



# МЕТОДИ АНАЛІЗУ І ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітньо-наукова програма	Прикладна фізика (Applied Physics)
Статус дисципліни	Обов'язкова (нормативна)(цикл професійної підготовки)
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3 (90)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	Понеділок: 14.15–15.50 (лекц) Четвер: 10.25–12.00 (л/р ФФ-03), 12.20–13.55 (л/р ФФ-01)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент, Гордійко Наталія Олександрівна, n.gordiiko@kpi.ua Лабораторні роботи: кандидат технічних наук, доцент, Гордійко Наталія Олександрівна, n.gordiiko@kpi.ua
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2920">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2920</a> , <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;ir_own">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;ir_own</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Методи аналізу і обробки експериментів» спрямована на формування та розвиток у студентів необхідних компетентностей для подальшого їх використання як інструменту при проведенні експериментальних досліджень, обробки та аналізу отриманих результатів, а також сприяє впровадженню принципів комп'ютерного мислення у вивченні більшості навчальних дисциплін циклу загальної та професійної підготовки.

Основними завданнями дисципліни є набуття необхідних знань, вмінь та досвіду для аналізу і обробки результатів експериментальних досліджень.

**Метою** кредитного модуля є формування у студентів **здатностей**:

- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК 5);
- здатність розуміти та застосовувати апарат спеціальних розділів математики для розв'язання проблем прикладної фізики, моделювати фізичні процеси і системи, використовуючи статистичні та стохастичні методи, комп'ютерну графіку, та представляти результати моделювання (ФК 10).

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

**знання:**

- знання методів аналізу випадкових процесів, теорії ймовірності і математичної статистики, програмування, комп'ютерної графіки, прикладних програм і методів обчислень, методів

розв'язання рівнянь математичної фізики, теорії функції комплексної змінної, тензорного аналізу, для розуміння сучасних фізичних теорій і розв'язання проблем прикладної фізики та моделювання процесів, що відбуваються в фізико-технічних системах (ПРН 16);

**уміння:**

- застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики (ПРН 3);
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій (ПРН 4);
- вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики (ПРН 5);
- обирати та використовувати методи та засоби дослідження структури, складу та властивостей речовин і матеріалів (ПРН 14).

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

Місце навчальної дисципліни зазначається у структурно-логічній схемі освітньої програми<sup>1</sup>. Дисципліна тісно пов'язана з більшістю дисциплін циклу загальної професійної підготовки. Для успішного засвоєння дисципліни студенти повинні мати навички програмування.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Основи експериментальних досліджень.

Тема 1. Поняття експерименту. Класифікація експериментальних досліджень.

Тема 2. Обчислювальний експеримент. Математична модель як основа обчислювального експерименту.

Тема 3. Методи обробки результатів експерименту.

Розділ 2. Основи теорії помилок.

Тема 4. Правила наближених обчислень та оцінка похибок.

Тема 5. Статистичний аналіз випадкових помилок.

Тема 6. Грубі помилки. Відкидання даних.

Тема 7. Регресійний аналіз.

Тема 8. Кореляційний аналіз.

Розділ 3. Обробка результатів експериментальних досліджень за допомогою спеціалізованих програмних пакетів.

Тема 9. Візуалізація, аналіз та обробка графічних даних.

Тема 10. Робота з аудіоданими.

Тема 11. Застосування нейронних мереж в експериментальних дослідженнях.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова

1. Гордійко Н.О. Методи аналізу і обробки експериментів. Лекції . – 2020. – Режим доступу: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2920>.
2. Гордійко Н.О. Методи аналізу і обробки експериментів. Лабораторні роботи. – 2020. – Режим доступу: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2920>.
3. Субботін С.О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О.О. Євенок, 2020. – 184 с. – [http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/6800/1/Subbotin\\_Neural.pdf](http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/6800/1/Subbotin_Neural.pdf).

Допоміжна

4. Taylor J.R. An introduction to error analysis / J.R. Taylor. – 1997. – Mode of access: <https://www.worldcat.org/title/introduction-to-error-analysis/oclc/224020031?referer=di&ht=edition>.

