

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра аналітичної хімії

**ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ.**  
**КИСЛОТНО-ОСНОВНЕ ТИТРУВАННЯ**  
Модуль 1

**КИСЛОТНО-ОСНОВНЕ ТИТРУВАННЯ ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ**  
**В ХІМІЧНОМУ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ АНАЛІЗІ**

Змістовий модуль 4

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
для студентів 2 курсу  
спеціальності 226 «Фармація»

Запоріжжя 2017

УДК 546.2-128.4.061(075.8)

Я 45

*Затверджено на засіданні Центральної методичної Ради ЗДМУ*

*(протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р.)*

*та рекомендовано для використання в освітньому процесі*

**Укладачі:**

*С. О. Васюк* – доктор фармацевтичних наук, професор;

*А. С. Коржова* – кандидат фармацевтичних наук, доцент.

**Рецензенти:**

*С. І. Коваленко* – доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри органічної і біоорганічної хімії;

*О. І. Панасенко* – доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри токсикологічної і неорганічної хімії.

**Якісний аналіз. Кисотно-основне титрування. Модуль 1.**

Я 45 Кисотно-основне титрування та його застосування в хімічному та фармацевтичному аналізі. Змістовий модуль 4 : навчальний посібник для студентів 2 курсу спеціальності «Фармація» / уклад. : С. О. Васюк, А. С. Коржова. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2017. – 88 с.

## ВСТУП

Аналітична хімія вивчається згідно затвердженої примірної програми 2017 року для студентів ВНЗ III-IV рівнів акредитації України для спеціальності 226 «Фармація» та примірного навчального плану підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я» у вищих навчальних закладах МОЗ України за спеціальністю 226 «Фармація» кваліфікації освітньої «Магістр фармації».

Згідно навчального плану аналітичну хімію вивчають в III і IV семестрах.

Програма дисципліни структурована на 2 модуля: модуль 1 – «Якісний аналіз, Кисотно-основне титрування», модуль 2 – «Кількісний аналіз. Інструментальні методи аналізу».

Модуль 1 складається з 4 змістових модулів:

1. Аналітична хімія та хімічний аналіз. Теорія розчинів сильних та слабких електролітів. Закон діючих мас та його застосування до різних типів іонних рівноваг в аналітичній хімії. Використання закону діючих мас до рівноваг у гетерогенних системах та його значення в аналітичній хімії. Теорія та практика аналізу катіонів I-III аналітичних груп.

2. Застосування закону діючих мас до кислотно-основної рівноваги та до рівноваги комплексоутворення, їх роль в аналітичній хімії. Теорія та практика аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп.

3. Застосування закону діючих мас до окисно-відновної рівноваги. Методи розділення та концентрування. Теорія та практика аналізу аніонів і невідомого зразка.

4. Кисотно-основне титрування та його застосування в хімічному та фармацевтичному аналізі.

Модуль 2 складається з 4 змістових модулів:

1. Окисно-відновне титрування та його застосування в аналізі хімічних сполук та лікарських засобів.

2. Осаджувальне титрування, комплексиметричне титрування. Гравіметричний аналіз. Застосування методів в аналізі хімічних сполук, косметичних та лікарських засобів.

3. Оптичні методи аналізу.

4. Електрохімічні та хроматографічні методи.

## ТИТРИМЕТРИЧНИЙ (ОБ'ЄМНИЙ) АНАЛІЗ

*Титриметричний (об'ємний) аналіз* – це метод кількісного аналізу, заснований на точному вимірюванні об'єму реагенту, витраченого на реакцію з визначуваною речовиною. Тобто, це аналіз, заснований на титруванні.

*Титрування* – процес поступового додавання стандартного розчину (розчину точно відомої концентрації), необхідного для проведення реакції з невідомою кількістю визначуваної речовини. Стандартний розчин також називають *титрантом*.

Момент титрування, коли кількість доданого титранту хімічно еквівалентно кількості речовини, що титрують, називають *точкою еквівалентності ТЕ*. Її встановлюють за допомогою *індикатора* – речовини, яка проявляє видиме змінення в ТЕ або біля неї.

Реакції, які застосовують в титриметричному аналізі, повинні відповідати наступним основним вимогам:

1. Реакція повинна перебігати згідно зі стехіометричним рівнянням, не повинно бути побічних реакцій:



A – визначувана речовина;

B – титрант (розчин точно відомої концентрації);

a, b – число молів кожної речовини (стехіометричні коефіцієнти реакції).

2. Реакція повинна перебігати кількісно, тобто практично до кінця. Константа рівноваги реакції повинна бути достатньо велика. Значення константи рівноваги ( $K_p$ ) повинна бути  $K_p \geq 10^8$ , в цих умовах реакція перебігає не менше ніж на 99,99%.

3. Реакція повинна перебігати швидко, щоб у будь-який момент титрування рівновага встановлювалась практично миттєво.

4. Реакція повинна дозволяти точно та зручно визначати кінцеву точку титрування КТТ поблизу ТЕ.

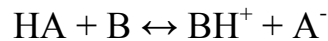
Якщо реакція не задовольняє хоча б одній з цих вимог, вона не може бути застосована в титриметричному аналізі.

В титриметричних методах аналізу застосовують реакції всіх типів – з переносом іону водню, електрона, реакції утворення осадів та комплексів.

### Класифікація титриметричних методів аналізу

Класифікація титриметричних методів аналізу заснована на типі реакції, що лежить в основі визначення та назві титранту.

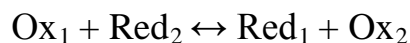
**1. Кисотно-основне титрування** – засноване на реакції переносу іонів водню від однієї реагуючої частки до іншої в розчині:



Розрізняють:

- *ацидиметрію* (*ацидиметричне титрування*) – визначення речовин титруванням стандартним розчином кислоти ( $\text{H}_3\text{O}^+$ );
- *алкаліметрію* (*алкаліметринче титрування*) – визначення речовин титруванням стандартним розчином сильної основи ( $\text{OH}^-$ );
- *протолітометрію* (титрування в неводних середовищах).

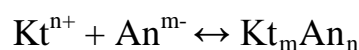
**2. Окисно-відновне титрування (редокс-метрія)** – засноване на реакції переносу електронів від відновника до окисника:



Розрізняють:

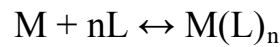
- *оксидиметричні методи*: перманганатометрія, йодиметрія, дихроматометрія, бромометрія та броматометрія, цериметрія, нітритометрія, йодхлорметрія та ін.;
- *редуктометричні методи*: аскорбінометрія, титанометрія, ферометрія та ін.

**3. Осаджувальне титрування** – засноване на реакції утворення малорозчинних сполук:



Розрізняють: аргентометрію, меркурометрію, тіоціанато-метрію та ін.

**4. Комплексиметричне титрування** – засноване на реакції утворення слабо дисоційованого розчинного комплексу:



Розрізняють: комплексонометрію, меркуриметрію, фториметрію та ін.

Для проведення визначень титриметричним методом необхідна наявність:

- аналітичних терезів;
- мірного посуду;
- титрованих розчинів (стандартних розчинів);
- індикаторів або приладів, що дозволяють фіксувати КТТ.

### Мірний посуд

Мірний посуд, який використовується в титриметричному аналізі, поділяється на посуд для *точного* вимірювання об'ємів (мірні колби, мірні піпетки, бюретки), *приблизного* вимірювання об'ємів (мірні циліндри, мірні стакани, мірні пробірки) та просто ємності (колби для титрування).

### Титровані (стандартні) розчини

*Титрованими (стандартними) розчинами називаються розчини з точно відомою концентрацією (титром), призначені для цілей титрування в об'ємному аналізі.*

Титровані розчини готують трьома способами: *способом приготуваного титру (за точною наважкою стандартної речовини), способом встановленого титру та з фіксаналів.*

*1. Спосіб приготуваного титру.*

Зважують на аналітичних терезах точну наважку речовини, переносять її в мірну колбу та доводять об'єм розчину дистильованою водою до позначки. Розраховують титр та молярну концентрацію еквіваленту за формулами:

$$T = \frac{a}{V_k}, \quad \tilde{N}_{\text{е}} = \frac{T}{M_{\text{е}}'}, \text{ де}$$

$T$  – титр розчину, г/мл;

$a$  – маса наважки речовини, г;

$V_k$  – ємність мірної колби, мл;

$C_{\text{Me}}$  – молярна концентрація еквіваленту розчину;

$M_{\text{е}}'$  – мілімолярна маса еквіваленту речовини.

Таким чином готують розчини титрантів з *вихідних речовин (первинних стандартів)*, які відповідають наступним вимогам:

1. Точна відповідність хімічній формулі.
2. Високий ступінь хімічної чистоти або можливість легкого очищення.
3. Стійкість в твердому стані та в розчині при зберіганні.
4. Доступність, добра розчинність у воді.
5. Наяність великої величини молярної маси еквіваленту, т.я при узятті наважки відносна помилка зважування зменшується.

#### 2. Спосіб приготуваного титру.

Готують розчин речовини приблизної концентрації, а потім встановлюють його точну концентрацію, титруючи ним розчин вихідної речовини (первинного стандарту). Титр та молярну концентрацію еквівалента такого розчину встановлюють за первинними або вторинними стандартами.

Розрахунки ведуть за формулами:

$$C_{\text{Me}} = \frac{C_{\text{Me1}} \cdot V_1}{V}, \quad T = C_{\text{Me}} \cdot M_{\text{е}}', \text{ де}$$

$C_{\text{Me}}$  та  $C_{\text{Me1}}$  – молярна концентрація еквіваленту досліджуваного розчину та розчину з відомою концентрацією;



$V$  та  $V_1$  – об'єм досліджуваного розчину та об'єм розчину з відомою концентрацією.

Наважку вихідної речовини для приготування певного об'єму  $V$  розчину з молярною концентрацією  $C_M$  або молярною концентрацією еквіваленту  $C_{Me}$  розраховують за формулами:

$$\text{Для твердих речовин: } a = \frac{C_{Me} \cdot V_k \cdot M_e}{1000};$$

$$\text{Для розчинів: } a = \frac{C_{Me} \cdot V_k \cdot M_e \cdot 100}{C\% \cdot 1000}, \text{ де}$$

$V_k$  – ємність мірної колби, мл;

$C\%$  - процентна концентрація речовини у вихідному розчині.

3. *Приготування стандартних розчинів із фіксаналів.* Фіксанал – це ампула, в якій запаяна точно відома кількість стандартної речовини або розчину (стандарт-титри). Для приготування ампули кількісно переносять у мірну колбу, доводять дистильованою водою до позначки і ретельно перемішують розчин.

### **Виразення результатів вимірів та обчислень в кількісному аналізі.**

#### **Значущі цифри**

При кожному вимірі допускається помилка, яка залежить від точності вимірювальної апаратури. Отримані в результаті аналізу дані повинні бути правильно записані та враховані при розрахунках. Кожний результат не може бути точніше, ніж це дозволяють вимірювальні прилади, і математичними розрахунками точність аналізу підвищити не можна.

Всі числові величини результатів вимірів та обчислень повинні містити стільки значущих цифр, щоб лише остання цифра була сумнівною, недоствірною.

*Значущі цифри* – це всі цифри даного числа, окрім нулів, що стоять зліва від цифри та нулів справа від цифри, якщо вони не вказують точність виміру.

Наприклад:

0,0035 – число має дві значущі цифри «3» та «5»;

7,2500 – число має значущі цифри «7», «2», «5»; нулі будуть *незначущими*, якщо маса отримана на технічних терезах; нулі будуть *значущими*, якщо маса отримана на аналітичних терезах (точність  $\pm 0,0001 - 0,0002$ ).

Нулі в середині числа є значущими, наприклад, в числі 20,0604 шість значущих цифр.

Від значущих цифр слід відрізнити десятичні знаки. Наприклад, число 0,0035 має чотири десятичні знаки, але дві значущі цифри.

Перевод з однієї розмірності в іншу: 23,4 г перевод в мг 23400 – невірний! Вірно  $2,34 \cdot 10^4$  мг або  $23,4 \cdot 10^3$  мг або  $0,234 \cdot 10^5$  мг.

Точність результату обчислень не може бути більшою, чим найменш точне з чисел, що входять в обчислення. Тому визначають найменш точне з чисел і відповідно з цим встановлюють, скільки десятичних знаків або значущих цифр повинен містити результат обчислень.

Результат кількісного аналізу виражається числом, яке містить декілька значущих цифр. Якщо точність аналізу не застерігається заранше, то *концентрація обчислюється до четвертої значущої цифри, маса – до четвертого знака після коми, відсотковий вміст – до сотих долей.*

## Заняття № 10

**1. ТЕМА: Введення в кількісний аналіз. Техніка зважування. Титрометричні методи аналізу. Кислотно-основне титрування.**

**2. МЕТА: Ознайомитись з основами кількісного аналізу, вивчити загальні положення титрометричних методів та набути навички роботи з аналітичними вимірювальними приладами, мірним посудом і приготування титрованих розчинів.**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ:**

3.1. Уявити задачі, принципи та методи кількісного аналізу, його роль і значення в фармації та косметології.

3.2. Навчитися зважувати на аналітичних терезах.

3.3. Вивчити основи титрометричних методів аналізу, навчитися користуватися аналітичним мірним посудом – мірними колбами і мірними піпетками та калібрувати їх.

3.4. Вивчити способи приготування титрованих розчинів і оволодіти методикою приготування титрантів за способом встановленого титру.

3.5. Навчитися записувати результати вимірів у відповідності з точністю вимірів та оформлювати лабораторний журнал.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

- |  |        |
|--|--------|
| 4.1. Організаційний момент .....   | 2 хв   |
| 4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....   | 3 хв   |
| 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-вмінь (картковий контроль).....                             | 10 хв  |
| 4.4. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....   | 40 хв  |
| 4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки)..... | 3 хв   |
| 4.6. Лабораторна робота.....   | 110 хв |

4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів.....10 хв

4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....2 хв

## 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу неорганічної хімії та якісного аналізу: способи вираження концентрації розчинів, закон еквівалентів. Повторити з курсу фізики будову аналітичних теревів.

5.2. Вивчити програмний матеріал за даною темою, користуючись рекомендованою літературою та лекцією.

### Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Сутність та задачі кількісного аналізу. Галузі застосування кількісного аналізу.
2. Класифікація методів кількісного аналізу.
3. Сутність титриметричних методів аналізу. Основні поняття.
4. Класифікація методів титриметричного аналізу за типом хімічної реакції.
5. Вимоги до реакцій в титриметрії.
6. Умови проведення титриметричних визначень.
7. Вимірення об'ємів. Мірний посуд. Перевірка місткості мірного посуду.
8. Титровані розчини. Способи їх приготування. Первинні та вторинні стандарти. Вимоги до первинних стандартів. Способи вираження концентрації титрованих розчинів.
9. Розрахунки в титриметричному аналізі. Вираження результатів вимірів.

### 5.3. Розв'язати задачі:

**Задача 1.** Розрахуйте наважку декагідрату тетраборату натрію ( $MNa_2B_4O_7 \cdot 10H_2O = 381,4$  г/моль) для приготування 200,0 мл 0,05000 н. розчину.

Відповідь: 1,907 г.

