



Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Фізико-технічний інститут  
Кафедра прикладної фізики

## ЛОКАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

0402

Галузь знань 10 Фізичні науки  
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Курс	1 (5)
Семестр	01 (9)

Освітньо-професійна програма  
Статус Прикладна фізика  
Форма навчання Дисципліна за вибором  
Семестровий денна  
контроль залік

ECTS	3.5
Годин	105

### Розподіл годин

Аудиторні години			Самостійна робота
Лекції	Практичні	Лабораторні	
36		18	51
кожний тиждень		Раз на 2 тижні	

Гарант освітньої програми Завідувач кафедри Голова методичної комісії  
\_\_\_\_\_ Г.Є. Монастирський \_\_\_\_\_ С.О. Воронов \_\_\_\_\_ ... ..  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р. «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р. «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20...  
р.

Поточна редакція від «\_\_\_\_\_» червня\_ 2020 р.

### Інформація про викладача

	Лекція	Лабораторні
ПІБ	Загородній Вячеслав Васильович	Романенко Юрій Миколайович
Посада	доцент	провід. інж. каф. ВТМПМ Інфіз. КПІ
Вчене звання	доцент	
Науковий ступінь	К.т.н.	
Профіль викладача	<a href="http://orcid.org/0000-0002-6712-6391">http:// orcid.org/0000-0002-6712-6391</a>	<a href="http://...">http://...</a>
e-mail	V31zagww@gmail.com	iff@kpi.ua

### **Анотація навчальної дисципліни**

#### **Навчальна дисципліна «Локальні методи досліджень»**

В розвитку економіки сучасних розвинутих країн високі фізичні технології відіграють основну вирішальну роль. Саме такі технології визначають основні напрями науково-технічного і технологічного прогресу. Особливе місце в ряду цих методів займають високі технології в стратегічних напрямках розвитку, зокрема, в космічних технологіях, у розвитку атомної промисловості, мікро-, нано-електроніки.

Важливою особливістю розвитку сучасних технологій є вивчення ролі поверхні та приповерхневих шарів, зокрема, вплив їх атомної та електронної структури, кристалографії, локального елементного складу, інших фізико-хімічних властивостей поверхонь та меж їх розділу. Зацікавленість в дослідженні цих характеристик пов'язана із тим, що сучасні нанотехнології базуються на фізичних явищах, які відбуваються на поверхнях і приповерхневих шарах конденсованих середовищ. Саме можливості таких нанотехнологій визначають сучасний розвиток техніки. Фундаментальні дослідження поверхневих властивостей стимулюють розвиток новітніх матеріалів, появу найсучасніших приладів, які здатні виявити такі явища, які можуть бути у свою чергу застосовані для створення нових приладів і відкриття нових досі непізнаних ефектів.

Сучасні методи дослідження поверхонь різноманітні, швидко розвиваються та застосовують достатньо складний апарат для інтерпретації експериментальних даних. Курс викладається магістрам першого року навчання. Викладення базується на курсах загальної фізики, квантової механіки, теорії поля, електродинаміки суцільних середовищ, фізики твердого тіла, фізичного матеріалознавства та інших спеціальних дисциплінах та фізичних курсах, які викладають студентам, що навчаються на кафедрі прикладної фізики Фізико-технічного інституту НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали». Дисципліна включається до циклу фахової підготовки магістрів за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», спеціалізації «Високі фізичні технології» і «Фізика живих систем».

В умовах Болонського процесу підготовки фахівців щодо входження України до Європейського союзу керівництво Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» намічає шляхи вчасного впровадження у навчальний процес результатів передових нових досліджень у наукомісткій сфері – нанофізики та нанотехнологій, які швидко розвиваються у світі. Нанотехнології – це технологічні розробки на атомному і молекулярному рівнях, які забезпечують ряд переваг у багатьох галузях виробництва. В тому числі отримання більш ефективних інформаційних засобів, більш швидких комп'ютерних процесорів, технологічних детекторів реального виробництва тощо. Поглиблення досліджень у сфері нанофізики і нанотехнологій визначає національні потреби для впровадження інновацій у виробництво. Своєчасні інвестиції коштів в сферу знань дозволяє випускникам бути конкурентноспроможними на світовому ринку праці. Нанотехнології – це ключова область знань, в якій Україна займає передові позиції, які треба гарантовано зберегти у майбутньому за допомогою спеціалістів, які навчаються в НТУУ „КПІ”. Нанотехнології мають величезний потенціал для промисловості й суспільства взагалі. Для досліджень у цій області потрібні ясна стратегія й рішучі дії під час підготовки спеціалістів вищої кваліфікації, які якомога раніше зможуть завбачати будь-який можливий ризик, у тому числі для здоров'я, безпеки, екології та іншої діяльності людини, що забезпечить випускникам гарантії працевлаштування в умовах сучасних ринкових відносин.

