



МЕТОДИ НАНОДІАГНОСТИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна) / дистанційна/ змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4кредити ECTS, 36годин лекцій, 18 годин лабораторних занять
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота
Розклад занять	Лекція -1 раз на тиждень, лабораторне заняття – 1 раз на два тижні; http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська/Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., с.н.с., БарабашМаксим Юрійович, e-mail: mbarabash@nasu.kiev.ua Лабораторні роботи: д.т.н., с.н.с., Барабаш Максим Юрійович
Розміщення курсу	campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють власні знання з різних дисциплін та долучаються до світового досвіду використання матеріалів з урахуванням технічних, технологічних, економічних та екологічних факторів. Студенти одержують важливий досвід щодо складу та структури композиційних матеріалів та поверхневих шарів різної природи.

Мета навчальної дисципліни полягає в ознайомленні студентів у вивченні та опануванні основних сучасних дифракційних та спектральних методів аналізу матеріалів, таких як спектральний, рентгеноструктурний, локальний рентгеноспектральний методи, емісійний та Оже - спектральний аналізи, атомна абсорбційна спектроскопія для визначення властивостей матеріалів, досліджені їх фазової будови, складу, закономірностей змін структури і властивостей у процесах їх одержання. Слухачі пізнають взаємозв'язки між фізичними та хімічними властивостями сполук та сучасними методами для їх аналізу; ознайомлення з обладнанням для проведення дифракційних та спектральних методів аналізу; розширенні світогляду студента та вироблення навичок для самостійної роботи.

Основними завданнями навчальної дисципліни є розуміння взаємозв'язку між фізичними та хімічними властивостями та сучасними методами для їх аналізу; ознайомити з обладнанням для проведення дифракційних та спектральних методів аналізу; розширити світогляд студента та виробити навички для самостійної роботи з сучасними методами нанодіагностики матеріалів різної природи.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен знати:

- основні принципи класифікації дифракційних та спектральних методів,
- основні етапи проведення дифракційних та спектральних методів аналізу;

- основні типи дифракційних та спектральних методів та їх застосування;
- загальні принципи роботи приладів для дифракційних та спектральних методів аналізу матеріалів;
- основні поняття з суміжних дисциплін (фізика, аналітична хімія, фізико-хімічні методи аналізу та ін.);
- основні поняття про взаємодію атомів, молекул, кристалів з електромагнітним випромінюванням;
- як оцінювати хімічний склад матеріалів за допомогою спектрального аналізу;
- як оцінювати фізико-хімічні властивості матеріалів із застосуванням рентгенівських та емісійних спектральних методів досліджень;
- як оцінювати морфологічні властивості матеріалів за результатами мікрофотографій;
- як визначати придатність матеріалу за результатами оже-спектрального та атомно-абсорбційного методів аналізу;
- як описувати спектри комбінаційного розсіювання, їх інтерпретувати.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна викладається в другому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів.

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни «Методи нанодіагностики»

- Фізика,
- Хімія,
- Фізична хімія,
- Кристалографія, кристалохімія та мінералогія.

Знання, що студент отримує під час навчання дисципліни «Методи нанодіагностики» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін:

Фізика конденсованого стану,
Структурний аналіз матеріалів,
Основи металознавства,
Матеріалознавство тугоплавких матеріалів.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та діагностики матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні курсових, дипломних робіт та проектів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ.1. Елементи квантової фізики атомів, молекул та твердих тіл.

Розділ 2. Основи мікроскопії. Поверхня нанорозмірних матеріалів.

Розділ 3. Електронна мікроскопія об'єктів нанометрового діапазону.

Розділ 4. Рентгенівський мікроаналіз.

Розділ 5. Зондова мікроскопія.

Розділ 6. Оптична та коливальна спектроскопія ІК та КР.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1.Загородній В.В.Локальні методи досліджень / В.В. Загородній; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.–323 с.

2. Тузяк О.Я. Основи електронної та зондової мікроскопії: навч. посібник / О.Я. Тузяк, В.Ю. Курляк. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 296 с.

3.БірюковичЛ.О. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія / Л.О. Бірюкович; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 234 с.

4. Акулинин С.А. *Диагностика наноматериалов и наноструктур* / С.А. Акулинин, И.С. Проскурина, Т.С. Наролина. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 103 с.

