



КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	10 «Природничі науки»
Спеціальність	104 «Фізика та астрономія»
Освітня програма	Комп'ютерне моделювання фізичних процесів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 (180), 28 лекцій, 28 лаб., 124 - срс
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор, лабораторні: с.н.с., к.т.н. Ніколов Микола Олександрович Тел. 067-246-68-14; nicholay.nikolov@gmail.com; nikolov-ee@ill.kpi.ua
Розміщення курсу	Google classroom: https://classroom.google.com/c/NjUyNzMwOTMxNzM2

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки.

Предмет навчальної дисципліни - узагальнені методи моделювання фізичних і технічних систем та процесів.

Мета навчальної дисципліни: здатність використовувати узагальнені методи моделювання фізичних, технічних, астрономічних систем та процесів, а також методи досліджень моделей, які є базовими для вивчення цих процесів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: узагальнені методи моделювання, підходи до побудови математичної моделі складних систем, в тому числі в області електроніки та біофізики

уміння: створювати потрібні моделі та знаходити їх рішення

досвід: володіти методами рішень звичайних диференційованих рівнянь та рівнянь у частинних похідних

Ця дисципліна формує такі **компетентності**:

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності:

ФК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

ФК05. Здатність сприймати ново здобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибрати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

ФК09. Здатність самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

ПРН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

ПРН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.

ПРН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

ПРН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.

ПРН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

ПРН12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень.

ПРН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.

ПРН17. Вміти програмувати та використовувати різні мови програмування.

ПРН19. Вміти моделювати фізичні і не тільки процеси та явища, що виникають в навколишньому світі .

ПРН20. Вміти створювати та досліджувати різні фізичні теорії за допомогою моделювання фізичних та астрономічних процесів

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

Дисципліна базується на знаннях, набутих під час вивчення вищої математики, окремих розділів фізики, фізичної хімії, біофізики, обчислювальної математики. Необхідні базові навички програмування.

Подальший розвиток курс отримує під час проведення досліджень, пов'язаних з дипломним проектуванням та підготовки докторів філософії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Системний аналіз

Тема 2. Математичні моделі основані на фундаментальних законах природи

Тема 3. Ієрархічні підходи до отримання моделей

Тема 5. Варіаційний принцип

Тема 6. Детерміновані та ймовірнісні моделі

Тема 7. Варіаційний принцип

Тема 8. Основні типи рівнянь, що використовуються в якості компонентів математичних моделей

Тема 9. Особливі рішення диференціальних рівнянь

Тема 10. Нелінійність та неоднорідність в математичних моделях.

Тема 11. Розповсюдження акустичних хвиль у середовищах

Тема 12. Аналітичні методи дослідження моделей

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бобик, О. І. Рівняння математичної фізики (практикум) : навчальний посібник / О.І. Бобик, І.О. Бобик, В.В. Литвин ; Міністерство освіти і науки України. - Львів : "Новий Світ-2000", 2019. - 256 с
2. Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 111 "Математика" / С.Д. Івасишен, В.П. Лавренчук, Т.І. Готинчан, Л.М. Мельничук ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 210 с.
3. Теорія систем та системний аналіз / В.В. Тютюник, О.О. Писклакова ; Національний університет цивільного захисту України, Кафедра управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту. - Харків : Друкарня Мадрид, 2020. - 104 с
4. Об'єктно-орієнтоване програмування мовою Python: навчальний посібник для студентів напрямів підготовки 122 Комп'ютерні науки та 121 Інженерія програмного забезпечення / О.В. Мнушка, В.М. Савченко, О.Б. Мацій – Х.: ХНАДУ, 2021. – 228 с.
5. Чепок О.Л. Механічні коливання і хвилі. Основи акустики: тексти лекцій з навчальної дисципліни «Загальна фізика». Одеса, 2021.

