

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

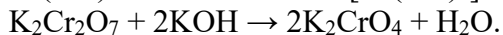
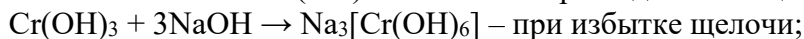
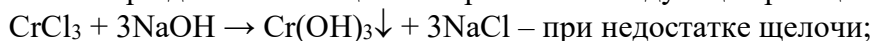
Примем количество Cr(III) в 1 литре раствора за x моль, тогда количество Cr(VI) равно $2x$. Исходя из числа атомов хрома в формульной единице можно записать:

$n(\text{CrCl}_3) = x$ 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:

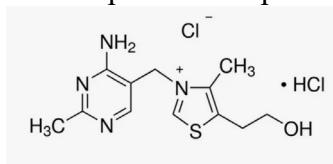


Разбалловка

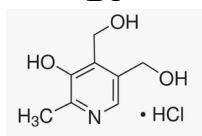
- | | |
|--|-------|
| 1. За расчет молярной концентрации по 5 баллов | 10 б. |
| 2. За написание реакций по 5 баллов | 15 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 8-2

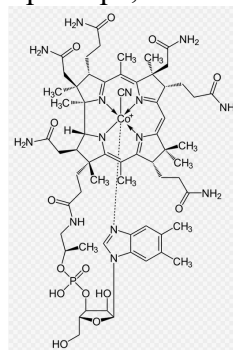
Витамины группы В – это биологически активные вещества, необходимые для жизнедеятельности человека. Они не синтезируются организмом и их содержание необходимо постоянно пополнять. Сочетание В1, В6 и В12 называют "нейротропными витаминами", поскольку вместе они проявляют синергетические свойства и более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



B1



B6



B12

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:

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

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

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

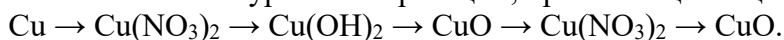
В этих витаминах содержится $1 \cdot 0.148 \text{ моль} + 3 \cdot 0.243 \text{ моль} + 14 \cdot 0.000369 \text{ моль} = 0.88 \text{ моль}$ атомов кислорода или $0.882 \text{ моль} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 5.31 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода.

Разбалловка

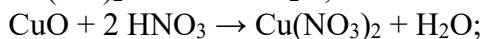
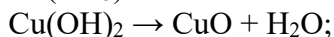
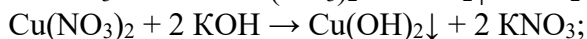
За расчет концентрации В1, В6 и В12 по 6 б.	18 б.
За расчет числа атомов кислорода	7 б.
Всего:	25 б.

Задача 8-3

Составьте уравнения реакций, протекающих в цепочке превращений меди:



Решение



Разбалловка

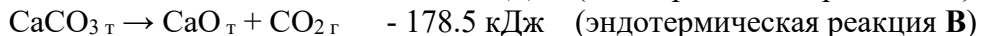
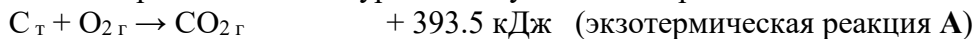
За 5 уравнений по 5 б.	25 б.
Всего:	25 б.

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 А с участием некоторой массы углерода, должна быть равна теплоте, поглощающейся в реакции В 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 А 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.

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

8 класс

Задача 8-1

Угольные пастовые электроды используются в аналитической практике для вольтамперометрического определения различных веществ, которые окисляются или восстанавливаются на электроде при наложении потенциала. Для приготовления электрода мелкодисперсный графит смешивают с связующим материалом (например парафином, вазелиновым маслом и др.), получившуюся пасту помещают в пластиковый корпус и соединяют с электрохимической ячейкой медной проволокой. Для облегчения протекания электродной реакции поверхность графита предварительно модифицируют путем нанесения химическим способом различных твердых веществ, проявляющих каталитические свойства.

Вычислите массовую долю оксида церия (IV) в модифицированном графите, если для модификации взяли 50 мл нитрата церия (III) с концентрацией 0.02 моль/л и 1.548 г графита.

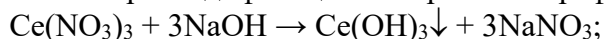
Запишите уравнения протекающих при модификации реакций, если известно, что сначала на поверхности графита осаждали гидроксид церия (III) добавлением избытка гидроксида натрия, затем полученный осадок нагревали на воздухе.

Решение

50 мл нитрата церия (III) $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ с концентрацией 0.02 моль/л содержит $0.05 \text{ л} \cdot 0.02 \text{ моль/л} = 0.001$ моль церия. Следовательно на поверхности графита образовалось такое же количество оксида церия (IV) CeO_2 , масса которого равна $0.001 \text{ моль} \cdot 172 \text{ г/моль} = 0.172$ г.

Масса модифицированного графита составляет $0.172 + 1.548 = 1.72$ г. Массовая доля оксида церия равна $0.172/1.72 = 0.1$ или 10%.

При модификации поверхности графита протекают следующие реакции:



Разбалловка

1. За написание уравнений реакций по 5 б	10 б.
2. За расчет массовой доли оксида церия в модифицированном графите	15 б.
Всего:	25 б.