**Задача 2.** Скільки мл 60%-го розчину сірчаної кислоти (густина 1,50 г/мл) необхідно взяти для приготування 10 л 0,1 н. її розчину?

Відповідь: 54,49 мл.

**Задача 3.** Наважка карбонату натрію 1,083 г розчинена в мірній колбі ємністю 200,0 мл. Розрахуйте титр та молярну концентрацію одержаного розчину.

Відповідь: 0,005415 г/мл; 0,05110 моль/л.

**Задача 4.** Густина 15%-го (за масою) розчину сірчаної кислоти дорівнює 1,105 г/мл. Обчисліть: а) молярну концентрацію, б) молярну концентрацію еквівалента.

Відповідь: 1,691 моль/л; 3,383 моль/л.

### 5.4. Приклад розв'язання задач:

**Задача 1.** Розрахуйте об'єм 20%-го розчину хлороводневої кислоти ( $\rho = 1,10$  г/мл), необхідний для приготування 2 л 0,1 н. розчину.

**Розв'язання.** Розраховуємо масу наважки хлороводневої кислоти за формулою для розчинів:

$$a = \frac{C_{M_e} \cdot V_k \cdot M_e' \cdot 100}{C\%};$$

$$M(HCl) = 36,46 \text{ г/моль};$$

$$fe(HCl) = 1;$$

$$M_e'(HCl) = M(HCl) \cdot fe(HCl) : 1000 = 0,03646.$$

$$a = \frac{0,1 \cdot 2000 \cdot 0,03646 \cdot 100}{20} = 36,46.$$

Знаючи густину розчину, знайдемо об'єм вихідного розчину:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{36,46}{1,100} = 33,15 \text{ мл.}$$

Відповідь: 33,15 мл.

### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 9-41, 58-61, 193-228.

5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 68-74.

6. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

7. Основы аналитической химии. Под ред. Ю.А. Золотова. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа. – М.: Высшая школа, 1999. – С. 29-34.

8. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 5-10, 18-27.

9. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 5-7, 68-77.

## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### **1. Перевірка місткості мірних піпеток**

*Методика роботи.* На аналітичних терезах зважують скляний бюкс. В мірну піпетку набирають дистильовану воду до позначки (відлік рівня води за нижнім краєм меніску), виливають воду у зважений бюкс та зважують його з водою. Знову у мірну піпетку набирають дистильовану воду до позначки і виливають у той же бюкс, зважують. Дослід повторюють ще раз (розходження в результатах зважування не повинні відрізнятись більш ніж на 0,005 г). Записують результати зважування.

Розраховують погрішність  $\Delta V$ , порівнюють її з допустимою і визначають клас точності калібровки піпетки.

Допустимі відхилення в об'ємі для піпеток на 5,00 мл:

1 клас – 0,01 мл, 2 клас – 0,02 мл.

Висновок:

### **2. Приготування стандартних розчинів методу кисотно-основного титрування**

#### **2.1. Приготування 250 мл 0,1 М розчину NaOH**

Спосіб приготування – встановленого титру.

*Методика роботи.* Мірним циліндром відмірюють 25 мл 1 М розчину NaOH та вміщують в мірний циліндр на 250 мл, доводять дистильованою водою до позначки, перемішують, переливають в склянку, закривають пробкою, наклеюють етикетку із зазначенням концентрації і об'єму приготованого розчину, дати приготування, прізвища і номеру групи. Приготований розчин залишають для роботи на наступних заняттях.

#### **2.2. Приготування 250 мл 0,1 М розчину HCl**

Спосіб приготування – встановленого титру.

$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ г/моль};$

$fe(\text{HCl}) = 1;$

$Me(\text{HCl}) = 36,46 \text{ г/моль}.$

$$a_{(\text{HCl})} = \frac{C_{Me} \cdot M_e \cdot V \cdot 100}{C\% \cdot 1000}, \text{ де}$$

$a$  – наважка, мл;

$C_{Me}$  – задана концентрація;

$Me$  – молярна маса еквівалента хлороводневої кислоти;

$V$  – заданий об'єм;

$C\%$  – процентна концентрація розчину хлороводневої кислоти, з якої готують розчин заданої концентрації.

$$V_{(\text{HCl})} = \frac{a}{\rho}.$$

Методика роботи. В мірний циліндр наливають розчин хлороводневої кислоти, який є в лабораторії, вимірюють густину за допомогою ареометра. За таблицею знаходять концентрацію, що відповідає знайденій густині хлороводневої кислоти. Розрахований об'єм хлороводневої кислоти відмірюють мірним циліндром невеликої місткості, переносять в мірний циліндр ємністю 250 мл та доводять дистильованою водою до позначки. Приготований розчин переливають в склянку, закривають пробкою, наклеюють етикетку із зазначенням концентрації та об'єму приготованого розчину, дати приготування, прізвища і номера групи. Приготований розчин залишають для роботи на наступних заняттях.

Висновок:

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

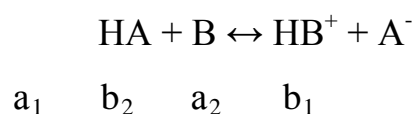
7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.



## КИСЛОТНО-ОСНОВНЕ ТИТРУВАННЯ

*В основі методів кислотно-основного титрування лежать реакції, зв'язані з переносом іонів водню між речовинами, які проявляють кислотно-основні властивості.*

Кислоти (донори іонів водню) титрують стандартним розчином лугу – *алкаліметрія*. Основи (акцептори іонів водню) титрують стандартним розчином сильної кислоти – *ацидіметрія*. В процесі титрування кислота ( $a_1$ ) перетворюється в супряжену з нею основу ( $b_1$ ), основа ( $b_2$ ) – в супряжену з нею кислоту ( $a_2$ ).

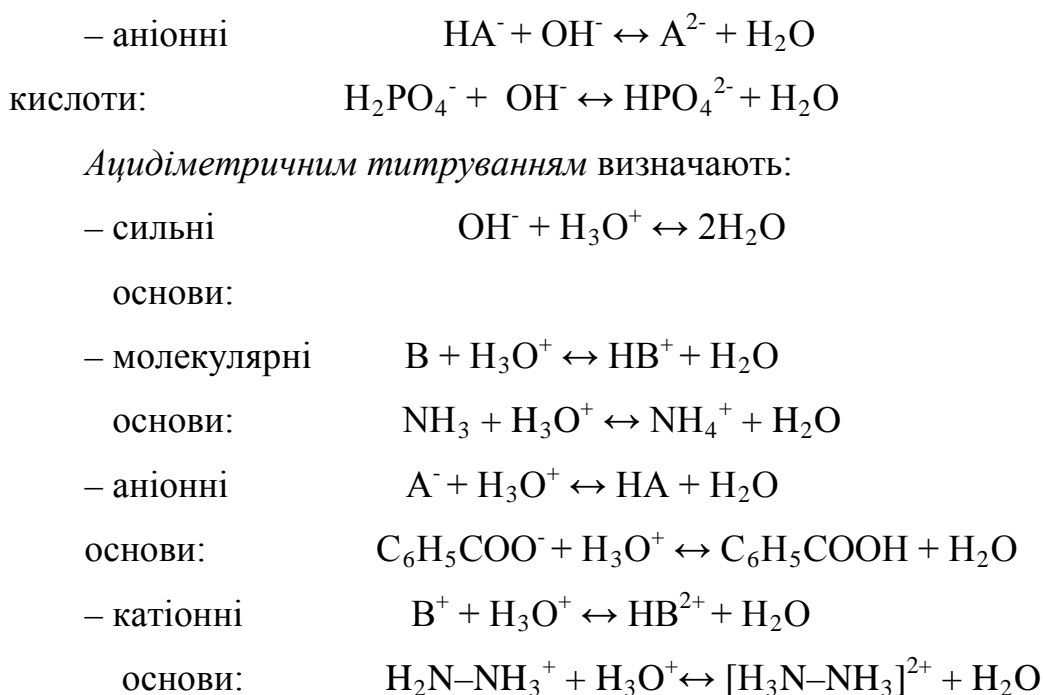


В якості титрантів методу використовують 0,1 - 1 М розчини сильних кислот – HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> або сильних основ – KOH, NaOH. Готують їх способом встановленого титру.

Точну концентрацію титрованих розчинів кислот і лугів встановлюють за одним із *первинних* стандартних (встановочних) речовин. Для стандартизації кислот частіш за все використовується декагідрат тетраборату натрію Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O або карбонат натрію Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Розчини лугів часто стандартизують за дигідратом щавлевої кислоти H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, бурштинною кислотою C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub> тощо. Іноді для стандартизації використовують *вторинні* стандарти, в якості яких можуть бути розчини сильних кислот і лугів, раніше стандартизовані за відповідними первинними стандартами.

*Алкаліметричним титруванням визначають:*

- сильні кислоти:      H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> ↔ 2H<sub>2</sub>O
- молекулярні  
кислоти:              HA + OH<sup>-</sup> ↔ A<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O
- CH<sub>3</sub>COOH + OH<sup>-</sup> ↔ CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O
- катіонні  
кислоти:              HB<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> ↔ B + H<sub>2</sub>O
- C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>NH<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> ↔ C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N + H<sub>2</sub>O



Можливість застосування кислотно-основного титрування визначається за загальною константою рівноваги  $K_p$  кислотно-основної реакції, яка повинна бути більше  $1 \cdot 10^8$ , якщо повнота зв'язування речовини, що титрують, дорівнює 99,99%, а її залишок 0,01%.

Оскільки реакції кислотно-основної взаємодії зв'язані з переносом іону водню і супроводжуються зміною концентрації іонів водню  $[\text{H}^+]$ , то це має важливе значення для визначення моменту еквівалентності при кислотно-основному титруванні.

Момент еквівалентності визначається за рН розчину.

**рН розчину** (водневий показник) – це негативний десятичний логарифм концентрації іонів водню, виражений в моль/л:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

В процесі титрування значення рН розчину змінюється і досягає розрахованої величини, відповідній точці еквівалентності ТЕ. Для визначення на практиці кінцевої точки титрування КТТ застосовують індикатори.

Використовувані в кислотно-основному титруванні **індикатори** – це слабкі кислоти або основи, які змінюють своє забарвлення в невеликому

інтервалі значень  $pH$  розчину (в межах 2-х одиниць  $pH$ ), що називають інтервалом переходу.

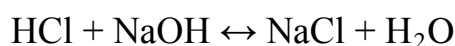
Величину  $pH$ , при якій закінчують титрування з даним індикатором, називають *показником титрування* та позначають символом  $pT$ . Показник титрування знаходиться звичайно в середині інтервалу переходу індикатора.

Відомості про кислотно-основні індикатори ( $pH$ -індикатори) можна знайти у відповідних таблицях довідників.

Існує два способи підбору  $pH$ -індикаторів:

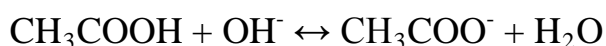
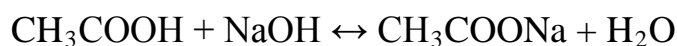
**1. Якісний спосіб** – за продуктами реакції. В точці еквівалентності визначають реакцію середовища та обирають індикатори, які змінюють забарвлення в цьому середовищі.

Наприклад, при титруванні *сильної кислоти  $HCl$  сильною основою  $NaOH$*  в ТЕ в розчині знаходиться натрію хлорид і вода:



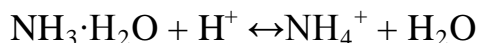
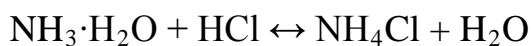
Як сіль сильної основи і сильної кислоти він не має виражених кислотних або основних властивостей, і тому цей розчин має нейтральну реакцію середовища,  $pH=7$ . Отже, потрібно брати індикатори, які змінюють своє забарвлення в нейтральному середовищі – лакмус, феноловий червоний.

При титруванні *слабкої кислоти  $CH_3COOH$  сильною основою  $NaOH$*  в ТЕ в розчині знаходиться натрію ацетат і вода:



Ацетат-іон з точки зору протолітичної теорії – аніонна основа, а з позицій теорії електролітичної дисоціації – це сіль, що підвергається гідролізу за аніоном, внаслідок чого в розчині накопичуються гідроксид-іони. Розчин має лужну реакцію середовища,  $pH>7$ . Підходящі індикатори – фенолфталеїн, тимолфталеїн.

При титруванні *слабкої основи  $NH_3 \cdot H_2O$  сильною кислотою  $HCl$*  в ТЕ в розчині знаходиться амонію хлорид і вода:



Катіон амонію відповідно протолітичної теорії – катіонна кислота, а з позицій теорії електролітичної дисоціації – це сіль, що гідролізується за катіоном, внаслідок чого накопичуються іони водню. Тому розчин має кислу реакцію середовища,  $\text{pH} < 7$ . Підходящі індикатори – метиловий оранжевий або метиловий червоний.

**2. Кількісний спосіб** – заключається в підборі індикаторів за кривими титрування або шляхом підрахунку індикаторних помилок.

**Крива титрування** – це графічна залежність зміни  $\text{pH}$  розчину від об'єму доданого титранту.

Для побудови кривої титрування розраховують  $\text{pH}$  в різні моменти титрування, не менше 5-ти точок:

- $\text{pH}$  вихідного розчину,
- $\text{pH}$  в момент полунейтралізації,
- $\text{pH}$  на початку стрибка титрування (аналізований розчин недотитрований на 0,1%),
- $\text{pH}$  в точці еквівалентності,
- $\text{pH}$  в кінці стрибка титрування (аналізований розчин перетитрований на 0,1%).

На кривій титрування визначають межі  $\text{pH}$ , які відповідають *стрибку титрування* (різкій зміні  $\text{pH}$  поблизу точки еквівалентності) і підбирають ті індикатори, *інтервал переходу забарвлення яких захоплюють стрибок титрування*, а їх  $\text{pT}$  обов'язково знаходиться усередині стрибка титрування.

## Заняття № 11

**1. ТЕМА: Кисотно-основно титрування. Титрування сильних кислот сильними основами і навпаки.**

**2. МЕТА: Вивчити теоретичні основи методу кислотно-основного титрування і набути навички титриметричного кількісного визначення сильних кислот і сильних основ.**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:**

3.1. Вивчити теоретичні основи методу кислотно-основного титрування.

3.2. Вивчити властивості кислотно-основних індикаторів і навчитися підбирати індикатори для фіксування кінцевої точки титрування за продуктами реакції та за кривою титрування.

3.3. Оволодіти технікою ацидиметричного і алкаліметричного титрування.

3.4. Набути навички з приготування титрованих розчинів та стандартизації розчинів кислот і лугів за первинними і вторинними стандартами.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

4.1. Організаційний момент .....2 хв

4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....3 хв

4.3. Виявлення вихідного рівня знань-вмінь (картковий контроль).....10 хв

4.4. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....40 хв

4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки).....3 хв

4.6. Лабораторна робота.....110 хв

4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів.....10 хв

4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....2 хв

## 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу неорганічної хімії та якісного аналізу: кислотно-основні властивості речовин; протолітична теорія Бренстеда і Лоурі; константи кислотності та основності; водневий показник рН; рівноваги у водних розчинах сильних кислот і основ.