Метою дисципліни «Локальні методи досліджень» є ознайомлення студентів з основними сучасними підходами щодо: застосування комплексних класичних фізичних методів дослідження матеріалів та продукції наноелектроніки, тощо для забезпечення (завдяки системного аналізу процесів) прогнозуючого синтезу матеріалів. Під час вивчення дисципліни студенти повинні оволодіти: основними методами кількісної та якісної оцінки поверхні матеріалу, його пошарового фазового складу в залежності від зовнішнього фізико-хімічного впливу, у тому числі під час синтезу покриттів на підлозі, а також давати пояснення сучасної термінології фізичної лексики.

### **Місце навчальної дисципліни в програмі навчання**

---

Навчальна дисципліна належить до циклу дисципліни за вільним вибором, професійна складова. Курс лекцій з дисципліни «Локальні методи досліджень» потрібен для формування у студентів систематичних уявлень про сучасні досягнення у галузі досліджень структури матеріалів на різних рівнях (макро-, мікро-, наноструктурному та атомному).

Предмет навчання: курс потребує засвоєння методів аналізу і досліджень поверхні на рівні фізичної електроніки, які ґрунтуються на емісійних явищах.

Міждисциплінарні зв'язки: загальна фізика, атомна фізика, оптика, квантова механіка, методи мат. фізики, фізика твердого тіла, кристалографія, теорії поля, електродинаміки суцільних середовищ, фізики твердого тіла, фізичного матеріалознавства та інших спеціальних дисциплінах та фізичних курсах.

### **Необхідні навички**

---

Дисципліна базується на знаннях фізичних та математичних дисциплін, якими студенти вже оволоділи протягом попередніх 9 семестрів навчання. Зокрема, студентам необхідно знати атомну фізику, квантову механіку, методи мат. фізики, окремі розділи теорії поля, лінійну алгебру та геометрію, математичний аналіз, основи кристалографії та фізики тв. тіла, фізичне матеріалознавство.

Вивчення курсу є кроком і необхідним етапом для отримання загальної і спеціальної фізичної освіти, яка закладає взагалі базу для подальшого опанування фізичною спеціалізацією, передбачає отримання знань основних фізичних явищ і процесів, що протікають при дії на поверхню твердого тіла фотонів, електронів, іонів, електричних полів, Передбачається засвоєння устрою основних приладів фізичних методів досліджень поверхонь, зокрема, устрій електронних мікроскопів та інших приладів, які застосовують для вивчення поверхневих явищ, опанування методами і прийомами підготовки зразків до експериментальних досліджень поверхневих явищ.

### **Програмні результати навчання<sup>1</sup>**

---

Вивчення навчальної дисципліни «Локальні методи досліджень» передбачає наступне.

Основна мета цього спецкурсу, згідно до вимог програми навчальної дисципліни полягає в тому, щоб студенти після засвоєння кредитного модуля могли оволодіти певними навичками та мали продемонструвати такі результати навчання:

Знати, вміти і розуміти:

1. теорію, основні фізичні ефекти та явища, які здійснюються на поверхнях нано - і біологічних матеріалів, зокрема, як ці поверхні формуються, які властивостями вони мають;
2. основні фізичні методи досліджень поверхонь;

---

<sup>1</sup> Learning outcomes.

3. устрій основних приладів фізичних методів досліджень поверхонь, зокрема, устрій досліджувальних мікроскопів та інших приладів, які застосовують для вивчення поверхневих явищ;

4. методи і прийоми підготовки зразків до експериментальних досліджень поверхневих явищ;

5. самостійно вирішувати складні задачі, які виникають під час досліджень, вміти самостійно працювати на сучасних складних фізичних приладах;

6. самостійно ставити задачі для дослідження складних поверхневих явищ та самостійно їх доводити до кінцевого результату;

7. знання основних фізичних явищ і процесів, що протікають при дії на поверхню твердого тіла фотонів, електронів, іонів, електричних полів;

8. принципи і фізичні основи локальних методів діагностики і дослідження поверхонь, можливості їх застосування на практиці та в наукових дослідженнях;

9. навички самостійного поглиблення фахових знань шляхом розв'язування задач, вивчення оригінальних наукових праць, монографій, а також застосування набутих знань для виконання досліджень;

10. порівняльні характеристики сучасних методів локального аналізу, у тому числі на прикладах їх практичного застосування.