5. Спольник О.І., Власенко В.Г., Калгберда Л.М. *Курс фізики: Навчальний посібник.*— Харків: «Компанія Сміт», 2005. – 393 с.

Додаткова література:

6. Уманский Я.С. *Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия* / Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.И. Иванов. – М.: Металлургия, 1982. – 630 с.

7. Казіміров В.П. *Рентгенографія кристалічних матеріалів: навч. посіб.* / В.П. Казіміров, Е.Б. Русанов. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2016. – 287 с.

8. Барабаш М.Ю. *Формування наноструктур на темплатах випромінюванням із видимого діапазону* / М.Ю. Барабаш, Д.О. Гринько, С.О. Сперкач / К.: Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2015. – 202 с.

Інформаційні ресурси:

9. https://ntcup.ru/ntcup/wp-content/files_mf/158091841408_nano_microscopy_04_edu.pdf

10. https://ntcup.ru/ntcup/wp-content/files_mf/158091927004_spektroskopija_kombinacionnoe_rassejanie_sveta.pdf

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи лабораторних робіт. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зміст лекційних занять

Заняття 1. Атом. Закономірності в спектрах випромінювання атома. Планетарна модель атома. Постулати Бора. Атом водню за теорію Бора. Квантово-механічний опис мікросистем. Стан електрона в атомі. Розподіл електронів у атомах. Спектри атомів і молекул. [5] с. 313-329.

Заняття 2. Взаємодія електронного пучка з речовиною. Властивості електронів. Генерування електронних пучків. Відхилення електронів та розсіяння атомами. Пружне розсіяння. Непружне розсіяння. Розсіяння на фотонах. Розсіяння на плазмонах. Збудження одного валентного електрона. Збудження основних орбіталей. Непружне розсіяння і поглинання. Вторинні ефекти. Вторинні електрони. Зворотно розсіяні (пружньо-відбиті) електрони. [2] с. 32-53. [4] с. 12-23.

Заняття 3. Поняття про нанорозмірні об'єкти. Поверхня нанорозмірних матеріалів. Поверхня і приповерхневий простір. Фізичні процеси та явища на поверхні. Методи дослідження поверхні. Наноструктури та їх розміри. [1] с. 12-23. [8] с. 10-53.

Заняття 4. Відкриття спектроскопії. Основні поняття та визначення. Характеристика спектру та спектральні методи аналізу. Основний принцип дії приладів для спектрального аналізу. Атомний та молекулярний спектральний аналіз в ідентифікації речовин. Основні області застосування спектрального аналізу. Поділ спектральних методів за діапазоном електромагнітного випромінювання. [1] с. 27-50. [2] с. 160-208.

Заняття 5. Просвічувальна електронна мікроскопія. Завдання (ПЕМ) Будова приладу. Електронна гармата. Конденсорна камера. Принцип дії. Взаємодія електронного пучка з періодично розташованими атомами. Підготовка зразків нанооб'єктів. [1] с. 143-171, [2] с. 88-112.

Заняття 6. Растрова електронна мікроскопія. Сканувальний електронний мікроскоп (СЕМ). Принцип роботи та структурні елементи. Електронна гармата. Термоелектронна та автоемісія Отримання сигналу в СЕМ. Взаємодія електронів з речовиною. Реєстрація вторинних електронів. Реєстрація зворотно розсіяних електронів. Композиційний та топографічний контраст. Просторова роздільна здатність. Виготовлення зразків для СЕМ. Об'єкти дослідження. Можливості методу. [1] с. 97-122.

Заняття 7. Оже-електронна спектроскопія. Основні поняття. Реалізація методу. Переваги та недоліки методу Оже-спектроскопії. Оже-спектри. Двохелектронні процеси зняття збудження: переходи Оже і переходи Костера–Кроніга. Кінетична енергія оже-електронів. Методика підготовки зразків. Отримання енергетичного спектра. Кількісний та фазовий аналіз. [1] с. 54-73, [4] с. 119-57.

Заняття 8. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (РФЕС). Використання методу. Фізичні основи методу. Спектри РФЕС. Схема утворення фотоелектрона, Оже-електрона та характеристичногорентгенівського випромінювання. Зв'язок між енергетичним станом електронів в твердому тілі і енергетичним розподілом електронів фотоемісії. Зв'язок енергетичних станів електронів у твердому тілі з енергетичним розподілом фотоелектронів. Спектроскопічні позначення в РФЕС. Принципова схема фотоелектронного спектрометра. Джерела характеристичного рентгенівського випромінювання. Основні методи енергетичного аналізу фотоелектронів. Інформація отримана за спектрами РФЕС. РФЕС застосування. Переваги методу РФЕС. [1] с. 27-50.

