

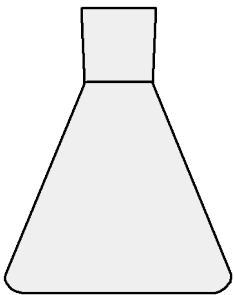
## ОСНОВИ ТИТРИМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

Титриметричний або об'ємний аналіз це частина кількісного аналізу речовин.  
*Титрування – це додавання (приливання) одного розчину до другого.*

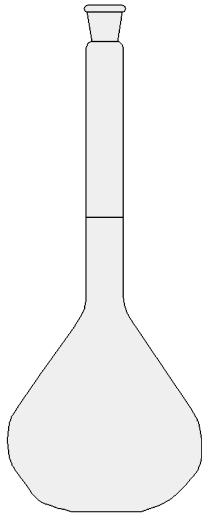
*Вимірювальний посуд та його застосування*

В титриметричному аналізі використовують різний вимірювальний хімічний посуд.

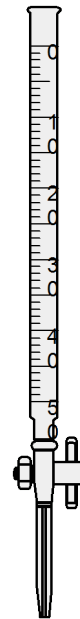
- 1) *Колби конічні* – використовують для титрування.
- 2) *Колби мірні* – використовують для виготовлення розчинів точної концентрації.
- 4) *Бюретка* – для титрування.
- 3) *Піпетки* – для переносу певного об'єму розчину. Із *кінцевої* піпетки розчин виливають до кінця; із *некінцевої* – до нижньої поділки.
- 4) *Воронки* – для переносу наважки та для фільтрування осаду.
- 5) *Стакан мірний* – для вимірювання приблизного об'єму рідини.



Колба конічна



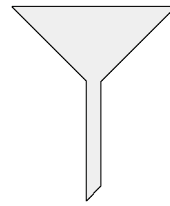
Мірна колба



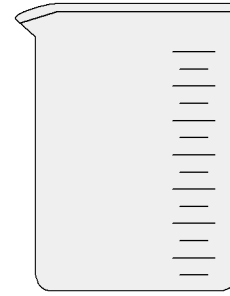
Бюретка



Піпетка



Воронка



Стакан мірний

**Титриметричний аналіз ґрунтується на точному вимірюванні об'єму титрованого розчину, витраченого на взаємодію з певним об'ємом досліджуваного розчину.**

**Титрованим називають розчин із точно відомою концентрацією.**

Методи приготування титрованого розчину:

- 1) із фіксаналу: ампула з точною наважкою речовини, яку розчиняють в певному об'ємі розчинника;
- 2) за точною наважкою (точно зважена маса), яку розчиняють в певному об'ємі розчинника;
- 3) за приблизною наважкою, з наступним визначенням точної концентрації (титру) за вихідною речовиною.

Незавжди можна приготувати титрований розчин за точною наважкою.

Наприклад, NaOH поглинає з повітря вологу та карбон (IV) оксид (вуглекислий газ), тому склад його непостійний;  $H_2SO_4$  – гігроскопічна (поглинає воду). Тому беруть приблизну наважку, розчиняють у воді, а потім встановлюють титр за вихідними речовинами.

**Вихідними називаються речовини, з яких готують титрований розчин за точною наважкою.**

Такі речовини повинні відповідати певним вимогам:

- а) повинні бути хімічно чистими, тобто не містити домішок;
- б) склад повинен відповідати формулі. Наприклад,  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ;
- в) не повинні змінюватися під час зберігання;
- г) повинні добре розчинятися у воді.

Кінець реакції між титрованим та досліджуваним розчинами встановлюють за зміною забарвлення індикатора.

**Індикатори**– це слабкі органічні кислоти або основи, які змінюють своє забарвлення залежно від рН розчину.

**Інтервал значення рН, в якому індикатор змінює своє забарвлення, називається інтервалом переходу забарвлення індикатора.**

В об'ємному аналізі частіше використовують такі індикатори:

Індикатор	Забарвлення в кислому середовищі	Інтервал переходу забарвлення, рН	Забарвлення в лужному середовищі
Метилоранж	рожевий	3,1 – 4,4	жовтий
Фенолфталеїн	безбарвний	8,2 – 10,5	малиновий

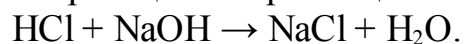
Індикатори змінюють своє забарвлення, тому що молекули та іони індикатора мають різне забарвлення, а наявність молекул або іонів залежить від реакції середовища розчину.