<sup>1</sup> Освітньо-професійна програма «Прикладна фізика (Applied Physics)» першого рівня вищої освіти. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 16 с.: <https://osvita.kpi.ua/files/downloads/105-B-Прикладна%20фізика.pdf>

5. Dean A. *Design and Analysis of Experiments* / Angela Dean, Daniel Voss, Danel Draguljić // Springer International Publishing AG, 2017. – 840 p.
  6. Mathews J. H. *Numerical Methods Using MATLAB* / John H. Mathews, Kurtis D. Fink. – 2001. – Mode of access: <https://27x37.files.wordpress.com/2011/05/mcgraw-hill-numerical-methods-using-matlab.pdf>.
  7. Brandt S. *Data Analysis* / S. Brandt // Springer International Publishing Switzerland, 2014. – 523 p.
  8. Scherer P. *Computational Physics* / Philipp O.J. Scherer // Springer International Publishing AG, 2017. – 633 p.
  9. Aggarwal C. C. *Neural Networks and Deep Learning* / Charu C. Aggarwal // Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018. – 497 p.
- Інформаційні ресурси
10. 3D Image Processing Workflows [Electronic resource] / MathWorks . – Mode of access: [https://www.mathworks.com/products/image.html?s\\_tid=srchtitle#ipw](https://www.mathworks.com/products/image.html?s_tid=srchtitle#ipw).
  11. Deep Learning Toolbox [Electronic resource] / MathWorks. – Mode of access: <https://www.mathworks.com/products/deep-learning.html>.
  12. Curve Fitting Toolbox [Electronic resource] / MathWorks. – Mode of access: <https://nl.mathworks.com/products/curvefitting.html>.
  13. Simulink [Electronic resource] / MathWorks. – Mode of access: <https://nl.mathworks.com/products/simulink.html>.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни

Тема 1. Поняття експерименту. Класифікація експериментальних досліджень. Темі 1 присвячено першу частину вступної лекції.

Тема 2. Поняття експерименту. Класифікація експериментальних досліджень. Темі 2 присвячено другу частину вступної лекції.

Тема 3. Методи обробки результатів експерименту. Темі 3 присвячено третю частину вступної лекції.

Тема 4. Правила наближених обчислень та оцінка похибок (Наближені числа, похибки. Операції з наближеними числами. Похибки обчислення значень функції.) Темі 4 присвячено лекції 1 та 2 та лабораторні роботи 1 та 2, які полягають у виконанні та захисті студентом індивідуальних завдань за темою, що складається з 2 та 6 частин, відповідно.

Тема 5. Статистичний аналіз випадкових помилок (Прямі та непрямі вимірювання. Випадкові та систематичні помилки. Середнє значення, стандартне відхилення та стандартне відхилення середнього). Темі 5 присвячено лекцію 3 та першу частину лабораторної роботи 3, яка полягає у коротких письмових відповідях на 4 питання.

Тема 6. Грубі помилки. Відкидання даних. Оптимізація засмічення вибірки (Критерії Діксона, Романовського,  $3\sigma$ , Шовене, Грабса, Ірвіна. Робастні методи Пуанкаре, Вінзора, Хьюбера). Темі 6 присвячено лекцію 4 та другу частину лабораторної роботи 3, яка полягає у виконанні та захисті студентом індивідуального завдання, із застосуванням або власної вибірки результатів вимірювань студента, або наданої викладачем вибірки (за вибором студента).

Тема 7. Регресійний аналіз (Об'єднання результатів різних вимірювань. Зважені середні. Апроксимація методом найменших квадратів. Реалізація задач регресійного аналізу). Темі 7 присвячено лекцію 5 та лабораторну роботу 4, яка полягає у виконанні та захисті студентом індивідуального завдання за темою, що складається з 3 частин, із застосуванням наданої викладачем вибірки результатів вимірювань.

Тема 8. Кореляційний аналіз (Змішаний другий момент і кореляція.) Темі 8 присвячено лекцію 6 та лабораторну роботу 5, яка полягає у виконанні та захисті студентом індивідуального завдання за темою, із застосуванням наданої викладачем вибірки результатів вимірювань.

Тема 9. Візуалізація, аналіз та обробка графічних даних. (Дескрипторна графіка, розширена техніка візуалізації. Реалізація за допомогою пакетів прикладних програм.) Темі 9 присвячено лекцію 7 та першу частину лабораторної роботи 6, яка полягає у виконанні (програмуванні) та

захисті студентом індивідуального завдання за темою, із застосуванням наданого викладачем файлу результатів МРТ-дослідження.

Тема 10. Робота з аудіоданими. (Зчитування, відтворення, запис, аналіз та обробка аудіоданих). Темі 10 присвячено лекцію 8 та другу частину лабораторної роботи 6, яка полягає у виконанні та захисті студентом індивідуального завдання за темою, що складається з 5 обов'язкових частин та 1 додаткової (за бажанням).

Тема 11. Застосування нейронних мереж в експериментальних дослідженнях. (Основи нейронних мереж та реалізація.) Темі 11 присвячено лекцію 9 та лабораторну роботу 7, яка полягає у виконанні та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

## 6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи:

- підготовка до аудиторних занять – 16 год.
- підготовка до лабораторних занять, аналіз результатів лабораторних робіт, оформлення звітів (протоколів) – 14 год.
- підготовка до модульної контрольної роботи (МКР), оформлення протоколу роботи – 3 год.
- підготовка до заліку – 3 год.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи, терміни виконання та рейтингова система оцінювання результатів навчання оголошуються студентам на першому занятті.

