

Міністерство охорони здоров'я України  
Запорізький державний медичний університет  
Кафедра аналітичної хімії

**АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**  
**Модуль 1**

**КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ**  
**Змістовий модуль 2**

Навчально-методичний посібник  
для студентів 2 курсу  
медичного факультету спеціальності  
224 «Технологія медичної діагностики та лікування»

Запоріжжя 2017

Навчально-методичний посібник склали:

доктор фармацевтичних наук, професор С. О. Васюк  
кандидат фармацевтичних наук А. С. Коржова

Рецензенти:

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри фармацевтичної хімії С. І. Коваленко;  
доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри токсикологічної і неорганічної хімії О. І. Панасенко.

Навчально-методичний посібник затверджено:

на засіданні Циклової методичної комісії фізико-хімічних дисциплін Запорізького державного медичного університету (протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.),  
на засіданні Центральної методичної ради Запорізького державного медичного університету (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.) і рекомендовано для застосування в навчальному процесі студентами 2 курсу медичного факультету спеціальності «Лабораторна діагностика».

## КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ

**Кількісний аналіз речовини** – це експериментальне визначення кількості хімічних елементів, іонів, атомів, атомних груп, молекул в аналізованій речовині.

Звичайно методи кількісного аналізу розділяються на *хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні*.

**Хімічні методи** аналізу включають *гравіметричні (вагові) та титриметричні (об'ємні) методи*.

**Гравіметричний аналіз** заснований на точному вимірюванні маси визначуваного компонента, відділеного від інших компонентів системи або в хімічно чистому стані, або у вигляді сполуки точно відомого складу.

**Титриметричний аналіз** заснований на вимірюванні об'єму розчину реактиву точно відомої концентрації, витраченого на реакцію з даною кількістю визначуваної речовини.

**Фізико-хімічні та фізичні (інструментальні) методи аналізу** включають оптичні, хроматографічні, електрохімічні та деякі інші.

## ТИТРИМЕТРИЧНИЙ (ОБ'ЄМНИЙ) АНАЛІЗ

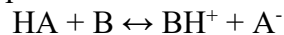
**Титриметричний (об'ємний) аналіз** – це метод кількісного аналізу, заснований на точному вимірюванні об'єму реагенту, витраченого на реакцію з визначуваною речовиною. Тобто, це аналіз, заснований на титруванні.

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

### Класифікація титриметричних методів аналізу

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

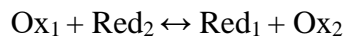
**1. Кислотно-основне титрування** – засноване на реакції переносу іонів водню від однієї реагуючої частки до іншої в розчині:



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).

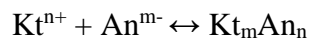
**2. Окисно-відновне титрування (редокс-метрія)** – засноване на реакції переносу електронів від відновника до окисника:



Розрізняють:

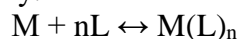
- *оксидиметричні методи*: перманганатометрія, йодиметрія, дихроматометрія, бромо- та броматометрія, цериметрія, нітритометрія, йодхлорметрія та ін.;
- *редуктометричні методи*: аскорбінометрія, титанометрія, ферометрія та ін.

**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: комплексометрію, меркуриметрію, фториметрію та ін.

### 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 приготованого титру (за точною наважкою стандартної речовини), способом встановленого титру та з фіксаналів.

#### 1. Спосіб приготованого 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:

$$T = \frac{a}{V_k}, \quad C_{Me} = \frac{T}{M_e'}, \text{ де}$$

$T$  – титр розчину, г/мл;

$a$  – маса наважки речовини, г;

$V_k$  – ємність мірної колби, мл;

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

$M_e'$  – мілімолярна маса еквіваленту речовини.

#### 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:

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

$C_{Me}$  та  $C_{Me1}$  – 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:

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

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 запаена 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.

## Заняття № 6

**ТЕМА:** Уведення в кількісний аналіз. Техніка зважування. Титриметричні методи аналізу. Кислотно-основне титрування.

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

### 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.

### Література:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 5-10, 18-27.
3. 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.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### 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.

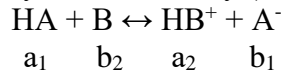
Допустимі відхилення в об'ємі для піпеток на 5,00 мл:

1 клас – 0,01 мл, 2 клас – 0,02 мл.

## 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.

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

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

В процесі титрування значення pH 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.

**Крива титрування** – це графічна залежність зміни pH розчину від об'єму доданого титранту.

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

## Заняття № 7

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

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

## Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Які реакції лежать в основі методу кисотно-основного титрування? В чому сутність ациді- та алкаліметрії?
2. Які речовини можна визначити кисотно-основним титруванням?
3. В якому напрямку йдуть реакції кисотно-основної взаємодії. При якому значенні константи рівноваги реакції проходять до кінця?
4. На чому засноване фіксування кінцевої точки титрування?
5. Теорія кисотно-основних індикаторів. Іонна, хромоформна та іонно-хромофорна теорії пояснення природи зміни забарвлення індикаторів. Що таке інтервал переходу кисотно-основного індикатора, показник титрування  $pT$ ?
6. Які існують способи підбору індикаторів для фіксування кінцевої точки титрування?
7. Криві титрування. Як розраховують значення  $pH$  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  $pH$ -індикатори?
9. Яким способом готують титровані розчини кислот та лугів? Які речовини застосовують в якості первинних стандартів?

## Література:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 44-61, 68-69, 75-77.
3. 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.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

2.1. Приготування 250 мл 0,1 М розчину NaOH

Спосіб приготування – встановленого титру.

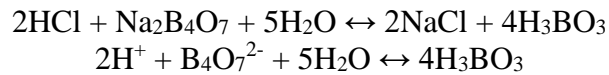
Методика роботи. Мірним циліндром відмірюють 25 мл 1 М розчину NaOH та вміщують в мірний циліндр на 250 мл, доводять дистильованою водою до позначки, перемішують, переливають в склянку, закривають пробкою, наклеюють етикетку із зазначенням концентрації і об'єму приготованого розчину, дати приготування,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

2. 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 НСІ розраховують титр, молярну концентрацію розчину хлороводневої кислоти та коефіцієнт поправки за формулами:

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

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

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



## 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.

Пряме титрування застосовують у тих випадках, коли реакція відповідає всім вимогам, що висувуються до реакцій у титриметричному аналізі.

**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.

Зворотне титрування використовують у тих випадках, коли мала швидкість прямої реакції, відсутній підходящий індикатор або речовина летка.

**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.

Метод окремих наважок більш тривалий, ніж метод піпетування, але він дозволяє запобігти можливим помилкам, пов'язаним з вимірюванням об'ємів.

Для розрахунку результатів титриметричного аналізу у *грамах* або *масовій частці* ( $\omega$  %) використовують формулу з урахуванням способу та методу титрування.

### **Пряме та замісне титрування**

Метод *окремих наважок*

$$m = \frac{C_{(т-ту)} \cdot V_{(т-ту)} \cdot M_{e(р-ни)}}{1000}$$

$$\omega = \frac{C_{(т-ту)} \cdot V_{(т-ту)} \cdot M_{e(р-ни)}}{a_{(р-ни)} \cdot 1000} \cdot 100\%$$

Метод *піпетування*

$$m = \frac{C_{(т-ту)} \cdot V_{(т-ту)} \cdot M_{e(р-ни)} \cdot V_k}{1000 \cdot V_{\pi}}$$

$$\omega = \frac{C_{(т-ту)} \cdot V_{(т-ту)} \cdot M_{e(р-ни)} \cdot V_k}{a_{(р-ни)} \cdot 1000 \cdot V_{\pi}} \cdot 100\%$$

### Зворотне титрування

Метод окремих наважок

$$m = \frac{(V_{(т-ту1)} \cdot C_{(т-ту1)} - V_{(т-ту2)} \cdot C_{(т-ту2)}) \cdot M_{e(р-ни)}}{1000}$$

$$\omega = \frac{(V_{(т-ту1)} \cdot C_{(т-ту1)} - V_{(т-ту2)} \cdot C_{(т-ту2)}) \cdot M_{e(р-ни)}}{a_{(р-ни)} \cdot 1000} \cdot 100\%$$

Метод піпетування

$$m = \frac{(V_{(т-ту1)} \cdot C_{(т-ту1)} - V_{(т-ту2)} \cdot C_{(т-ту2)}) \cdot M_{e(р-ни)} \cdot V_k}{1000 \cdot V_{п}}$$

$$\omega = \frac{(V_{(т-ту1)} \cdot C_{(т-ту1)} - V_{(т-ту2)} \cdot C_{(т-ту2)}) \cdot M_{e(р-ни)} \cdot V_k}{a_{(р-ни)} \cdot 1000 \cdot V_{п}} \cdot 100\%$$

\*В наведених формулах прийняті позначення:

$a_{(р-ни)}$  – наважка аналізованої речовини, г;

$C_{(т-ту)}$  – концентрація титранту, моль/л;

$V_{(т-ту)}$  – об'єм титранту, мл;

$M_{e(р-ни)}$  – молярна маса еквівалента аналізованої речовини, г/моль;

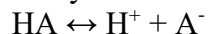
$V_k$  – об'єм мірної колби, мл;

$V_{п}$  – об'єм мірної піпетки, тобто об'єм розчину, чкий взято для титрування, мл.

