



# ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### – Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітньо-наукова програма	Прикладна фізика (Applied Physics)
Статус дисципліни	Вибіркова (цикл професійної підготовки)
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 (120)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР, РГР
Розклад занять	Четвер: 10.25–12.00 (лекц), 12.20–13.55 (л/р), 14.15–15.50 (л/р)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент, Гордійко Наталія Олександрівна, n.gordiiko@kpi.ua Лабораторні: кандидат технічних наук, доцент, Гордійко Наталія Олександрівна, n.gordiiko@kpi.ua
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2422">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2422</a>

### – Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Обчислювальні методи» спрямована на формування та розвиток у студентів навичок володіння методами обчислювальної математики, що використовуються для розв'язання задач прикладної фізики та математики за допомогою комп'ютера, застосування обчислювальних методів для розв'язання прикладних фізичних та математичних задач, реалізацію обчислювальних методів за допомогою сучасних засобів комп'ютерної математики та 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 в області обчислювальної математики та фізики для подальшого їх використання при розв'язанні прикладних задач.

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

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 1);
- здатність працювати автономно (ЗК 9);
- здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності (ФК 7);
- здатність використовувати знання основ професійно-орієнтованих дисциплін для виконання наукових досліджень, розв'язання практичних проблем прикладної фізики та для самостійного опанування нових технологій, в тому числі із суміжних галузей, застосовувати отримані знання і практичні навички для прийняття інноваційних рішень при розв'язанні складних практичних задач або в навчанні, зокрема, високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем (ФК 11).

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 сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів (ПРН 2);  
– вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики (ПРН 5).

## **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 є забезпечуючою для більшості дисциплін циклу професійної підготовки. Для успішного засвоєння дисципліни студенти повинні мати навички програмування.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Вступ до обчислювальних методів.

Тема 2. Обчислення значень функції.

Тема 3. Чисельне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Тема 4. Чисельне розв'язання нелінійних рівнянь та систем.

Тема 5. Інтерполяція функцій.

Тема 6. Чисельне диференціювання.

Тема 7. Наближене обчислення інтегралів.

Тема 8. Наближене розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.

Тема 9. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь.

Тема 10. Чисельне розв'язання рівнянь з частинними похідними .

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

Базова

1. Гордійко Н.О. Обчислювальні методи. Лекції. – 2020. – Режим доступу: <https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=2422>.
2. Гордійко Н.О. Обчислювальні методи. Лабораторні роботи. – 2020. – Режим доступу: <https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=2422>.
3. Методи обчислень: Частина 1. Чисельні методи алгебри [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», спеціалізації «Наука про дані (Data Science) та математичне моделювання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Третиник, Н. Д. Любашенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,94 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 138 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28225>.
4. Числові методи. Наближені обчислення. Обчислення значень функцій. Наближене розв'язання систем лінійних та нелінійних рівнянь. Інтерполяція [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів навчального напрямку 6.040204 «Прикладна фізика» / НТУУ «КПІ» ; уклад. Н. О. Гордійко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,20 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 135 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/13535>.

<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>

## Допоміжна

5. 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>.
  6. Scherer P. *Computational Physics* / Philipp O.J. Scherer // Springer International Publishing AG, 2017. – 633 p.
  7. 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>.
  8. Lax P. *Calculus With Applications* / Peter D. Lax, Maria Shea Terrell // Springer Science+Business Media New York, 2014. – 503 p.
  9. Lee K. *Python Programming Fundamentals* / Kent D. Lee // Springer-Verlag London, 2014. – 239 p.
  10. Lee K. *Foundations of Programming Languages* / Kent D. Lee // Springer International Publishing AG, 2017. – 370 p.
  11. Stephenson B. *The Python Workbook* / Ben Stephenson // Springer International Publishing Switzerland, 2014. – 165 p.
- Інформаційні ресурси
12. MatLab [Electronic resource] / MathWorks. – Mode of access: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

## – Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ до обчислювальних методів. (Основні поняття. Огляд програмних засобів обчислювальної математики.) Темі 1 присвячено вступну лекцію.

