+} + 1^2 \cdot C_{\text{Cl}^-}) = 1/2 (1^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01) = 0,01, \text{ т. е. } \mu = C.$$

Средний коэффициент активности $f = 0,89$, тогда

$$a_{\text{Na}^+} = a_{\text{Cl}^-} = 0,01 \cdot 0,89 = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Ответ: $\mu = c$, $a_{\text{Na}^+} = a_{\text{Cl}^-} = 8,9 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Система оценивания:

1. Вычисление ионной силы раствора **5 баллов**
2. Вычисление активности ионов Na^+ и Cl^-
по 2,5 балла **5 баллов**

ИТОГО: 10 баллов.

3 ВАРИАНТ 11 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 1

РЕШЕНИЕ

1. X – химический элемент Cl
A – простое вещество хлор Cl_2
Б – хлорид натрия (поваренная соль) NaCl
В – водород H_2
Г – гидроксид натрия NaOH
Д – хлороводород HCl и соляная (хлороводородная) кислота HCl
2. $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{элек. ток } \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + \text{NaOH}$ (1)
 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ (2)
 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow t \text{HCl}\uparrow + \text{NaHSO}_4$ (3)
 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{хол. } \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ (4)
 $3\text{Cl}_2 + 6\text{NaOH} \rightarrow \text{гор. } 5\text{NaCl} + \text{NaClO} + 3\text{H}_2\text{O}$ (5)
3. Исходя из закона сохранения массы веществ, массы растворов для реакции (4) и (5) равны. Количества NaCl в случаях (4) и (5) относятся как $1:1\frac{2}{3}$. Следовательно, массы NaCl и их массовые доли находятся в таких же отношениях. Найдём массовую долю хлорида натрия в реакции (5): $3\% \cdot 1\frac{2}{3} = 5\%$.

Система оценивания:

1. Верные формулы X, А–Д по 1,5 балла **9 баллов**
за названия по 0,5 балла **3 балла**
2. Верные уравнения реакций
по 1 баллу за реакцию **5 баллов**

3. Нахождение массовой доли хлорида натрия

3 балла

ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2

РЕШЕНИЕ

1. Исходя из массовых долей элементов, определим простейшие формулы веществ:

$$\mathbf{A}: (85,6 / 12) : (14,4 / 1) = 1 : 2, (\text{CH}_2)_n;$$

$$\mathbf{B}: (44,6 / 12) : (6,2 / 1) : (49,3 / 16) = 6 : 10 : 5, (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n;$$

$$\mathbf{C}: (40 / 12) : (6,7 / 1) : (53,3 / 16) = 1 : 2 : 1, (\text{CH}_2\text{O})_n.$$

Формула **A** соответствует циклоалканам и алкенам, при реакции с водой которых получают спирты. Формулы **B** и **C** соответствуют углеводам, причём формула **B** – либо продуктам дегидратации гексоз, либо полисахаридам $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. С учётом распространённости в природе и относительной сложности гидролиза можно сделать вывод, что это целлюлоза (а изомер из пункта 3 – крахмал). Тогда **C** – глюкоза, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, которая, как известно, под действием ферментов превращается в этиловый спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (**X**). Значит, **A** – этилен C_2H_4 , **B** – $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ – крахмал.



2. Гомолог – пропен C_3H_6 , из которого получается пропанол-2 $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$. (Пропанол-1 не оценивается).

3. Крахмал также является полимером глюкозы, но с α -гликозидными связями. Гидролиз крахмала протекает в гораздо более мягких условиях.

Система оценивания:

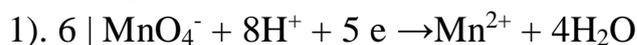
- | | | |
|----|---------------------------------------------------|------------------|
| 1. | Верные формулы X , A–C по 3,0 балла | 12 баллов |
| | за названия по 0,5 балла | 2 балла |
| 2. | Верная формула примеси | 3 балла |
| 3. | Название изомера вещества B – 1,5 балла | |
| | указание на более мягкие условия – 1,5 балла; | 3 балла |

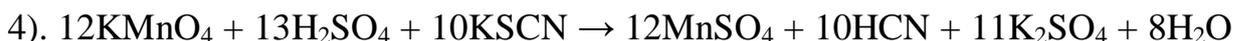
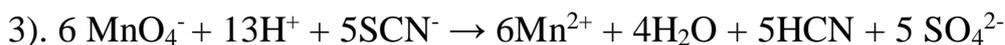
ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ

Уравнения реакций:





Рассчитаем количества моль исходных солей, чтобы определить, какое вещество в недостатке:

$$\nu(\text{KSCN}) = (0,05 \cdot 15 \text{ м л} \cdot 1,04 \text{ г / м л}) / 97 \text{ г / м о л ь} = 0,00804 \text{ м о л ь.}$$

$$\nu(\text{KMnO}_4) = (0,06 \cdot 15 \text{ м л} \cdot 1,04 \text{ г / м л}) / 159 \text{ г / м о л ь} = 0,00585 \text{ м о л ь.}$$

$$\text{Определяем } \nu(\text{HCN}): \nu(\text{HCN}) = (0,00585 \cdot 10) / 12 = 0,0048 \text{ м о л ь.}$$

$$m(\text{HCN}) = 0,0048 \text{ м} = 0,0048 \cdot 27 = 0,1296 \text{ г} = 129,6 \text{ мг.}$$

$$\omega(\text{HCN раствор}) = (0,1296 \cdot 100) / (30 \cdot 1,04) = 0,42\%.$$

$$\text{Объем цилиндра: } V = \pi r^2 h = 3,14 \cdot 20^2 \cdot 50 = 62800 \text{ мл} = 62,8 \text{ л.}$$

Концентрация синильной кислоты в объеме цилиндра: $129,6 \text{ м г} / 62,8 \text{ л} = 2,06 \text{ мг/л}$, следовательно, воздух в цилиндре чрезвычайно ядовит.

Система оценивания:

- | | |
|------------------------------------------------|----------------|
| 1. Уравнения окислительно – восстановительные | 4 балла |
| 2. Вычисление концентрации вещества | 3 балла |
| 3. Оценка степени опасности воздуха в цилиндре | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 4

РЕШЕНИЕ

1 моль $\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$, $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ и $\text{SO}_{2(\text{г})}$ из простых веществ в стандартных условиях, а тепловые эффекты – стандартные энтальпии образования указанных соединений ΔH_{298} (справочные данные). Энтальпия образования (ΔH_{298}) простых веществ принимается равной нулю: ($\Delta H^0_{298}(\text{O}_2) = 0$).

На основании одного из следствий закона Гесса:

$$\Delta H = \sum \Delta H_{(\text{прод.})} - \sum \Delta H_{(\text{исх.})}, \text{ где}$$

$\sum \Delta H_{(\text{прод.})}$ и $\sum \Delta H_{(\text{исх.})}$ – суммы стандартных энтальпий образования продуктов реакции и исходных веществ, получаем:

$$\Delta H = (-286,0 - 297,0) - (-20,17) = -562,8 \text{ кДж.}$$

Отрицательное значение энтальпии реакции горения сероводорода означает, что данная реакция экзотермическая.

$$\sum \Delta H_{(\text{исх.})} > \sum \Delta H_{(\text{прод.})} \text{ (в данном случае больше на } 562,8 \text{ кДж).}$$

Ответ: $\Delta H_1 = -562,8 \text{ кДж.}$

Система оценивания:

- | | |
|----------------------------------------|-----------------|
| 1. Рассчитайте тепловой эффект реакции | 5 баллов |
| 2. Термохимические уравнения | 5 баллов |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ

- 1). $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{т.})} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 2). $4\text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{т.})} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{т.})}$
- 3). $\text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{т.})} + \text{OH}^- - 1 e \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{т.})}$
- 4). $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4 e \rightarrow 4 \text{OH}^-$

Суммарное уравнение:



Определим объем прореагировавшего O_2 :

$$V(\text{O}_2) = (2,150 - 0,05 - 0,10) \cdot (1 - 0,9) = 0,2 \text{ л}$$

$$v(\text{O}_2) = 0,2 \text{ л} / 22,4 \text{ л моль}^{-1} = 0,0089 \text{ моль}$$

$$v(\text{FeSO}_4) = 4 v(\text{O}_2) = 0,0356 \text{ моль}$$

$$C(\text{FeSO}_4) = v(\text{FeSO}_4) / 0,05 \text{ л} = 0,712 \text{ моль/л}$$

$$v(\text{NaOH}) = 2 v(\text{FeSO}_4) = 0,0712 \text{ моль}$$

$$C(\text{NaOH}) = v(\text{NaOH}) / 0,10 \text{ л} = 0,712 \text{ моль/л.}$$

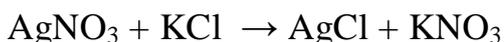
Система оценивания:

1. Уравнения химических реакций
по 1 баллу за каждую **4 балла**
2. Уравнение реакции суммарное **2 балла**
3. Вычисление молярных концентраций исходных веществ перед смешиванием
по 2 балла за вещество **4 балла**

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ



$$v = k [\text{AgNO}_3] \cdot [\text{KCl}]$$

$$v = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \cdot \text{с.}$$

Таким образом, скорость реакции равна $v = 9 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \cdot \text{с.}$

Система оценивания:

1. Вычисление скорости реакции **5 баллов**
2. Уравнение реакции **5 баллов**

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$
$$pV = mRT/M$$

Молярная масса вещества равна:

$$M = mRT / pV = 0,66 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 300 / 10^5 \cdot 10^{-3} = 16 \cdot 10^{-3}$$

В формулу подставлена абсолютная температура $T = t^{\circ}\text{C} + 273 = 300 \text{ К}$ и объем выражен в м^3 . $M = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, или 16 г/моль , или молекулярная масса равна 16 а.е.м. – то есть в состав соединения войдет атом углерода с молекулярной массой 12 а.е.м. и 4 атома водорода с молекулярной массой 1 а.е.м. – формула соединения CH_4 .

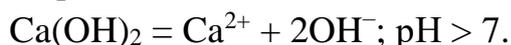
Система оценивания:

- | | | |
|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------|
| 1. | Написание уравнение Менделеева – Клайперона | 3,5 баллов |
| 2. | Правильный перевод величин | 3,5 баллов |
| 2. | Определение формулы соединения | 3 балла |
| ИТОГО: 10 баллов | | |

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

Запишем уравнение реакции диссоциации:



В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация анионов OH^- вдвое больше концентрации гидроксида кальция $\text{C}(\text{Ca}(\text{OH})_2)$: $[\text{OH}^-] = 2\text{C}(\text{Ca}(\text{OH})_2)$.

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg[\text{OH}^-] = 14 + \lg 2\text{C}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 12,6.$$

Ответ: $\text{pH} = 12,6$.