5.2. Вивчити програмний матеріал за даною темою, користуючись рекомендуємою літературою та лекцією.

### Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Які реакції лежать в основі методу кислотно-основного титрування? В чому сутність ациді- та алкаліметрії?
2. Які речовини можна визначити кислотно-основним титруванням?
3. В якому напрямку йдуть реакції кислотно-основної взаємодії. При якому значенні константи рівноваги реакції проходять до кінця?
4. На чому засноване фіксування кінцевої точки титрування?
5. Теорія кислотно-основних індикаторів. Іонна, хромоформна та іонно-хромофорна теорії пояснення природи зміни забарвлення індикаторів. Що таке інтервал переходу кислотно-основного індикатора, показник титрування рТ?
6. Які існують способи підбору індикаторів для фіксування кінцевої точки титрування?
7. Криві титрування. Як розраховують значення рН для побудови кривої титрування сильної кислоти сильною основою і навпаки. Який вид мають такі криві титрування?
8. Що таке стрибок титрування? Як за стрибком титрування підбирають рН-індикатори?

9. Яким способом готують титровані розчини кислот та лугів? Які речовини застосовують в якості первинних стандартів?

### 5.3. Розв'язати задачі:

**Задача 1.** Обчисліть рН розчинів, в 1 л яких міститься: а) 0,01 моль HCl; б) 0,056 г КОН.

Відповідь: а) 2; б) 11.

**Задача 2.** рН розчинів дорівнює: а) 2,63; б) 12,45. Чому дорівнюють в цих розчинах концентрації  $H^+$  та  $OH^-$ ?

Відповідь: а)  $[H^+] = 2,34 \cdot 10^{-3}$ ;  $[OH^-] = 4,27 \cdot 10^{-12}$ ;

б)  $[H^+] = 3,54 \cdot 10^{-13}$ ;  $[OH^-] = 2,82 \cdot 10^{-2}$ .

**Задача 3.** До 20 мл 0,1 М розчину NaOH додали 10 мл 0,1 М розчину HCl. Обчисліть рН отриманого розчину.

Відповідь: 12,5.

**Задача 4.** Розрахуйте молярну концентрацію еквівалента, титр та поправочний коефіцієнт розчину гідроксиду натрію, якщо на титрування 20,00 мл 0,05075 М розчину щавлевої кислоти витрачається 19,50 мл цього розчину.

Відповідь: 0,1041 моль/л; 0,004164 г/мл; 1,041.

### 5.4. Приклад розв'язання задач:

**Задача 1.** Титрують 20,00 мл 0,1 М HCl 0,1 М розчином КОН. Визначити рН та рОН розчину, коли прилито 18 мл лугу.

**Рішення.**  $KOH + HCl \leftrightarrow KCl + H_2O$

До реакції у вихідному розчині було:  $20 \cdot 0,1 = 2,0$  ммоль HCl.

При титруванні додали:  $18 \cdot 0,1 = 1,8$  ммоль КОН.

Після реакції в розчині залишилось:  $2,0 - 1,8 = 0,2$  ммоль HCl.

Об'єм розчину став дорівнювати:  $V_{p-ny} = 20,0 + 18,0 = 38,0$  мл.

Після реакції концентрація HCl стала дорівнювати:

0,2 ммоль HCl міститься в 38 мл

x ммоль — в 1 мл

$$C_M(\text{HCl}) = 0,005 \text{ M}$$

Знаходимо рН розчину:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 0,005 = 2,3$ .

Знаходимо рОН розчину:  $\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 2,3 = 11,7$ .

Відповідь:  $\text{pH} = 2,3$ ;  $\text{pOH} = 11,7$ .

### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 9-41, 58-61, 232-261, 294-300.

5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 125-127.

6. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

7. Основы аналитической химии. Под ред. Ю.А. Золотова. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа. – М.: Высшая школа, 1999. – С. 40-60.

8. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 44-61, 68-69, 75-77.



9. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 81-117.

## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### **Приготування та стандартизація титрованих розчинів методу кислотного титрування**

1. Приготування розчину первинного стандарту тетраборату натрію – 0,1 н. 200,0 мл

$$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 381,4 \text{ г/моль};$$

$$f_{\text{э}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1/2;$$

$$M_{\text{е}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = f_{\text{э}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O});$$

$$M_{\text{е}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1/2 \cdot 381,4 = 190,7 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{е}}'(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = M_{\text{е}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) : 1000 = 0,1907;$$

$$a(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = C M_{\text{е}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{к}} \cdot M_{\text{е}}'(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}).$$

Методика роботи. Точну наважку тетраборату натрію, взяту на аналітичних терезах за різницею, переносять в мірну колбу ємністю 200,0 мл, розчиняють в невеликій кількості гарячої дистильованої води, охолоджують, доводять водою до позначки і ретельно перемішують.

Розраховують титр та молярну концентрацію еквівалента приготованого розчину з точністю до чотирьох значущих цифр за формулами:

$$T_{(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = \frac{a_{(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}}{V_{\text{е}}};$$

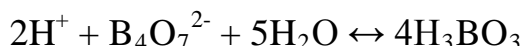
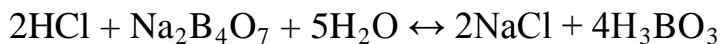
$$C_{M_{\text{е}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = \frac{T_{(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}}{M_{\text{е}}'(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}.$$

Висновок:

2. Стандартизація титрованого розчину хлороводневої кислоти за первинним стандартом – тетраборатом натрію

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакції:Попередні розрахунки:

$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{HCl}) = 1;$$

$$M_e(\text{HCl}) = f_e(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 1 \cdot 36,46 = 36,46 \text{ г/моль};$$

$$M_e'(\text{HCl}) = M_e(\text{HCl}) : 1000 = 0,03646.$$

Методика роботи. В конічну колбу для титрування переносять мірною піпеткою 20,00 мл приготованого розчину тетраборату натрію, додають 1-2 краплі індикатора метилового оранжевого і титрують із бюретки розчином хлороводневої кислоти до переходу жовтого забарвлення в оранжеве. Титрування проводять до отримання трьох відтворюваних результатів (розходження між результатами повторних титрувань не повинно перевищувати 0,10 мл, згідно вимог ГФХ–0,05 мл). За середнім значенням об'єму HCl розраховують титр, молярну концентрацію розчину хлороводневої кислоти та коефіцієнт поправки за формулами:

$$C_{M(\text{HCl})} = \frac{C_{M_e(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} \cdot V_{(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}}{V_{(\text{HCl})}};$$

$$T_{(\text{HCl})} = C_{M(\text{HCl})} \cdot M_{e'(\text{HCl})};$$

$$K_{\text{п}} = \frac{C_{M(\text{HCl})\text{практ.}}}{C_{M(\text{HCl})\text{теор.}}}$$

Висновок:

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

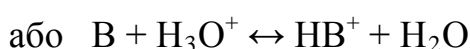
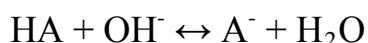
7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

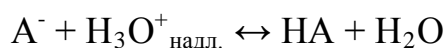
## ВИДИ ТИТРУВАННЯ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬ У ТИТРИМЕТРИЧНОМУ АНАЛІЗІ

В титриметричному аналізі застосовують *пряме титрування*, *зворотне титрування* (*титрування за залишком*) та *непряме* (*посереднє*) *титрування*, тобто *титрування за замісником* (*замісне титрування*).

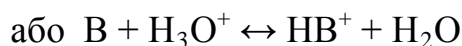
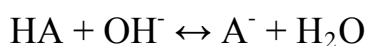
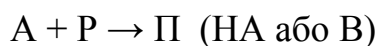
**Пряме титрування** – це таке титрування, коли визначувану речовину безпосередньо титрують стандартним розчином.



**Зворотне титрування** (*титрування за надлишком*) – таке титрування, коли до аналізованого розчину додають точну, але надлишкову кількість одного титранту, а частину першого титранту, яка не вступила у реакцію (залишок), відтитровують другим титрантом.



**Замісне титрування** – титрування, при якому визначувана речовина з обраним титрантом не взаємодіє або реакція перебігає не стехіометрично. В цих випадках до аналізованого розчину додають допоміжний реагент, з яким визначувана речовина утворює стехіометричну (еквівалентну) кількість нової сполуки, яку називають *замісником*. Цей замісник відтитровують стандартним розчином титранту прямим титруванням.



В залежності від прийому взяття наважки для титрування розрізняють два методи титрування: *окремих наважок* та *піпетування*.

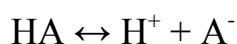
**Метод окремих наважок** – наважку установочної або досліджуваної речовини розчиняють у колбі для титрування у довільному об'ємі води та титрують робочим розчином із бюретки.

**Метод піпетування** – наважку установочної або досліджуваної речовини розчиняють в мірній колбі. В колбу для титрування відбирають мерною піпеткою визначений об'єм приготованого розчину (аліквотні частини) і титрують стандартним розчином із бюретки.

## КИСЛОТНО-ОСНОВНЕ ТИТРУВАННЯ СЛАБКИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Слабкі кислоти і основи є слабкими електролітами і у водних розчинах розпадаються на іони частково. В їх розчинах встановлюється рівновага між іонами та непродисоційованими молекулами. Частку дисоційованих молекул називають *ступенем іонізації або ступенем дисоціації*.

Дисоціацію слабкої кислоти НА можна уявити наступним рівнянням:



Константа рівноваги іонізації цієї кислоти, виходячи із закону діючих мас (ЗДМ), має вигляд:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

*Константу рівноваги іонізації слабких кислот або основ називають константою іонізації та позначають:*

**$K_a$**  – константа іонізації кислоти (константа кислотності);

**$K_b$**  – константа іонізації основи (константа основності).

Значення  $K_a$  та  $K_b$  є кількісною характеристикою сили кислоти та основи і дозволяють розраховувати рН розчинів слабких електролітів.

У довідниковій літературі часто наводять значення показників констант рК для кислот та основ, що визначають як:

$$\text{p}K_a = -\lg K_a; \quad \text{p}K_b = -\lg K_b$$

## Заняття № 12

**1. ТЕМА: Кислотно-основне титрування. Титрування слабких кислот лугами та слабких основ сильними кислотами.**

**2. МЕТА: Вивчити теорію титрування слабких кислот лугами та слабких основ сильними кислотами і набути навички кількісного визначення слабких кислот та слабких основ.**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:**

3.1. Вивчити теоретичні основи титрування слабких кислот лугами та слабких основ сильними кислотами.

3.2. Навчитися оцінювати можливість титриметричного визначення слабких кислот та слабких основ у водних середовищах з візуальним фіксуванням кінця титрування.

3.3. Начитися проводити розрахунки рН в різні моменти титрування слабких електролітів, аналізувати криві титрування.

3.4. Засвоїти сутність способів і методів титрування та навчитися проводити їх вибір для конкретного методу титриметричного визначення. Вивчити формули для розрахунку результату титриметричного аналізу.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

- |  |        |
|--|--------|
| 4.1. Організаційний момент .....   | 2 хв   |
| 4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....   | 3 хв   |
| 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-вмінь (картковий контроль).....                             | 10 хв  |
| 4.4. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....   | 40 хв  |
| 4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки)..... | 3 хв   |
| 4.6. Лабораторна робота.....   | 110 хв |
| 4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів.....          | 10 хв  |

4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....2 хв 5.

#### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити теоретичні основи кислотно-основного титрування, теорію слабких електролітів.

5.2. Вивчити програмний матеріал за даною темою, користуючись рекомендованою літературою та лекцією.

#### Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Які речовини відносяться до слабких електролітів? Як дисоціюють в розчинах слабкі електроліти? Що таке ступінь дисоціації (іонізації), константа дисоціації, показник кислотності або основності?

2. На підставі чого можна зробити висновок про можливість титрування у водних середовищах з індикаторним фіксуванням кінця титрування слабких електролітів?

3. Як розраховують рН в різні моменти титрування (до початку титрування, в момент полунейтралізації, на початку стрибка титрування, в точці еквівалентності, в кінці стрибка титрування) при титруванні слабких кислот та слабких основ?

4. Який вид мають криві титрування слабких кислот та слабких основ? Порівняйте їх з кривими титрування сильних кислот та лугів.

5. Чому при титруванні слабких кислот та слабких основ рН до точки еквівалентності змінюється повільно?

6. Чи співпадає рН в точці еквівалентності при титруванні слабких кислот та слабких основ з лінією нейтральності?

7. Який існує взаємозв'язок між величиною стрибка титрування і константами кислотності або основності визначуваних речовин?

8. В чому сутність і коли можливо застосовувати пряме титрування, зворотне титрування, замісне титрування?

9. В чому сутність, переваги та недоліки методів піпетування та окремих наважок? По яким формулам проводять розрахунок результату титрометричного аналізу?

### 5.3. Розв'язати задачі:

**Задача 1.** 0,1 М розчин оцтової кислоти був відтитрований 0,1 М розчином гідроксиду натрію на 80%. Розрахувати рН одержаного розчину.

Відповідь: 5,35.

**Задача 2.** Розрахуйте значення рН розчину, одержаного додаванням до 18 мл 0,11 М розчину мурашиної кислоти 10 мл 0,16 М розчину гідроксиду натрію.

Відповідь: 4,37.

**Задача 3.** При якому значенні рН треба закінчити титрування 0,1 М розчину аміаку 0,1 М розчином хлороводневої кислоти?

Відповідь: 5,13.

**Задача 4.** Наважку солі амонію масою 1,000 г обробили надлишком концентрованого розчину NaOH. Аміак, що виділився, поглинули 50,00 мл 1,072 М розчину HCl і надлишок кислоти відтитрували 25,40 мл NaOH ( $T(\text{NaOH}) = 0,004120$  г/мл). Обчисліть масову частку (у %)  $\text{NH}_3$  у зразку.

Відповідь: 86,67 %.

### 5.4. Приклад розв'язання задач:

**Задача 1.** Розрахуйте рН розчину, який містить в 1 л розчину 4,6 г мурашиної кислоти.

**Розв'язання.** Знаходимо молярну концентрацію мурашиної кислоти:

$$M_{(\text{HCOOH})} = 46,03 \text{ г/моль};$$

$$C_{\text{M}(\text{HCOOH})} = \frac{m_{(\text{HCOOH})}}{M_{(\text{HCOOH})}} = \frac{4,6}{46,03} = 0,09993 \text{ М} \approx 0,1 \text{ М}.$$

Знаходимо у довіднику значення  $pK_a(\text{HCOOH})$  і розраховуємо рН розчину за формулою для слабких кислот:

$$pK_a(\text{HCOOH}) = 3,75;$$

$$pH = \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \lg C_a = \frac{1}{2} \cdot 3,75 - \frac{1}{2} \cdot \lg 0,1 = 2,36.$$

Відповідь: 2,36.

### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 261-270, 280-287, 308-311.

5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 136-142.

6. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

7. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 52-66, 69-77.

8. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 81-117.