## 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<sub>a</sub>** – константа іонізації кислоти (константа кислотності);

**K<sub>b</sub>** – константа іонізації основи (константа основності).

Значення K<sub>a</sub> та K<sub>b</sub> 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 № 8

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

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

## 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?

## Література:

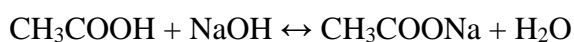
1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 52-66, 69-77.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 81-117.

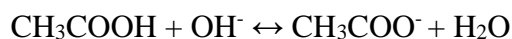
## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

**Визначення масової частки (γ %) 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:

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

## ТИТРУВАННЯ БАГАТООСНОВНИХ КИСЛОТ, БАГАТОКИСЛОТНИХ ОСНОВ, СУМІШЕЙ 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'явитися стрибки для кожного послідовного ступеню. *Розділення і чітке проявлення цих стрибків на кривій титрування залежить від величин констант послідовної ступінчатої іонізації кислоти  $K_a$ .*

### ТИТРУВАННЯ АМФОЛІТІВ

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

Сполуки, що володіють 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.

### 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.

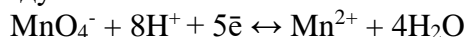
Кисотно-основне титрування вже багато років застосовують для елементного аналізу органічних сполук. Зазвичай ці методи застосовують для визначення неметалів: вуглецю, азоту, хлору, бром, сірки, фосфору тощо.

## ОКИСНО-ВІДНОВНЕ ТИТРУВАННЯ

### ПЕРМАНГНАТОМЕТРІЯ

Перманганатометрія, або перманганатометрическое титрування, - це метод оксидиметрического титрування з використанням титранту  $\text{KMnO}_4$ .

Зазвичай титрування проводять в сильноокислой середовищі в присутності сірчаної кислоти. Основне рівняння методу:



$$E^0_{\text{MnO}_4, 8\text{H}^+/\text{Mn}^{2+}} = 1,51\text{В};$$

$$f_3 = 1/5.$$

Фіксування кінцевої точки титрування в перманганатометрії безіндикаторне. Надлишкова крапля титранту забарвлює тітруємий розчин в рожевий колір.

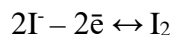
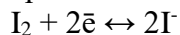
Титрант методу - розчин калію перманганату готують способом встановленого титру. Стандартизацію розчину  $\text{KMnO}_4$  проводять за  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH})_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}$ (мет.),  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , солі Мора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

### ЙОДИМЕТРІЯ И ЙОДОМЕТРІЯ

Йодиметрія - метод визначення речовин з використанням окисних властивостей стандартного розчину йоду.

Йодометрія - метод визначення окисників, заснований на використанні відновних властивостей йодид-іонів і стандартного розчину тіосульфату натрію як титранту.

В основі методів йодиметрії і йодометрії лежать напівреакції:



Фактор еквівалентності йоду -  $1/2$ .

Кінцеву точку титрування визначають індикаторним і безіндикаторним методами. Як індикатор використовують 0,5-1,0% розчин крохмалю, утворить з йодом сполуку інтенсивно-синього кольору.

Титранти методів йоді- і йодометрії: розчин йоду в йодид калію для визначення відновників прямим титруванням і розчин тіосульфату натрію для визначення окисників замісним титруванням.

## Заняття № 9

**ТЕМА:** Окисно-відновне титрування. Перманганатометрія. Йодиметрія, йодометрія  
**МЕТА:** Вивчити теоретичні основи методів окисно-відновного титрування, оволодіти методом перманганатометрії, йодиметрії та йодометрії і навчитися застосовувати його для аналізу неорганічних і органічних речовин

## Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Сутність методів окислювально-відновного титрування.
2. Класифікація методів окислювально-відновного титрування.
3. Вимоги до реакцій в ОВТ.
4. Фіксування кінцевої точки титрування в методах ОВТ. Індикатори окислювально-відновного титрування.
5. Криві окислювально-відновного титрування. Розрахунок редокс-потенціалів в різні моменти титрування. Від чого залежить стрибок на кривій ОВТ.
6. Перманганатометрическое титрування. Сутність і основне рівняння методу. Умови проведення перманганатометрического титрування.
7. Титрант методу. Спосіб його приготування. Стандартизація розчину перманганату калію по щавлевої кислоти.
8. Фіксування кінцевої точки титрування в перманганатометрії.
9. Визначення пероксиду водню.
10. Визначення солей заліза (II).
11. Визначення нітритів. Сутність реверсивного титрування.
12. Визначення солей кальцію, барію та інших індиферентних речовин.
13. Визначення окислювачів (дихромат калію).
14. Визначення органічних сполук (Форміат).
15. Сутність методів йодиметрії і йодометрії. Які реакції лежать в основі цих методів?
16. Способи фіксування кінцевої точки титрування при проведенні йоди- і йодометричних визначень.
17. Титранти методів йоди- і йодометрії. Як готують стандартні розчини йоду і тіосульфату натрію?
18. Які способи титрування використовують при йодиметричному визначенні відновників? Чому не всі відновники можна відтитрувати прямим способом?
19. Який спосіб титрування застосовують при визначенні окисників?
20. Умови проведення йоди- і йодометричних визначень.
21. Застосування йоди- і йодометрії для визначення

## Література:

1. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 105-123.
3. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 137-178.

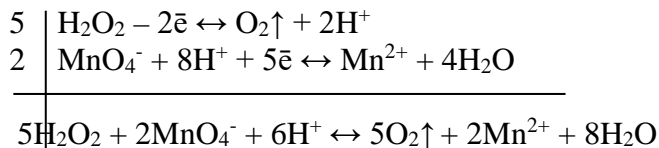


## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### Перманганатометричне визначення масової частки (у%) пероксиду водню в розчині

Спосіб титрування - прямий.  
Метод титрування - піпетування.

Хімізм реакції:



Попередні розрахунки:

$$\begin{aligned} M(\text{H}_2\text{O}_2) &= 34,02 \text{ г/моль}; \\ f_3(\text{H}_2\text{O}_2) &= 1/2; \\ M_3(\text{H}_2\text{O}_2) &= M(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot f_3(\text{H}_2\text{O}_2) = 17,01 \text{ г/моль}; \\ M_3'(\text{H}_2\text{O}_2) &= M_3(\text{H}_2\text{O}_2) : 1000 = 0,01701; \\ T(\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{O}_2) &= C_{M_3}(\text{KMnO}_4) \cdot M_3'(\text{H}_2\text{O}_2); \\ T(\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{O}_2) &= 0,05000 \cdot 0,01701 = 0,0008505 \text{ г/мл}. \end{aligned}$$

Методика визначення. У мірну колбу місткістю 50,00 мл переносять за допомогою піпетки 5,00 мл аналізованого розчину, доводять дистильованою водою до мітки і ретельно перемішують. З розведення відбирають піпеткою 10,00 мл розчину в колбу для титрування, додають 5 мл розчину сірчаної кислоти в співвідношенні 1: 4 і титрують 0,05000 н. розчином перманганату калію до появи блідо-рожевого забарвлення розчину. Титрування повторюють до отримання трьох відтворюваних результатів.

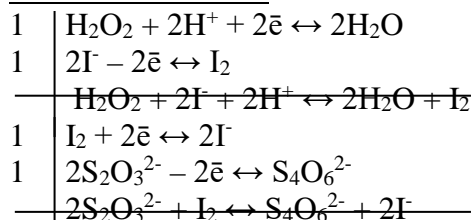
За середнім значенням обсягу титранту розраховують масову частку (у%) пероксиду водню за формулою:

$$\omega_{(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{V_{(\text{KMnO}_4)} \cdot T_{(\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{O}_2)} \cdot K_{\text{п}} \cdot V_{\text{к}} \cdot 100\%}{a_{(\text{H}_2\text{O}_2)} \cdot V_{\text{п}}}$$

### Йодометричне визначення масової частки (у%) пероксиду водню в розчині

Спосіб титрування - по заміщенню.  
Метод титрування - піпетування.

