

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Запорізький державний медичний університет
Кафедра аналітичної хімії

КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ
Модуль 2

**ОСАДЖУВАЛЬНЕ ТИТРУВАННЯ.
КОМПЛЕКСИМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ.
ГРАВІМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ**

Змістовий модуль 3

Навчально-методичний посібник
для студентів 2 курсу
зі спеціальності «Фармація»

Запоріжжя 2017

Навчально-методичний посібник склали:

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

Рецензенти:

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри органічної та біоорганічної хімії С. І. Коваленко;

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри токсикологічної та 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.).

ПЕРЕДМОВА

Аналітична хімія вивчається згідно затверджених типових програм 2010 року для студентів ВНЗ III-IV рівнів акредитації України для спеціальності 7.12020101 «Фармація».

Навчання здійснюється відповідно до навчального плану підготовки фахівців зі спеціальності «Фармація», затвердженого наказом МОЗ України № 542 від 08.07.2010 р «Про внесення змін до Навчального плану підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» кваліфікації «провізор» у вищих навчальних закладах IV рівня акредитації за спеціальністю «Фармація», затверджених наказом МОЗ від 07.12.2009 № 930».

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

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

Модуль 2 складається з п'яти змістових модулів:

1. Титриметричні методи аналізу. Ацидиметрія.
2. Окисно-відновне титрування.
3. Осаджувальне титрування. Комплексиметричне титрування.

Гравіметричний аналіз.

4. «Оптичні методи аналізу».
5. «Електрохімічні і хроматографічні методи аналізу».

ОСАДЖУВАЛЬНЕ ТИТРУВАННЯ

Осаджувальне титрування – це метод титриметричного аналізу, заснований на визначенні об'єму стандартного розчину титранту-осаджувача, витраченого на кількісне осадження компонента, що визначається.

Вимоги, що пред'являються до осаджувальних реакцій

1. Визначуваний компонент повинен бути осаджений кількісно.
2. Осад повинен бути чистим, без вмісту домішок.
3. Осад повинен бути практично не розчинний; значення ДР для бінарного електроліту має бути $\leq 10^{-8}$.
4. Осад повинен утворюватися швидко, при кімнатній температурі, без явища утворення пересичених розчинів.
5. Повинен бути простий спосіб фіксування КТТ.

Класифікація методів осаджувального титрування

Методи осаджувального титрування зазвичай класифікують за природою титранту, що реагує з обумовленою речовиною.

1. Аргентометрія (AgNO_3).
2. Тіоціанатометрія (NH_4SCN).
3. Меркурометрія ($\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$) або ($\text{Hg}_2(\text{ClO}_4)_2$).
4. Гексаціанофератометрія $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
5. Сульфатометрія (H_2SO_4).
6. Баріометрія (BaCl_2).
7. Плюмбометрія ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) або ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$).

Фіксування кінцевої точки титрування

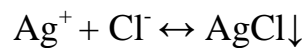
Для фіксування КТТ частіше застосовують індикатори, хоча можливо і безіндикаторне титрування. Залежно від принципу дії індикатори

осаджувального титрування можна розділити на 3 групи: *осаджувальні, металохромні, адсорбційні*.

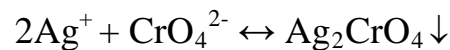
Осаджувальні індикатори – це індикатори, що утворюють поблизу ТЕ з титрантом забарвлений осад.

Прикладом осаджувальних індикаторів може служити хромат калію K_2CrO_4 , що застосовується для аргентометричного титрування хлорид-іонів нітратом срібла. Застосування K_2CrO_4 засноване на його здатності утворювати цегляно-червоний осад хромату срібла в КТТ.

У процесі титрування спочатку утворюється малорозчинний білий осад хлориду срібла:



Хлорид срібла менш розчинний, ніж хромат срібла, тому осад хромату срібла не утворюється до тих пір, поки в розчині є хлорид-іони. В ТЕ усі хлорид-іони відтитровані. Додавання першої ж надлишкової порції титранту – розчину нітрату срібла – призводить до виникнення червоного осаду хромату срібла і титрування закінчують:



Визначення проводять при $pH = 6,5-10,3$.

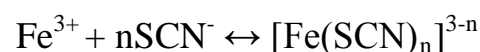
Металохромні індикатори – це індикатори, які утворюють із титрантом поблизу ТЕ забарвлені комплекси.

Найчастіше в якості металохромного індикатора використовують залізоамонійні галуни $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

При визначенні іонів срібла прямим титруванням в аналізований розчин додають невелику кількість індикатора. При цьому протікає реакція:



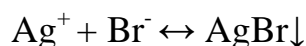
Після ТЕ, коли усі катіони срібла відтитровані, додавання першої надлишкової краплі титранту призводить до утворення тіоціанатних комплексів заліза (III) червоного кольору:



Титрування проводять у кислому середовищі ($\text{pH} \leq 1$) для придушення гідролізу заліза (III), оскільки продукти гідролізу також забарвлені.

Адсорбційні індикатори - це індикатори, які при адсорбції на осаді змінюють свій колір.

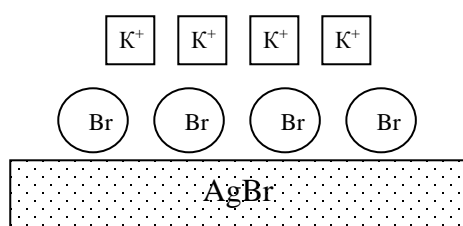
Найчастіше застосовують адсорбційні індикатори еозин і флуоресцеїн. Механізм дії адсорбційних індикаторів розглянемо на прикладі титрування броміду калію розчином нітрату срібла в присутності еозину, який є слабкою кислотою HInd. У процесі титрування утворюється осад броміду срібла:



Індикатор дисоціює за схемою:

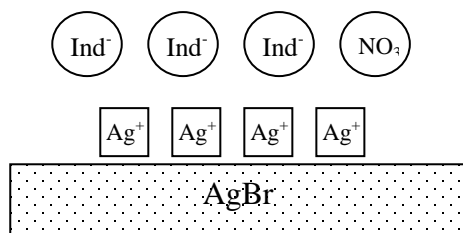


До ТЕ в розчині присутні невідтитровані бромід-іони. Вони адсорбуються на поверхні осаду AgBr, так як в першу чергу з розчину адсорбуються іони, які входять до складу осаду. Поверхня осаду внаслідок адсорбції бромід-іонів виявляється негативно зарядженою, що перешкоджає адсорбції на поверхні осаду також негативно заряджених аніонів індикатора Ind⁻, що знаходяться в розчині. У дифузійному шарі біля негативно зарядженої поверхні осаду знаходяться катіони, присутні в розчині. Схематично структура поверхні осаду показана на рисунку:



Після досягнення ТЕ адсорбція катіонів срібла на поверхні осаду призводить до появи позитивного заряду на поверхні осаду, внаслідок чого на ній адсорбуються аніони індикатора Ind⁻. При адсорбції на поверхні осаду аніони індикатора утворюють з катіонами срібла адсорбційний комплекс червоно-фіолетового кольору.

Структура, що виникла на поверхні осаду, показана на рисунку:



При використанні *адсорбційних індикаторів* необхідно дотримуватися наступних умов:

1. Необхідно, щоб поверхня осаду була якомога більшою, оскільки зміна кольору індикатора при його адсорбції на поверхні осаду після ТЕ тим виразніше, чим більше поверхня осаду.

2. При титруванні з адсорбційними індикаторами важлива величина рН, оскільки повинна переважати іонна форма індикатора. Так, для флуоресцеїну оптимальний інтервал рН від 6,5 до 10,3. При більш низьких значеннях рН розчину пригнічується дисоціація індикатора. Для еозину оптимальне значення рН 2-10,3.

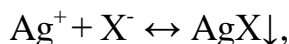
3. Необхідно враховувати адсорбційну здатність індикатора. Індикатор не повинен адсорбуватись на поверхні осаду раніше іонів, що визначаються. Так, еозин можна застосовувати при визначенні Br^- , I^- , SCN^- . Однак його не можна застосовувати при визначенні хлорид-іонів, так як осад AgCl адсорбує аніони еозину до ТЕ.

4. Титрування поблизу ТЕ слід проводити повільно, так як адсорбція індикатора протікає в часі.

5. Титрування в присутності адсорбційних індикаторів слід проводити у розсіяному світлі, щоб запобігти фотохімічному розкладанню сполук срібла.

АРГЕНТОМЕТРІЯ

Аргентометрія, або аргентометричне титрування, – метод осаджувального титрування, заснований на використанні стандартного розчину нітрату срібла AgNO_3 в якості реагента-осаджувача. В основі методу лежать осаджувальні реакції:



де $\text{X}^- = \text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-, \text{CN}^-, \text{SCN}^-$ та ін.

Титрантом методу є стандартний розчин AgNO_3 , найчастіше з концентрацією 0,02, 0,05 й 0,1 моль/л. Титрант можна приготувати за точною наважкою із перекристалізованого і висушеного нітрату срібла, але частіше готують розчин нітрату срібла приблизної концентрації, який стандартизують за первинними стандартами хлориду натрію або хлориду калію. Стандартизацію проводять у присутності індикатора хромату калію.

Розчин нітрату срібла зберігають у склянках із темного скла у захищеному від світла місці.

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

Метод Гей-Люссака – пряме титрування галогенід-іонів розчином нітрату срібла без індикаторів. Закінчення титрування фіксують візуально по припиненню утворення осаду солі срібла і просвітленню розчину.

Метод Мора – спосіб прямого титрування Cl^- й Br^- стандартним розчином нітрату срібла в присутності індикатора – розчину хромату калію. I^- , SCN^- цим методом не визначаються, так як при титруванні відбувається співосадження хромату калію з осадами AgI або AgSCN .

Визначенню заважають катіони, що утворюють осади хроматів (Ba^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+}); забарвлені катіони, що заважають спостереженню переходу забарвлення в ТЕ (Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} та ін.); катіони, що піддаються гідролізу і створюють кислу реакцію середовища (Al^{3+} , Fe^{3+}); аніони, що утворюють з

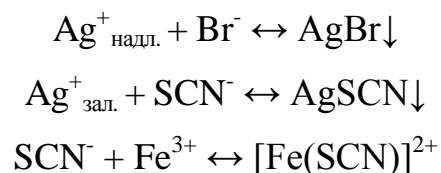
іонами срібла осадки (PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , S^{2-} , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CN^- , SCN^- та ін.); NH_3 , утворює комплексні сполуки з солями срібла.

Метод Фаянса-Фішера-Ходакова – спосіб прямого титрування галогенід-іонів, ціанідів, тіоціанатів стандартним розчином нітрату срібла в присутності адсорбційних індикаторів: флуоресцеїну, еозину та ін.

Метод Фольгарда – спосіб зворотного титрування надлишку катіонів срібла розчином тіоціанату амонію або калію зазвичай в присутності індикатора залізоамонійного галуни $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Метод застосовується для визначення галогенід-іонів, CN^- , SCN^- , S^{2-} .

У класичному титруванні за методом Фольгарда до аналізованого розчину додають розведену азотну кислоту, точно відому надлишкову кількість стандартного розчину нітрату срібла та декілька крапель індикатора – розчину залізоамонійних галунів. Перемішують суміш та титрують іони срібла, що не вступили в реакцію, стандартним розчином тіоціанату амонію або калію до появи рожевого забарвлення розчину. Наприклад, при визначенні бромід-іонів:



Визначення *хлорид-* та *йодид-*іонів за методом Фольгарда має ряд особливостей.

При визначенні *хлоридів* за методом Фольгарда можлива більша витрата титранту, внаслідок протікання реакції між осадом $\text{AgCl}\downarrow$ та тіоціанат-іонами:



Така реакція протікає, оскільки розчинність тіоціанату срібла нижче розчинності хлориду срібла, що впливає із порівняння їх добутку розчинності:

$$DPAgCl = 1,78 \cdot 10^{-10} > DPAgSCN = 1,1 \cdot 10^{-12}.$$

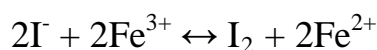
Щоб уникнути цього:

– осад хлориду срібла можна відфільтрувати та промити водою до негативної реакції на Ag^+ ;

– розчин з осадом $\text{AgCl}\downarrow$ можна прокип'ятити до коагуляції AgCl , охолодити та далі відтитрувати залишок Ag^+ ;

– можна запобігти реакції між осадом хлориду срібла та титрантом шляхом введення в колбу для титрування індиферентного органічного розчинника, що не змішується з водою, наприклад нітробензола, хлороформу, шар якого, покриваючи осад, ізолює його від розчину.

При визначенні *йодидів* за методом Фольгарда при недотриманні порядку додавання реагентів можлива реакція:



Для запобігання цій реакції необхідно дотримуватися послідовності додавання розчинів, індикатор слід додавати після практично повного зв'язування йодид-іонів в осад.

Застосування аргентометрії у фармацевтичному аналізі

Із методів осаджувального титрування, аргентометрія – найбільш поширений в аналітичній практиці метод. Його використовують для кількісного визначення галогенідів лужних і лужноземельних металів (NaCl , NaBr , KBr , NaI , KI та ін.); галогенокисневих солей органічних основ (папаверину гідрохлорид, морфіну гідрохлорид, скополаміну гідробромід і ін.), галогенопохідних органічних речовин (після переведення галогену в іоногенний стан, наприклад, нагріванням з лугом) – бромізовалу, бромкамфори, похідних барбітурової кислоти та ін.

ТІОЦІАНАТОМЕТРІЯ

Тіоціанатометрія, або тіоціанатометричне титрування, – метод титриметричного аналізу, заснований на застосуванні стандартного розчину тіоціанату амонію NH_4SCN або тіоціанату калію KSCN в якості реагенту, що взаємодіє з обумовленою речовиною, – зазвичай з катіонами срібла.

Метод використовується для визначення катіонів срібла або ртуті (I) із застосуванням індикатора – залізоамонійних галунів $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ в азотнокислому середовищі.

В основі методу лежить реакція:



Після ТЕ титруємий розчин забарвлюється у червоний колір внаслідок утворення тіоціанатних комплексів заліза (III):



Титрування можна проводити в присутності катіонів Ba^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} та ін., що не утворюють осади з тіоціанат-іонами в кислому середовищі.

