

2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

2.3.3. Задание 11 класса

При титровании раствора смеси карбоната и гидрокарбоната в присутствии фенолфталеина в реакцию с хлороводородной кислотой вступает только карбонат, при этом происходит образование гидрокарбоната:



При последующем титровании в присутствии метилового оранжевого гидрокарбонаты реагируют с хлороводородной кислотой с образованием хлоридов (M и N – катионы одновалентных металлов):



Таким образом, объем хлороводородной кислоты, затраченный на титрование с фенолфталеином (обозначим его V_1) пропорционален половине количества молей карбоната металла, то есть:

$$n(M_2CO_3) = 0,5 \cdot C(HCl) \cdot V_1.$$

Если обозначить общий объем титранта, затраченный на титрование с фенолфталеином и метиловым оранжевым как V_2 , то количество молей карбоната будет равно:

$$n(NHCO_3) = C(HCl) \cdot (V_2 - 2V_1).$$

Зная массу навески, взятую для приготовления раствора, можем составить уравнение:

$$n(M_2CO_3) \cdot M(M_2CO_3) \cdot 10 + n(NHCO_3) \cdot M(NHCO_3) \cdot 10 = m_{\text{навески}},$$

где 10 – разбавление, равное отношению объема мерной колбы (100 мл) к объему пипетки (10 мл).

Подставив результаты титрования и выразив атомные массы металлов, получим уравнение с двумя неизвестными:

$$5 \cdot C(HCl) \cdot V_1 \cdot [2A_r(M) + 60] + 10 \cdot C(HCl) \cdot [V_2 - 2V_1] \cdot [A_r(N) + 61] = m_{\text{навески}}.$$

Так как растворимыми являются только карбонаты щелочных металлов методом перебора можно установить металлы M и N (это может быть литий, натрий или калий).

Определив катионы металлов, которыми образован карбонат и гидрокарбонат можем рассчитать их массы в навеске и массовую долю карбоната:

$$m(M_2CO_3) = 0,5 \cdot C(HCl) \cdot V_1 \cdot M(M_2CO_3) \cdot 10;$$

$$m(NHCO_3) = C(HCl) \cdot (V_2 - 2V_1) \cdot M(NHCO_3) \cdot 10;$$

$$w(M_2CO_3) = \frac{m(M_2CO_3)}{m_{\text{навески}}} \cdot 100\%.$$

Разбалловка

| | |
|---|-----------------|
| Вывод формул и определение способа расчета относительных атомных масс катионов (безотносительно точности расчета) | 3 б. |
| Вывод формул и расчет массы карбоната металла и его массовой доли в смеси (безотносительно точности расчета) | 3 б. |
| Верное определение катионов в карбонате и гидрокарбонате | 2 x 2 б. = 4 б. |
| Оценка результата проведенного анализа (по относительной ошибке определения массы карбоната металла, x): при $x < 5\%$ – 10 б. если $x > 5\%$, то за каждые 5% ошибки оценка снижается на 1 б. при $x > 50\%$ – 0 б. | 10 б. |
| ИТОГО | 20 б. |