Система оценивания:

- | | | |
|--------------------------|------------------------------------------|------------------|
| 1. | Расчёт концентрации ионов $[\text{H}^+]$ | 5 баллов |
| 2. | Написание уравнения диссоциации | 2,5 балла |
| 3. | Уравнение для расчёта pH | 2,5 балла |
| ИТОГО: 10 баллов. | | |

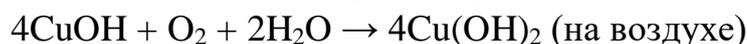
4 ВАРИАНТ 11 КЛАСС

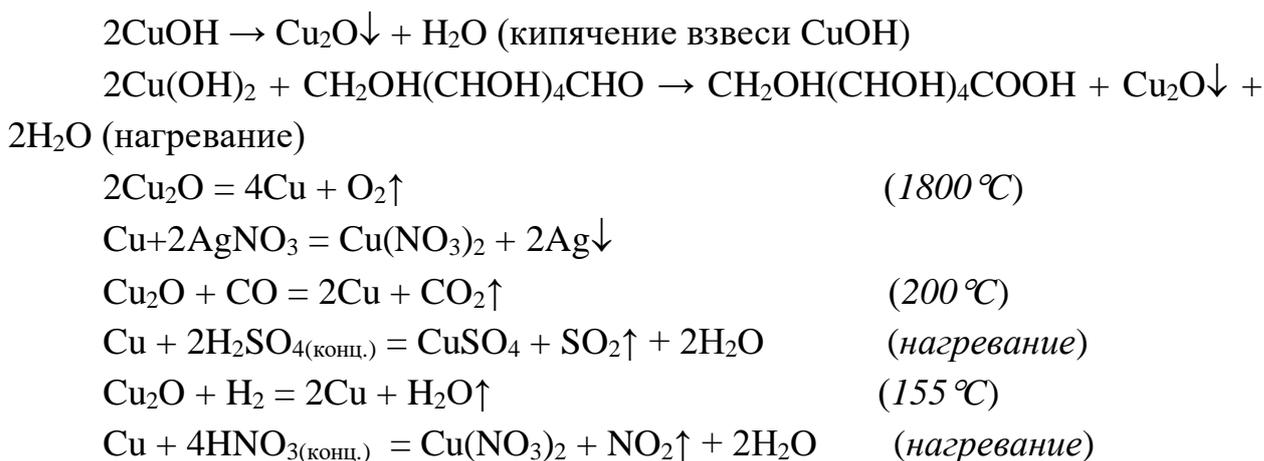
ЗАДАНИЕ 1

РЕШЕНИЕ

Вещество А – Cu_2O ; вещество В – CuOH ; вещество С – $\text{Cu}(\text{OH})_2$; металл $\text{Me} - \text{Cu}$.

В схеме зашифрованы следующие уравнения химических реакций:





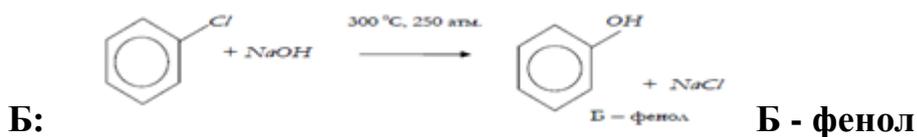
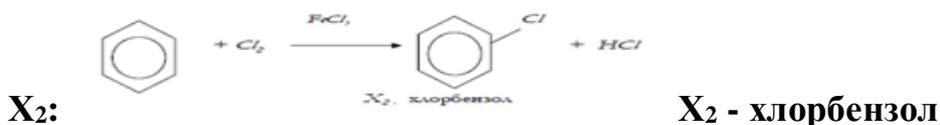
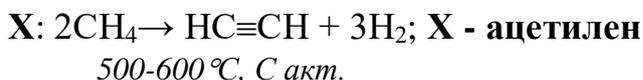
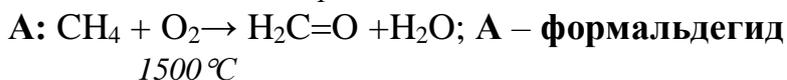
Система оценивания:

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Верные формулы <i>Me</i> , <i>A–C</i> по 2,5 балла | 10 баллов |
| 2. Верные уравнения химических реакций по 1,0 баллу
указание на условия | 9 баллов
1 балл |
| ИТОГО: 20 баллов | |

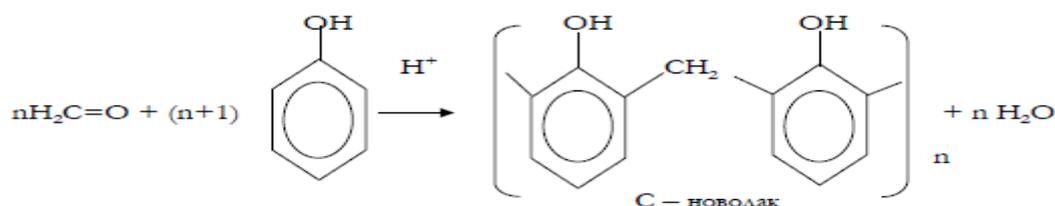
ЗАДАНИЕ 2

РЕШЕНИЕ

катализатор



C: Термопластические смолы, известные под названием **новолачных**, образуются при избытке фенола в исходной смеси и применения кислых катализаторов (например, соляной кислоты).



Д: Терморезактивные феноло – формальдегидные смолы, называемые **резольными**, получаются при избытке формальдегида и обычно в присутствии щелочного катализатора. Резольные смолы при нагревании переходят в неплавкое и нерастворимое состояние.

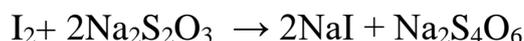
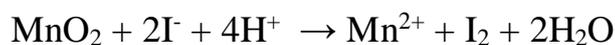
При избытке формальдегида и при нагревании до 130-150°C происходит сшивка фенолформальдегидных цепей с образованием полимера с сетчатой структурой – **резита**.

Система оценивания:

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Верные названия веществ <i>X</i> , <i>X₁</i> , <i>X₂</i> , <i>A</i> и <i>B</i> по 2,0 балла | 10 баллов |
| 2. Верные уравнения химических реакций по 1,0 баллу | 5 баллов |
| 3. Схема реакции полимеризации вещества <i>A</i> с веществом <i>B</i> | 3 балла |
| указание на условия по 1,0 баллу | 2 балла |
| ИТОГО: 20 баллов | |

ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ



Из уравнений видно, что $\nu(\text{MnO}_2) = \nu(\text{I}_2) = 0,5\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$

$$\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,02441\text{л} \cdot 0,2217\text{моль/л} = 0,005412\text{ моль}$$

$$\nu(\text{MnO}_2) = 0,5\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,002706\text{ моль}$$

$$m(\text{MnO}_2) = 0,002706\text{моль} \cdot 86,94\text{г/моль} = 0,2353\text{г}$$

$$\omega(\text{MnO}_2) = 0,2353\text{г} \cdot 100\% / 0,3710\text{г} = 63,41\%$$

Система оценивания:

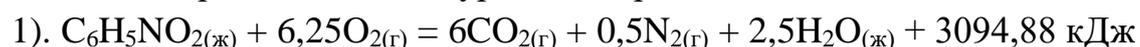
- | | |
|--------------------------------------------------|----------------|
| 1. Уравнения перманганатометрического титрования | 3 балла |
| 2. Уравнение йодометрического титрования | 3 балла |
| 3. Вычисление массы | 2 балла |
| 4. Вычисление массовой доли | 2 балла |

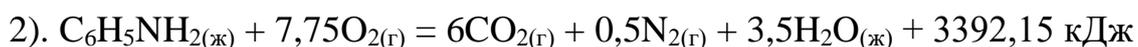
ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 4

РЕШЕНИЕ

Запишем термохимические уравнения реакций:





Пусть в растворе было x моль ($123x$ г) нитробензола и y моль ($93y$ г) анилина, тогда

$$m(\text{р-ра}) = 123x/0,2617 = 470x \text{ (г)}.$$

Найдем количество этанола и с учетом количеств сгоревших веществ выразим тепловой эффект реакции горения раствора:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = (470x - 93y - 123x)/46 = 7,54x - 2,02y;$$

$$3094,88x + 3392,15y + 1370(7,54x - 2,02y) = 1467,4;$$

$$13424,48x + 624,75y = 1467,4. \quad (1)$$

При сгорании раствора выделилось 0,15 моль ($3,36/22,4$) азота, т. е.

$$0,5x + 0,5y = 0,15.$$

$$\text{Следовательно, } y = 0,3 - x.$$

Подставим это значение y в уравнение (1) и, решив его, получим:

$$x = 0,1 \text{ моль}.$$

$$\text{Значит, } m(\text{р-ра}) = 470 \cdot 0,1 = 47 \text{ (г)}.$$

Ответ: 47 г.

Система оценивания:

1. Расчёт массы исходного раствора **4 балла**

2. Термохимические уравнения

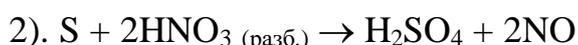
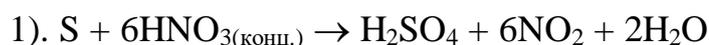
по 2 балла

6 баллов

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ



$$v(\text{NO}_2 + \text{NO}) = 17,92 / 22,4 = 0,8 \text{ моль}.$$

Объемы газообразных продуктов по условию относятся как 3 : 1, следовательно $v(\text{NO}_2) = 0,6$ моль, $v(\text{NO}) = 0,2$ моль.

$$v(\text{S}) = 0,2 \text{ моль. } m(\text{S}) = 6,4 \text{ г } \omega(\text{S}) = 6,4 \cdot 100 / 6,8 = 94,12\%$$

$$v(\text{HNO}_3) = v(\text{NO}_2 + \text{NO}) = 0,8 \text{ моль. } C(\text{HNO}_3) = 0,8 / 0,056 = 14,3 \text{ М}$$

Система оценивания:

1. Расчёт массовой доли (%) серы в образце **4 балла**

2. Расчёт молярной концентрации азотной кислоты **4 балла**

3. Уравнения реакций

по 1 баллу за уравнение **2 балла**

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ:

Константу скорости реакции рассчитываем по уравнению:

$$k = 1/t \cdot \ln(C_0/C),$$

где C_0 – начальная концентрация исходного вещества;

$C = C_0 - x$ – концентрация исходного вещества к моменту времени t .

