

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

2 вариант

11 класс

Задача 11-1

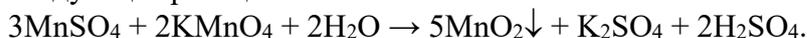
Угольные пастовые электроды используются в аналитической практике для вольтамперометрического определения различных веществ, которые окисляются или восстанавливаются на электроде при наложении потенциала. Для приготовления электрода мелкодисперсный графит смешивают с связующим материалом (например парафином, 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 нанесением различных твердых веществ, проявляющих каталитические свойства.

Вычислите, какие объемы 0.02 моль/л растворов сульфата марганца и перманганата калия необходимо слить (в мл) в присутствии графита, чтобы получить 0.87 г графита, модифицированного оксидом марганца (IV). В расчетах учтите, что массовая доля оксида марганца (IV) в модифицированном графите должна составлять 0.1. Какую массу солей необходимо взять для приготовления такого объема растворов? Запишите уравнение реакции, которая протекает при модификации графита. В какой среде необходимо проводить реакцию? Ответ поясните.

Какой объем газа, измеренный при нормальных условиях, выделится при обработке модифицированного графита избытком соляной кислоты? Ответ подтвердите расчетами и соответствующей реакцией.

Решение

0.87 г модифицированного графита содержит $0.1 \cdot 0.87 = 0.087$ г MnO_2 или $0.087 \text{ г} / 87 \text{ г/моль} = 0.001$ моль. При модификации поверхности графита протекает следующая реакция:



Для получения 0.001 моль MnO_2 потребуется:

$$0.001 \cdot 3/5 = 0.0006 \text{ моль } MnSO_4 \text{ и } 0.001 \cdot 2/5 = 0.0004 \text{ моль } KMnO_4.$$

Для модификации необходимо взять:

$$0.0006 \text{ моль} / 0.02 \text{ моль/л} = 0.03 \text{ л или } 30 \text{ мл раствора } MnSO_4 \text{ и}$$

$$0.0004 \text{ моль} / 0.02 \text{ моль/л} = 0.02 \text{ л или } 20 \text{ мл раствора } KMnO_4.$$

Для приготовления этих растворов необходимо взять следующие массы веществ:

$$0.0006 \text{ моль} \cdot 151 \text{ г/моль} = 0.0906 \text{ г } MnSO_4; 0.0004 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} = 0.0632 \text{ г } KMnO_4.$$

Модификацию необходимо проводить в нейтральной среде. В кислой и щелочной среде эта реакция не пойдет. В кислой среде $KMnO_4$ восстанавливается до Mn^{2+} , а в щелочной – до MnO_4^{2-} : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$; $MnO_4^- + 1e \rightarrow MnO_4^{2-}$.

При обработке модифицированного графита избытком соляной кислоты протекает следующая реакция:

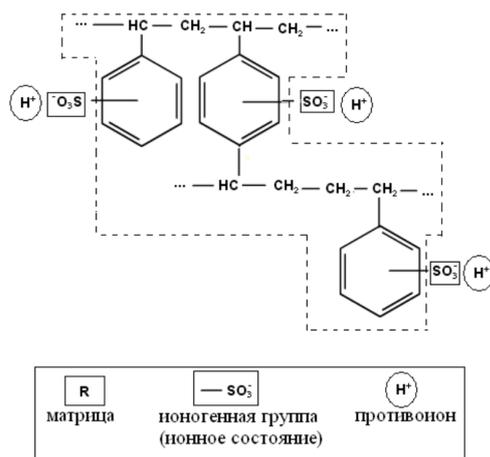


При растворении 0.001 моль MnO_2 выделится такое же количество хлора, который при нормальных условиях займет объем $22.4 \text{ л/моль} \cdot 0.001 \text{ моль} = 0.0224 \text{ л}$ или 22.4 мл.

Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За написание 2 уравнений реакций по 5 б. | 10 б. |
| 2. За расчет объемов растворов $MnSO_4$ и $KMnO_4$ по 5 б. | 10 б. |
| 3. За расчет масс $MnSO_4$ и $KMnO_4$ по 1 б. | 2 б. |
| 4. За указание кислотности среды и объяснение | 2 б. |
| 5. За расчет объема газа | 1 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 11-2



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 $-\text{SO}_3\text{H}^+$, находящаяся в ароматическом кольце. 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. Полученный раствор реагирует с 15 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0.1 моль/л. Установите концентрацию растворенных веществ в исходном растворе в мг/мл, если он реагирует с 10 мл 0.05 моль/л сульфата натрия. Запишите уравнения протекающих реакций. В расчетах учтите, что все реакции протекают количественно (полностью), ионообменной емкости ионита достаточно для обмена всех катионов, находящихся в растворе.

Запишите уравнение реакции образования инертной матрицы катионита, учитывая, что она представляет собой сополимер стирола и дивинилбензола. При написании реакции используйте графические формулы веществ.

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.

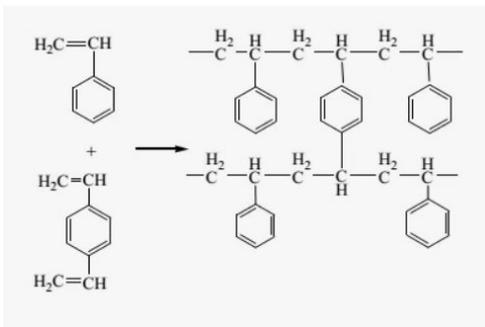
При пропускании раствора через катионит протекает следующая реакция: $2\text{R-SO}_3\text{H}^+ + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow (\text{R-SO}_3^-)_2\text{Ba}^{2+} + 2\text{HNO}_3$.

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 смоле. 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 массы и концентрации веществ в исходном растворе:
 $m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.0005 \text{ моль} \cdot 261 \text{ г/моль} = 0.1305 \text{ г}$ или 130.5 мг;
 $C(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 130.5 \text{ мг} / 50 \text{ мл} = 2.61 \text{ мг/мл}$;
 $m(\text{HNO}_3) = 0.0005 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 0.0315 \text{ г}$ или 31.5 мг;
 $C(\text{HNO}_3) = 31.5 \text{ мг} / 50 \text{ мл} = 0.63 \text{ мг/мл}$.

Реакция полимеризации:



Разбалловка

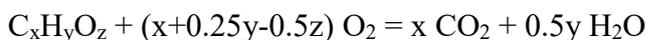
- | | |
|--|-------|
| За расчет концентраций нитрата бария и азотной кислоты в мг/мл по 6 б. | 12 б. |
| За уравнения реакций с Na ₂ SO ₄ и NaOH по 2 б. | 4 б. |
| За уравнение реакции на смоле | 4 б. |
| За уравнение реакции сополимеризации | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 11-3

При полном сгорании 16.8 г жидкого вещества **A** выделяются 20.16 л CO₂ (н.у.) и 10.8 мл воды (4°C). Раствор нитрата серебра в аммиачной воде при нагревании со стехиометрическим количеством **A** выделяет осадок – продукт **B**, который после отделения фильтрованием не реагировал с соляной кислотой. Медленное упаривание оставшегося аммиачного фильтрата привело к выпадению бесцветных кристаллов соли **C**. Длительное нагревание соли **C** в атмосфере хлороводорода привело к образованию 0.3 моль органического вещества **D**, содержащего Н (4.61% по массе), О (29.49%), Сl (32.72%), остальное - углерод. Действие на вещество **A** избытком раствора KMnO₄ при 20°C дает органическое соединение **E**.

Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D**, **E**. Напишите уравнения реакций. Известно, что все атомы углерода в молекуле **A** имеют одинаковое гибридное состояние.

