

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2024/25
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. Продолжительность 90 минут

1 вариант

11 класс

Задача 11-1

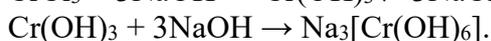
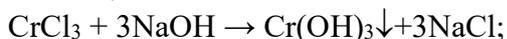
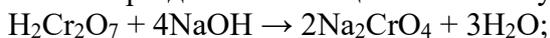
Метод хромирования широко используется в современной промышленности для защиты металлических изделий от коррозии, повышения твердости и придания привлекательного вида. Этот метод заключается в гальваническом нанесении тонкого слоя хрома на металлический предмет. Недостатком является большое количество жидких отходов, содержащих хром (VI), хром (III) и другие экотоксиканты.

Для установления состава сточной воды гальванического производства и ее дезактивации провели следующий эксперимент. К 1 л солянокислого раствора хрома добавили гидроксид натрия для создания сильнощелочной среды и прилили избыток брома. После добавления к полученному раствору избыточного количества раствора нитрата бария образовался осадок массой 1.265 г. На реакцию с таким же объемом исходного раствора хрома потребовалось 105 мл раствора сульфата железа (II) с концентрацией 0.1 моль/л. Напишите уравнения протекающих реакций. Установите концентрацию хрома в анализируемом растворе в мг/л. Какая доля (%) хрома находится в степени окисления +6?

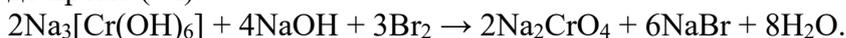
Решение

При описании эксперимента не уточняется степень окисления хрома в растворе. Поэтому будем учитывать возможность существования в солянокислом растворе хрома (III) CrCl_3 и хрома (VI) $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

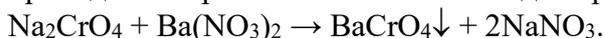
При добавлении щелочи к этому раствору протекают следующие реакции:



При добавлении брома к полученному раствору происходит окисление хрома (III) до хрома (VI):



Дальнейшее добавление к полученному раствору избытка раствора нитрата бария приводит к образованию желтого осадка хромата бария:



Найдем количества вещества хромата бария:

$$n(\text{BaCrO}_4) = m(\text{BaCrO}_4) / M(\text{BaCrO}_4) = 1.265 / 253 = 0.005 \text{ моль}.$$

Из химической формулы хромата бария видно, что

$$n(\text{Cr}) = n(\text{BaCrO}_4) = 0.005 \text{ моль}. \text{ Таким образом, концентрация хрома в исходной смеси равна } n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr}) / V_{\text{р-ра}} = 0.005 \text{ моль} \cdot 52 \text{ г/моль} / 1 \text{ л} = 0.26 \text{ г/л} = 260 \text{ мг/л}.$$

С сульфатом железа (II) реагирует только хром (VI):



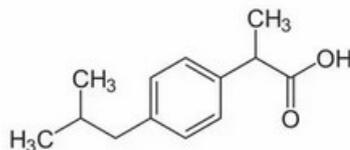
На реакцию с 1 л раствора потребовалось 0.105 л $0.1 \text{ моль/л} = 0.0105 \text{ моль}$ FeSO_4 . По уравнению реакции с этим количеством сульфата железа взаимодействует $0.0105 / 3 = 0.0035 \text{ моль}$ хрома (VI). Таким образом, содержание хрома (VI) составляет $0.0035 / 0.005 = 0.7$ или 70%.

Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За написание уравнения реакций по 3 балла | 18 б. |
| 2. За расчет содержания хрома в мг/л | 4 б. |
| 3. За расчет содержания хрома (VI) в % | 3 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 11-2

Ибупрофен $C_{13}H_{18}O_2$ – это нестероидный противовоспалительный препарат, обладающий болеутоляющим и жаропонижающим действием. Он выпускается в виде таблеток, суспензий и гелей.

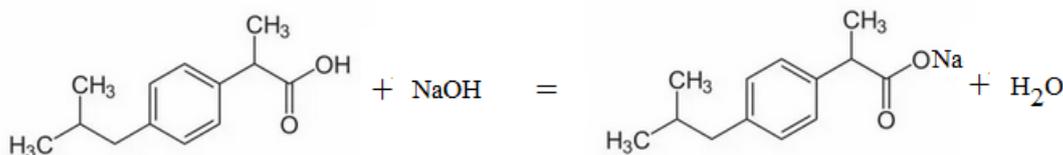


Вычислите массу ибупрофена, содержащего $6.02 \cdot 10^{23}$ атомов. В одной таблетке находится в 30 раз меньше ибупрофена. С каким объемом 0.1 моль/л раствора щелочи прореагирует ибупрофен из одной таблетки? Ответ подтвердите расчетами. Напишите уравнение протекающей реакции, используя графическую формулу.

Решение

$6.02 \cdot 10^{23}$ атомов – это 1 моль атомов. Найдем количество ибупрофена, содержащее 1 моль атомов. Для этого обозначим количество вещества ибупрофена через x моль. В соответствии с химической формулой $C_{13}H_{18}O_2$, x моль ибупрофена содержит $13 \cdot x$ моль атомов углерода, $18 \cdot x$ моль атомов водорода и $2 \cdot x$ моль атомов кислорода. Общее количество атомов $33 \cdot x$ моль или 1 моль. Из соотношения $33 \cdot x = 1$ находим, что $x = 0.03$ моль. Масса 0.03 моль ибупрофена равна: $0.03 \text{ моль} \cdot 206 \text{ г/моль} = 6.18 \text{ г}$. В одной таблетке ибупрофена находится $0.03 \text{ моль} / 30 = 0.001$ моль ибупрофена.