Допоміжна література

1. Самарський А.А., Михайлов А.П. Математичне моделювання. Ідеї. Методи. приклади. - 2-ге вид. – “Фізматліт”, 2001. - 320с.
2. Тихонов А.Н., Самарський А.А. Рівняння математичної фізики. - М.: Наука, 1972.-736с.
3. S. Strogatz. *Nonlinear Dynamics and Chaos: with Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering.* Addison-Wesley, 1994
4. М.Д. Гераїмчук, Ю.Ф. Лазарев, Т.О. Толочко *Моделювання систем у середовищі MATLAB-SIMULINK: Комп'ютерний практикум.* – К.:, 2006. – 175с.
5. Лазарев Ю. Ф. *Моделювання динамічних систем у Matlab.* Електронний навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2011. – 421 с.
6. Конспект лекцій з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності -172 «Електронні комунікації та радіотехніка». /Укл.: С'янов О.М.- Кам'янське; ДДТУ, 2024 р. – 55 с.
7. *Об'єктно-орієнтоване програмування: лабораторний практикум.* Уклад.: О.В. Коба, С.В. Пустова. – К.: НАУ, 2011. – 76 с.
8. Кренивч А.П. *Python у прикладах і задачах. Частина 2. Об'єктно-орієнтоване програмування.* Навчальний посібник – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2020.– 152 с.
9. A. Pikovsky, M. Rosenblum, J. Kurths. *Synchronization. A Universal Concept in Nonlinear Sciences.* Cambridge University Press, 2001.
10. Holm, S., & Näsholm, S. P. (2011). *A causal and fractional all-frequency wave equation for lossy media.* *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(4), 2195–2202. doi:10.1121/1.3631626
11. *Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі : навчальний посібник для студентів фізико-математичних та інженерно-технічних спеціальностей / С.Д. Івасишен [та ін.].* - Чернівці : Родовід, 2016. – 210 с.
12. *Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики : підручник / Г.П. Лопушанська, О.М. Бугрій, А.О. Лопушанський ; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Львівський національний університет імені Івана Франка.* - Львів : І.Е. Чижиков, 2012. - 361 с.
13. *Вища математика з комп'ютерною підтримкою. Рівняння математичної фізики : навч. посіб.* / В.А. Петрук, М.Б. Ковальчук, Н.В. Сачанюк-Кавецька ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Вінницький нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2012. - 156 с.
14. *Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного.* – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
15. Лошицький П.П. *Моделювання біофізичних процесів. Вступ до синергетики.*[текст]: Навчальний посібник /П.П.Лошицький, М.О.Ніколов – Київ.: НТУУ«КПІ», 2014.-412с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Форма навчання	Кредитні модулі	Разом		Розподіл навчального часу за видами занять						Семестрова атестація
		кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні роботи	СРС			
							Підготовка до модульних контрольних робіт	Поглиблене вивчення окремих розділів	Підготовка до екзамену	
Денна	1	6	180	28	-	28	8	74	42	Екзамен

Таблиця. Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<p>Лекція 1: Вступ. Основні особливості курсу. Його зв'язки з різними науками. Підходи до системного аналізу. Алгоритми системного аналізу.</p> <p>Література основна: 3; допоміжна: 1, 2, 6. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
2.	<p>Лекція 2. Системний підхід при математичному моделюванні. Види моделювання. Поняття система. Чорний ящик. Варіант алгоритму системного аналізу при математичному моделюванні. Шкали вимірювань. Аналогія при побудові моделей. Однаковість рівнянь для моделей різних систем.</p> <p>Література основна: 3; допоміжна: 1, 2, 6. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
	Тема 2. Математичні моделі ґрунтовані на фундаментальних законах природи
3.	<p>Лекція. Закони збереження маси, енергії, часток, імпульсу. Основні рівняння.</p> <p>Література основна: 1-2 ; допоміжна: 1, 2, 11-13. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
	Тема 3. Ієрархічні підходи до отримання моделей
4.	<p>Лекція 1. Принцип «матрьошки». Ієрархічні ланцюги математичних моделей фізичних систем.</p> <p>Література основна: 1-2; допоміжна: 1, 2, 11, 12. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
5.	<p>Лекція 2. Об'єктне орієнтоване програмування. Ієрархія. Наслідування. Інкапсуляція.</p>

