**Силабус курсу «Фізико-хімічні методи аналізу»**

**2019–2020 н.р.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Назва курсу** | Фізико-хімічні методи аналізу |
| **Адреса викладання курсу** | вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів |
| **Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна** | хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії, кафедра аналітичної хімії |
| **Галузь знань, шифр та назва спеціальності** | 01 Освіта / Педагогіка, 014 Середня освіта  (предметна спеціальність 014.05 Біологія та здоров'я людини) |
| **Викладачі курсу** | доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії к.х.н. Бойчишин Лідія Михайлівна, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії к.х.н. Герцик Оксана Миронівна, доцент кафедри аналітичної хімії к.х.н. Ломницька Ярослава Федорівна |
| **Контактна інформація викладачів** | [lboichyshyn@yahoo.com](mailto:lboichyshyn@yahoo.com), [o\_hertsyk@yahoo.com](mailto:o_hertsyk@yahoo.com), yalomnytska@gmail.com |
| **Консультації по курсу відбуваються** | У процесі читання курсу, згідно з затвердженим графіком. |
| **Сторінка курсу** |  |
| **Інформація про курс** | Курс розроблено таким чином, щоб надати студентам необхідні знання для набуття компетентності з питань фізичної хімії та фізико-хімічних методів дослідження. У курсі представлено як теоретичні основи, так і практичні знання щодо розуміння взаємозв’язку природи та фізико-хімічних властивостей хімічних сполук. Показано функціонування різних пристроїв та апаратури як складових сучасних методів досліджень. Це сприяє мотивованому пошуку студентами шляхів реалізації сучасних досягнень біологічної та хімічної науки і їх популяризації серед молоді, що навчається. |
| **Коротка анотація курсу** | Курс “Фізико-хімічні методи аналізу”для підготовки фахівців за спеціальністю *Середня освіта* спеціалізації *Біологія та здоров’я людини* для освітньої програми магістра, яка викладається в ІІ семестрі в обсязі 4,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою).  Дисципліна складається з таких змістових модулів:  1. Термодинамічні, кінетичні закономірності перебігу процесів та електрокінетичні явища в біологічних системах.  2. Оптичні методи аналізу.  3. Електрохімічні методи аналізу.  У першому модулі розглядають основи хімічної термодинаміки та біоенергетики, фізико-хімічні основи кінетики біохімічних реакцій, медико-біологічне значення електрохімічних процесів, фізико-хімічні властивості дисперсних систем, розчинів високомолекулярних сполук та наноструктурованих систем .  У другому модулі вивчають загальні характеристики фізико-хімічних методів аналізу, теоретичні засади та практичне застосування оптичних методів аналізу під час дослідження різних об’єктів, зокрема біологічних.  У третьому модулі розглядаються основи найбільш використовуваних електрохімічних методів, так як потенціометрії, кондуктометрії та вольтамперометрії, можливость їхнього застосування під час аналізу для контролю біологічних систем. |
| **Мета та цілі курсу** | **Метою курсу** “Фізико-хімічні методи аналізу”є формування у студентів розуміння природи речовин і її взаємозв’язку із суттю фізико-хімічних процесів, що лежать в основі фізичних та хімічних перетворень з участю речовин різної природи. Знання та розуміння взаємозв’язку природи та властивостей хімічних сполук із функціонуванням різних пристроїв та апаратури, як складова фізико-хімічних методів досліджень. У межах цього курсу студенти біологічного факультету мають нагоду поглибити розуміння багатьох фундаментальних положень та понять хімії шляхом застосування їх для фізико-хімічних досліджень, які є основними інструментальними методами аналізу, застосовуваними в біології. |
| **Література для вивчення дисципліни** | Основна література:   1. *Ковальчук Є.П., Решетняк* *О.В.* Фізична хімія. Підручник / Львів. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. −2008. −800 с. 2. *Ковальчук Є.П., Яцишин М.М., Ковалишин Я.С*. Речовина в інтерфазі. Фізична хімія тонких плівок. Львів. Вид-во ЛНУ. −2005. −228 с. 3. *Ковальчук Є.П., Решетняк* *О.В.* Молекулярні самоорганізовані системи на твердій поверхні. Львів. Вид-во ЛНУ. −2006. −206 с. 4. *Решетняк О.В., Українець А.М., Закордонський В.П., Яцишин М.М., Ковалишин Я.С.* Лабораторні роботи з фізичної хімії. І. Термохімія. Фазова та хімічна рівновага. Будова речовини. Практикум для студентів хімічного факультету. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. −2005. −202 с. 5. *Українець А.М., Решетняк О.В., Закордонський В.П., Яцишин М.М., Горбачовська Х.Р., Дутка В.С.