Уравнение реакции взаимодействия ибупрофена с щелочью:



Из уравнения видно, что с 0.001 моль ибупрофена взаимодействует 0.001 моль щелочи или $0.001 \text{ моль} / 0.1 \text{ моль/л} = 0.01 \text{ л}$ или 10 мл щелочи.

Разбалловка

За расчет массы ибупрофена	10 б.
За уравнение реакции	5 б.
За расчет объема щелочи	10 б.
Всего:	25 б.

Задача 11-3

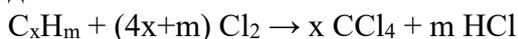
Бинарное вещество **A** (7 мг) хлорируется избытком хлора при 600°C с образованием 0.0005 моль жидкого бинарного вещества **B** с массовой долей углерода 7.79%, а также газообразного продукта **C**. Последний способен обесцветить 37 мл раствора фенолфталеина в 0.0135-молярной известковой воде. Газовая смесь **A** и **B** (2:1 по объему), имеет плотность по водороду 35. Нагревание этой смеси в присутствии малой добавки радикального инициатора пероксида бензоила (ПБ) дает единственный продукт - теломер **D**. Щелочной гидролиз вещества **D** при нагревании с избытком водного раствора NaOH с последующим подкислением соляной кислотой приводит к гидроксикарбоновой кислоте **E**.

Определите вещества **A** – **E**, составьте их графические формулы, уравнения реакций. ПБ – это $C_6H_5C(O)OOC(O)C_6H_5$.

Решение

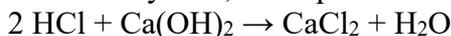
Бинарное вещество **A** является углеводородом, так как хлорируется до органического хлорида с выделением HCl. Обозначим формулу углеводорода **A** как C_xH_m . Жидкое бинарное вещество **B** содержит только углерод и хлор C_xCl_y , определим его формулу. $n(C) : n(Cl) = 7.79 / 12 : 92.21 / 35.5 = 0.649 : 2.597 = 4$. Жидкость **B** - это CCl_4 . Газообразный продукт хлорирования **C** – это HCl.

Жесткие условия хлорирования углеводорода **A** (600°C, избыток хлора) могут обеспечить деструктивное галогенирование с разрывом углеродного скелета, поэтому **A** может принадлежать к любому классу углеводородов и иметь углеродный скелет любой длины.



По количеству продукта CCl_4 0.0005 моль определим количество углерода в навеске 7 мг углеводорода **A**. $n(C \text{ в } C_xH_m) = 0.0005$ моль.

Теперь определим количество водорода в навеске 7 мг углеводорода **A**. Оно равно количеству HCl, оттитрованного известковой водой в присутствии фенолфталеина.



$$n(Ca(OH)_2) = 0.037 \text{ л} \cdot 0.0135 \text{ моль/л} = 0.0005 \text{ моль. } n(HCl) = 0.001 \text{ моль.}$$

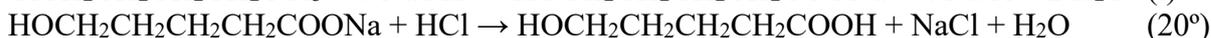
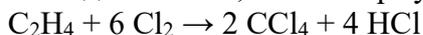
$$n(H \text{ в } C_xH_m) = 0.001 \text{ моль.}$$

Найдем формулу C_xH_m . $x : m = 0.0005 : 0.001 = 1 : 2$. **A** – это C_nH_{2n} (алкен или циклоалкан).

Определим молярную массу $M(C_nH_{2n})$ по известной плотности смеси газов ($2 C_nH_{2n} + 1 CCl_4$). Средняя молярная масса смеси $M(\text{смеси}) = 2 \cdot 35 = 70$ г/моль.

$$M(C_nH_{2n}) \cdot 0.667 + M(CCl_4) \cdot 0.333 = 70. \quad 14n \cdot 0.667 + 154 \cdot 0.333 = 70.$$

Отсюда $14n = 28$, $n = 2$. Формула C_2H_4 . **A** – **этилен**.



D – 1,1,1,5-тетрахлорпентан. **E** – 5-гидроксипентановая кислота.

Разбалловка

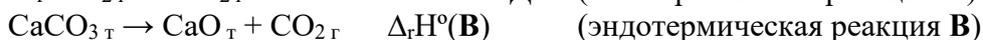
За определение вещества A	5 б.
За 5 уравнений по 4 б.	20 б.
Всего	25 б.

Задача 11-4

В промышленности для получения негашеной извести пропускают воздух через нагретую смесь карбоната кальция с углем. Начинается экзотермическая реакция **A**, обеспечивающая энергией протекание эндотермической реакции **B**. Определите минимальную массовую долю угля в смеси для успешного протекания синтеза негашеной извести, если потери тепла пренебрежимо малы. Определите стандартную энтальпию $\Delta_r H^\circ$ реакции **B**. Известны стандартные значения энтальпий образования веществ $\Delta_f H^\circ$, кДж/моль: CO_2 (-393.5), CaO (-638), CaCO_3 (-1210). Запишите необходимые термохимические уравнения для указанных процессов. Напишите формулы гашеной извести, натронной извести, хлорной извести. Что представляет собой известковая вода и известковое молоко?

