



# Сучасні методи дослідження матеріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ECTS (120 год.), лекції – 18 год., лабораторні – 18 год., СРС – 84 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР</i>
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д. ф.-м. н., професор Карпець Мирослав Васильович, mkarpets@ukr.net, viber/моб. +38(068)0811722</i> Лабораторні: <i>д. ф.-м. н., професор Карпець Мирослав Васильович</i>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NjUzNzE2NzMyNzc5?cjc=7ejp6bw">https://classroom.google.com/c/NjUzNzE2NzMyNzc5?cjc=7ejp6bw</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна "Сучасні методи дослідження матеріалів" належить до переліку нормативних дисциплін циклу професійної підготовки освітньої-наукової програми підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 "Матеріалознавство".

**Предмет навчальної дисципліни:** Новітні методи дослідження фізичної природи властивостей сучасних матеріалів та їх відмінностей в різних агрегатних станах з точки зору основних законів фазових та структурних перетворень, які протікають при конкретних фізико-хімічних умовах.

**Особливість подання цієї проблематики студентам спеціалізації:** особливістю подання матеріалу є наголос на плануванні і виконанні досліджень структурного стану та властивостей нових матеріалів з опануванням практичних навиків роботи на сучасному науковому обладнанні та обробкою одержаних результатів з застосуванням новітніх програмних комплексів.

**Метою навчальної дисципліни** є формування у здобувачів наступних загальних та фахових компетентностей:

Загальні компетентності	
K3.01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
K3.02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
Фахові компетентності	
СК.02	Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту
СК.03	Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується

СК.06	Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів
СК.10	Здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів
СК.13	Здатність розробляти і вдосконалювати методи і методики матеріалознавчих досліджень

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувачі мають продемонструвати такі **результати навчання**:

РН 1	Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій
РН 2	Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі
РН 3	Вільно спілкуватись державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері матеріалознавства та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів
РН 4	Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства
РН 5	Приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачуваних умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики
РН 6	Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно
РН 11	Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства
РН 12	Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів
РН 13	Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки
РН 14	Обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів
РН 15	Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів
РН 17	Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів
РН 18	Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її
РН 19	Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання
РН 20	Розробляти і застосовувати новітні методи і методики досліджень матеріалів та процесів в галузі матеріалознавства з урахуванням особливості проблем, що вирішуються
РН 21	Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем матеріалознавства

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

Дисципліна "Сучасні методи дослідження матеріалів" є базовою для освітнього компонента "Наукова робота за темою магістерської дисертації. Курсова робота". В свою чергу, вона базується на освітніх компонентах бакалаврської підготовки спеціальності "Матеріалознавство".

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Розділ. Сучасні методи дослідження матеріалів

Тема № 1. Конструкція дифрактометра Ultima IV та ДРОН.

- Тема № 2. Статистичні помилки при вимірюванні інтенсивності.  
 Тема № 3. Вибір оптимальних режимів зйомки на дифрактометрах.  
 Тема № 4. Рентгенівська емісійна та абсорбційна спектроскопія.  
 Тема № 5. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія та її фізичні основи.  
 Тема № 6. EXAFS - спектроскопія та її фізичні основи.  
 Тема № 7. Оже-спектроскопія.  
 Тема № 8. ЯГР-спектроскопія. Конверсійні спектри.  
 Тема № 9. Параметри ЯГР-спектрів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

(Усі видання наявні в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського).

1. Сучасні методи дослідження матеріалів [Електронний ресурс]: конспект лекцій навчальної дисципліни /складено : М. В. Карпець; – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – Режим доступу:

<https://classroom.google.com/c/NjUzNzE2NzMyNzc5?cjc=7ejp6bw>

2. Загородній В.В., Карпець М.В. Рентгенівські методи досліджень. – К.: НТУУ «КПІ», – 2014. – 318 с. [Електронний ресурс] <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/8139>

##### Допоміжна

3. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методи наукових досліджень: Навч. посібник. – Х.: НТУ "ХПІ", 2009. – 142 с.