Залежно від типу хімічної реакції титриметричний аналіз поділяється на різні методи: нейтралізації, осадження, комплексонометрії, оксидиметрії.

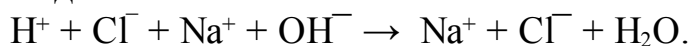
Ми розглянемо метод нейтралізації або метод кислотно-основного титрування.

**Метод нейтралізації** – це метод об'ємного аналізу, в якому використовуються титровані розчини кислот та лугів.

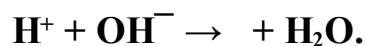
В основі методу лежить реакція нейтралізації. Наприклад:



В іонному вигляді:



Скорочене іонне рівняння:



Це основне рівняння методу нейтралізації.

Залежно від титрованого розчину метод нейтралізації ділиться на метод *алкаліметрії* та *ацидиметрії*.

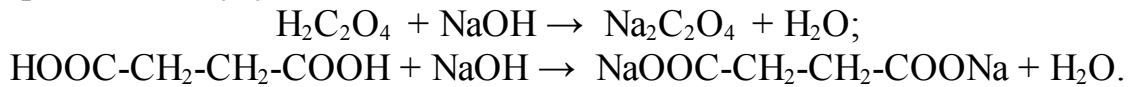
### Алкаліметрія.

**Алкаліметрія** – це метод визначення кислот та солей, які дають під час гідролізу кислу реакцію, за допомогою титрованого розчину лугу.

Титровані робочі розчини методу – це розчини NaOH або KOH.

Так як склад їх несталий (поглинають із повітря воду і вуглекислий газ), спочатку готують розчин за приблизною наважкою, а потім встановлюють титр за *вихідними речовинами*.

Вихідними речовинами в алкаліметрії є щавлева кислота (оксалатна)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{HOOC}-\text{COOH}$ ) або янтарна кислота  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$  (сукцинат), які взаємодіють із робочим розчином лугу так:

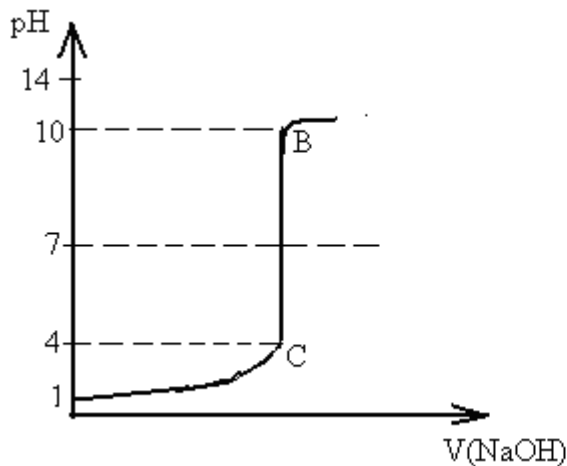
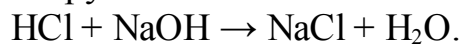


Хід титрування характеризується кривою титрування.

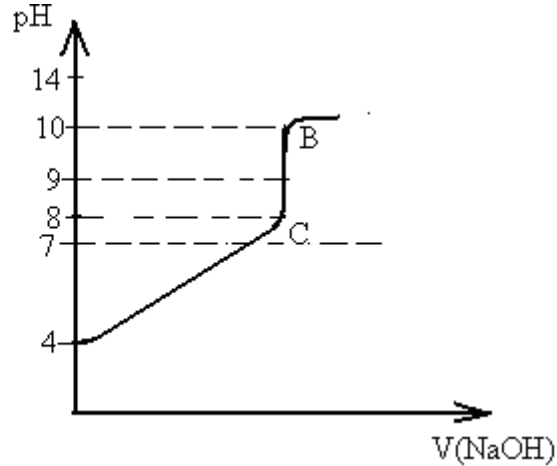
*Крива титрування показує зміну рН розчину, що титрується, залежно від об'єму титрованого.*

В алкаліметрії є два варіанти титрування.

