



МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ ТА БІОФІЗИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>176 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Електронні мікро- і наносистеми та технології</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова (нормативна)</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредитів (165 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>лекції, практичні та лабораторні заняття, http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: : д.т.н, доцент, Прокопенко Юрій Васильович, prok@ee.kpi.ua Практичні: д.т.н, доцент, Прокопенко Юрій Васильович, prok@ee.kpi.ua к.т.н, доцент, Іванушкіна Наталія Георгіївна Лабораторні: д.т.н, доцент, Прокопенко Юрій Васильович, prok@ee.kpi.ua к.т.н, доцент, Іванушкіна Наталія Георгіївна, к.т.н, доцент, Голубева Ірина Петрівна</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom, електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського (https://ecampus.kpi.ua)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Методи математичної фізики та біофізики» є складовою частиною нормативної дисципліни «Методи математичної фізики та біофізики» з циклу дисциплін професійної підготовки. Кредитний модуль є загальноосвітнім і базовим для вивчення інших дисциплін.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- будувати математичні моделі фізичних та біофізичних явищ, які використовуються в електронній техніці;*
- знати специфіку та властивості математичних рівнянь, зокрема диференціальних рівнянь з частинними похідними;*
- розв'язувати диференціальні рівняння з частинними похідними, які мають аналітичний розв'язок;*
- використовувати чисельні методи для розв'язання різноманітних математичних задач фізики та біофізики.*

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

знання:

- класифікацію задач математичної фізики та біофізики;
- методи розв'язання задач математичної фізики та біофізики;
- особливостей реалізації обчислювальних методів розв'язання задач математичної фізики та біофізики, умов їх застосовності, можливостей адаптації до конкретних задач мікро- і наноелектроніки та біомедичної електронної техніки;
- властивості спеціальних функцій.

уміння:

- описувати фізичні та біофізичні задачі, що використовуються в електроніці, диференціальними рівняннями;
- ставити крайові умови для диференціальних рівнянь;
- приводити диференціальні рівняння з частинними похідними до канонічних форм та класифікувати ці рівняння;
- обирати методи розв'язання диференціальних рівнянь;
- інтерпретувати розв'язки задач математичної фізики.

досвід:

- розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними в загальному вигляді та з різноманітними граничними умовами;
- впевненого використання чисельних методів розв'язання задач математичної фізики та біофізики, що не мають аналітичного розв'язку.

Кредитний модуль спрямований на формування у здобувачів наступних компетентностей:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК2);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК6);
- здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки (ФК1);
- здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки (ФК3);
- здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язання професійних задач в галузі мікро- та наносистемної техніки (ФК4);
- здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей (ФК5);
- здатність розробляти технічні та програмні засоби електронних систем біомедичного призначення, методи оброблення та аналізу сигналів, розроблення і аналізу математичних моделей, застосування методів машинного навчання (ФК14).

Програмними результатами навчання є набуті вміння:

- застосовувати знання і розуміння математичних методів для розв'язання теоретичних і прикладних задач мікро- та наносистемної техніки (ПРН2);
- застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки (ПРН3);

- застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та наноелектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, скласти схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати (ПРН6);

- будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень (ПРН8).

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

Навчальна дисципліна є продовженням курсів математики, фізики і дисципліни «Обчислювальна математика». Здобуті знання, навички та досвід є основою для вивчення дисциплін «Квантова механіка», «Фізика твердого тіла», «Фізичні основи наноелектроніки», «Моделювання електронних компонентів», «Моделювання компонентів біомедицинської електроніки», «Теорія поля», «Фізика електронних процесів», «Мікрохвильова техніка», «Прикладна біофізика», курсового та дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділи і теми дисципліни.

1. Чисельне інтегрування функцій

- 1.1. Постановка задачі чисельного інтегрування функцій.
- 1.2. Квадратурні формули Ньютона-Котеса.
- 1.3. Апостеріорна оцінка похибки квадратурної формули, правила Рунге.
- 1.4. Загальна похибка чисельного інтегрування.
- 1.5. Екстраполяція Річардсона. Квадратури Ромберга.
- 1.6. Поняття про адаптивні квадратурні методи.
- 1.7. Квадратурні формули Чебишова.
- 1.8. Квадратурні формули Гауса.
- 1.9. Інтегрування функцій кількох змінних.
- 1.10. Метод Монте-Карло чисельного інтегрування функцій.

2. Чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь.

- 2.1. Постановка задачі чисельного інтегрування звичайних диференціальних рівнянь.
- 2.2. Метод Ейлера розв'язання задачі Коші.
- 2.3. Методи Рунге-Кутта розв'язання задачі Коші.
- 2.4. Багатокрокові методи розв'язання задачі Коші. Методи Адамса.
- 2.5. Апостеріорна оцінка похибки задачі Коші. Автоматичний вибір кроку інтегрування.
- 2.6. Поняття жорстких диференціальних рівнянь. Методи розв'язання жорстких диференціальних рівнянь. Методи Гіра.
- 2.7. Зведення крайових задач до задач Коші.
- 2.8. Метод скінченних різниць розв'язання крайових задач.
- 2.9. Проекційні методи розв'язання крайових задач.
- 2.10. Метод скінченних елементів розв'язання крайових задач.