4. Проценко І.Ю., Черноус А.М., Проценко С.І. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів – Суми: СумДУ, 2020. – 270 с.

5. Данильченко С.М., Кузнецов В.М., Проценко І.Ю. Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів: навчальний посібник. - Суми: СумДУ, 2019. -135 с.

6. Лобода В.Б., Іваній В.С., Шкурдода Ю.О. та ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посібник. Суми: Університетська книга, 2012. – 259 с.

**Студент має ознайомитись з цими ресурсами зважаючи на конкретні теми дисципліни.**

#### Навчальний контент

##### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Конструкція дифрактометра Ultima IV та ДРОН, принципальна схема, фокусування по Бреггу-Брентано, монохроматизація випромінювання, налагодка приладу, режими зйомки. <u>Завдання на СРС</u> : Конструкція дифрактометра для дослідження монокристалів РЕД-4.
2	Статистичні похибки при вимірюванні інтенсивності, втрати за рахунок мертвого часу лічильника, врахування присутності фону, спотворення дифракційного профілю. <u>Завдання на СРС</u> : Методи реєстрації випромінювання – постійної часу та постійної набору.
3	Вибір оптимальних режимів зйомки на дифрактометрах. Програми збору даних на апаратах типу Ultima IV і РЕД-4. Сучасні програмні комплекси по обробці дифракційних даних полікристалічних матеріалів: індиціювання, повнопрофільний аналіз дифрактограмм (Rietveld-метод). <u>Завдання на СРС</u> : Бази даних PDF-2, ISCD, COD.
4	Рентгенівська емісійна та абсорбційна спектроскопія. Фізичні основи одержання рентгенівських спектрів та дослідження електронної структури і хімічного зв'язку в матеріалах. <u>Завдання на СРС</u> : Апаратура та методи одержання і обробки експериментальних даних.

5	Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія та її фізичні основи. <u>Завдання на СРС:</u> Використання фотоелектронних спектрів для аналізу хімічного складу та енергетичного стану поверхні матеріалів.
6	EXAFS - спектроскопія та її фізичні основи. <u>Завдання на СРС:</u> Використання методу EXAFS для вивчення ближнього порядку в аморфних та ультрадисперсних середовищах.
7	Оже-спектроскопія. Характеристики Оже-електронів. <u>Завдання на СРС:</u> Апаратура Оже-спектроскопії, застосування.
8	ЯГР-спектроскопія: елементи теорії ядерних спектрів, суть ефекту Мессбауера, апаратура, джерела $\gamma$ - квантів. <u>Завдання на СРС:</u> Конверсійні ЯГР- спектри.
9	МКР

### Лабораторні заняття

**Основні завдання циклу лабораторних занять** полягають у формуванні у студентів практичних навичок і умінь вирішувати структурні задачі, у тому числі за допомогою комп'ютерного моделювання на основі кристалоструктурної інформації про фазові складові.

№ п/п	Назва теми лабораторного заняття
1	Автоматична настройка дифрактометра. Зйомка дифрак-тограм в фокусуючій та паралельно-пучковій геометрії
2	Первинна обробка дифрактограм. Визначення розмірів кристалітів по методу Шерера
3	Розділення ефектів розширення дифракційних максимумів від областей когерентного розсіювання (ОКР) та мікронапруг II роду (метод Вільямсона - Холла)
4	Якісний фазовий аналіз за допомогою бази даних дифрактограм ICDD PDF-2 та бази кристалографічних даних COD
5	Кількісний аналіз фазового складу. Метод внутрішнього стандарту. Метод зовнішнього стандарту. Метод добавок.
6	Кількісний фазовий аналіз методом RIR
7	Кількісний фазовий аналіз безеталонним методом. Метод Рітвельда.
8	Застосування методу асиметричної зйомки для дослідження тонких плівок на монокристалічних підкладках
9	Малокутове розсіяння рентгенівських променів

### 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Вид самостійної роботи студента	Кількість годин	Норма часу, год.	Термін часу, год.
Засвоєння додаткових до лекцій питань	16	1	16
Підготовка до лабораторних робіт та опрацювання результатів	18	2	36
Підготовка до МКР	1	2	2
Підготовка до екзамену	1	30	30
<b>Всього</b>			<b>84</b>

### Політика та контроль

#### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. При очній формі навчання лекційні заняття проводяться в аудиторіях згідно розкладу занять. При змішаній формі навчання лекційні заняття можуть проводитись дистанційно, для цього

використовується платформа ZOOM, і слухачу необхідно організувати собі таку можливість самостійно.