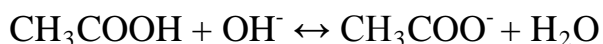
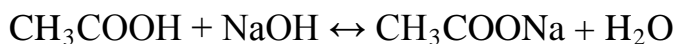
## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### 1. Визначення масової частки (у %) оцтової кислоти у розчині

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакції:



Попередні розрахунки:

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60,06 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1;$$

$$M_e(\text{CH}_3\text{COOH}) = f_e(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH});$$

$$M_e(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1 \cdot 60,06 = 60,06 \text{ г/моль}.$$

Методика роботи. В мірну колбу ємністю 50,00 мл переносять піпеткою 5,00 мл аналізованого розчину, доводять дистильованою водою до позначки і ретельно перемішують. Із отриманого розведення відмірюють піпеткою 10,00 мл, переносять у колбу для титрування, додають 1-2 краплі індикатора фенолфталеїна і титрують 0,1000 М розчином гідроксиду натрію до появи слабо рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 30 с. Титрування повторюють до отримання трьох відтворюваних результатів.

За середнім значенням об'єму титранту розраховують масову частку (у %) оцтової кислоти за формулою:

$$\omega_{(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{V_{(\text{NaOH})} \cdot C_{M(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{CH}_3\text{COOH})} \cdot V_k \cdot 100\%}{a_{(\text{CH}_3\text{COOH})} \cdot V_p \cdot 1000}.$$

Висновок:

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

## ТИТРУВАННЯ БАГАТООСНОВНИХ КИСЛОТ, БАГАТОКИСЛОТНИХ ОСНОВ, СУМШЕЙ КИСЛОТ АБО ОСНОВ

*Багатоосновні кислоти* дисоціюють послідовно, ступінчато. Константа дисоціації за першим ступенем більше константи дисоціації за другим ступенем тощо. Дисоціація кислоти за першим ступенем подавляє дисоціацію за наступними ступенями, тому при титруванні розчинів багатоосновних кислот розчинами сильних основ спочатку відтитровуються іони водню, що відповідають першому ступеню дисоціації кислоти, потім іони водню, що відповідають другому ступеню дисоціації. У відповідності з цим на кривій титрування можуть з'являтися стрибки для кожного послідовного ступеню. *Розділення і чітке проявлення* цих стрибків на кривій титрування залежить від величин *констант послідовної ступінчатої іонізації кислоти*  $K_a$ .

Якщо величина  $K_a$  дуже мала ( $pK_a > 5-6$ ), то стрибок на кривій титрування проявляється нечітко, у формі перегину або взагалі не проявляється. Тому підібрати відповідний індикатор утруднено, проводити роздільне титрування у таких випадках неможливо.

*Якщо показники  $pK_a$  констант послідовної ступінчатої іонізації кислоти розрізняються не менше ніж на 4 одиниці, тобто самі константи  $K_a$  відрізняються не менше ніж у 10000 разів, то стрибки на кривій титрування можуть розділятися.*

Для визначення можливості титрування користуються поняттям «*константи титрування*» –  $K_T$ , яка являє собою відношення сусідніх констант іонізації, або «*показник константи титрування*», який являє собою різницю сусідніх показників констант іонізації.

Можливість титрування за ступенями **багатокислотних основ** визначається згідно величин *констант послідовної ступінчастої іонізації основ*  $K_s$  та значенням  $pK_s$ . Стрибки на кривій титрування розділяються, якщо різниця в значеннях  $pK_s$  послідовних ступенів дисоціації основ складають не менше 4 одиниць, як і у випадку титрування розчинів багатоосновних кислот розчином сильної основи.

**Суміші сильних кислот**, кожна із яких у водному розчині дисоціює повністю, при титруванні розчином сильної основи дають один загальний стрибок на кривій титрування та відтитровуються сумісно як сума сильних кислот.

**Суміш сильної та слабкої кислот** титрується розчином сильної основи послідовно. Сильна кислота подавляє дисоціацію слабкої кислоти і тому відтитровується першою. Після того як сильна кислота буде повністю відтитрована, титрується слабка кислота.

**Суміші слабких або середньої сили кислот або основ** можна роздільно (диференційовано) титрувати, якщо різниця в  $pK_a$  або  $pK_b$  складає не менше 4 одиниць (як і для багатоосновних кислот та багатокислотних основ).

## Заняття № 13

**1. ТЕМА:** Кисотно-основне титрування. Титрування багатоосновних кислот, багатокислотних основ, сумішей кислот або основ.

**2. МЕТА:** Ознайомитись з основами титрування складних кислотно-основних систем, набути вміння застосовувати метод кислотно-основного титрування в аналізі багатоосновних кислот, багатокислотних основ, сумішей кислот або основ.

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:**

3.1. Вивчити теоретичні основи титрування багатоосновних кислот, багатокислотних основ, сумішей кислот або основ.

3.2. Навчитися оцінювати можливість диференційованого титрування багатоосновних кислот, багатокислотних основ; вивчити умови і можливість титрування сумішей кислот або основ у водних середовищах з візуальним фіксуванням кінця титрування.

3.3. Освоїти методику кількісного визначення гідрокарбонату натрію та карбонату натрію у суміші.

3.4. Навчитися розраховувати вміст окремих компонентів у сумішах.

3.5. Навчитися записувати результати вимірювань у відповідності з точністю виміру і оформлювати лабораторний журнал.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

- |  |       |
|--|-------|
| 4.1. Організаційний момент .....   | 2 хв  |
| 4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....   | 3 хв  |
| 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-вмінь (картковий контроль).....                             | 10 хв |
| 4.4. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....   | 40 хв |
| 4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки)..... | 3 хв  |

- 4.6. Лабораторна робота.....110 хв
- 4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів.....10 хв
- 4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....2 хв

#### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити з курсу неорганічної хімії та якісного аналізу: протолітичні рівноваги у водних розчинах багатоосновних кислот та багатокислотних основ, константи послідовної ступінчатої іонізації кислот і основ.

5.2. Вивчити програмний матеріал за даною темою, користуючись рекомендованою літературою і лекцією.

#### Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Особливості титрування багатоосновних кислот і багатокислотних основ. Титрування *фосфорної та вугільної кислот; гідрокарбонату натрію та карбонату натрію у суміші*. Чи можливо відтитрувати фосфорну кислоту як трьохосновну?

2. Розрахунок рН в точках еквівалентності для кожного ступеня при титруванні розчинів багатоосновних кислот та багатокислотних основ. Розрахунок рН розчинів сумішей кислот або основ.

3. Аналіз кривих титрування. В яких випадках на кривих титрування чітко виражені декілька стрибків титрування?

4. Константа титрування, показник константи титрування. Обґрунтування можливості титрування по ступеням багатоосновних кислот та багатокислотних основ і диференційованого титрування сумішей кислот або основ.

5. Диференційоване кількісне визначення компонентів суміші:

- *карбонату натрію та гідроксиду натрію;*
- *фосфорної та хлороводневої кислот;*

– фосфорної кислоти та дигідрофосфату натрію.

### 5.3. Розв'язати задачі:

**Задача 1.** Розрахуйте величини рН у першій та другій точках еквівалентності при титруванні 0,1 М розчину maleїнової кислоти 0,1 М розчином гідроксиду натрію.

Відповідь:  $\text{pH}_1 = 4,07$ ;  $\text{pH}_2 = 9,61$ .

**Задача 2.** Обчисліть титр 0,1011 М розчину гідроксиду натрію за фосфорною кислотою, якщо титрування проводили з індикатором фенолфталеїном.

Відповідь: 0,004954 г/мл.

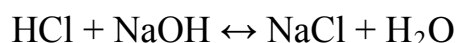
**Задача 3.** Наважка суміші NaOH та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 1,8017 г розчинена в мірній колбі на 500,0 мл. На титрування 25,00 мл розчину в присутності фенолфталеїну витрачається 20,50 мл, а в присутності метилового оранжевого – 21,53 мл 0,1035 М розчину HCl. Обчисліть масову частку (у %)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у зразку.

Відповідь: 12,5%.

### 5.4. Приклад розв'язання задач:

**Задача 1.** Пробу об'ємом 5,00 мл суміші хлороводневої та фосфорної кислот розбавили до 200,0 мл. На титрування 20,00 мл отриманого розчину з метиловим оранжевим, витратили 18,20 мл 0,1012 М розчину гідроксиду натрію; при титруванні такої ж проби розчину з фенолфталеїном витратили 34,70 мл розчину NaOH. Яка маса HCl і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  міститься у 100,0 мл суміші?

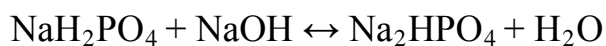
**Розв'язання.**



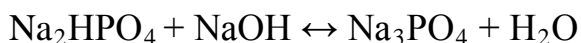
HCl титрується повністю і з індикатором м.о., і з індикатором ф.ф. ( $f = 1$ ).



$$K_{a1} = 7,1 \cdot 10^{-3}; \text{p}K_{a1} = 2,15;$$



$$K_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}; \text{p}K_{a2} = 7,21;$$



$$K_{a3} = 5,0 \cdot 10^{-13}; \text{p}K_{a3} = 12,30.$$

Фосфорна кислота може титруватися тільки за двома ступенями, так як  $K_{a3} < 10^{-8}$ .

За I ступенем  $\text{H}_3\text{PO}_4$  титрується з індикатором м.о. ( $f = 1$ );

$$\text{pHTЭ}_1 = (\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}) : 2 = 2,15 + 7,21 = 4,68.$$

За II ступенем  $\text{H}_3\text{PO}_4$  титрується з індикатором ф.ф. ( $f = 1/2$ );

$$\text{pHTЭ}_2 = (\text{p}K_{a2} + \text{p}K_{a3}) : 2 = 7,21 + 12,30 = 9,76.$$

Таким чином, згідно умовам задачі, з м.о. буде титруватися вся  $\text{HCl}$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  за I ступенем; з ф.ф. буде титруватися вся  $\text{HCl}$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  за двома (I і II) ступенями.

Знаходимо об'єми розчину  $\text{NaOH}$ , які пішли на титрування кожного компонента суміші:

$$V_{\text{на } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ за одним ступенем}} = V_{\text{ф.ф.}} - V_{\text{м.о.}} = 34,70 - 18,20 = 16,50 \text{ мл} \\ (\text{fe}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1).$$

$$V_{\text{на } \text{HCl}} = V_{\text{м.о.}} - V_{\text{на } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ за одним ступенем}} = 18,20 - 16,50 = 1,70$$

мл

$$(\text{fe}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1).$$

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98,00 \text{ г/моль};$$

$$\text{fe}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1;$$

$$M_e(\text{H}_3\text{PO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot \text{fe}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98,00 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ г/моль};$$

$$\text{fe}(\text{HCl}) = 1;$$

$$M_e(\text{HCl}) = M(\text{HCl}) \cdot \text{fe}(\text{HCl}) = 36,46 \text{ г/моль}.$$

Розраховуємо, скільки грамів  $\text{HCl}$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  міститься в 100,0 мл суміші за формулою:

$$m = \frac{V_{(\text{NaOH})} \cdot C_{(\text{NaOH})} \cdot M_e \cdot V_k \cdot 100,0}{1000 \cdot V_{\text{н}} \cdot a};$$

$$m_{(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{16,50 \cdot 0,1012 \cdot 98,00 \cdot 200,0 \cdot 100,0}{1000 \cdot 20,00 \cdot 5,00} = 32,73 \text{ г};$$

$$m_{(\text{HCl})} = \frac{1,70 \cdot 0,1012 \cdot 36,46 \cdot 200,0 \cdot 100,0}{1000 \cdot 20,00 \cdot 5,00} = 1,26 \text{ г}.$$

Відповідь: 1,26 г HCl і 32,73 г H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> міститься в 100,0 мл суміші.

### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.
2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.
3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.
4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 272-287, 299-303, 307-308.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 142-155.
6. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
7. Основы аналитической химии. Под ред. Ю.А. Золотова. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа. – М.: Высшая школа, 1999. – С. 43-45.



8. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 63-66, 69-75.

9. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 108-119.

## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

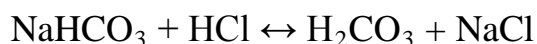
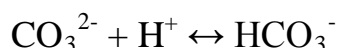
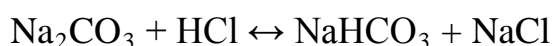
### Визначення масової частки (у %)

### гідрокарбонату натрію і карбонату натрію у суміші

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – окремих наважок.

Хімізм реакції:



Попередні розрахунки:

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,9 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2;$$

$$M_e(\text{Na}_2\text{CO}_3) = f_e(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3);$$

$$M_e(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,9 \cdot 1/2 = 52,99 \text{ г/моль};$$

$$M_e'(\text{Na}_2\text{CO}_3) = M_e(\text{Na}_2\text{CO}_3) : 1000 = 0,05299;$$

$$T(\text{HCl}/\text{Na}_2\text{CO}_3) = C_M(\text{HCl}) \cdot M_e'(\text{Na}_2\text{CO}_3);$$

$$T(\text{HCl}/\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1000 \cdot 0,05299 = 0,005299 \text{ г/мл};$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84,01 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{NaHCO}_3) = 1;$$

$$M_e(\text{NaHCO}_3) = f_e(\text{NaHCO}_3) \cdot M(\text{NaHCO}_3);$$

$$M_e(\text{NaHCO}_3) = 84,01 \cdot 1 = 84,01 \text{ г/моль};$$

$$M_e'(\text{NaHCO}_3) = M_e(\text{NaHCO}_3) : 1000 = 0,08401;$$

$$T(\text{HCl}/\text{NaHCO}_3) = C_M(\text{HCl}) \cdot Me'(\text{NaHCO}_3);$$

$$T(\text{HCl}/\text{NaHCO}_3) = 0,1000 \cdot 0,08401 = 0,008401 \text{ г/мл};$$

$$a(\text{NaHCO}_3) = C_M(\text{HCl}) \cdot Me'(\text{NaHCO}_3) \cdot V.$$

Методика роботи. Наважку суміші, розраховану на 20,00 мл титранту (основний компонент – гідрокарбонат натрію), зважують на аналітичних терезах за різницею, переносять у колбу для титрування, розчиняють у 20 мл свіжопрокип'яченої та охолодженої дистильованої води, додають 1-2 краплі розчину фенолфталеїну і титрують 0,1000 М розчином хлороводневої кислоти до знебарвлення розчину. Записують об'єм кислоти, витрачений на титрування  $V_1(\text{HCl})$ . Потім в колбу додають 1-2 краплі розчину метилового оранжевого і, не доливаючи розчин кислоти в бюретку, продовжують титрувати до переходу жовтого забарвлення розчину в оранжеве. Записують загальний об'єм кислоти, витрачений на титрування  $V_2(\text{HCl})$ . Визначення проводять три рази.

Для кожного визначення розраховують масову частку (у %) карбонату натрію і гідрокарбонату натрію за формулами:

$$\omega_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{2V_{1(\text{HCl})} \cdot T_{(\text{HCl}/\text{Na}_2\text{CO}_3)} \cdot K_p \cdot 100}{a};$$

$$\omega_{(\text{NaHCO}_3)} = \frac{(V_{2(\text{HCl})} - 2V_{1(\text{HCl})}) \cdot T_{(\text{HCl}/\text{NaHCO}_3)} \cdot K_p \cdot 100}{a}.$$

За отриманими результатами розраховують середнє значення масової частки карбонату натрію і гідрокарбонату натрію.