Заняття 9. Вторинна іонна мас-спектроскопія (ВІМС). Основи методу. Завдання, які вирішує ВІМС. Блок-схема мас-спектрометра. Рух зарядженої частинки у магнітному полі. Способи іонізації атомів і молекул. Схема електронного удару. Переваги та недоліки методу електронної іонізації. Типи іонізацій. Основні типи мас-аналізаторів. Область застосування методу ВІМС. [1] с. 77-86.

Заняття 10. Рентгеноспектральний мікроаналіз (РСМА). Основне завдання РСМА. Основні поняття. Рентгенівське випромінювання. Неперервний спектр (гальмівне випромінювання) та характеристичний спектр. Рентгенівське випромінювання. Характеристичний спектр. Схема генерації різних видів випромінювань під впливом електронного потоку. Пристрій рентгенівської трубки. Основні закони методу РСМА. Рентгенооптичні схеми вимірювання дифракційних спектрів. Рентгенооптичні схеми дифрактометра. Фазовий та кількісний аналіз. Можливості РСМА. Области застосування рентгеноспектрального мікроаналізатора. [1] с. 125-139, [2] с. 40-51, [7] с. 4-15, 33-42.

Заняття 11. Зондова мікроскопія. Сканувальна тунельна мікроскопія (СТМ). Історія відкриття. Основні області застосування СТМ. Можливості зондової мікроскопії. Основи методи та поняття про тунельний ефект. Зонна діаграма тунельного контакту. Схема скануючого тунельного мікроскопа. Скануючий зонд, вимоги та призначення. Принцип роботи зондів. Скануючі елементи зондових мікроскопів. Формування СТМ зображень. Недоліки СТМ. [1] с. 216-234, [2] с. 213-259, [4] с. 58-67.

Заняття 12. Зондова мікроскопія. Атомна силова мікроскопія (АСМ). Основи методу АСМ. Контактна атомно-силова мікроскопія. Режими роботи: безконтактна, контактна та напівконтактна атомно-силова мікроскопія. Зонди для атомно-силової мікроскопії. Дослідження властивостей поверхні методами атомно-силової мікроскопії. Приготування зразків для зондової мікроскопії. Сили взаємодії вістря і зразка. Схема зондового датчика АСМ. Фізичні основи АСМ. Типи АСМ кантиливерів. Оптичний силовий сенсор АСМ. Система реєстрації сигналів кантиливера. Основні режими сканування АСМ. Переваги та недоліки методу АСМ. Застосування методів спектроскопічних зондових методів. [1] с. 238-254, [2] с. 213-259, [4] с. 73-79.

Заняття 13. Польова електронно-емісійна мікроскопія (ПЕЕМ). Основні принцип дії ПЕЕМ. Автоелектронна емісія: термоемісія, вторинна електронна емісія та фотоелектронна емісія. Схема польового електронно-емісійного мікроскопа ПЕЕМ. Тунельний ефект у ПЕЕМ. Потенційний бар'єр на границі метал-вакуум. Застосування польового емісійного мікроскопа (ПЕМ). Вимоги до голки ПЕМ. Основні напрямки автоіонно-мікроскопічних досліджень (АІМ). Застосування автоелектронної емісії. [1] с. 265-276, [2] с. 271-272.

Заняття 14. Енергодисперсійна рентгенівська спектроскопія (ЕДРС). Історія відкриття. Основні принципи. Взаємодія електронів з речовиною в електронному мікроскопі. Закон Мозлі. Схема СЕМ разом з ЕДРС приставкою. Блок-схема рентгенівського детектора

енергодисперсійного спектрометра і блок-схема електроніки обробки сигналу. Типовий енергодисперсійний спектр. Особливості методу ЕДРС. Переваги методу ЕДРС. [9].

Заняття 15. Спектроскопія комбінаційного розсіювання (Раман спектроскопія) (СКР). Історія відкриття. Походження молекулярних спектрів. Коливання багатоатомної молекули. Типи коливань. Комбінаційне розсіювання в кристалах. Резонансна КР спектроскопія. Методика вимірювання спектрів КР. Геометрія експерименту. Типи спектрометрів КР та принцип дії. [10].