Решение



По объему CO₂ и H₂O определим массы и количества С, Н, О в навеске 16.8 г вещества **A**.

$$n(C) = 20.16 \text{ л} / (22.4 \text{ л/моль}) = 0.9 \text{ моль. } m(C) = 0.9 \cdot 12 = 10.8 \text{ г.}$$

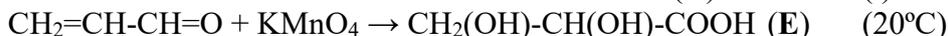
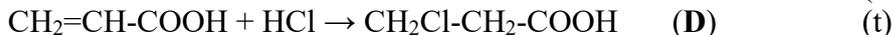
$$n(H) = 2 \cdot 10.8 \text{ г} / (18 \text{ г/моль}) = 1.2 \text{ моль. } m(H) = 1.2 \text{ г.}$$

$$m(O) = 16.8 - 10.8 - 1.2 = 4.8 \text{ г, } n(O) = 4.8 / 16 = 0.3 \text{ моль.}$$

$n(C) : n(H) : n(O) = 0.9 : 1.2 : 0.3 = 3 : 4 : 1$. Простейшая формула **A** C₃H₄O. Поскольку известно, что $n(D) = 0.3$ моль, то и $n(A) = 0.3$ моль, $M(A) = 16.8 / 0.3 = 56$ г/моль. **A** – это пропеналь CH₂=CH-CH=O.



Соль **C** – это акрилат аммония. Вещество **B** – это Ag. Серебро не взаимодействует с HCl.



Разбалловка

За определение веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E** по 3 б.

15 б.

За составление 5 уравнений реакций по 2 б.

10 б.

Всего

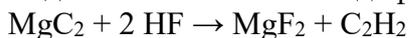
25 б.

Задача 11-4

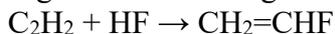
Бинарное соединение магния (14.4 г), содержащее 50% неметалла по массе, поместили в герметично закрытый сосуд объемом 24.64 л, заполненный сухим фтороводородом, под давлением 1 атм. при 0°C. После длительного выдерживания при 0°C для полного протекания реакции давление в сосуде снизилось до 73663 Па. Получившуюся смесь 2 газообразных веществ нагревали до полного расходования HF, в результате чего в сосуде осталось 0.3 моль смеси двух других газообразных веществ. Определите неизвестное соединение магния и все газообразные продукты, найдите количества фторсодержащих продуктов, определите среднюю молярную массу конечной газообразной смеси. Запишите уравнения всех протекающих реакций. Атомные массы элементов округляйте до целых чисел.

Решение

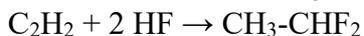
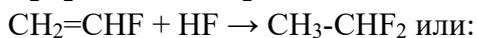
Исходное вещество – карбид (ацетиленид) магния MgC_2 .
 $n(MgC_2) = 14.4/48=0.3$ моль. $n(HF \text{ исходного}) = 24.64/22.4 = 1.1$ моль. При комнатной температуре весь карбид магния прореагировал с выделением ацетилена (0.3 моль), который составил 2-компонентную смесь с оставшимся HF (0.5 моль). Общее количество этих газов составило 0.8 моль, что соответствует пониженному давлению в сосуде $0.727 \cdot 1.1=0.8$ моль. В результате нагревания этой смеси сначала весь ацетилен 0.3 моль и 0.3 моль HF израсходовались с образованием 0.3 моль фторэтена, а затем оставшийся HF 0.2 моль прореагировал с частью фторэтена (0.2 моль) по правилу Марковникова с выделением 0.2 моль 1.1-дифторэтана.



Этин



Фторэтен



1,1-Дифторэтан

Конечная смесь будет содержать **0.1 моль фторэтена и 0.2 моль 1.1-дифторэтана**.
Мольные и объемные доли их будут равны соответственно: $\varphi_1 = 0.3333$, $\varphi_2 = 0.6667$.
 $M(\text{смеси}) = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 = 46 \cdot 0.3333 + 66 \cdot 0.6667 = 15.33 + 44 = \mathbf{59.33}$ г/моль.