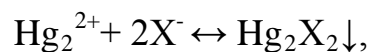
У якості титранту використовують 0,02; 0,05 або 0,1 М водні розчини тіоціанатів амонію або калію, які готують способом встановленого титру. Стандартизацію проводять по титрованому розчину нітрату срібла.

Метод тіоціанатометрії використовується для визначення срібла в сплавах або фармацевтичних препаратах протаргол, коларгол, нітрат срібла. При аналізі органічних речовин, що містять ковалентно зв'язане срібло, попередньо переводять срібло в іоногенний стан обробкою сірчаної та азотної кислотами при нагріванні.

МЕРКУРОМЕТРІЯ

Меркурометрія, або меркурометричне титрування, – метод визначення аніонів, оснований на застосуванні в якості титранту розчину нітрату ртуті (I).

В основі методу лежать реакції утворення малорозчинних осадів галогенідів ртуті (I):

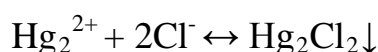


де $\text{X}^- = \text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-, \text{SCN}^-$

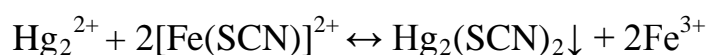
У якості титранту використовують 0,05 М водний розчин нітрату ртуті (I), який готують способом встановленого титру. Отриманий розчин нітрату ртуті (I) стандартизують по хлориду натрію. Стандартний розчин $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ стійкий і зберігає свою концентрацію протягом декількох місяців.

В якості індикаторів методу використовують тіоціанатні комплекси заліза (III) або дифенілкарбазон.

Тіоціанатні комплекси заліза (III) утворюються безпосередньо в титруємому розчині при введенні в нього тіоціанату амонію NH_4SCN і нітрату заліза (III) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Тіоціанатні комплекси мають червоний колір, який зберігається до ТЕ. У процесі титрування, наприклад, хлорид-іонів протікає реакція:



Після досягнення ТЕ, коли усі хлорид-іони відтитровані, перша порція надлишку титранту, що додається, призводить до руйнування тіоціанатних комплексів заліза (III) і червоний колір розчину зникає:



Для обліку кількості титранту, витраченого на реакцію з індикатором, паралельно проводять «холостий дослід».

Дифенілкарбазон – адсорбційний індикатор. У титруємому розчин він додається перед закінченням титрування. Поблизу ТЕ індикатор забарвлює осад в інтенсивно синій колір.

Переваги та недоліки меркурометрії в порівнянні з аргентометрією

Метод дозволяє проводити титрування сильно кислих розчинів. Галогеніди ртуті (I) набагато менше розчинні у воді в порівнянні з галогенідами срібла. Солі ртуті (I) не такі дефіцитні і менш коштовні, ніж солі срібла.

Проте сполуки ртуті високотоксичні, що обмежує можливості використання меркурометрії.

Заняття № 13

1. ТЕМА: Осаджувальне титрування. Аргентометрія. Меркуриметрія

2. ЦІЛЬ: Вивчити теоретичні основи методів осаджувального титрування, оволодіти методами аргентометрії, меркуриметрії і навчитися застосовувати їх в хімічному аналізі

3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:

- 3.1. Засвоїти основні положення методу осаджувального титрування і вивчити класифікацію методів осаджувального титрування.
- 3.2. Вивчити способи встановлення точки еквівалентності і типи індикаторів методу осаджувального титрування.
- 3.3. Навчитися розраховувати і аналізувати криві осаджувального титрування.
- 3.4. Вивчити теоретичні основи аргентометричного і меркуриметричного титрування. Навчитися обґрунтовано вибирати метод осаджувального титрування залежно від хіміко-аналітичних властивостей аналізованих речовин, в тому числі фармацевтичних препаратів і косметичних засобів.
- 3.5. Оволодіти методиками аргентометричного і меркуриметричного визначення броміду калію.

4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:

- 4.1. Організаційний момент 2 хв
- 4.2. Постановка мети заняття і мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача)..... 3 хв
- 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-умінь (картковий контроль).....10 хв
- 4.4. Корекція вихідного рівня знань-умінь.....40 хв
- 4.5. Організація самостійної роботи студентів (цільові вказівки викладача, техніка безпеки)..... 3 хв
- 4.6. Лабораторна робота.....110 хв
- 4.7. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи та протоколів5 хв

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

5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

- 5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу якісного аналізу: рівновага в гетерогенних системах, розрахунок добутку розчинності і розчинності.
- 5.2. Вивчити програмний матеріал по даній темі, користуючись рекомендованою літературою та лекцією.

Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Теоретичні основи методів осаджувального титрування. Вимоги, що пред'являються до реакцій, котрі застосовуються в осаджувальному титруванні. Класифікація методів осаджувального титрування.
2. Способи визначення кінцевої точки титрування. Індикатори методу осаджувального титрування (осаджувальні, абсорбційні, металохромні). Механізм дії індикаторів.
3. Умови застосування і вибір адсорбційних індикаторів.
4. *Аргентометричне титрування*. Суть методу. Титранти методу, їх приготування і стандартизація. Різновиди аргентометрії.
5. *Метод Мора*: спосіб титрування, титрант методу, індикатор методу, рівняння реакцій, можливості методу.
6. В якому середовищі проводять визначення по Морю (обґрунтувати)?
7. Які з іонів – Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , Ag^+ – можна визначити титруванням за методом Мора? Вибір обґрунтувати.
8. Чи можна визначити хлорид- і бромід-іони в гідролізуються солях?
9. *Метод Фаянса-Фішера-Ходакова*: спосіб титрування, титрант методу, індикатори методу, рівняння реакцій, можливості методу.
- 10.3 яким індикатором і при якому значенні рН проводять визначення хлорид-іонів за методом Фаянса-Фішера-Ходакова? З яким індикатором і при якому значенні рН проводять визначення йодид- і бромід-іонів за методом Фаянса-Фішера-Ходакова? Відповідь обґрунтувати.

11. *Метод Фольгарда*: спосіб титрування, титранти методу, індикатор методу, рівняння реакцій, можливості методу.
12. Чому титрування за методом Фольгарда проводять в кислому середовищі? Якою кислотою створюється середовище і чому?
13. Особливості визначення хлорид- і йодид-іонів за методом Фольгарда.
14. *Меркурометричне титрування*. Суть методу. Титрант методу, його приготування, стандартизація. Можливості методу.
15. Індикатори методу меркурометрії. Механізм дії залізотіоціанатного індикатора при меркурометричному визначенні галогенідів. Роль «холостого дослідження».
16. Застосування в аналізі методів осаджувального титрування:
 - підберіть методи і умови визначення галогенід-іонів в наступних солях: NH_4Cl , KI , AlCl_3 , CuCl_2 , CoBr_2 , KSCN , FeCl_3 , NaCl ;
 - підберіть методи визначення галогенід-іонів в наступних сумішах: $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $\text{KBr} + \text{K}_3\text{PO}_4$, $\text{KBr} + \text{Na}_2\text{CO}_3$;
 - запропонуйте методи визначення вмісту кожного з галогенід-іонів при їх сумісній присутності: $\text{I}^- + \text{Br}^-$, $\text{I}^- + \text{Cl}^-$.

5.3. Розв'язати задачі:

Задача 1. На титрування 20,00 мл хлориду натрію ($T(\text{NaCl}/\text{Ag}) = 0,005750$ г/мл) витратили 25,00 мл розчину $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$. Визначте молярну концентрацію еквівалента і титр розчину $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$.

Відповідь: 0,04263 моль/л; 0,01120 г/мл.

Задача 2. Наважку хлориду калію масою 1,4790 г розчинили в мірній колбі ємністю 250,0 мл. До 25,00 мл отриманого розчину додали 50,00 мл 0,1000 н. розчину нітрату срібла ($K_{\text{п}} = 0,9580$). На титрування залишку нітрату срібла витрачається 25,50 мл 0,1000 н. розчину тіоціанату амонію ($K_{\text{п}} = 0,8352$). Розрахуйте масову частку (в %) хлорид-іонів в зразку.

Відповідь: 63,76%.

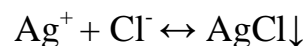
Задача 3. Яка речовина була взята для аналізу (NaBr або KBr), якщо на титрування 0,2332 г його по методу Мора було витрачено 18,77 мл 0,1044 М розчину AgNO_3 ?

Відповідь: KBr.

5.4. Приклад розв'язування задач:

Задача 1. При стандартизації розчину нітрату срібла по стандартному розчину хлориду натрію на титрування 20,00 мл AgNO_3 в присутності індикатора хромату калію витрачено 19,85 мл розчину NaCl з молярною концентрацією 0,05120 моль/л. Обчисліть молярну концентрацію і титр нітрату срібла в аналізованому розчині.

Рішення. Запишемо рівняння реакції титрування нітрату срібла розчином хлориду натрію:



Відповідно до закону еквівалентності:

$$C_{\text{Мэ}}(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) = C_{\text{Мэ}}(\text{NaCl}) \cdot V(\text{NaCl}).$$

Для розчинів AgNO_3 й NaCl $C_{\text{Мэ}} = C_{\text{М}}$, отже, молярна концентрація розчину нітрату срібла дорівнює:

$$C_{\text{М}(\text{AgNO}_3)} = \frac{C_{\text{М}(\text{NaCl})} \cdot V_{(\text{NaCl})}}{V_{(\text{AgNO}_3)}} = \frac{0,05120 \cdot 19,85}{20,00} = 0,05080 \text{ моль/л.}$$

Розрахувати титр розчину нітрату срібла за формулою:

$$T(\text{AgNO}_3) = C_{\text{Мэ}}(\text{AgNO}_3) \cdot \text{Мэ}'(\text{AgNO}_3).$$

$$M(\text{AgNO}_3) = 169,9 \text{ г/моль};$$

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

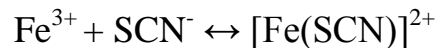
$$\text{Мэ}'(\text{AgNO}_3) = M(\text{AgNO}_3) \cdot f_e(\text{AgNO}_3) : 1000 = 169,9 \cdot 1 : 1000 = 0,1691.$$

$$T(\text{AgNO}_3) = 0,05080 \cdot 0,1691 = 0,008590 \text{ г/мл.}$$

Відповідь: 0,05080 моль/л; 0,008590 г/мл.

Задача 2. Яка маса хлориду барію міститься в 250,0 мл розчину, якщо після додавання до 25,00 мл його 40,00 мл 0,1020 М розчину AgNO_3 на зворотне титрування надлишку AgNO_3 витрачено 15,00 мл 0,09800 М розчину NH_4SCN ?

Рішення. Визначення хлориду барію проведено за методом Фольгарда (способом зворотного титрування):



$$M(\text{BaCl}_2) = 208,2 \text{ г/моль};$$

$$f_e(\text{BaCl}_2) = 1/2;$$

$$M_e(\text{BaCl}_2) = M(\text{BaCl}_2) \cdot f_e(\text{BaCl}_2) = 208,2 \cdot 1/2 = 104,1 \text{ г/моль}.$$

Розрахунок маси хлориду барію проводять за формулою:

$$m_{(\text{BaCl}_2)} = \frac{(V_{(\text{AgNO}_3)} \cdot C_{(\text{AgNO}_3)} - V_{(\text{NH}_4\text{SCN})} \cdot C_{(\text{NH}_4\text{SCN})}) \cdot M_{\text{Э}(\text{BaCl}_2)} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{п}} \cdot 1000};$$

$$m_{(\text{BaCl}_2)} = \frac{(40,00 \cdot 0,1020 - 15,00 \cdot 0,09800) \cdot 104,1 \cdot 250,0}{25,00 \cdot 1000} = 2,717 \text{ г}.$$

Відповідь: 2,717 г.

5.5. Опрацювати тестові завдання (с. 61-70)

Література:

1. Алексеев В.Н. Кількісний аналіз. – М.: Хімія, 1972. – С. 314-335.
2. Васильєв В.П. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 1. Титриметричні та гравіметричні методи аналізу. – М.: Дрофа, 2002. – С. 274-280.
3. Лур'є Ю.Ю. Довідник з аналітичної хімії. – 5-е вид., перероб. та доп. – М.: Хімія, 1979. – 480 с.
4. Пономарьов В.Д. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Вища школа, 1982. – С. 78-89.

5. Харитонов Ю.Я. Аналітична хімія (аналітика). В 2 кн. Кн. 2. Кількісний аналіз. Фізико-хімічні (інструментальні) методи аналізу. – М.: Вища школа, 2001. – С. 245-265.

6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

1. Визначення вмісту броміду калію методом аргентометрії

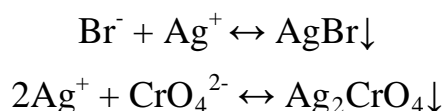
1.1. Визначення масової частки (в%) броміду калію в розчині за методом

Мора

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакцій:



Попередні розрахунки:

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

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

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

Методика визначення. 10,00 мл аналізованого розчину переносять піпеткою в мірну колбу ємністю 100,0 мл, доводять дистильованою водою до мітки і перемішують. У колбу для титрування відмірюють 20,00 мл приготовленого 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 об'єму титранту розраховують масову частку (у%) броміду калію за формулою:

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

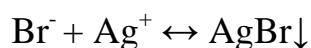
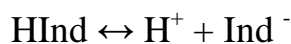
Висновок:

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

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакцій:



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

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

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

Попередні розрахунки:

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

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

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

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

Методика визначення. У колбу для титрування відміряють 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 об'єму титранту розраховують масову частку (у%) броміду калію за формулою:

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

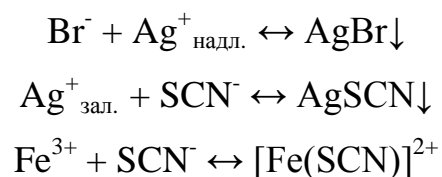
Висновок:

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

Спосіб титрування – зворотний (по надлишку).

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакцій:



Попередні розрахунки:

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

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

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

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

Методика визначення. У колбу для титрування відміряють 20,00 мл розчину, приготовленого по п. 1.1., додають за допомогою піпетки або бюретки 20,00 мл 0,02000 М розчину нітрата срібла, 5 мл 2 М розчину азотної кислоти, 1-2 мл насиченого розчину залізоамонійних галунів і відтитровують залишок нітрата срібла 0,02000 М розчином тіоціанату амонію, добре перемішуючи, до червонуватого забарвлення розчину над осадом. Титрування повторюють до отримання трьох відтворених результатів.