При $t = 0$ мин, $C_0 = 0,20$ моль/л.

$$k_1 = 1/7 \cdot \ln(0,02/0,13) = 0,062 \text{ мин}^{-1};$$

$$k_2 = 1/13 \cdot \ln(0,02/0,09) = 0,061 \text{ мин}^{-1};$$

$$k_3 = 1/15 \cdot \ln(0,02/0,08) = 0,061 \text{ мин}^{-1}.$$

Равенство значений констант при разных значениях времени подтверждает то, что данная реакция является реакцией первого порядка. Рассчитаем среднее значение константы скорости реакции:

$$k_{\text{ср}} = (k_1 + k_2 + k_3)/3 = (0,062 + 0,061 + 0,061) / 3 = \text{мин}^{-1}.$$

Для характеристики скорости реакции наряду с константой скорости часто используют характеристику время полупревращения ($t_{1/2}$) – время, в течение которого прореагирует половина начального количества вещества ($C = C_0/2$):

Время полупревращения для реакций первого порядка рассчитывается по уравнению:

$$t_{1/2} = \ln 2 / k = 0,693 / k.$$

Время полупревращения рассчитаем по уравнению:

$$t_{1/2} = 0,693/0,061 = 11,36 \text{ мин.}$$

Система оценивания:

- | | |
|--------------------------------------------|----------|
| 1. Расчёт константы скорости реакции | 2 балла |
| 2. Уравнение реакции по 2 балла за реакцию | 6 баллов |
| 3. Расчёт времени полупревращения | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$P = \nu RT / V$$

$$P = 30 \text{ Моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/Моль} \cdot \text{К} \cdot 300 \text{ К} / 0,06648 \text{ м}^3 = 1125000 \text{ Па}$$

$$1125000\text{Па}=1125\text{кПа}$$

Ответ: 1125 кПа

Система оценивания:

- | | | |
|----|---------------------------------------------|------------|
| 1. | Написание уравнение Менделеева - Клайперона | 3,5 баллов |
| 2. | Правильный перевод величин | 3,5 баллов |
| 2. | Вычисление давления газа | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

Запишем уравнение реакции и условие задачи в формульном виде:



В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация анионов OH^- связана с концентрацией гидрата аммиака и степенью диссоциации:

$$[\text{OH}^-] = a \cdot c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}),$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg[\text{OH}^-] = 14 + \lg\{a \cdot c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})\},$$

$$a = (10^{\text{pH}-14})/c = 10^{10,3-14}/0,002 = 0,093 = 9,3 \%$$

Ответ: $a(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 9,3$.

Система оценивания:

- | | | |
|----|---------------------------------|----------|
| 1. | Определение степени диссоциации | 5 баллов |
| 2. | Выражение для расчёта pH | 5 баллов |

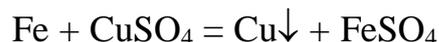
ИТОГО: 10 баллов

5 ВАРИАНТ 11 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 1

РЕШЕНИЕ

Составим уравнения реакций взаимодействия медного купороса с железной пластинкой:



Конечная масса пластинки будет определяться начальной массой, массой перешедшего в раствор железа и осевшей в ходе реакции меди:

$$m(\text{пласт.}) = m(\text{Fe}) - m(\text{Fe})_{\text{р-ор}} + m(\text{Cu})$$

$$24,00 = 20 - m(\text{Fe})_{\text{р-ор}} + m(\text{Cu})$$

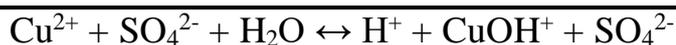
Пусть количество железа, вступившего в химическую реакцию будет – x моль, тогда $n(\text{Fe})_{\text{р-ор}} = x \text{ моль} = n(\text{CuSO}_4) = n(\text{Cu})$. Тогда

$$24,00 = 20 - 56x + 64x, \text{ откуда } x=0,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 80 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{80 \text{ г}}{500 \text{ г}} = 16 \%$$

При длительном хранении раствора сульфат меди подвергается гидролизу (соль образована слабым основанием и сильной кислотой), и на дне склянки можно будет обнаружить осадок основной соли:



(среда раствора - кислая, гидролиз по катиону, $\text{pH} < 7$)



Для того чтобы избежать «порчи» раствора медного купороса при хранении, можно в готовый раствор добавить небольшое количество серной кислоты (равновесие сдвинется в левую сторону в соответствии с принципом Ле-Шателье).

Раствор медного купороса можно использовать как антисептическое, вяжущее, и рвотное средство в медицине, а также для борьбы с вредителями на садовых участках.

Система оценивания:

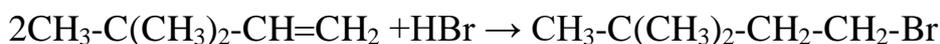
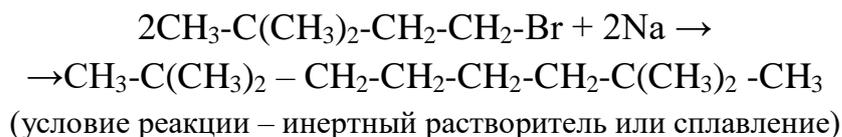
- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Верные названия веществ А- Г по 2,0 балла | 14 баллов |
| 2. Верные уравнения химических реакций по 1,25 баллов | 5 баллов |
| 3. Уравнение реакции, позволяющей использовать газ А для сварки и резки металлов | 1 балл |

ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2

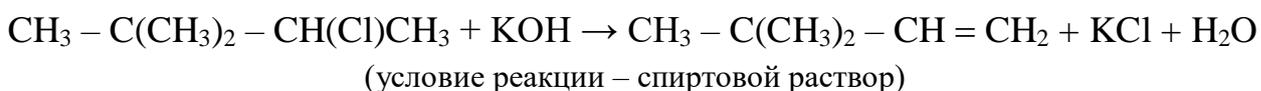
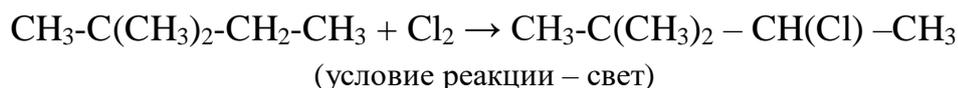
РЕШЕНИЕ

Исходя из строения 22,77 – тетраметилоктана можно предположить, что исходным веществом в синтезе Вюрца было вещество 1-бром – 3,3 – диметилбутан (продукт гидробромирования 3,3 – диметилбутена в присутствии пероксидов; эффект Караша):



(условия реакции – присутствие пероксидов; реакция идёт против правила Марковникова)

Реакция Савича предполагает дегидрогалогенирование (значит по месту двойной связи ранее располагались атомные частицы водорода и хлора, причём атом хлора был размещён у вторичного атома углерода, так как до этого проводили хлорирование на свету – оно идёт активнее при наличии в молекуле третичных (таких в молекуле вещества **В** нет), вторичных и затем только первичных атомов углерода):



Первую реакцию восстановить удастся по предлагаемой схеме:



(условия реакции – инертный растворитель или сплавление)

Вещество **A** – **2-хлор-2 метилпропан**

Подсказкой для установления формулы вещества **D** служит информация о его качественном составе (непредельное соединение, которое содержит 85,714 % по массе углерода):

Пусть масса вещества **D** составляет 100 г. Тогда в его составе 85,714 г углерода и 14,286 г водорода. Отсюда следует, что

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 85,714/12 : 14,286/1 = 7,1428 : 14,286 = 1 : 2.$$

По значению относительной плотности паров вещества по угарному газу определяем истинную молярную массу непредельного соединения:

$$M_{\text{ист.}}(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = D_{\text{CO}}(\text{C}_n\text{H}_{2n}) \cdot M(\text{CO}) = 3 \cdot 28 \text{ г/моль} = 84 \text{ г/моль.}$$

$$14n = 84$$

$$n = 6 \text{ (искомая формула - } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{)}$$

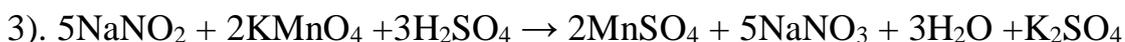
Далее участники могут составлять формулы изомеров гексена C_6H_{12} (изомеры цепи; положение двойной связи; циклоалканы; цис – и транс – изомеры).

Система оценивания:

- | | |
|-----------------------------------------------|-----------|
| 1. Верное название вещества A | 10 баллов |
| 2. Верная формула вещества D | 5 баллов |
| 3. Уравнения реакций
по 1 баллу за реакцию | 5 баллов |
| ИТОГО: 20 баллов | |

ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ



$$\nu(\text{KMnO}_4) = 0,025 \text{ л} \cdot 0,02 \text{ моль л}^{-1} = 0,0005 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaNO}_2) = 2,5 \nu(\text{KMnO}_4) = 0,00125 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NO}_2) = 2 \nu(\text{NaNO}_2) = 0,0025 \text{ моль}$$

$$\nu[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 0,5 \nu(\text{NO}_2) = 0,00125 \text{ моль}$$

$$m[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 331,2 \cdot 0,00125 = 0,414 \text{ г}$$

Система оценивания:

- | | | |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| 1. Уравнения реакций | по 2 балла за реакцию | 6 баллов |
| 2. Расчёт количества вещества нитрата свинца | | 2 балла |
| 3. Расчёт массы нитрата свинца | | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 4

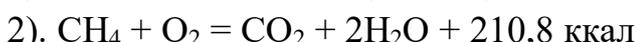
РЕШЕНИЕ

Найдем количество теплоты для получения 1 т пара при 100°C из воды при 10°C : $Q_{(\text{теор.})} = 1000 \text{ кг} \cdot C_{(\text{воды})} \cdot \Delta t + 1000 \text{ кг} \cdot Q_{\text{исп.}} = 1000 \cdot 1 \cdot 90 + 1000 \cdot 519 = 609000 \text{ ккал.}$

С учетом теплопотерь: $Q_{(\text{практ.})} = Q_{(\text{теор.})} / 0,25 = 2436000 \text{ ккал.}$

Вычислим количество теплоты, выделяющейся при сгорании 1000 л светильного газа. Этот объем включает 480 л водорода, 20 л этилена, 20 л этана, 330 л метана, 90 л СО и 60 л негорючих газов.

Тепловые эффекты реакций горения известны:



Водород (480 л), содержащийся в 1000 л светильного газа, выделит при сгорании:

$$Q(\text{водорода}) = 115,6 \cdot 480 / 44,8 = 1238,6 \text{ ккал теплоты, аналогично:}$$

$$Q(\text{метана}) = 3105,5 \text{ ккал, } Q(\text{СО}) = 271,4 \text{ ккал, } Q(\text{этилена}) = 296 \text{ ккал,}$$

$$Q(\text{этана}) = 333 \text{ ккал.}$$

В целом, при сгорании 1000 л газа выделится $5244,5 \approx 5245 \text{ ккал.}$

Для получения 2436000 ккал теплоты необходимо сжечь:

$$V_{(\text{св. газа})} = 2436000 / 5245 = 464,45 \text{ м}^3.$$

Расход газа в сутки составит: $464,45 \cdot 24 = 11146,8 \text{ м}^3$.