Разбалловка

За определение MgC_2	4 б.
За определение состава 2 смесей ($C_2H_2 + HF$), (C_2H_3F и $C_2H_4F_2$) по 6 б.	12 б.
За определение количеств $CH_2=CHF$ и CH_3-CHF_2 по 3 б.	6 б.
За определение $M(\text{смеси})$ 59.33 г/моль	3 б.
Всего	25 б.

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

2 вариант

10 класс

Задача 10-1

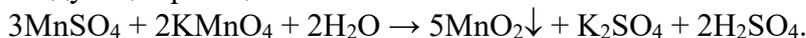
Угольные пастовые электроды используются в аналитической практике для вольтамперометрического определения различных веществ, которые окисляются или восстанавливаются на электроде при наложении потенциала. Для приготовления электрода мелкодисперсный графит смешивают с связующим материалом (например парафином, 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 нанесением различных твердых веществ, проявляющих каталитические свойства.

Вычислите, какие объемы 0.02 моль/л растворов сульфата марганца и перманганата калия необходимо слить (в мл) в присутствии графита, чтобы получить 0.87 г графита, модифицированного оксидом марганца (IV). В расчетах учтите, что массовая доля оксида марганца (IV) в модифицированном графите должна составлять 0.1. Какую массу солей необходимо взять для приготовления такого объема растворов? Запишите уравнение реакции, которое протекает при модификации графита. В какой среде необходимо проводить реакцию? Ответ поясните.

Каким образом можно химически удалить оксид марганца с поверхности графита? Ответ подтвердите соответствующими реакциями.

Решение

0.87 г модифицированного графита содержит $0.1 \cdot 0.87 = 0.087$ г MnO_2 или $0.087 \text{ г} / 87 \text{ г/моль} = 0.001$ моль. При модификации поверхности графита протекает следующая реакция:



Для получения 0.001 моль MnO_2 потребуется:

$$0.001 \cdot 3/5 = 0.0006 \text{ моль } MnSO_4 \text{ и } 0.001 \cdot 2/5 = 0.0004 \text{ моль } KMnO_4.$$

Для модификации необходимо взять:

$$0.0006 \text{ моль} / 0.02 \text{ моль/л} = 0.03 \text{ л или } 30 \text{ мл раствора } MnSO_4 \text{ и}$$

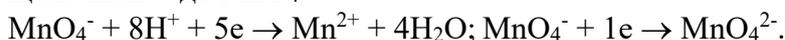
$$0.0004 \text{ моль} / 0.02 \text{ моль/л} = 0.02 \text{ л или } 20 \text{ мл раствора } KMnO_4.$$

Для приготовления этих растворов необходимо взять следующие массы веществ:

$$0.0006 \text{ моль} \cdot 151 \text{ г/моль} = 0.0906 \text{ г } MnSO_4;$$

$$0.0004 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} = 0.0632 \text{ г } KMnO_4.$$

Модификацию необходимо проводить в нейтральной среде. В кислой и щелочной среде эта реакция не пойдет. В кислой среде $KMnO_4$ восстанавливается до Mn^{2+} , а в щелочной – до MnO_4^{2-} :



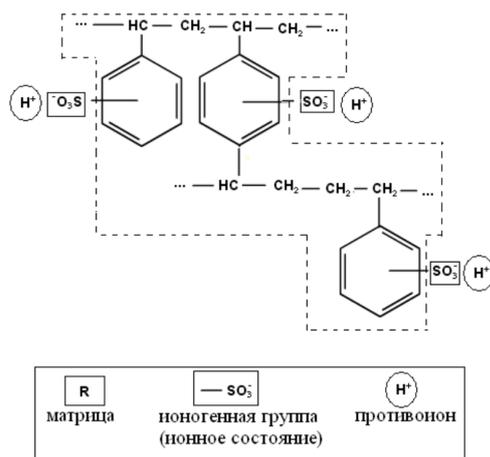
Удалить оксид марганца (IV) с поверхности графита можно путем его восстановления до Mn^{2+} или окисления до $KMnO_4$. Например, можно прокипятить его с раствором HCl :



Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За написание 2 уравнений реакций по 5 б. | 10 б. |
| 2. За расчет объемов растворов $MnSO_4$ и $KMnO_4$ по 5 б. | 10 б. |
| 3. За расчет масс $MnSO_4$ и $KMnO_4$ по 1 б. | 2 б. |
| 4. За указание кислотности среды и объяснение | 2 б. |
| 5. За указание способа удаления MnO_2 | 1 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 10-2



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 $-\text{SO}_3\text{H}^+$, находящаяся в ароматическом кольце. В уравнениях

химических реакций формулу такого катионита в H^+ форме записывают в виде $\text{R-SO}_3\text{H}^+$.

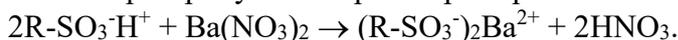
50 мл водного раствора нитрата бария и азотной кислоты пропустили через катионит в H^+ форме. Полученный раствор реагирует с 15 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0.1 моль/л. Установите концентрацию растворенных веществ в исходном растворе в моль/л, если он реагирует с 10 мл 0.05 моль/л сульфата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

Запишите уравнение реакции образования инертной матрицы катионита, учитывая, что она представляет собой сополимер стирола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$) и дивинилбензола ($\text{CH}_2=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{CH}=\text{CH}_2$). При написании реакции используйте графические формулы веществ.

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 .

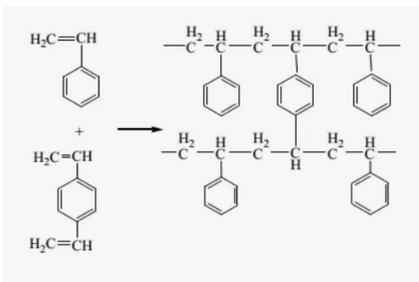
Реакция азотной кислоты с гидроксидом натрия: $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

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:

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

Реакция полимеризации:



Разбалловка

- | | |
|---|-------|
| За расчет концентраций нитрата бария и азотной кислоты в моль/л по 6 б. | 12 б. |
| За уравнения реакций с Na_2SO_4 и NaOH по 2 б. | 4 б. |
| За уравнение реакции на смоле | 4 б. |
| За уравнение реакции сополимеризации | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 10-3

У некоторого углеводорода **A** массовые доли элементов отличаются в 8 раз, а суммарное число электронов в 1 моль составляет $36.12 \cdot 10^{24}$. При гидрировании углеводород **A** превращается в **B**, при этом мольная доля водорода в молекуле увеличивается в 1.111 раза. Как исходное соединение **A**, так и продукт **B**, при нагревании с палладием превращаются в орто-ксилол (1,2-диметилбензол). Длительное нагревание **A** с подкисленным серной кислотой раствором перманганата калия дает 3-оксобутановую кислоту, относящуюся к классу β -кето кислот. Запишите уравнения указанных реакций и графические формулы углеводородов.

Решение

Пусть углеводород **A** имеет формулу C_xH_y . Тогда $M(C_xH_y) = 12x + y$.
 $\omega(C) : \omega(H) = 12x / y = 8$. $n(e) = 6x + y = (36.12 \cdot 10^{24}) / (6.02 \cdot 10^{23}) = 60$ моль.

Решение системы из 2 уравнений дает ответ: C_8H_{12} . Это – углеводород **A**.

Факт образования орто-ксилола говорит о наличии в молекуле циклогексадиенового кольца с двумя метильными заместителями у соседних атомов углерода.