А) Сильна кислота титрується сильною основою (лугом):



А



Б

Розглянемо криву А:

початковий рН сильної кислоти може дорівнювати 1. В процесі доливання до розчину кислоти титрованого розчину лугу рН поступово збільшується – відрізок 1–С. В точці С кислоти залишається дуже мало, і в результаті додавання однієї краплі титрованого розчину лугу відбувається різка зміна рН – відрізок С–В. Внаслідок цього змінюється забарвлення індикатора і титрування закінчується.

**Така різка зміна рН внаслідок додавання однієї зайвої краплі титрованого розчину, називається *стрибком титрування*.**

Під час титрування сильної кислоти лугом стрибок титрування знаходиться в межах  $\text{pH} = 4-10$ .

Посередині стрибка титрування знаходиться точка з величиною  $\text{pH} = 7$ .

**Це точка еквівалентності: величина рН, за якого речовини прореагували в еквівалентних кількостях.**

Кінець титрування визначають за зміною забарвлення індикатора. Принцип вибору індикатора такий:

**інтервал переходу індикатора повинен співпадати зі стрибком титрування.**

Для даного випадку беруть індикатор фенолфталеїн, тому що його інтервал переходу забарвлення рН=8,2-10,5 розміщується в межах стрибка титрування. В досліджуваному розчині кислоти фенолфталеїн безбарвний, а в кінці титрування з'являється малинове забарвлення.

Б) Слабка кислота титрується сильною основою. Наприклад:



Розглянемо криву Б:

початковий рН слабкої кислоти може дорівнювати 4. На початку додавання до розчину кислоти титрованого розчину лугу рН поступово збільшується – відрізок 4–С. В точці С кислоти залишається дуже мало, і після додавання однієї краплі титрованого розчину лугу відбувається різка зміна рН – відрізок С–В. Внаслідок змінюється забарвлення індикатора і титрування закінчується.

Під час титрування слабкої кислоти лугом стрибок титрування лежить в межах рН = 8-10, а точка еквівалентності рН = 9.

Індикатор беруть також фенолфталеїн.

Тобто під час титрування лугом треба використовувати індикатор фенолфталеїн.

Чому під час титрування слабкої кислоти лугом стрибок титрування та еквівалентна точка знаходяться в лужному середовищі? Це пояснюється тим, що під час взаємодії слабкої кислоти та лугу утворюється сіль (рівняння 1), яка гідролізується і створює лужне середовище (рівняння 2).

### *Застосування алкаліметрії в медицині*

Існує багато методів визначення концентрації речовин, але алкаліметрію використовують для попереднього аналізу або в тих випадках, коли немає можливості застосувати інші методи.

Методом алкаліметрії можна визначити:

а)  $\text{HCl}$  – 8,2-8,3%-ний розчин застосовується як фармакопейний препарат для підвищення кислотності шлункового соку;

$\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , лимонна та ін. – використовуються в фармації для аналізу;

б) можна визначати кислотність шлункового соку, сечі.

### **Ацидіметрія.**

**Ацидіметрія – це метод визначення основ та солей, що дають під час гідролізу лужну реакцію, титрованим розчином кислоти.**

Титровані робочі розчини методу – це розчини  $\text{HCl}$  або  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Склад їх несталий ( $\text{HCl}$  випаровується, «димить», а  $\text{H}_2\text{SO}_4$  поглинає з повітря воду), спочатку готують розчин за приблизною наважкою, а потім встановлюють титр за вихідними речовинами.

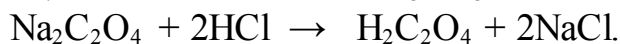
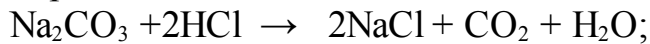
Вихідними речовинами в ацидіметрії є:

натрій карбонат –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

натрій тетраборат (бура) –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;

натрій оксалат –  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ .

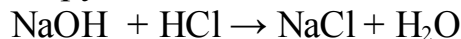
Вони реагують і з робочим розчином кислоти так:



Ці солі використовують як вихідні речовини, тому що вони в результаті гідролізу дають лужну реакцію і можуть титруватися кислотою.