3. Диференціальні рівняння з частинними похідними першого порядку.

- 3.1. Основні визначення та приклади диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку. Рівняння Власова. Кінетичне рівняння Больцмана. Рівняння неперервності.

- 3.2. Лінійне диференціальне рівняння першого порядку з частинними похідними.
 - 3.3. Квазілінійне диференціальне рівняння першого порядку з частинними похідними.
 - 3.4. Нелінійне диференціальне рівняння першого порядку з частинними похідними.
 - 4. Диференціальні рівняння з частинними похідними другого порядку
 - 4.1. Класифікація квазілінійних диференціальних рівнянь з частинними похідними другого порядку. Гіперболічні, параболічні та еліптичні рівняння. Приведення рівнянь до канонічної форми.
 - 4.2. Приклади фізичних задач, які описуються диференціальними рівняннями з частинними похідними другого порядку.
 - 4.2.1. Хвилеве рівняння та його розв'язки. Формула Даламбера для задачі Коші. Розв'язання крайової задачі.
 - 4.2.2. Рівняння дифузії та граничні умови для нього.
 - 4.2.3. Рівняння теплопровідності та граничні умови для нього.
 - 4.2.4. Рівняння електростатики. Рівняння Пуассона та Лапласа та граничні умови для них.
 - 4.2.5. Рівняння електродинаміки. Векторні та скалярні потенціали електромагнітного поля. Вектори Герца. Зведення рівнянь електродинаміки до гіперболічних та еліптичних рівнянь.
 - 4.3. Формула Гріна та метод функції Гріна для рівняння Лапласа і Пуассона. Потенціальне поле. Поле точкового джерела.
 - 4.4. Метод Фур'є (ділення змінних) розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними другого порядку.
 - 4.4.1. Рівняння Гельмгольца в прямокутній системі координат.
 - 4.4.2. Рівняння Гельмгольца в циліндричній системі координат. Функції Бесселя.
 - 4.4.3. Рівняння Гельмгольца в сферичній системі координат. Приєднані функції Лежандра. Сферичні функції Бесселя.
 - 5. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними.
 - 5.1. Метод скінчених різниць.
 - 5.2. Проекційні методи.
 - 5.3. Метод скінчених елементів.
 - 6. Інтегральні рівняння. Основні поняття та приклади використання.
- 4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова рекомендована література

1. Бондаренко В.Г. Рівняння математичної фізики: Навч. посіб.– К.: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2018.– 100 с.
2. Прокопенко Ю.В., Татарчук Д.Д., Казміренко В.А. Обчислювальна математика: Навч. посіб.– К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2013.–224 с.
3. Вірченко Н.О. Основні методи розв'язання задач математичної фізики: Навч. посіб. – К.: Інрес: Воля, 2006. – 332с. ISBN 966-8329-25-2
4. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Г.Б. Лінник. – Харків Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 312 с

5. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики - К.: Либідь, 2006, -363с..
6. Рівняння математичної фізики. Узагальнені розв'язки крайових задач: Навч. посіб. для студ. техн. спец. вищ. закл. освіти / Ю. К. Рудавський, П. П. Костробій, М. А. Сухорольський, І. М. Зашкільняк, В. М. Колісник; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2002. — 236 с. — 235 с.
7. Методи математичної фізики / С. С. Піх, О. М. Попель, А. А. Ровенчак, І. І. Тальянський. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2011. 404 с.
8. Адамян В. М. Вступ до математичної фізики : Навч. посіб. / В. М. Адамян, М. Я. Сушко. Одеса : Астропринт, 2003. — 320 с.
9. Чисельні методи розв'язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. — Суми : Сумський державний університет, 2020. — 142 с. ISBN 978-966-657-828-3
10. Чисельні методи в прикладній фізиці : навч. посіб. / В. О. Катрич, Д. В. Майборода, С. О. Погарський, С. Л. Просвірнін. — Харків : Харківський нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна, 2011. — 172 с.
11. Цегелик Г. Г. Чисельні методи : підручник / Г. Г. Цегелик. — Львів : Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2004. — 408 с.
12. Ю.В.Прокопенко, О.В.Семеновська. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт [Електронний ресурс].