Висновок:

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

## ТИТРУВАННЯ АМФОЛІТІВ

Деякі речовини здатні поводити себе у розчинах і як кислота, і як основа в залежності від умов.

Сполуки, що воложіють такими властивостями, називаються *амфолітами*. До них належать вода, етанол, гідроксиди деяких металів, аніони кислих солей ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  тощо)

Якщо в розчині амфотерної сполуки присутній більш сильний донор протонів (сильна кислота), то вона проявляє основні властивості, являючись їх акцептором; в присутності ж сильного акцептора протонів (основи) амфоліт віддає свої протони, проявляючи кислотні властивості.

Амфотерні речовини володіють *слабкими кислотними* та *слабкими основними* властивостями. Цим і зумовлені особливості визначення амфолітів.

Для вибору методу кислотно-основного титрування амфоліта (ациди-або алкаліметрія) порівнюють його константи кислотності і основності.

## ІНДИКАТОРНІ ПОХИБКИ ТИТРУВАННЯ

Індикаторні похибки зумовлені неспівпаданням значень рН розчину, що титрується, в точці еквівалентності (ТЕ) і рТ індикатора в кінцевій точці титрування (КТТ). Практично неможливо підібрати такий індикатор кислотно-основного титрування, значення рТ якого точно співпадало б зі значенням рН в ТЕ. Тому індикатор міняє своє забарвлення в КТТ або до ТЕ, або після неї. Якщо зміна забарвлення індикатора відбувається до ТЕ, то розчин недотитрований, в КТТ залишається деяка кількість невідтитрованої визначуваної речовини. Якщо ж забарвлення індикатора змінюється після ТЕ, то розчин перетитрований, в КТТ є деяка надлишкова кількість титранту. У зв'язку з цим виміряний об'єм витраченого титранту може бути або менше, або більше стехіометричного об'єму в ТЕ. Величина індикаторної похибки кислотно-основного титрування тим помітніше, чім

більше різниця між значеннями рТ індикатора і рН розчину, що титрують, в ТЕ.

Звичайно намагаються звести індикаторні похибки до мінімуму так, щоб вони, у будь-якому випадку, не перевищували б 0,2%. Це досягається в основному шляхом вибора відповідного індикатора.

В методі кислотно-основного титрування розрізняють декілька типів індикаторних похибок:

– *протонна або водородна похибка* ( $H^+_{\text{пох.}}$ ) – зумовлена присутністю надлишка іонів водню  $H^+$  в розчині, що титрують; виникає при недотитруванні сильної кислоти, або при перетитруванні основи розчином сильної кислоти. Протонна похибка розраховується за формулою:

$$H^+_{\text{пох.}} = \frac{(V_{H^+} + V_{OH^-}) \cdot 10^{-pT}}{C_{H^+} \cdot V_{H^+}} \cdot 100\%$$

– *гідроксидна похибка* ( $OH^-_{\text{пох.}}$ ) – зумовлена наявністю в розчині, що титрують, надлишка гідроксид-іонів сильної основи в КТТ або в результаті недотитрування розчину сильної основи кислотою (негативна похибка), або в результаті перетитрування розчину кислоти сильною основою (позитивна похибка). Гідроксидна похибка розраховується за формулою:

$$OH^-_{\text{пох.}} = \frac{(V_{H^+} + V_{OH^-}) \cdot 10^{pT-14}}{C_{OH^-} \cdot V_{OH^-}} \cdot 100\%$$

– *кислотна похибка* ( $HA_{\text{пох.}}$ ) – зумовлена наявністю в розчині, що титрують, недотитрованих молекул слабкої кислоти. Кислотна похибка розраховується за формулою:

$$HA_{\text{пох.}} = \frac{10^{-pT}}{10^{-pK_a}} \cdot 100\% = 10^{pK_a - pT} \cdot 100\%$$

– *основна похибка* ( $B_{\text{пох.}}$ ) – зумовлена наявністю в розчині, що титрують, недотитрованих молекул слабкої основи. Основна похибка розраховується за формулою:

$$B_{\text{пох.}} = \frac{10^{pT-14}}{10^{-pK_b}} \cdot 100\% = 10^{pK_b + pT - 14} \cdot 100\%$$

## Заняття № 14

**1. ТЕМА: Кисотно-основне титрування. Титрування амфолітів.**

**2. МЕТА: Вивчити загальні положення титриметричного визначення амфолітів. Вивчити індикаторні помилки кислотно-основного титрування.**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:**

3.1. Ознайомитись з теоретичними основами титрування амфолітів і навчитись обгрунтовано обирати метод (ациди- або алкаліметрія) визначення амфолітів.

3.2. Обгрунтувати вибір методики кількісного титриметричного визначення гідрофосфату натрію та дигідрофосфат натрію.

3.3. Провести визначення вмісту гідрофосфат натрію та дигідрофосфату натрію у досліджуваних зразках.

3.4. Навчитись за результатами кількісного визначення робити висновки про відповідність складу досліджуваного зразка формулі, визначати склад аналізованого зразка.

3.5. Вивчити індикаторні помилки кислотно-основного титрування, навчитись їх розраховувати і згідно розрахункам підбирати індикатор.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

- 4.1. Організаційний момент .....2 хв
- 4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....3 хв
- 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-вмінь (картковий контроль).....10 хв
- 4.4. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....40 хв
- 4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки).....3 хв
- 4.6. Лабораторна робота.....110 хв

4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів.....10 хв

4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....2 хв

#### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити з курсу неорганічної хімії та якісного аналізу: амфоліти, рівноваги у водних розчинах амфолітів.

5.2. Вивчити програмний матеріал з даної теми, користуючись рекомендованою літературою та лекцією.

#### Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Рівноваги у водних розчинах амфолітів. Які властивості проявляють амфоліти при взаємодії з кислотами та основами? Показати на прикладі гідрокарбонату, гідро- та дигідрофосфату, гідро- та дигідроарсенату.

2. Вибір методу кислотно-основного титрування амфоліту.

3. Як розрахувати константу кислотності або основності амфоліта, якщо відома одна з цих величин?

4. Як розрахувати рН в точці еквівалентності при титруванні амфоліта?

5. Індикаторні похибки кислотно-основного титрування: протонна (воднева), гідроксидна, кислотна, основна. Причини їх виникнення.

6. Розрахунок індикаторних похибок.

#### 5.3. Розв'язати задачі:

**Задача 1.** Розрахуйте рН 0,01 М розчину гідрокарбонату натрію.

Відповідь: 8,34.

**Задача 2.** Визначте тип і розрахуйте індикаторну похибку при титруванні 0,1 М розчину аміаку 0,1 М розчином хлороводневої кислоти з метиловим червоним ( $pT = 5,0$ ).

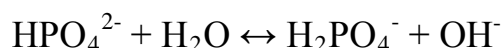
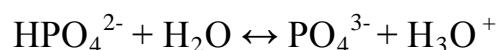
Відповідь: 0,02%.

**Задача 3.** З яким індикатором можна відтитрувати розчин аміаку  $NH_3$ , щоб основна похибка не перевищувала 0,1%?

#### 5.4. Приклад розв'язання задач:

**Задача 1.** Розрахуйте рН 0,05 М розчину гідрофосфату натрію.

**Розв'язання.** Гідрофосфат-іон, що є амфолітом, у водному розчині може, як віддавати іон водню, перетворюючись при цьому у фосфат-іон, так і приймати іон водню, перетворюючись у дигідрофосфат-іон:



Отже рН розчину буде визначатися присутністю фосфат- та дигідрофосфат-іонів, що відповідає іонизації фосфорної кислоти за другим та третім ступенем.

$$pK_{a2} H_3PO_4 = 7,21$$

$$pK_{a3} H_3PO_4 = 12,30$$

$$pH = \frac{pK_{a2H_3PO_4} + pK_{a3H_3PO_4}}{2} = \frac{7,21 + 12,30}{2} = 9,76$$

Відповідь: 9,76.

#### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є.

Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є.Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 272-279, 287-291.

5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 83, 109, 133-136.

6 Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

7. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 63-68.

8. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 119-125.

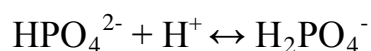
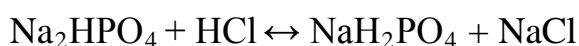
## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### **1.Визначення масової частки (у %) гідрофосфату натрію у зразку.**

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – окремих наважок.

Хімізм реакції:



Попередні розрахунки:

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 358,1 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142,0 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = f_e(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 1;$$

$$Me' = f_3 \cdot M : 1000;$$



$$Me'(Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O) = 358,0 \cdot 1 : 1000 = 0,3581 \text{ г/моль};$$

$$Me'(Na_2HPO_4) = 142,0 \cdot 1 : 1000 = 0,1420 \text{ г/моль};$$

$$T(HCl/Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O) = C_M(HCl) \cdot Me'(Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O);$$

$$T(HCl/Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O) = 0,1000 \cdot 0,3581 = 0,03581 \text{ г/мл};$$

$$T(HCl/Na_2HPO_4) = C_M(HCl) \cdot Me'(Na_2HPO_4);$$

$$T(HCl/Na_2HPO_4) = 0,1000 \cdot 0,1420 = 0,01420 \text{ г/мл};$$

$$a(Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O) = T(HCl/Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O) \cdot V.$$

Методика роботи. Наважку зразка, розраховану на 10,00 мл титранту, зважують на аналітичних терезах за різницею, переносять у колбу для титрування, розчиняють в 5 мл дистильованої води, додають 2,7 г NaCl для більш різкої зміни забарвлення індикатора у кінці титрування, додають 1-2 краплі розчину метилового оранжевого і титрують 0,1000 М розчином хлороводневої кислоти до переходу жовтого забарвлення розчину в оранжеве. Визначення проводять три рази.

Для кожного визначення розраховують масову частку ( $\omega$  %) безводного гідрофосфату натрію і кристалогідрату за формулами:

$$\omega_{(Na_2HPO_4)} = \frac{V_{(HCl)} \cdot T_{(HCl/Na_2HPO_4)} \cdot K_p \cdot 100}{a};$$

$$\omega_{(Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O)} = \frac{V_{(HCl)} \cdot T_{(HCl/Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O)} \cdot K_p \cdot 100}{a}.$$

За отриманими результатами розраховують середнє значення масової частки для безводного гідрофосфату натрію і кристалогідрату.

Розраховують фактичний вміст кристалізаційної води у  $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ .

Висновок:

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ТИТРУВАННЯ В КІЛЬКІСНОМУ АНАЛІЗІ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ТА ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ**

Кисотно-основне титрування у водних середовищах широко застосовують у кількісному аналізі неорганічних, органічних та біологічних речовин, які мають кислотно-основні властивості: сильних та слабких кислот та основ, кислих та основних солей, а також солей, що містять аніони слабких кислот і катіони слабких основ. Можливе також визначення речовин, які не мають кислотно-основних властивостей, але вступають в реакцію з кислотами або основами.

Кисотно-основне титрування вже багато років застосовують для елементного аналізу органічних сполук. Зазвичай ці методи застосовують для визначення неметалів: вуглецю, азоту, хлору, бром, сірки, фосфору тощо.

## Заняття № 15

**1. ТЕМА: Кисотно-основне титрування. Застосування кислотно-основного титрування.**

**2. МЕТА: Навчитися оцінювати можливості методів кислотно-основного титрування та застосовувати їх в аналізі хімічних сполук і лікарських засобів.**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ:**

3.1. Вивчити можливість застосування кислотно-основного титрування для визначення речовин, які проявляють кислотні або основні властивості.

3.2. Навчитися обгрунтовано обирати спосіб титрування, під-бирати індикатор і проводити розрахунок вмісту визначуваних речовин.

3.3. Сформувати вміння застосовувати метод кислотно-основного титрування для визначення хімічних сполук та лікарських речовин.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

- |  |         |
|--|---------|
| 4.1. Організаційний момент .....   | 2 хв    |
| 4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....   | 3 хв    |
| 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-вмінь (картковий контроль).....                             | 10 хв   |
| 4.4. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....   | 40 хв   |
| 4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки)..... | 3 хв    |
| 4.6. Лабораторна робота.....   | 110 хв  |
| 4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів.....          | 10 хв   |
| 4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....                               | 2 хв 5. |

### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити теоретичний матеріал, розв'язання розрахункових задач за темами 1-5.

5.2. Вивчити програмний матеріал з даної теми, користуючись рекомендованою літературою та лекціями.

#### **Навчальні питання для самопідготовки студентів**

1. Визначення солей амонію за методом кислотного-основного титрування (способи титрування, хімізм, умови визначення).

2. Застосування методу кислотного-основного титрування для визначення функціональних груп органічних сполук. Як можна визначити речовини, що містять такі групи: карбоксильну, сульфогрупу, естерну? Запишіть рівняння реакцій, вкажіть способи та умови титрування.

3. Застосування методу кислотного-основного титрування для аналізу органічних сполук за функціональними групами. Як визначають речовини, що містять спиртовий гідроксил, карбонильну та аміногрупи?

4. Галузь застосування методу кислотного-основного титрування. Які кислоти можна визначити цим методом? Опишіть визначення борної кислоти в концентрованих і розбавлених розчинах (спосіб титрування, хімізм, вибір індикатора, розрахунок результату).

5. Застосування методу кислотного-основного титрування для елементного аналізу. На чому засноване визначення сірки, хлору, бромів в органічних сполуках? Запишіть хімізм.

6. Алкаліметрія, пряме та зворотне титрування. Запишіть хімізм визначення солей гідразину, оксикислот та естерів саліцилової кислоти.

7. Чи можлив визначити за методом кислотного-основного титрування саліцилову кислоту, естери саліцилової кислоти? Запишіть хімізм та обґрунтуйте вибір індикатора.

8. Визначення азоту за Кьельдалем. Сутність методу, хімізм.

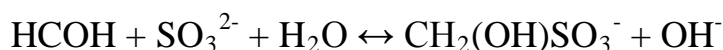
### 5.3. Розв'язати задачі:

**Задача 1.** До розчину суміші амінокислот, що містить 0,1046 г гліцину ( $M = 75,07$  г/моль) та 0,0848 г аланіну ( $M = 89,10$  г/моль), додали надлишок формаліну, попередньо нейтралізованого за фенолфталеїном. Отримані сполуки відтитрували 0,1016 М розчином NaOH. Обчислити об'єм титранту.

Відповідь:

23,08 мл.

**Задача 2.** Пробу розчину формальдегіду об'ємом 5,00 мл розбавили до 100,0 мл. До аліквоти розчину об'ємом 5,00 мл додали сульфід натрію:

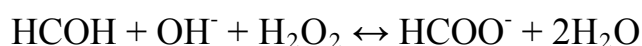


Іони гідроксилу, що утворились у результаті реакції, відтитрували 22,45 мл 0,1000 н. ( $f_3 = 1/2$ ) розчину сірчаної кислоти. Обчисліть концентрацію (г/л)  $\text{CH}_2\text{O}$  у вихідному розчині.

Відповідь: 269,67 г/л.

### 5.4. Приклади розв'язання задач:

**Задача 1.** Для визначення вмісту формальдегіду в пробі наважку препарату масою 3,0170 г обробили 50,00 мл 1,000 М розчину NaOH ( $K_{\text{п}} = 0,9022$ ) в присутності пероксиду водню. При нагріванні перебігла реакція



Після охолодження надлишок лугу відтитрували 20,12 мл розчину HCl с  $T(\text{HCl}) = 0,03798$ . Обчисліть масову частку (у %) формальдегіду в пробі.