Тема 2. Обчислення значень функції. (Схема Горнера. Метод ітерацій. Формула Ньютона.) Темі 2 присвячено лекцію 1 та лабораторну роботу 1, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 3. Чисельне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. (Методи Гаусса. Схема Холецкого. Методи квадратного кореня, простої ітерації, Зейделя.) Темі 3 присвячено лекцію 2 та лабораторну роботу 2, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 4. Чисельне розв'язання нелінійних рівнянь та систем. (Методи дихотомії, хорд, дотичних, січних, послідовних наближень для розв'язання нелінійних рівнянь. Методи розв'язання систем нелінійних рівнянь.) Темі 4 присвячено лекцію 3 та лабораторну роботу 3, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 5. Інтерполяція функцій. (Інтерполяційні формули Ньютона, Гаусса, Стірлінга, Бесселя. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Схема Ейткена. Зворотна інтерполяція.) Темі 5 присвячено лекцію 4 та лабораторну роботу 4, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 6. Чисельне диференціювання. (Формули чисельного диференціювання. Похибки диференціювання. Вибір оптимального кроку диференціювання.) Темі 6 присвячено лекцію 5 та лабораторну роботу 5, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 7. Наближене обчислення інтегралів. (Квадратурні формули з рівновіддаленими вузлами. Вибір кроку інтегрування. Інтегрування за допомогою степеневих рядів. Інтеграл з нескінченними межами. Кратні інтегралі.) Темі 7 присвячено лекцію 6 та лабораторну роботу 6, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 8. Наближене розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. (Задача Коші. Інтегрування за допомогою рядів. Методи послідовних наближень, Ейлера, Рунге-Кутта, Адамса, Мілна.) Темі 8 присвячено лекцію 7 та лабораторну роботу 7, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 9. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. (Різницеві та аналітичні методи наближеного розв'язання крайових задач.) Темі 9 присвячено лекцію 8 та лабораторну роботу 8, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

Тема 10. Чисельне розв'язання рівнянь з частинними похідними. (Методи скінченних різниць та скінченних елементів.) Темі 10 присвячено лекцію 9 та лабораторну роботу 9, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання.

## 6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи:

- підготовка до аудиторних занять – 9 год.
- підготовка до лабораторних занять, аналіз результатів лабораторних робіт, оформлення звітів (протоколів) – 18 год.
- виконання та оформлення розрахунково-графічної роботи (РГР) – 18 год.
- підготовка до модульної контрольної роботи (МКР), оформлення протоколу роботи – 3 год.

## – Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи, терміни виконання та рейтингова система оцінювання (PCO) 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 умовами задачі, відповідними результатами роботи, програмного коду розв'язання задачі та висновками.

Захист РГР проводиться після надсилання студентом на e-mail викладача відповідного звіту (оформленого аналогічно протоколу лабораторної роботи) шляхом демонстрації на екрані комп'ютеру отриманих результатів та усних пояснень до них, а також відповідей на уточнюючі питання викладача.

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

Результати лабораторних робіт, МКР та РГР 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.

Якщо студент порушив термін захисту РГР, він має можливість її захистити у термін до початку семестрової атестації, але максимальний бал за РГР дорівнюватиме 50% від набраної їм кількості балів.

За результатами роботи студента у семестрі відповідно до PCO 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 силбусом на семестр з даного кредитного модуля, а саме: виконані та захищені всі лабораторні роботи, захищена РГР та зроблена модульна контрольна роботи, а також хоча б одна позитивна атестація. Якщо студент не отримав залік за PCO, але виконав умови допуску до семестрового контролю, залік виставляється за результатами залікової контрольної роботи або підсумкової співбесіди (за вибором).

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 олімпіаді або у конкурсі тощо (за тематикою навчальної дисципліни)	1–5 балів	Порушення термінів захисту лабораторної роботи (після відповідної атестації), для кожної роботи	максимальний бал – "добре" (8 балів)
		Кожна наступна спроба захисту лабораторної роботи, для кожної роботи	-1 бал
Захист РГР раніше зазначеного терміну.	3 бали	Порушення термінів виконання РГР (після зазначеного терміну) або 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, але 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.*

<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».

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

Поточний контроль: лабораторні роботи, МКР.

Лабораторні роботи оцінюються з 8 балів:

- «відмінно» – повний результат (не менше 95% зробленої роботи) – 8 балів;
- «добре» – достатньо повний результат (не менше 75% зробленої роботи), або повна результат з незначними неточностями – 7 балів;
- «задовільно» – неповний результат (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5–6 балів;
- «незадовільно» – результат не відповідає вимогам на «задовільно» – 0–4 бали.