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

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

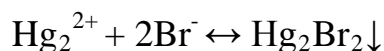
Висновок:

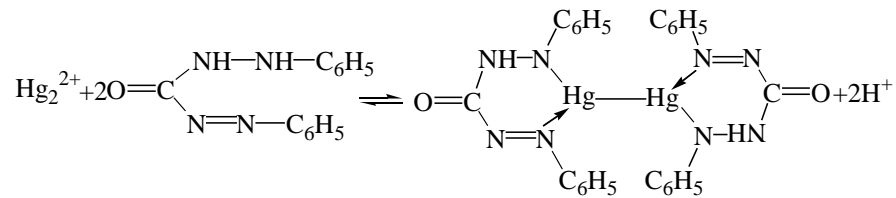
2. Визначення вмісту броміду калію методом меркуриметрії

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакцій:





Попередні розрахунки:

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

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

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

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

$$T(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2/\text{KBr}) = C_M(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2) \cdot M_e'\text{KBr};$$

$$T(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2/\text{KBr}) = 0,01000 \cdot 0,1190 = 0,001190 \text{ г/моль};$$

$$a(\text{KBr}) = T(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2/\text{KBr}) \cdot V.$$

Методика визначення. Точну наважку броміду калію розчиняють у дистильованій воді в мірній колбі об'ємом 100,0 мл, доводять водою до мітки і перемішують. Із отриманого розведення 10,00 мл переносять в колбу для титрування, додають 5 мл 2 М розчину азотної кислоти, 3-4 краплі 1% -ного спиртового розчину дифенілкарбазону і титрують 0,01000 М розчином нітрату ртуті (I) до забарвлення осаду і розчину в синьо-фіолетовий колір. Перше титрування – орієнтоване. При повторних титруваннях індикатор додають поблизу точки еквівалентності, коли додано розчин титранту на 0,50 – 1,00 мл менше, ніж при першому титруванні і дотитровують по краплях до забарвлення осаду і розчину у синьо-фіолетовий колір. Титрування повторюють до отримання трьох відтворюваних результатів.

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

$$\omega_{(\text{KBr})} = \frac{T_{(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2/\text{KBr})} \cdot K_{\text{п}} \cdot V_{(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2)} \cdot V_{\text{к}} \cdot 100}{a_{(\text{KBr})} \cdot V_{\text{п}}}.$$

Висновок:

7.1. Табличний фонд по темі заняття.

7.2. Навчальні посібники:

– довідник по аналітичній хімії.

7.3. ТЗ навчання та контролю:

– картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь;

– контрольні питання;

– тести.

КОМПЛЕКСИМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ

Комплекси́метрия, або комплекси́метричне титрування, – метод титриметричного аналізу, заснований на застосуванні реакцій комплексоутворення між визначеним компонентом аналізованого розчину і титрантом.

Метод частіше застосовують для визначення катіонів металів-комплексоутворювачів.

Вимоги, що пред'являються до реакцій у комплексометрії

1. Реакція повинна перебігати стехіометрично, тобто у реакції повинен утворюватися тільки один продукт точно визначеного складу.
2. Реакція повинна перебігати практично до кінця. Константа стійкості утвореного комплексу повинна бути $\beta \geq 10^8$.
3. Реакції комплексоутворення повинні перебігати швидко, рівновага повинна встановлюватися практично миттєво.
4. КТТ повинна фіксуватися чітко.

Класифікація методів комплекси́метрії

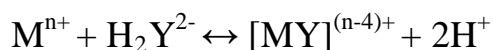
Залежно від природи реагенту або комплексів, що утворюються виділяють наступні методи.

1. Меркуриметрія.
2. Фторометрія.
3. Ціанометрія.
4. Комплексонометрія.

Комплексонометрія

Комплексо́ни – це багатоосновні амінополікарбонові кислоти і їх солі, аніони яких є полідентатними хелатоутворюючими лігандами і здатні утворювати з багатьма катіонами металів стійкі розчинні комплекси – комплексо́нати. 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-дентатний ліганд і утворює комплекси переважно складу $\text{MY}^{(n-4)+}$:



Титранти методу

У якості титрантів застосовують стандартні водні розчини ЕДТА з концентрацією 0,1; 0,05; 0,025 й 0,01 моль/л, а також стандартні розчини сульфату магнію або сульфату цинку. Розчин трилону Б можна готувати за точною наважкою і способом встановленого титру. В якості первинних стандартів використовують металевий цинк, алюміній, магній, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Згідно ДФУ розчин трилону Б стандартизують по металевому цинку з індикатором ксиленоловим помаранчевим.

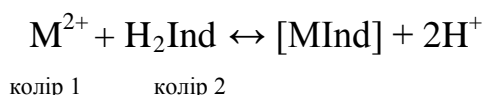
Криві титрування

Крива комплексометричного титрування – це графічна залежність концентрації визначуваних катіонів металу в розчині від об'єму доданого титранту. Часто криві титрування будують в координатах $\text{pM}-f(V_T)$, де $\text{pM} = -\lg[\text{M}^{n+}]$ – показник рівноважної концентрації катіонів M^{n+} в розчині, V_T – об'єм доданого титранту. Іноді криві титрування будують в координатах $\text{pM}-f(f)$, де f – ступінь відтитрованості розчину.

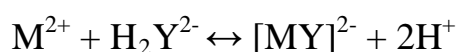
Індикатори комплексометрії

Для фіксування КТГ найчастіше застосовуються металохромні індикатори, що представляють слабкі протоліти, зворотно утворюючи з іонами визначуваних металів інтенсивно забарвлені комплекси, колір яких відрізняється від кольору вільного індикатора.

Індикатор додається в аналізований розчин до початку додавання титранту і утворює з катіонами металу забарвлений розчинний комплекс:

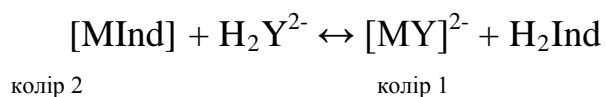


Так як індикатора додано небагато, то додавання ЕДТА до ТЕ не порушує цієї рівноваги, так як ЕДТА взаємодіє тільки з іонами металу:



Необхідно, щоб комплекс [MInd] був менш стійкий, ніж комплекс [MY]²⁻.

Поблизу TE, коли відтитровані усі іони металу, титрант, що додається, взаємодіє з комплексом [MInd] і руйнує його:



Індикатор, що вивільняється, змінює забарвлення титруемого розчину.

Застосування комплексонометричного титрування

Пряме титрування застосовують для визначення іонів металу, які швидко реагують з ЕДТА, за умови, що існує відповідний індикатор або фізико-хімічний метод фіксування КТТ.

Більшість іонів металів (близько 30) можна визначити прямим титруванням, наприклад, катіони магнію з індикатором еріохромом чорним Т (в середовищі аміачного буферу), катіони свинцю з індикатором ксиленоловим помаранчевим (при рН = 5), катіони кальцію в присутності різних індикаторів: кальконкарбонової кислоти (в середовищі NaOH), хромового темно-синього (в аміачному буфері), мурексиду (в лужному середовищі при рН ≥ 12).

Зворотнє титрування засноване на додаванні до аналізованого розчину надмірної кількості стандартного розчину ЕДТА з подальшим визначенням його залишку розчинами солей: Zn^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} та ін.

Застосовують для визначення:

– катіонів талію (III), германію (IV), сурми (V), які утворюють стійкі комплекси з ЕДТА, але підібрати підходящий індикатор для цих елементів не вдається;

– катіонів, які блокують цей індикатор, або реагують з ЕДТА при звичайній температурі дуже повільно (Al^{3+} , Hg^{2+});

– катіонів, які осідають при рН титруванні у вигляді гідроксидів і основних солей;

– катіонів хрому (III) й кобальту (III), які у водному середовищі знаходяться в вигляді кінетично інертних аквакомплексів;

– аніонів, наприклад, сульфат, ортофосфат-, оксалат-іонів при комбінуванні осадження зі зворотним комплексонометричним титруванням.

Замісне титрування засноване на реакції, при якій іон визначуваного металу M_1^{n+} , витісняє іон металу M_2^{n+} з його менш міцного комплексу з ЕДТА. Іони металу, що виділилися M_2^{n+} титрують розчином ЕДТА в присутності відповідного індикатора. Замісне титрування можна застосовувати для визначення елементів, що не утворюють з ЕДТА комплексів.

Меркуриметрія

Меркуриметрія, або меркуриметричне титрування, –метод титриметричного аналізу, заснований на використанні реакцій утворення стійких, слабодисоціюючих, розчинних сполук ртуті (II) – $HgCl_2$, $Hg(CN)_2$, $Hg(SCN)_2$, які в розчинах присутні у формі комплексних сполук.

Титрант методу – нітрат ртуті (II) або перхлорат ртуті (II) – готують способом встановленого титру, а потім стандартизують по первинному стандарту NaCl. Для запобігання гідролізу наважку солі ртуті розчиняють у 6 М азотній кислоті, а потім розбавляють водою.

Для фіксування КТТ в меркуриметрії застосовують нітропрусид натрію (10% розчин), дифенілкарбазон (0,1-0,5% розчин).

Застосування меркуриметрії. Метод застосовують для визначення хлоридів, рідше визначають броміди, йодиди, цианіди.

Заняття № 14

1. ТЕМА: Комплексиметричне титрування. Комплексонометрія

2. МЕТА: Сформувати уявлення про комплексиметричне титрування і вміння застосовувати метод у кількісному аналізі хімічних сполук, лікарських та косметичних засобів

3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:

3.1. Вивчити сутність комплексиметричного титрування.

3.2. Вивчити теоретичні основи, сфери застосування та умови виконання комплексонометричного титрування.

3.3. Навчитися визначати кількісний вміст катіонів кальцію способом прямого титрування, катіонів свинцю способом зворотного титрування, загальну жорсткість води.

3.4. Сформувати вміння застосовувати методи комплексиметричного титрування для визначення хімічних сполук, лікарських та косметичних речовин.

4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:

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

8. Які речовини визначають комплексометрично способами прямого, зворотного і замісного титрування?

Наведіть приклади комплексометричного титрування:

- катіонів у лужному середовищі при рН 10-13;
- катіонів у середовищі аміачного буфера при рН 9-10;
- катіонів у кислому середовищі при рН 1-3;
- катіонів способом зворотного титрування;
- катіонів способом замісного титрування;
- аніонів способом зворотного титрування.

9. На чому ґрунтується визначення сульфат-іона?

10. Охарактеризуйте особливості комплексометричного визначення способом прямого титрування: а) Pb^{2+} ; б) Zn^{2+} ; в) Fe^{3+} ; г) Bi^{3+} ; д) Ca^{2+} ; е) Ba^{2+} ; ж) Mg^{2+} ; з) Al^{3+} .

11. Охарактеризуйте особливості комплексометричного визначення способом зворотного титрування: а) Pb^{2+} ; б) Mn^{2+} ; в) PO_4^{3-} ; г) SO_4^{2-} .

12. Охарактеризуйте особливості комплексометричного визначення способом замісного титрування: а) Hg^{2+} ; б) SO_4^{2-} .

13. Галузі застосування комплексометрії. Визначення загальної жорсткості води. Застосування комплексометрії у фармації.

14. Меркуриметрія. Суть методу, титрант і способи фіксування КТТ. Застосування меркуриметрії.

5.3. Розв'язати задачі:

Задача 1. Аналізований розчин, що містить солі Ca^{2+} й Mg^{2+} , розбавили водою у мірній колбі на 100,0 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину з еріохромом чорним Т витрачено 18,45 мл 0,01020 М розчину комплексона III, а на титрування 20,00 мл розчину з мурексидом витрачено 8,22 мл 0,01020 М комплексона III. Визначте масовий вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} у вихідному розчині.

Відповідь: 0,0168 г Ca^{2+} ; 0,0127 г Mg^{2+} .

Задача 2. До 10,00 мл розчину NiCl_2 добавили дистильовану воду, аміачний буферний розчин і 20,00 мл 0,01085 М розчину трилону Б. Надлишок трилону Б відтитрували 5,50 мл 0,01292 М розчину MgSO_4 . Розрахуйте концентрацію (г / л) розчину NiCl_2 .

Відповідь: 1,90 г/л.

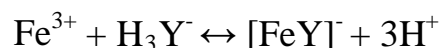
Задача 3. Яка маса натрію містилася в узятій пробі розчину, якщо після осадження його у вигляді $\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ отриманий осад відокремили, розчинили і відтитрували цинк 20,85 мл 0,1000 М розчину натрію едетату ($K_{\text{п}} = 0,9194$)?

Відповідь: 0,04407 г.

5.4. Приклад розв'язування задач:

Задача 1. На титрування 25,00 мл розчину, що містить залізо (II) і залізо (III) знадобилося 13,70 мл 0,01200 М розчину натрію едетату при $\text{pH} = 2$ і 29,60 мл при $\text{pH} = 6$. Знайдіть концентрацію кожного із цих компонентів у г/л.

Рішення. При $\text{pH} = 2$ титрується тільки залізо (III) й утворює з ЕДТА більш стійкий комплекс:

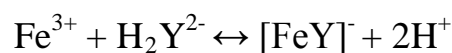


$M(\text{Fe}) = 55,85$ г/моль.

$$m_{(\text{Fe(III)})} = \frac{V_{\text{I(Тр.Б)}} \cdot C_{(\text{Тр.Б)}} \cdot M_{(\text{Fe})} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{п}} \cdot 1000};$$

$$m_{(\text{Fe(III)})} = \frac{13,70 \cdot 0,01200 \cdot 55,85 \cdot 1000}{25,00 \cdot 1000} = 0,3673 \text{ г/л.}$$

При $\text{pH} = 6$ титрується сума заліза(II) и заліза (III):



Об'єм ЕДТА, витрачений на титрування заліза (II), знаходимо як $V_2 - V_1$, тоді:

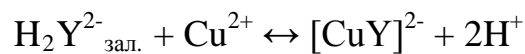
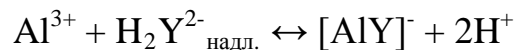
$$m_{(\text{Fe(II)})} = \frac{(V_2 - V_1)_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} \cdot M_{(\text{Fe})} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{п}} \cdot 1000};$$

$$m_{(\text{Fe(II)})} = \frac{(29,60 - 13,70) \cdot 0,01200 \cdot 55,85 \cdot 1000}{25,00 \cdot 1000} = 0,4262 \text{ г/л.}$$

Відповідь: 0,3673 г/л Fe^{3+} , 0,4262 г/л Fe^{2+} .