### Перелік тем, завдання та терміни виконання

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
1.	Поверхня нанорозмір-них матеріалів	№ 1, 2		1-ий тиждень
2.	Фізичні основи РФЕС. РФЕ-спектри. Експериментальна тех.ніка. Джерела випромінювання. Оже-спектри. Експериментальна тех-ніка. Структура оже-спектрів.	№ 2, 3, 4		3--ий тиждень
3.	Емісія вторинних іонів. Апаратура для проведення ВІМС. Розсіювання повільних іонів. Фізичні основи методу. Апаратура для проведення СРП. Спектроскопія розсіювання швидких іонів.	№2, 3, 4, 8, 10		6--ий тиждень
4.	Види електронних мікроскопів. Растрова (сканувальна) електронна мікроскопія (РЕМ). Взаємодія електронного потоку з речовиною. Пружні розсіювання елек-	№ 4-7, 10	атестація	9--ий тиждень

## Локальні методи досліджень

	тронів. Непружні розсіювання електронів. Гальмівне і характеристичне рентгенівське випромінювання. Пристрій і робота рентгеноспектрального мікроаналізатора			
5.	Розсіювання електронів. Відомості про прилад. Індесування електронів. Підготовка проб. Можливості та недоліки методу. Кристалографія поверхні. Дифракція від двовимірних структур	№ 3-10		11--ий тиждень
6.	Фізичні основи СТМ. Апаратура для СТМ. Фізичні основи АСМ. Апаратура для АСМ. Режими роботи АСМ. Можливості АСМ.	№ 2, 4, 5-8, 10		14--ий тиждень
7	Польова емісія. Польовий електронний мікроскоп.	№ 3-8	атестація	15—ий тиждень
8.	Розсіювання повільних іонів. Фізичні основи методу. Апаратура для проведення СРП. Можливості та застосування методу розсіювання повільних іонів. Спектроскопія розсіювання швидких іонів. Спектроскопія розсіювання іонів середніх енергій.	№ 3-8		18—ий тиждень

### Система оцінювання

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1.	Індивідуальні реферати	100	20	5	100
	Всього				100

Результати семестрового індивідуального завдання оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі, супроводжуються позитивними коментарями та зауваженнями стосовно помилок. Невиконання семестрового індивідуального завдання або не захист в відведений термін вважається заборгованістю. Студент не допускається до заліку доки не ліквідується заборгованість.

## Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску до екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг	$RD \geq 60$
2	Виконання семестрового індивідуального завдання	Індивідуальні реферати
3	Поточний контрольний захід	Захист рефератів

### Додаткові умови допуску до заліку:

(окрім обов'язкових умов можна вказати додаткові та/або необов'язкові умови допуску до екзамену/заліку).

1. Активність на лекціях.
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації.
3. Відвідування лекційних занять.
4. Відвідування та виконання лабораторних робіт.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою <sup>2</sup>

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно	
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо	
$RD < 60$	Незадовільно	
Невиконання умов допуску	Не допущено	

Захист виконаного та оформленого індивідуального реферату проводиться у формі співбесіди з викладачем. Під час захисту студент зобов'язаний вміти розповісти про фізичні процеси, які відбуваються з досліджуванним матеріалом/зразком при його дослідження певним фізичним методом, а також відповісти на теоретичні питання за темою реферату, користуючись власноруч написаним конспектом лекції.

На усному заліку студент у формі співбесіди має відповідати на запитання викладача та на додаткові питання за програмою курсу.

Програма курсу доводиться до уваги студентів не пізніше, ніж за місяць до закінчення семестру.

... (додаткова інформація стосовно іспиту/заліку/співбесіди).

### Політика навчальної дисципліни

#### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали	Штрафні бали
--------------------	--------------

<sup>2</sup> Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

## Локальні методи досліджень

Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Участь у міжнародних, всеукраїнських, інститутських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	5 балів	Не відвідування лекції або лабораторних робіт без поважних причин (за кожен випадок)	-2 бали
Участь у міжнародних, всеукраїнських, інститутських та/або інших заходах та/або наукових семінарах, наукових доповідях, виступах, тощо, з представленням матеріалів, отриманих за допомогою методів, розглянутих в курсі	10 балів	Порушення термінів виконання семестрового завдання (за кожен день)	-1 бал

### Відвідування занять

Відвідування лекції та лабораторних робіт є обов'язковим. У разі хвороби студент зобов'язаний представляти довідку про термін проходження лікування, оформлену належним чином в установі, де проходило лікування. Наявність такого документу є гарантією не нарахування штрафних балів. В інших випадках (наприклад, сімейні обставини) питання вирішується в індивідуальному порядку разом з викладачем. У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати усі лекції, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розглядаються і пояснюються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання та лабораторних робіт. Система оцінювання орієнтована на виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

### Пропущені контрольні заходи

У разі пропуску термінів захисту семестрових завдань з поважних причин, підтверджених відповідною довідкою, студент(-ка) має можливість захистити роботу в іншій узгоджений з викладачем термін без зниження оцінки. Якщо пропуск стався без поважних причин, студенту нараховуються штрафні бали.