2. При очній формі навчання лабораторні роботи проводяться в комп'ютерному класі також згідно розкладу занять, в якому необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. Допускається використання власних ноутбуків. При змішаній формі навчання лабораторні роботи можуть проводитися дистанційно і слухачу необхідно самостійно забезпечити себе ПК, доступом до інтернету та встановити необхідне програмне забезпечення.

3. У разі запізнення на заняття слухачу необхідно приєднатись до нього як змога менше заважаючи іншим і процесу проведення заняття. У випадку часткового або повного пропуску лекційних занять слухачу необхідно дізнатись пропущені питання і опрацювати їх самостійно. У випадку пропуску лабораторних робіт слухачу необхідно домовитись з викладачем і відпрацювати їх, наприклад на консультаціях (заплановані в об'ємі 1 пари на тиждень).

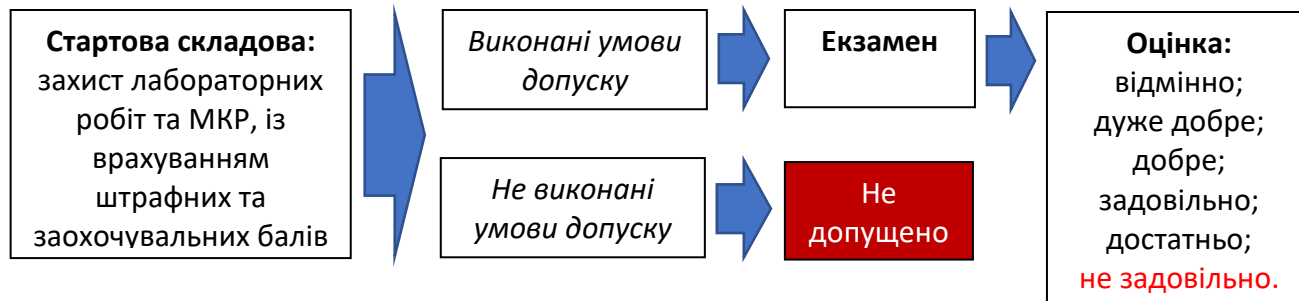
4. Користуватись мобільними телефонами на парах заборонено, як виняток – з дозволу викладача. Звук на мобільних телефонах повинен бути вимкнений. Телефонні розмови під час аудиторних занять неприпустимі, у разі невідкладних дзвінків слухачу необхідно вийти із аудиторії і провести розмову там.

5. Контрольні роботи та екзамен проводяться за окремими правилами які викладач повинен довести до слухачів на попередньому занятті і які залежать форми проведення навчання.

6. В усіх інших питаннях слухач повинен керуватися Правилами внутрішнього розпорядку КПІ ім. Ігоря Сікорського та Положенням про академічну доброчесність КПІ ім. Ігоря Сікорського.

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

Оцінювання результатів навчання слухачів відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт, МКР.
2. Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Захист лабораторних робіт	9	4	36
МКР	1	24	24
Екзамен	1	40	40
<b>Всього</b>			<b>100</b>

Оцінювання захисту лабораторних робіт:

Критерії	Бали
до оформлення роботи немає зауважень, дані правильні відповіді при захисті роботи	4

є не принципові зауваження до оформлення роботи та/або дані відповіді з помилками при захисті роботи	3
є принципові зауваження до оформлення роботи та/або не дані відповіді (дані неправильні) при захисті роботи	робота не здана

МКР відбувається у вигляді проходження тесту який складається з 24 питань. За кожну правильну відповідь студент отримує один бал. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 15, МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються.