Хімізм визначення:



Попередні розрахунки:

$$\begin{aligned} M(\text{H}_2\text{O}_2) &= 34,02 \text{ г/моль}; \\ f_3(\text{H}_2\text{O}_2) &= 1/2; \\ M_3(\text{H}_2\text{O}_2) &= M(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot f_3(\text{H}_2\text{O}_2) = 17,01 \text{ г/моль}; \end{aligned}$$

$$a_{(H_2O_2)} = \frac{C_{M_{\text{Э}}(Na_2S_2O_3)} \cdot M_{\text{Э}(H_2O_2)} \cdot V_k \cdot 100}{C\%_{(H_2O_2)} \cdot 1000}.$$

Методика визначення. 5,00 мл отриманої лабораторної проби піпеткою переносять в мірну колбу місткістю 50,00 мл, доводять дистильованою водою до мітки і ретельно перемішують. 10,00 мл отриманого розчину піпеткою переносять в склянку з притертою пробкою, туди ж циліндром відміряють 5 мл 2 М розчину сірчаної кислоти і 5 мл свіжоприготованого 10% розчину йодиду калію, закривають пробкою, змоченою розчином йодиду калію і перемішують. Отриманий розчин витримують протягом 5 хв в темному місці, потім розбавляють до 100 мл дистильованою водою і виділився йод титрують 0,02000 М розчином тіосульфату натрію спочатку до світло-жовтого кольору розчину, потім додають 2 мл 0,5% розчину крохмалю і дотитровивають розчином тіосульфату натрію до повного зникнення синього забарвлення розчину, кожен раз, добре перемішуючи його. Титрування проводять до отримання трьох відтворюваних результатів.

За середнім значенням обсягу титранту розраховують масову частку (у%) пероксиду водню за формулою:

$$\omega_{(H_2O_2)} = \frac{V_{(Na_2S_2O_3)} \cdot C_{M_{\text{Э}}(Na_2S_2O_3)} \cdot M_{\text{Э}(H_2O_2)} \cdot K_{\text{п}} \cdot V_k \cdot 100}{V_{\text{п}} \cdot a_{(H_2O_2)} \cdot 1000}.$$

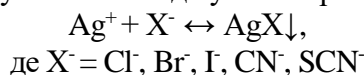
## ОСАДЖУВАЛЬНЕ ТИТРУВАННЯ

*Осаджувальне титрування* – це метод титриметрического аналізу, заснований на визначенні обсягу стандартного розчину титранта-осадника, витраченого на кількісне осадження визначуваного компонента.

### Класифікація методів осаджувального титрування

1. Аргентометрія ( $\text{AgNO}_3$ ).
2. Тіоціанатометрія ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ).
3. Меркурометрія ( $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ ) или ( $\text{Hg}_2(\text{ClO}_4)_2$ ).
4. Гексаціанофератометрія  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .
5. Сульфатометрія ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
6. Баріометрія ( $\text{BaCl}_2$ ).
7. Плюмбометрія ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), ( $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ).

*Аргентометрія, або аргентометрическое титрування*, - метод осаджувального титрування, заснований на використанні стандартного розчину нітрату срібла  $\text{AgNO}_3$  як реагента-осадника. В основі методу лежать осаджувальні реакції:



Залежно від способу проведення титрування і застосовуваного індикатора розрізняють 4 методи аргентометрического титрування: метод Гей-Люссака, метод Мора, метод Фаянса-Фішера-Ходакова та метод Фольгарда.

## КОМПЛЕКСИМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ

Комплексиметрія, або комплексиметрическое титрування, - метод титриметричного аналізу, заснований на застосуванні реакцій комплексоутворення між визначеним компонентом аналізованого розчину і титрантом.

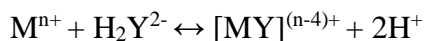
Метод частіше застосовують для визначення катіонів металів-комплексоутворювачів.

### *Класифікація методів комплексиметрії*

Залежно від природи реагенту або що утворюються комплексів виділяють наступні методи: меркуриметрія, фторометрія, ціанометрія, Комплексонометрія.

### *Комплексонометрія*

Комплексонометрія - це багатоосновні амінополікарбонові кислоти та їх солі, аніони яких є полідентатними хелатообразуючі лігандами і здатні утворювати з багатьма катіонами металів стійкі розчинні комплекси - комплексонати. Частіше за інших використовується комплексон III (трилон Б, динатрію едетат дигідрат  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , ЕДТА). ЕДТА проявляє себе як шести-дентатність ліганд і утворює комплекси переважно складу  $\text{MY}^{(n-4)+}$ .



## Заняття № 10

**ТЕМА: Осаджувальне титрування. Аргентометрія. Комплексиметричне титрування. Комплексонометрія**

**МЕТА: Вивчити теоретичні основи методів осаджувального титрування, оволодіти методами аргентометрії, меркурометрії і навчитися застосовувати їх в хімічному аналізі**

**Навчальні питання для самопідготовки студентів**

1. Теоретичні основи методів осаджувального титрування. Вимоги, що пред'являються до реакцій. Класифікація методів осаджувального титрування.
2. Способи визначення кінцевої точки титрування. Індикатори методу осаджувального титрування (осаджувальні, абсорбційні, металлохромніе). Механізм дії індикаторів.
3. Аргентометрическое титрування. Суть методу. Титранти методу, їх приготування та стандартизація. Різновиди аргентометрії.
4. Меркурометрическое титрування. Суть методу. Титрант методу, його приготування, стандартизація. Індикатори методу. Можливості методу.
5. Комплексиметричне титрування. Суть методу. Вимоги, що пред'являються до реакцій в комплексиметричному титруванні. Класифікація методів комплексиметричного титрування.
6. Комплексонометрія. Комплексоми, застосовувані в титриметричному аналізі.
7. Робочі розчини комплексонометрії. Приготування і стандартизація робочого розчину трилону Б.
8. Фіксування КТТ в комплексонометрії. Металлохромніе індикатори.
9. Умови комплексонометричного титрування.
10. Які речовини визначають комплексонометричному способами прямого, зворотного і замісного титрування?
11. Застосування комплексонометрії. Визначення загальної жорсткості води.

**Література:**

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 127-128.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 186-193.

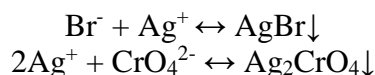
**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА**

**Визначення вмісту броміда калію методом аргентометрії**

1.1. Визначення масової частки (у%) броміда калію в розчині за методом Мора

Спосіб титрування - прямий.  
Метод титрування - піпетування.

Хімізм реакцій:



Попередні розрахунки:

$M(\text{KBr}) = 119,0 \text{ г / моль};$

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

$Me(\text{KBr}) = M(\text{KBr}) \cdot fe(\text{KBr}) = 119,0 \text{ г / моль}.$

Методика визначення. 10,00 мл аналізованого розчину переносять піпеткою в мірну колбу місткістю 100,0 мл, доводять дистильованою водою до мітки і перемішують. В колбу для титрування відмірюють 20,00 мл приготованого розчину KBr, додають 3-4 краплі 5% -ного розчину хромату калію і повільно титрують при енергійному перемішуванні 0,02000 М розчином нітрату срібла до червоно-коричневого забарвлення суспензії. Титрування проводять до отримання трьох відтворюваних результатів.

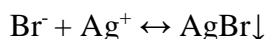
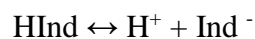
За середнім значенням обсягу титранту розраховують масову частку (у%) броміда калію по формулі:

$$\omega_{(\text{KBr})} = \frac{V_{(\text{AgNO}_3)} \cdot C_{M(\text{AgNO}_3)} \cdot M_{\text{Э}(\text{KBr})} \cdot V_{\text{к}} \cdot K_{\text{п}} \cdot 100\%}{a_{(\text{KBr})} \cdot V_{\text{п}} \cdot 1000}.$$

1.2. Визначення масової частки (у%) броміда калію в розчині за методом Фаянса

Спосіб титрування - прямий.

Метод титрування - піпетування.