При гидрировании C_8H_{12} молекула присоединяет m атомов водорода с образованием C_8H_{12+m} , имеющего мольную долю водорода в 1.111 раза больше:

$$\omega(H \text{ в } C_8H_{12}) = 12 / 20 = 0.6 \quad \omega(H \text{ в } C_8H_{12+m}) = (12+m) / (20+m) = 0.6 \cdot 1.111$$

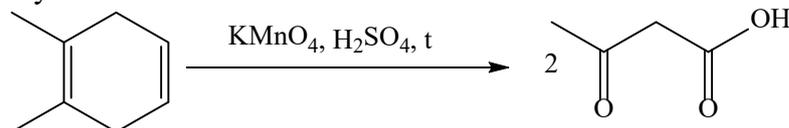
$$12 + m = 13.332 + 0.666m \quad 0.334m = 1.332 \quad \text{Отсюда } m = 4, \text{ значит продукт гидрирования } \mathbf{B} - 1,2\text{-диметилциклогексан } C_8H_{16},$$



Последний дегидрируется не до 1,2-диметилциклогексена, а до орто-ксилола, обладающего выгодной ароматической системой:



Единственно верным изомером диметилциклогексадиена является 1,2-диметилциклогексадиен-1,4, поскольку деструктивное окисление его нагреванием с подкисленным серной кислотой раствором перманганата калия приводит к единственному продукту - 3-оксобутановой кислоте.



Разбалловка

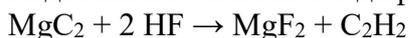
За формулу A	5 б.
За формулу B	4 б.
За 4 уравнения по 4 б.	16 б.
Всего	25 б.

Задача 10-4

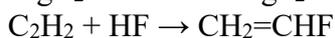
Бинарное соединение магния (14.4 г), содержащее 50% неметалла по массе, поместили в герметично закрытый сосуд объемом 24.64 л, заполненный сухим фтороводородом, под давлением 1 атм. при 0°C. После длительного выдерживания при 0°C для полного протекания реакции давление в сосуде снизилось до 73663 Па. Получившуюся смесь 2 газообразных веществ нагревали до полного расходования HF, в результате чего в сосуде осталось 0.3 моль смеси двух других газообразных веществ. Определите неизвестное соединение магния и все газообразные продукты, найдите количества фторсодержащих продуктов, определите среднюю молярную массу конечной газообразной смеси. Запишите уравнения всех протекающих реакций. Атомные массы элементов округляйте до целых чисел.

Решение

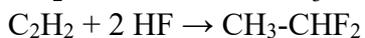
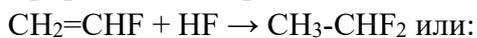
Исходное вещество – карбид (ацетиленид) магния MgC_2 .
 $n(MgC_2) = 14.4/48=0.3$ моль. $n(HF \text{ исходного}) = 24.64/22.4 = 1.1$ моль. При комнатной температуре весь карбид магния прореагировал с выделением ацетилена (0.3 моль), который составил 2-компонентную смесь с оставшимся HF (0.5 моль). Общее количество этих газов составило 0.8 моль, что соответствует пониженному давлению в сосуде $0.727 \cdot 1.1=0.8$ моль. В результате нагревания этой смеси сначала весь ацетилен 0.3 моль и 0.3 моль HF израсходовались с образованием 0.3 моль фторэтена, а затем оставшийся HF 0.2 моль прореагировал с частью фторэтена (0.2 моль) по правилу Марковникова с выделением 0.2 моль 1.1-дифторэтана.



Этин



Фторэтен



1,1-Дифторэтан

Конечная смесь будет содержать **0.1 моль фторэтена и 0.2 моль 1.1-дифторэтана.**

Мольные и объемные доли их будут равны соответственно: $\varphi_1 = 0.3333$, $\varphi_2 = 0.6667$.

$M(\text{смеси}) = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 = 46 \cdot 0.3333 + 66 \cdot 0.6667 = 15.33 + 44 = \mathbf{59.33}$ г/моль.