Умовою допуску до екзамену є захист всіх лабораторних робіт, здана МКР та сумарний семестровий рейтинг більше 35 балів. Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 6) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач). На екзамені слухачу необхідно дати розгорнуті відповіді на 4 питання, кожне з яких оцінюється за наступними критеріями:

Критерії	Бали
правильна відповідь, можливо з несуттєвими зауваженнями, повнота відповіді більша 90%	9-10
є не принципові зауваження, повнота відповіді більша 75%	7-8
є принципові зауваження, але можна вважати що суть питання розкрита, повнота відповіді не менша 60%	6
суть питання не розкрита та/або повнота відповіді менша 60%	0

У випадку коли сумарна оцінка за екзамен менше 24 балів, екзамен вважається не зданим, при цьому бали не нараховуються. Для перескладання екзамену є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за 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

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У кредитному модулі "Сучасні методи дослідження матеріалів" денної форми навчання передбачено модульну контрольну роботу. Виконання самостійних завдань (СРС) розподілено рівномірно протягом семестру.

Перелік завдань до СРС видається студентам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.

Всі індивідуальні роботи (СРС, контрольна, експрес-опитування) вносяться до рейтингової системи оцінювання знань. Запроваджуються штрафні бали за несвоєчасний захист робіт.

Бали за рейтинговою системою проставляються у Кампусі в розділі Поточний контроль, результати атестації в розділі Атестація. Екзаменаційна відомість створюється і заповнюється в Кампусі, доступ до неї існує упродовж дня екзамену (виправлення і перездача наступного дня не допускаються).

Для заочної форми навчання протягом лекційних занять передбачається більш детальний опис теоретичного матеріалу, який студенти повинні засвоїти самостійно.



Засоби змішаного навчання. При вивченні даної дисципліни студенти повинні самостійно пройти комп'ютерне тестування для перевірки своїх знань при підготовці до модульної контрольної роботи.

З усіма методичними матеріалами можна працювати через інтернет, існує можливість віддаленого доступу, тобто з навчальних аудиторій, гуртожитка, за межами Києва тощо.

Спілкування з викладачем через Telegram та Viber.

Перелік запитань до контрольних робіт та семестрового контролю наведено в Додатках А, Б.

Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:**

д.ф.-м.н. проф., Карпцем М.В.

**Ухвалено:**

кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12 від 22 червня 2023 р.);

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 16 від 21 червня 2023 р.).

**Погоджено:**

Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

**Тематика індивідуальних завдань (реферат)  
з дисципліни «Сучасні методи дослідження матеріалів»**

1. Методи реєстрації випромінювання – постійної часу та постійної набору. Література: 1
2. Бази даних PDF-2, ISCD, COD.
3. Апаратура та методи одержання і обробки експериментальних даних в рентгенівській емісійній та абсорбційній спектроскопії.
4. Використання фотоелектронних спектрів для аналізу хімічного складу та енергетичного стану поверхні матеріалів.
5. Використання методу EXAFS для вивчення ближнього порядку в аморфних та ультрадисперсних середовищах.
6. Апаратура Оже-спектроскопії, застосування.
7. Конверсійні ЯГР- спектри.
8. Застосування ЯГР-спектроскопії.



**Перелік запитань для контрольних робіт  
з дисципліни «Сучасні методи дослідження матеріалів»**

**Контрольне завдання №1**

1. Визначити основні вузли сучасних приладів для дифрактометричного експерименту. Конструкція дифрактометра Ultima IV та ДРОН.
2. Описати метод ідентифікації фаз по теоретичному розрахунку рентгенограм. Визначення розмірів кристалітів по методу Шерера.
3. Проаналізувати застосування рентгенівської фотоелектронної спектроскопії для аналізу хімічного стану і складу поверхні матеріалів.

**Контрольне завдання №2**

1. Визначити статистичні помилки при вимірюванні інтенсивності.
2. Обґрунтувати методи кількісного аналізу фазового складу. Метод внутрішнього стандарту. Метод зовнішнього стандарту. Метод добавок.
3. Вказати основні етапи при дослідженні та аналізі залишкових напруг I роду методом  $\sin^2\psi$ .