Допоміжна рекомендована література

1. Положії Г. М. Рівняння математичної фізики.— Київ : Рад. шк., 1959. — 479 с.
2. Свідзинський А. Математичні методи теоретичної фізики / А. Свідзинський. 2-ге вид., перероб. і доп. Луцьк : Вежа, 2001. — 563 с.
3. Гончаренко В.М. Основи теорії рівнянь з частинними похідними. — К.: Вища школа, 1995. — 350 с.
4. Рівняння математичної фізики (методичний посібник) // Укладачі: Лавренчук В.П., Івасишин С.Д., Совін Я.А., Дронь В.С. — Чернівці: Рута, 1998. — 187 с.
5. Перестюк М.О., Маринець В.В., Рего В.Л. Збірник задач з математичної фізики.— Кам'янець-Подільський: "Аксиома", 2012.—249 с.
6. Білоколот Є.Д., Юрачківський А. П., Шека Д.Д. Спеціальні функції в задачах математичної фізики: Навчальний посібник для студентів природничих факультетів.— Київ: ВПЦ Київський університет, 2000. — 92 с.
7. Mathews J., Walker, R.L. Mathematical methods of physics. — New York : W.A. Benjamin; 2nd edition. — 501 pp.
8. Forsythe G.E., Malcolm, M. A., Moler C. B., Computer Methods for Mathematical Computations. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. Prentice Hall, Inc., 1977. XI, 259 pp.
9. Tikhonov A.N. and Samarskii A.A. Equations of mathematical physics. — Dover Publications, 2013. — 800 pp.
10. Григоренко Я.М., Панкратова Н.Д. Обчислювальні методи в задачах прикладної математики: Навч. посібник. — К.:Либідь, 1995. — 280 с.— ISBN 5-325-00486-7.
11. Андруник В. А. Чисельні методи в комп'ютерних науках / В. А. Андруник. — Львів : Новий світ-2000, 2019. — Т. 1. — 470 с.