Решение

Теплота, выделяющаяся в реакции **A**, должна быть равна теплоте, поглощающейся в реакции **B**:



$$\text{Определим } \Delta_r H^\circ(\text{B}) = \Delta_f H^\circ(\text{CaO}) + \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{CaCO}_3) = -638 - 393.5 + 1210 = +178.5 \text{ кДж/моль.}$$

Пусть в состав исходной смеси входит 1 моль CaCO_3 и x моль угля. $n(\text{CaCO}_3) = 1$ моль, значит $m(\text{CaCO}_3) = 100$ г. $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = 178.5$ кДж.

Тогда должно быть $\Delta_r H^\circ(\text{A}) = -178.5$ кДж. Для этого $n(\text{угля}) = x = -178.5 / -393.5 = 0.454$ моль. $m(\text{угля}) = 0.454 \cdot 12 = 5.448$ г. Массовая доля угля $5.448 / (5.448 + 100) = 0.0517$ (**5.17%**).

Гашеная известь - $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Натронная известь – смесь NaOH и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Хлорная известь – CaOCl_2 , она, как правило, содержит примеси $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Известковая вода – насыщенный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Известковое молоко – суспензия CaCO_3 в воде.

Разбалловка

За 2 уравнения по 5 б.	10 б.
За расчет $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = +178.5$ кДж/моль	5 б.
За расчет $\omega(\text{угля}) = 5.17\%$	5 б.
За определение гашеной извести, натронной извести, хлорной извести известковой воды и известкового молока по 1 б.	5 б.
Всего	25 б

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2024/25
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. Продолжительность 90 минут

1 вариант

10 класс

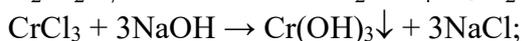
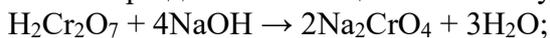
Задача 10-1

Метод хромирования широко используется в современной промышленности для защиты металлических изделий от коррозии, повышения твердости и придания привлекательного вида. Этот метод заключается в гальваническом нанесении тонкого слоя хрома на металлический предмет. Недостатком является большое количество жидких отходов, содержащих хром (VI), хром (III) и другие экотоксиканты.

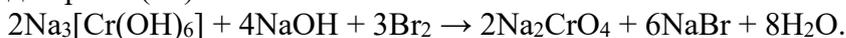
Для установления состава сточной воды гальванического производства и ее дезактивации провели следующий эксперимент. К 1 л кислого раствора, содержащего CrCl_3 и $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, добавили гидроксид натрия для создания сильнощелочной среды и прилили избыток брома. После добавления к полученному раствору избыточного количества раствора нитрата бария образовался осадок массой 1.265 г. На реакцию с таким же объемом исходного раствора хрома потребовалось 105 мл раствора сульфата железа (II) с концентрацией 0.1 моль/л. Напишите уравнения протекающих реакций. Установите концентрацию хрома в анализируемом растворе в мг/л. Какая доля (%) хрома находится в степени окисления +6?

Решение

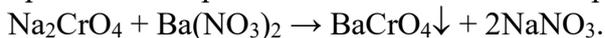
При добавлении щелочи к этому раствору протекают следующие реакции:



При добавлении брома к полученному раствору происходит окисление хрома (III) до хрома (VI):



Дальнейшее добавление к полученному раствору избытка раствора нитрата бария приводит к образованию желтого осадка хромата бария:



Найдем количества вещества хромата бария:

$$n(\text{BaCrO}_4) = m(\text{BaCrO}_4) / M(\text{BaCrO}_4) = 1.265 / 253 = 0.005 \text{ моль}.$$

Из химической формулы хромата бария видно, что

$$n(\text{Cr}) = n(\text{BaCrO}_4) = 0.005 \text{ моль}.$$
 Таким образом, концентрация хрома в исходной смеси

$$\text{равна } n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr}) / V_{\text{р-ра}} = 0.005 \text{ моль/л} \cdot 52 \text{ г/моль} / 1 \text{ л} = 0.26 \text{ г/л} = 260 \text{ мг/л}.$$

С сульфатом железа (II) реагирует только хром (VI):



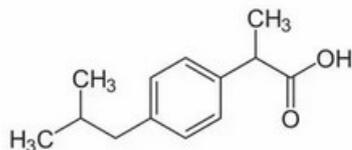
На реакцию с 1 л раствора потребовалось 0.105 л $0.1 \text{ моль/л} = 0.0105 \text{ моль}$ FeSO_4 . По уравнению реакции с этим количеством сульфата железа взаимодействует $0.0105 / 3 = 0.0035 \text{ моль}$ хрома (VI). Таким образом, содержание хрома (VI) составляет $0.0035 / 0.005 = 0.7$ или 70%.

Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За написание уравнения реакций по 3 балла | 18 б. |
| 2. За расчет содержания хрома в мг/л | 4 б. |
| 3. За расчет содержания хрома (VI) в % | 3 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 10-2

Ибупрофен $C_{13}H_{18}O_2$ – это нестероидный противовоспалительный препарат, обладающий болеутоляющим и жаропонижающим действием. Он выпускается в виде таблеток, суспензий и гелей.