**Розв'язання.** Визначення проведено за способом зворотного титрування, методом окремих наважок. Розрахунок результату проводять за формулою:

$$\omega_{(\text{НСОН})} = \frac{(C_{\text{M}(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot K_{\text{п}} - C_{\text{M}(\text{HCl})} \cdot V_{(\text{HCl})}) \cdot M_{\text{E}'(\text{НСОН})} \cdot 100}{a_{(\text{НСОН})}}$$

$M(\text{НСОН}) = 30,03$  г/моль;

$f_{\text{e}}(\text{НСОН}) = 1$ ;

$$Me'(HCOH) = M(HCOH) \cdot fe(HCOH) : 1000 = 0,03003.$$

Оскільки в умовах задачі наведено титр HCl, то попередньо обчислюємо молярну концентрацію HCl:

$$C_M(HCl) = T : Me'(HCl) = 0,03798 : 0,03646 = 1,042 \text{ M}$$

Підставляємо значення в формулу:

$$\omega_{(HCOH)} = \frac{(1,000 \cdot 50,00 \cdot 0,9022 - 1,042 \cdot 20,12) \cdot 0,03003 \cdot 100}{3,0170} = 24,04\% .$$

Відповідь: 24,04%.

### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 282-287, 308-311.

5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 156-165.

6. Государственная фармакопея СССР: Вып. 1. Общие методы анализа. – 11-е изд. – М.: Медицина, 1987. – Т.1. – 336 с.

7. Державна Фармакопея України. – 1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001. – 556 с.
8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
9. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 75-77.
10. Практикум по аналитической химии. Под общ. ред. В.Д. Пономарева, Л.И. Ивановой. - М.: Высшая школа, 1983. – С. 161-167.
11. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 125-128.

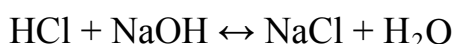
## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### **Визначення масової частки (у %) хлориду амонію у зразку**

**Спосіб титрування – за заміщенням.**

Метод титрування – окремих наважок.

Хімізм визначення:



Попередні розрахунки:

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,49 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1;$$

$$M_e(\text{NH}_4\text{Cl}) = M(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot f_e(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,49 \text{ г/моль};$$

$$M_e'(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,05349;$$

$$T(\text{NaOH}/\text{NH}_4\text{Cl}) = C_M(\text{NaOH}) \cdot M_e'(\text{NH}_4\text{Cl});$$

$$T(\text{NaOH}/\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1000 \cdot 0,05349 = 0,005349 \text{ г/моль};$$

$$a(\text{NH}_4\text{Cl}) = C_M(\text{NaOH}) \cdot M_e'(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot V.$$

Методика визначення. Точну наважку хлориду амонію, розраховану на 20 мл титранту, взяту на аналітичних терезах за різницею, вміщують в колбу для титрування, розчиняють в 15 мл дистильованої води, додають 5 мл формаліну (40% розчин формальдегіду), попередньо нейтралізованого за фенолфталеїном і 1-2 краплі фенолфталеїну. Суміш залишають на 2 хв і титрують 0,1000 М розчином гідроксиду натрію до блідо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 30 с. Визначення проводять три рази. Для кожного визначення розраховують масову частку ( $\omega$  %) хлориду амонію за формулою:

$$\omega_{(\text{NH}_4\text{Cl})} = \frac{V_{(\text{NaOH})} \cdot T_{(\text{NaOH}/\text{NH}_4\text{Cl})} \cdot K_{\text{п}} \cdot 100}{a_{(\text{NH}_4\text{Cl})}}$$

За отриманими результатами розраховують середнє значення масової частки хлориду амонію.

Висновок:

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.



## Заняття № 16

**1. ТЕМА: Підсумкове заняття з розділу «Титриметричні методи аналізу. Кислотно-основне титрування».**

**2. МЕТА: Узагальнити матеріал, перевірити знання студентів з розділу і вміння застосовувати кислотно-основне титрування в аналізі хімічних сполук, лікарських і косметичних засобів.**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ:**

3.1. Здійснити підсумковий контроль знань-вмін з розділу: письмовий картковий контроль, індивідуала співбесіда з кожним студентом по написаній роботі і комп'ютерне тестування.

3.2. Звернути увагу на питання і задачі, що визивають утруднення у студентів.

3.3. Перевірити протоколи лабораторних робіт.

**4. ПЛАН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:**

4.1. Організаційний момент .....	2 хв
4.2. Постановка мети заняття та мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача).....	3 хв
4.3. Виявлення вихідного рівня знань-умінь (картковий контроль).....	40 хв
4.4. Комп'ютерний тестовий контроль.....	30 хв
4.5. Індивідуальна співбесіда.....	95 хв
4.6. Перевірка протоколів.....	8 хв
4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....	2 хв

**5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:**

5.1. Повторити теоретичний матеріал за темами 1-7, розв'язання розрахункових задач з розділу.

5.2. Вивчити за рекомендованою літературою і лекціями питання, які не ввійшли в теми 1-6 (наприклад, титрування в неводних середовищах).

### **Питання з вивченого розділу кількісного аналізу**

#### ***1. Титриметричні методи аналізу***

##### Необхідно знати:

1. Сутність і класифікація титриметричних методів аналізу.
2. Вимоги до реакцій в титриметричних методах аналізу.
3. Титранти (стандартні розчини), способи їх приготування.
4. Способи вираження концентрації титрантої: молярна концентрація, молярна концентрація еквівалента, титр, титр за визначуваною речовиною, поправочний коефіцієнт.
5. Способи (пряме, зворотне і замісне) та методи (окремих наважок і піпетування) титрування. Сутність, переваги і недоліки.
6. Точка еквівалентності, кінцева точка титрування. Способи фіксування точки еквівалентності.
7. Мірний посуд, його класифікація. Точність виміру об'ємів. Калібровка мірного посуду.
8. Розрахунки в титриметричних методах.
  - 8.1. Формули для розрахунку: наважки речовини, молярної концентрації еквівалента титранту, титру, титра титранту за визначуваною речовиною, маси та масової частки речовини за результатами титрування для різних способів і методів титрування з врахуванням різних способів вираження концентрації титрантів.
  - 8.2. Точність запису результатів вимірів і вираження результатів аналізу в значущих цифрах.
  - 8.3. Правильність і відтворюваність результатів аналізу. Похибки в кількісному аналізі. Статистична обробка результатів аналізу.

##### Необхідно вміти:

9. Обирати метод титриметричного аналізу в залежності від хіміко-аналітичних властивостей визначуваних речовин.

10. Обирати та обгрунтовувати спосіб приготування титранту.
11. Обгрунтовувати вибір способу і методу титрування.
12. Проводити розрахунки в титриметричних методах: попередні, концентрації титрантів, результатів аналізу, метрологічних характеристик (статистична обробка результатів аналізу).

## ***2. Кисотно-основне титрування***

### Необхідно знати:

1. Сутність кислотно-основного титрування. Ацидіметрія. Алкаліметрія.
2. Кислотно-основні властивості речовин. Уявлення про кислоти і основи. Катіонні, аніонні та молекулярні кислоти і основи. Амфоліти. Константи кислотності і основності.
3. Вплив природи розчинника на кислотно-основні властивості речовин. Класифікація неводних розчинників: протогенні (кислотні), протопільні (основні), амфіпротні і апротні.
4. Хімізм кислотно-основної взаємодії при титруванні сильних і слабких кислот (катіонних, аніонних, молекулярних); спряжені кислотно-основні пари.
5. Титранти методу кислотно-основного титрування. Приготування і стандартизація розчинів кислот і лугів. Первинні і вторинні стандарти ациді- і алкаліметрії.
6. Способи фіксування точки еквівалентності в кислотно-основному титруванні. рН-індикатори.
7. Основні характеристики рН-індикаторів: показатель титрування, інтервал переходу індикатора. Структура і окраска метилоранжу і фенолфталеїну в різних середовищах.
8. Способи підбору рН-індикаторів: якісний і кількісний.
9. Принцип побудови кривих титрування. Розрахунок рН для побудови кривих титрування. Характер кривих титрування різних кислот і

основ (сильних, слабких, багатоосновних). Вибір індикатора за кривими титрування.

10. Індикаторні похибки. Розрахунок протонної ( $H^+$ -похибки), гідроксидної ( $OH^-$ -похибки), кислотної ( $HA$ -похибки) і основної ( $B$ -похибки) похибок.

11. Можливості і галузі застосування методу кислотно-основного титрування. Обґрунтування можливості визначення речовин з кислотно-основними властивостями на основі констант кислотності іабо основності і константи титрування:

- титрування сильних кислот сильними основами (і навпаки);
- титрування слабких кислот сильними основами і слабких основ сильними кислотами;
- титрування багатоосновних кислот і багатокислотних основ.

12. Титрування в неводних середовищах (протолітометрія). Титранти і індикатори методу. Галузі застосування. Переваги і недоліки.

Необхідно вміти:

13. Написати рівняння реакцій кислотно-основної взаємодії для різного типу кислот і основ.

14. Пояснити вплив природи розчинника на кислотно-основні властивості речовин.

15. Будувати і аналізувати криві титрування для різних кислотно-основних систем.

16. Підбирати кислотно-основні індикатори для фіксування кінцевої точки титрування речовин з кислотними або основними властивостями.

17. Застосовувати метод кислотно-основного титрування і обґрунтовувати умови для вказаних нижче визначень.

17.1. Елементний аналіз: визначення азоту, сірки, хлору, бром.

17.2. Функціональний аналіз: визначення сполук, які містять карбокси-, сульфо-, аміно-, альдегідну групи, спиртовий гідроксил.

### 17.3. Алкаліметричні визначення:

– за способом прямого титрування:

вільних кислот (неорганічних і органічних)-хлороводневої, сульфамінової, оцтової, вищих жирних кислот; винної, лимонної, глютамінової, нікотинової, аскорбінової тощо; солей (катіонних і аніонних кислот) – йодату калію, гідрофталату калію, сульфату гідразину, піридиній перхлорату, дигідрофосфату натрію тощо.

– за способом зворотного титрування:

солей аммонію, естерів;

– за способом заміщення:

борної кислоти за присутності гліцерину або манніту; солей амонію (формольне титрування); амінокислот за присутності формальдегіду; формальдегіду в формаліні тощо.

### 17.4. Ацидіметричні визначення:

– за способом прямого титрування:

сильних і слабких основ – гідроксиду натрію, розчину аміаку, дифенілгуанидіну, трис-(оксиметил)-амінометану тощо; солей (аніонних основ і амфолітів) – розчинних карбонатів, гідрокарбонатів, гідрофосфатів, тетраборатів, саліцилатів, бензоатів; суміші карбонату натрію і гідрокарбонату натрію, гідроксиду натрію і карбонату натрію;

– за способом зворотного титрування:

розчину аміаку, азотистих основ і алкалоїдів, малорозчинних солей кальцію, магнію тощо; гексаметилентетраміну (уротропіну); ртуті(II) амідохлориду;

– за способом заміщення:

хлоридів і нітратів за Тананаєвим; оксиду ртуті(II).

## 18. Визначення речовин в неводних середовищах.

18.1. Титрування в середовищі протофільних розчинників сульфаніламідів, фенолів.

18.2. Титрування в середовищі протогенних розчинників сульфаніламідів.

18.3. Титрування в середовищі амфіпротних розчинників амінів і кислот.

### **Література:**

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 9-58, 193-311.

5. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 24-46, 68-165.

6. Государственная фармакопея СССР: Вып. 1. Общие методы анализа. – 11-е изд. – М.: Медицина, 1987. – Т.1. – 336 с.

7. Державна Фармакопея України. – 1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001. – 556 с.

8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

9. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 5-75.

10. Практикум по аналитической химии. Под общ. ред. В.Д. Пономарева, Л.И. Ивановой. – М.: Высшая школа, 1983. – С. 152-163, 165-166.

11. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 5-34, 68-135.

## 7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

**ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ  
З МЕТОДУ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ТИТРУВАННЯ**

1. Титрантами (стандартними розчинами, робочими розчинами) називають розчини реагентів:
- A. З відомою концентрацією, які використовуються при титруванні.\*
  - B. Певної концентрації.
  - C. З відомим титром.
  - D. З відомою концентрацією.
  - E. Які використовуються при титруванні аналізованої речовини.
2. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням зазначених нижче умов визначення, якщо аналізованої речовини достатньо:
- A. Метод піпетування.\*
  - B. Спосіб прямого титрування.
  - C. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
  - D. Метод окремих наважок.
  - E. Спосіб зворотного титрування.
3. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням зазначених нижче умов визначення, якщо аналізованої речовини мало:
- A. Метод окремих наважок.\*
  - B. Спосіб прямого титрування.
  - C. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
  - D. Спосіб зворотного титрування.
  - E. Метод піпетування.



4. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням зазначених нижче умов визначення, якщо потрібна висока точність визначення:

- A. Метод окремих наважок.\*.
- B. Спосіб прямого титрування.
- C. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
- D. Метод піпетування.
- E. Спосіб зворотного титрування.

5. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням зазначених нижче умов визначення, якщо аналізованої речовини, если аналіз треба провести швидко:

- A. Метод піпетування.\*
- B. Спосіб прямого титрування.
- C. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
- D. Метод окремих наважок.
- E. Спосіб зворотного титрування.

6. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням зазначених нижче умов визначення, якщо аналізований розчин забарвлений:

- A. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.\*
- B. Спосіб прямого титрування.
- C. Спосіб зворотного титрування.
- D. Метод окремих наважок.
- E. Метод піпетування.

