

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

**Определение содержания фосфорной кислоты методом кислотно-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  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  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  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (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  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 М раствором NaOH (для  $\text{H}_3\text{PO}_4$   $K_1=7 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_2=6 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_3=5 \cdot 10^{-13}$ ).
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  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 М раствором  $\text{NaOH}$  (для  $\text{H}_3\text{PO}_4$   $K_1=7 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_2=6 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_3=5 \cdot 10^{-13}$ ).

**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  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (в граммах) в исходной задаче (в мерной колбе):

а) 1-титрование:

**10 б.**

б) 2-титрование:

**10 б.**

**Всего:**

Члены жюри: \_\_\_\_\_