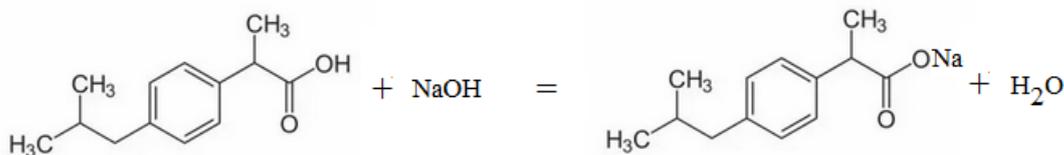


Вычислите массу ибупрофена, содержащего 1 моль атомов. В одной таблетке находится в 30 раз меньше ибупрофена. С каким объемом 0.1 моль/л раствора щелочи прореагирует ибупрофен из одной таблетки? Ответ подтвердите расчетами. Напишите уравнение протекающей реакции, используя графическую формулу.

Решение

Найдем количество ибупрофена, содержащее 1 моль атомов. Для этого обозначим количество вещества ибупрофена через x моль. В соответствии с химической формулой $C_{13}H_{18}O_2$, x моль ибупрофена содержит $13 \cdot x$ моль атомов углерода, $18 \cdot x$ моль атомов водорода и $2 \cdot x$ моль атомов кислорода. Общее количество атомов $33 \cdot x$ моль или 1 моль. Из соотношения $33 \cdot x = 1$ находим, что $x = 0.03$ моль. Масса 0.03 моль ибупрофена равна: $0.03 \text{ моль} \cdot 206 \text{ г/моль} = 6.18 \text{ г}$. В одной таблетке ибупрофена находится $0.03 \text{ моль} / 30 = 0.001$ моль ибупрофена.

Уравнение реакции взаимодействия ибупрофена с щелочью:



Из уравнения видно, что с 0.001 моль ибупрофена взаимодействует 0.001 моль щелочи или $0.001 \text{ моль} / 0.1 \text{ моль/л} = 0.01 \text{ л}$ или 10 мл щелочи.

Разбалловка

За расчет массы ибупрофена	10 б.
За уравнение реакции	5 б.
За расчет объема щелочи	10 б.
Всего:	25 б.

Задача 10-3

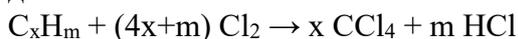
Бинарное вещество **A** (7 мг) хлорируется избытком хлора при 600°C с образованием 0.0005 моль жидкого бинарного вещества **B** с массовой долей углерода 7.79%, а также газообразного продукта **C**. Последний способен обесцветить 37 мл раствора фенолфталеина в 0.0135-молярной известковой воде. Газовая смесь **A** и **B** (2:1 по объему), имеет плотность по водороду 35. Нагревание этой смеси в присутствии малой добавки радикального инициатора пероксида бензоила (ПБ) дает единственный продукт - теломер **D**. Щелочной гидролиз вещества **D** при нагревании с избытком водного раствора NaOH с последующим подкислением соляной кислотой приводит к гидроксикарбоновой кислоте **E**.

Определите вещества **A** – **E**, составьте их графические формулы, уравнения реакций. ПБ – это $C_6H_5C(O)OOC(O)C_6H_5$. Теломеризация представляет радикальную реакцию образования олигомера с разными концевыми группами.

Решение

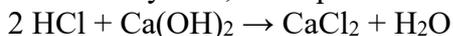
Бинарное вещество **A** является углеводородом, так как хлорируется до органического хлорида с выделением HCl. Обозначим формулу углеводорода **A** как C_xH_m . Жидкое бинарное вещество **B** содержит только углерод и хлор C_xCl_y , определим его формулу. $n(C) : n(Cl) = 7.79 / 12 : 92.21 / 35.5 = 0.649 : 2.597 = 4$. Жидкость **B** - это CCl_4 . Газообразный продукт хлорирования **C** – это HCl.

Жесткие условия хлорирования углеводорода **A** (600°C, избыток хлора) могут обеспечить деструктивное галогенирование с разрывом углеродного скелета, поэтому **A** может принадлежать к любому классу углеводородов и иметь углеродный скелет любой длины.



По количеству продукта CCl_4 0.0005 моль определим количество углерода в навеске 7 мг углеводорода **A**. $n(C \text{ в } C_xH_m) = 0.0005$ моль.

Теперь определим количество водорода в навеске 7 мг углеводорода **A**. Оно равно количеству HCl, оттитрованного известковой водой в присутствии фенолфталеина.



$$n(Ca(OH)_2) = 0.037 \text{ л} \cdot 0.0135 \text{ моль/л} = 0.0005 \text{ моль. } n(HCl) = 0.001 \text{ моль.}$$

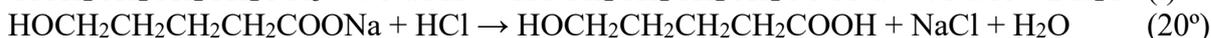
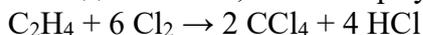
$$n(H \text{ в } C_xH_m) = 0.001 \text{ моль.}$$

Найдем формулу C_xH_m . $x : m = 0.0005 : 0.001 = 1 : 2$. **A** – это C_nH_{2n} (алкен или циклоалкан).