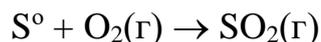
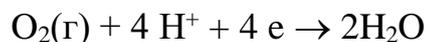
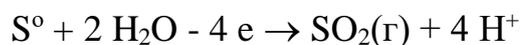
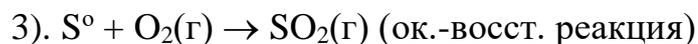
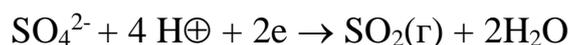
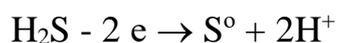
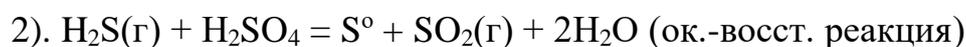
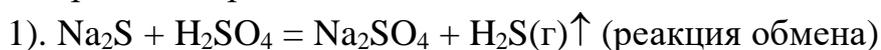
Система оценивания:

- | | |
|------------------------------|----------|
| 1. Определение расхода газа | 5 баллов |
| 2. Термохимические уравнения | 5 баллов |
| по 1 баллу за уравнение | |
- ИТОГО: 10 баллов.**

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ

1. Уравнения реакций:



Найдем количество вещества исходного сульфида натрия:

$$\nu(\text{Na}_2\text{S}) = 5 / 078, = 0,064 \text{ моль.}$$

Найдем количество выделившегося SO_2 при сжигании серы:

$$\nu(\text{SO}_2) = 1 \text{ л} / 22,4 \text{ л} / \text{моль} = 0,045 \text{ моль.}$$

Найдем количество выделившегося сероводорода, не вступившего в реакцию окисления серной кислотой:

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = \nu(\text{Na}_2\text{S}) - \nu(\text{SO}_2) = 0,064 - 0,045 = 0,019 \text{ моль.}$$

Найдем объем выделившегося сероводорода, не вступившего в реакцию окисления серной кислотой:

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 22,4 \cdot \nu(\text{H}_2\text{S}) = 22,4 \cdot 0,019 = 0,43 \text{ л.}$$

Система оценивания:

- | | |
|---------------------------------------------|----------|
| 1. Расчёт объема выделившегося сероводорода | 4 балла |
| 2. Уравнение реакций | 6 баллов |
| по 2 балла за реакцию | |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ

По определению, скорость реакции равна:

$$w = -\frac{1}{2} \frac{d[\text{NOBr}]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[\text{NO}]}{dt} = \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ моль/(л с)}.$$

Из этого же определения следует, что скорость расщепления NOBr равна скорости образования NO с обратным знаком:

$$\frac{d[\text{NOBr}]}{dt} = -\frac{d[\text{NO}]}{dt} = -1,6 \cdot 10^{-4} \text{ моль/(л с)}.$$

Система оценивания:

- | | | |
|----|-----------------------------|-----------------|
| 2. | Вычисление скорости реакции | 5 баллов |
| 2. | Уравнение реакции | 5 баллов |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ

Вычислить молекулярную массу газа можно, используя уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$PV = mRT/M$$

$$M = mRT / PV$$

$$M = 0,828 \cdot 10^{-3} \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 286 / 1,040 \cdot 10^5 \cdot 0,327 \cdot 10^{-3} = 57,8$$

Система оценивания:

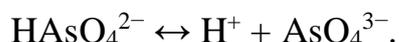
- | | | |
|----|---------------------------------------------|-------------------|
| 1. | Написание уравнение Менделеева – Клапейрона | 3,5 баллов |
| 2. | Правильный перевод величин | 3,5 баллов |
| 2. | Определение формулы соединения | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

Диссоциация мышьяковой кислоты протекает по трем ступеням, запишем уравнения ступенчатой диссоциации:



Теперь по каждой ступени диссоциации выразим константу диссоциации:

$$K_{д1} = [\text{H}^+][\text{H}_2\text{AsO}_4^-]/[\text{H}_3\text{AsO}_4] = 5,6 \cdot 10^{-3},$$

$$K_{д2} = [\text{H}^+][\text{HAsO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 1,7 \cdot 10^{-7},$$

$$K_{д3} = [\text{H}^+][\text{AsO}_4^{3-}]/[\text{HAsO}_4^{2-}] = 2,95 \cdot 10^{-12}.$$

Рассчитываем H^+ и H_2AsO_4^- по первой ступени диссоциации.

$$K_{д1} = [\text{H}^+][\text{H}_2\text{AsO}_4^-]/[\text{H}_3\text{AsO}_4] = 5,6 \cdot 10^{-3}, x = [\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-].$$

$[\text{H}_3\text{AsO}_4] = 0,1 - x$, т. е. первоначальная концентрация минус концентрация продиссоциировавших молекул. Подставим эти значения в выражение для константы диссоциации:

$$K_{д1} = (x \cdot x) / (0,1 - x) = 5,6 \cdot 10^{-3}.$$

Значением величины x в знаменателе можно пренебречь, т. к. значение его является малой величиной, и тогда получается:

$$5,6 \cdot 10^{-3} = x^2 / 0,1,$$

$$x^2 = 5,6 \cdot 10^{-4},$$

$$x = 2 \cdot 10^{-2},$$

$$x = [\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)}.$$

Теперь по второй ступени:

$$[\text{HAsO}_4^{2-}] = 1,7 \cdot 10^{-7},$$

$$K_{д2} = [\text{H}^+][\text{HAsO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 1,7 \cdot 10^{-7},$$

$$x = [\text{HAsO}_4^{2-}], [\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 2 \cdot 10^{-2}.$$

Подставляем эти значения в константу диссоциации:

$$1,7 \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 10^{-2}x / 2 \cdot 10^{-2},$$

числитель и знаменатель сокращаются, и остается $x = 1,7 \cdot 10^{-7}$.

$$[\text{HAsO}_4^{2-}] = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ (моль/л)}.$$

Ответ: $[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 2 \cdot 10^{-2}$ (моль/л); $[\text{HAsO}_4^{2-}] = 1,7 \cdot 10^{-7}$ (моль/л).

Система оценивания:

- | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. | Расчёт концентрации ионов $[\text{H}^+]$, $[\text{HAsO}_4^{2-}]$ и $[\text{H}_2\text{AsO}_4^-]$ | 6 баллов |
| | по 2 балла за каждый | |
| 2. | Расчёт константы ионизации | 4 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

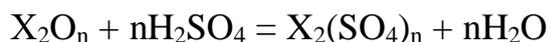
6 ВАРИАНТ 11 КЛАСС

ЗАДАЧА 1

РЕШЕНИЕ

1. Газ **Б** с плотностью по гелию 16 имеет молярную массу 64 г/моль, что соответствует оксиду серы (IV). Можно предположить, что минерал – сульфид неизвестного металла **Х**, а **В** – оксид того же металла. Поскольку при обжиге образуются эквимольные количества продуктов, можно заключить, что

состав минерала **XS**. При растворении оксида **B** в серной кислоте образуется сульфат **X**. Проверим это предположение:



$$\omega(X) = 2M(X) / (2M(X) + n \cdot M(SO_4^{2-})) \rightarrow M(X) = \omega(X) \cdot n/2 \cdot M(SO_4^{2-}) / (1 - \omega(X))$$

$$M(X) = M(SO_4^{2-}) \cdot n/2 \cdot \omega(X) / (1 - \omega(X)) = 96 \cdot n/2 \cdot (1 - 0,2089)$$

При $n = 1$ $M(X) = 12,68$ г/моль (нет соответствия)

При $n = 2$ $M(X) = 25,35$ г/моль (нет соответствия)

При $n = 3$ $M(X) = 38,03$ г/моль (нет соответствия),

При $n = 4$ $M(X) = 50,70$ г/моль (V, но из водного раствора выделяется $VOSO_4$).

Таким образом, сульфат состава $X_2(SO_4)_n$ не подходит. При упаривании водного раствора может образоваться кристаллогидрат сульфата **X**: $X_2(SO_4)_n \cdot mH_2O$. В данном случае придётся перебирать все возможные значения n и m .

$$\omega(X) = 2M(X) / (2M(X) + n \cdot M(SO_4^{2-}) + m \cdot M(H_2O)) \rightarrow$$

$$M(X) = \omega(X)/2 \cdot n \cdot M(SO_4^{2-}) + m \cdot M(H_2O) / (1 - \omega(X))$$

$M_2(SO_4)_n$

m n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15,05	17,43	19,80	22,18(Na)	24,56	26,93	29,31	31,69	34,06
3	40,40	42,78	45,15(Sc)	47,53	49,91	52,28	54,66	57,04	59,41

$2(M(SO_4)_n/2 \cdot m/2H_2O)$

m n	2	4	6	8	10	12	14	16
2	30,10	34,86	39,61(Ca)	44,36	49,12	53,87	58,62(Co,Ni)	63,38(Cu)
4	55,45(Mn)	60,21	64,96	69,71(Ga)	74,47	79,22	83,97	88,73

Этот способ не оптимален, т. к. требует много расчётов, но не даёт однозначный ответ в силу большого числа возможных вариантов, для рассмотрения которых необходимо привлечение дополнительных данных. Разумнее сначала выбрать круг возможных металлов на основании дополнительных данных, а затем проводить для них расчёт.

Рассмотрим свойства описываемых соединений. Зелёный цвет кристаллогидрата сульфата можно ожидать для солей ванадия (III), хрома (III), и никеля (II). Добавление к раствору сульфата щёлочи должно приводить к

образованию осадка гидроксида металла, а при его растворении в аммиаке образуется комплекс фиолетового цвета, что характерно для меди (II) и никеля (II).

Из предыдущей таблицы видно, что из упомянутых металлов условию соответствуют $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CuSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Последний не существует, т. к. сульфат меди кристаллизуется с 5 молекулами воды ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, медный купорос) и имеет голубую окраску. Таким образом, **А** – сульфид никеля NiS , **Б** – оксид серы SO_2 , **В** – оксид никеля NiO , **Г** – гептагидрат сульфата никеля, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Осадок **Д** – гидроксид никеля $\text{Ni}(\text{OH})_2$.

Молярная масса галогена в галогениде калия KHal (вещество **З**) может быть вычислена:

$$\omega(\text{Hal}) = M(\text{Hal}) / M(\text{Hal}) + M(\text{K}) \rightarrow M(\text{Hal}) = \omega(\text{Hal}) \cdot M(\text{K}) / 1 - \omega(\text{Hal}) = 0,6714 \cdot 39,0983 / 1 - 0,6714 \approx 79,9.$$

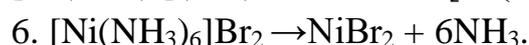
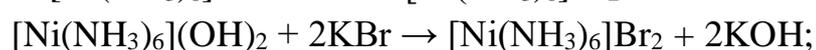
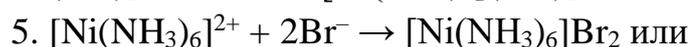
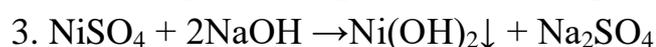
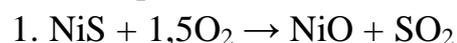
Вещество **З** – это бромид калия KBr . Установим формулу вещества **Ж**. По условиям его получения в результате взаимодействия образующегося в реакции 4 комплексного катиона **Е** с бромидом калия, можно заключить, что формула **Ж** $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_n]\text{Br}_2$. Определим n :

$$\omega(\text{Ni}) = M(\text{Ni}) / M(\text{Ni}) + n \cdot M(\text{NH}_3) + 2 \cdot M(\text{Br}) \rightarrow n =$$

$$[(1 - \omega(\text{Ni})) \cdot M(\text{Ni}) / \omega(\text{Ni}) \cdot M(\text{NH}_3)] - [2 \cdot M(\text{Br}) / M(\text{NH}_3)] = [(1 - 0,1830) \cdot 58,6934 / 0,1830 \cdot 17,031] - [2 \cdot 79,904 / 17,031] \approx 6$$

Значит вещество **Ж** – $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Br}_2$. **Е** – катион аминоккомплекса $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$. Бинарное соединение **И**, получаемое при разложении **Ж** – это бромид никеля NiBr_2 .