Задача 8-2

Ионообменные смолы (иониты) – это нерастворимые в воде твердые органические соединения, способные стехиометрически в эквивалентных соотношениях обмениваться собственными ионами с ионами из раствора. Их подразделяют на катиониты и аниониты в зависимости от того, какими ионами обмениваются – катионами или анионами. С точки зрения химического состава иониты представляют собой инертную органическую полимерную матрицу (R), к которой присоединены ионогенные группы, отвечающие за ионный обмен. Для катионитов такой группой может быть сульфогруппа $-\text{SO}_3\text{H}^+$. В уравнениях химических реакций формулу такого катионита в H^+ форме записывают в виде $\text{R-SO}_3\text{H}^+$.

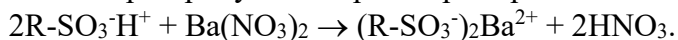
50 мл водного раствора нитрата бария и азотной кислоты пропустили через катионит в H^+ форме, при этом все ионы бария в растворе заместились на ионы водорода. Полученный раствор реагирует с 15 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0.1 моль/л. Установите концентрацию растворенных веществ в исходном растворе в моль/л, если он реагирует с 10 мл 0.05 моль/л сульфата натрия с образованием белого кристаллического осадка. Запишите уравнения протекающих реакций. В расчетах учтите, что все реакции протекают количественно (полностью), ионообменной емкости ионита достаточно для обмена всех катионов, находящихся в растворе.

Во сколько раз масса нитрата бария в исходном растворе больше массы азотной кислоты?

Решение

Исходный раствор взаимодействует с 10 мл 0.05 моль/л или 0.0005 моль сульфата натрия: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaNO}_3$. Из уравнения реакции видно, что исходный раствор содержит такое же количество нитрата бария $n(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.0005$ моль.

При пропускании раствора через катионит протекает следующая реакция:



Раствор, прошедший через катионит, содержит азотную кислоту, которая изначально была в исходном растворе, и азотную кислоту, которая образовалась в результате ионного обмена ионов бария на смолу. В результате ионного обмена образовалось $0.0005 \text{ моль} \cdot 2 = 0.001$ моль HNO_3 .

Реакция азотной кислоты с гидроксидом натрия: $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Общее количество HNO_3 в растворе после катионита равно количеству NaOH , прореагировавшему с этим раствором, то есть $0.015 \text{ л} \cdot 0.1 \text{ моль/л} = 0.0015$ моль. Следовательно, в исходном растворе находилось $0.0015 \text{ моль} - 0.001 \text{ моль} = 0.0005$ моль азотной кислоты.

Найдем концентрации веществ в исходном растворе:

$\text{C}(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.0005 \text{ моль} / 0.050 \text{ л} = 0.01 \text{ моль/л}$; $\text{C}(\text{HNO}_3) = 0.0005 \text{ моль} / 0.050 \text{ л} = 0.01 \text{ моль/л}$.

Поскольку молярные концентрации $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и HNO_3 равны, то отношение масс этих веществ равно отношению молярных масс:

$$m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) / m(\text{HNO}_3) = M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) / M(\text{HNO}_3) = 4.14.$$

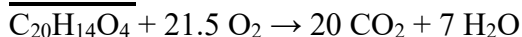
Разбалловка

За расчет концентраций нитрата бария и азотной кислоты в мг/мл по 6 б.	12 б.
За уравнения реакций с Na_2SO_4 и NaOH по 2 б.	4 б.
За уравнение реакции на смолу	4 б.
За отношение масс	5 б.
Всего:	25 б.

Задача 8-3

Сколько литров кислорода, измеренного при н.у., необходимо для полного сгорания 0.01 моль фенолфталеина ($C_{20}H_{14}O_4$)? Напишите уравнение реакции горения.

Решение



$$n(O_2) = 21.5 \cdot 0.01 = 0.215 \text{ моль. } V(O_2) = 22.4 \cdot 0.215 = 4.816 \text{ л.}$$

Разбалловка

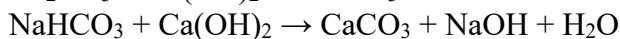
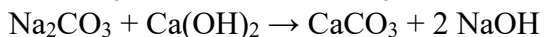
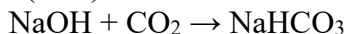
За уравнение	10 б.
За расчет	10 б.
За применение молярного объема газов	5 б.
Всего:	25 б.

Задача 8-4

При пропускании 2.24 л углекислого газа (н. у.) через раствор 0.14 моль гидроксида натрия весь газ и щелочь израсходовались, и в растворе образовались кислая соль **А** и средняя соль **Б**. К полученному раствору добавили избыток известковой воды (водный раствор гидроксида кальция) до полного израсходования **А** и **Б** и выпадения белого осадка средней соли **В**. Определите вещества **А** - **В**, а также количества **А** и **Б** в конечном растворе. Составьте уравнения реакции получения **А**, **Б**, **В**.

Решение

$$n(CO_2) = 2.24/22.4 = 0.1 \text{ моль.}$$



Ответ: **А** - это $NaHCO_3$, **Б** - Na_2CO_3 , **В** - $CaCO_3$, $n(NaHCO_3) = 0.06$ моль, $n(Na_2CO_3) = 0.04$ моль.

Разбалловка

За определение А , Б , В по 3 б.	9 б.
За определение количества А и Б по 3 б.	6 б.
За 3 уравнения образования А , Б , а также В из Б по 3 б.	6 б.
За 1 уравнение образования В из А	4 б.
Всего	25 б.