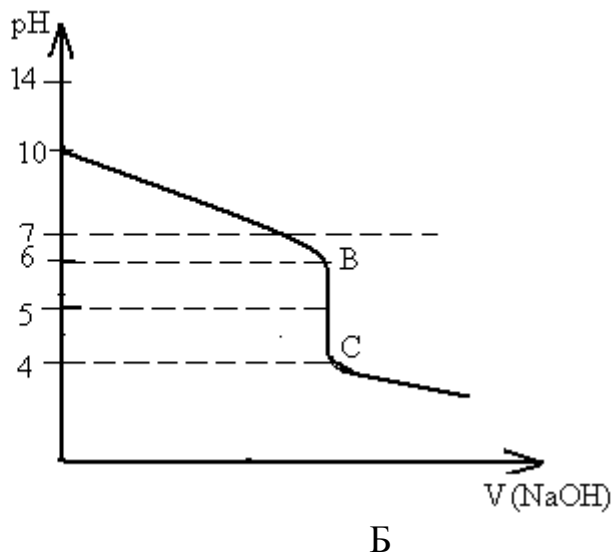
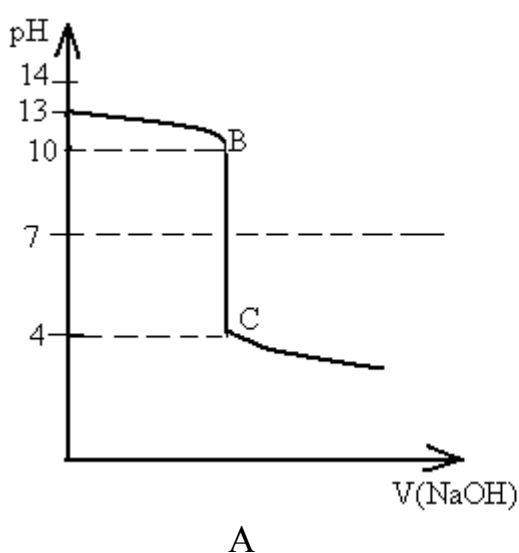
Хід титрування графічно показують кривою титрування.

А) Сильна основа титрується сильною кислотою:



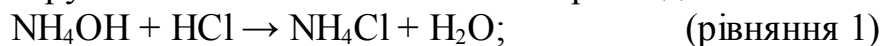
Розглянемо криву А:

початковий рН сильної основи може дорівнювати 13. На початку доливання до розчину основи титрованого розчину кислоти рН поступово зменшується – відрізок 13–В. В точці В основи залишається дуже мало, і під час додавання однієї краплі титрованого розчину кислоти відбувається різка зміна рН – відрізок В–С. В результаті змінюється забарвлення індикатора і титрування закінчують.



Стрибок титрування рН = 10 - 4, точка еквівалентності рН=7. Індикатор вибираємо метилоранж, тому що його інтервал переходу рН= 3,1 - 4,4 співпадає зі стрибком титрування. В досліджуваному розчині основи метилоранж жовтий, а в кінці титрування змінює забарвлення на рожеве.

В) Слабка основа титрується сильною кислотою. Наприклад:



Розглянемо криву Б:

початковий рН слабкої основи може дорівнювати 10. На початку додавання до розчину основи титрованого розчину кислоти рН поступово зменшується – відрізок 10–В. В точці В основи залишається дуже мало, і в результаті додавання однієї краплі титрованого розчину кислоти відбувається різка зміна рН – відрізок В–С. Змінюється забарвлення індикатора і титрування закінчують.

Стрибок титрування лежить в межах рН = 6 – 4, а точка еквівалентності рН = 5.

Індикатор беруть також метилоранж.

Під час титрування сильною кислотою краще брати індикатор метилоранж.

Чому під час титрування слабкої основи сильною кислотою стрибок титрування та еквівалентна точка знаходяться в кислому середовищі? Це пояснюється тим, що продуктом взаємодії слабкої основи та сильної кислоти є сіль (рівняння 1), яка гідролізується і створює кисле середовище (рівняння 2).

### *Застосування ацидіметрії в медицині*

Ацидіметрію також використовують для попереднього аналізу або в тих випадках, коли немає можливості застосувати інші методи.

Методом ацидіметрії можна визначати:

- NaOH, KOH – використовують в фармації для аналізу;
- NH<sub>4</sub>OH – визначають в питній воді, його надлишок негативно впливає на ЦНС; визначають концентрацію лікарського препарату (3%-ий розчин);
- NaHCO<sub>3</sub> – антацидний засіб, необхідно знати його чистоту;
- визначають тимчасову твердість води;
- визначають рН кишкового соку.