	<p><i>Література основна: 4; допоміжна: 7, 8.</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
	<p>Тема 4. Варіаційний принцип</p>
6.	<p><i>Лекція. Варіаційний принцип та закони збереження у механіці. Гамільтоніан. Особливості механічних систем</i></p> <p><i>Література основна: 1-2; .допоміжна 1, 2, 11-13.</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
	<p>Тема 5. Детерміновані та ймовірнісні моделі.</p>
7	<p><i>Лекція. Детерміновані та ймовірнісні моделі. Приклади ймовірнісних моделей. «Снінове-скло» - модель еволюції. Модель еволюції гіперциклів М.Ейгена і П.Шустера</i></p> <p><i>Література основна: 1, 2; допоміжна 3, 15</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
	<p>Тема 8. Основні типи рівнянь, що використовуються в якості компонентів математичних моделей</p>
8.	<p><i>Лекція. Класифікація диференціальних рівнянь. Види диференціальних рівнянь. Диференціальні рівняння вищих порядків. Топологічні методи аналізу систем диференціальних рівнянь. Класифікація особливих точок.</i></p> <p><i>Література основна: 1- 2; допоміжна 1-6, 11, 12.</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
9	<p><i>Лекція: Метод ізоклін. Генератор Ван дер Поля. Побудова фазового портрету.</i></p> <p><i>Література основна: 1, 2; допоміжна 1-6, 15</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
	<p>Тема 10. Особливі рішення диференціальних рівнянь</p>
10	<p><i>Лекція. Сингулярні рішення. Постановка проблеми. Приклад.</i></p> <p><i>Література основна: 1-2; .допоміжна 4-6</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
	<p>Тема 9. Нелінійність та неоднорідність в математичних моделях</p>
11	<p><i>Лекція: Про нелінійності математичних моделей. Дисипативні системи. Деякі моделі простих нелінійних об'єктів. Біфуркація. Детермінований хаос. Рівняння Лоренца. Елементи теорії катастроф. Стохастичний резонанс.</i></p> <p><i>Література основна: 1-2; .допоміжна 3, 9, 15</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
	<p>Тема 11. Розповсюдження акустичних хвиль у середовищах</p>
12	<p><i>Лекція 1. Базові рівняння та фізичні положення. Рівняння д'Аламбера. Особливості розповсюдження звукових хвиль в газі, рідині та твердому тілі</i></p> <p><i>Література основна: 5. допоміжна: 10, 13, 14</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>

13	<p><i>Лекція 2: Дисипація енергії звукових хвиль. Базові підходи до моделювання звукових хвиль у неоднорідному середовищі</i></p> <p><i>Література основна: 1, 2. допоміжна: 4-6, 13, 14</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 12. Аналітичні методи дослідження моделей	
14	<p><i>Лекція. Метод збурень. Реверсивний метод. Метод варіації параметрів. Принципи гармонічного балансу для коливальних систем. Метод ітерацій. Приклади.</i></p> <p><i>Література основна: 1, 2. допоміжна: 1-3, 11-15</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>

Лабораторні заняття

Метою практичних/лабораторних занять є вивчення та засвоєння принципів побудови математичних моделей, впливу різних механізмів взаємодії компонентів на тип моделей та отримати практичні базові навички комп'ютерного моделювання складних систем.