2. Уравнения реакций:



Система оценивания

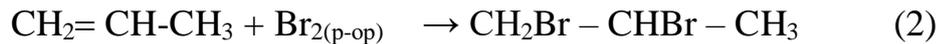
- | | | |
|----|--------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. | Определение элемента Х | 2 балла |
| 2. | Определение соединений А–И (по 1,0 за вещество) | 9 баллов |
| 3. | Уравнения реакций (6 реакций по 1,5 б) | 9 баллов |

ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2

РЕШЕНИЕ

В задаче имеется избыточная информация, поэтому способов решения может быть несколько. Запишем уравнения химических реакций взаимодействия компонентов смеси с бромной водой:



Произведем расчёт количества брома:

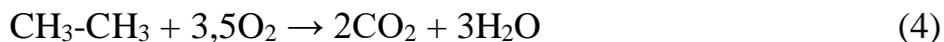
$$m(\text{Br}_2) = 400 \text{ г} \cdot 0,1 = 40 \text{ г};$$

$$n(\text{Br}_2) = 40 \text{ г} : 160 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ моль}.$$

Пусть количество этена равно x моль, количество этана y моль, а количество пропена – z моль. Тогда исходя из стехиометрических коэффициентов в уравнениях (1) и (2) можно составить математическое уравнение:

$$x+z = 0,25$$

Составим уравнения горения компонентов смеси:



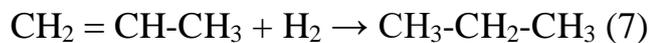
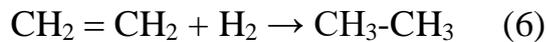
Произведем расчет количества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = 23,52 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 1,05 \text{ моль}$$

Исходя из стехиометрических коэффициентов в уравнениях (3), (4) и (5) можно составить второе уравнение:

$$2x + 2y + 3z = 1,05$$

Составим уравнение восстановления компонентов смеси:



$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = 6,72 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль}.$$

Исходя из стехиометрических коэффициентов в уравнениях (6) и (7) можно составить ещё одно математическое уравнение:

$$x+y = 0,3$$

Решим систему уравнений:

$$x+z = 0,25$$

$$2x + 2y + 3z = 1,05$$

$$x+y = 0,3$$

$$z = 0,15 \text{ моль} = n(\text{C}_3\text{H}_6); y = 0,2 \text{ моль} = n(\text{C}_2\text{H}_6); x = 0,1 \text{ моль} = n(\text{C}_2\text{H}_4)$$

Рассчитаем объём смеси:

$$V(\text{смеси}) = n(\text{смеси}) \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,45 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 10,08 \text{ л}$$

Рассчитаем объёмные доли компонентов газовой смеси:

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 33,3 \%; \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 44,4\% \text{ и } \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 22,2\%$$

Система оценивания

1. Уравнения химических реакций компонентов смеси с бромной водой
по 1 баллу за реакцию **2 балла**
 2. Уравнения горения компонентов смеси
по 1 баллу за реакцию **3 балла**
 3. Установление объёмной доли каждого компонента смеси
по 5 баллов за процентный состав каждого компонента **15 баллов**
- ИТОГО: 20 баллов**

ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ

Окислительно-восстановительный потенциал рассчитывают по уравнению Нернста:

$$E = E^0 + (0,059/n) \lg (C_{\text{ок.}} / C_{\text{вост.}}).$$

В приведенной системе в окисленной форме находятся MnO_4^- и H^+ , а в восстановленной форме – Mn^{2+} , поэтому

$$E = 1,51 + (0,059/5) \lg (10^{-5} \cdot 0,2/10^{-2}) = 1,46 \text{ В.}$$

Ответ: $E = 1,46 \text{ В.}$

Система оценивания:

1. Уравнения Нернста **5 баллов**
 2. Вычисление потенциала системы **5 баллов**
- ИТОГО: 10 баллов**

ЗАДАНИЕ 4

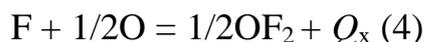
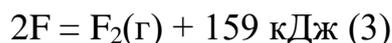
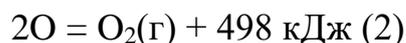
РЕШЕНИЕ

По определению стандартной теплоты образования вещества запишем термохимическое уравнение (1):



Энергия связи — энергия (теплота), которая выделяется при образовании 1 моль вещества из атомов 2. В многоатомной молекуле (CH_4 , NH_3 , H_2O и т. д.) энергия связи может быть определена формально как частное от деления теплоты реакции образования 1 моль молекул из атомов на число связей.

В соответствии с определением энергии связей составим термохимические уравнения образования молекул O_2 , F_2 и OF_2 из атомов:



Величина Q_x в уравнении (4) — это и есть энергия связи O–F. Получаем:

$$Q_x = 0,25 \cdot 498 + 0,5 \cdot 159 + 0,5 \cdot 22 = 215 \text{ (кДж/моль)}.$$

Ответ: $E_{\text{св}}(\text{O–F}) = 215 \text{ кДж/моль}$.

Система оценивания:

1. Расчёт энергии химической связи 5

баллов

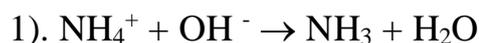
2. Термохимические уравнения 5

баллов

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ



$$v(\text{NH}_3) = 0,85 \text{ л} / 22,4 \text{ л моль}^{-1} = 0,038 \text{ моль}$$

$$v(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \text{ г} / 159,7 \text{ г моль}^{-1} = 0,019 \text{ моль}$$

$$v[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 0,5 v(\text{NH}_3) = 0,019 \text{ моль}$$

$$v[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] = v(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,019 \text{ моль}$$

$$m[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = v[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] \cdot 132 \text{ г моль}^{-1} = 2,5 \text{ г}$$

$$m[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] = v[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] \cdot 400 \text{ г моль}^{-1} = 7,6 \text{ г}$$

$$m(\text{кристаллизац. воды}) = 18,3 - 10,1 = 8,2 \text{ г}$$

$$v(\text{крист. воды}) = 8,2 \text{ г} / 18 \text{ г моль}^{-1} = 0,456 \text{ моль}$$

$$v[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] : v[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] : v(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1 : 12$$

Формула железоаммонийных квасцов:



Система оценивания:

1. Расчёт массовой доли (%) каждого компонента смеси

по 2 балла за каждую

6 баллов

2. Установление формулы вещества

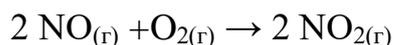
по 1 баллу за каждый компонент

4 балла

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ



Скорость прямой реакции равна:

$$v_1 = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$$

При уменьшении концентрации NO в 2 раза скорость прямой реакции станет равной:

$$v_2 = k \cdot [1/2 \text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2] = 1/4 \cdot k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$$

т.е. скорость реакции уменьшится в 4 раза:

$$v_2 / v_1 = 1/4 \cdot k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2] / k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2] = 1/4$$

Чтобы скорость реакции не изменилась концентрацию кислорода надо увеличить в 4 раза.

При условии, что $v_1 = v_2$

$$1/4 \cdot k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot x[\text{O}_2] = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$$

$$x = 4$$

Система оценивания:

1. Выражение для скорости реакции

по 3 балла за реакцию

6 баллов

2. Расчёт изменения концентрации кислорода

4 балла

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ:

$$pV = \nu RT$$

$$T = pV / \nu R$$

$$T = (9 \cdot 10^5 \text{Па} \cdot 95 \cdot 10^{-5} \text{м}^3) / 0,5 \text{Моль} \cdot 8,31 \text{Дж} / \text{Моль} \cdot \text{К} = 205,77617 \text{К}$$
$$K \approx 206 \text{К}$$

Ответ: $\approx 206 \text{К}$

Система оценивания:

1. Написание уравнение Менделеева – Клайперона

3,5 баллов

2. Правильный перевод величин

3,5 баллов

3. Определение температуры

3 баллов

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

Степень ионизации рассчитаем по формуле:

$$\alpha = \sqrt{K_{\text{HCN}}},$$

$$\alpha_{\text{ион}} = \sqrt{(7,2 \cdot 10^{-10})/0,1} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-9}} = 8,5 \cdot 10^{-5}, \text{ или } 8,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2 = 0,0085 \%$$

Этот пример можно решить и по-другому. Если известна концентрация ионов, то α можно вычислить так:

$$C \cdot \alpha = [\text{H}^+] = [\text{CN}^-], [\text{H}^+] = [\text{CN}^-] = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л.}$$

$$\text{Тогда } \alpha_{\text{ион}} = 8,5 \cdot 10^{-6}$$

$$0,1 = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ или } 8,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2 = 0,0085 \%$$

Ответ: $\alpha = 0,0085 \%$.

Система оценивания:

1. Выражение для расчёта степени ионизации **5 баллов**
2. Расчёт степени ионизации **5 баллов**

ИТОГО: 10 баллов

7 ВАРИАНТ ХИМИЯ 11

ЗАДАНИЕ 1

РЕШЕНИЕ

1) В опыте 1 одно из трёх простых веществ **В** не растворилось в щёлочи. В опыте 2 получен раствор нитрата **В** с непрореагировавшим избытком азотной кислоты (*раствор 2*). После упаривания раствора (*опыт 3*) удалили избыток азотной кислоты, твёрдый остаток растворили в воде при этом в растворе содержится только нитрат. Из него при реакции с сульфидом калия выпадает чёрный осадок **Е**, вероятно, сульфида **В**. Пусть **Е** имеет формулу $\text{В}_2\text{S}_n$. Тогда, исходя из того, что нам известны массы исходного **В** (0,5180 г) и получившегося **Е** (0,5982 г), можно определить массовую долю **В** в сульфиде:

$$\omega = \frac{0,5180}{0,5982} = 0,8659 = \frac{2M(\text{В})}{2M(\text{В}) + 32n}$$

Значит $M(\text{В}) = 103,3 \cdot n$, где n принимает целые значения. Тогда для различных n получаем варианты:

$n = 1$. $M(\text{В}) = 103,3$ – близко к родию, но в условиях реакции образование сульфида Rh(I) невозможно.

$n = 2$. $M(\text{В}) = 206,6$ – близко к свинцу. Свинец имеет чёрный нерастворимый сульфид PbS .

$n = 3$ и выше – $M(\text{В})$ больше 300, таких элементов нет.