Хімізм реакцій:

До ТЭ  $\{m(\text{AgBr})n\text{Br}^-(n-x)\text{K}^+\}^x \dots x\text{K}^+$

В ТЭ  $\{m(\text{AgBr})n\text{Br}^-n\text{Ag}^+\}^0$

После ТЭ  $\{m(\text{AgBr})n\text{Ag}^+(n-x)\text{Ind}^-\}^{x+} \dots x\text{Ind}^-$

Попередні розрахунки:

$M(\text{KBr}) = 119,0 \text{ г / моль};$

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

$Me(\text{KBr}) = M(\text{KBr}) \cdot fe(\text{KBr}) = 119,0 \text{ г / моль};$

$Me'(\text{KBr}) = 119,0: 1000 = 0,1190.$

Методика визначення. В колбу для титрування відмірюють 20,00 мл розчину, приготованого по п. 1.1., Додають 2,5 мл 0,5 М розчину оцтової кислоти, 2-3 краплі 0,5% розчину індикатора еозину і повільно титрують 0,02000 М розчином нітрату срібла, при постійному перемішуванні до утворення червоно-фіолетового осаду. Титрування проводять до отримання трьох відтворюваних результатів.

За середнім значенням обсягу титранту розраховують масову частку (у%) броміда калію по формулі:

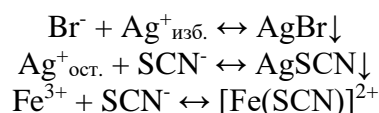
$$\omega_{(\text{KBr})} = \frac{V_{(\text{AgNO}_3)} \cdot C_{M(\text{AgNO}_3)} \cdot M_{\text{Э}(\text{KBr})} \cdot V_{\text{к}} \cdot K_{\text{п}} \cdot 100\%}{a_{(\text{KBr})} \cdot V_{\text{п}} \cdot 1000}.$$

1.3. Визначення масової частки (у%) броміда калію в розчині за методом Фольгарда

Спосіб титрування - зворотний (по надлишку).

Метод титрування - піпетування.

Хімізм реакцій:



Попередні розрахунки:

$$M(\text{KBr}) = 119,0 \text{ г / моль};$$

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

$$Me(\text{KBr}) = M(\text{KBr}) \cdot f_e(\text{KBr}) = 119,0 \text{ г / моль};$$

$$Me'(\text{KBr}) = 119,0 : 1000 = 0,1190.$$

Методика визначення. В колбу для титрування відмірюють 20,00 мл розчину, приготованого по п. 1.1., Додають за допомогою піпетки або бюретки 20,00 мл 0,02000 М розчину нітрату срібла, 5 мл 2 М розчину азотної кислоти, 1-2 мл насиченого розчину залізо-амонійних квасцов і оттитровивають залишок нітрату срібла 0,02000 М розчином тиоцианата амонію, добре перемішуючи, до червонуватого забарвлення розчину над осадом. Титрування повторюють до отримання трьох відтворюваних результатів. За середнім значенням обсягу титранту розраховують масову частку ( $y\%$ ) броміда калію по формулі:

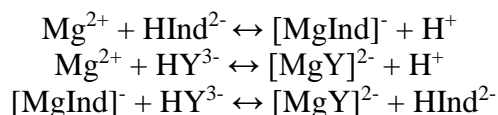
$$\omega_{(\text{KBr})} = \frac{(C_{M(\text{AgNO}_3)} \cdot K_{\text{п}} \cdot V_{(\text{AgNO}_3)} - C_{M(\text{NH}_4\text{SCN})} \cdot K_{\text{п}} \cdot V_{(\text{NH}_4\text{SCN})}) \cdot M_{\text{Э}(\text{KBr})} \cdot V_{\text{к}} \cdot 100}{a_{(\text{KBr})} \cdot V_{\text{п}} \cdot 1000}.$$

### Визначення загальної твердості води

Спосіб титрування - прямий.

Метод титрування - окремих наважок.

Хімізм реакцій:



Методика визначення. Відмірюють мірним циліндром 100 мл водопровідної води, поміщають в колбу для титрування, додають 5 мл аміачного буфера і 0,05 г тритурації індикатора еріохрома чорного Т і титрують при перемішуванні 0,05000 М розчином трилону Б до переходу забарвлення розчину з винно-червоною в синю. Визначення проводять три рази. Для кожного визначення розраховують твердість води, яка виражається в ммоль еквівалентів іонів магнію і кальцію в 1 л води за формулою:

$$Ж_{1(\text{H}_2\text{O})} = \frac{V_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} \cdot K_{\text{п}}}{V_{(\text{H}_2\text{O})}} \cdot 1000.$$

За отриманими результатами розраховують середнє значення твердості води:

$$\bar{Ж}_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{Ж_{1(\text{H}_2\text{O})} + Ж_{2(\text{H}_2\text{O})} + Ж_{3(\text{H}_2\text{O})}}{3}.$$

**ТЕМА:** Семінарське заняття з розділу «Кислотно-основне титрування. Окисно-відновне титрування. Осаджувальне титрування. Комплексиметричне титрування»  
**МЕТА:** Перевірити знання студентів з розділу та вміння застосовувати вивчені методи кислотно-основного, окисно-відновного, осаджувального і комплексиметричного титрування для кількісного аналізу хімічних сполук, лікарських та косметичних засобів

### Питання з вивченого розділу кількісного аналізу

#### *Титриметричні методи аналізу*

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 титрантів: молярна концентрація, молярна концентрація еквівалента, титр, титр по визначуваній речовині, поправковий коефіцієнт.
5. Способи (пряме, зворотне і по заміщенню) і методи (окремих наважок і піпетування) титрування. Сутність, переваги і недоліки.
6. Точка еквівалентності, кінцева точка титрування. Способи фіксування точки еквівалентності.
7. Мірний посуд.
8. Розрахунки в титриметричних методах

#### *Кислотно-основне титрування*

1. Сутність кислотно-основного титрування. Ацидиметрія. Алкаліметрія.
2. Кислотно-основні властивості речовин. Уявлення про кислоти і основи. Катіонні, аніонні і молекулярні кислоти і основи. Амфоліти. Константи кислотності і основності.
3. Титранти методу кислотно-основного титрування. Приготування і стандартизація розчинів кислот і лугів. Первинні і вторинні стандарти ациди- і алкаліметрії.
4. Способи фіксування точки еквівалентності в кислотно-основному титруванні. рН-індикатори. Способи підбору рН-індикаторів: якісний і кількісний.
5. Принцип побудови кривих титрування.
6. Застосування методу кислотно-основного титрування для кількісного визначення хімічних речовин і лікарських засобів.

#### *Окисно-відновне титрування*

1. Сутність методів окисно-відновного титрування. Вимоги до реакцій в методах редокс-метрії. Константа рівноваги реакцій та її зв'язок зі стандартними потенціалами редокс-пар. Вплив різних факторів на величину окисно-відновного потенціалу редокс-пар (рівняння Нернста).
2. Класифікація методів окислювально-відновного титрування.
3. Фіксування кінцевої точки титрування в методах редокс-метрії. Криві титрування. Принцип побудови, розрахунок потенціалу системи в різні моменти титрування. Підбір редокс-індикаторів за кривими титрування.
4. Можливості методів редокс-метрії та їх застосування в аналізі (визначені речовини, способи титрування тощо).
5. Перманганатометрія. Суть методу. Основне рівняння. Титрант методу. Спосіб фіксування кінцевої точки титрування. Застосування методу.
6. Йодо- і йодиметрія. Сутність методів. Основні рівняння. Титранти методів. Способи фіксування кінцевої точки титрування. Застосування методів.
7. Бромато- і бромометрія. Сутність методів. Основні рівняння. Титранти методів. Способи фіксування кінцевої точки титрування. Застосування методів.

8. Нітрітометрія. Суть методу. Основне рівняння. Титрант методу. Способи фіксування кінцевої точки титрування. Застосування методу.

#### ***Осаджувальне титрування***

1. Сутність методу осаджувального титрування. Вимоги до реакцій.
2. Класифікація методів.
3. Способи осаджувального титрування (пряме, зворотне).
4. Індикатори методу осаджувального титрування: осаджувальні, абсорбційні, металлохромніе.
5. Аргентометрическое титрування. Суть методу. Титрант, його приготування, стандартизація. Різновиди методів аргентометрії: метод Гей-Люссака, метод Мора, метод Фаянса-Фішера-Ходакова, метод Фольгарда. Застосування аргентометрії.

6. Меркурометрическое титрування. Суть методу. Титрант методу, його приготування, стандартизація. Індикатори методу. Застосування меркурометрії.

#### ***Комплекси́метрическое титрування***

1. Сутність методу комплекси́метрического титрування. Вимоги до реакцій в комплекси́метрії.
2. Класифікація методів комплекси́метрії.
3. Комплексонометрія. Титранти методу, їх приготування та стандартизація.
4. Фіксування кінцевої точки титрування в комплексонометрії. Металлохромніе індикатори.
5. Умови проведення комплексонометрического титрування.
7. Способи комплексонометрического титрування (пряме, зворотне, заместительное).