Разбалловка

За определение MgC_2	4 б.
За определение состава 2 смесей ($C_2H_2 + HF$), (C_2H_3F и $C_2H_4F_2$) по 6 б.	12 б.
За определение количеств $CH_2=CHF$ и CH_3-CHF_2 по 3 б.	6 б.
За определение $M(\text{смеси})$ 59.33 г/моль	3 б.
Всего	25 б.

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

9 класс

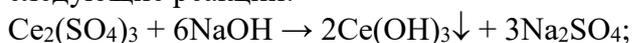
Задача 9-1

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, какие объемы 0.02 моль/л растворов сульфата церия (III) и гидроксида натрия необходимо слить (в мл) в присутствии графита, чтобы после отделения осадка от раствора и прокаливания на воздухе получить 1.72 г графита, модифицированного оксидом церия (IV). В расчетах учтите, что массовая доля оксида церия (IV) в модифицированном графите должна составлять 0.1. Какую массу реагентов необходимо взять для приготовления такого объема растворов? Запишите уравнения реакций, протекающих при модификации графита.

Решение

1.72 г модифицированного графита содержит $0.1 \cdot 1.72 = 0.172$ г CeO_2 или $0.172 \text{ г} / 172 \text{ г/моль} = 0.001$ моль. При модификации поверхности графита протекают следующие реакции:



Для получения 0.001 моль CeO_2 потребуется:

$$0.001/2 = 0.0005 \text{ моль } Ce_2(SO_4)_3 \text{ и } 0.001 \cdot 3 = 0.003 \text{ моль } NaOH.$$

Для модификации необходимо взять:

$$0.0005 \text{ моль} / 0.02 \text{ моль/л} = 0.025 \text{ л или } 25 \text{ мл раствора } Ce_2(SO_4)_3 \text{ и}$$

$$0.003 \text{ моль} / 0.02 \text{ моль/л} = 0.15 \text{ л или } 150 \text{ мл раствора } NaOH.$$

Для приготовления этих растворов необходимо взять следующие массы веществ:

$$0.0005 \text{ моль} \cdot 568 \text{ г/моль} = 0.284 \text{ г } Ce_2(SO_4)_3;$$

$$0.003 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 0.12 \text{ г } NaOH.$$

Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За написание уравнений реакций по 5 б | 10 б. |
| 2. За расчет объемов по 5 б. | 10 б. |
| 3. За расчет масс | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 9-2

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 $\text{R-SO}_3\text{H}^+$.

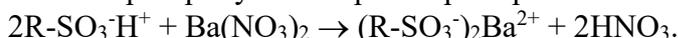
50 мл водного раствора нитрата бария и азотной кислоты пропустили через катионит в H^+ форме. Полученный раствор реагирует с 15 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0.1 моль/л. Установите концентрацию растворенных веществ в исходном растворе в моль/л, если он реагирует с 10 мл 0.05 моль/л сульфата натрия. 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:

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

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 9-3

Известно, что азотная кислота реагирует с металлами не так, как другие кислоты. В зависимости от активности металла и концентрации азотной кислоты атом азота может восстанавливаться до степеней окисления +4, +2, +1, 0, -3. Порошок металла массой 0.72 г растворился в очень разбавленной азотной кислоте, во время этого выделения газов не было. Образовавшийся раствор нагрели и к нему прибавили избыток 40%-ного раствора NaOH, при этом выделилось 448 мл газа (н. у.). Определите металл, газ, напишите уравнения протекающих реакций.

Решение

При взаимодействии металла с азотной кислотой образуется соль, а при взаимодействии этой соли с щелочью выделился газ, то этот газ – аммиак.



Из первого уравнения следует, что 8 моль металла дают x моль NH_4NO_3 .

По условию $n(\text{NH}_3) = 0.448 / 22.4 = 0.02$ моль,

тогда $n(\text{Me}) = 8 \cdot 0.02/x = 0.16/x$ моль.

$M(\text{Me}) = 0.72x/0.16 = 4.5x$ (г/моль).

При $x = 2$ молярная масса металла равна 9, металл – это бериллий.