Значит, **В** – **Pb**, **Е** – **PbS**. Свинец находится в 14 группе. В силу того, что углерод нерастворим в щёлочи, возможные кандидаты на оставшиеся простые вещества – это кремний, германий и олово.

В опыте 4 при нейтрализации образуется смесь гидратированных оксидов, один из которых по условию задачи растворяется в

концентрированной соляной кислоте. Прокаливание оставшегося гидратированного оксида должно приводить к обезвоживанию и образованию оксида вида AO_2 . Его масса равна 0,1803г, значит

$$m(A) = \frac{M}{M + 32} \cdot 0,1803$$

M –молярная масса A .

В **опыте 5** описано получение сульфида **Б**. Его масса равна 0,1828 г.

Значит,

$$m(B) = \frac{X}{X + 64} \cdot 0,1828,$$

где X – молярная масса **Б**. Нам также известна общая масса **А** и **Б** в исходной навеске: она равна $0,7210 - 0,5180 = 0,2030$ г. Получаем:

$$m(A) + m(B) = \frac{M}{M + 32} \cdot 0,1803 + \frac{X}{X + 64} \cdot 0,1828 = 0,2030,$$

Значит M и X связаны соотношением:

$$M = \frac{415,744 + 0,6464 \cdot X}{0,1601 \cdot X - 1,4528}$$

Теперь можно рассмотреть три случая: Если **Б** – это кремний, то $X = 28,09$, тогда $M = 142,52$. Элементов с такой массой в группе углерода нет. Значит, **Б** – не кремний. Если **Б** – это германий, то $X = 72,61$, тогда $M = 45,49$. Элементов с такой массой в этой группе тоже нет. Значит, **Б** – не германий. Если **Б** – это олово, то $X = 118,71$, тогда $M = 28,06$. Значит, **А** и **Б** – это **Sn** и **Si** (в любом порядке), вещества: **И** – это SiO_2 , **К** – это SnS_2 . Бесцветный, лёгкий газ **Г**, образующийся при растворении кремния и олова в концентрированном растворе щёлочи, это H_2 .

Найдём молярную массу газа **Д**:

$$M(D) = M(H_2) \cdot D_{H_2} = 2,016 \cdot 14,88 = 30,0 \text{ г/моль}$$

Из всех существующих оксидов азота, один из которых должен выделяться в ходе реакции свинца с азотной кислотой, такую молярную массу имеет только оксид азота (**II**). Следовательно **Д** – это NO .

При отжиге на воздухе сульфида свинца (**Е**) образуется газ **Ж** и твёрдое оранжевое вещество **З**. Значит, газ **Ж** – это SO_2 . А **З** – это один из оксидов свинца – либо PbO , либо Pb_3O_4 . Массовая доля свинца в **З** равна $0,5180:0,5713 = 0,9067$, что соответствует массовой доле свинца в Pb_3O_4 . Значит, **З** – это Pb_3O_4 .

2) Уравнения реакций:

1. $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2$
2. $\text{Sn} + 2\text{NaOH} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + 2\text{H}_2\uparrow$
3. $3\text{Pb} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
4. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{S} \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{PbS}\downarrow$
5. $3\text{PbS} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{Pb}_3\text{O}_4 + 3\text{SO}_2$
6. $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} + (n-1)\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}\downarrow + 2\text{NaCl}$
7. $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + 2\text{HCl} + (n-4)\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}\downarrow + 2\text{NaCl}$
8. $\text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 6\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2[\text{SnCl}_6] + (n+2)\text{H}_2\text{O}$
9. $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$
10. $\text{H}_2[\text{SnCl}_6] + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SnS}_2\downarrow + 6\text{HCl}$

3) Масса свинца в навеске нам дана: она равна $m_1 \Rightarrow 0,5180$ г. Масса SiO_2 равна $0,1803$ г, значит, масса кремния равна

$$m(\text{Si}) = \frac{M(\text{Si})}{M(\text{SiO}_2)} \cdot m(\text{SiO}_2) = \frac{28,086}{60,084} \cdot 0,1803 = 0,0843 \text{ г}$$

Масса SnS_2 равна $0,1828$ г, можно провести аналогичный расчёт для массы олова:

$$m(\text{Sn}) = \frac{M(\text{Sn})}{M(\text{SnS}_2)} \cdot m(\text{SnS}_2) = \frac{118,71}{182,842} \cdot 0,1828 = 0,1187 \text{ г}$$

или

$$m(\text{Sn}) = m(\text{смеси}) - m(\text{Pb}) - m(\text{Si}) = 0,7210 - 0,5180 - 0,0843 = 0,1187 \text{ г}$$

Массовые доли:

$$\omega(\text{Si}) = 0,0843/0,7210 = 0,1169 = 11,69\%$$

$$\omega(\text{Sn}) = 0,1187/0,7210 = 0,1646 = 16,46\%$$

$$\omega(\text{Pb}) = 0,5180/0,7210 = 0,7184 = 71,84\%$$

Система оценивания:

- | | |
|-------------------------------------------------|-----|
| 1. Определение веществ А – К по 1 баллу | 10 |
| баллов | |
| 2. Уравнения реакций по 0,85 балла | 8,5 |
| балла | |
| 3. Расчёт массовых долей элементов по 0,5 балла | 1,5 |
| балла | |

ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2

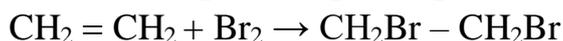
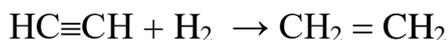
РЕШЕНИЕ

Обозначение	Вещество
А	C_2H_2

B	H ₂
C	C ₂ H ₄
D	Br _{2(aq)}
E	KMnO ₄
F	CH ₂ OH-CH ₂ OH
G	Na

Уравнения реакций:

Pt, t °C



Система оценивания:

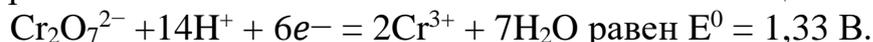
1. Верные названия веществ **A- G** по 2,0 балла 14 баллов
2. Верные уравнения химических реакций по 1,25 баллов 5 баллов
3. Уравнение реакции, позволяющей использовать газ **A** для сварки и резки металлов 1 балл

ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ

Стандартный окислительно-восстановительный потенциал системы



Для определения возможности протекания ОВР в прямом направлении необходимо найти ЭДС гальванического элемента:

$$\text{ЭДС} = E^0_{\text{ок}} - E^0_{\text{восст.}}$$

Если найденная величина ЭДС > 0, то данная реакция возможна.

Итак, определим, можно ли K₂Cr₂O₇ использовать в качестве окислителя в следующих гальванических элементах:

1. F₂|F⁻||Cr₂O₇²⁻|Cr³⁺, ЭДС = 1,33 - 2,85 = -1,52 В;
2. Cl₂|Cl⁻||Cr₂O₇²⁻|Cr³⁺, ЭДС = 1,33 - 1,36 = -0,03 В;
3. Br₂|Br⁻||Cr₂O₇²⁻|Cr³⁺, ЭДС = 1,33 - 1,06 = +0,27 В;
4. I₂|I⁻||Cr₂O₇²⁻|Cr³⁺, ЭДС = 1,33 - 0,54 = +0,79 В.

Таким образом, в качестве окислителя дихромат калия можно использовать только для процессов:



Ответ: K₂Cr₂O₇ можно использовать в качестве окислителя для окисления бромид и иодид-ионов.

Система оценивания:

1. Расчёт ЭДС
по 2 балла за реакцию

8 баллов

2. Правильный ответ

по 1 баллу за ответ

2 балла

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 4

РЕШЕНИЕ

Количество вещества гидроксида калия и азотной кислоты в растворах:
 $\nu(\text{KOH}) = \omega \rho V / M = 0,062 \cdot 1,055 \text{ г/мл} \cdot 22,7 \text{ мл} / 56 \text{ г/моль} = 0,0265 \text{ моль}$.

$$\nu(\text{HNO}_3) = C_M \cdot V = 2,00 \text{ моль/л} \cdot 0,0463 \text{ л} = 0,0926 \text{ моль}.$$

Поскольку $\nu(\text{KOH}) < \nu(\text{HNO}_3)$, а коэффициенты при этих веществах в уравнении реакции одинаковы и равны единице, то гидроксид калия находится в недостатке, и его количество определит тепловой эффект реакции, который составит:

$$Q = 55,6 \text{ кДж/моль} \cdot 0,0265 \text{ моль} = 1,47 \text{ кДж}.$$

Ответ: выделится 1,47 кДж теплоты.

Система оценивания:

1. Термохимическое уравнение

5 баллов

2. Расчёт количества теплоты

5 баллов

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ

Обозначим степень окисления металла в оксиде за n . Тогда формула оксида металла будет Met_2O_n . По условию содержание кислорода в оксиде равно 21,42%.

$$\omega(\text{O}) = 16n / 2M(\text{Met}) + 16n = 0,2142 \quad 16n = 0,2142(2M + 16n)$$

$$M(\text{Met}) = 29,35n$$

Поскольку n - натуральное число от 1 до 7, то молярная масса металла может принимать ряд значений: 29,35 ($n = 1$); 58,70 ($n = 2$); 88,05 ($n = 3$); 117,40 ($n = 4$); 146,75 ($n = 5$); 176,10 ($n = 6$); 205,45 ($n = 7$).

Подходит один вариант - никель ($M = 58,71 \text{ г/моль}$). Зная содержание калия, углерода и водорода в продуктах распада, можно предположить, что остальные 47,00% относятся к кислороду. Он обязательно должен быть, так как входит в состав исходного оксида калия. Найдем мольное соотношение калия, углерода, водорода и кислорода:

$$\text{K} : \text{C} : \text{H} : \text{O} = 45,95/39,1 : 3,525/12 : 3,525/1 : 47,00/16 = 1,175 : 0,294 : 3,525 : 2,938 = 4 : 1 : 12 : 10. \text{ Простейшая формула } \text{K}_4\text{CH}_{12}\text{O}_{10}.$$

Единственный верный вариант состава - $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{KOH} + 5\text{H}_2\text{O}$.

Неверный - $\text{KHCO}_3 + 3\text{KOH} + 4\text{H}_2\text{O}$.

$\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = 1$ моль, $\nu(\text{KOH}) = 2$ моль, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 5$ моль,

Поташ и едкое кали образовались по уравнениям:



Кристаллическая соль - гексагидрат карбоната никеля $\text{NiCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.



Система оценивания:

- | | |
|------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Установите формулу исходной соли металла | 3,5 баллов |
| 2. Уравнения реакций всех процессов | 3,5 баллов |
| 3. Вычислите количества вещества всех соединений в ловушке | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ

Начальная скорость реакции равна:

$$v = k[\text{NO}]_{\text{исх}} [\text{O}_2]_{\text{исх}}$$

Подставив значения начальных концентраций, получим:

$$v_0 = k \cdot 1,5 \cdot 3 = 4,5k.$$

Если в реакцию к моменту времени t вступило $0,5$ моль/дм³ NO , то $[\text{O}_2]_{\text{прор.}} = 0,5[\text{NO}]_{\text{прор.}} = 0,25$ моль/дм³.