12. Чисельні методи в комп'ютерних науках : навч. посіб. / В. А. Андруник, В. А. Висоцька, В. В. Пасічник та ін. ; за ред. В. В. Пасічника. – Львів : Новий світ-2000, 2018. – Т. 2. – 536 с.
13. Фельдман Л. П. Чисельні методи в інформатиці : підручник / Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О. А. Дмитрієва. – Київ : BHV, 2006. – 480 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційна частина навчальних занять присвячується викладенню класифікації, властивостей та методів розв'язання математичних рівнянь, включаючи звичайні диференціальні рівняння та диференціальні рівняння з частинними похідними, інтегральні рівняння, які описують фізичні та біофізичні процеси, що використовуються в електронній техніці. Важливо сформулювати уявлення, що більшість фізичних процесів, які використовуються в електронній техніці описуються як звичайними диференціальними рівняннями, так і диференціальними рівняннями з частинними похідними. Загальні розв'язки диференціальних рівнянь з частинними похідними, на відміну від звичайних диференціальних рівнянь, мають більший рівень довільності, оскільки розв'язками є довільні функції від певного співвідношення аргументів. Для виділення єдиного розв'язку повинні накладатися граничні умови. Важливо зосередити увагу студентів на особливості формування тих, чи інших граничних умов та їх фізичну інтерпретацію.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Постановка задачі чисельного інтегрування функцій. Квадратурні формули Ньютона-Котесса. Література : базова 2, 9; допоміжна 13. Завдання на СРС: Формули прямокутників, трапецій, Сімпсона.
2.	Апостеріорна оцінка похибки квадратурної формули, правила Рунге. Екстраполяція Річардсона. Квадратури Ромберга. Література : базова 2, 11; допоміжна 11, 13. Завдання на СРС: Апостеріорна оцінка порядку точності квадратурної формули. Використання квадратур Ромберга для отримання квадратурних формул з більшим порядком точності.
3.	Загальна похибка чисельного інтегрування. Поняття про адаптивні квадратурні методи. Література : базова 2, 9; допоміжна 11, 12. Завдання на СРС: Рекурсивна реалізація адаптивних методів
4.	Квадратурні формули Чебишова. Квадратурні формули Гауса. Інтегрування функцій декількох змінних. Метод Монте-Карло чисельного інтегрування функцій. Література : базова 2, 11; допоміжна 12, 13. Завдання на СРС: Інтегрування функцій декількох змінних. Метод Монте-Карло чисельного інтегрування функцій.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
5.	<p>Постановка задачі чисельного інтегрування звичайних диференціальних рівнянь. Метод Ейлера розв'язання задачі Коші</p> <p>Література : базова 2, 10; допоміжна 8, 13.</p> <p>Завдання на СРС: Порядок точності неявного методу Ейлера</p>
6.	<p>Методи Рунге-Кутта розв'язання задачі Коші.</p> <p>Література : базова 2, 9; допоміжна 8, 10.</p> <p>Завдання на СРС: Різновиди методів Рунге-Кутта</p>
7.	<p>Апостеріорна оцінка похибки задачі Коші. Автоматичний вибір кроку інтегрування.</p> <p>Література : базова 2, 10; допоміжна 8,12.</p> <p>Завдання на СРС: Алгоритми автоматичного вибору кроку інтегрування</p>
8.	<p>Поняття жорстких диференціальних рівнянь. Методи розв'язання жорстких диференціальних рівнянь. Методи Гіра.</p> <p>Література : базова 2, 9; допоміжна 12,, 13.</p> <p>Завдання на СРС: Жорсткі задачі в електроніці. Методи Гіра на нерівномірній сітці вузлів.</p>
9.	<p>Зведення крайових задач до задач Коші. Метод скінчених різниць розв'язання крайових задач.</p> <p>Література : базова 2, 11; допоміжна 10, 11.</p> <p>Завдання на СРС: Поняття про крайові задачі</p>
10.	<p>Проекційні методи розв'язання крайових задач.</p> <p>Література : базова 2, 10; допоміжна 11, 13.</p> <p>Завдання на СРС: Формулювання проекційних методів за схемою Рітца.</p>
11.	<p>Метод скінчених елементів розв'язання крайових задач.</p> <p>Література : базова 2, 9; допоміжна 10, 13.</p> <p>Завдання на СРС: Формування скінчених елементів для задач різної розмірності</p>
12.	<p>Основні визначення та приклади диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку. Рівняння Власова. Кінетичне рівняння Больцмана. Рівняння неперервності.</p> <p>Література: базова: 1, 3, 5; допоміжна: 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: приклади та класифікація диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
13.	<p>Лінійне диференціальне рівняння першого порядку з частинними похідними.</p> <p>Література: базова: 4, 6; допоміжна: 1, 4, 5.</p> <p>Завдання на СРС: розв'язання диференціального рівняння з частинними похідними першого порядку з сталими коефіцієнтами, хвильовий процес.</p>
14.	<p>Квазілінійне диференціальне рівняння першого порядку з частинними похідними.</p> <p>Література: базова: 3, 7; допоміжна: 2, 7.</p> <p>Завдання на СРС: квазілінійне рівняння Хопфа</p>
15.	<p>Нелінійне диференціальне рівняння першого порядку з частинними похідними.</p> <p>Література: базова: 5, 8; допоміжна: 3, 4.</p> <p>Завдання на СРС: рівняння Гамільтона-Якобі</p>
16.	<p>Класифікація квазілінійних диференціальних рівнянь з частинними похідними другого порядку. Приведення рівнянь до канонічної форми гіперболічних рівнянь.</p> <p>Література: базова: 7, 8; допоміжна: 6, 7.</p> <p>Завдання на СРС: загальний розв'язок однорідних гіперболічних з сталими коефіцієнтами.</p>
17.	<p>Класифікація квазілінійних диференціальних рівнянь з частинними похідними другого порядку. Приведення рівнянь до канонічної форми параболічних та еліптичних рівнянь.</p> <p>Література: базова: 4, 7; допоміжна: 2, 6.</p> <p>Завдання на СРС: загальний розв'язок однорідних параболічних та еліптичних рівнянь з сталими коефіцієнтами.</p>
18.	<p>Хвильове рівняння та його розв'язки. Формула Даламбера для задачі Коші. Розв'язання крайової задачі.</p> <p>Література: базова: 1, 3; допоміжна: 1, 6.</p> <p>Завдання на СРС: графічне розв'язання хвильового рівняння з частково-лінійними граничними умовами.</p>
19.	<p>Рівняння дифузії і теплопровідності та граничні умови для них.</p> <p>Література: базова: 4, 7, 8; допоміжна: 1, 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: Розв'язання рівняння дифузії у випадку необмеженого джерела. Дифузія у силовому полі.</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
20.	<p>Рівняння електростатики. Рівняння Пуассона та Лапласа та граничні умови для них. Рівняння електродинаміки. Векторні та скалярні потенціали електромагнітного поля. Вектори Герца. Зведення рівнянь електродинаміки до гіперболічних та еліптичних рівнянь.</p> <p>Література: базова: 3, 6, 7; допоміжна: 1, 2, 9.</p> <p>Завдання на СРС: Фундаментальні розв'язки рівняння Лапласа. Гармонічні функції. Рівняння Гельмгольца</p>
21.	<p>Формула Гріна та метод функції Гріна для рівняння Лапласа і Пуассона. Потенціальне поле. Поле точкового джерела.</p> <p>Література: базова: 1, 4, 6; допоміжна: 3, 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: властивості функції Гріна</p>
22.	<p>Метод Фур'є (ділення змінних) розв'язання рівняння Гельмгольца в прямокутній, циліндричній координат. Функції Бесселя.</p> <p>Література: базова 5, 7; допоміжна: 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: загальні властивості власних функцій та власних значень</p>
23.	<p>Метод Фур'є (ділення змінних) розв'язання рівняння Гельмгольца у сферичній системі координат. Приєднані функції Лежандра. Сферичні функції Бесселя.</p> <p>Література: базова 1, 4, 7; допоміжна: 2, 3.</p> <p>Завдання на СРС: загальні властивості поліномів Лежандра та сферичних функцій Бесселя.</p>
24.	<p>Метод скінчених різниць чисельного розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними.</p> <p>Література: базова: 4, 6, 7; допоміжна: 2, 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: метод сіток для рівняння Лапласа.</p>
25.	<p>Проекційні методи чисельного розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними.</p> <p>Література: базова: 6, 7; допоміжна: 2, 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: проекційні методи в задачах електродинаміки.</p>
26.	<p>Метод скінчених елементів розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними.</p> <p>Література: базова: 6, 7; допоміжна: 2, 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: метод скінчених елементів для рівняння Гельмгольца</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
27.	<p>Інтегральні рівняння. Основні поняття та приклади використання.</p> <p>Література: базова: 1, 3, 4; допоміжна: 7, 9.</p> <p>Завдання на СРС: типові задачі, які зводяться до лінійних інтегральних рівнянь.</p>