Разбалловка

За 3 уравнения по 5 б.	15 б.
За определение бериллия	6 б.
За определение аммиака	4 б.
Всего	25 б.

Задача 9-4

В газообразном оксиде **A** массовая доля кислорода 72.73%. При пропускании 2.24 л (н.у.) газа **A** через раствор 0.14 моль гидроксида натрия весь газ растворился и в растворе образовались продукты **B** и **B**. К полученному раствору добавили избыток известковой воды (водный раствор гидроксида кальция) до прекращения выпадения белого осадка **Г**. Определите вещества **A - Г**, а также количества **B** и **B** в конечном растворе. Известно, что при 100°C вещество **B** в чистом виде разлагается, а вещество **B** устойчиво. Составьте уравнения реакции получения **B, B, Г** и разложения **B**.

Решение

Пусть оксид **A** имеет формулу $\text{Э}_2\text{O}_x$. Тогда $\omega(\text{O}) = 16 \cdot x / (2M(\text{Э}) + 16x) = 0.7273$
 $16x = 1.4546M(\text{Э}) + 11.6368x$ $4.3632x = 1.4546M(\text{Э})$ $M(\text{Э}) = 3x$
Единственный ответ: $x = 4$, $M(\text{Э}) = 12$ г/моль. **A** - это CO_2 . $n(\text{CO}_2) = 2.24/22.4 = 0.1$ моль.
Сначала 0.1 моль NaOH прореагировали с 0.1 моль CO_2 с выделением 0.1 моль NaHCO_3 :
 $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3$
Затем оставшиеся 0.04 моль NaOH прореагировали с 0.04 моль NaHCO_3 с образованием 0.04 моль Na_2CO_3 :
 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ или: $2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaOH}$
 $\text{NaHCO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$
Ответ: **A** - это CO_2 , **B** - NaHCO_3 , **B** - Na_2CO_3 , **Г** - CaCO_3 , $n(\text{NaHCO}_3) = 0.06$ моль, $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.04$ моль.

Разбалловка

За определение A - CO_2	5 б.
За определение B (NaHCO_3), B (Na_2CO_3), Г (CaCO_3) по 2 б.	6 б.
За определение количества B 0.06 моль и B 0.04 моль по 2 б.	4 б.
За 5 уравнений по 2 б.	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.

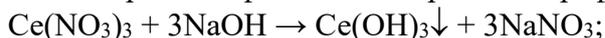
Запишите уравнения протекающих при модификации реакций, если известно, что сначала на поверхности графита осаждали гидроксид церия (III) добавлением избытка гидроксида натрия, затем полученный осадок нагревали на воздухе.

Решение

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

Масса модифицированного графита составляет $0.172 + 1.548 = 1.72 \text{ г}$. 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 $\text{R-SO}_3\text{H}^+$.

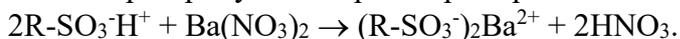
50 мл водного раствора нитрата бария и азотной кислоты пропустили через катионит в H^+ форме, при этом все ионы бария в растворе заместились на ионы водорода. Полученный раствор реагирует с 15 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0.1 моль/л. Установите концентрацию растворенных веществ в исходном 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:

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

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

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

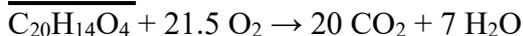
Разбалловка

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 (C₂₀H₁₄O₄)? 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

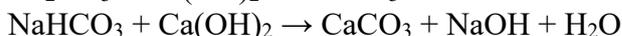
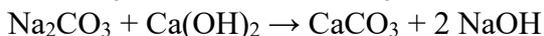
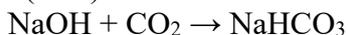
За уравнение	10 б.
За расчет	10 б.
За применение молярного объема газов	5 б.
Всего:	25 б.

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 NaHCO₃, **Б** - Na₂CO₃, **В** - CaCO₃, n(NaHCO₃) = 0.06 моль, n(Na₂CO₃) = 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.