Значит, $[\text{O}_2]$ к моменту времени t станет равна $3 - 0,25$ моль/дм³ = $2,75$.

Скорость реакции к моменту времени t равна: $v = k \cdot 1,0 \cdot 2,75 = 2,75k$.

Находим отношение скоростей:

$$v_0/v = 4,75k/2,75k = 1,64.$$

Ответ: $v_0/v = 1,64$.

Система оценивания:

- | | |
|--------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Написание уравнения реакции
по 3,5 баллов за уравнение | 7 баллов |
| 2. Вычислите количества вещества всех соединений в ловушке | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 7

РЕШЕНИЕ

$$V = nRT \cdot 1000 / pM$$

где $M_{\text{N}_2} = 28$ г/моль; $T = 305$ К; $p = 283710$ Па.

$$V = (140 \cdot 8,314 \cdot 305 \cdot 10^3) / 283710 \cdot 28 = 44,7 \text{ л.}$$

Ответ: 44,7 л

Система оценивания:

- | | | |
|----|---------------------------------------------|------------|
| 1. | Написание уравнение Менделеева – Клайперона | 3,5 баллов |
| 2. | Правильный перевод величин | 3,5 баллов |
| 2. | Определение объёма газа | 3 баллов |

ИТОГО: 10 баллов**ЗАДАНИЕ 8****РЕШЕНИЕ**

В водном растворе синильная кислота распадается на ионы:



$$K_{\text{д}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-] / [\text{HCN}].$$

Обозначим концентрацию ионов через x , тогда $[\text{H}^+] = [\text{CN}^-] = x$, а концентрация неионизированных молекул $[\text{HCN}] = C - x$.

$$K_{\text{HCN}} = x^2 / (C - x) = x^2 / C,$$

так как $C - x \Rightarrow C$, $x = [\text{H}^+] = [\text{CN}^-] = \sqrt{K_{\text{HCN}} \cdot C} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-10} \cdot 0,1} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-11}}$
 $= 8,5 \cdot 10^{-6}$ (моль/л).

Ответ: $[\text{H}^+] = [\text{CN}^-] = 8,5 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

Система оценивания:

- | | | |
|----|--------------------------------------------|----------|
| 1. | Расчёт концентрации ионов $[\text{H}^+]$ | 5 баллов |
| 2. | Расчёт константы ионизации $[\text{CN}^-]$ | 5 баллов |

ИТОГО: 10 баллов.**8 ВАРИАНТ ХИМИЯ 11 КЛАСС****ЗАДАНИЕ 1****РЕШЕНИЕ**

1. Из данных о плотности газовой смеси по воздуху определяем её среднюю молярную массу: $M_{\text{ср.}} = D_{\text{возд.}} \cdot M_{\text{возд.}} = 2,67 \cdot 29 \text{ г/моль} = 77,43 \text{ г/моль}$. Средняя молярная масса газовой смеси равна сумме молярных масс компонентов, умноженных на их мольные доли. Поскольку Г является димером В, его молярная масса ровно в 2 раза превышает молярную массу В. Получаем уравнение с одним неизвестным: $M_{\text{ср.}} = 0,316 \cdot M_{\text{В}} + 0,684 \cdot 2 \cdot M_{\text{В}} = 1,684M_{\text{В}} = 77,43$, откуда $M_{\text{В}} = 46 \text{ г/моль}$.

2. Основные компоненты воздуха – азот, кислород, аргон и углекислый газ. Кислород и аргон не могут образоваться при сжигании А, а для образования только воды и углекислого газа надо было сжигать углеводород, который не подходит по условию. Тогда Д – это азот. Водородное соединение азота А, удовлетворяющее условию (газ при н. у., водный раствор которого окрашивает лакмусовую бумагу в синий цвет) – аммиак. Тогда газ В с

молярной массой 46 г/моль – диоксид азота (оксид азота (IV)), газ Г – тетраоксид диазота (димер оксида азота (IV)), а газ Б – монооксид азота (оксид азота(II)).

Уравнения реакций:

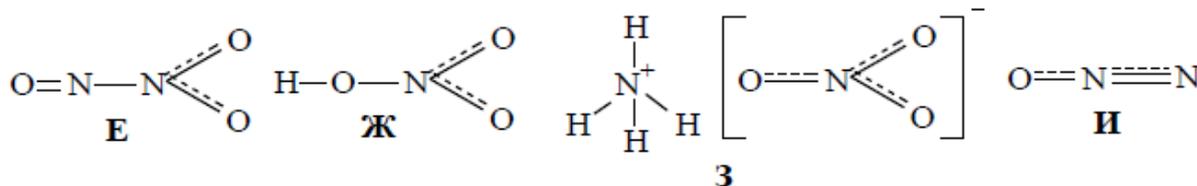
- 1) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ *Rh/Pt*
- 2) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
- 3) $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
- 4) $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

3. Смесь монооксида азота и диоксида азота (если более точно, то его димера) при сильном охлаждении реагирует с образованием оксида азота (III). Единственная распространённая азотсодержащая кислота (из которой, к тому же, можно приготовить 50%- ный водный раствор) – азотная. При взаимодействии аммиака и азотной кислоты образуется нитрат аммония, термическое разложение которого даёт оксид азота (I).

Уравнения реакций:

- 5) $2\text{NO} + \text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_3$ (засчитывается $\text{NO} + \text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_3$) 36 °C
- 6) $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5)_n + 12n\text{HNO}_3 = 6n\text{NO} + 6n\text{NO}_2 + 6n\text{CO}_2 + 11n\text{H}_2\text{O}$ (можно без *n*)
- 7) $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$
- 8) $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ 245 °C

Структурные формулы:



Система оценивания:

- | | | |
|----|-----------------------------------------|-----------------|
| 1. | Нахождение молекулярной массы газа В | 1 балл |
| 2. | Уравнения реакций по 1 баллу за реакцию | 8 баллов |
| 3. | Названия веществ А–Д по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. | Структурные формулы Е–И по 1,5 балла | 6 балла |

ИТОГО: 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2

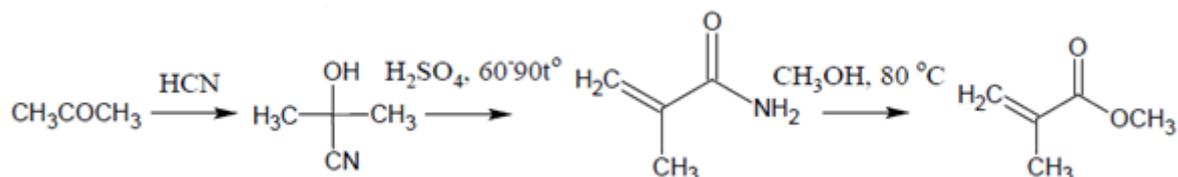
РЕШЕНИЕ

1. Учитывая, что мономер А содержит радикал винил, то В вполне может оказаться поливинилхлоридом. К тому же ПВХ действительно находит своё применение практически во всех отраслях производства.

Известно, что полимер **Е** хорошо растворим в воде, следовательно он содержит полярные группы. С йодом образуются комплексы по аналогии с крахмалом, значит, в полимере присутствует большое число гидроксильных групп. Вещество **Е** – не что иное, как поливиниловый спирт.

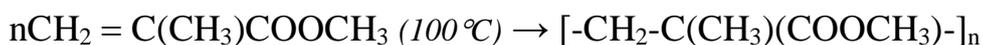
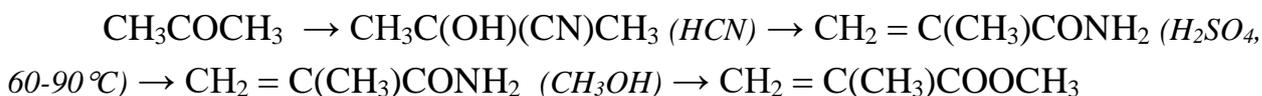
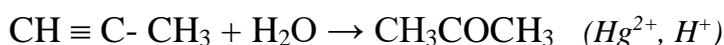
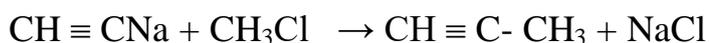
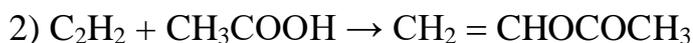
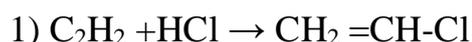
Полимер **Е** получают из **Д** путём щелочного гидролиза, поэтому **Д** может содержать сложноэфирные группы. Логично предположить, что это, скорее всего, поливинилацетат.

Для определения **М** необходимо рассмотреть цепочку превращений. По условию сказано, что **М** получают из ацетона и циановодорода:



При этом образуется метилметакрилат, из которого далее получают полимер **М** – полиметилметакрилат (ПММА).

2. Уравнения реакций:

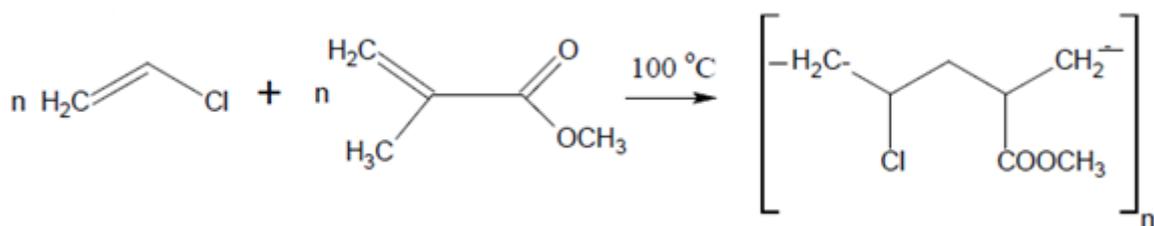


Таким образом: вещество **А** – винилхлорид; **В** – поливинилхлорид; **С** – винилацетат; **Д** - поливинилацетат; **Е** – поливиниловый спирт; **Ф** - виниловый спирт, **Г** - ацетальдегид; **Н** - ацетиленид натрия; **И** - метилацетилен; **Ж** - 2-цианопропанол -2; **К** - амид метакриловой кислоты; **Л** - метилметакрилат; **М** - полиметилметакрилат.