Заняття 16. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ спектроскопія). Особливості експериментального дослідження ІЧ спектрів твердих тіл і розчинів. Принципова схема будови ІЧ - спектрометра. Послідовність проведення структурного аналізу. Кількісна ІЧ-спектроскопія. Принцип роботи ІЧ-спектрометра. Умови вимірювання ІЧ-спектрів. ІЧ-спектрометри з перетворенням Фур'є. Типи завдань і можливості ІЧ-спектроскопії: віднесення смуг, зіставлення спектра і будови речовини, ідентифікація, функціональний аналіз. Области застосування. [8]. с. 45-53.

Заняття 17. Голографічна інтерферометрія. Голографічна система реєстрації голограм (ГСР). Принцип роботи ГСР та основні етапи реєстрації оптичних голограм. Комп'ютерний аналіз голографічних інтерферограм. Методи застосування. [8]. с. 55-60.

Заняття 18. **Модульна контрольна робота.** Питання, що виносяться на МКР у додатку А.

Зміст лабораторних робіт

Основні завдання циклу лабораторних робіт є формування у студентів уявлень про методи діагностики матеріалів та покриттів різної природи; отримання комплексу знань про будову та фазовий склад вихідних порошків та виробів з них і вибір методів нанодіагностики; опанування студентами сучасних методів діагностики складу та структури вихідних порошків та матеріалів на їх основі.

Лабораторна робота №1 Вступне заняття. Правила техніки безпеки при роботі на електронному мікроскопі. Роз'яснення щодо системи оцінювання студентів протягом поточного семестру.

Лабораторна робота №2 Поняття про вакуум. Вакуумні системи, методи отримання та вимірювання.

Лабораторна робота №3 Будова мікроскопа-мікроаналізатора JSM-6490LV та SuperProbe JXA-8200, JEOL, Японія. Приготування зразків для дослідження растровим електронним мікроскопом.

Лабораторна робота №4 Отримання топологічного зображення поверхні зразка в режимі вторинних електронів. Отримання топологічного зображення поверхні зразка в режимі відбитих електронів.

Лабораторна робота №5 Вивчення фазового контрасту досліджуваного зразка за допомогою аналізу відбитих електронів

Лабораторна робота №6 Вивчення поверхонь руйнування матеріалів за допомогою растрового електронного мікроскопа.

Лабораторна робота №7 Методи обробки зображень, отриманих у результаті роботи на електронному мікроскопі.

Лабораторна робота №8 Проведення енергодисперсійного рентгенівського мікроаналізу. Хвильовий рентгенівський мікроаналіз. Підведення підсумків.

Лабораторна робота №9 Заключне заняття. Залік.

Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 66 годин) з дисципліни полягає в:

- підготовці до лекційних занять – в розрахунку 1 година на 1 лекцію (18 годин)
- підготовці до виконання лабораторних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 4 години на 1 годину виконання лабораторної роботи = 36 години;
- підготовці до модульної контрольної роботи – 6 годин.

– підготовці до підсумкової атестації – заліку (6 годин).

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.
- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.
- Завдання пропущеної лабораторної роботи студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.
- Під час усіх видів лабораторних робіт забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.
- Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних рід руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання лабораторних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- ведення конспекту та активної участі на лекційних заняттях – 8 балів. Бали за опитування на пропущених лекціях компенсуються виконанням тестування (див. п.6).
- захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 56 балів – максимум 8 балів з кожної роботи.
- модульна контрольна робота проводиться на 18-й лекції за розділами дисципліни – максимальна кількість балів 36.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати мінімум 20 балів (за захист звітів з лабораторних робіт) проводиться на 7 тижні навчання, другого – мінімум 50 балів (за захист звітів з лабораторних робіт) проводиться на 12 тижні навчання.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та кількості балів за видами:

- модульна контрольна робота не менше 22 балів.
- лабораторні роботи не менше 32 балів.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Якщо ж студент хоче підвищити свій рейтинг, то потрібно мати всі зараховані лабораторні роботи і написати залікову контрольну роботу, або пройти співбесіду. Залікова контрольна робота складається з переліку тематичних питань модульних контрольних робіт. Співбесіда є узагальненням результатів роботи студента протягом навчального семестру та спроможністю слухача відповідати на поставлені питання викладача. Рейтинг за семестр анулюється, залікова контрольна робота складає 100 балів. Залікова контрольна робота складається у вигляді тестів, у тестах 10 питань по 10 балів кожний.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено **доцент** каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, д.т.н., с.н.с., Барабаш Максим Юрійович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (**протокол № ___ від _____ 2021р.**)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (**протокол № ___ від _____ 2021р.**)