Определим молярную массу $M(C_nH_{2n})$ по известной плотности смеси газов ($2 C_nH_{2n} + 1 CCl_4$). Средняя молярная масса смеси $M(\text{смеси}) = 2 \cdot 35 = 70$ г/моль.

$$M(C_nH_{2n}) \cdot 0.667 + M(CCl_4) \cdot 0.333 = 70. \quad 14n \cdot 0.667 + 154 \cdot 0.333 = 70.$$

Отсюда $14n = 28$, $n = 2$. Формула C_2H_4 . **A** – **этилен**.



D – 1,1,1,5-тетрахлорпентан. **E** – 5-гидроксипентановая кислота.

Разбалловка

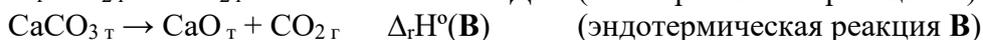
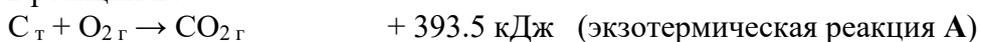
За определение вещества A	5 б.
За 5 уравнений по 4 б.	20 б.
Всего	25 б.

Задача 10-4

В промышленности для получения негашеной извести пропускают воздух через нагретую смесь карбоната кальция с углем. Начинается экзотермическая реакция **A**, обеспечивающая энергией протекание эндотермической реакции **B**. Определите минимальную массовую долю угля в смеси для успешного протекания синтеза негашеной извести, если потери тепла пренебрежимо малы. Определите стандартную энтальпию $\Delta_r H^\circ$ реакции **B**. Известны стандартные значения энтальпий образования веществ $\Delta_f H^\circ$, кДж/моль: CO_2 (-393.5), CaO (-638), CaCO_3 (-1210). Запишите необходимые термохимические уравнения для указанных процессов. Напишите формулы гашеной извести, натронной извести, хлорной извести. Что представляет собой известковая вода и известковое молоко?

Решение

Теплота, выделяющаяся в реакции **A**, должна быть равна теплоте, поглощающейся в реакции **B**:



$$\text{Определим } \Delta_r H^\circ(\text{B}) = \Delta_f H^\circ(\text{CaO}) + \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{CaCO}_3) = -638 - 393.5 + 1210 = +178.5 \text{ кДж/моль.}$$

Пусть в состав исходной смеси входит 1 моль CaCO_3 и x моль угля. $n(\text{CaCO}_3) = 1$ моль, значит $m(\text{CaCO}_3) = 100$ г. $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = 178.5$ кДж.

Тогда должно быть $\Delta_r H^\circ(\text{A}) = -178.5$ кДж. Для этого $n(\text{угля}) = x = -178.5 / -393.5 = 0.454$ моль. $m(\text{угля}) = 0.454 \cdot 12 = 5.448$ г. Массовая доля угля $5.448 / (5.448 + 100) = 0.0517$ (**5.17%**).

Гашеная известь - $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Натронная известь – смесь NaOH и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Хлорная известь – CaOCl_2 , она, как правило, содержит примеси $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Известковая вода – насыщенный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Известковое молоко – суспензия CaCO_3 в воде.

Разбалловка

За 2 уравнения по 5 б.	10 б.
За расчет $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = +178.5$ кДж/моль	5 б.
За расчет $\omega(\text{угля}) = 5.17\%$	5 б.
За определение гашеной извести, натронной извести, хлорной извести известковой воды и известкового молока по 1 б.	5 б.
Всего	25 б

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2024/25
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. Продолжительность 90 минут

1 вариант

9 класс

Задача 9-1

Метод хромирования широко используется в современной промышленности для защиты металлических изделий от коррозии, повышения твердости и придания привлекательного вида. Этот метод заключается в гальваническом нанесении тонкого слоя хрома на металлический предмет. Недостатком является большое количество жидких отходов, содержащих хром и другие экотоксиканты.

В результате химического анализа установили, что сточная вода гальванического производства содержит CrCl_3 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, при этом концентрация хрома (VI) в растворе превышает концентрацию хрома (III) в два раза. Установите концентрацию каждого из веществ в растворе (в моль/л), если при выпаривании 1 л раствора образовалось 0.4525 г сухого осадка. В расчетах учтите, что сухой остаток содержит только безводные соли.

Напишите по одной химической реакции, позволяющей весь хром в растворе перевести соединение хрома с одной степенью окисления. Укажите условия протекания реакций.

Решение

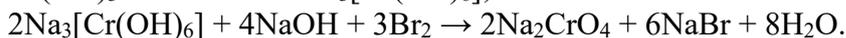
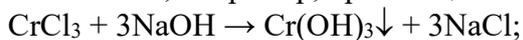
Примем количество Cr(III) в 1 литре раствора за x моль, тогда количество Cr(VI) равно $2x$. Исходя из числа атомов хрома в формульной единице можно записать:

$n(\text{CrCl}_3) = x$ моль; $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2x/2 = x$ моль. Масса сухого остатка равна:

$$m = m(\text{CrCl}_3) + m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 158.5 \cdot x + 294 \cdot x = 452.5 \cdot x = 0.4525.$$

Отсюда $x = 0.001$ моль. Следовательно, концентрация каждого из веществ в растворе равна 0.001 моль/л.