Задача 2. До 20,00 мл розчину, що містить алюміній, додали 50,00 мл 0,01018 М розчину натрію едетату при рН = 5 і розчин прокип'ятили для утворення комплексу $[\text{AlY}]^-$. Надлишок натрію едетату відтитрували 16,75 мл 0,02000 М розчину CuSO_4 ($K_{\text{п}} = 1,004$). Розрахуйте концентрацію іона алюмінію у розчині (г/л).

Рішення: визначення іона алюмінію ґрунтується на наступних реакціях:



$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ г/моль.}$

$$m_{(\text{Al}^{3+})} = \frac{(V_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} - V_{(\text{CuSO}_4)} \cdot C_{(\text{CuSO}_4)} \cdot K_{\text{п}}) \cdot M_{(\text{Al})} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{п}} \cdot 1000};$$

$$m_{(\text{Al}^{3+})} = \frac{(50,00 \cdot 0,01018 - 16,75 \cdot 0,02000 \cdot 1,004) \cdot 26,98 \cdot 1000}{20,00 \cdot 1000} = 0,2329 \text{ г/л.}$$

Відповідь: 0,2329 г/л.

Задача 3. На титрування 20,00 мл розчину $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ після додавання надлишку $[\text{Na}_2\text{MgY}]$ і протікання реакції заміщення: $[\text{MgY}]^{2-} + \text{Hg}^{2+} \leftrightarrow [\text{HgY}]^{2-} + \text{Mg}^{2+}$, витрачено 19,85 мл 0,05000 М розчину натрію едетату ($K_{\text{п}} = 1,055$). Розрахуйте концентрацію (г/л) розчину $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

Рішення:

$M(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 324,6 \text{ г/моль.}$

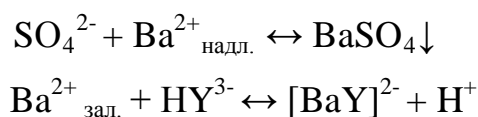
$$m_{(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2)} = \frac{V_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} \cdot K_{\text{п}} \cdot M_{(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2)} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{п}} \cdot 1000};$$

$$m_{\text{Hg}(\text{NO}_3)_2} = \frac{19,85 \cdot 0,05000 \cdot 1,055 \cdot 324,6 \cdot 1000}{20,00 \cdot 1000} = 16,99 \text{ г/л.}$$

Відповідь: 16,99 г/л.

Задача 4. Для визначення сульфат-іона у розчині 10,00 мл проби обробили 40,00 мл 0,2023 М розчину BaCl_2 і розчин розбавили у мірній колбі ємністю 200,0 мл (осад відфільтрували). На титрування 25,00 мл фільтрату витрачено 9,14 мл 0,1000 М розчину натрію едетату ($K_{\text{п}} = 1,032$). Розрахуйте концентрацію (г/л) сульфат-іона у досліджуваному розчині.

Рішення:



$$M(\text{SO}_4^{2-}) = 96,06 \text{ г/моль.}$$

$$m_{(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{(V_{(\text{BaCl}_2)} \cdot C_{(\text{BaCl}_2)} - V_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} \cdot K_{\text{п}} \cdot \frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{п}}}) \cdot M_{(\text{SO}_4^{2-})} \cdot V_{\text{к}}}{V_{\text{п}} \cdot 1000};$$

$$m_{(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{(40,00 \cdot 0,2023 - 9,14 \cdot 0,1000 \cdot 1,032 \cdot \frac{200,0}{25,00}) \cdot 96,06 \cdot 1000}{10,00 \cdot 1000} = 5,24 \text{ г/л.}$$

Відповідь: 5,24 г/л.

5.5. Опрацювати тестові завдання (с. 71-80):

Література:

1. Алексеев В.Н. Кількісний аналіз. – М.: Хімія, 1972. – С. 226-228, 412-416.
2. Васильєв В.П. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 1. Титриметричні та гравіметричні методи аналізу. – М.: Дрофа, 2002. – С. 246-249.
3. Лур'є Ю.Ю. Довідник з аналітичної хімії. – 5-е вид., перероб. та доп. – М.: Хімія, 1979. – 480 с.

4. Пономарьов В.Д. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Вища школа, 1982. – С. 127-128.

5. Харитонов Ю.Я. Аналітична хімія (аналітика). В 2 кн. Кн. 2. Кількісний аналіз. Фізико-хімічні (інструментальні) методи аналізу. – М.: Вища школа, 2001. – С. 186-193.

6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

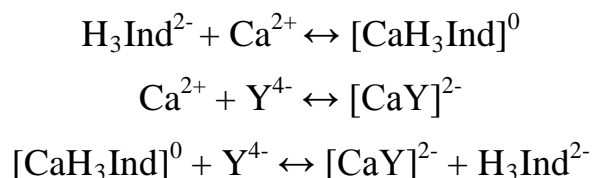
1. Визначення масової частки (у%)

хлориду кальцію у розчині

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакцій:



Попередні розрахунки:

$M(\text{CaCl}_2) = 110,9$ г/моль.

Методика визначення. 10,00 мл розчину лабораторної проби переносять піпеткою у мірну колбу на 100,0 мл, доводять об'єм дистильованою водою до мітки і перемішують. З розведення відбирають 10,00 мл у колбу для титрування на 250 мл, додають близько 50 мл води, 3 мл 2 М розчину гідроксиду натрію, 0,05 г індикаторної суміші мурексиду і титрують 0,05000 М розчином трилону Б до фіолетового забарвлення розчину. Титрування повторюють до отримання трьох відтворюваних результатів.

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

$$\omega_{(\text{CaCl}_2)} = \frac{V_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} \cdot M_{(\text{CaCl}_2)} \cdot K_{\text{п}} \cdot V_{\text{к}} \cdot 100}{a_{(\text{CaCl}_2)} \cdot V_{\text{п}} \cdot 1000}$$

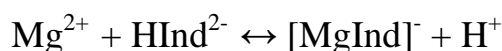
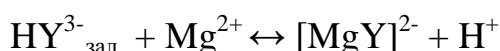
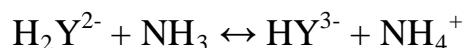
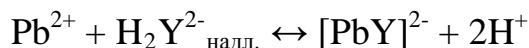
Висновок:

2. Визначення масової частки (у%) свинцю (II) у розчині ацетату свинцю

Спосіб титрування – зворотній (за надлишком).

Метод титрування – піпетування.

Хімізм реакцій:



Попередні розрахунки:

$M(\text{Pb}) = 207,2 \text{ г/моль.}$

Методика визначення. 10,00 мл розчину лабораторної проби переносять піпеткою в мірну колбу на 100,0 мл, доводять об'єм розчину дистильованою водою до мітки і перемішують. З розведення відбирають 10,00 мл в колбу для титрування на 250 мл, додають 20,00 мл 0,05000 М розчину трилону Б, близько 50 мл води, 5 мл аміачного буферного розчину, близько 0,05 г індикаторної суміші кислотного хром чорного спеціального (еріохром чорний Т), перемішують і титрують 0,05000 М розчином сульфату магнію до переходу синього забарвлення в червоно-фіолетове. Титрування повторюють до отримання трьох відтворюваних результатів.

За середнім значенням об'єму титранту розраховують масову частку (у%) свинцю (II) у розчині ацетату свинцю за формулою:

$$\omega_{(\text{Pb})} = \frac{(V_{(\text{Тр.Б})} \cdot C_{(\text{Тр.Б})} \cdot K_{\text{II}} - V_{(\text{MgSO}_4)} \cdot C_{(\text{MgSO}_4)} \cdot K_{\text{II}}) \cdot M_{(\text{Pb})} \cdot V_{\text{к}} \cdot 100}{a_{(\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2)} \cdot V_{\text{II}} \cdot 1000}$$

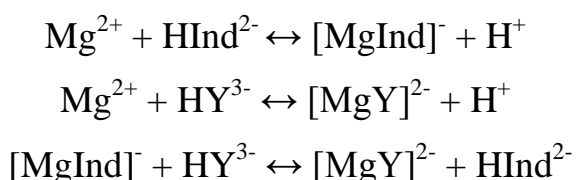
Висновок:

2. Визначення загальної жорсткості води

Спосіб титрування – прямий.

Метод титрування – окремих наважок.

Хімізм реакцій:



Методика визначення. Відмірюють мірним циліндром 100 мл водопровідної води, поміщають у 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 із винно-червоного у синє. Визначення проводять три рази. Для кожного визначення розраховують жорсткість води, яка виражається у ммоль еквівалентів іонів магнію і кальцію у 1 л води за формулою:

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

За отриманими результатами розраховують середнє значення жорсткості води:

$$\overline{\mathcal{J}}_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{\mathcal{J}_{1(\text{H}_2\text{O})} + \mathcal{J}_{2(\text{H}_2\text{O})} + \mathcal{J}_{3(\text{H}_2\text{O})}}{3}.$$

Висновок:

7. НАОЧНІ ПОСІБНИКИ, ТЗ НАВЧАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд по темі заняття.

7.2. Навчальні посібники:

– довідник по аналітичній хімії.

7.3. ТЗ навчання та контролю:

– картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь;

– контрольні питання;

– тести.

ГРАВІМЕТРІЯ

Гравіметричним аналізом називається метод кількісного хімічного аналізу, заснований на вимірюванні маси речовини відомого складу, хімічно пов'язаного з визначуваним компонентом або яким-небудь чином еквівалентного визначуваному компоненту.

Гравіметричні методи поділяються на дві групи:

1. *Методи осадження* – компонент, що визначається вступає в хімічну реакцію з реагентом, утворюючи малорозчинний продукт. Після фільтрування та інших необхідних операцій твердий осад зважують.

2. *Методи відгонки* – компонент, що визначається виділяється із проби у вигляді газу. Методи відгону бувають прямі (засновані на визначенні маси відігнаної речовини) і непрямі (засновані на визначенні маси залишку, наприклад, визначення кристалізаційної води).

Методи відгону не є універсальними. Найчастіше використовуються методи осадження.

Основні етапи гравіметричного визначення

1. Відбір проби.
2. Взяття наважки.
3. Осадження сполуки, що містить визначувану речовину (її називають *осаджуваною формою*).
4. Фільтрування отриманої суміші для відділення осаду від надосадової рідини.
5. Промивання осаду для видалення надосадової рідини і адсорбованих домішок з її поверхні.
6. Висушування при низькій температурі для видалення води або при високій температурі для перетворення осаду у більш відповідну для зважування форму (*гравіметричну форму*).
7. Зважування отриманого осаду.
8. Розрахунок результатів аналізу.

Осаджувана форма – це сполука, у вигляді якої компонент, що визначається осідає з розчину.

До осаджуваної форми висувають наступні вимоги:

1. Осад повинен бути малорозчинним (ДР для бінарних електролітів повинен бути менше 10^{-8}).
2. Осад повинен легко відділятися від розчину і відмиватися від забруднень.
3. Осад повинен бути чистим, тобто не містити сторонніх домішок.
4. Осаджувана форма повинна легко і повністю перетворюватися у гравіметричну форму.

Гравіметрична форма – сполука, яку зважують для отримання остаточного результату.

Вимоги, що пред'являються до гравіметричної форми:

1. Гравіметрична форма повинна бути відомого складу, точно відповідною хімічній формулі.
2. Повинна бути стійка.
3. Бажано, щоб вміст визначуваного компонента у гравіметричної форми був якомога менше або значення гравіметричного фактора було невелике.

Перераховані вимоги до осадів визначають вибір осаджувача. Оскільки з осадом можуть захоплюватися іони осаджувача, які відмиваються в повному обсязі, вигідно, щоб осаджувач був легкою речовиною. Наприклад, осаджувати Fe^{3+} NH_4OH , а не KOH або NaOH ; використовувати HCl , а не NaCl ; H_2SO_4 , а не Na_2SO_4 . Осаджувач повинен бути специфічним.

Для більш повного осадження у гравіметричному аналізі осаджувача беруть у 1,5 рази більше розрахованого. Занадто великий надлишок викликає підвищення розчинності осаду.

Обчислення результатів гравіметричного аналізу

Кінцевим етапом гравіметричного аналізу є обчислення результатів. Масу визначуваного компонента розраховують виходячи із *маси осаду* (гравіметричної форми) за допомогою *гравіметричного фактору*.

Якщо відома, наприклад, маса сульфату барію, то масу сірки можна обчислити за формулою:

$$m(S) = m(\text{BaSO}_4) \cdot \frac{M_{(S)}}{M_{(\text{BaSO}_4)}}, \text{ де}$$

$M(S)$ й $M(\text{BaSO}_4)$ – молярні маси S й BaSO_4 .

Відношення $F = \frac{M_{(S)}}{M_{(\text{BaSO}_4)}}$ називають гравіметричним фактором

(множником). Він показує, якій масі визначуваного компонента відповідає 1 г гравіметричної форми.

Гравіметричний фактор – це відношення молекулярної маси визначуваної речовини до молекулярної маси зважуваного осаду (гравіметричної форми):

$$F = \frac{n_1 \cdot M_{\text{визначувана речовина}}}{n_2 \cdot M_{\text{гравіметрична форма}}}, \text{ де}$$

n_1 и n_2 – цілі числа, на які потрібно помножити молекулярні, іонні або атомні маси, щоб кількість визначуваних іонів або атомів у чисельнику і знаменнику був однаковим.

Наприклад: $F = \frac{2Mg}{Mg_2P_2O_7} \quad F = \frac{2Fe}{Fe_2O_3}$

Обчислення результатів гравіметричного аналізу виконують за формулою:

$$M_{\text{визначуваної речовини}} = m_{\text{гравіметричної форми}} \cdot F$$

Масова доля (в %) визначуваної речовини у зразку розраховується за формулою:

$$\omega = \frac{m_{\text{гравіметричної форми}} \cdot F \cdot 100}{a}, \text{ де}$$

a – маса наважки зразка, взятої на аналіз.