Питання для студентів, які виносяться на модульну контрольну роботу

1. *Поняття про модель атома Резерфорда-Бора. Електронні рівні.*
2. *Навести розподіл електронів у атомах. Які існують спектри атомів і молекул?*
3. *Взаємодія електронного пучка з речовиною. Властивості електронів.*
4. *Непружне розсіяння і поглинання. Постулати Бора.*
5. *Вторинні ефекти. Поняття про вторинні електрони.*
6. *Зворотно розсіяні (пружньо-відбиті) електрони.*
7. *Що таке спектр світла?*
8. *Поняття про нанорозмірні об'єкти.*
9. *Поверхня нанорозмірних матеріалів.*
10. *Поверхня і приповерхневий простір.*
11. *Фізичні процеси та явища на поверхні.*
12. *Методи дослідження поверхні.*
13. *Спектральний аналіз.*
14. *Спектри випромінювання і спектри поглинання.*
15. *Основний принцип дії приладів для спектрального аналізу.*
16. *Атомний та молекулярний спектральний аналіз в ідентифікації речовин.*
17. *Основні області застосування спектрального аналізу.*
18. *Поділ спектральних методів за діапазоном електромагнітного випромінювання.*
19. *Принцип дії просвічувального електронного мікроскопа. Завдання (ПЕМ) Будова приладу.*
20. *Принцип дії електронної гармати.*
21. *Взаємодія електронного пучка з періодично розташованими атомами. Підготовка зразків нанооб'єктів.*
22. *Принцип дії растрової електронної мікроскопії.*
23. *Сканувальний електронний мікроскоп (СЕМ). Принцип роботи та структурні елементи. Електронна гармата.*
24. *Термоелектронна та автоемісія Отримання сигналу в СЕМ.*
25. *Взаємодія електронів з речовиною.*
26. *Реєстрація вторинних електронів. Реєстрація зворотно розсіяних електронів.*
27. *Композиційний та топографічний контраст.*
28. *Просторова роздільна здатність. Виготовлення зразків для СЕМ.*
29. *Об'єкти дослідження. Можливості методу.*
30. *Що таке Оже-електронна спектроскопія. Основні поняття та реалізація методу. Переваги та недоліки методу Оже-спектроскопії.*
31. *Оже-спектри. Двохелектронні процеси зняття збудження: переходи Оже і переходи Костера–Кроніга. Кінетична енергія оже-електронів.*
32. *Методика підготовки зразків. Отримання енергетичного спектра. Кількісний та фазовий аналіз.*
33. *Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (РФЕС). Використання методу. Фізичні основи методу. Спектри РФЕС.*
34. *Схема утворення фотоелектрона, Оже-електрона та характеристичногорентгенівського випромінювання. Зв'язок між енергетичним станом електронів в твердому тілі і енергетичним розподілом електронів фотоемісії.*
35. *Зв'язок енергетичних станів електронів у твердому тілі з енергетичним розподілом фотоелектронів. Спектроскопічні позначення в РФЕС.*
36. *Принципова схема фотоелектронного спектрометра. Джерела характеристичного рентгенівського випромінювання. Основні методи енергетичного аналізу фотоелектронів. Інформація отримана за спектрами РФЕС. РФЕС застосування. Переваги методу РФЕС.*
37. *Вторинна іонна мас-спектроскопія (ВІМС). Основи методу. Завдання, які вирішує ВІМС.*