**Контрольне завдання №3**

1. Сформулювати основні етапи при проведенні кількісного фазового аналізу методом RIR.
2. Проаналізувати основні характеристики Оже – спектрів та їх роль в дослідженні матеріалів.
3. Вказати на особливості застосування рентгенівської спектроскопії для дослідження електронної структури і хімічного зв'язку в матеріалах.

**Контрольне завдання №4**

1. Розкрити фізичні основи Оже - спектроскопії.
2. Описати визначення розмірів кристалітів (областей когерентного розсіювання - ОКР) та мікронапруг II роду (метод Вільямсона - Холла).
3. Вказати основні етапи наладки приладу та режимів зйомки в дифрактометрії, монохроматизація випромінювання (юстировка гоніометра та приставок, настройка параметрів детектора, високої напруги на детекторі та корекція втрат інтенсивності в детекторі).

**Контрольне завдання №5**

1. Визначити суть ефекту Мессбауера.
2. Проаналізувати використання методу EXAFS - спектроскопії для вивчення ближнього порядку в аморфних та ультра дисперсних середовищах.
3. Вказати основні фактори спотворення дифракційного профілю.

**Контрольне завдання №6**

1. Проаналізувати основні етапи проведення якісного фазового аналізу за допо-могою бази даних дифрактограм ICDD PDF-4 та бази кристалографічних даних COD.
2. Дати оцінку параметрів зйомки при фокусовці дифрактометрів по Бреггу-Брентано. Зйомка дифрактограм в фокусуючій та паралельно-пучковій геометрії.
3. Описати області застосування Оже - спектроскопії.

**Контрольне завдання №7**

1. Розкрити фізичні основи EXAFS - спектроскопії.
2. Дати оцінку точності визначення інтенсивності при наявності фону.
3. Вказати основні етапи повнопрофільного аналізу дифрактограмм.

**Контрольне завдання №8**

1. Сформулювати фізичні основи рентгенівської емісійної та абсорбційної спектроскопії.
2. Описати використання рентгенівської фотоелектронної спектроскопії для дослідження електронної структури і хімічного зв'язку на поверхні матеріалів.

3. Висвітлити основні етапи визначення параметрів елементарної комірки в дифрактометричному дослідженні.

#### **Контрольне завдання №9**

1. Первинна обробка дифрактограм: згладжування профілю, виділення фону і  $K\alpha_2$  - дублету, пошук піків, визначення кутів дифракційних максимумів, розділення декількох піків.
2. Проаналізувати параметри мессбауерівських спектрів: ізомерний зсув, квадрупольне розщеплення, ефективне магнітне поле на ядрі.
3. Описати основи теорії та області застосування XANES- спектроскопії.

#### **Контрольне завдання №10**

1. Розкрити фізичні основи рентгенівської фотоелектронної спектроскопії.
2. Описати апаратуру та методи одержання та обробки рентгенівських спектрів.
3. Вказати основні особливості одержання та обробки мессбауерівських конверсійних спектрів.

#### **Контрольне завдання №11**

1. Визначити основні вузли сучасних приладів для дифрактометричного експерименту. Конструкція дифрактометра Ultima IV та ДРОН.
2. Обґрунтувати методи кількісного аналізу фазового складу. Метод внутрішнього стандарту. Метод зовнішнього стандарту. Метод добавок.
3. Вказати основні фактори спотворення дифракційного профілю.

#### **Контрольне завдання №12**

1. Визначити статистичні помилки при вимірюванні інтенсивності.
2. Описати визначення розмірів кристалітів (областей когерентного розсіювання - ОКР) та мікронапруг II роду (метод Вільямсона - Холла).
3. Вказати основні етапи повнопрофільного аналізу дифрактограмм (Rietveld-метод).

#### **Питання для проведення екзаменаційної письмової роботи**

Питання для проведення екзаменаційної письмової роботи складаються з тих же самих питань, сформованих в білети по 3 запитання з різних розділів.