Ціллю практичних занять є закріплення навиків та формування досвіду розв'язання математичних задач фізики та біофізики, що мають аналітичний розв'язок, інтерпретації отриманих розв'язків.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<p>Інтегральні перетворення і диференціальні тотожності.</p> <p>Література: базова: 6, 8; допоміжна: 4, 5, 7.</p> <p>Завдання на СРС: оператор набла, операції градієнт, дивергенція та ротор в різних системах координат.</p>
2.	<p>Отримання диференціальних рівнянь з інтегральних законів</p> <p>Література: базова: 7; допоміжна: 7, 5, 9;</p> <p>Завдання на СРС: кінетичне рівняння Больцмана, Власова, рівняння неперервності.</p>
3.	<p>Розв'язання задачі Коші для лінійного диференціального рівняння першого порядку з частинними похідними</p> <p>Література: базова: 1, 4; допоміжна: 3, 5.</p> <p>Завдання на СРС: Характеристики і характеристичні рівняння лінійного диференціального рівняння першого порядку з частинними похідними</p>
4.	<p>Розв'язання задачі Коші для квазілінійного диференціального рівняння першого порядку з частинними похідними</p> <p>Література: базова: 1, 4; допоміжна: 2, 5,</p> <p>Завдання на СРС: Характеристики і характеристичні рівняння квазілінійного диференціального рівняння першого порядку з частинними похідними</p>
5.	<p>Розв'язання нелінійного диференціального рівняння першого порядку з частинними похідними</p> <p>Література: базова: 1, 4; допоміжна: 5, 7.</p> <p>Завдання на СРС: Характеристики і характеристичні рівняння нелінійного диференціального рівняння першого порядку з частинними похідними</p>
6.	<p>Приведення диференціального рівняння другого порядку з частинними похідними до канонічної форми</p> <p>Література: базова: 1, 7; допоміжна: 4, 5, 9.</p> <p>Завдання на СРС: Гіперболічні, параболічні та еліптичні рівняння другого</p>

	<i>порядку з частинними похідними</i>
7.	<i>Розв'язання рівнянь дифузії</i> <i>Література: базова: 1, 7; допоміжна: 2, 5, 9.</i> <i>Завдання на СРС: Фізичні засади рівняння дифузії та визначення граничних умов</i>
8.	<i>Розв'язання рівнянь теплопровідності</i> <i>Література: базова: 1, 7; допоміжна: 2, 5, 7..</i> <i>Завдання на СРС: Фізичні засади рівняння теплопровідності та визначення граничних умов</i>
9.	<i>Розв'язання рівнянь електростатики</i> <i>Література: базова: 1, 7; допоміжна: 2, 5, 9.</i> <i>Завдання на СРС: Фізичні засади рівнянь електростатики та визначення граничних умов</i>

Мета циклу лабораторних робіт: отримання практичних навичок чисельного розв'язання задач математичної фізики, побудови алгоритмів розв'язання різних класів математичних задач для аналізу і проектування в електроніці, їх програмна реалізація, порівняння різних методів з точки зору коректності, ефективності, надійності, збіжності та стійкості. Особлива увага приділяється аналізу похибок отриманих рішень та забезпечення заданої точності розв'язання. Перші три лабораторні роботи спрямовані на здобуття навичок чисельного розв'язання типових задач до яких зводяться задачі математичної фізики, використовуючи середовище Matlab. Лабораторні роботи № 4, 5 та 6 присвячені розробці алгоритмів різних методів інтегрування функцій та звичайних диференціальних рівнянь. Останні дві лабораторні роботи присвячені прямим методам чисельного розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними.

№	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
1.	<i>Наближення функцій, заданих таблицями</i>	2
2.	<i>Оптимізація функцій</i>	2
3.	<i>Розв'язання алгебраїчних рівнянь</i>	2
4.	<i>Інтегрування функцій</i>	2
5.	<i>Розв'язання звичайних диференціальних рівнянь</i>	4
6.	<i>Розв'язання систем жорстких диференціальних рівнянь</i>	2
7.	<i>Розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними методом скінчених різниць</i>	2
8.	<i>Розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними методом скінчених елементів</i>	2
Всього		18

Розділу «Чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь» присвячено дві лабораторні роботи: «Розв'язання звичайних диференціальних рівнянь» та «Розв'язання систем жорстких диференціальних рівнянь». Поряд із тим, що це дозволяє узгодити у часі

відповідні лабораторні роботи та лекційний цикл, таке ділення має також методичний характер. У лабораторній роботі №5 студенти отримують навички використання неявних методів та багатокрокових методів з постійним кроком поодиночі на прикладі відносно простих алгоритмів інтегрування одного диференціального рівняння. Це дає можливість легше опанувати методи Гіра зі змінним кроком, запропонованими для використання в лабораторній роботі №6. Досвід, набутий при виконанні лабораторної роботи №6 допомагає студентам будувати чисто неявні багатокрокові алгоритми інтегрування систем диференціальних рівнянь, які сьогодні є базовими при моделюванні електронних схем в часовій області.