Для того, чтобы весь хром (III) перевести в хром (VI) необходимо добавить окислитель, например, бром в щелочной среде:



Для перевода всего хрома в хром (III) необходимо добавить восстановитель, например, железо (II) в кислой среде:

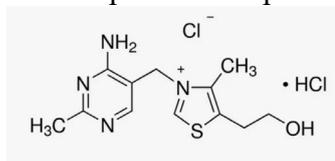


Разбалловка

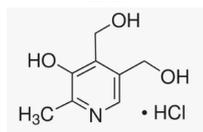
- | | |
|---|-------|
| 1. За расчет молярной концентрации по 5 баллов | 10 б. |
| 2. За написание реакций по 5 баллов за один пример | 10 б. |
| 3. За указания условий протекания реакций (кислотности) | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 9-2

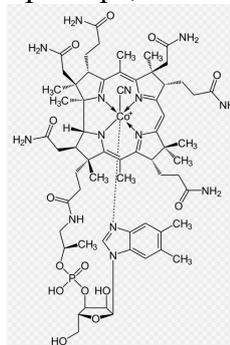
Витамины группы В – это биологически активные вещества, необходимые для жизнедеятельности человека. Они не синтезируются организмом и их содержание необходимо постоянно пополнять. Сочетание В1, В6 и В12 называют "нейротропными витаминами", поскольку вместе они проявляют синергетические свойства и более эффективны в решении проблем неврологического характера, чем по отдельности.



В1



В6



В12

Одна ампула препарата мильгамы объемом 2 мл содержит по 100 мг В1 ($C_{12}H_{17}ClN_4OS \cdot HCl$) и В6 ($C_8H_{11}NO_3 \cdot HCl$), масса В12 ($C_{63}H_{88}CoN_{14}O_{14}P$) в 100 раз меньше. Рассчитайте молярную концентрацию каждого из витаминов в растворе для инъекций. Какое число атомов углерода содержится в этих витаминах в одной ампуле?

Решение

Молярные массы витаминов следующие:

$$M(B1) = 337 \text{ г/моль}; \quad M(B6) = 205.5 \text{ г/моль}; \quad M(B12) = 1355 \text{ г/моль}.$$

Найдем молярные концентрации:

$$c(B1) = 0.1 \text{ г} / (337 \text{ г/моль} \cdot 0.002 \text{ л}) = 0.148 \text{ моль/л};$$

$$c(B6) = 0.1 \text{ г} / (205.5 \text{ г/моль} \cdot 0.002 \text{ л}) = 0.243 \text{ моль/л};$$

$$c(B12) = 0.001 \text{ г} / (1355 \text{ г/моль} \cdot 0.002 \text{ л}) = 0.000369 \text{ моль/л}.$$

В этих витаминах содержится $12 \cdot 0.148 \text{ моль} + 8 \cdot 0.243 \text{ моль} + 63 \cdot 0.000369 \text{ моль} = 3.74 \text{ моль}$ атомов углерода или $3.74 \text{ моль} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 2.25 \cdot 10^{24}$ атомов углерода.

Разбалловка

За расчет концентрации В1, В6 и В12 по 6 б.

18 б.

За расчет числа атомов углерода

7 б.

Всего:

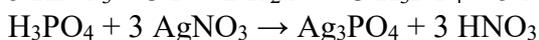
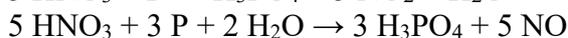
25 б.

Задача 9-3

Красный фосфор растворился в горячей концентрированной азотной кислоте, перейдя в высшую степень окисления. При этом произошло выделение двух газообразных соединений азота **A** и **B** в объемном соотношении 2:1. Один моль вещества **A** содержит $13.846 \cdot 10^{24}$ протонов, а моль вещества **B** – в 1.533 раза меньше. По окончании реакции к полученному водному раствору добавили избыток нитрата серебра и получили 251.4 г осадка ярко-желтого цвета. Определите суммарный объем выделившихся газов при н.у., а также в условиях: 20°C, 0.5 атм. Запишите уравнения протекающих реакций. Атомные массы элементов округляйте до целых чисел.

Решение

В 1 моль газа **A** содержится количество вещества протонов: $13.846 \cdot 10^{24} / 6.02 \cdot 10^{24} = 23$ моль. Это **NO₂**. В 1 моль газа **B** содержится количество вещества протонов: $13.846 \cdot 10^{24} / (1.533 \cdot 6.02 \cdot 10^{24}) = 15$ моль. Это **NO**.



Найдем $n(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 251.4 / 419 = 0.6$ моль. Значит и $n(\text{P}) = 0.6$ моль.

Примем $n_1(\text{P})$ количество фосфора, прореагировавшего с выделением **NO₂**, за x моль, тогда $n_2(\text{P})$ с выделением **NO** будет $(0.6-x)$ моль.

Тогда $n(\text{NO}_2) = 5x$ моль, $n(\text{NO}) = 5(0.6-x)/3$. Объемное отношение **NO₂** и **NO** равно мольному. $n(\text{NO}_2)/n(\text{NO}) = 15x/5(0.6-x) = 2$ $3x = 1.2 - 2x$ $5x = 1.2$ $x = 0.24$.

$n(\text{газов}) = 5 \cdot 0.24 + 5 \cdot (0.6 - 0.24)/3 = 1.2 + 0.6 = 1.8$ моль.

$V_1(\text{газов при н. у.}) = 1.8 \cdot 22.4 = 40.32$ л.

