

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ – 2004

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР (9,10,11 классы)

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Дана точная навеска смеси карбонатов кальция и натрия. Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, определите массовую долю (%) каждого из карбонатов в данной смеси. Составьте план выполнения определения. Напишите уравнение реакции.

Реактивы: 0,1 М НСl, 0.1 М NaOH, индикаторы: фенолфталеин ΔрН 8-10, метиловый оранжевый Δ рН 3,1-4,4.

Оборудование: бюретка 25 мл 2шт., пипетка Мора 10мл, колбы для титрования 100мл 2 шт., стакан 100 (50)мл, воронка, мерная колба на 100 мл, электроплитка или водяная баня, бумажный фильтр, глазная пипетка.

РЕШЕНИЕ

Навеску смеси переносят в термостойкий стакан объёмом 100-200мл, добавляют 20-30мл дистиллированной воды и нагревают до слабого кипения. Горячий раствор сливают через бумажный фильтр и собирают в мерную колбу объёмом 100мл. Находящийся в стакане и частично попавший на фильтр СаСО₃ несколько раз промывают дистиллированной водой собирая промывные воды в мерную колбу. Раствор в колбе доводят до метки дистиллированной водой. В этом растворе определяют Na₂СО₃.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ Na₂СО₃.



10 мл раствора из мерной колбы переносят в колбу для титрования, добавляют 2 капли индикатора метилового – оранжевого и титруют раствором НСl до изменения окраски раствора от жёлтой к оранжевой. Массовую долю Na₂СО₃ вычисляют по формуле:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_{\text{к}} \cdot 100}{2 \cdot 1000 \cdot V_{\text{н}} \cdot a} (\%), \text{ где}$$

$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) \%$ - массовая доля Na₂СО₃

V_{HCl} - объём НСl , израсходованный на титрование, мл

C_{HCl} - концентрация НСl , моль/л

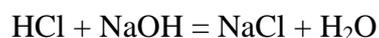
$M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ - молярная масса Na₂СО₃ – 106 г/моль

a - навеска образца, г

V_k – объём колбы 100 мл

V_n - объём пипетки 10 мл

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ CaCO_3



Фильтр с попавшей на него частью CaCO_3 переносят в стакан, в котором находится основная часть CaCO_3 , добавляют из бюретки точно отмеренный объём раствора HCl , необходимый для полного растворения и ещё некоторый её избыток (~ 50% от прибавленного объёма). Содержимое стакана нагревают до кипения (для удаления CO_2). Раствор охлаждают и избыток кислоты оттитровывают стандартным раствором NaOH в присутствии индикатора фенолфталеина до изменения окраски раствора от бесцветной до бледно-розовой. Массовую долю CaCO_3 определяют по формуле:

$$\omega(\text{CaCO}_3) = \frac{(C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}) \cdot M(\text{CaCO}_3) \cdot 100}{1000 \cdot 2 \cdot a} (\%), \text{ где}$$

$\omega \text{CaCO}_3\%$ – массовая доля CaCO_3 .

C_{HCl} , C_{NaOH} – концентрация HCl и NaOH , моль/л

V_{HCl} – объём HCl , добавленный к навеске карбонатов, мл

V_{NaOH} – объём NaOH , израсходованный на титрование, мл

$M(\text{CaCO}_3)$ - молярная масса CaCO_3 – 100,1 г/моль

a – масса исходной навески, г

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Определить содержание алюминия в граммах в выданном вам растворе. Предложите методику определения. Обоснуйте условия определения (выбор pH раствора при титровании и способ титрования).

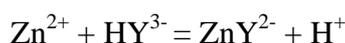
Реактивы: ~0.025 ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$), 0.025 М ZnSO_4 , аммиачный буферный раствор pH-9-10, ацетатный буферный раствор pH 4-5, эриохромовый чёрный Т, ксиленоловый оранжевый, универсальная индикаторная бумага.

Оборудование: бюретка на 25 мл – 1шт, пипетка Мора 10 мл - 1шт, колбы для титрования на 100 мл - 1-2 шт, воронка, эл.- плитка, мерный цилиндр на 10 мл - 2 шт.

РЕШЕНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРА ЭДТА

При pH 9-10 ЭДТА находится в форме HY^{3-} :



10 мл раствора ZnSO_4 переносят в колбу для титрования, добавляют 10 мл аммиачного буферного раствора, эриохромового чёрного Т на кончике шпателя, перемешивают раствор до полного растворения индикатора и титруют раствором ЭДТА до изменения окраски раствора от красно-фиолетовой до синей. Получают три сходящихся результата.

Расчёт концентрации ЭДТА проводят по формуле:

$$C_{\text{ЭДТА}} = \frac{C_{\text{ZnSO}_4} \cdot V_{\text{ZnSO}_4}}{V_{\text{ЭДТА}}} \text{ (моль/л), где}$$

$C_{\text{ЭДТА}}$ - концентрация ЭДТА, моль/л

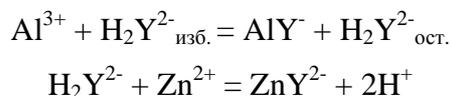
$C(\text{ZnSO}_4)$ - концентрация ZnSO_4 , моль/л

$V(\text{ZnSO}_4)$ - объём ZnSO_4 , взятый для титрования, мл

$V_{\text{ЭДТА}}$ - объём ЭДТА, израсходованный на титрование, мл

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ В ВЫДАННОМ РАСТВОРЕ

При pH 4-5 ЭДТА находится в форме H_2Y^{2-}



Раствор задачи в мерной колбе, доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. В колбу для титрования переносят 10 мл раствора, добавляют 20 мл

раствора ЭДТА, 10мл ацетатного буферного раствора с рН 5, нагревают до кипения и оставляют на 5 мин. После охлаждения раствора добавляют на кончике шпателя индикатор ксиленоловый оранжевый и после полного растворения индикатора титруют раствором $ZnSO_4$ до изменения окраски раствора от жёлтой к красной. Получают три сходящихся результата. Расчёт проводят по формуле:

$$m(Al) = \frac{(C_{ЭДТА} V_{ЭДТА} - C_{ZnSO_4} V_{ZnSO_4}) \cdot M(Al) \cdot V_k}{1000 \cdot V_n} \text{ (г)}, \text{ где}$$

$m(Al)$ – масса Al в гр, в выданном растворе

$C_{ЭДТА}$ – концентрация ЭДТА, моль/л

$V_{ЭДТА}$ - объём ЭДТА (20 мл), добавленный к пробе.