7. Для побудови кривої титрування слабкої кислоти сильною основою рН до початку титрування розраховують за формулою:

A.  $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \lg C_a$  \*

B.  $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{C_b}{C_a}$

$$C. \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_a + \frac{1}{2} \lg C_B$$

$$D. \text{pH} = \frac{\text{pK}_{a_1} + \text{pK}_{a_2}}{2}$$

$$E. \text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

8. Для побудови кривої титрування слабкої кислоти сильною основою рН від початку титрування до точки еквівалентності розраховують за формулою:

$$A. \text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{C_B}{C_A} *$$

$$B. \text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \lg C_A$$

$$C. \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_a + \frac{1}{2} \lg C_B$$

$$D. \text{pH} = \frac{\text{pK}_{a_1} + \text{pK}_{a_2}}{2}$$

$$E. \text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

9. Для побудови кривої титрування слабкої кислоти сильною основою рН на початку стрибка титрування розраховують за формулою:

$$A. \text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{C_B}{C_A} *$$

$$B. \text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \lg C_A$$

$$C. \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_a + \frac{1}{2} \lg C_B$$

$$D. \text{pH} = \frac{\text{pK}_{a_1} + \text{pK}_{a_2}}{2}$$

$$E. \text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

10. Для побудови кривої титрування слабкої кислоти сильною основою рН в точці еквівалентності розраховують за формулою:

$$A. \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_a + \frac{1}{2} \lg C_B *$$

$$B. \text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \lg C_A$$

$$C. \text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{C_B}{C_A}$$

$$Д. pH = \frac{pK_{a_1} + pK_{a_2}}{2}$$

$$Е. pH = 14 - pOH$$

11. Для побудови кривої титрування слабкої кислоти сильною основою рН в кінці стрибка титрування розраховують за формулою:

$$А. pH = 14 - pOH *$$

$$В. pH = \frac{pK_{a_1} + pK_{a_2}}{2}$$

$$С. pH = \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \lg C_a$$

$$Д. pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a + \frac{1}{2} \lg C_b$$

$$Е. pH = pK_a + \lg \frac{C_b}{C_a}$$

12. Підберіть формули для розрахунку титру за наважкою:

$$А. \frac{a}{V_k} *$$

$$В. \frac{C_{M_E} \cdot M_{E(p.)}}{1000}$$

$$С. \frac{a \cdot 1000}{V \cdot M_E}$$

$$Д. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$$

$$Е. \frac{T \cdot 1000}{M_E}$$

13. Підберіть формули для розрахунку титру за визначуваною речовиною:

$$А. \frac{C_{M_E} \cdot M_{E(p.)}}{1000} *$$

$$В. \frac{a \cdot 1000}{V \cdot M_E}$$

$$С. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$$

$$Д. \frac{T \cdot 1000}{M_E}$$

$$Е. \frac{a}{V_k}$$

14. Підберіть формули для розрахунку молярної концентрації еквівалента за наважкою:

A.  $\frac{a \cdot 1000}{V \cdot M_E} *$

B.  $\frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$

C.  $\frac{T \cdot 1000}{M_E}$

D.  $\frac{C_{M_E} \cdot M_{E(p.)}}{1000}$

E.  $\frac{a}{V_k}$

15. Підберіть формули для розрахунку молярної концентрації еквівалента за титром:

A.  $\frac{T \cdot 1000}{M_E} *$

B.  $\frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$

C.  $\frac{C_{M_E} \cdot M_{E(p.)}}{1000}$

D.  $\frac{a \cdot 1000}{V \cdot M_E}$

E.  $\frac{a}{V_k}$

16. Підберіть формули для розрахунку наважки твердої речовини:

A.  $\frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000} *$

B.  $\frac{T \cdot 1000}{M_E}$

C.  $\frac{C_{M_E} \cdot M_{E(p.)}}{1000}$

D.  $\frac{a \cdot 1000}{V \cdot M_E}$

E.  $\frac{a}{V_k}$

17. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст у розчині сірчаної кислоти:

- A. Алкаліметрія.\*
- B. Ацидіметрія.
- C. І те, і інше.
- D. Ни те, ни інше.

18. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст у розчині натрію гідрокарбонату:

- A. Ацидіметрія.\*
- B. Алкаліметрія.
- C. І те, і інше.
- D. Ни те, ни інше.

19. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст у розчині натрію гідрофосфату:

- A. Ацидіметрія.\*
- B. Алкаліметрія.
- C. І те, і інше.
- D. Ни те, ни інше.

20. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст у розчині каюю сульфату:

- A. Ни те, ни інше.\*
- B. Ацидіметрія.
- C. І те, і інше.
- D. Алкаліметрія.

21. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст у розчині калію гідрофталату:

- A. І те, і інше.\*
- B. Ацидіметрія.
- C. Алкаліметрія.
- D. Ни те, ни інше.

22. Первинні стандарти повинні відповідати вимогам:

- A. Бути хімічно чистими і відповідати хімічній формулі.
- B. Бути стійкими при зберіганні в твердому вигляді і в розчині.
- C. Мати велику молярну масу еквівалента.
- D. Легко очищатися перекристалізацією або іншим способом.
- D. Всім перерахованим вище.\*

23. Первинними стандартами називаються речовини:

- A. Що володіють усіма перерахованими властивостями.\*
- B. Хорошо розчинні в воді.
- C. Стійкі при зберіганні.
- D. Які мають велику величину молярної маси еквівалента.
- E. Які відповідають хімічній формулі.

24. Крива титрування – це:

- A. Графічне зображення зміни рН в процесі титрування.\*
- B. Різка зміна рН поблизу точки еквівалентності.
- C. Недотитровано 0,1% речовини.
- D. Додано строго еквівалентну кількість титранту.
- E. Речовина перетитрована на 0,1%.

25. Стрибок титрування – це:

- A. Різка зміна рН поблизу точки еквівалентності.\*

- В. Графічне зображення зміни рН в процесі титрування.
- С. Недотитровано 0,1% речовини.
- Д. Додано строго еквівалентну кількість титранту.
- Е. Речовина перетирована на 0,1%..

26. Початок стрибка титрування – це:

- А. Недотитровано 0,1% речовини.\*
- В. Графічне зображення зміни рН в процесі титрування.
- С. Різка зміна рН поблизу точки еквівалентності.
- Д. Додано строго еквівалентну кількість титрантутитранта.
- Е. Речовина перетирована на 0,1%..

27. Кінець стрибка титрування – це:

- А. Речовина перетирована на 0,1%..\*
- В. Графічне зображення зміни рН в процесі титрування.
- С. Недотитровано 0,1% речовини.
- Д. Додано строго еквівалентну кількість титранту.
- Е. Різка зміна рН поблизу точки еквівалентності.

28. Точка еквівалентності – це:

- А. Додано строго еквівалентну кількість титранту.\*
- В. Графічне зображення зміни рН в процесі титрування.
- С. Недотитровано 0,1% речовини.
- Д. Різка зміна рН поблизу точки еквівалентності.
- Е. Речовина перетирована на 0,1%..

29. Підберіть формулу для розрахунку наважки твердої речовини:

А.  $\frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$  \*

В.  $\frac{C_{M_E} \cdot M_E}{1000}$

$$C. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E \cdot 100}{C\% \cdot 1000}$$

$$D. \frac{C_{M_E \text{ практ.}}}{C_{M_E \text{ теор.}}}$$

$$E. \frac{C_{M_E 1} \cdot V_1}{V}$$

30. Підберіть формулу для розрахунку титру розчину:

$$A. \frac{C_{M_E} \cdot M_E}{1000} *$$

$$B. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$$

$$C. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E \cdot 100}{C\% \cdot 1000}$$

$$D. \frac{C_{M_E \text{ практ.}}}{C_{M_E \text{ теор.}}}$$

$$E. \frac{C_{M_E 1} \cdot V_1}{V}$$

31. Підберіть формулу для розрахунку наважки розчину:

$$A. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E \cdot 100}{C\% \cdot 1000} *$$

$$B. \frac{C_{M_E} \cdot M_E}{1000}$$

$$C. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$$

$$D. \frac{C_{M_E \text{ практ.}}}{C_{M_E \text{ теор.}}}$$

$$E. \frac{C_{M_E 1} \cdot V_1}{V}$$

32. Підберіть формулу для розрахунку поправочного коефіцієнта до молярної концентрації еквівалента:

$$A. \frac{C_{M_E \text{ практ.}}}{C_{M_E \text{ теор.}}} *$$

$$B. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$$



$$C. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E \cdot 100}{C\% \cdot 1000}$$

$$D. \frac{C_{M_E} \cdot M_E}{1000}$$

$$E. \frac{C_{M_{E1}} \cdot V_1}{V}$$

33. Підберіть формулу для розрахунку молярної концентрації еквівалента титранту:

$$A. \frac{C_{M_{E1}} \cdot V_1}{V} *$$

$$B. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E}{1000}$$

$$C. \frac{C_{M_E} \cdot V_k \cdot M_E \cdot 100}{C\% \cdot 1000}$$

$$D. \frac{C_{M_{E\text{практ.}}}}{C_{M_{E\text{теор.}}}}$$

$$E. \frac{C_{M_E} \cdot M_E}{1000}$$

34. Вкажіть, яким стандартом є натрію гідроксид:

A. Вторинний стандарт.\*

B. Первинний стандарт.

C. І те, і інше.

D. Ни те, ни інше.

35. Вкажіть, яким стандартом є щавлева кислота:

A. Первинний стандарт.\*

B. Вторинний стандарт.

C. І те, і інше.

D. Ни те, ни інше.

36. Вкажіть, яким стандартом є натрію тетраборат:

A. Первинний стандарт.\*

В. Вторинний стандарт.

С. І те, і інше.

Д. Ни те, ни інше.

37. Вкажіть, яким стандартом є 0,1000 М розчин хлороводневої кислоти:

А. Вторинний стандарт.\*

В. Первинний стандарт.

С. І те, і інше.

Д. Ни те, ни інше.

38. Реакції, що застосовуються в титриметричних методах аналізу, повинні відповідати вимогам:

А. Перебігати в стехіометричних співвідношеннях.\*

В. Перебігати з достатньою швидкістю.\*

С. Повинна бути можливість фіксування точки еквівалентності.\*

Д. Не повинні перебігати побічні реакції.\*

Е. Реакція повинна перебігати кількісно.\*

39. Який з наведених нижче законів є теоретичною основою титриметричних методів аналізу:

А. Закон еквівалентів.\*

В. Закон збереження маси речовин.

С. Закон кратних відношень.

Д. Закон об'ємних відношень.

40. Підберіть визначення поняття «точка еквівалентності»:

А. Кількість титранту строго еквівалентна кількості визначуваної речовини.\*

В. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.

С. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.

Д. Момент при титрування, коли  $\text{pH} = 7$ .

Е. Момент закінчення титрування.

41. Підберіть визначення поняття «кінцева точка титрування»:

А. Момент закінчення титрування.\*

В. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.

С. Кількість титранту строго еквівалентна кількості визначуваної речовини.

Д. Момент при титрування, коли  $\text{pH} = 7$ .

Е. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.

42. Підберіть визначення поняття «показник титрування індикатору»:

А. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.\*

В. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.

С. Кількість титранту строго еквівалентна кількості визначуваної речовини.

Д. Момент при титрування, коли  $\text{pH} = 7$ .

Е. Момент закінчення титрування.

43. Підберіть визначення поняття «точка нейтральності»:

А. Момент при титрування, коли  $\text{pH} = 7$ .\*

В. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.

С. Кількість титранту строго еквівалентна кількості визначуваної речовини.

Д. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.

Е. Момент закінчення титрування.

44. Підберіть визначення поняття «інтервал переходу індикатору»:

А. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.\*

В. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.

С. Кількість титранту строго еквівалентна кількості визначуваної речовини.

Д. Момент при титрування, коли  $\text{pH} = 7$ .

Е. Момент закінчення титрування.

45. Масову частку (у %) сірчаної кислоти в аналізованій пробі при прямому титруванні за методом піпетування розчином лугу можна розрахувати за формулою:

$$\text{А. } \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{\text{E}(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000 \cdot V_{\text{п}}} \cdot 100\% *$$

$$\text{В. } \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{\text{E}(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{1000}$$

$$\text{С. } \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{\text{E}(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000} \cdot 100\%$$

$$\text{Д. } \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{\text{E}(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{1000 \cdot V_{\text{п}}}$$

$$\text{Е. } V_{(\text{NaOH})} \cdot T_{(\text{NaOH})} \cdot K_{\text{п}}$$

46. Масову частку (у %) сірчаної кислоти в аналізованій пробі при прямому титруванні за методом окремих наважок розчином лугу можна розрахувати за формулою:

$$A. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000} \cdot 100\% *$$

$$B. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{1000}$$

$$C. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000 \cdot V_{\text{п}}} \cdot 100\%$$

$$D. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{1000 \cdot V_{\text{п}}}$$

$$E. v_{(\text{NaOH})} \cdot T_{(\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot K_{\text{п}}$$

47. Грамовий вміст сірчаної кислоти в аналізованій пробі при прямому титруванні розчином лугу за методом окремих наважок можна розрахувати за формулою:

$$A. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{1000} *$$

$$B. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000} \cdot 100\%$$

$$C. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000 \cdot V_{\text{п}}} \cdot 100\%$$

$$D. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{1000 \cdot V_{\text{п}}}$$

$$E. v_{(\text{NaOH})} \cdot T_{(\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot K_{\text{п}}$$

48. Грамовий вміст сірчаної кислоти в аналізованій пробі при прямому титруванні розчином лугу за методом піпетування можна розрахувати за формулою:

$$A. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_{\text{к}}}{1000 \cdot V_{\text{п}}} *$$

$$B. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{1000}$$

$$C. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000} \cdot 100\%$$

$$D. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_k}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000 \cdot V_{\text{II}}} \cdot 100\%$$

$$E. v_{(\text{NaOH})} \cdot T_{(\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot K_{\text{II}}$$

49. Грамовий вміст сірчаної кислоти в аналізованій пробі при прямому титруванні розчином лугу за методом окремих наважок через титр за визначуваною речовиною можна розрахувати за формулою:

$$A. v_{(\text{NaOH})} \cdot T_{(\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot K_{\text{II}}^*$$

$$B. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_k}{1000 \cdot V_{\text{II}}}$$

$$C. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{1000}$$

$$D. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)}}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000} \cdot 100\%$$

$$E. \frac{C_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot M_{E(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V_k}{a_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000 \cdot V_{\text{II}}} \cdot 100\%$$

50. Підберіть первинний стандарт для стандартизації приблизно 0,05 М розчину сірчаної кислоти:

A. Натрію карбонат.\*

B. Натрію хлорид.

C. Щавлева кислота.

D. Оксид мишьяку.

E. Натрію нітрат.

51. Підберіть первинний стандарт для стандартизації приблизно 0,1 М розчину калію гідроксиду:

A. Щавлева кислота.\*

B. Натрію хлорид.

C. Натрію карбонат.

Д. Оксид мишьяку.

Е. Натрію нітрат.

52. Підберіть первинний стандарт для стандартизації приблизно 0,1 М розчину хлороводневої кислоти:

А. Натрію карбонат.\*

В. Натрію хлорид.

С. Щавлева кислота.

Д. Оксид мишьяку.

Е. Натрію нітрат.

53. Підберіть первинний стандарт для стандартизації приблизно 0,05 М розчину барію гідроксиду:

А. Щавлева кислота.\*

В. Натрію хлорид.

С. Натрію карбонат.

Д. Оксид мишьяку.

Е. Натрію нітрат.

54. Підберіть первинний стандарт для стандартизації приблизно 0,1 М розчину азотної кислоти:

А. Натрію карбонат.\*

В. Натрію хлорид.

С. Щавлева кислота.

Д. Оксид мишьяку.

Е. Натрію нітрат.

55. З якими індикаторами можна титрувати ортофосфорну кислоту:

А. І те, і інше.\*

В. Фенолфталеїн.

С. Метилловий оранжевий.

Д. Ни те, ни інше.

56. З якими індикаторами можна титрувати натрію оксалат:

А. Ни те, ни інше.\*

В. Фенолфталеїн.

С. І те, і інше.

Д. Метилловий оранжевий.

57. З якими індикаторами можна титрувати натрію карбонат:

А. І те, і інше.\*

В. Фенолфталеїн.

С. Метилловий оранжевий.

Д. Ни те, ни інше.

58. З якими індикаторами можна титрувати натрію гідрокарбонат:

А. Метилловий оранжевий.\*

В. Фенолфталеїн.

С. І те, і інше.

Д. Ни те, ни інше.