Завдання всіх лабораторних робіт будуються на прикладах розв'язання задач аналізу і проектування в електроніці. Так, лабораторна робота №1 присвячена двовимірній інтерполяції вольт-амперних характеристик, що задані таблицею, та ідентифікації параметрів моделей активних напівпровідникових приладів. Лабораторна робота №2 присвячена пошуку оптимальних характеристик електронних схем. У лабораторній роботі №3 розв'язується система лінійних алгебраїчних рівнянь, отриманих на основі вузлової моделі резистивної електричної схеми, та проводиться аналіз з постійного струму нелінійної електронної схеми на основі активних напівпровідникових компонентів. У лабораторній роботі №4 на основі отриманої імпульсної характеристики реактивної електронної схеми та заданої часовій залежності вхідних сигналів розраховуються реакції схеми. У лабораторній роботі №5 проводиться аналіз перехідних процесів у нелінійній реактивній схемі. У лабораторній роботі №6 розраховуються характеристики електронного змішувача.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента включає опрацювання тем, які в достатній мірі висвітлені в літературних джерелах та виконання індивідуальних завдань.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Інтегрування функцій кількох змінних. Метод Монте-Карло чисельного інтегрування функцій. Література: базова: 2, 11; допоміжна: 12, 13	8
2.	Багатокрокові методи розв'язання задачі Коші. Методи Адамса. Література: базова 2, 10; допоміжна: 12, 13	8
3.	Неоднорідні лінійні диференціальні рівняння першого порядку з частинними похідними Література: базова: 7, 8; допоміжна: 2, 9.	4
4.	Коливання обмежених об'ємів: загальна схема методу ділення змінних, стоячі хвилі, коливання прямокутної та круглої мембрани. Література: базова: 4, 6, 7; допоміжна: 3, 7.	4
5.	Спеціальні функції: ортогональні поліноми Лежандра, Якобі, Лагера, Ерміта, Чебишева. Література: базова: 5,8; допоміжна: 6	6

Індивідуальні письмові завдання виконуються у вигляді розрахунково-графічної роботи. Ціллю розрахунково-графічної роботи є формування навичок та досвіду аналітичного розв'язання задач математичної фізики, застосування теоретичних знань при розв'язанні практичних задач, оволодіння вміннями зведення математичних задач до дискретизаційних моделей, побудови алгоритмів обчислювальних методів, проведення практичних розрахунків, оцінки та аналізу отриманих результатів. В результаті виконання розрахунково-графічної роботи також перевіряються знання та вміння, що отримані на лекційних та практичних заняттях.

Студентам пропонується розв'язання кожної задачі за допомогою різних обчислювальних методів з подальшим аналізом використаних методів з точки зору швидкості отримання результатів з заданою похибкою, стійкості та надійності, границь використання.

Розрахунково-графічна робота складається з чотирьох розділів:

- чисельне інтегрування функцій;
- чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь;
- розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку;
- приведення до канонічної форми та розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними другого порядку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекцій, практичних і лабораторних занять є обов'язковим. У разі дистанційної форми навчання за відвідування занять нараховуються бали, які враховуються у рейтингу студента.
- Звіти з виконання лабораторних робіт та індивідуальних завдань (розрахунково-графічних робіт) виконуються рукописним чином.
- За невчасне виконання завдань нараховуються штрафні бали.

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

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

- 1) частини модульної контрольної роботи;
- 2) виконання лабораторних робіт;
- 3) виконання розрахунково-графічної роботи.

Система рейтингових балів

1. Модульна контрольна робота

Складається з трьох частин, присвячених наступним темам:

- чисельне інтегрування функцій;
- чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь;
- диференціальні рівняння з частинними похідними першого та другого порядків.

Кожна частина модульної контрольної роботи виконується в формі письмової відповіді на два теоретичних питання та розв'язання двох задач. Максимальна оцінка за частину модульної контрольної роботи (МКР) складає 10 балів (2×2бали за правильну відповідь на теоретичне питання + 2×3бали за правильне розв'язання задачі), що становить 9,62% від підсумкового рейтингу. Максимальна оцінка за МКР складає 3 частини × 10 балів = 30 балів, що становить 28,85% від підсумкового рейтингу.

Під час виконання кожної частини модульної контрольної роботи студентам дозволяється користуватися власним рукописним конспектом.