38. *Блок-схема мас-спектрометра. Рух зарядженої частинки у магнітному полі. Способи іонізації атомів і молекул.*
39. *Схема електронного удару. Переваги та недоліки методу електронної іонізації. Типи іонізації.*
40. *Основні типи мас-аналізаторів. Область застосування методу ВІМС.*
41. *Вторинна іонна мас-спектроскопія (ВІМС). Основи методу. Завдання, які вирішує ВІМС.*
42. *Блок-схема мас-спектрометра. Рух зарядженої частинки у магнітному полі. Способи іонізації атомів і молекул.*
43. *Схема електронного удару. Переваги та недоліки методу електронної іонізації. Типи іонізації. Основні типи мас-аналізаторів. Область застосування методу ВІМС.*
44. *Поняття про рентгеноспектральний мікроаналіз (РСМА). Основне завдання РСМА.*
45. *Рентгенівське випромінювання. Неперервний спектр (гальмівне випромінювання) та характеристичний спектр. Характеристичний спектр. Схема генерації різних видів випромінювань під впливом електронного потоку.*
46. *Пристрій рентгенівської трубки. Основні закони методу РСМА. Рентгенооптичні схеми вимірювання дифракційних спектрів.*
47. *Рентгенооптичні схеми дифрактометра. Фазовий та кількісний аналіз.*
48. *Можливості РСМА. Области застосування рентгеноспектрального мікроаналізатора.*
49. *Зондова мікроскопія. Сканувальна тунельна мікроскопія (СТМ). Історія відкриття. Основні області застосування СТМ. Можливості зондової мікроскопії.*
50. *Основи методу та поняття про тунельний ефект. Зонна діаграма тунельного контакту. Схема скануючого тунельного мікроскопа.*
51. *Скануючий зонд, вимоги та призначення. Принцип роботи зондів. Скануючі елементи зондових мікроскопів. Формування СТМ зображень. Недоліки СТМ.*
52. *Зондова мікроскопія. Атомна силова мікроскопія (АСМ). Основи методу АСМ. Контактна атомно-силова мікроскопія.*
53. *Режими роботи АСМ: безконтактна, контактна та напівконтактна атомно-силова мікроскопія. Зонди для атомно-силової мікроскопії.*
54. *Приготування зразків для зондової мікроскопії. Сили взаємодії вістря і зразка.*
55. *Схема зондового датчика АСМ. Фізичні основи АСМ. Типи АСМ кантиліверів. Оптичний силовий сенсор АСМ. Система реєстрації сигналів кантилівера.*
56. *Основні режими сканування АСМ. Переваги та недоліки методу АСМ. Застосування методів спектроскопічних зондових методів.*
57. *Польова електронно-емісійна мікроскопія (ПЕЕМ) та основні принцип дії. Автоелектронна емісія: термоемісія, вторинна електронна емісія та фотоелектронна емісія.*
58. *Схема польового електронно-емісійного мікроскопа ПЕЕМ. Тунельний ефект у ПЕЕМ. Потенційний бар'єр на границі метал-вакуум.*
59. *Застосування польового емісійного мікроскопа (ПЕМ). Вимоги до голки ПЕМ.*
60. *Основні напрямки автоіонно-мікроскопічних досліджень (АІМ). Застосування автоелектронної емісії.*
61. *Енергодисперсійна рентгенівська спектроскопія (ЕДРС). Історія відкриття.*
62. *Основні принципи. Взаємодія електронів з речовиною в електронному мікроскопі. Закон Мозлі. Схема СЕМ разом з ЕДС приставкою.*
63. *Блок-схема рентгенівського детектора енергодисперсійного спектрометра і блок-схема електроніки обробки сигналу.*
64. *Навести типовий енергодисперсійний спектр. Особливості методу ЕДРС. Переваги методу ЕДРС.*
65. *Спектроскопія комбінаційного розсіювання (Раман спектроскопія) (СКР). Історія відкриття.*
66. *Описати походження молекулярних спектрів. Коливання багатоатомної молекули. Типи коливань.*
67. *Комбінаційне розсіювання в кристалах. Резонансна КР спектроскопія.*

68. *Методика вимірювання спектрів КР. Геометрія експерименту. Типи спектрометрів КР та принцип дії.*
69. *Інфрачервона спектроскопія (ІЧ спектроскопія). Особливості експериментального дослідження ІЧ спектрів твердих тіл і розчинів.*
70. *Навести принципова схема будови ІЧ - спектрометра. Послідовність проведення структурного аналізу.*
71. *Кількісна ІЧ-спектроскопія. Принцип роботи ІЧ-спектрометра. Умови вимірювання ІЧ-спектрів.*
72. *ІЧ-спектрометри з перетворенням Фур'є. Типи завдань і можливості ІЧ-спектроскопії: віднесення смуг, зіставлення спектра і будови речовини, ідентифікація, функціональний аналіз. Області застосування.*
73. *Поняття про голографічну інтерферометрію. Голографічна система реєстрації голограм (ГСР).*
74. *Принцип роботи ГСР та основні етапи реєстрації оптичних голограм. Комп'ютерний аналіз голографічних інтерферограм. Методи застосування.*