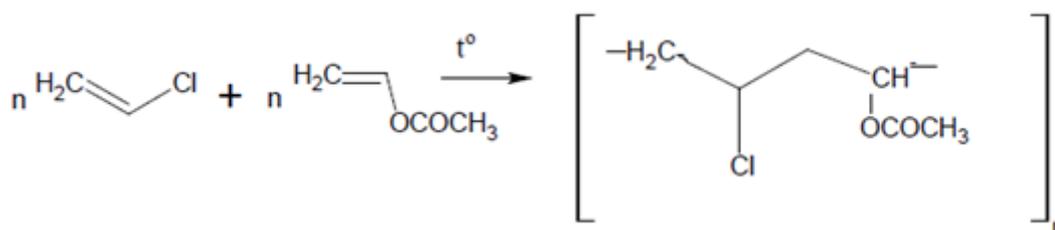
3. Мономер поливинилового спирта не существует в свободном состоянии. Он сразу превращается в ацетальдегид:



4. Реакция сополимеризации винилхлорида и метилметакрилата



Образующийся сополимер известен под названием винипроз. Виниловые мономеры также легко вступают в реакцию сополимеризации. В данном случае возможна реакция между мономерами винилхлоридом и винилацетатом:



5. Степень полимеризации n – число мономерных звеньев в молекуле полимера

$$n = M_{\text{ср.}} / M_{\text{зв.}}$$

$$M_{\text{зв.}} = 62,5 \text{ г/моль.}$$

$$\text{С учётом выхода } n = (0,8 \cdot 500000) / 62,5 = 6400.$$

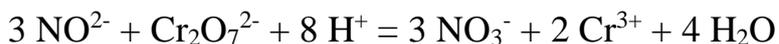
Система оценивания:

- | | |
|---------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Названия веществ А–L по 1 баллу | 13 баллов |
| 2. Уравнение реакции сополимеризации
по 2 балла за реакцию | 4 балла |
| 3. Нахождение степени полимеризации | 3 балла |
| ИТОГО: 20 баллов. | |

ЗАДАНИЕ 3

РЕШЕНИЕ

1. Дихроматометрический метод:





На реакцию израсходовано $8,3 \cdot 0,004 = 0,0332$ ммоль $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

В реакцию вступило:

3 ммоль NaNO_2 - 1 ммоль $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,

x ммоль NaNO_2 - $0,0332$ ммоль $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

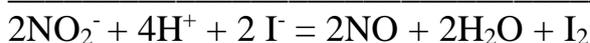
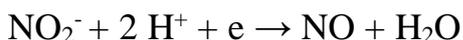
Отсюда $x = 0,1$ ммоль NaNO_2 . Это соответствует массе ионов

NO_2^- $0,1 \cdot 46 = 4,6$ мг.

$C(\text{NO}_2^-) = 4,6$ мг

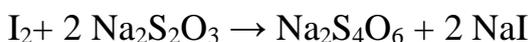
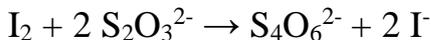
20 мл $1000 = 230$ мг/л.

2. Иодометрический метод:



2 моль NaNO_2 - 1 моль I_2 ,

0,1 ммоль NaNO_2 - x ммоль I_2 . Отсюда $x = 0,05$ ммоль.



1 моль I_2 - 2 моль $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$,

0,05 ммоль I_2 - x ммоль $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Отсюда $x = 0,1$ ммоль.

В 1 мл 0,02 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ содержится 0,02 ммоль $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. 0,1 ммоль $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ содержится в 5 мл 0,02 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Система оценивания:

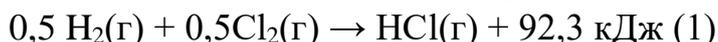
- | | |
|---------------------------------------------|---------|
| 1. Уравнения хроматометрического титрования | 3 балла |
| 2. Уравнение йодометрического титрования | 3 балла |
| 3. Нахождение объёма | 2 балла |
| 4. Нахождение концентрации X | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

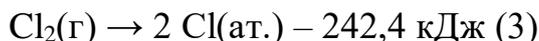
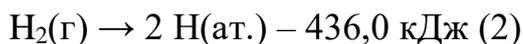
ЗАДАНИЕ 4

РЕШЕНИЕ

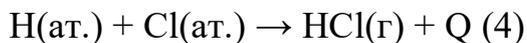
Стандартная теплота образования вещества - это тепловой эффект реакции образования 1 моль вещества из простых веществ, взятых в стандартном состоянии и при стандартных условиях:



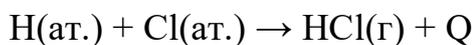
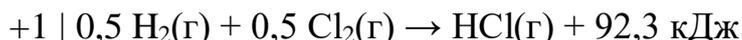
Энергия диссоциации равна тепловому эффекту реакции диссоциации 1 моль $\text{HCl}(\text{г})$ на атомы:



Энергия связи HCl - это теплота, которая выделяется при образовании 1 моль вещества в газообразном состоянии из атомов:



Чтобы определить Q , нужно сложить уравнения 1-3 с учетом коэффициентов:



$$Q = E_{\text{св.}} = 92,3 - 0,5(-436,0 - 242,4) = 431,5 \text{ (кДж/моль)}.$$

Система оценивания:

1. Расчёт энергии химической связи

5 баллов

2. Термохимические уравнения

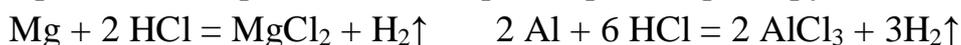
5 баллов

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 5

РЕШЕНИЕ

При действии разбавленного раствора HCl реагируют лишь Mg и Al :



Примем содержание магния и алюминия в смеси: $m(\text{Mg}) = x \text{ г}$, $m(\text{Al}) = y \text{ г}$.

В этом случае количества этих веществ составят:

$$v(\text{Mg}) = x / 24,3 \text{ моль}, \quad v(\text{Al}) = y / 27 \text{ моль}.$$

Количество вещества водорода будет равно сумме значений для реакции с магнием и с алюминием:

$$v(\text{H}_2) = v(\text{Mg}) + 1,5 v(\text{Al}) = x / 24,3 + 1,5y / 27 \text{ моль}.$$

Объем выделившегося водорода по условию задачи составляет 0,9 л:

$$V(\text{H}_2) = 22,4(x / 24,3 + 1,5y / 27) = 0,9$$

После сокращения получаем первое уравнение с двумя неизвестными:

$$0,922 x + 1,244 y = 0,9$$

Количество CuO ($M = 79,5 \text{ г/моль}$), которое можно получить из смеси, эквивалентно количеству содержащейся в смеси Cu ($M = 63,5 \text{ г/моль}$):

$$v(\text{CuO}) = v(\text{Cu}) = 0,125/79,5 \text{ моль} \quad m(\text{Cu}) = 63,5 \cdot (0,125/79,5) = 0,1 \text{ г}$$

Таким образом, масса магния и алюминия в 1 г смеси составляет:

$$m(\text{Mg}) + m(\text{Al}) = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ г.} \quad x + y = 0,9$$

Решаем систему из двух уравнений:

$$0,922 x + 1,244 y = 0,9$$

$$x + y = 0,9$$

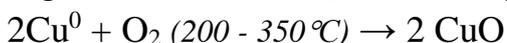
Получаем результат: $x = 0,62$ $y = 0,28$.

$$m(\text{Mg}) = x = 0,62 \text{ г, } m(\text{Al}) = y = 0,28 \text{ г, } m(\text{Cu}) = 0,1 \text{ г.}$$

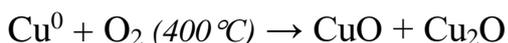
Определяем массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(\text{Mg}) = 62 \%, \quad \omega(\text{Al}) = 28 \%, \quad \omega(\text{Cu}) = 10 \%.$$

2. Способ получения CuO из смеси:



При более высокой температуре образуется смесь оксидов меди(II) черного цвета и меди(I) красного:



Система оценивания:

1. Расчёт массовой доли (%) каждого компонента смеси

по 2 балла за каждый

6 баллов

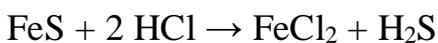
2. Уравнение реакции, с помощью которых можно из данной смеси получить оксид меди(II) по 2 балла за реакцию

4 балла

ИТОГО: 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 6

РЕШЕНИЕ



Скорость химической реакции с концентрацией выделяющихся веществ связывает уравнение:

$$v = dC/dt, \text{ где } C - \text{концентрация, моль/л, } t - \text{время.}$$

По условиям задачи объемы сосудов одинаковы, время реакций одинаковое, следовательно, скорости реакций пропорциональны количеству веществ выделившихся CO_2 и H_2S .

$$v(\text{CO}_2) = m/M = 23/44 = 0,52 \text{ моль,}$$

$$v(\text{H}_2\text{S}) = m/M = 20/34 = 0,59 \text{ моль.}$$

Таким образом, скорость реакции выделения сероводорода выше.

Система оценивания:

3. Ответ на вопрос скорость какой реакции выше?

4 балла

- Обоснование 4 балла
2. Уравнение реакции получения указанных газов по 1 баллу за реакцию 2 балла
- ИТОГО: 10 баллов.**

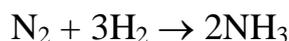
ЗАДАНИЕ 7

Система оценивания:

1. Расчёт выхода аммиака 5 баллов
2. Расчёт объёмной доли аммиака в смеси после реакции 5 баллов

ИТОГО: 10 баллов.

РЕШЕНИЕ



1 моль 3 моль 2 моль

Пусть прореагировало x моль N_2 , следовательно потребовалось $3x$ моль H_2 и выделилось $2x$ моль NH_3 .

Состав смеси до реакции: 1 моль N_2 + 3 моль H_2 = 4 моль.

Состав смеси после реакции: $(1-x)\text{N}_2 + (3-3x)\text{H}_2 + (2x)\text{NH}_3 = (4 - 2x)$ моль.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона $PV = nRT$

$$P_1 V_1 / P_2 V_2 = n_1 R T_1 / n_2 R T_2 ; P_1/P_2 = 1/0,9 = n_1/n_2 = 4/4 - 2x ; x = 0,2$$

$$v(\text{N}_2 \text{ прореагировавшего}) = 0,2 \text{ моль,}$$

$$v(\text{NH}_3 \text{ образ.}) = 0,4 \text{ моль, или } 0,4 \cdot 100\% / 2 = 20\%$$

$$\omega(\text{NH}_3) = 2x \cdot 100\% / 4 - 2x = (0,4 / 3,6) \cdot 100\% = 11,1\%$$

Система оценивания:

1. Расчёт выхода X 5 баллов
2. Расчёт объёмной доли X в смеси после реакции 5 баллов

ИТОГО: 10 баллов

ЗАДАНИЕ 8

РЕШЕНИЕ

В водном растворе NH_4OH распадается на ионы:



Степень ионизации α рассчитываем:

$$\alpha = C_{\text{ион}} / C_{\text{общ}};$$

подставляем числовые значения:

$$1,33 \cdot 10^{-2} = C_{\text{ион}} / 0,1, \quad [\text{OH}^-] = C_{\text{ион}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л).}$$

Подставляем в выражение $K_{\text{ион}}$:

$$K_{\text{ион}} = [\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{NH}_4\text{OH}];$$

$$K_{\text{ион}} = (1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,33 \cdot 10^{-3}) / 0,1 = 1,76 \cdot 10^{-5}.$$

Ответ: $K_{\text{ион}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.

Система оценивания:

1. Расчёт концентрации ионов OH^-
2. Расчёт константы ионизации

5 баллов

5 баллов

ИТОГО: 10 баллов