* Лабораторні роботи з фізичної хімії. ІІ Хімічна кінетика. Електрохімія. Лабораторний практикум для студентів хімічного факультету. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. −2003. −166 с. 6. *Тимошук О.С., Тимошук С.В., Врублевська Т.Я., Пацай І.О.* Основи електроаналітичної хімії. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2018 – 436 с. 7. *Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с. 8. *Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Електрохімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2011 – 273 с. 9. *Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н.* Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2001 – 298 с. 10. *Скуг Д.*, *Уэст Д.* Основы аналитической химии. Т.1. – М.: Мир, – 1979 – 480 с. 11. *Бабко А*.К., *П’ятницький І.В.* Кількісний аналіз. – К.: Вища школа, – 1974 –351 с. 12. *Лурье Ю.*Ю. Справочник по аналитической химии – М.: Химия, – 1979 – 412 с. 13. *Васильев В.П..*Аналитическая химия. Ч.1 – М.:Высшая школа, – 1989. – 384 с. 14. *Пилипенко А.Т.,* *Пятницький И.В.* Аналитическая химия. – М.:Химия,-1990-377с. 15. *Ковальчук Е.П., Томилов А.П., Остапович Б.Б., Яцишин М.Н.* Электропроводящие полимеры. В кн. Электрохимия органических соединений в начале ХХІ века. М.: −2008. −С. 496-537. 16. *Волков С.В., Ковальчук Є.П., Огенко В.М., Решетняк О.В.* Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. К.: Наукова думка. –2008. –424 с. 17. *Остапович Б.Б., Герцик О.М., Ковалишин Я.С.* Хімія високомолекулярних сполук. Ч. 1. Синтез полімерів. Практикум. // Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. −2007. −112 с.   Додаткова література:   1. *Мороз А. С*., Луцевич Д. Д., Яворська Л.П. Медична хімія. – Вінниця: Нова Книга, 2013. – 776 с. 2. *Гомонай В.І.* Фізична та колоїдна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 496 с. 3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы./ Под. ред. Кельнера Р., Мерме Ж.-М., Отто М., Видмера Г. – М.: Мир, – 2004 – 608 с. 4. *Harvey D.* Modern Analitycal Chemistry. – USA: McGraw-Hill Higher Education. – 2000 – 543 p. 5. *Васильев В.П., Кочергина Л.А., Орлова Т.Д.* Аналитическая химия. Т.1-3. – М.: Дрофа, – 2003 – 320 с. 6. *Отто* М. Современные методы аналитической химии. Т.1. – М.: Техносфера, – 2003 – 412 с. 7. *Янсон Э.Ю.* Теоретические основы аналитической химии : Учеб. пособие. М.: Высшая школа, – 1987. – 261 с. 8. *Зінчук В.К., Левицька Г.Д..* Оптичні методи аналізу. Львів : Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2000. – 79 с. 9. *Левицька Г.Д.* Лабораторний практикум з курсу “Електрохімічні методи аналізу”. Львів : Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2000. – 49 с. |
| **Тривалість курсу** | один семестр |
| **Обсяг курсу** | 135 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 32 лекцій, 16 практичних занять, та 87 самостійної роботи |
| **Очікувані результати навчання** | Після завершення цього курсу студент буде:   * **знати** основні методи дослідження будови та структури речовини; фізичну і хімічну теорії розчинів; електрохімічні процеси та явища перенесення іонів в електричному полі; основні методи синтезу і основні властивості високомолекулярних сполук; приклади електропровідних полімерів, властивості та основні способи їх одержання; причини стійкості колоїдних систем; приклади застосування хемо- та біосенсорів в біології і медицині; основні фізико-хімічні властивості наносистем; основи методів молекулярної та атомної спектроскопії; основні оптичні методи дослідження в хімії; основи потенціометричних визначень, будову та принцип роботи електродів; основи різних електрохімічних методів аналізу. * **вміти** визначати будову та структурну формулу невідомої органічної речовини за допомогою молярної рефракції та парахору; молекулярну масу речовини за допомогою кріоскопічного методу; будувати діаграми стану взаємної розчинності трьох рідин; визначати електродний потенціал металів, рН розчинів; константу дисоціації слабкого електроліту; вимірювати поверхневий натяг; пояснити основні фізичні властивості полімерів виходячи із їх хімічної будови; визначати електрокінетичний потенціал золів; розуміти причини електропровідності полімерів; вибирати реагент для фотометричних визначень; проводити титрування з потенціометричною, амперометричною, кондуктометричною детекцією кінцевої точки титрування; аналізувати отримані результати експерименту; розв’язувати розрахункові задачі з курсу аналітичної та фізичної хімії.. |
| **Ключові слова** | Термодинаміка, кінетика, електрокінетичні явища, біологічні системи, оптичні методи аналізу, електрохімічні методи аналізу. |