$V(ZnSO_4)$ - объём $ZnSO_4$, израсходованный на титрование, мл.

$C(ZnSO_4)$ - концентрация $ZnSO_4$, моль/л

$M(Al)$ - молярная масса эквивалента алюминия, равная его молярной массе - 26,98 г/моль

V_k - объём мерной колбы – 100 мл

V_n - объём пипетки – 10 мл

ОТВЕТЫ НА ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Определение ионов Al^{3+} проводят способом обратного титрования, т. к. скорость реакции взаимодействия ЭДТА с ионами Al^{3+} очень мала, нагревание раствора повышает скорость реакции.

Определение алюминия проводят при рН = 4-5, т. к. при увеличении рН раствора начинается гидролиз ионов алюминия.

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задание: Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, определить содержание

$K_2Cr_2O_7$ и $Cr_2(SO_4)_3$ в граммах в выданном вам растворе. Предложите методику определения.

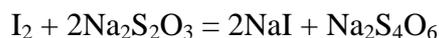
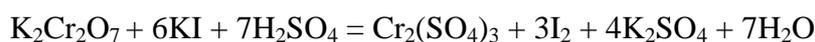
Напишите уравнения реакций.

Реактивы: 0.05 М $Na_2S_2O_3$, 1 М H_2SO_4 , KI тв., 2 М NaOH 5% - ный р-р H_2O_2 , 1%-ный р-р крахмала, универсальная индикаторная бумага.

Оборудование: бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, колбы для титрования – 2 шт., мерная колба на 100 мл, воронка, часовые стёкла, мерный цилиндр на 20 мл – 2 шт., электроплитка.

РЕШЕНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ $K_2Cr_2O_7$.



Раствор задачи в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают. 10 мл раствора переносят в колбу для титрования, добавляют 10 мл 1М H_2SO_4 , ~1г. KI тв., накрывают колбу часовым стеклом, перемешивают и дают постоять 5 – 10 мин. в тёмном месте. Выделившийся йод титруют раствором $Na_2S_2O_3$ до бледно-жёлтой окраски, затем добавляют 1 – 2 мл крахмала и дотитровывают до светло-зелёной окраски раствора. Получают три сходящихся результата.

Расчёт проводят по формуле:

$$m_{K_2Cr_2O_7} = \frac{C_{Na_2S_2O_3} \cdot V_{1Na_2S_2O_3} \cdot M(K_2Cr_2O_7) \cdot V_k}{1000 \cdot 6 \cdot V_n} \text{ (г)}$$

$m(K_2Cr_2O_7)$ – содержание $K_2Cr_2O_7$ в объёме колбы (г)

$C(Na_2S_2O_3)$ - концентрация $Na_2S_2O_3$, моль/л

$V_{1Na_2S_2O_3}$ - объём $Na_2S_2O_3$, израсходованный на титрование $K_2Cr_2O_7$, мл

$M(K_2Cr_2O_7)$ - молярная масса $K_2Cr_2O_7$ – 294 г/моль

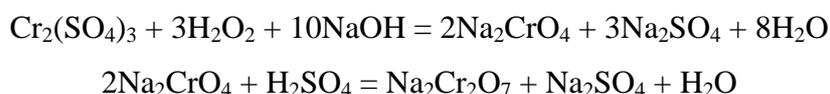
V_k – объём колбы – 100 мл

V_n - объём пипетки – 10 мл

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$.

10 мл раствора, содержащего задачу, переносят в колбу для титрования, добавляют 15 мл NaOH, 5 – 6 мл H_2O_2 , раствор кипятят ~ 5 мин. до получения жёлтой окраски. Раствор охлаждают, добавляют 15 – 20 мл H_2SO_4 (рН раствора должно быть 5 – 7, проверяют с помощью индикаторной бумаги). Затем добавляют ~ 1 г KI, накрывают часовым стеклом, перемешивают и оставляют на 5 – 10 мин. в тёмном месте. Выделившийся йод титруют раствором тиосульфата натрия до бледно – жёлтой окраски, добавляют 1 – 2 мл крахмала и дотитровывают раствор до появления светло – зелёной окраски. Получают три сходящихся результата.

Окисление хрома (III) происходит по реакции:



Расчёт содержания $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ проводят по формуле:

$$m_{\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot (V_2 - V_1) \cdot M_{\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot V_{\text{к}}}{1000 \cdot 6 \cdot V_{\text{п}}} \text{ (г)}$$

$m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3)$ – содержание $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ в объёме колбы, г

$C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – концентрация $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, моль/л

V_2 – объём $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, израсходованный на титрование суммы $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, мл

V_1 – объём $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, израсходованный на титрование $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, мл

$M(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3)$ – молярная масса $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ – 392 г/моль

$V_{\text{к}}$ – объём колбы – 100 мл

$V_{\text{п}}$ – объём пипетки – 10 мл.