Критерії оцінювання:

- максимальна оцінка за відповідь на теоретичне питання виставляється у разі повного та правильного розкриття постановки задачі, місця та сутності методів розв'язання задачі, доведення всіх теорем, що пов'язані з задачею, аналізу обмежень та похибок розв'язання задачі;
- оцінка за відповідь на теоретичне питання знижується якщо є недоліки у відповіді;

- максимальна оцінка за розв'язання задачі виставляється у разі правильності рівнянь, формул та виразів, що використовуються; вибору алгоритму розв'язання задачі, її розв'язок з отриманням кількісних оцінок;
- оцінка за розв'язання задачі у 2 бали виставляється якщо правильно наведені вихідні рівняння, формули та вирази; вибрано алгоритм розв'язання задачі, але її розв'язок, або отримані кількісні оцінки неправильні;
- оцінка за розв'язання задачі в 1 бал виставляється якщо правильно обґрунтовано використання вихідних рівнянь, формул та виразів, але алгоритму розв'язання задачі не отримано.

2. Лабораторні роботи

В ході вивчення курсу «Методи математичної фізики та біофізики» студенти виконують 8 лабораторних робіт.

Кожна з перших трьох лабораторних робіт за підсумками захисту оцінюється за чотирьохрівневою системою з максимальним балом 3, що складає 2,88% від підсумкового рейтингу. Решта лабораторних робіт оцінюється за шестирівневою системою з максимальним балом 5, що складає 4,81% від підсумкового рейтинг. Оцінка за лабораторні роботи, захищені із запізненням, знижується на кількість занять, які минули від заняття, встановленого розкладом навчального процесу на захист даної роботи. Максимальна оцінка за лабораторну роботу, виконану та захищений із запізненням більше чотирьох занять від встановленого терміну, становить 0 балів.

Критерії оцінювання:

- максимальний бал виставляється за лабораторну роботу, виконану вчасно та у відповідності до робочого завдання, якщо отримані правильні результати, охайно виконаний звіт, правильно сформульовані висновки до роботи, на захисті продемонстровано розуміння усіх результатів та етапів їх отримання, вільне володіння теоретичним підґрунтям роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 4 бали, якщо маютья незначні недоліки при виконанні роботи, отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та при захисті роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 3 бали, якщо маютья суттєві недоліки при виконанні роботи, отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та при захисті роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 2 бали, якщо маютья значні недоліки при виконанні роботи, отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та при захисті роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 1 бал, якщо лабораторна робота виконана самостійно, повністю у відповідності до робочого завдання та власноручно виконаний звіт, але не захищена.

За кожен лабораторну роботу, що не виконана або незахищена на момент підрахунку остаточного рейтингу, рейтинг понижується на максимальну оцінку за лабораторну роботу, тобто 3 бали (2,88% від підсумкового рейтингу) за перші три лабораторні роботи та 5 балів (4,81% від підсумкового рейтинг) за інші п'ять робіт. Максимальна оцінка за виконання циклу лабораторних робіт складає $3 \times 3 + 5 \times 5 = 34$ бали, що становить 32,69% від підсумкового рейтинг.

3. Виконання розрахунково-графічної роботи

В ході вивчення курсу «Методи математичної фізики та біофізики» студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР), яка складається з чотирьох розділів:

- чисельне інтегрування функцій;
- чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь;
- розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку;
- приведення до канонічної форми та розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними другого порядку.

Кожен розділ розрахунково-графічної роботи виконується у терміни, встановлені викладачем. Розділ РГР вважається виконаним правильно, якщо всі завдання виконані повністю, відповідно до завдання, використані належні алгоритми та отримані правильні числові результати. Правильно виконаний розділ РГР, поданий на перевірку в межах встановленого терміну оцінюється у 10 балів, що складає 9,61% від підсумкового рейтингу. Розділ РГР, поданий на перевірку із запізненням, зараховується тільки за результатом співбесіди. Оцінка за розділ РГР, поданий на перевірку із запізненням від двох до чотирьох тижнів, знижується на 5 балів, що складає 4,81% від підсумкового рейтингу. Максимальна оцінка за розділ РГР, зданий/захищений із запізненням більше чотирьох тижнів від встановленого терміну, становить 3 бали, що складає 2,88% від підсумкового рейтингу.

Всі розділи розрахунково-графічної роботи є обов'язковими до виконання. За кожний розділ РГР, не зданий на момент підрахунку остаточного рейтингу, рейтинг понижується на 10 балів, що складає 9,61% від підсумкового рейтингу.

Порядок перерахунку рейтингу у підсумкову оцінку

Максимальний рейтинг у семестрі може становити $RD = 104$ бали (10×4 розділів РГР + 34 лабораторні роботи + 30 МКР). Це значення відповідає 100%.