| **Формат курсу** | очний/заочний |
|  | проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем |
| **Теми** | Наведено у табл. 1 |
| **Підсумковий контроль, форма** | залік у кінці семестру |
| **Пререквізити** | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з загальної та неорганічної хімії, а також біофізики та біохімії. |
| **Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу** | лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв’язування вправ і задач, дискусія. |
| **Необхідне обладнання** | персональний комп’ютер, загальновживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор. |
| **Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)** | Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:   * практичні/самостійні тощо: 32 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 32; * контрольні заміри (модулі): 68 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 68.   Залік студент отримує на підставі результатів виконаних ним усіх видів робіт під час практичних занять та контрольних замірів протягом семестру. |
| **Питання до модульних контролів (замірів знань)** | 1. Основні поняття хімічної термодинаміки: термодинамічна система. Енергія системи. Внутрішня енергія як функція стану системи. Робота та теплота – форми передачі енергії. 2. Перший закон термодинаміки. Ізобарний та ізохорний теплові ефекти. Ентальпія. Термохімічні рівняння. Стандартні теплоти утворення та згорання. Закон Гесса. 3. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Термодинамічні потенціали: Енер­гія Гібса, енергія Гельмгольца. Термодинамічні умови рівноваги. 4. Швидкість реакції. Залежність швидкості реакції від концентрації. Закон дії мас для швидкості реакції. 5. Поняття про механізм реакції. Молекулярність реакції. 6. Залежність швидкості реакції від температури. Правило Вант-Гоффа. Особливості температурного коефіцієнта. 7. Енергія активації. Теорія активних зіткнень. Рівняння Ареніуса. Поняття про теорію перехідного стану. 8. Колігативні властивості розбавлених розчинів нелетких речовин. Закон Рауля. Пониження температури замерзання, підвищення температури кипіння розчинів. Кріометрія та ебуліометрія. 9. Осмос. Осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа. Плазмоліз та гемоліз. Роль осмосу в біологічних системах. 10. Колігативні властивості розведених розчинів електролітів. Ізотонічний коефіцієнт. Гіпо-, гіпер-та ізотонічні розчини в медичній практиці. 11. Провідники першого та другого роду. Питома, молярна та гранична електропровідність розчинів електролітів. Закон Кольрауша. Електроліти в організмі людини. 12. Кондуктометричне визначення ступеня і константи іонізації слабкого електроліту. Кондуктометричне титрування застосування кондуктометрії в медицині. 13. Електродні потенціали та механізм їх виникнення. Рівняння Нернста. Ряд стандартних електродних потенціалів. 14. Електрохімічні елементи та електрорушійні сили. Стандартний водневий електрод. Вимірювання електродних потенціалів. Електроди порівняння та робочі електроди. 15. Оксидно-відновні електродні потенціали. Механізм їх виникнення, біологічне значення. Рівняння Петерса. 16. Йоноселективні електроди зі скляними мембранами. Скляний електрод з водневою функцією та його використання при вимірюванні концентрації йонів водню. 17. Потенціометричне титрування його використання в медико-біологічних дослідженнях. 18. Дифузійні та мембранні потенціали, їх роль у генезі біологічних потенціалів. 19. Поверхневі явища, їх значення в біології та медицині. Поверхнева енергія, поверхневий натяг, адсорбція. 20. Поверхнева активність. Правило Дюкло - Траубе. Рівняння Гіббса. Орієнтація молекул в поверхневому шарі та структура біологічних мембран. 21. Адсорбція на поверхні твердого тіла. Рівняння Ленгмюра. Рівняння Фрейндліха. Моделювання сорбційних процесів на селективних гемосорбентах. 22. Адсорбція сильних електролітів. Правило Панета-Фаянса. Іоніти та їх використання в медицині. 23. Хроматографія та її використання в медико-біологічних дослідженнях. 24. Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом і залежно від розмірів частинок дисперсної фази. 25. Методи очищення колоїдних розчинів: діаліз, електродіаліз, ультрафільтрація, “штучна нирка”. 26. Електричні властивості колоїдно-дисперсних систем. Електрофорез, його використання в медичній практиці. 27. Стійкість колоїдно- дисперсних систем. Колоїдний захист, його біологічна роль. 28. Особливості розчинів ВМС. Механізм набрякання, види та ступінь набрякання. Значення набрякання в фізіології організму. 