Захист лабораторної роботи проводиться шляхом демонстрації на екрані комп'ютеру результатів роботи відповідної програми, написаної студентом, а також відповідей на контрольні питання за темою роботи з наданням на e-mail викладача протоколу роботи з наведеними в ньому умовою задачі, відповідними результатами роботи, програмного коду розв'язання задачі та висновками.

МКР оформлюється аналогічно протоколу лабораторної роботи та надсилається на e-mail викладача.

Результати лабораторних робіт та МКР оголошуються індивідуально кожному студенту із зауваженнями та коментарями щодо основних помилок та недоліків.

Студент має можливість зробити пропущену МКР, але максимальний бал за неї дорівнюватиме 50% від набраної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

За результатами роботи студента у семестрі відповідно до РСО на останньому за розкладом занятті викладач проводить залік. Позитивна оцінка із заліку "автоматом" виставляється, якщо студент має підсумковий рейтинг не менше 60 балів ( $RD \geq 60$ ) та не має заборгованостей з робіт, передбачених силабусом на семестр з даного кредитного модуля, а саме: виконані та захищені всі лабораторні та модульна контрольна роботи, а також дві позитивні атестації. Якщо студент не отримав залік за РСО, але виконав умови допуску до семестрового контролю, залік виставляється за результатами залікової контрольної роботи або підсумкової співбесіди.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Оригінальний творчий підхід при виконанні завдань, виступ з доповіддю, друкована робота, участь та призове місце на	1–5 балів	Порушення термінів захисту лабораторної роботи (після відповідної атестації), для кожної роботи	максимальний бал – "добре" (10 балів)



олімпіаді або у конкурсі тощо (за тематикою навчальної дисципліни)		Кожна наступна спроба захисту лабораторної роботи, для кожної роботи	-1 бал
		Порушення термінів виконання МКР (після відповідної атестації), за кожну частину роботи	50% набраних балів

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

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, обов'язково аргументовано пояснивши, з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

У разі настання несприятливої епідеміологічної ситуації та в інших випадках, що мають характер надзвичайних ситуацій, а також ситуацій, що передбачають відсутність можливості навчатися у традиційному режимі, допускається навчання з навчальної дисципліни згідно з регламентом організації освітнього процесу в дистанційному режимі<sup>2</sup>. Це передбачає наявність доступу студентів до мережі Інтернет та відповідного технічного (комп'ютер, планшет, смартфон тощо) і програмного забезпечення.

Студенти отримують інформацію лекційного матеріалу через засоби телекомунікаційного зв'язку в синхронному або асинхронному режимі, виконують всі передбачені програмою навчальної дисципліни лабораторні та модульні контрольні роботи в асинхронному режимі з можливістю отримання консультації (у формі чату, форуму, особистих повідомлень тощо), а також захищають їх в синхронному режимі у формі відеоконференції.

Навчальна дисципліна може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім тих, хто має серйозні вади, що не дозволяють користуватися комп'ютером. Організація навчання здобувачів вищої освіти з особливими освітніми потребами регламентується Положенням про організацію інклюзивного навчання у КПІ ім. Ігоря Сікорського (наказом №7-175 від 30.09.2020). Детальніше: <https://osvita.kpi.ua/node/172>.

Враховуючи особливості навчальної дисципліни, деякі поняття та навчальний матеріал вивчаються англійською мовою.

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення окремих тем за допомогою відповідних іншомовних електронних ресурсів.

Консультації (індивідуальні та групові) з навчальної дисципліни та самостійна робота студентів можуть проводитись у науковій лабораторії, в науково-технічній бібліотеці університету та/або дистанційно у домашніх умовах.

Навчальний матеріал, передбачений для засвоєння студентом у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль разом з навчальним матеріалом, що вивчався при проведенні аудиторних навчальних занять.

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

Поточний контроль: лабораторні роботи, МКР.

Лабораторні роботи оцінюються з 11 балів:

– «відмінно» – повний результат (не менше 95% зробленої роботи) – 11 балів;

<sup>2</sup> Додаток 1 до наказу КПІ ім. Ігоря Сікорського №7/148 від 21.08.2020 року «Про заходи щодо організації та проведення освітнього процесу в осінньому семестрі 2020/2021 навчального року».

- «добре» – достатньо повний результат (не менше 75% зробленої роботи), або повна результат з незначними неточностями – 9–10 балів;
- «задовільно» – неповний результат (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 7–8 балів;
- «незадовільно» – результат не відповідає вимогам на «задовільно» – 0–6 балів.

Кожна частина МКР (МКР 1, МКР 2) оцінюються з 9 балів (отже, максимальний бал за МКР = МКР 1+ МКР 2=18 балів) за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 95% вірної інформації) – 9 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% вірної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% вірної інформації) та незначні помилки – 6–7 балів;
- «незадовільно» – завдання не виконане, відповідну частину МКР не зараховано – 0–5 балів.