Таблиця. Лабораторний комп'ютерний практикум

№ з/п	Тема практичних/лабораторних занять	Годин
1.	<i>Знайомство з Simulink.</i> Інтерфейс середовища Simulink. Побудова інтегратора	2
2.	<i>Знайомство з Simulink.</i> Передаточна функція РС-ланцюга. Приклади моделювання пасивних електричних кіл.	2
3.	<i>Підсистеми в Simulink</i> Моделювання, використовуючи підсистеми та порівняння моделювання за різними методами на прикладі електронних кіл	4
4.	<i>Детермінований хаос.</i> Моделювання системи диференціальних рівнянь системи Лоренца в Simulink та методом програмування	4
5.	<i>Ідентифікація параметрів системи.</i> Основи хімічної кінетики та принцип побудови диференціальних рівнянь. Методи оптимізації функції засобами Matlab.	4
6.	<i>Об'єктно орієнтоване програмування (ООП).</i> Отримання навичок створення об'єктів, їх наслідування в середовищі Matlab. Спектральний та кореляційний аналіз	4

7.	<p><i>Комп'ютерне моделювання розповсюдження акустичних хвиль методом скінчених різниць в середовище Matlab</i></p> <p>Хвильове рівняння д'Аламбера. 2D задача розповсюдження звукових хвиль у однорідному середовищі Прозорі та непрозорі границі. Отримання навичок створення графічного інтерфейсу у модулі appdesigner. 3D задача розповсюдження звукових хвиль у середовищі з неоднорідностями</p>	8
----	---	---

6. Самостійна робота студента/аспіранта

На протязі всього навчального часу студенти виконують індивідуальні завдання у формі рефератів та звітів, теми яких пов'язані з поглибленим вивченням окремих питань навчального курсу. Реферати повинні бути захищені у вигляді наукової доповіді на 10-15 хв.

До самостійного вивчення та засвоєння студентам пропонується наступні теми:

1. Рівняння гіперболічного типу.
2. Рівняння параболічного типу.
3. Рівняння еліптичного типу.
4. Метод кінцевих різностей.
5. Метод скінчених елементів.
6. Відпрацювання методів аналітичного рішення диференціальних рівнянь

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студента :

- *відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних) - обов'язкові;*
- *правила поведінки на заняттях - активність, підготовка коротких доповідей чи текстів;*
- *правила захисту лабораторних робіт – своєчасність виконання, засвоєння матеріалу;*
- *правила захисту індивідуальних завдань – своєчасність виконання, засвоєння матеріалу ;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: штрафні бали – за вкрай несвоєчасне виконання завдань; заохочувальні бали – за виконання додаткових індивідуальних завдань ;*
- *політика дедлайнів та перескладань – за розкладом;*
- *політика щодо академічної доброчесності – взаємоповага.*

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

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні заняття дорівнює 7 балів × 4 = 28 балів.

2. РГР або реферат

- «відмінно» – 14..13 балів;
- «добре» – 12..9 балів;
- «задовільно» – 8..4 балів;
- «незадовільно» – 3..0 балів.

3. Контрольні роботи.

Ваговий бал за кожне завдання – 4. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює $5 \text{ балів} \times 4 = 8 \text{ балів}$.

- 5 - правильна відповідь;
- 4 - правильна відповідь з незначними помилками;
- 3 - правильна відповідь з значними помилками;
- 2 - неправильна відповідь з елементами правильної;
- 1 - наявність спроб надати правильну відповідь;
- 0 - неправильна відповідь або відсутність відповіді.

4. Екзамен

Максимальна кількість балів – 50

- 50 - правильні відповідь;
- 40..49 - правильна відповідь з незначними неточностями;
- 30..39 - правильна відповідь з значними неточностями;
- 20..29 - неправильна відповідь з елементами правильної;
- 1..19 - наявність спроб надати правильну відповідь;
- 0 - неправильна відповідь або відсутність відповіді.

Загальна максимальна кількість балів – $28+14+8+50=100$

Кількість балів	Оцінка
більше 95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль: відповідно до тематики лекційних занять.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри, к.т.н., с.н.с. Ніколов М.О.

Ухвалено кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (N 06-24 ВІД 11.06.24)

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 10/2024 від 25.06.2024)