Привести приклади.

7. Застосування комплексонометрії. Визначення загальної жорсткості води.

#### **Література:**

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 52-66, 69-131.
3. 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, 137-270.



## ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ З МЕТОДУ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ТИТРУВАННЯ

1. Титрантами (стандартними розчинами, робочими розчинами) називають розчини реагентів:
  - А. З відомою концентрацією, які використовуються при титруванні.\*
  - В. Визначуваної концентрації.
  - С. З відомим титрантом.
  - Д. З відомою концентрацією.
  - Е. Які використовуються при титруванні аналізованої речовини.
2. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням вказаних нижче умов визначення, якщо аналізованої речовини достатньо:
  - А. Метод піпетування.\*
  - В. Спосіб прямого титрування.
  - С. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
  - Д. Метод окремих наважок.
  - Е. Спосіб зворотного титрування.
3. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням вказаних нижче умов визначення, якщо аналізованої речовини мало:
  - А. Метод окремих наважок.\*
  - В. Спосіб прямого титрування.
  - С. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
  - Д. Спосіб зворотного титрування.
  - Е. Метод піпетування.
4. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням вказаних нижче умов визначення, якщо потребується висока точність визначення:
  - А. Метод окремих наважок.\*
  - В. Спосіб прямого титрування.
  - С. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
  - Д. Метод піпетування.
  - Е. Спосіб зворотного титрування.
5. Підберіть відповідні методичні прийоми з урахуванням вказаних нижче умов визначення, якщо аналіз треба проводити швидко:
  - А. Метод піпетування.\*
  - В. Спосіб прямого титрування.
  - С. Фіксування точки еквівалентності інструментальними методами.
  - Д. Метод окремих наважок.
  - Е. Спосіб зворотного титрування.
6. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст в розчині сірчаної кислоти:
  - А. Алкаліметрія.\*
  - В. Ацидиметрія.
  - С. І те, та інше.
  - Д. Ні те, ні інше.
7. Якими методами кислотно-основного титрування можна визначити вміст в розчині натрію гідрокарбонату:

- А. Ацидиметрія.\*
- В. Алкаліметрія.
- С. І те, та інше.
- Д. Ні те, ні інше.

8. Первинні стандарти повинні відповідати вимогам:

- А. Бути хімічно чистими і співпадати з хімічною формулою.
- В. Бути стійким при зберіганні в твердому вигляді і в розчині.
- С. Мати велику молярну масу еквіваленту.
- Д. Легко очищуватись перекристалізацією або іншим способом.
- Е. Всім вище перерахованим.\*

9. Первинними стандартними називаються речовини:

- А. Які володіють усіма перерахованими властивостями.\*
- В. Добре розчинні у воді.
- С. Стійкі при зберіганні.
- Д. Які мають більшу величину молярної маси еквіваленту.
- Е. Строго відповідні хімічній формулі.

10. Крива титрування – це:

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

11. Точка еквівалентності – це:

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

12. Вкажіть, яким стандартом являється натрій гідроксид:

- А. Вторинний стандарт.\*
- В. Первинний стандарт.
- С. І те, й інше.
- Д. Ні те, ні інше.

13. Вкажіть, яким стандартом являється натрій тетраборат:

- А. Первинний стандарт.\*
- В. Вторинний стандарт.
- С. І те, й інше.
- Д. Ні те, ні інше.

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

- А. Вторинний стандарт.\*
- В. Первинний стандарт.
- С. І те, й інше.
- Д. Ні те, ні інше.

15. Який із наведених нижче законів є теоретичною основою титриметричних методів аналізу:

- A. Закон еквівалентів.\*
- B. Закон збереження маси речовини.
- C. Закон кратних відносин.
- D. Закон об'ємних відносин.

16. Підберіть визначення поняття «точка еквівалентності»:

- A. Кількість титранту строго еквівалентно кількості визначуваної речовини.\*
- B. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.\*
- C. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.
- D. Момент при титруванні, коли  $\text{pH}=7$ .
- E. Момент закінчення титрування.

17. Підберіть визначення поняття «інтервал переходу індикатора»:

- A. Значення рН, при якому відбувається видима зміна забарвлення індикатора.\*
- B. Значення рН, при якому закінчують титрування з даним індикатором.
- C. Кількість титранту строго еквівалентно кількості визначуваної речовини.
- D. Момент при титруванні, коли  $\text{pH}=7$ .
- E. Момент закінчення титрування.

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

- A. Натрій карбонат.\*
- B. Натрій хлорид.
- C. Щавлева кислота.
- D. Оксид миш'яку.
- E. Натрій нітрат.

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

- A. Щавлева кислота.\*
- B. Натрій хлорид.
- C. Натрій карбонат.
- D. Оксид миш'яку.
- E. Натрій нітрат.

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

- A. Натрій карбонат.\*
- B. Натрій хлорид.
- C. Щавлева кислота.
- D. Оксид миш'яку.
- E. Натрій нітрат.

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

- A. рН середовища в точці еквівалентності.\*
- B. Природа титранту.
- C. Властивості продуктів реакції.
- D. Природа визначуваних речовин.
- E. Зміна рН середовища в процесі титрування.

22. Використовуючи метод ацидиметрії, способом прямого титрування, можна визначити вміст:

- A. Сильних і слабких основ ( $K_b \geq 10^{-7}$ ).\*
- B. Аліфатичних амінів ( $K_b \geq 10^{-7}$ ).
- C. Деяких розчинних солей (карбонатів, гідрокарбонатів, дигідрофосфатів).\*
- D. Деяких важкорозчинних солей ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  та ін.).
- E. Органічних азотовмісних основ ( $K_b < 10^{-7}$ ).

23. Визначення азоту по К'ельдалю включає наступні ствдії:

- A. Попереднє відновлення при аналізі неорганічних нітратів і нітритів, органічних нітро- і азосполук.\*
- B. Розкладання зразка (окислення концентрованою сірчаною кислотою).
- C. Дистиляція (отгонка) аміаку.
- D. Титрування надлишку хлороводневої кислоти або метаборат-іону.
- E. Все перераховане.

24. Вкажіть основний спосіб вираження концентрації титрантів:

- A. Молярна концентрація еквіваленту.\*
- B. Титр.
- C. Титр по визначуваній речовині.
- D. Процентна.
- E. Молярна.

25. Підберіть метод кислотно-основного титрування при визначенні натрію карбонату:

- A. Ацидиметрія.\*
- B. Алкаліметрія.
- C. І те, й інше.
- D. Ні те, ні інше.

26. Підберіть метод кислотно-основного титрування при визначенні натрію гідрокарбонату:

- A. Ацидиметрія.\*
- B. Алкаліметрія.
- C. І те, й інше.
- D. Ні те, ні інше.

27. Підберіть метод кислотно-основного титрування при визначення сірчаної кислоти:

- A. Алкаліметрія.\*
- B. Ацидиметрія.
- C. І те, й інше.
- D. Ні те, ні інше.

28. На основі яких даних, судять про кількість визначуваної речовини в титриметричних методах аналізу:

- A. Об'єму титранту, який вступає в реакцію з визначуваною речовиною.
- B. Концентрації реагенту, який вступив в реакцію з визначуваною речовиною.
- C. Маси реагенту, який вступив в реакцію з визначуваною речовиною.
- D. Об'ємом титранту і визначуваного розчину, які вступають в реакцію.\*

29. Підберіть первинний стандарт для стандартизації розчину натрію гідроксиду:

- A. Бензойна кислота.\*

- В. Хлороводнева кислота.
- С. Дифенілгуанідин.
- Д. Натрію гідрокарбонат.
- Е. Калію гідроксид.

30. Підберіть первинний стандарт для стандартизації розчину калію гідроксиду:

- А. Бензойна кислота.\*
- В. Хлороводнева кислота.
- С. Дифенілгуанідин.
- Д. Натрію гідрокарбонат.
- Е. Калію гідроксид.

31. За методом кислотно-основного титрування при візуальному фіксуванні точки еквівалентності можна визначити (у водних розчинах):

- А. Сильні кислоти.\*
- В. Сильні основи.\*
- С. Слабкі основи з ( $K_b \geq 10^{-7}$ ).\*
- Д. Дуже слабкі основи.
- Е. Солі сильних кислот і сильних основ.