Якщо наважка зразка розчиняється у колбі ємністю V_k і на одне визначення береться піпеткою аліквота розчину V_p , то розрахункова формула набуває вигляду:

$$\omega = \frac{m_{\text{гравіметричної форми}} \cdot F \cdot V_k \cdot 100}{a \cdot V_p}$$

Чисельні значення факторів перерахунку для більшості практично важливих визначень розраховані з високою точністю і наведені у довідниках.

Застосування гравіметричних методів

Гравіметрично можна визначати більшість неорганічних катіонів, аніонів, нейтральних молекул. Для осадження застосовують неорганічні і органічні реагенти. Органічні реагенти, як правило, більш селективні; осадки з органічними лігандами легко фільтруються і очищаються при промиванні; гравіметричні чинники зазвичай малі, оскільки органічні молекули мають велику молекулярну масу; осадки негігроскопічні.

Найбільш ефективні хелатообразуючі реагенти, наприклад, 8-оксіхінолін для Mg, Zn, Cd, Co, Mn, Ni, Fe, Bi; реактив Ільїнського для Co, Cu, Pd.

Заняття № 15

1. ТЕМА: Гравіметричний аналіз. Застосування гравіметрії для аналізу лікарських і косметичних засобів

2. ЦІЛЬ: Навчитися застосовувати гравіметрію в кількісному аналізі хімічних сполук, лікарських та косметичних засобів

3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ:

3.1. Навчитися обґрунтовано вибирати осаджувач, умови отримання кристалічних і аморфних осадів і проводити розрахунок вмісту визначуваних речовин.

3.2. Сформуванню вміння застосовувати гравіметрію для визначення хімічних сполук, лікарських та косметичних речовин.

4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:

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

5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити теоретичний матеріал по реакціям осадження.

5.2. Вивчити програмний матеріал по даній темі, користуючись рекомендованою літературою та лекцією.

Навчальні питання для самопідготовки студентів

1. Гравіметричний аналіз. Сутність методу.
2. Класифікація гравіметричних методів.
3. Етапи гравіметричного аналізу.
4. Осаджувана форма, вимоги, що пред'являються до неї.
5. Гравіметрична форма, вимоги, що пред'являються до неї.
6. Вибір осаджувача.
7. Теорія утворення осадів.
8. Аморфні осади.
9. Співосадження. Види співосадження: адсорбція, оклюзія, ізоморфізм. Способи зменшення співосадження.
10. Умови отримання кристалічних осадів.
11. Умови отримання аморфних осадів.
12. Обчислення результатів аналізу. Гравіметричний фактор.
13. Застосування гравіметричних методів.
14. Переваги та недоліки гравіметрії.

5.3. Розв'язати задачі:

Задача 1. Наважку алюмінієвого сплаву масою 0,1425 г розчинили в колбі ємністю 200,0 мл. З 20,00 мл цього розчину отримали осад оксихінолінату алюмінію $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_3$ масою 0,2012 г. Вирахувати масову частку (в %) алюмінію в сплаві.

Відповідь: 82,91%.

Задача 2. З наважки кам'яного вугілля масою 2,6248 г після відповідної обробки отримали 0,3248 г BaSO_4 . Вирахувати масову частку (у%) сірки в

кам'яному вугіллі. Перерахувати масову частку сірки на суху речовину, якщо вміст вологи складає 2,58%.

Відповідь: 1,70%; 1,75%.

Задача 3. Розрахуйте оптимальну масу вихідної наважки сульфату натрію Na_2SO_4 для гравіметричного визначення сульфат-іонів у вигляді BaSO_4 (гравіметрична форма) з відносною помилкою визначення не вище $\pm 0,2\%$. Осаджувана форма – кристалічний осад.

Відповідь: 0,06-0,3 г.

5.4. Приклад розв'язування задач:

Задача 1. Розрахуйте масу кальцію у вихідній наважці, необхідну для гравіметричного визначення кальцію у вигляді сульфату кальцію CaSO_4 (гравіметрична форма) з відносною (відсотковою) помилкою $\pm 0,2\%$.

Осаджувана форма – кристалічний осад, тому маса гравіметричної форми $m(\text{Ca}) = 0,3\text{м}$. Гравіметричний фактор $F = 0,2944$.

Рішення. Оскільки відомі маса гравіметричної форми і гравіметричний фактор, то згідно з формулою:

$$m(\text{Ca}) = F \cdot m(\text{CaSO}_4) = 0,2944 \cdot 0,3 = 0,08832 \approx 0,09 \text{ г.}$$

Вміст кальцію у вихідній аналізованій наважці має бути не менше 0,09 г.

Відповідь: 0,09 г.

Задача 2. Вирахувати число молекул води у кристалогідраті хлориду магнію, якщо з наважки його масою 0,5000 г одержали 0,2733 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

Рішення. Розраховуємо масу пірофосфата магнію $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ на масу кристалогідрату хлориду магнію $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$:

$$m(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot \frac{2M_{(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}}{M_{(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}}.$$

Звідси:

$$M(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} \cdot M_{(\text{MgP}_2\text{O}_7)}}{2m_{(\text{Mg}, \text{P}_2\text{O}_7)}}.$$

Підставляючи числові значення, отримуємо:

$$M(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,5000 \cdot 222,6}{2 \cdot 0,2738} = 203,2 \text{ г/моль}.$$

Число молекул води у кристалогідраті ($x\text{H}_2\text{O}$) находимо як:

$$x\text{H}_2\text{O} = \frac{M_{(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} - M_{(\text{MgCl}_2)}}{M_{(\text{H}_2\text{O})}};$$

$$x\text{H}_2\text{O} = \frac{203,208 - 95,211}{18,0152} = 6,0.$$

Відповідь: 6,0.

5.5. Опрацювати тестові завдання(с. 81-90)

Література:

1. Алексєєв В.Н. Кількісний аналіз. – М.: Хімія, 1972. – С. 65-119.
2. Васильєв В.П. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 1. Титриметричні та гравіметричні методи аналізу. – М.: Дрофа, 2002. – С. 281-311.
3. Лур'є Ю.Ю. Довідник з аналітичної хімії. – 5-е вид., перероб. та доп. – М.: Хімія, 1979. – 480 с.
4. Основи аналітичної хімії. Під ред. Ю.А. Золотова. В 2 кн. Кн. 2. Методи хімічного аналізу. – М.: Вища школа, 1999. – С. 5-29.
5. Пономарьов В.Д. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Вища школа, 1982. – С. 131-140.
6. Харитонов Ю.Я. Аналітична хімія (аналітика). В 2 кн. Кн. 2. Кількісний аналіз. Фізико-хімічні (інструментальні) методи аналізу. – М.: Вища школа, 2001. – С. 38-60.

6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Визначення кристалізаційної води у хлориді барію

При нагріванні кристалогідрати розкладаються з виділенням води. На цьому ґрунтується визначення вмісту кристалізаційної води в більшості кристалогідратів методом відгону. Наважку $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, поміщену в бюкс, нагрівають до $120\text{-}125^\circ\text{C}$ в сушильній шафі до тих пір, поки не перестане змінюватися маса речовини (висушування до постійної маси).

Досягнення постійної маси свідчить про те, що вся кристалізаційна вода вже видалена. Маса її дорівнює зменшенню в масі речовини.

Методика визначення. Ретельно вимитий і висушений бюкс зважують на аналітичних вагах. Потім поміщають в нього близько 1,5 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (заздалегідь зваженого на технохімічних або ручних вагах) і знову зважують. Поміщають бюкс на полицю сушильної шафи. Під бюкс слід підкласти листок із вказівкою свого прізвища. Витримують бюкс в шафі при температурі близько 125°C приблизно 1 год.

Виймають бюкс щипцями, витримують до охолодження в ексікаторі близько 15 хв і точно зважують. Далі знову ставлять бюкс в сушильну шафу і витримують там ще близько 1 год, повторно охолоджують в ексікаторі і знову зважують.

Якщо друге зважування дає той же самий результат, що і перше, або відрізняється від нього не більше ніж на 0,0002 г, кристалізаційну воду можна вважати видаленою практично повністю. В іншому випадку висушування з періодичним зважуванням повторюють до тих пір, поки не буде досягнуто сталої маси. Результати всіх повторних зважувань обов'язково записують в лабораторний журнал, навіть якщо вони однакові.

Результати вимірювань і розрахунок результатів

Маса бюкса з речовиною (m)

Маса бюкса (m_0)

Наважка $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (a).....

Маса бюкса після висушування

1 зважування (m_1).....

2 зважування (m_2).....

3 зважування (m_3).....

Маса кристалізаційної води: $m - m_3 =$

Масова частка кристалізаційної води в $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$\omega = \frac{m - m_3}{a} \cdot 100 =$$

Висновок: Вміст кристалізаційної води в $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ складає _____ %.

7. НАОЧНІ ПОСІБНИКИ, ТЗ НАВЧАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд по темі заняття.

7.2. Навчальні посібники:

- довідник з аналітичної хімії;
- практикум з аналітичної хімії.

7.3. ТЗ навчання і контролю:

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

Заняття № 16

1. ТЕМА: Семінарське заняття з розділу «Осаджувальне титрування, комплексметричне титрування. Гравіметричний аналіз»

2. ЦІЛЬ: Узагальнити матеріал, перевірити знання студентів з розділу і вміння застосовувати осаджувальне, комплексметричне титрування, гравіметрию в аналізі хімічних сполук, лікарських та косметичних засобів

3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:

3.1. Здійснити підсумковий контроль знань-умінь з розділу «Осаджувальне титрування, комплексметричне титрування. Гравіметричний аналіз»: письмовий картковий контроль, тестовий контроль, індивідуальна співбесіда з кожним студентом.

3.2. Звернути увагу на питання і задачі, що викликають труднощі у студентів.

3.3. Перевірити протоколи лабораторних робіт.

4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:

- | | |
|---|--------|
| 4.1. Організаційний момент | 2 хв |
| 4.2. Постановка мети заняття і мотивація вивчення теми заняття (вступне слово викладача)..... | 3 хв |
| 4.3. Виявлення вихідного рівня знань-умінь (картковий контроль)..... | 40 хв |
| 4.4. Тестовий контроль..... | 20 хв |
| 4.5. Індивідуальна співбесіда..... | 105 хв |
| 4.6. Перевірка протоколів..... | 7 хв |
| 4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття..... | 3 хв |

5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

- 5.1. Повторити теоретичний матеріал за темами 1-3, рішення розрахункових завдань з розділу.
- 5.2. Опрацювати за рекомендованою літературою і лекціями питання, опрацювати тестові завдання за темами 1-3.

Питання з вивченого розділу кількісного аналізу

1. Осаджувальне титрування

1. Сутність методу осаджувального титрування. Вимоги, що пред'являються до реакцій в методі осаджувального титрування.
 2. Класифікація методів по природі реагенту, що взаємодіє з визначуваними речовинами.
 3. Способи осаджувального титрування (пряме, зворотне).
 4. Криві осаджувального титрування. Вплив різних факторів на стрибок титрування (концентрація розчинів реагентів, розчинність осаду і інші).
 5. Індикатори методу осаджувального титрування: осаджувальні, абсорбційні, металохромні. Механізм дії індикаторів. Умови застосування і вибір адсорбційних індикаторів.
 6. ***Аргентометричне титрування.*** Сутність методу. Титрант, його приготування, стандартизація. Різновиди методів аргентометрії: метод Гей-Люсака, метод Мора, метод Фаянса-Фішера-Ходакова, метод Фольгарда. Застосування аргентометрії.
 7. ***Меркурометричне титрування.*** Сутність методу. Титрант методу, його приготування, стандартизація. Індикатори методу. Застосування меркурометрії.
- Тіоціанатометричне титрування.*** Сутність методу. Титрант методу, його приготування, стандартизація. Індикатор методу. Застосування методу.

2. Комплексиметричне титрування

5. Умови отримання кристалічних осадів, їх властивості.
6. Умови отримання аморфних осадів, їх властивості.
7. Співосадження. Види співосадження: адсорбція, оклюзія, ізоморфізм.
Способи зменшення співосадження.
8. Розрахунки гравіметричного аналізу.
9. Практичне застосування гравіметричних методів. Загальна оцінка методу.

Література:

1. Алексеев В.Н. Кількісний аналіз. – М.: Хімія, 1972. – С. 314-343.
2. Васильєв В.П. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 1. Титриметричні та гравіметричні методи аналізу. – М.: Дрофа, 2002. – С. 185-206, 274-280.
3. Державна Фармакопея України. – 1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001. – 556 с.
4. Лур'є Ю.Ю. Довідник з аналітичної хімії. – 5-е вид., перероб. та доп. – М.: Хімія, 1979. – 480 с.
5. Пономарьов В.Д. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Вища школа, 1982. – С. 78-105.
6. Харитонов Ю.Я. Аналітична хімія (аналітика). В 2 кн. Кн. 2. Кількісний аналіз. Фізико-хімічні (інструментальні) методи аналізу. – М.: Вища школа, 2001. – С. 209-270.

7. НАОЧНІ ПОСІБНИКИ, ТЗ НАВЧАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд по темі заняття.

7.2. Навчальні посібники:

- довідник з аналітичної хімії;
- практикум з аналітичної хімії.

7.3. ТЗ навчання і контролю:

- картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь;
- контрольні питання;
- тестові завдання.

Заняття № 17

1. ТЕМА: Семінарське заняття по кількісному аналізу

2. ЦІЛЬ: Оцінити знання та вміння студентів з вивченого розділу аналітичної хімії

3. ЦІЛЬОВІ ЗАВДАННЯ:

3.1. Провести підсумковий тестовий контроль та індивідуальну співбесіду зі студентами по кількісному аналізу.

3.2. Перевірити вміння студентів обґрунтовано вибирати методіку аналізу запропонованої хімічної сполуки.