Максимальний бал за пропущену МКР (кожну її частину) дорівнює 50% від набраної кількості балів.

Календарний контроль (атестації 1 та 2): проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу згідно з порядком та графіком проведення проміжної атестації.

Умовою першої атестації є зроблені та захищені згідно з графіком відповідні лабораторні роботи та перша частина МКР (МКР 1) і, отже, отримання не менш ніж 27 балів. Умовою другої атестації є зроблені та захищені згідно з графіком відповідні лабораторні роботи та друга частина МКР (МКР 2) і, отже, отримання не менш ніж 48 балів.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування 7 лабораторних робіт, мінімально позитивні оцінки за МКР (обидві частини) та семестровий рейтинг не менше 60 балів.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист 7 лабораторних робіт;
- виконання МКР (МКР 1 та МКР 2);
- заохочувальних балів;
- від'ємних штрафних балів.

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

## 9. Додаткова інформація з дисципліни

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (залік):

- 1) Поняття експерименту. Основні цілі та структура експерименту.
- 2) Класифікація експериментальних досліджень. Ознаки.
- 3) Пасивний та активний експеримент. Їхня мета, переваги й недоліки. План активного експерименту.
- 4) Класифікація за числом варійованих факторів.
- 5) Обчислювальний експеримент. Етапи обчислювального експерименту.
- 6) Поняття моделі (загальне) та математичної моделі. Роль математичної моделі в обчислювальному експерименті.
- 7) Основна задача моделювання. Що лежить в основі моделювання? Основні функції моделей.
- 8) Які види моделей Ви знаєте? Види математичних моделей.

- 9) Що таке похибка і якими вони бувають? Незалежна похибка функції декількох змінних.
- 10) Види помилок (похибок). Найкраща оцінка.
- 11) Значущі цифри. Наближення зі значущими цифрами. Відповідність між значущими цифрами і відносною похибкою.
- 12) Абсолютна та відносна похибки. Похибка суми, різниці, добутку, частки, при піднесенні до степеня та у разі, коли величина помножується на точне число.
- 13) Похибки непрямих вимірювань (правила для сум і різниць, добутку й частки, при піднесенні до степеня, для функції однієї змінної). Метод «крок за кроком». Загальна формула для обчислення помилок (похибок) непрямих вимірювань (похибка в функції кількох змінних).
- 14) Випадкові й систематичні помилки (похибки).
- 15) Середнє значення, стандартне відхилення і стандартне відхилення середнього результатів вимірювань.
- 16) Гістограми та граничні розподіли. Функція нормального розподілу (нормована функція Гауса). Інтеграл помилок. Стандартне відхилення як 68%-а довірча границя.
- 17) Принцип максимальної правдоподібності, найкраща оцінка істинного значення.
- 18) Стандартне відхилення середнього. Коефіцієнт довіри та довірчий інтервал. Значне та незначне розходження та імовірність.
- 19) Виключення грубих помилок. Критерії відкидання даних: Діксона, Романовського, трьох сігм, Шовене, Граббса, Ірвіна).
- 20) Робастні методи дослідження як альтернатива методам виключення грубих помилок. Критерії Пуанкаре та Вінзора.
- 21) Об'єднання результатів. Метод найменших квадратів. Зважене середнє.
- 22) Лінійна регресія (апроксимація прямої методом найменших квадратів).
- 23) Дані, що мають вкладатися на пряму. Апроксимація поліномом. Множинна регресія.
- 24) Змішаний другий момент при розрахунку похибок непрямих вимірювань, нерівність Шварца.
- 25) Коефіцієнт лінійної кореляції та коефіцієнт кореляції Пірсона. Імовірності коефіцієнтів кореляції.
- 26) Основи роботи в MatLab.
- 27) Робота у Property Editor.
- 28) Основи роботи з Curve Fitting Toolbox.
- 29) Візуалізація, аналіз та обробка графічних даних.
- 30) Призначення та основні можливості Computer Vision System Toolbox.
- 31) Зчитування, відтворення, запис, аналіз та обробка аудіоданих.
- 32) Основи роботи з Audio Toolbox.
- 33) Робота з Signal Analyzer Toolbox.
- 34) Застосування нейронних мереж в експериментальних дослідженнях.
- 35) Основи роботи з Deep Learning Toolbox.

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

**Складено** доцентом кафедри прикладної фізики, к.т.н., доц., Гордійко Наталією Олександрівною

**Ухвалено** спільним засіданням кафедр прикладної фізики та фізики енергетичних систем (протокол №7/21 від 02.06.2021 р.)

**Погоджено** Методичною комісією Фізико-технічного інституту (протокол №6 від 29.06.2021 р.)