32. За методом кислотно-основного титрування прямим титруванням можна визначити:

- А. Сильні кислоти.
- В. Слабкі кислоти з певним значенням  $K_a$ .
- С. Слабкі основи з певним значенням  $K_b$ .
- Д. Сильні основи.
- Е. Речовини з кислотно-основними властивостями, якщо  $K_{a(b)} \geq 5 \cdot 10^{-7}$ .\*

33. Підберіть відповідний методичний прийом, якщо речовина реагує з титрантом стехіометрично з достатньою швидкістю:

- А. Спосіб прямого титрування.\*
- В. Спосіб зворотного титрування.
- С. Титрування по заміснику.
- Д. Титрування з інструментальним фіксуванням точки еквівалентності.
- Е. Метод взяття окремих наважок.

34. Підберіть відповідний методичний прийом, якщо речовина реагує з титрантом стехіометрично, але повільно:

- А. Спосіб зворотного титрування.\*
- В. Спосіб прямого титрування.
- С. Титрування по заміснику.
- Д. Титрування з інструментальним фіксуванням точки еквівалентності.
- Е. Метод взяття окремих наважок.

35. Підберіть відповідний методичний прийом, якщо речовина реагує з титрантом швидко, але не стехіометрично:

- А. Титрування по заміснику.\*
- В. Спосіб прямого титрування.
- С. Спосіб зворотного титрування.
- Д. Титрування з інструментальним фіксуванням точки еквівалентності.
- Е. Метод взяття окремих наважок.

36. Підберіть відповідний методичний прийом, якщо речовина безпосередньо не взаємодіє з титрантом:

- A. Титрування по заміснику.\*
- B. Спосіб прямого титрування.
- C. Спосіб зворотного титрування.
- D. Титрування з інструментальним фіксуванням точки еквівалентності.
- E. Метод взяття окремих наважок.

37. Які індикатори використовують у випадку титрування розчину NaOH розчином HCl:

- A. І те, й інше.\*
- B. Фенолфталеїн.
- C. Метилловий оранжевий.
- D. Ні те, ні інше.

38. Які індикатори використовують у випадку титрування  $\text{NH}_3$  розчином HCl:

- A. Фенолфталеїн.
- B. Метилловий оранжевий.\*
- C. І те, й інше
- D. Ні те, ні інше.

39. Які індикатори використовують у випадку титрування розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  розчином NaOH:

- A. Фенолфталеїн.\*
- B. Метилловий оранжевий.
- C. І те, й інше
- D. Ні те, ні інше.

40. Які індикатори використовують у випадку титрування розчину  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  розчином HCl:

- A. І те, й інше.
- B. Фенолфталеїн.
- C. Метилловий оранжевий.\*
- D. Ні те, ні інше.

### ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ З МЕТОДУ ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ТИТРУВАННЯ

1. В методах окисно-відновного титрування найчастіше використовують реакції:

- A. Міжатомними окиснення-відновлення.
- B. Самоокиснення-самовідновлення.
- C. Міжмолекулярної і межіонного окислення-відновлення.\*
- D. Внутрішньомолекулярними окислення-відновлення.
- E. Реакції, що відбуваються з перенесенням електронів.

2. На величину стрибка титрування на кривій титрування в редокс-методах найбільш істотний вплив робить:

- A. Редокс-потенціал окисника.
- B. Редокс-потенціал відновника.
- C. Різниця потенціалів окисника і відновника.\*
- D. Зміна концентрацій окисника і відновника.
- E. Зміна концентрації іонів водню.

3. Вкажіть, в яких методах окисно-відновного титрування використовують для фіксування КТТ специфічний індикатор - крохмаль:

- А. Нітриметрія.
- В. Перманганатометрія.
- С. Йодометрія. \*
- Д. Цериметрія.
- Е. Броматометрія.

4. Вкажіть, в яких методах окисно-відновного титрування використовують для фіксування КТТ тільки безіндикаторное титрування:

- А. Нітриметрія.
- В. Перманганатометрія. \*
- С. Йодометрія.
- Д. Цериметрія.
- Е. Броматометрія.

5. Якими методами можна визначати пероксид водню:

- А. Йодометрія.
- В. Нітриметрія.
- С. І те, і інше. \*
- Д. Ні те, ні інше.

6. При проведенні йодиметричних визначень необхідно дотримуватися таких умов:

А. Титрування бажано проводити на холоді.  
В. Титрування проводять в слабкислої, нейтральної або дуже слаболужної середовищі.

С. Для збільшення повноти протікання реакцій титрування часто ведуть у присутності речовин, що пов'язують продукти реакції в міцні комплекси.

Д. Всі перераховані. \*

7. Дайте характеристику титранту - розчину перманганату калію:

А. Стійкий кілька років, не змінюється при нагріванні до 1000С, окисні властивості залежать від  $[H^+]$  і природи кислоти.

В. Нестійкий, розкладання прискорюється на світлі, при нагріванні, під дією кислот і підстав, титр встановлюється не відразу. \*

С. Стійкий тривалий час, інертний по відношенню до хлороводневої кислоти, є первинним стандартом для тіосульфату натрію.

Д. Мало стійкий через летючості розчиненої речовини і окислення киснем повітря, особливо на світлі.

Е. Стійкий необмежено довго, речовина легко очищається перекристалізацією.

8. Дайте характеристику титранту - розчину йоду:

А. Стійкий кілька років, не змінюється при нагріванні до 100 0С, окисні властивості залежать від  $[H^+]$  і природи кислоти.

В. Нестійкий, розкладання прискорюється на світлі, при нагріванні, під дією кислот і підстав, титр встановлюється не відразу.

С. Стійкий тривалий час, інертний по відношенню до хлороводневої кислоти, є первинним стандартом для тіосульфату натрію.

Д. Мало стійкий через летючості розчиненої речовини і окислення киснем повітря, особливо на світлі. \*

Е. Стійкий необмежено довго, речовина легко очищається перекристалізацією.

9. Дайте характеристику титранту - розчину бромата калію:

А. Стійкий кілька років, не змінюється при нагріванні до 100 °С, окисні властивості залежать від  $[H^+]$  і природи кислоти.

В. Нестійкий, розкладання прискорюється на світлі, при нагріванні, під дією кислот і підстав, титр встановлюється не відразу.

С. Стійкий тривалий час, інертний по відношенню до хлороводневої кислоти, є первинним стандартом для тіосульфату натрію.

Д. Мало стійкий через летючості розчиненої речовини і окислення киснем повітря, особливо на світлі.

Е. Стійкий необмежено довго, речовина легко очищається перекристалізацією. \*

10. Якими редокс-методами можна визначити антипирин:

А. йодометрія.

В. Нітритометрія.

С. І те, і інше. \*

Д. Ні те, ні інше.

11. Якими редокс-методами можна визначити пероксид водню:

А. йодометрія.

В. Нітритометрія.

С. І те, і інше. \*

Д. Ні те, ні інше.

12. Якими редокс-методами можна визначити арсеніт калію:

А. йодометрія.

В. Нітритометрія.

С. І те, і інше. \*

Д. Ні те, ні інше.

13. Підберіть відповідні індикатори для фіксування точки еквівалентності в перманганометрії:

А. Розчин крохмалю.

В. Безіндикаторний. \*

С. тропеоліну 00.

Д. Металевий помаранчевий.

Е. дифеніламін.

14. Підберіть відповідні індикатори для фіксування точки еквівалентності в йодометрії:

А. Розчин крохмалю. \*

В. Безіндикаторний.

С. тропеоліну 00.

Д. Металевий помаранчевий.

Е. дифеніламін.

15. Підберіть відповідні індикатори для фіксування точки еквівалентності в броматометрії:

А. Розчин крохмалю.

В. Безіндикаторний.

С. тропеоліну 00.

Д. Металевий помаранчевий. \*

Е. дифеніламін.