$V_2(\text{газов при } 20^\circ\text{C и } 0.5 \text{ атм.}) = (1.8 \cdot 8.314 \cdot 293) / (101325 \cdot 0.5) = 0.0865 \text{ м}^3 = 86.5$ л.
($PV = nRT$)

Разбалловка

За 3 уравнения по 5 б.	15 б.
За расчет $V_1(\text{газов}) = 40.32$ л и $V_2(\text{газов}) = 86.5$ л по 5 б.	10 б.
Всего	25 б.

Задача 9-4

В промышленности для получения негашеной извести пропускают воздух через нагретую смесь карбоната кальция с углем. Начинается экзотермическая реакция соединения **A**, обеспечивающая энергией протекание эндотермической реакции разложения **B**. Определите минимальную массовую долю угля в смеси для успешного протекания синтеза негашеной извести, если потери тепла пренебрежимо малы. Известны стандартные значения энтальпий образования веществ, кДж/моль: CO_2 (-393.5), CaO (-638), CaCO_3 (-1210). Запишите необходимые термохимические уравнения для указанных процессов **A** и **B**. Напишите формулы гашеной извести, натронной извести, хлорной извести. Что представляет собой известковая вода и известковое молоко? Стандартная мольная энтальпия образования сложного вещества $\Delta_f H^\circ$ равна энтальпии реакции образования 1 моль этого вещества из простых веществ, отнесенная к стандартным условиям. Стандартная мольная энтальпия образования простого вещества равна нулю.

Решение

Теплота, выделяющаяся в реакции **A**, должна быть равна теплоте, поглощающейся в реакции **B**:



Определим $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = \Delta_f H^\circ(\text{CaO}) + \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{CaCO}_3) = -638 - 393.5 + 1210 = +178.5 \text{ кДж/моль}$.

Пусть в состав исходной смеси входит 1 моль CaCO_3 и x моль угля. $n(\text{CaCO}_3) = 1$ моль, значит $m(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г}$. $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = 178.5 \text{ кДж}$.

Тогда должно быть $\Delta_r H^\circ(\text{A}) = -178.5 \text{ кДж}$. Для этого $n(\text{угля}) = x = -178.5 / -393.5 = 0.454$ моль. $m(\text{угля}) = 0.454 \cdot 12 = 5.448 \text{ г}$. Массовая доля угля $5.448 / (5.448 + 100) = 0.0517$ (**5.17%**).

Гашеная известь - Ca(OH)_2 . Натронная известь – смесь NaOH и Ca(OH)_2 . Хлорная известь – CaOCl_2 , она, как правило, содержит примеси Ca(OCl)_2 , CaCl_2 , Ca(OH)_2 . Известковая вода – насыщенный раствор Ca(OH)_2 . Известковое молоко – суспензия CaCO_3 в воде.

Разбалловка

За 2 уравнения по 5 б.	10 б.
За расчет $\Delta_r H^\circ(\text{B}) = +178.5 \text{ кДж/моль}$	5 б.
За $\omega(\text{угля}) = 5.17\%$	5 б.
За определение гашеной извести, натронной извести, хлорной извести известковой воды и известкового молока по 1 б.	5 б.
Всего	25 б

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2024/25
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. Продолжительность 90 минут
1 вариант

8 класс

Задача 8-1

Метод хромирования широко используется в современной промышленности для защиты металлических изделий от коррозии, повышения твердости и придания привлекательного вида. Этот метод заключается в гальваническом нанесении тонкого слоя хрома на металлический предмет. Недостатком является большое количество жидких отходов, содержащих хром и другие экотоксиканты.

В результате химического анализа установили, что сточная вода гальванического производства содержит CrCl_3 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, при этом концентрация хрома (VI) в растворе превышает концентрацию хрома (III) в два раза. Установите концентрацию каждого из веществ в растворе (в моль/л), если при выпаривании 1 л раствора образовалось 0.4525 г сухого осадка. В расчетах учтите, что сухой остаток содержит только безводные соли.

Напишите уравнения химических реакций, протекающих при постепенном добавлении щелочи к анализируемому раствору.

Решение

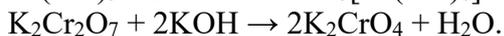
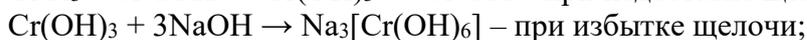
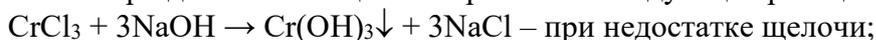
Примем количество Cr(III) в 1 литре раствора за x моль, тогда количество Cr(VI) равно $2x$. Исходя из числа атомов хрома в формульной единице можно записать:

$n(\text{CrCl}_3) = x$ моль; $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2x/2 = x$ моль. Масса сухого остатка равна:

$$m = m(\text{CrCl}_3) + m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 158.5 \cdot x + 294 \cdot x = 452.5 \cdot x = 0.4525.$$

Отсюда $x = 0.001$ моль. Следовательно, концентрация каждого из веществ в растворе равна 0.001 моль/л.

