Задание экспериментального тура РХО-2026 для 10 класса, г. Алматы

Определение смеси *H_3PO_4* и *NaH_2PO_4* кислотно-основным титрованием

(Время для выполнения работы – 180 мин)

Всего – 30 баллов.

Фосфорная кислота (H_3PO_4) и её кислые соли, такие как дигидрофосфат натрия (NaH_2PO_4), широко применяются в химической, пищевой, фармацевтической промышленности, а также в процессах водоподготовки и удобрений. При совместном присутствии этих веществ в растворах важно точно определять их количественное соотношение, поскольку это влияет на кислотность среды, буферные свойства растворов и эффективность технологических процессов. Неправильное соотношение компонентов может приводить к нарушению технологических режимов, снижению качества продукции и изменению химических свойств системы.

Ортофосфорная кислота – кислота трехосновная, в водном растворе она диссоциирует ступенчато. Соответствующие константы диссоциации кислоты равны:

$K_{a_1}=7\cdot10^{-3}$; $K_{a_2}=6\cdot10^{-8}$; $K_{a_3}=5\cdot10^{-13}$;

<u>Методика выполнения работы</u>

1 – титрование:

Бюретку несколько раз промывают сначала дистиллированной водой, а затем небольшим количеством титранта (~5-10 мл). Бюретка заполняется стандартным раствором NaOH, и вытесняется воздух с кончика. Анализируемый раствор в мерной колбе вместимостью 100,0 мл доводят до метки дистиллированной водой, содержимое колбы тщательно перемешивают. Отбирают пипеткой 10,0 мл раствора в колбу для титрования, прибавляют ~15-20 мл дистиллированной воды и 1 каплю метилового оранжевого.

Раствор титруют стандартизированным раствором NaOH до изменения его окраски из розовой в *бледно-оранжевую*. Титрование проводят в присутствии свидетеля.*

**В качестве свидетеля применяют 0.033 М раствор NaH_2PO_4. Для его приготовления в коническую колбу отбирают мерным цилиндром ~ 40 мл NaH_2PO_4 и прибавляют 1 каплю метилового оранжевого*.

Отмечают по бюретке объем раствора щелочи (V_1). Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов.

2 – титрование:

Отбирают пипеткой аликвотную часть анализируемого раствора в колбу для титрования, прибавляют 5-7 капель тимолфталеина. Раствор титруют стандартизированным раствором NaOH до появления бледно-голубой окраски.

Записывают по бюретке объем раствора щелочи (V_2), пошедший на титрование.

Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов **и для расчетов берут среднее арифметическое значение**.

Определите содержание *H_3PO_4* и *NaH_2PO_4* (m, г) в исходном растворе, используя данные 1-го и 2-го титрований.

Штрафные баллы: если участнику требуется дополнительное количество реактива или анализируемого раствора, его заполнение (в том же варианте) производится штрафом в 5 баллов в каждом случае.

Лист ответа

Задача № _____

C_{NaOH} = _____ ;

Результаты 1-титрования:
Объемы раствора NaOH (мл):

V_1^1 = _____

V_2^1 = _____

_____
V_3^1 =

Среднее V^1 = _____

Результаты 2-титрования:
Объемы раствора NaOH (мл):

V_1^2 = _____

V_2^2 = _____

_____
V_3^2 = __

_____
Среднее V^2 =

4 б.

4 б.

1. Напишите уравнения всех химических реакции (молекулярные и ионные), протекающие в ходе 1- и 2-го титрования. Укажите факторы эквивалентности всех участников реакции.

2 б.

2. Рассчитайте значения pH смеси до титрования (а) и в точках эквивалентностей 1-го (б) и 2-го (б) титрования.

3 б (1+1+1)

3. По каким показателям подбирают индикатор для кислотно-основного титрования? Обоснуйте выбор индикаторов метилового оранжевого (pT=4) и тимолфталеина (pT=9.6) для данного титрования.

2 б

4. Какие требования должны соблюдаться для ступенчатого титрования многоосновных кислот? Можно ли оттитровать фосфорную кислоту в данной смеси по третьей ступени ее диссоциации? Почему?

1 б

5. Титрант NaOH является вторичным стандартным раствором, почему? Какие вещества можно использовать для его стандартизации? Приведите соответствующие реакции.

1 б

6. Дайте определение буферной ёмкости и запишите её математическое выражение.

1 б+1 б

7. 1,0 л буферного раствора, содержит 0,10 моль H_3PO_4 и 0,10 моль NaH_2PO_4.

А) Рассчитайте максимальную буферную ёмкость данной системы.

Б) К данному буферу добавили 0,02 моль NaOH. Определите, сохранится ли буферное действие системы.

В) К данному буферу добавили 0,12 моль HCl. Определите, сохранится ли буферное действие системы.

1б+2б+2б

7. По результатам 1-го и 2-го титровании рассчитайте содержание H_3PO_4 и NaH_2PO_4 (m, грамм) в исходной задаче.

$\boldsymbol{m_{H_3PO_4}} =$

$\boldsymbol{m_{NaH_2PO_4}} =$

3б +3б