16. Підберіть відповідні індикатори для фіксування точки еквівалентності в нітриметрії:
- A. Розчин крохмалю.
  - B. Безіндикаторний.
  - C. тропеоліну 00. \*
  - D. Металевий помаранчевий.
  - E. дифеніламін.
17. Якими способами можна приготувати стандартний розчин тіосульфату натрію:
- A. Спосіб приготованого титру.
  - B. Спосіб встановленого титру. \*
  - C. І те, і інше.
  - D. Ні те, ні інше.
18. Якими способами можна приготувати стандартний розчин йоду:
- A. Спосіб приготованого титру.
  - B. Спосіб встановленого титру.
  - C. І те, і інше. \*
  - D. Ні те, ні інше.
19. Якими способами можна приготувати стандартний розчин бромиду:
- A. Спосіб приготованого титру.
  - B. Спосіб встановленого титру.
  - C. І те, і інше.
  - D. Ні те, ні інше. \*
20. Реакціями окислення-відновлення називають реакції, що йдуть:
- A. С зміною валентності елементів.
  - B. С віддачею електронів.
  - C. З підвищенням ступеня окислення відновлювача.
  - D. З пониженням ступеня окислення окислювача.
  - E. Зі зміною ступеня окислення елементів. \*
21. Підберіть найбільш використовуваний метод визначення солей  $\text{Ca}^{2+}$ :
- A. Бромометрія.
  - B. Йодатометрія.
  - C. Перманганатометрія. \*
  - D. Нітриметрія.
  - E. Аскорбінометрія.
22. Підберіть відповідний метод визначення  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ :
- A. Діхроматометрія.
  - B. йодометрія. \*
  - C. Перманганатометрія.
  - D. Нітриметрія.
  - E. Аскорбінометрія.
23. Які титранти можна стандартизувати по первинному стандарту - миш'яковисті ангидриду:
- A. Розчин перманганату калію.
  - B. Розчин йоду.
  - C. І те, і інше. \*

Д. Ні те, ні інше.

24. Які титранти можна стандартизувати по первинному стандарту - металевому залозу:

- А. Розчин перманганату калію. \*
- В. Розчин йоду.
- С. І те, і інше.
- Д. Ні те, ні інше.

25. Які титранти можна стандартизувати по первинному стандарту - солі Мора:

- А. Розчин перманганату калію. \*
- В. Розчин йоду.
- С. І те, і інше.
- Д. Ні те, ні інше.

26. Редокс-індикатори повинні відповідати наступним вимогам:

- А. Всім перерахованим. \*
- В. Міняти забарвлення при окисненні або відновленні.
- С. Окислення або відновлення індикатора повинно відбуватися швидко.
- Д. Забарвлення індикатора повинна змінюватися при певному значенні потенціалу.
- Е. Процес зміни забарвлення індикатора повинен бути звернемо.

27. На величину стрибка титрування на кривій титрування в редокс-методах найбільш істотний вплив робить:

- А. Редокс-потенціал окислювача.
- В. Редокс-потенціал відновлювача.
- С. Різниця потенціалів окислювача і відновника. \*
- Д. Зміна концентрацій окислювача і відновника.
- Е. Зміна концентрації іонів водню.

28. Вкажіть, в яких методах окисно-відновного титрування використовують для фіксування КТТ специфічний індикатор - крохмаль:

- А. Нітриметрія.
- В. Перманганатометрія.
- С. йодометрія. \*
- Д. Цериметрія.
- Е. Броматометрія.

29. Вкажіть, в яких методах окисно-відновного титрування використовують для фіксування КТТ тільки безіндикаторное титрування:

- А. Нітриметрія.
- В. Перманганатометрія. \*
- С. йодометрія.
- Д. Цериметрія.
- Е. Броматометрія.

30. Якими методами можна визначати пероксид водню:

- А. йодометрія.
- В. Нітриметрія.
- С. І те, і інше. \*
- Д. Ні те, ні інше.

31. При проведенні йодиметричних визначень необхідно дотримуватися таких умов:
- А. Титрування бажано проводити на холоді.
  - В. Титрування проводять в слабкислоу, нейтральною або дуже слаболужної середовищі.
  - С. Для збільшення повноти протікання реакцій титрування часто ведуть у присутності речовин, що пов'язують продукти реакції в міцні комплекси.
  - Д. Всі перераховані. \*
32. При проведенні реакції діазотирования необхідно дотримуватися таких умов:
- А. Титрування проводять при температурі 18 - 20 ° С, іноді розчин охолоджують до 0 - 5 ° С.
  - В. Титрування проводять у присутності надлишку хлороводневої кислоти.
  - С. Як каталізатор використовують бромід калію.
  - Д. Титрування проводять повільно, при постійному перемішуванні розчину.
  - Е. Всі перераховані. \*
33. Величина редокс-потенціалу найбільшою мірою залежить від:
- А. Концентрації окисленої форми.
  - В. Концентрації відновленої форми.
  - С. Природи окислювально-відновної пари. \*
  - Д. Концентрації іонів водню.
  - Е. Температури.
34. Підберіть відповідний метод визначення солей  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Ba}^{2+}$ :
- А. Перманганатометрія через стадію утворення важкорозчинних оксалатів. \*
  - В. Йодатометрія.
  - С. Бромометрія через 8-оксіхінолінати.
  - Д. Хлорйодиметрія.
  - Е. Нітриметрія.
35. За яким способом можна приготувати титрований розчин перманганату калію:
- А. Спосіб приготованого титру.
  - В. Спосіб встановленого титру. \*
  - С. І те, і інше.
  - Д. Ні те, ні інше.
36. За яким способом можна приготувати титрований розчин бромату калію:
- А. Спосіб приготованого титру.
  - В. Спосіб встановленого титру.
  - С. І те, і інше. \*
  - Д. Ні те, ні інше.
37. Підберіть первинні стандарти для титранту  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ :
- А.  $\text{NaNO}_2$
  - В.  $\text{KBrO}_3$  \*
  - С.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
  - Д.  $\text{As}_2\text{O}_3$
  - Е.  $\text{KMnO}_4$
38. Як фіксують КТТ в броматометрії:
- А. За допомогою редокс-індикаторів.
  - В. За допомогою деяких рН-індикаторів.
  - С. І те, і інше. \*

Д. Ні те, ні інше.

39. Як фіксують КТТ в перманганатометрії:

- А. За допомогою редокс-індикаторів.
- В. За забарвленням розчину за рахунок надлишку титранту. \*
- С. І те, і інше.
- Д. Ні те, ні інше.

40. Як фіксують КТТ в нітрітометрії:

- А. За допомогою редокс-індикаторів. \*
- В. За забарвленням розчину за рахунок надлишку титранту.
- С. І те, і інше.
- Д. Ні те, ні інше.

### **ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ З ОСАДЖУВАЛЬНОГО ТИТРУВАННЯ**

1. Осаджувальне титрування - це:

- А. Метод аналізу, заснований на реакції утворення труднорозчинних сполук.
- В. Метод аналізу, заснований на вимірюванні об'єму титранту-осадника, витраченого на кількісне осадження визначаємого компонента. \*
- С. Метод аналізу, заснований на вимірюванні об'єму титранту, витраченого на кількісну взаємодію з визначуваним компонентом.
- Д. Метод аналізу, заснований на точному вимірі маси визначуваної речовини у вигляді осаду.

2. Крива осаджувального титрування - це:

- А. Графічна залежність концентрації іонів водню від об'єму титранту.
- В. Графічна залежність зміни розчинності при титруванні. \*
- С. Графічна залежність зміни концентрації визначається іона в процесі титрування від обсягу титранту.
- Д. Графічна залежність величини редокс-потенціалу від обсягу титранту.
- Е. Графічна залежність зміни концентрації титранту від обсягу визначається іона в процесі титрування.

3. Кінцева точка титрування в осаджувального титрування фіксується:

- А. Візуально, за допомогою рН-індикаторів.
- В. Візуально, за допомогою редокс-індикаторів.
- С. Візуально, за допомогою осаджувальних індикаторів. \*
- Д. Тільки інструментальними методами.
- Е. Всіма перерахованими способами.

4. Речовини можна відтитрувати методом осаджувального титрування (продукт реакції бінарний труднорозчинний електроліт), якщо:

- А. Розчинність осаду 10<sup>-3</sup>.
- В. ПР осаду 10<sup>-5</sup>.
- С. ПР осаду 10<sup>-7</sup>.
- Д. ПР осаду <10<sup>-10</sup>. \*
- С. ПР осаду 10<sup>-6</sup>.