29. Вплив рН середовища на набрякання білків. Ізоелектрична точка білка, методи її визначення. 30. В’язкість розчинів ВМС: питома, приведена, характеристична. Визначення молекулярних мас біополімерів. 31. Фізико-хімічні властивості наноситем. 32. Прикладні аспекти нанохімії. 33. Природа електронних спектрів атомів, іонів та молекул. 34. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Правило адитивності оптичних густин та його значення. 35. Молярний коефіцієнт поглинання та його значення. Ефективне та істинне значення молярного коефіцієнта поглинання. 36. Значення ελ та ширина смуги у фотометричному аналізі. 37. Використання електронних спектрів для якісного та кількісного фотометричного аналізу. 38. Фотометричний аналіз двокомпонентної суміші. 39. Відхилення від основного закону світло поглинання. Причини відхилення та засоби їх усунення. 40. Основні типи сполук, що використовуються у фотометрії та вимоги до реакцій. 41. Умови максимального виходу забарвленої сполуки в розчині. 42. Чутливість, точність та селективність фотометричних визначень. 43. Методи фотометричного аналізу. Диференціальна спектрофотометрія. Фотометричне титрування. 44. Екстракційно-фотометричні методи аналізу. Типи екстракційних систем, які використовуються. 45. Способи визначення концентрації у фотометрії та умови їх застосування. 46. Селектори та детектори у фотометрії. Характеристика та вибір. 47. Вибір умов екстракції металів у вигляді хелатів. 48. Основи атомного емісійного спектрального аналізу та його види. 49. Спектральні лінії атомів, їх характеристика та використання в аналізі. Абсолютна та відносна інтенсивність спектральних ліній. 50. Джерела атомізації і збудження атомів та іонів: полум'я, електрична дуга, іскровий розряд, плазмотрон, індуктивно-зв'язана плазма. Їх коротка характеристика. 51. Опис фізичних та хімічних процесів у джерелі атомізації та збудження. 52. Основи якісного емісійного спектрального аналізу. 53. Кількісний та напівкількісний спектральний аналіз. 54. Характеристична крива фотошару та її значення. 55. Стандартні зразки для спектральних методів аналізу, основні вимоги до них. 56. Способи знаходження вмісту компонента у методах з фотоелектричною та фотографічною регістрацією спектра. 57. Принцип методу фотометрії полум'я. Емісійний та атомно-абсорбційний варіанти методу. Рівняння зв'язку. 58. Полум'я як атомі затор речовини. Види полум'я та його характеристика. 59. Характеристика фізико-хімічних процесів у полум'ї при внесенні в нього речовини. 60. Фізичні та хімічні перешкоди у полуменевій фотометрії: спектральні перешкоди, фон полум'я, неселективне поглинання, утворення хімічних сполук у полум'ї, значення фізичних властивостей розчину. Засоби врахування та усунення перешкод. 61. Метрологічні характеристики полуменевої фотометрії: чутливість, селективність, точність, межі визначуваних концентрацій. 62. Схеми приладів для емісійної та атомно-адсорбційної фотометрії полум'я. 63. Визначення лужних і лужноземельних металів у водах, біологічних об'єктах, ґрунтах та мінералах. 64. Які підходи лежать в основі класифікації електрохімічних методів аналізу? 65. На чому ґрунтуються потенціометричні методи аналізу? Дайте визначення рівноважного потенціалу. Напишіть рівняння Нернста і поясніть природу величин, які входять в це рівняння. 66. Дайте визначення стандартного та нормального електродних потенціалів. 67. Що називається формальним потенціалом? Як його визначити? 68. Що називають окисно-відновним потенціалом? 69. Які електроди належать до електродів першого, другого та третього роду? Опишіть принцип роботи цих електродів. 70. Який електрод називається індикаторним і який − електродом порівняння? Вимоги до них. 71. Опишіть будову аргентумхлоридного та каломелевого електродів. 72. Металеві індикаторні електроди. Переваги та недоліки їх використання. 73. Характеристики іоноселективного електрода: електродна функція, селективність та час відгуку. Дайте визначення. 74. Будова та принцип роботи скляного електроду. Визначення рН. 75. Основні джерела похибок в прямій потенціометрії. 76. Способи знаходження концентрації в прямій потенціометрії. 77. Суть потенціометричного методу окисно-відновного титрування. Які індикаторні електроди зазвичай використовують в ньому? 78. Суть потенціометричного титрування за реакціями осадження та комплексоутворення. Які індикаторні електроди зазвичай при цьому використовують? 79. Як можна використати потенціометричні методи для знаходження протолітометричних констант? 80. Закон Фарадея та його використання в електрогравіметричному аналізі? 81. Які процеси протікають при електрогравіметричному аналізі? 