У разі пропуску заліку без поважних причин студент отримує запис у відомості «не з'явився» та йде на перескладання.

### Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі - атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами<sup>3</sup>.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації <sup>4</sup>		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг <sup>5</sup>	≥ 20 балів	≥ 50 балів
	Семестрове індивідуальне завдання	Реферат	+
		+	+

<sup>3</sup> Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

## Локальні методи досліджень


### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

У разі неможливості виконати умови семестрового завдання (реферату) студент може звернутися до викладача із проханням замінити тему реферату.

### Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

... (дозволяється/не дозволяється, умови, перелік онлайн-курсів тощо)

### Інклюзивне навчання (необов'язковий пункт)

... (допускається/не допускається, основна інформація)

### Навчання іноземною мовою (необов'язковий пункт)

Викладання іноземними мовами допускається і здійснюється у разі використання іноземномовного підручника/посібника, аналога або еквівалента якого не має в україномовній літературі.

### Позааудиторні заняття (необов'язковий пункт)

... (чи проводяться заняття за межами закладу вищої освіти: виїзні заняття, заняття на підприємствах, в установах, організаціях тощо)

---

<sup>4</sup> Там само.

<sup>5</sup> Там само.



## Додатки

### Додаток 1. Програмні результати навчання (розширена форма)

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Локальні методи досліджень» студенти зможуть: Результати навчання		Відповідність результатів навчання до компетентностей у СВО <sup>6</sup>	
		Загальні компетентності (soft skills)	Спеціальні компетентності (фахові)
1.	Поверхня нанорозмірних матеріалів	Поверхня і приповерхневий простір. Фізичні процеси та явища на поверхні	Методи дослідження поверхні. Наноструктури та їх розміри.
2.	Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія. Оже-електронна спектроскопія.	Фізичні основи РФЕС. РФЕ-спектри. Спін-орбітальне розщеплення. Оже-спектри. Експериментальна техніка. Структура оже-спектрів.	Експериментальна техніка. Джерела випромінювання. Електронні спектрометри. Вторинна структура РФЕ-спектрів. Кількісний аналіз в ОЕС. Приклади використання методу ОЕС. Скануюча (растрова) ОЕС
3.	Вторинна іонна мас-спектрометрія (ВІМС)	Фізичні процеси при емісії вторинних іонів	Апаратура для проведення ВІМС. Можливості методу.
4.	Растрова електронна мікроскопія. Рентгеноспектральний мікроаналіз.	Растрова (сканувальна) електронна мікроскопія (РЕМ). Взаємодія електронного потоку з речовиною. Гальмівне і характеристичне рентгенівське випромінювання.	Пристрій растрового електронного мікроскопа. Кількісний мікрорентгеноспектральний аналіз. Метод трьох поправок. Можливості методу
5.	Розсіювання електронів.	Просвічувальна електронна мікроскопія. Дифракція повільних та відображених швидких електронів.	. Відомості про прилад. Формування зображень. Режим роботи. . Індексвання елект-

<sup>6</sup> Наказ Міністерства освіти і науки України №... від ... . ... року «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю ...» для ... (...) рівня вищої освіти».

			ронограм. Підготовка проб. Можливості та недоліки методу. Кристалографія поверхні. Дифракція від двовимірних структур. Експериментальна техніка для ДПЕ. Кристалографія поверхні. Експериментальна техніка для ДПЕ. Структурний аналіз з використанням ДПЕ
6.	Сканувальна зондова мікроскопія.	Сканувальна тунельна мікроскопія (СТМ). Атомно-силова мікроскопія (АСМ).	Фізичні основи СТМ. Апаратура для СТМ. Режими роботи СТМ. Можливості СТМ. Фізичні основи АСМ. Апаратура для АСМ. Режими роботи АСМ. Можливості АСМ.
7.	Методи розсіювання іонів	Фізичні основи методу.	Розсіювання повільних іонів. Апаратура для проведення СРПІ. Можливості та застосування методу розсіювання повільних іонів. Спектроскопія розсіювання швидких іонів. Спектроскопія розсіювання іонів середніх енергій.