Кожна частина МКР (МКР 1, МКР 2) оцінюються з 6 балів (отже, максимальний бал за МКР = МКР 1+ МКР 2 = 12 балів) за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 95% вірної інформації) – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% вірної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% вірної інформації) та незначні помилки – 4 бали;
- «незадовільно» – завдання не виконане, відповідну частину МКР не зараховано – 0–3 бали.

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

РГР оцінюється з 11 балів:

- «відмінно» – повний результат (не менше 95% зробленої роботи) – 11 балів;
- «добре» – достатньо повний результат (не менше 75% зробленої роботи), або повна результат з незначними неточностями – 8–10 балів;
- «задовільно» – неповний результат (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 7 балів;
- «незадовільно» – результат не відповідає вимогам на «задовільно» – 0–6 балів.

Максимальний бал за невчасно захищену РГР дорівнює 50% від набраної кількості балів.

Календарний контроль (атестації 1 та 2): проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу 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 29 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 53 бали.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування 9 лабораторних робіт, мінімально позитивні оцінки за МКР (обидві частини), зарахована РГР, та семестровий рейтинг не менше 60 балів.

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

- виконання та захист 9 лабораторних робіт;
- виконання МКР (МКР 1 та МКР 2);
- виконання та захист РГР;
- 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) Що таке обчислювальні методи? Для чого вони використовуються?
- 2) Які сучасні засоби обчислювальної математики, що використовуються для реалізації обчислювальних методів за допомогою комп'ютеру, ви знаєте?
- 3) Обчислення значень многочлена. Схема Горнера.
- 4) Застосування методу ітерацій для наближеного обчислення значень функції.
- 5) Чисельне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод Гаусса.
- 6) Схема Холецького. Метод квадратних коренів.
- 7) Метод простої ітерації.
- 8) Метод Зейделя.
- 9) Застосування методу ітерацій для уточнення елементів оберненої матриці.
- 10) Чисельне розв'язання систем нелінійних рівнянь. Метод Ньютона для системи двох рівнянь.
- 11) Метод простої ітерації для системи двох рівнянь.
- 12) Розповсюдження методу Ньютона на системи з  $n$  невідомими.
- 13) Розповсюдження методу ітерацій на системи з  $n$  невідомими.
- 14) Інтерполяція функцій. Постановка задачі інтерполяції.
- 15) Інтерполяція для випадку рівновіддалених вузлів. Перша і друга інтерполяційні формули Ньютона.
- 16) Інтерполяційні формули Гаусса, Стирлінга, Бесселя.
- 17) Інтерполяційна формула Лагранжа. Схема Ейткена.
- 18) Обернена інтерполяція. Визначення коренів рівняння методом оберненої інтерполяції.
- 19) Чисельне диференціювання. Формули численного диференціювання.
- 20) Чисельне диференціювання. Похибки, що виникають при чисельному диференціюванні.
- 21) Вибір оптимального кроку чисельного диференціювання.
- 22) Наближене обчислення інтегралів. Квадратурні формули з рівновіддаленими вузлами.
- 23) Вибір кроку інтегрування.
- 24) Квадратурні формули Гаусса.
- 25) Інтегрування за допомогою степеневих рядів.
- 26) Інтеграл з нескінченними границями.
- 27) Кратні інтегралі. Метод повторного інтегрування, метод Люстерніка й Діткіна, метод Монте-Карло.
- 28) Наближене розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. Задача Коші.
- 29) Інтегрування диференціальних рівнянь за допомогою рядів.
- 30) Метод послідовних наближень.
- 31) Метод Ейлера.
- 32) Метод Рунге-Кутта.
- 33) Метод Адамса.
- 34) Метод Мілна.
- 35) Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Метод скінченних різниць для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку.
- 36) Метод прогонки.
- 37) Метод скінченних різниць для нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку.
- 38) Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Метод Гальоркіна.
- 39) Метод колокації.
- 40) Чисельне розв'язання рівнянь в частинних похідних. Метод сіток (скінченних різниць).
- 41) Метод сіток для задачі Діріхле.
- 42) Ітераційний метод розв'язання системи скінченнорізницевого рівнянь.
- 43) Розв'язання крайових задач для криволінійних областей.



- 44) Метод сіток для рівняння параболічного типу.
- 45) Метод прогонки для рівняння теплопровідності.
- 46) Метод сіток для рівняння гіперболічного типу.

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

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

**Ухвалено** кафедрою прикладної фізики (протокол № 2 від 04.09.2020 р.)

**Затверджено** Вченою радою Фізико-технічного інституту (протокол №7/1 від 07.09.2020 р.)