Оцінка ETCS у семестрі обчислюється відповідно до таблиці 1:

Таблиця 1. Переведення відносних рейтингових оцінок в ECTS та традиційні оцінки

Значення рейтингу з кредитного модуля RD	Оцінка ECTS та її визначення	Традиційна диф. зал. оцінка	Традиційна залікова оцінка
$R \geq 0,95RD$	A – Відмінно	Відмінно	Зараховано
$0,85RD \leq R < 0,95RD$	B – Дуже добре	Дуже добре	
$0,75RD \leq R < 0,85RD$	C – Добре	Добре	
$0,65RD \leq R < 0,75RD$	D – Задовільно	Задовільно	
$0,6RD \leq R < 0,65RD$	E – Достатньо (задовольняє мінімальні критерії)	Достатньо	
$R < 0,6RD$	Fx – Незадовільно	Незадовільно	Незараховано
$R < 0,4RD$	F – Незадовільно (потрібна додаткова робота)	Не допущено	

Таким чином, обрахунок підсумкової оцінки з дисципліни «Методи математичної фізики та біофізики» ведеться відповідно до таблиці 2:

Таблиця 2. Переведення абсолютних рейтингових оцінок в ECTS та традиційні оцінки

Оцінка ECTS	Бали	традиційна
--------------------	-------------	-------------------

	фактичні	за 100-бальною шкалою	
<i>A — відмінно</i>	<i>98..104</i>	<i>95..100</i>	<i>зараховано</i>
<i>B — дуже добре</i>	<i>88..97</i>	<i>85..94</i>	
<i>C — добре</i>	<i>78..87</i>	<i>75..84</i>	
<i>D — задовільно</i>	<i>67..77</i>	<i>65..74</i>	
<i>E — достатньо</i>	<i>62..66</i>	<i>60..64</i>	
<i>FX — незадовільно</i>	<i>41..61</i>	<i>40..59</i>	<i>незараховано</i>
<i>F — не допущено</i>	<i>менше 41</i>	<i>менше 40</i>	<i>не допущено</i>

Студенти, які набрали необхідну кількість балів (більше 0,6 R) та повністю виконали передбачений планом обсяг робіт мають можливість:

- не складати залік, а отримати відповідну оцінку згідно з таблицею 2;
- складати залік з метою підвищення оцінки. У разі отримання на заліку оцінки нижчої, ніж рейтингова, остання за студентом не зберігається і виставляється оцінка, отримана в заліковій контрольній роботі.

Студенти, які набрали менше, ніж 0,6 R балів але більше ніж 0,4 R, тобто оцінку „незадовільно”, мають складати залік.

Студенти, які набрали менше, ніж 0,4 R балів, повинні до початку залікової сесії підвищити рейтинг, інакше вони не допускаються до заліку з дисципліни і матимуть академічну заборгованість.

Залікова контрольна робота складається з письмової відповіді на два теоретичних питання та розв'язання двох задач. Максимальна оцінка за залікову контрольну роботу (ЗКР) складає 40 балів (2×8балів за правильну відповідь на теоретичне питання + 2×12балів за правильне розв'язання задачі), що становить 45,45% від підсумкового рейтингу.

Під час виконання залікової контрольної роботи студентам не дозволяється користуватися конспектом, підручниками, методичними вказівками та іншою літературою та матеріалами.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

- максимальна оцінка за відповідь на теоретичне питання виставляється у разі повного та правильного розкриття постановки задачі, місця та сутності методів розв'язання задачі, доведення всіх теорем, що пов'язані з задачею, аналізу обмежень та похибок розв'язання задачі;
- оцінка за відповідь на теоретичне питання знижується якщо є недоліки у відповіді;
- максимальна оцінка за розв'язання задачі виставляється у разі правильності рівнянь, формул та виразів, що використовуються; вибору алгоритму розв'язання задачі, її розв'язок з отриманням кількісних оцінок;
- оцінка за розв'язання задачі понижується на 4 бали, якщо правильно наведені вихідні рівняння, формули та вирази; вибрано алгоритм розв'язання задачі, але її розв'язок, або отримані кількісні оцінки неправильні;
- оцінка за розв'язання задачі понижується на 8 балів якщо правильно обґрунтовано використання вихідних рівнянь, формул та виразів, але алгоритму розв'язання задачі не отримано.

Обрахунок підсумкової оцінки з дисципліни «Методи математичної фізики та біофізики» за результатами залікової контрольної роботи ведеться відповідно до таблиці 3:

Таблиця 3. Переведення результатів залікової контрольної роботи в ECTS та традиційні оцінки

Оцінка ECTS	Бали		традиційна оцінка
	фактичні	за 100-бальною шкалою	
A — відмінно	38..40	95..100	зараховано
B — дуже добре	34..39	85..94	
C — добре	30..33	75..84	
D — задовільно	26..32	65..74	
E — достатньо	24..31	60..64	
FX — незадовільно	16..30	40..59	незараховано
F — не допущено	менше 16	менше 40	не допущено

Умови позитивної проміжної атестації

Календарна атестація студентів (на 8 та 14 тижнях семестрів) з дисциплін проводиться викладачами за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається задовільно атестованим. В іншому випадку в атестаційній відомості виставляється «незадовільно».

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 Р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті»

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри електронної інженерії, д.т.н., доц. Прокопенко Юрієм Васильовичем.

Ухвалено кафедрою електронної інженерії (протокол № 31 від 21 червня 2023р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/23 від 29.06.2023р.)