

**Задание экспериментального тура РХО–2023 для 10 класса
г. Шымкент**

Определение содержания фосфорной кислоты методом кислотного-основного титрования.

(Время для выполнения работы – 2,5 часа)

(всего 30 баллов)

Ход определения. Бюретку моют, ополаскивают вначале дистиллированной водой, затем небольшим объемом (~5-10 мл) титранта NaOH. Бюретку заполняют стандартным раствором NaOH, выпускают воздух из кончика бюретки. Задачу в мерной колбе объемом 100,0 мл, содержащей фосфорную кислоту, разбавляют до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

1-титрование: В коническую колбу для титрования объемом ~250 мл пипеткой вносят аликвотную часть анализируемого раствора, прибавляют цилиндром ~15-20 мл дистиллированной воды. В колбу вносят 1 каплю индикатора «метилоранж» и титруют раствором NaOH до перехода окраски раствора из розовой в слабо-оранжевую*.

**Титрование проводят в присутствии «свидетеля»: для его приготовления в коническую колбу отбирают мерным цилиндром ~30-40 мл 0,033 М NaH_2PO_4 и прибавляют 1 каплю метилоранжа.*

Измеряют и записывают объем титранта (V^I , мл). Титрование повторяют несколько раз до получения воспроизводимых результатов.

2-титрование: В коническую колбу для титрования объемом ~250 мл отбирают пипеткой аликвотную часть анализируемого раствора, прибавляют цилиндром ~15-20 мл дистиллированной воды. Добавляют 1 каплю индикатора «фенолфталеин» и титруют раствором NaOH до появления розовой окраски, не исчезающей в течении ~ 30 секунд.

Измеряют и записывают объем титранта (V^{II} , мл).

По результатам двух титрований рассчитывают массу H_3PO_4 (в граммах) в исходной задаче (в мерной колбе) с точностью до 4 значащих цифр. (20 балл.)

Дополнительные вопросы:

10 балл.

1. Напишите уравнения ступенчатого протолитического равновесия в водном растворе фосфорной кислоты и соответствующие константы диссоциации. Какие сопряженные кислотно-основные пары существуют в этих равновесиях?
2. Приведите уравнения химических реакций (молекулярные, ионные), протекающие в ходе титрования раствора задачи в присутствии метилового-оранжевого (а) и фенолфталеина (б). Укажите факторы эквивалентностей ($f_{\text{ЭКВ}}$) и молярные массы эквивалентов ($M_{\text{э}}$) веществ, участвующих в данном титровании.
3. Укажите состав раствора в различных точках титрования: в точках эквивалентностей, до и после точек эквивалентностей.
4. Рассчитайте значения pH в точках эквивалентностей при титровании 0,1 М H_3PO_4 0,1 М раствором NaOH (для H_3PO_4 $K_1=7 \cdot 10^{-3}$; $K_2=6 \cdot 10^{-8}$; $K_3=5 \cdot 10^{-13}$).
5. Обоснуйте выбор индикаторов «метилоранжа» (pT=4) и «фенолфталеина» (pT=9) для данного титрования. Можно ли использовать для этой цели индикаторы «метилоранж» (pT=5) и «тимолфталеин» (pT=9,6)? Дайте обоснованный ответ.

Лист ответа

Титрование аликвоты задачи: $V_{\text{мер.колб.}} = \underline{\hspace{2cm}}$; $V_{\text{пип.}} = \underline{\hspace{2cm}}$; $C(\text{NaOH}) = \underline{\hspace{2cm}}$

Объемы NaOH: $V_1^1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $V_2^1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $V_3^1 = \underline{\hspace{2cm}}$;

$V_1^{11} = \underline{\hspace{2cm}}$; $V_2^{11} = \underline{\hspace{2cm}}$; $V_3^{11} = \underline{\hspace{2cm}}$;

1. Напишите уравнения ступенчатого протолитического равновесия в водном растворе фосфорной кислоты и соответствующие константы диссоциации (а). Какие сопряженные кислотно-основные пары существуют в этих равновесиях? (б)

а)

б)

2 б.
(1+1)

2. Приведите уравнения химических реакций (молекулярные, ионные), протекающие в ходе титрования раствора задачи в присутствии метилового-оранжевого (а) и фенолфталеина (б). Укажите факторы эквивалентностей ($f_{\text{ЭКВ.}}$) и молярные массы эквивалентов ($M_{\text{э}}$) веществ, участвующих в данном титровании.

а)

б)

2 б.
(1+1)

3. Укажите состав раствора в различных точках титрования: в точках эквивалентности, до и после точек эквивалентности:

2 б.

4. Рассчитайте значения pH в точках эквивалентностей при титровании 0,1 М H_3PO_4 0,1 М раствором NaOH (для H_3PO_4 $K_1=7 \cdot 10^{-3}$; $K_2=6 \cdot 10^{-8}$; $K_3=5 \cdot 10^{-13}$).

2 б.

5. Обоснуйте выбор индикаторов «метилоранжа» (pT=4) и «фенолфталеина» (pT=9) для данного титрования. Можно ли использовать для этой цели индикаторы «метиловый красный» (pT=5) и «тимолфталеин» (pT=9.6)? Дайте обоснованный ответ.

2 б.

6. Расчет содержания H_3PO_4 (в граммах) в исходной задаче (в мерной колбе):

а) 1-титрование:

10 б.

б) 2-титрование:

10 б.

Всего:

Члены жюри: _____