При добавлении щелочи протекают следующие реакции:

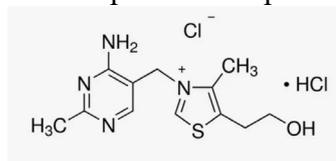


Разбалловка

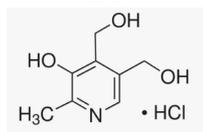
- | | |
|--|-------|
| 1. За расчет молярной концентрации по 5 баллов | 10 б. |
| 2. За написание реакций по 5 баллов | 15 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 8-2

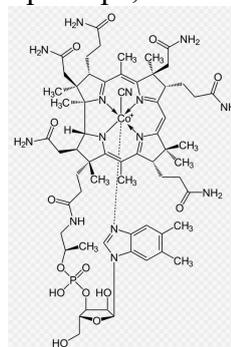
Витамины группы В – это биологически активные вещества, необходимые для жизнедеятельности человека. Они не синтезируются организмом и их содержание необходимо постоянно пополнять. Сочетание В1, В6 и В12 называют "нейротропными витаминами", поскольку вместе они проявляют синергетические свойства и более эффективны в решении проблем неврологического характера, чем по отдельности.



В1



В6



В12

Одна ампула препарата мильгамы объемом 2 мл содержит по 100 мг В1 ($C_{12}H_{17}ClN_4OS \cdot HCl$) и В6 ($C_8H_{11}NO_3 \cdot HCl$), масса В12 ($C_{63}H_{88}CoN_{14}O_{14}P$) в 100 раз меньше. Рассчитайте молярную концентрацию каждого из витаминов в растворе для инъекций. Какое число атомов кислорода содержится в этих витаминах в одной ампуле? При расчетах атомы кислорода, находящиеся в молекулах воды, учитывать не надо.

Решение

Молярные массы витаминов следующие:

$$M(B1) = 337 \text{ г/моль}; \quad M(B6) = 205.5 \text{ г/моль}; \quad M(B12) = 1355 \text{ г/моль}.$$

Найдем молярные концентрации:

$$c(B1) = 0.1 \text{ г} / (337 \text{ г/моль} \cdot 0.002 \text{ л}) = 0.148 \text{ моль/л};$$

$$c(B6) = 0.1 \text{ г} / (205.5 \text{ г/моль} \cdot 0.002 \text{ л}) = 0.243 \text{ моль/л};$$

$$c(B12) = 0.001 \text{ г} / (1355 \text{ г/моль} \cdot 0.002 \text{ л}) = 0.000369 \text{ моль/л}.$$

В этих витаминах содержится $1 \cdot 0.148 \text{ моль} + 3 \cdot 0.243 \text{ моль} + 14 \cdot 0.000369 \text{ моль} = 0.88 \text{ моль}$ атомов кислорода или $0.882 \text{ моль} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 5.31 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода.

Разбалловка

За расчет концентрации В1, В6 и В12 по 6 б.

18 б.

За расчет числа атомов кислорода

7 б.

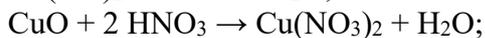
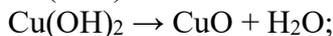
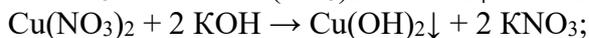
Всего:

25 б.

Задача 8-3

Составьте уравнения реакций, протекающих в цепочке превращений меди:
 $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO}$.

Решение



Разбалловка

За 5 уравнений по 5 б.

25 б.

Всего:

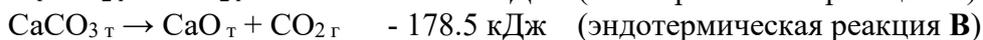
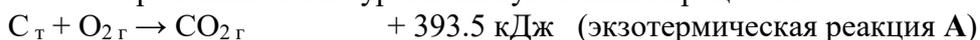
25 б.

Задача 8-4

В промышленности для получения негашеной извести CaO пропускают воздух через нагретую смесь карбоната кальция с углем. Одновременно протекают экзотермическая реакция соединения **A** и эндотермическая реакция разложения **B**. Определите минимальную массовую долю угля в смеси для успешного протекания синтеза негашеной извести, вся энергия, выделившаяся в реакции **A**, расходуется в реакции **B**. Из справочников известно значение теплоты образования CO_2 (393.5 кДж на моль CO_2 , образующегося из простых веществ) и значение теплоты реакции образования CaCO_3 из CaO и CO_2 (178.5 кДж на моль образующегося CaCO_3). Запишите термохимические уравнения с указанием тепловых эффектов для трех реакций: реакции превращения угля в CO_2 , реакции получения CaCO_3 из CaO и CO_2 , реакции получения CaO и CO_2 из CaCO_3 .

Решение

Термохимические уравнения указанных процессов:



Теплота, выделяющаяся в реакции **A** с участием некоторой массы углерода, должна быть равна теплоте, поглощающейся в реакции **B** с участием некоторой массы CaCO_3 .

Пусть $n(\text{CaCO}_3) = 1$ моль, значит $m(\text{CaCO}_3) = 100$ г. Необходимо затратить 178.5 кДж.

Тогда в реакции **A** должно выделиться 178.5 кДж. Для этого $n(\text{угля}) = 178.5/393.5 = 0.454$ моль.

$m(\text{угля}) = 0.454 \cdot 12 = 5.448$ г. Массовая доля угля равна $5.448/(5.448+100) = 0.0517$ (**5.17%**).

Разбалловка

За 3 уравнения по 5 б.

15 б.

За $\omega(\text{угля}) = 5.17\%$

10 б.

Всего

25 б.