4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ:

4.1. Організаційний момент 10 хв

4.2. Виявлення кінцевого рівня знань-умінь (Тестовий контроль, ситуаційні задачі)..... 40 хв

4.3. Корекція кінцевого рівня знань-умінь (Індивідуальна співбесіда).. 80 хв

4.3. Перевірка протоколів.....10 хв

4.4. Заключне слово викладача за результатами підсумкового контролю 10 хв

5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ:

5.1. Повторити теоретичний матеріал та вирішення розрахункових завдань за темами «Кислотно-основне титрування», «Окисно-відновне титрування», «Осаджувальне титрування. Комплексиметричне титрування. Гравіметричний аналіз».

5.2. Опрацювати питання тестового контролю за розділами «Кислотно-основне титрування», «Окисно-відновне титрування», «Осаджувальне титрування. Комплексиметричне титрування. Гравіметричний аналіз».

Література:

1. Алексеев В.Н. Кількісний аналіз. – М.: Хімія, 1972. – С. 9-416.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. – М.: Дрофа, 2002. – С. 68-309.
3. Лур'є Ю.Ю. Довідник з аналітичної хімії. – 5-е вид., перероб. та доп. – М.: Хімія, 1979. – 480 с.
4. Основи аналітичної хімії / Ю.А.Золотов, Е.Н.Дорохова, В.И.Фадеева та ін. / Під ред. Ю.А.Золотова. – М.: Вища шк., 2002. – С. 5-102.
5. Пономарьев В.Д. Аналітична хімія. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Вища школа, 1982. – С. 5-139.
6. Харитонов Ю.Я. Аналітична хімія (аналітика). В 2 кн. Кн. 2. Кількісний аналіз. Фізико-хімічні (інструментальні) методи аналізу.– М.: Вища школа, 2001. – С. 5-297.

ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ
ПО МЕТОДУ ОСАДЖУВАЛЬНОГО ТИТРУВАННЯ

Тестові завдання до заняття № 13

1. Осаджувальне титрування – це:
 - A. Метод аналізу, заснований на реакції утворення важкорозчинних сполук.
 - B. Метод аналізу, заснований на вимірюванні об'єму титранту-осаджувача, витраченого на кількісне осадження визначуваного компонента. *
 - C. Метод аналізу, заснований на вимірюванні об'єму титранту, витраченого на кількісну взаємодію з визначуваним компонентом.
 - D. Метод аналізу, заснований на точному вимірі маси визначуваної речовини у вигляді осаду.

2. Крива осаджувального титрування – це:
 - A. Графічна залежність концентрації іонів водню від об'єму титранту.
 - B. Графічна залежність зміни розчинності при титруванні.*
 - C. Графічна залежність зміни концентрації визначуваного іону в процесі титрування від об'єму титранту.
 - D. Графічна залежність величини редокс-потенціалу від об'єму титранту.
 - E. Графічна залежність зміни концентрації титранту від об'єму визначуваного іона в процесі титрування.

3. Кінцева точка титрування в осаджувальному титруванні фіксується:
 - A. Візуально, за допомогою рН-індикаторів.
 - B. Візуально, за допомогою редокс-індикаторів.
 - C. Візуально, за допомогою осаджувальних індикаторів. *
 - D. Тільки інструментальними методами.
 - E. Усіма перерахованими способами.

4. Речовини можна відтитрувати методом осаджувального титрування (продукт реакції бінарний важкорозчинний електроліт), якщо:
 - A. Розчинність осаду 10^{-3} .
 - B. ДР осаду 10^{-5} .
 - C. ДР осаду 10^{-7} .
 - D. ДР осаду $<10^{-10}$.*
 - E. ДР осаду 10^{-6} .

5. Титрований розчин нітрату срібла частіше готують за способом:
 - A. Встановленого титру. *
 - B. Приготованого титру.
 - C. І те, і інше.

- D. Ні те, ні інше.
6. Титрований розчин тіоціанату амонію готують за способом:
- A. Встановленого титру. *
 - B. Приготовленого титру.
 - C. І те, і інше.
 - D. Ні те, ні інше.
7. В якості первинних стандартів в аргентометрії використовують:
- A. Хлорид натрію.
 - B. Хлорид калію.
 - C. І те, і інше. *
 - D. Ні те, ні інше.
8. У методі аргентометрії для фіксування кінцевої точки титрування використовують індикатори:
- A. Осаджувальні.
 - B. Адсорбційні.
 - C. Металохромні.
 - D. Всі названі. *
 - E. Жоден з названих.
9. Визначення за методом Мора проводять в області значень рН:
- A. 1,5-10,5.
 - B. 2-8.
 - C. 0-14.
 - D. 6,5-10,3. *
 - E. 6,5-7,5.
10. Як індикатор при визначенні по Морю застосовують:
- A. Залізоамонійні галуни.
 - B. Хромат калію. *
 - C. Дифенілкарбазон.
 - D. Еозин.
 - E. Нітропрурид натрію.
11. Методом Мора кількісно визначають:
- A. Cl^- , Br^- , I^- , SCN^-
 - B. Br^- , I^-
 - C. Cl^- , Br^- *
 - D. Cl^- , Br^- , I^-
 - E. Br^- , I^- , SCN^-
12. Галогеніди визначають за методом Фольгарда способом:

- A. Прямого титрування.
 - B. Зворотного титрування. *
 - C. Замісного титрування.
 - D. Реверсивного титрування.
 - E. Всіма перерахованими способами.
13. Для створення кислого середовища при визначенні галогенідів по Фольгарду використовується:
- A. Сірчана кислота.
 - B. Хлороводнева кислота.
 - C. Оцтова кислота.
 - D. Азотна кислота. *
 - E. Всі названі кислоти.
14. У меркурометрії для фіксування кінцевої точки титрування як індикатор застосовують:
- A. Флуоресцеїн.
 - B. Дифенілкарбазон. *
 - C. Еозин.
 - D. Мурексид.
 - E. Хромат калію.
15. Вибрати спосіб для тіоціанатометричного визначення солей срібла:
- A. Спосіб зворотного титрування.
 - B. Спосіб замісного титрування.
 - C. Спосіб прямого титрування. *
 - D. Реверсивне титрування.
16. В якості первинних стандартів в меркурометрії використовують:
- A. Хлорид натрію.
 - B. Хлорид калію.
 - C. І те, і інше. *
 - D. Ні те, ні інше.
17. Для кількісного тіоціанатометричного визначення срібла у фармацевтичному препараті для фіксування кінцевої точки титрування використовують індикатор:
- A. Залізоамонійні галуни. *
 - B. Еозинат натрію.
 - C. Хромат калію.
 - D. Крохмаль.
 - E. Дифенілкарбазон.

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

- A. Аргентометрія. *
- B. Нітритометрія.
- C. Перманганатометрія.
- D. Йодометрія.
- E. Йодхлорметрія.

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

- A. Хромат калію. *
- B. Нітропрурид натрію.
- C. Тіоціонат заліза.
- D. Металевий помаранчевий.
- E. Дифенілкарбазон.

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

- A. Залізоамонійні галуни.
- B. Хромат калію.
- C. Еозинат натрію. *
- D. Флуоресцеїн.
- E. Мурексид.

21. Який робочий розчин (титрант) використовують у методі Мора:

- A. Розчин нітрата срібла. *
- B. Розчин нітрата ртуті (II).
- C. Розчин нітрата заліза (III).
- D. Розчин нітрата ртуті (I).
- E. Розчин ацетата срібла.

22. Для визначення масової частки хлорид-іонів кухонної солі приготували розчин і відтитрували його розчином нітрата срібла у присутності індикатора хромату калію. Який метод аналізу при цьому був використаний:

- A. Метод Мора.*
- B. Метод Фольгарда.
- C. Метод Фаянса.
- D. Меркурометричне титрування.
- E. Трилонометрія.

23. Для визначення масової частки хлориду натрію у лікарському препараті використовують метод Фаянса. Титрування проводять у присутності індикатора:

- A. Флуоресцеїну. *

- В. Метилового червоного.
- С. Хромату калію.
- Д. Амонія заліза (III) сульфату.
- Е. Фенолфталеїну.

24. Йодид калію визначають за методом Фаянса. Який індикатор використовують для фіксування кінцевої точки титрування:

- А. Хромат калію.
- В. Еозин.*
- С. Фенолфталеїн.
- Д. Метиловий помаранчевий.
- Е. Тропеолін 00.

25. До 10,20 мл 0,1000 М розчину хлориду натрію додали 10,20 мл 0,1000 М розчину нітрата срібла у присутності хромату калію. Яке забарвлення набуде осад:

- А. Чорне.
- В. Блідо-жовте.
- С. Червоне.
- Д. Червоно-коричневе.
- Е. Осад залишиться білим.*

26. Хіміку-аналітику необхідно визначити кількісний вміст хлороводневої кислоти у суміші, яка містить азотну кислоту. Який титриметричний метод аналізу може бути використаний:

- А. Аргентометрія.*
- В. Йодометрія.
- С. Комплексонометрія.
- Д. Кислотно-основне титрування.
- Е. Перманганатометрія.

27. У методі Фольгарда застосовується індикатор:

- А. Флуоресцеїн.
- В. K_2CrO_4 .
- С. Дифенілкарбазид.
- Д. $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.*
- Е. $Fe(SCN)_3$.

28. Стрибок кривої осаджувального титрування не змінюється при:

- А. Розбавленні титруемого розчину.
- В. Зменшенні ДР осаду, що утворюється.
- С. Збільшення температури при титруванні.
- Д. Зміни порядку додавання реагентів. *
- Е. Збільшення іонної сили титруемого розчину.

29. При якому значенні рН слід проводити титрування хлоридів і бромідів за методом Мора, якщо у розчині присутні солі амонію:

- A. 2-5.
- B. 6,5-10,3.
- C. 9-10,3.
- D. 6,5-7,2. *
- E. 2-10.

30. Методом Мора не можна визначити кожен з аніонів:

- A. Cl^- і SCN^-
- B. Br^- і I^-
- C. SCN^- і I^- *
- D. Cl^- і I^-
- E. SCN^- і Br^-

31. На величину стрибка кривої осаджувального титрування впливають:

- A. Концентрація розчину титруємої речовини і титранту.
- B. Величина ДР осаду.
- C. Температура.
- D. Іонна сила розчину.
- E. Всі перераховані фактори. *

32. Які іони не заважають визначенню галогенідів за методом Мора:

- A. Ni^{2+} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CN^-
- B. Ba^{2+} , S^{2-} , CO_3^{2-}
- C. PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , Pb^{2+}
- D. K^+ , NO_3^- , Na^+ *
- E. Al^{3+} , Fe^{3+} , CO_3^{2-}

33. Еозин можна застосовувати у якості адсорбційного індикатора у інтервалі змін значень рН:

- A. 7-10.
- B. 2-3,5.
- C. 6-14.
- D. 2-10,3. *
- E. 6,5-7,5.

34. Оптимальний інтервал зміни рН розчину при використанні флуоресцеїну у якості адсорбційного індикатора становить:

- A. 6,5-10,3. *
- B. 2-3.
- C. 6-8,3.
- D. 2-10,3.

Е. 6,5-7,5.

35. Які з перерахованих умов повинні дотримуватися при використанні адсорбційних індикаторів:

- А. Титрування проводити повільно у розсіяному світлі.
- В. Враховувати адсорбційну здатність індикаторів.
- С. Враховувати кислотність розчину.
- Д. Виключати умови, що сприяють коагуляції осадів.
- Е. Всі перераховані умови.*

36. У меркурометрії для фіксування кінцевої точки титрування як індикатор застосовують:

- А. Флуоресцеїн.
- В. Тіоціанатні комплекси заліза (III). *
- С. Еозин.
- Д. Мурексид.
- Е. Хромат калію.

37. Вибрати індикатори, які є адсорбційними за механізмом дії:

- А. Флуоресцеїн.
- В. Дифенілкарбазон.
- С. Еозин.
- Д. Дихлорфлуоресцеїн.
- Е. Всі перераховані. *

38. Недоліком меркурометрії є:

- А. Метод дозволяє проводити титрування сильно кислих розчинів.
- В. Солі ртуті (I) дешевші, ніж солі срібла.
- С. На кривих меркурометричного титрування стрибок більш протяжний, ніж на кривих аргентометричного титрування.
- Д. Сполуки ртуті високотоксичні. *

39. Визначенню бромідів за методом Фольгарда заважають іони:

- А. IO_3^- , F^- *
- В. Ba^{2+} , Pb^{2+}
- С. Bi^{3+} , Ca^{2+}
- Д. K^+ , Na^+
- Е. Al^{3+} , Zn^{2+}

40. При визначенні галогенідів за методом Фольгарда для створення середовища додають сірчану кислоту, ТОМУ ЩО сірчана кислота пригнічує іонізацію залізоамонійних галунів:

- А. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
- В. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.

- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

41. Еозин не можна застосовувати при титруванні хлоридів, ТОМУ ЩО він адсорбується на осаді хлориду срібла раніше хлорид-іонів, і осад з початку титрування набуває рожевого кольору:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

42. Титрування за методом Фаянса проводиться у нейтральному або слабкокислому середовищі, ТОМУ ЩО у лужному середовищі випадає чорний осад Ag_2O :

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

43. При визначенні галогенідів за методом Фольгарда для створення середовища додають фосфорну кислоту, ТОМУ ЩО фосфорна кислота утворює безбарвні комплексні сполуки з $Fe(III)$:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

44. Тіоціанатометричне титрування на відміну від аргентометричного можна проводити у присутності катіонів Ba^{2+} , Bi^{3+} , Pb^{2+} і ін., ТОМУ ЩО зазначені іони не реагують з SCN^- :

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

45. При меркуриметричному титрування проводять «холостий дослід», ТОМУ ЩО солі ртуті (I) отруйні:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*

- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

46. Стійкість кольорового комплексу металохромного індикатора з титрантом повинна бути менше, ніж стійкість осаду, що утворюється при осаджувальному титруванні, ТОМУ ЩО у іншому випадку комплекс буде утворюватися раніше осаду:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

47. Титрування за методом Мора проводиться при $pH = 4-10$, ТОМУ ЩО у кислому середовищі K_2CrO_4 переходить у $K_2Cr_2O_7$:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

48. Титруванню за методом Фольгарда заважають солі ртуті (II), окислювачі, фторид-іони, ТОМУ ЩО перші осаджують SCN^- іони, другі окислюють їх, а фторид-іони зв'язують $Fe(III)$ у комплекс:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

49. Зі зниженням концентрацій розчинів визначуваної речовини і титранту зменшується стрибок титрування, ТОМУ ЩО, чим нижче розчинність осаду, тим довший стрибок на кривій осаджувального титрування:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

50. При аргентометричному визначенні суміші, що містить хлорид-, бромід і йодид-іони однакової концентрації першим буде випадати осад йодиду срібла, ТОМУ ЩО величина $DP(AgI) < DP(AgBr) < DP(AgCl)$:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*

- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ
ПО МЕТОДУ КОМПЛЕКСИМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ

Тестові завдання до заняття № 14

1. У комплексиметрії у якості титрантів частіше використовують:
А. Монодентантні ліганди.
В. Полідентантні ліганди. *
С. І те, і інше.
D. Ні те, ні інше.
2. У комплексонометрії застосовують реакції комплексоутворення, у яких загальна константа стійкості комплексу становить:
А. 10^2 .
В. 10^4 .
С. 10^6 .
D. 10^7 .
E. $>10^8$.*
3. Титрований розчин трилону Б готують за способом:
А. Установленого титру
В. Приготовленого титру
С. І те, і інше *
D. Ні те, ні інше
4. Крива комплексиметричного титрування – це графічна залежність:
А. $-\lg[M]$ від об'єму титранту.
В. рМ від об'єму титранту.
С. І те, і інше.*
D. Ні те, ні інше.
5. Для правильного встановлення моменту еквівалентності необхідно:
А. Комплекс індикатора з катіоном повинен бути досить стійким.
В. Комплексопат металу повинен бути міцніше комплексу $[MInd]$.
С. Все перераховане. *
D. Комплекс $[MInd]$ повинен легко руйнуватися титрантом.
E. Концентрація індикатора повинна бути досить малою.
6. Фіксування КТТ у комплексонометрії проводять за допомогою:
А. рН-індикаторів.
В. Редокс-індикаторів.
С. Металохромних індикаторів. *
D. Безіндикаторного титрування.

Е. Усього названого.

7. При трилонометричному визначенні суміші солей металів необхідно, щоб значення констант стійкості відрізнялися:

- A. У 10 раз.
- B. У 100 раз.
- C. У 1000 раз.
- D. У 10000 раз.
- E. У 10000 і більше разів.*

8. Реакція комплексоутворення Fe^{3+} з трилоном Б перебігає у 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. Методом меркуриметрії визначають:

- A. Хлориди, броміди .
- B. Хлориди, броміди, йодиди.
- C. Галогеніди, сульфати, сульфіти, карбонати.
- D. Галогеніди, ціаніди, тіоціанати. *
- E. Хлориди, броміди, йодиди, карбонати.

11. Для придушення гідролізу солей ртуті (II) титрант готують з додаванням:

- A. Хлороводневої кислоти.
- B. Фосфорної кислоти.
- C. Сірчаної кислоти.
- D. Оцтової кислоти.
- E. Азотної кислоти.

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 M^{n+} , якщо він з трилоном Б не реагує:
A. Спосіб зворотного титрування.
B. Спосіб замісного титрування.*
C. Спосіб прямого титрування.
D. Реверсивне титрування.
E. Всі перераховані способи.
15. Трилон Б вступає у реакцію комплексоутворення з катіонами Mg^{2+} , Zn^{2+} у формі:
A. Неіонізований.
B. Іонізований по 1 сходиті.
C. Іонізований по 2 сходиті (рН 3-6).
D. Іонізований по 3 сходиті (рН 6-10).*
E. Іонізований по 4 сходиті (рН > 11).
16. В якості індикаторів при комплексонометричному титруванні застосовують:
A. Тропеолін 00.
B. Ксиленоловий помаранчевий.*
C. Метилловий помаранчевий.
D. Еозин.
E. Дифенілкарбазон.
17. Для фіксування КТТ у комплексонометрії застосовують:
A. Тропеолін 00.
B. Мурексид.*
C. Метилловий помаранчевий.
D. Еозин.
E. Дифенілкарбазон.
18. Для фіксування КТТ у комплексонометрії при визначенні загальної жорсткості води застосовують:

- A. Тропеолін 00.
 - B. Еріохром чорний Т.*
 - C. Метилловий помаранчевий.
 - D. Еозин.
 - E. Дифенілкарбазон.
19. В якості первинних стандартів у меркуриметрії використовують:
- A. Натрія хлорид.
 - B. Калія хлорид.
 - C. І те, і інше.*
 - D. Ні те, ні інше.
20. Дентатність лігандів визначається:
- A. Кількістю зв'язків, якими комплексоутворювач пов'язаний з лігандами.
 - B. Кількістю лігандів.
 - C. Числом зв'язків, якими ліганд пов'язаний з комплексоутворювачем.*
 - D. Кількістю зв'язків між внутрішньою і зовнішньою координаційними сферами.
 - E. Розміром заряду комплексоутворювача.
21. Стрибок кривої комплексометричного титрування збільшується при:
- A. Збільшення концентрації індикатора.
 - B. Розбавленні титруемого розчину.
 - C. Розбавленні титранту (розчину ЕДТА).
 - D. Зменшенні рН.
 - E. Збільшенні міцності комплексу титруемого іона металу з ЕДТА.*
22. Згідно ДФУ стандартизацію розчину трилону Б проводять по металевому цинку з індикатором:
- A. Ксиленоловим помаранчевим.*
 - B. Еріохромом чорним Т.
 - C. Кальконкарбонною кислотою.
 - D. Мурексидом.
 - E. Сульфосаліциловою кислотою.
23. У якості установочних речовин при стандартизації розчину трилону Б використовують:
- A. Сульфат цинку.
 - B. Сульфат магнію.
 - C. Алюміній металевий.
 - D. Цинк металевий.
 - E. Всі перераховані.*

24. Для фіксування КТТ у комплексометрії можна застосовувати безбарвні органічні речовини, які утворюють з катіонами визначуваних металів забарвлені комплекси. Так катіони заліза (III) можна визначати з:
- A. Тіосечовиною.
 - B. Сульфосаліциловою кислотою. *
 - C. Еріохромом чорним Т.
 - D. 8-оксихіноліном.
 - E. Дитизоном.
25. Металохромні індикатори повинні відповідати наступним вимогам:
- A. Індикатори з іонами металу повинні утворювати досить міцні, забарвлені, розчинні комплекси.
 - B. Комплекси катіонів з індикатором повинні бути менш стійкими, ніж комплекси катіонів з комплексоном.
 - C. Зміна забарвлення розчину у КТТ має бути контрастною.
 - D. Комплекси катіонів металу з індикатором повинні бути кінетично лабільними.
 - E. Всім перерахованим. *
26. Деякі катіони металів утворюють з індикатором більш стійкий комплекс, ніж з трилоном Б. З цієї причини з еріохромом чорним Т не визначають:
- A. Барій.
 - B. Магній.
 - C. Цинк.
 - D. Алюміній. *
 - E. Стронцій.
27. Комплексометричне визначення катіонів магнію з індикатором еріохромом чорним Т проводять у присутності:
- A. Ацетатного буферу.
 - B. Гідроксиду натрію.
 - C. Уротропіну.
 - D. Аміачного буфера. *
 - E. Гідроксиду амонію.
28. Комплексометричне визначення катіонів свинцю з індикатором ксіленоловим помаранчевим проводять при $pH = 5$, у присутності:
- A. Ацетатного буферу.
 - B. Гідроксиду натрію.
 - C. Уротропіну. *
 - D. Аміачного буферу.
 - E. Гідроксиду амонію.

29. Комплексонометричне визначення катіонів кальцію з індикатором мурексидом проводять при $\text{pH} \geq 12$, у присутності:
- A. Ацетатного буферу.
 - B. Гідроксиду натрію.*
 - C. Уротропіну.
 - D. Аміачного буферу.
 - E. Гідроксиду амонію.
30. Катіони кальцію можна відтитрувати трилоном Б, використовуючи індикатор:
- A. Мурексид.
 - B. Кальконкарбонову кислоту.
 - C. І те, і інше.*
 - D. Ні те, ні інше.
31. При $\text{pH} = 9$, у присутності аміачного буферу, з індикатором еріохромом чорним Т можна визначити катіони:
- A. Магнію.
 - B. Кальцію.
 - C. І те, і інше.*
 - D. Ні те, ні інше.
32. При $\text{pH} \geq 12$, в присутності гідроксиду натрію, з індикатором мурексидом можна визначити катіони:
- A. Магнію.
 - B. Кальцію.*
 - C. І те, і інше.
 - D. Ні те, ні інше.
33. Методом прямого титрування при $\text{pH} = 9$ з індикатором еріохромом чорним Т можна визначити катіони:
- A. Алюмінію.
 - B. Ртуті.
 - C. І те, і інше.
 - D. Ні те, ні інше.*
34. Вибрати спосіб визначення катіонів, які осідають при pH титруванні у вигляді гідроксидів або основних солей, наприклад, Mn^{2+} :
- A. Спосіб зворотного титрування.*
 - B. Спосіб замісного титрування.
 - C. Спосіб прямого титрування.
 - D. Реверсивне титрування.
 - E. Всі перераховані способи.

35. Вибрати спосіб визначення катіонів, що знаходяться у водному середовищі у вигляді аквакомплексів, які кінетично інертні, і тому комплекси з ЕДТА утворюються занадто повільно, наприклад, хрому (III) і кобальту (III):

- A. Спосіб зворотного титрування.*
- B. Спосіб замісного титрування.
- C. Спосіб прямого титрування.
- D. Реверсивне титрування.
- E. Всі перераховані способи.

36. Вибрати спосіб визначення катіонів, що не утворюють комплексів з ЕДТА, наприклад, натрію:

- A. Спосіб зворотного титрування.
- B. Спосіб замісного титрування.*
- C. Спосіб прямого титрування.
- D. Реверсивне титрування.
- E. Всі перераховані способи.

37. Деякі аніони, наприклад, сульфат, ортофосфат, оксалат, можна визначити, поєднуючи осадження і комплексонометрію способом:

- A. Зворотного титрування.
- B. Замісного титрування.
- C. І те, і інше.*
- D. Ні те, ні інше.

38. Комплекси катіонів з індикатором повинні бути у 10-100 разів менш стійкими, ніж комплекси катіонів з комплексомом, ТОМУ ЩО комплекс метал-індикатор повинен руйнуватися поблизу ТЕ:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

39. Розчин нітрата ртуті (II) і перхлората ртуті (II) готують, розчиняючи наважку в азотній кислоті, ТОМУ ЩО при розчиненні у воді солі ртуті (II) піддаються гідролізу:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

40. Меркуриметричне титрування йодидів проводять без індикатора, ТОМУ ЩО після ТЕ утворюється яскраво-червоний осад діїодиду ртуті (II):

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

41. Меркуриметричне титрування хлоридів і бромідів проводять з індикатором дифенілкарбазоном, ТОМУ ЩО після ТЕ утворюється синьо-фіолетова сполука дифенілкарбазоната ртуті:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

42. Розчин трилону Б можна готувати за точною наважкою, ТОМУ ЩО після тривалого висушування при 80 °С його склад точно відповідає дигідрату:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

43. Для фіксування КТТ при комплексонометричному визначенні солей заліза (III) використовують сульфосаліцилову кислоту, ТОМУ ЩО сульфосаліцилова кислота з катіонами заліза (III) утворює забарвлену сполуку:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

44. При титруванні кальцію найбільший стрибок спостерігається при рН = 12, ТОМУ ЩО величина стрибка на кривій залежить від рН розчину, від концентрації іонів металу і концентрації допоміжних комплексоутворювачів:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно*.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

45. Комплексонометрично не можна визначити катіони алюмінію з індикатором еріохромом чорним Т способом прямого титрування, ТОМУ ЩО катіони алюмінію «блокують» еріохром чорний Т:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно. *
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

46. Катіони вісмуту, хрому визначають комплексонометрично в кислому середовищі, ТОМУ ЩО їх комплекси з ЕДТА дуже стійкі ($\lg \beta > 20$):

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно. *
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

47. У комплексонометрії титрування частіше проводять монодентатними лігандами, ТОМУ ЩО комплекси реагують з катіонами металів стехіометрично:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно. *
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

48. Солі Ca, Ba, Mg, Zn комплексонометрично визначають в нейтральному середовищі, ТОМУ ЩО їх комплекси з ЕДТА помірно стійкі ($\lg \beta < 10$):

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно. *
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

49. Комплексонометрично можна визначати всі катіони металів, ТОМУ ЩО всі катіони металів утворюють стійкі комплекси з титрантом:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно. *

50. Комплексонометрично можна визначати всі катіони металів, ТОМУ ЩО катіони металів взаємодіють з трилоном в еквімолярних співвідношеннях:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

ПИТАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ПО ГРАВІМЕТРИЧНОМУ АНАЛІЗУ

Тестові завдання до заняття № 15

1. Вміст кальцію в солях визначають гравіметричним методом, осаджуючи його у вигляді оксалату кальцію. Осад промивають, висушують і прожарюють, внаслідок чого він перетворюється в оксид кальцію. Який реактив використовують для осадження іонів кальцію:
 - A. Оксалат натрію.
 - B. Оксалат калію.
 - C. Оксалат магнію.
 - D. Оксалат літію.
 - E. Оксалат амонію.*
2. Гравіметричне визначення вологи у фармацевтичних препаратах виконують методом:
 - A. Непрямої відгонки.*
 - B. Осадження.
 - C. Виділення.
 - D. Прямої відгонки.
 - E. Виділення й прямої відгонки.
3. Аналіз кристалогідрату сульфату натрію виконали гравіметричним методом, осаджуючи сульфат-іони розчином хлориду барію. Після дозрівання осад сульфату барію промивають декантацією з використанням у якості промивної рідини:
 - A. Розчин сульфату амонію.
 - B. Розведений розчин сульфатної кислоти. *
 - C. Дистильовану воду.
 - D. Розчин сульфату натрію.
 - E. Розчин хлориду барію.
4. Гравіметричне визначення карбонат-іонів у забрудненому препараті проводять методом:
 - A. Прямої відгонки.
 - B. Осадження.*
 - C. Непрямої відгонки.
 - D. Виділення.
 - E. Виділення й прямої відгонки.
5. По відношенню до гравіметричного методу аналізу справедливі всі перераховані твердження, крім:

- A. Метод заснований на законі збереження маси речовин.
B. Гравіметрія відрізняється високою точністю.
C. Немає необхідності застосування стандартних розчинів.
D. Гравіметрія характеризується високою швидкістю виконання. *
E. Метод може застосовуватися для визначення летких речовин, у т.ч. води.
6. Які з перерахованих вимог відносяться до осаджуваної форми:
A. Осад повинен легко відділятися від розчину.
B. Осад повинен легко і повністю перетворюватися у гравіметричну форму.
C. Осад повинен бути чистим.
D. Осад повинен бути малорозчинним.
E. Всі перераховані. *
7. Яку кількість осаджувача зазвичай використовують для осадження у гравіметричному аналізі:
A. Еквівалентна кількість.
B. 1,5-кратний надлишок. *
C. 2-кратний надлишок.
D. 3-кратний надлишок.
E. 5-кратний надлишок.
8. Основними причинами, що викликають забруднення осадів, є процеси:
A. Оклюзії і десорбції.
B. Адсорбції і пептизації.
C. Адсорбції і десорбції.
D. Адсорбції і оклюзії. *
E. Оклюзії і пептизації.
9. До співосадження, тобто захоплення сторонніх речовин, не відноситься процес:
A. Адсорбції.
B. Ізоморфізму.
C. Коагуляції. *
D. Оклюзії.
10. Оклюзія – це процес:
A. Захоплення сторонніх іонів у процесі утворення осаду. *
B. Агломерації частинок, які осідають під дією тяжкості.
C. Поглинання речовини поверхнею.
D. Утворення змішаних кристалів.
11. Ізоморфізм – це процес:

- A. Захоплення сторонніх іонів у процесі утворення осаду.
- B. Агломерації частинок, які осідають під дією тяжкості.
- C. Поглинання речовини поверхнею.
- D. Утворення змішаних кристалів.*

12. Адсорбція – це процес:

- A. Захоплення сторонніх іонів у процесі утворення осаду.
- B. Агломерації частинок, які осідають під дією тяжкості.
- C. Поглинання речовини поверхнею.*
- D. Утворення змішаних кристалів.