5. Титрований розчин нітрату срібла частіше готують за способом:

- А. Установленого титру. \*

- В. Приготованого титру.  
С. І те, і інше.  
Д. Ні те, ні інше.
6. Титрований розчин тиоцианата амонію готують за способом:  
А. Установленого титру. \*  
В. Приготованого титру.  
С. І те, і інше.  
Д. Ні те, ні інше.
7. Як первинних стандартів в аргентометрії використовують:  
А. Хлорид натрію.  
В. Хлорид калію.  
С. І те, і інше. \*  
Д. Ні те, ні інше.
8. У методі аргентометрії для фіксування кінцевої точки титрування використовують індикатори:  
А. Осаджувальні.  
В. Адсорбційні.  
С. Металлохромніе.  
Д. Усі названі. \*  
Е. Жоден з названих.
9. Визначення за методом Мора проводять в області значень рН:  
А. 1,5-10,5.  
В. 2-8.  
С. 0-14.  
Д. 6,5-10,3. \*  
Е. 6,5-7,5.
10. Як індикатор при визначенні по Мору застосовують:  
А. Залізо-амонійні галуни.  
В. Хромат калію. \*  
С. Діфенілкарбазон.  
Д. Еозин.  
Е. Нітропруссид натрію.
11. Галогеніди визначають за методом Фольгарда способом:  
А. Прямого титрування.  
В. Зворотного титрування. \*  
С. Замісної титрування.  
Д. Реверсивного титрування.  
Е. Всіма перерахованими способами.
12. Для створення кислого середовища при визначенні галогенідів по Фольгарду використовується:  
А. Сірчана кислота.  
В. Хлороводородная кислота.  
С. Оцтова кислота.  
Д. Нітратнакислота. \*

Е. Усі названі кислоти.

13. В меркурометрії для фіксування кінцевої точки титрування як індикатор застосовують:

- А. Флуоресцеїн.
- В. Діфенілкарбазон. \*
- С. Еозин.
- Д. Мурексид.
- Е. Хромат калію.

14. Вибрати спосіб для Тіоціанатометричного визначення солей срібла:

- А. Спосіб зворотного титрування.
- В. Спосіб замісного титрування.
- С. Спосіб прямого титрування. \*
- Д. Реверсивне титрування.

15. Як первинні стандарти в меркурометрії використовують:

- А. Хлорид натрію.
- В. Хлорид калію.
- С. І те, і інше. \*
- Д. Ні те, ні інше.

16. Для кількісного тіоціанатометричного визначення срібла в фармацевтичному препараті для фіксування кінцевої точки титрування використовують індикатор:

- А. Залізо-амонійні галуни. \*
- В. Еозинат натрію.
- С. Хромат калію.
- Д. Крохмаль.
- Е. Діфенілкарбазон.

17. Аналізований препарат містить нітрат калію і хлорид калію. Запропонуйте метод кількісного визначення хлориду калію:

- А. Аргентометрія. \*
- В. Нітрітометрія.
- С. Перманганатометрія.
- Д. Йодометрія.
- Е. Йодхлорметрія.

18. Кількісний вміст хлориду калію визначають методом Мора. Який індикатор застосовують для фіксування кінцевої точки титрування:

- А. Хромат калію. \*
- В. Нітропруссид натрію.
- С. Тіоціонат заліза.
- Д. Металевий помаранчевий.
- Е. Діфенілкарбазон.

19. Розчин йодиду калію титрують стандартним розчином нітрату срібла. Як індикатор застосовують:

- А. Залізо-амонійні галуни.
- В. Хромат калію.
- С. Еозинат натрію. \*
- Д. Флуоресцеїн.

Е. Мурексид.

20. Який робочий розчин (титрант) використовують в методі Мора:

- А. Розчин нітрату срібла. \*
- В. Розчин нітрату ртуті (II).
- С. Розчин нітрату заліза (III).
- Д. Розчин нітрату ртуті (I).
- Е. Розчин ацетату срібла.

### ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ З МЕТОДУ КОМПЛЕКСІМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРУВАННЯ

1. В комплексіметрії в якості титрантів частіше використовують:

- А. Монодентатні ліганди.
- В. Полідентатні ліганди. \*
- С. І те, і інше.
- Д. Ні те, ні інше.

2. В комплексонометрії застосовують реакції комплексоутворення, у яких загальна константа стійкості комплексу становить:

- А.  $10^2$ .
- В.  $10^4$ .
- С.  $10^6$ .
- Д.  $10^7$ .
- Е.  $> 10^8$ . \*

3. Титрований розчин трилону Б готують за способом:

- А. Установленого титру
- В. Приготованого титру
- С. І те, і інше \*
- Д. Ні те, ні інше

4. Крива комплексіметрического титрування - це графічна залежність:

- А.  $-\lg [M]$  від об'єму титранту.
- В. рМ від об'єму титранту.
- С. І те, і інше. \*
- Д. Ні те, ні інше.

5. Для правильного встановлення моменту еквівалентності необхідно:

- А. Комплекс індикатора з катионом повинен бути достатньо стійким.
- В. Комплексонат металу повинен бути міцнішим комплексу [MInd].
- С. Все перераховане. \*
- Д. Комплекс [MInd] повинен легко руйнуватися титрантом.
- Е. Концентрація індикатора повинна бути досить малою.

6. Фіксування КТТ в комплексонометрії проводять за допомогою:

- А. рН-індикаторів.
- В. Редокс-індикаторів.
- С. Металлохромних індикаторів. \*
- Д. Безіндикаторного титрування.
- Е. Всього названого.

7. При трилонометричній визначенні суміші солей металів необхідно, щоб значення констант стійкості відрізнялися:
- A. У 10 разів.
  - B. У 100 разів.
  - C. В 1000 разів.
  - D. В 10000 разів.
  - E. В 10000 і більше разів. \*
8. Реакція комплексоутворення  $Fe^{3+}$  с трилоном Б протікає в співвідношенні:
- A. 2: 3.
  - B. 1: 2.
  - C. 1: 1. \*
  - D. 2: 1.
  - E. 3: 2.
9. Комплекс  $Bi^{3+}$  з трилоном Б має склад:
- A.  $[Bi_2Y_3]$ .
  - B.  $[BiY]$  -. \*
  - C.  $[Bi_2Y]$ .
  - D.  $[BiY_2]$ .
  - E.  $[BiY]$ .
10. При  $pH=9$  у присутності аміачного буфера з індикатором еріохромом чорним Т можна визначити катіони:
- A. Магнію.
  - B. Кальцію.
  - C. І те, і інше. \*
  - D. Ні те, ні інше.
11. При  $pH \geq 12$  в присутності гідроксиду натрію з індикатором мурексид можна визначити катіони:
- A. Магнію.
  - B. Кальцію. \*
  - C. І те, і інше.
  - D. Ні те, ні інше.
12. Вибрати спосіб визначення  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , якщо вони реагують з трилоном Б стехіометрично, з достатньою швидкістю, легко підібрати індикатор:
- A. Спосіб зворотного титрування.
  - B. Спосіб замісного титрування.
  - C. Спосіб прямого титрування. \*
  - D. Реверсивне титрування.
  - E. Всі перераховані способи.
13. Вибрати спосіб визначення  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ , якщо вони реагують з трилоном Б повільно або блокують даний індикатор:
- A. Спосіб зворотного титрування. \*
  - B. Спосіб замісного титрування.
  - C. Спосіб прямого титрування.
  - D. Реверсивне титрування.
  - E. Всі перераховані способи.



14. Вибрати спосіб титрування для визначення катіона  $Mn^{2+}$ , якщо він з трилоном Б не реагує:
- А. Спосіб зворотного титрування.
  - В. Спосіб замісного титрування. \*
  - С. Спосіб прямого титрування.
  - Д. Реверсивне титрування.
  - Е. Всі перераховані способи.
15. Комплексонометрическое визначення катіонів кальцію з індикатором мурексид проводять при  $pH \geq 12$ , у присутності:
- А. Ацетатні буфера.
  - В. Гідроксиду натрію. \*
  - С. Уротропіну.
  - Д. Аміачної буфера.
  - Е. Гідроксиду амонію.
16. Як індикатори при комплексонометричному титрування застосовують:
- А. Тропеоліну 00.
  - В. Ксіленоловим помаранчевий. \*
  - С. Металевий помаранчевий.
  - Д. Еозин.
  - Е. Діфенілкарбазон.
17. Для фіксування КТТ в комплексонометрії застосовують:
- А. Тропеоліну 00.
  - В. Мурексид. \*
  - С. Металевий помаранчевий.
  - Д. Еозин.
  - Е. Діфенілкарбазон.
18. Для фіксування КТТ в комплексонометрії при визначенні загальної жорсткості води застосовують:
- А. Тропеоліну 00.
  - В. Еріохром чорний Т. \*
  - С. Металевий помаранчевий.
  - Д. Еозин.
  - Е. Діфенілкарбазон.
19. Як первинних стандартів в меркуриметрії використовують:
- А. Натрію хлорид.
  - В. Калію хлорид.
  - С. І те, і інше. \*
  - Д. Ні те, ні інше.
20. В якості настановних речовин при стандартизації розчину трилону Б використовують:
- А. Сульфат цинку.
  - В. Сульфат магнію.
  - С. Алюміній металевий.
  - Д. Цинк металевий.
  - Е. Всі перераховані. \*