82. Наведіть приклади типових поляризаційних кривих в електрогравіметрії та поясніть їх. 83. Як впливає на потенціал електрода концентрація визначуваної речовини у розчині? 84. Які процеси можуть супроводжувати електролітичне виділення металів із кислих розчинів? 85. Який порядок виділення металів при електролізі розчину, який містить катіони декількох металів? 86. За яких умов одержують міцні електролітітичні осади? 87. Які методи використовують для запобігання виділення водню на катоді? 88. Назвіть умови за яких можна реалізувати внутрішній електроліз? 89. Назвіть головні умови кулонометричних визначень? 90. В чому суть методу кулонометрії при контрольованому потенціалі? 91. Які особливості кулонометрії при контрольованій силі струму? 92. Опишіть принцип роботи газових кулонометрів. Назвіть переваги та недоліки? 93. Які ви знаєте гравіметричні кулонометри? Вкажіть їх переваги та недоліки. 94. В чому суть кондуктометричного методу аналізу? 95. Чим обумовлена електропровідність розчинів? 96. Поясніть зв’язок між еквівалентною електропровідністю та питомим опором розчину? 97. Поясніть причини аномально високих значень рухливостей іонів Н+ і ОН-у водних розчинах? 98. Опишіть області застосування прямих кондуктометричних визначень? 99. В чому суть полярографічного методу аналізу? 100. Які вимоги висуваються до електродів в полярографії? 101. Які переваги та недоліки ртутного крапельного електрода? 102. Поясніть форму класичної полярограми? 103. Напишіть рівняння Ільковича. Як воно використовується в полярографічному аналізі? Основні висновки з рівняння. 104. На чому базується якісний та кількісний полярографічний аналіз? 105. Що таке «граничний дифузійний струм»? Назвіть фактори, які визначають величину дифузійного струму. 106. Вкажіть основні небезпеки при роботі з ртуттю. До яких наслідків може призвести отруєння парами ртуті? Перелічіть основні правила роботи з ртуттю. 107. Як пояснити форму диференційної імпульсної, осцилографічної та зміннострумової полярограми? 108. Які прийоми використовуються в полярографії для підвищення чутливості та роздільної здатності методу? 109. Які електроди можуть бути використані в методі амперометричного титрування? 110. Назвіть типи кривих амперометричного титрування. 111. Як визначають положення кінцевої точки титрування при амперометричному титруванні? |
| **Опитування** | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу. |

Таблиця 1

Схема курсу «Фізико-хімічні методи аналізу»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тиждень | Тема занять (перелік питань) | Форма діяльності  та обсяг годин | Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби) | Термін виконання |
| 1. | Хімічна термоди-наміка та біоенер-гетика | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 2. | Фізико-хімічні основи кінетики біохімічних реак-цій | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |
| 3. | Вчення про розчи-ни | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 4. | Електрохімічні процеси та їх меди-ко-біологічне значення | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 5. | Фізико-хімія поверхневих явищ | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 6. | Фізико-хімія дисперсних систем | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 7. | Фізико-хімічні влас-тивості розчинів ви-сокомолекулярних сполук | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |
| 8. | Фізико-хімічні властивості наноструктурованих систем та їх медико-біологічне значення | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |
| 9. | Загальна характе-ристика фізико-хімічних методів аналізу. Рівняння зв’язку і класи-фікація фізико-хімічних методів | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 10. | Метрологічні харак-теристики фотоме-тричного методу. Відхилення від основного закону світлопоглинання. Різновиди молеку-лярної спектроскопії | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |
| 11. | Полуменева фото-метрія, її різновиди | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 12. | Атомна спектро-скопія. Основи методу | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 13. | Основні електро-хімічні поняття. Потенціометрія. | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 5 год |  | 1 тиждень |
| 14. | Застосування потенціометрії | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |
| 15. | Кондуктометрія. Електрогравіметрія та кулонометрія. | Лекції – 2 год,  практ. заняття – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |
| 16. | Вольтампероме-тричні методи | Лекції – 2 год,  самостійна робота – 6 год |  | 1 тиждень |