59. З якими індикаторами можна титрувати натрію дигідрофосфат:

А. Фенолфталеїн.\*

В. Метилловий оранжевий.

С. І те, і інше.

Д. Ни те, ни інше.

60. Для побудови кривої титрування необхідно розрахувати рН в різні моменти титрування:

А. До початку титрування.\*



- В. В момент полунейтралізації.\*
- С. На початку стрибка титрування.\*
- Д. В точці еквівалентності.\*
- Е. В кінці стрибка титрування.\*

61. При підборі рН-індикаторів найбільш суттєве значення має:

- А. рН середовища в точці еквівалентності.\*
- В. Природа титранту.
- С. Властивості продуктів реакції.
- Д. Природа визначуваних речовин.
- Е. Зміна рН середовища в процесі титрування.

62. Один із способів кількісного підбору рН індикаторів – підрахунок індикаторних похибок, обумовлених невідповідністю рН в точці кінця титрування (рТ індикатора) рН в точці еквівалентності. Підберіть назву похибки і формулу для розрахунку за рахунок недотитрування сильних кислот або перетитрування слабких основ:

А. Протонна похибка: 
$$H_{\text{пох.}}^+ = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{-\text{pT}}}{C_{\text{H}^+} \cdot V_{\text{H}^+}} \cdot 100\% *$$

В. Гідроксидна похибка: 
$$\text{OH}_{\text{пох.}}^- = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{\text{pT}-14}}{C_{\text{OH}^-} \cdot V_{\text{OH}^-}} \cdot 100\%$$

С. Кислотна похибка: 
$$\text{HA}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a - \text{pT}} \cdot 100\%$$

Д. Концентраційна індикаторна похибка: 
$$\text{pT} - \text{pT}_i$$

Е. Основна похибка: 
$$B_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a + \text{pT} - 14} \cdot 100\%$$

63. Один із способів кількісного підбору рН індикаторів – підрахунок індикаторних похибок, обумовлених невідповідністю рН в точці кінця титрування (рТ індикатора) рН в точці еквівалентності. Підберіть назву похибки і формулу для розрахунку за рахунок недотитрування лугів або перетитрування слабких кислот:

А. Гідроксидна похибка:  $\text{OH}_{\text{пох.}}^- = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{\text{pT}-14}}{C_{\text{OH}^-} \cdot V_{\text{OH}^-}} \cdot 100\% *$

В. Протонна похибка:  $\text{H}_{\text{пох.}}^+ = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{-\text{pT}}}{C_{\text{H}^+} \cdot V_{\text{H}^+}} \cdot 100\%$

С. Кислотна похибка:  $\text{HA}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a - \text{pT}} \cdot 100\%$

Д. Концентраційна індикаторна похибка:  $\text{pT} - \text{pT}_i$

Е. Основна похибка:  $\text{B}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a + \text{pT} - 14} \cdot 100\%$

64. Один із способів кількісного підбору рН індикаторів – підрахунок індикаторних похибок, обумовлених невідповідністю рН в точці кінця титрування (рТ індикатора) рН в точці еквівалентності. Підберіть назву похибки і формулу для розрахунку за рахунок недотитрування слабких кислот:

А. Кислотна похибка:  $\text{HA}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a - \text{pT}} \cdot 100\% *$

В. Протонна похибка:  $\text{H}_{\text{пох.}}^+ = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{-\text{pT}}}{C_{\text{H}^+} \cdot V_{\text{H}^+}} \cdot 100\%$

С. Гідроксидна похибка:  $\text{OH}_{\text{пох.}}^- = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{\text{pT}-14}}{C_{\text{OH}^-} \cdot V_{\text{OH}^-}} \cdot 100\%$

Д. Концентраційна індикаторна похибка:  $\text{pT} - \text{pT}_i$

Е. Основна похибка:  $\text{B}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a + \text{pT} - 14} \cdot 100\%$

65. Один із способів кількісного підбору рН індикаторів – підрахунок індикаторних похибок, обумовлених невідповідністю рН в точці кінця титрування (рТ індикатора) рН в точці еквівалентності. Підберіть назву похибки і формулу для розрахунку за рахунок недотитрування слабких основ:

А. Основна похибка:  $\text{B}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a + \text{pT} - 14} \cdot 100\% *$

В. Протонна похибка:  $\text{H}_{\text{пох.}}^+ = \frac{(V_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}) \cdot 10^{-\text{pT}}}{C_{\text{H}^+} \cdot V_{\text{H}^+}} \cdot 100\%$

С. Кислотна похибка:  $\text{HA}_{\text{пох.}} = 10^{\text{pK}_a - \text{pT}} \cdot 100\%$

Д. Концентраційна індикаторна похибка:  $pT - pT_1$

Е. Гідроксидна похибка:  $OH_{\text{пох.}}^- = \frac{(V_{H^+} + V_{OH^-}) \cdot 10^{pT-14}}{C_{OH^-} \cdot V_{OH^-}} \cdot 100\%$

66. Один із способів кількісного підбору рН індикаторів – підрахунок індикаторних похибок, обумовлених невідповідністю рН в точці кінця титрування (рТ індикатора) рН в точці еквівалентності. Підберіть назву похибки і формулу для розрахунку зсуву точки кінця титрування при збільшенні концентрації індикатора:

А. Концентраційна індикаторна похибка:  $pT - pT_1$  \*

В. Протонна похибка:  $H_{\text{пох.}}^+ = \frac{(V_{H^+} + V_{OH^-}) \cdot 10^{-pT}}{C_{H^+} \cdot V_{H^+}} \cdot 100\%$

С. Кислотна похибка:  $HA_{\text{пох.}} = 10^{pK_a - pT} \cdot 100\%$

Д. Гідроксидна похибка:  $OH_{\text{пох.}}^- = \frac{(V_{H^+} + V_{OH^-}) \cdot 10^{pT-14}}{C_{OH^-} \cdot V_{OH^-}} \cdot 100\%$

Е. Основна похибка:  $B_{\text{пох.}} = 10^{pK_a + pT - 14} \cdot 100\%$

67. Розчин може містити хлороводневу кислоту, фосфорну кислоту або натрію дигідрофосфат (один компонент або два в розумному поєднанні). На титрування 25,00 мл цього розчину витрачено 0,1 М розчину натрію гідроксиду до: переходу забарвлення метилоранжа – 18,72 мл і переходу забарвлення фенолфталеїну – 23,60 мл. Використовуйте цю інформацію для встановлення складу розчину і підберіть найбільш прийнятну відповідь:

А. Розчин містить хлороводневу кислоту і фосфорну кислоту. \*

В. Розчин містить фосфорну кислоту.

С. Розчин містить хлороводневу кислоту.

Д. Розчин містить натрію дигідрофосфат.

Е. Розчин містить фосфорну кислоту і натрію дигідрофосфат.

68. Розчин може містити хлороводневу кислоту, фосфорну кислоту або натрію дигідрофосфат (один компонент або два в розумному поєднанні). На титрування 25,00 мл цього розчину витрачено 0,1 М розчину натрію гідроксиду до: переходу забарвлення метилоранжа – 7,93 мл і переходу забарвлення фенолфталеїну – 7,95 мл. Використовуйте цю інформацію для встановлення складу розчину і підберіть найбільш прийнятну відповідь:

- A. Розчин містить хлороводневу кислоту.\*
- B. Розчин містить фосфорну кислоту.
- C. Розчин містить хлороводневу кислоту і фосфорну кислоту.
- D. Розчин містить натрію дигідрофосфат.
- E. Розчин містить фосфорну кислоту і натрію дигідрофосфат.

69. Розчин може містити хлороводневу кислоту, фосфорну кислоту або натрію дигідрофосфат (один компонент або два в розумному поєднанні). На титрування 25,00 мл цього розчину витрачено 0,1 М розчину натрію гідроксиду до: переходу забарвлення метилоранжа – 0,00 мл і переходу забарвлення фенолфталеїну – 16,77 мл. Використовуйте цю інформацію для встановлення складу розчину і підберіть найбільш прийнятну відповідь:

- A. Розчин містить натрію дигідрофосфат.\*
- B. Розчин містить фосфорну кислоту.
- C. Розчин містить хлороводневу кислоту і фосфорну кислоту.
- D. Розчин містить хлороводневу кислоту.
- E. Розчин містить фосфорну кислоту і натрію дигідрофосфат.

70. Розчин може містити хлороводневу кислоту, фосфорну кислоту або натрію дигідрофосфат (один компонент або два в розумному поєднанні). На титрування 25,00 мл цього розчину витрачено 0,1 М розчину натрію гідроксиду до: переходу забарвлення метилоранжа – 13,12 мл і переходу забарвлення фенолфталеїну – 35,19 мл. Використовуйте цю інформацію для встановлення складу розчину і підберіть найбільш прийнятну відповідь:

- A. Розчин містить фосфорну кислоту і натрію дигідрофосфат.\*
- B. Розчин містить фосфорну кислоту.
- C. Розчин містить хлороводневу кислоту і фосфорну кислоту.
- D. Розчин містить натрію дигідрофосфат.
- E. Розчин містить хлороводневу кислоту.

71. Розчин може містити хлороводневу кислоту, фосфорну кислоту або натрію дигідрофосфат (один компонент або два в розумному поєднанні). На титрування 25,00 мл цього розчину витрачено 0,1 М розчину натрію гідроксиду до: переходу забарвлення метилоранжа – 13,12 мл і переходу забарвлення фенолфталеїну – 35,19 мл. Використовуйте цю інформацію для встановлення складу розчину і підберіть найбільш прийнятну відповідь:

- A. Розчин містить фосфорну кислоту.\*
- B. Розчин містить хлороводневу кислоту.
- C. Розчин містить хлороводневу кислоту і фосфорну кислоту.
- D. Розчин містить натрію дигідрофосфат.
- E. Розчин містить фосфорну кислоту і натрію дигідрофосфат.

72. Залежно від рН в точці еквівалентності при титруванні різних речовин застосовують різні кислотно-основні індикатори. Які індикатори можна застосувати для титрування з достатньою точністю бензойної кислоти  $K_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$ :

- A. Фенолфталеїн.\*
- B. Метилловий оранжевий.
- C. І те, і інше.
- D. Ни те, ни інше.

73. Залежно від рН в точці еквівалентності при титруванні різних речовин застосовують різні кислотно-основні індикатори. Які індикатори

можна застосувати для титрування з достатньою точністю метиламіну  $K_b = 4,6 \cdot 10^{-3}$ :

- А. Метилловий оранжевий.\*
- В. Фенолфталеїн.
- С. І те, і інше.
- Д. Ни те, ни інше.

74. Залежно від рН в точці еквівалентності при титруванні різних речовин застосовують різні кислотно-основні індикатори. Які індикатори можна застосувати для титрування з достатньою точністю натрію карбонату  $K_{a1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$ :

- А. І те, і інше.\*
- В. Фенолфталеїн.
- С. Метилловий оранжевий.
- Д. Ни те, ни інше.

75. Залежно від рН в точці еквівалентності при титруванні різних речовин застосовують різні кислотно-основні індикатори. Які індикатори можна застосувати для титрування з достатньою точністю аніліну  $K_b = 4,3 \cdot 10^{-10}$ :

- А. Ни те, ни інше.\*
- В. Фенолфталеїн.
- С. І те, і інше.
- Д. Метилловий оранжевий.

76. Залежно від рН в точці еквівалентності при титруванні різних речовин застосовують різні кислотно-основні індикатори. Які індикатори можна застосувати для титрування з достатньою точністю натрію гідроксиду:

- А. І те, і інше.\*
- В. Фенолфталеїн.

С. Метилловий оранжевий.

Д. Ни те, ни інше.

77. Використовуючи метод ацидиметрії, способом прямого титрування, можна визначити зміст:

А. Сильних і слабких основ ( $K_B \geq 10^{-7}$ ).\*

В. Аліфатичних амінів ( $K_B \geq 10^{-7}$ ).\*

С. Деяких розчинних солей (карбонатів, гідрокарбонатів, дигідрофосфатів).\*

Д. Деяких малорозчинних солей ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  тощо).

Е. Органічних азотовмісних основ ( $K_B < 10^{-7}$ ).

78. У яких з наведених нижче сумішей можна здійснити роздільне (диференційоване) титрування компонентів:

А. Пікринова кислота ( $K_a = 4,2 \cdot 10^{-1}$ ) і антранілова кислота ( $K_a = 1,1 \cdot 10^{-5}$ ).\*

В. Дихлороцтова кислота ( $K_a = 5 \cdot 10^{-2}$ ) і оцтова кислота ( $K_a = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ).

С. Мурашина кислота ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ) і синильна кислота ( $K_a = 5 \cdot 10^{-10}$ ).

Д. Бензойна кислота ( $K_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$ ) і амінобензойна кислота ( $K_a = 1,1 \cdot 10^{-5}$ ).

79. Визначення азоту за Кьельдалем включає наступні стадії:

А. Попереднє відновлення при аналізі неорганічних нітратів і нітритів, органічних нітро- і азосполук.

В. Розкладання зразка (окиснення концентрованою сірчаною кислотою).

С. Дистиляція (відгонка) аміаку.

Д. Титрування надлишку хлороводневої кислоти або метаборат-іону.

Е. Всі перелічені.\*

80. Вкажіть речовину, при титруванні якої 0,1 М розчином хлороводневою кислотою спостерігається найбільший стрибок титрування:

- А. Натрію гідроксид.\*
- В. Барію гідроксид ( $K_{B2} = 2,3 \cdot 10^{-1}$ ).
- С. Літію гідроксид ( $K_B = 6,8 \cdot 10^{-1}$ ).
- Д. Тріетиламін ( $K_B = 1 \cdot 10^{-3}$ ).
- Е. Кальцію гідроксид ( $K_{B2} = 4,0 \cdot 10^{-2}$ ).

### ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Титриметричний (об'ємний) аналіз</b> .....	5
<b>Заняття 10.</b> Уведення в кількісний аналіз. Техніка зважування. Титриметричні методи аналізу. Кисотно-основне титрування.....	11
<b>Кисотно-основне титрування</b> .....	17
<b>Заняття 11.</b> Кисотно-основне титрування. Титрування сильних кислот сильними основами і навпаки.....	21
<b>Види титрування, які застосовують в титриметричному аналізі</b> .....	27
<b>Заняття № 12.</b> Кисотно-основне титрування. Титрування слабких кислот лугами і слабких основ сильними кислотами.....	29
<b>Титрование багатоосновних кислот, багатокислотних основ, сумішей кислот або основ</b> .....	34
<b>Заняття № 13.</b> Кисотно-основне титрування. Титрування багатоосновних кислот, багатокислотних основ, сумішей кислот або основ.....	36
<b>Титрування амфолітів</b> .....	43
<b>Заняття № 14.</b> Кисотно-основне титрування. Титрування амфолітів.....	45
<b>Застосування методу кисотно-основного титрування в кількісному аналізі хімічних речовин і лікарських засобів</b> .....	50
<b>Заняття № 15.</b> Кисотно-основне титрування. Застосування КОТ.....	51
<b>Заняття № 16.</b> Підсумкове заняття з розділу «Титриметричні методи аналізу. Кисотно-основне титрування».....	57



<b>Питання тестового контролю по методу кислотно-основного титрування.....</b>	<b>64</b>
--	-----------