13. Гравіметричним фактором (фактором перерахунку) називається:

- A. Відношення молярних мас еквівалентів визначуваного компонента і його гравіметричної форми.
- B. Відношення масових часток визначуваного компонента і його гравіметричної форми.
- C. Відношення молярних мас визначуваного компонента і його гравіметричної форми.*
- D. Відношення грамowego вмісту визначуваного компонента і його гравіметричної форми.

14. Яка з наступних солей кальцію найбільше придатна у якості осаджуваної форми:

- A. CaSO_4 (ДР = $2,5 \cdot 10^{-5}$).
- B. CaCO_3 (ДР = $3,8 \cdot 10^{-9}$).
- C. CaC_2O_4 (ДР = $2,3 \cdot 10^{-9}$).*
- D. CaSO_3 (ДР = $3,2 \cdot 10^{-7}$).
- E. CaCrO_4 (ДР = $7,1 \cdot 10^{-4}$).

15. Чим краще осаджувати катіони срібла:

- A. Хлороводневою кислотою.*
- B. Хлоридом амонію.
- C. Хлоридом калію.
- D. Хлоридом натрію.
- E. Хлоридом кальцію.

16. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду на початку осадження хлориду барію розчином сульфату натрію:

- A. Cl^- .
- B. Ba^{2+} .*
- C. SO_4^{2-} .
- D. Na^+ .

17. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду при додаванні надлишку осаджувача після осадження сульфату амонію розчином нітрата барію:

- A. NH_4^+ .
- B. Ba^{2+} .*
- C. SO_4^{2-} .
- D. NO_3^- .

18. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду при додаванні надлишку осаджувача після осадження хлориду барію розчином сульфату натрію:

- A. Cl^- .
- B. Ba^{2+} .
- C. SO_4^{2-} .*
- D. Na^+ .

19. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду на початку осадження хлориду кальцію розчином оксалату амонію:

- A. Ca^{2+} .*
- B. Cl^- .
- C. NH_4^+ .
- D. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$.

20. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду при додаванні надлишку осаджувача після осадження сульфату натрію розчином хлориду барію:

- A. Cl^- .
- B. Ba^{2+} .*
- C. SO_4^{2-} .
- D. Na^+ .

21. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду на початку осадження сульфату натрію розчином хлориду барію:

- A. SO_4^{2-} .*
- B. Cl^- .
- C. Na^+ .
- D. Ba^{2+} .

22. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду на початку осадження сульфату амонію розчином нітрата барію:

- A. SO_4^{2-} .*
- B. NH_4^+ .
- C. NO_3^- .
- D. Ba^{2+} .

23. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду при додаванні надлишку осаджувача після осадження хлориду натрію розчином нітрата срібла:

- A. Na^+ .
- B. Cl^- .
- C. $\text{Ag}^+.$ *
- D. NO_3^- .

24. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду при додаванні надлишку осаджувача після осадження хлориду кальцію розчином оксалату амонію:

- A. Ca^{2+} .
- B. Cl^- .
- C. NH_4^+ .
- D. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}.$ *

25. У якому випадку втрати при промиванні осаду оксалату кальцію будуть найменшими:

- A. Використовували 100 мл води.
- B. Використовували 500 мл води.
- C. Використовували 100 мл 0,1 М розчину оксалату амонію.
- D. П'ятикратно промивали, використовуючи по 20 мл води.
- E. П'ятикратно промивали, використовуючи по 20 мл 0,1 М розчину оксалату амонію. *

26. Прикладами ізоморфної інклюзії може слугувати часткове заміщення іонів:

- A. NH_4^+ на іони Ba^{2+} в MgNH_4PO_4 .
- B. NH_4^+ на іони K^+ в $\text{MgNH}_4\text{PO}_4.$ *
- C. NH_4^+ на іони Ca^{2+} в MgNH_4PO_4 .
- D. NH_4^+ на іони Fe^{2+} в MgNH_4PO_4 .
- E. NH_4^+ на іони Bi^{3+} в MgNH_4PO_4 .

27. Яким буде результат визначення заліза за методикою – осадження $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і зважування Fe_2O_3 – якщо осад $\text{Fe}(\text{OH})_3$ промили чистою водою замість розчину, що містить солі амонію і аміак:

- A. Завищений в 1,5 раза.
- B. Завищений в 2 раза.
- C. Занижений.*
- D. Правильний.

28. При виборі промивної рідини враховують наступне:

- A. Розчинність осаду.

- В. Можливість гідролізу.
- С. Схильність до пептизації.
- Д. Усе назване. *

29. Яким буде результат визначення заліза за методикою – осадження $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і зважування Fe_2O_3 – якщо у розчині присутні іони алюмінію:

- А. Завищений. *
- В. Занижений.
- С. Занижений у 2 рази.
- Д. Правильний.

30. Яку сіль барію використовують у якості осаджувача для отримання осаду сульфату барію:

- А. $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$.
- В. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.
- С. BaCl_2 .*
- Д. BaBr_2 .

31. Що є критерієм досягнутої повноти перетворення осаджуваної форми у гравіметричну і повноти видалення летючих домішок:

- А. Постійний об'єм.
- В. Постійна маса. *
- С. Зміна кольору.
- Д. Все перераховане.

32. Оптимальна маса гравіметричної форми для об'ємних аморфних осадів становить:

- А. 0,5-1,0 г.
- В. 0,1-0,5 г.
- С. Біля 0,1 г.*
- Д. Біля 1 г.
- Е. 0,1-1,0 г.

33. Оптимальна маса гравіметричної форми для кристалічних осадів становить:

- А. 0,5-1,0 г.
- В. 0,1-0,5 г.*
- С. Біля 0,1 г.
- Д. Біля 1 г.
- Е. 0,1-1,0 г.

34. Чому дорівнює коефіцієнт n_1 при обчисленні гравіметричного фактора заліза, якщо гравіметричною формою є Fe_2O_3 :

- А. 1.

$$F = \frac{n_1 \cdot \text{Fe}}{n_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

- B. 2.*
- C. 3.
- D. 5.
- E. 6.

35. Чому дорівнює коефіцієнт n_2 при обчисленні гравіметричного фактора заліза, якщо гравіметричною формою є Fe_2O_3 :

- A. 1.*
- B. 2.
- C. 3.
- D. 5.
- E. 6.

$$F = \frac{n_1 \cdot \text{Fe}}{n_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

36. Чому дорівнює коефіцієнт n_1 при обчисленні гравіметричного фактора Fe_3O_4 , якщо гравіметричною формою є Fe_2O_3 :

- A. 1.
- B. 2.*
- C. 3.
- D. 5.
- E. 6.

$$F = \frac{n_1 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4}{n_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

37. Чому дорівнює коефіцієнт n_2 при обчисленні гравіметричного фактора Fe_3O_4 , якщо гравіметричною формою є Fe_2O_3 :

- A. 1.
- B. 2.
- C. 3.*
- D. 5.
- E. 6.

$$F = \frac{n_1 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4}{n_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

38. При гравіметричному визначенні алюмінію у якості осаджувача використовується:

- A. Диметилгліоксим.
- B. 8-оксихінолін.*
- C. Диетилдитіокарбамінат натрію.
- D. Щавелева кислота.
- E. Реактив Ільїнського.

39. При адсорбції на іонному кристалі виявляється ряд закономірностей. Яка з перерахованих закономірностей не є вірною:

- A. В першу чергу на осаді адсорбуються іони, що не входять до складу осаду.*
- B. При однакових умовах переважно адсорбується іон, концентрація якого більша.
- C. Багатозарядні іони адсорбуються сильніше, ніж однозарядні.

D. Переважно адсорбуються іони приблизно такого ж розміру, що й іони решітки.

E. Із іонів з однаковими зарядами і концентраціями в першу чергу адсорбується іон, який утворює найменш розчинну або найменш диссоціюючу сполуку з іонами осаду.

40. При адсорбції на іонному кристалі виявляється ряд закономірностей. Яка з перерахованих закономірностей не є вірною:

A. В першу чергу на осаді адсорбуються іони, що входять до складу осаду.

B. При однакових умовах переважно адсорбується іон, концентрація якого менше. *

C. Багатозарядні іони адсорбуються сильніше, ніж однозарядні.

D. Переважно адсорбуються іони приблизно такого ж розміру, що й іони решітки.

E. Із іонів з однаковими зарядами і концентраціями в першу чергу адсорбується іон, який утворює найменш розчинну або найменш диссоціюючу сполуку з іонами осаду.

41. При адсорбції на іонному кристалі виявляється ряд закономірностей. Яка з перерахованих закономірностей не є вірною:

A. В першу чергу на осаді адсорбуються іони, що входять до складу осаду.

B. При однакових умовах переважно адсорбується іон, концентрація якого більша.

C. Багатозарядні іони адсорбуються сильніше, ніж однозарядні.

D. Переважно адсорбуються іони приблизно такого ж розміру, що й іони решітки.

E. Із іонів з однаковими зарядами і концентраціями в першу чергу адсорбується іон, який утворює найбільш розчинну або найбільш диссоціюючу сполуку з іонами осаду. *

42. У гравіметричному аналізі більшу перевагу мають крупнокристалічні осади, ТОМУ ЩО, чим менше сумарна поверхня, тим менше іонів на ній адсорбується, і тим чистіший осад:

A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*

B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.

C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.

E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

43. У гравіметричному аналізі в якості осаджуючої форми для бінарних електролітів застосовуються сполуки з $DP > 10^{-8}$, ТОМУ ЩО в цьому випадку досягається практично повне осадження визначуваного іона (елемента):

A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.

B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.

- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

44. На заключній стадії гравіметричного аналізу часто осад після промивання прожарюють, ТОМУ ЩО спочатку випавший осад може не відповідати хімічній формулі гравіметричної форми, а також для видалення летючих домішок:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

45. Використання нітрату барію замість хлориду барію для осадження сульфат-іонів з розчину призводить до отримання завищених результатів, ТОМУ ЩО нітрат барію з сульфатом барію утворює тверді розчини:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

46. При промиванні осаду в промивну рідину не вводять електроліт, який має загальний іон з осадом, ТОМУ ЩО в разі присутності в розчині загального іона буде знижуватися розчинність:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

47. При гравіметричному визначенні заліза осад $\text{Fe}(\text{OH})_3$ промивають розчином, що містить нітрат амонію і аміак, ТОМУ ЩО за правилом ДР присутність в розчині загального іона знижує розчинність осаду:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.
 B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.*
 C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
 D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
 E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

48. При гравіметричному визначенні заліза осад $\text{Fe}(\text{OH})_3$ промивають розчином, що містить нітрат амонію і аміак, ТОМУ ЩО нітрат амонію не допускає пептизації осаду, а аміак збільшує рН до 5, що зменшує розчинність осаду:

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

49. При гравіметричному визначенні алюмінію як осаджувача небажано використовувати гідроксид амонію, ТОМУ ЩО гідроксид алюмінію помітно розчиняється в надлишку гідроксиду амонію і повне осадження катіонів алюмінію вимагає досить точного регулювання рН розчину (6,5-7,5):

- A. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Вірно.*
- B. 1-Вірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- C. 1-Вірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.
- D. 1-Невірно. 2-Вірно. Зв'язок – Невірно.
- E. 1-Невірно. 2-Невірно. Зв'язок – Невірно.

ЗМІСТ

Передмова	3
Осаджувальне титрування	4
Аргентометрія	8
Тіоціанатометрія	11
Меркурометрія	12
Заняття 13. Осаджувальне титрування. Аргентометрія. Меркурометрія	14
Комплексиметричне титрування	24
Заняття 14. Комплексиметричне титрування. Комплексонометрія	29
Гравіметрія	38
Заняття № 15. Гравіметричний аналіз. Застосування гравіметрії для аналізу лікарських і косметичних засобів	42
Заняття № 16. Семінарське заняття з розділу «Осаджувальне титрування, комплексиметричне титрування. Гравіметричний аналіз»	48
Заняття № 17. Семінарське заняття по кількісному аналізу	52
Питання тестового контролю по методу осаджувального титрування	54
Питання тестового контролю по методу комплексиметричного титрування	64
Питання тестового контролю по гравіметричному аналізу	74