Затверджено Вченою Радою ОНУ
імені І.І. Мечникова
від "20" грудня 2016 р. № 4

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Кафедра теоретичної механіки

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____
"____" _____ 20___ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 6.2 «Теорія і практика чисельного експерименту»
(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти _____бакалавр_____

Спеціальність _____126 – Інформаційні системи та технології_____
(код і назва спеціальності (тей)

Факультет _____математики, фізики та інформаційних технологій_____
(назва інституту, факультету)

2021

Робоча програма складена на основі навчальної програми з дисципліни «Теорія і практика чисельного експерименту».

Розробники:
Волков В.Е., д-р техн. наук, професор, зав. кафедри ТМ
Царенко О.П., ст. викладач кафедри ТМ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної механіки

Протокол № 1 від. "31" серпня 2021р.

Завідувач кафедри _____ (В.Е. Волков)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) з ІТ факультету МФІТ

Протокол № 1 від. "06" 09 2021р.

Голова НМК _____ (О.С. Савастру)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри _____

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри _____

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="15">Загальна кількість: кредитів 6 ECTS

годин 180

залікових модулів 1

змістових модулів 2

ІНДЗ* – __курсова__
(вид завдання)</td><td rowspan="15">Галузь знань
12 Інформаційні технології
(шифр і назва)

Спеціальність
126 Інформаційні системи та технології
(код і назва)

Спеціалізації:
_____
(назва)

Рівень вищої освіти:
Перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Нормативна / за вибором (ВНЗ/студента)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td colspan="2">3-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td colspan="2">5-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td colspan="2">34 годин</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td colspan="2">52 годин</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td colspan="2">94 години</td></tr>
<tr><td colspan="2">у т.ч. ІНДЗ*: - год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма підсумкового контролю:
залік</td></tr>
</table>

* – за наявності

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета

Мета викладання дисципліни «*Теорія і практика чисельного експерименту»* полягає у наданні теоретичних знань та практичних навиків застосування загальних законів та правил проведення математичних обчислень із використанням сучасної обчислювальної техніки та об'єктно-орієнтованих мов програмування. Використання основних методів наближених обчислень до розв'язування типових задач прикладної математики, фізики, механіки та інших проектних проблем.

Мета проведення лекцій полягає у тому, щоб поглибити та розширити знання студентів з математичного аналізу, векторної та вищої алгебри, диференціальних рівнянь завдяки застосуванню їх математичного апарату при розв'язуванні практичних питань щодо побудування обчислювальних алгоритмів.

Розкриття методологічних основ математичних методів дослідження реальних фізичних та механічних процесів, явищ та задач.

Вивчення загальних правил розробки прикладного математичного забезпечення, методів тестування та вибору тестових завдань. Знайомство з поняттям стійких та нестійких обчислювальних алгоритмів.

Вивчення типів похибок, що виникають під час чисельного моделювання та проведення відповідних обчислень на ПЕОМ. Засвоєння рекомендацій щодо можливого зменшення похибок для окремих видів обчислень.

Оволодіння та поглиблене засвоєння прийомів використання сучасних мов програмування при розробці чисельних алгоритмів.

Оволодіння навичками розв'язування простіших обчислювальних задач науково-технічного характеру та змісту, та оформлення відповідних звітів.

Завдання:

Завданням дисципліни є набуття студентами теоретичних знань та практичних навичок Ознайомитися із загальними положеннями математичної теорії наближених обчислень та чисельних методів.

Навчитися застосовувати знання з загальних математичних дисциплін до постановки та розв'язування основних задач чисельного аналізу.

Навчитися визначати основні вимоги до чисельних методів, які плануються до використання під час розв'язування певних фізико-математичних проблем.

Навчитися визначати особливості в програмних реалізаціях тих чи інших методів обчислень одного класу.

Навчитися будувати або формувати тестові завдання (задачі), що призначені для перевірки коректності розроблених чисельних алгоритмів та відповідних програмних компонентів.

Вивчити основні способи візуалізації масивів числових даних, що являють собою набори даних певної фізико-математичної задачі.

Вивчити особливості компонування комп'ютерних програм, де використовуються розроблені чисельні алгоритми.

Навчитися застосовувати сучасні мови програмування та популярні середовища розробки прикладних програм або пакетів математичного забезпечення для розв'язування задач механіки.

Навчитися проводити безпосередні математичні обчислення та розрахунки, зберігати результати у виді файлів певного типу..

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

а) Загальні компетентності:

КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

б) Спеціальні (фахові, предметні) компетентності: КС.18, ФК.10, ФК.29

КС 1. Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.

КС 3. Здатність до проектування, розробки, налагодження та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно-апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (IoT), комп'ютерно-інтегрованих систем та системної мережної структури, управління ними.

КС 6. Здатність використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші), методики й техніки кібербезпеки під час виконання функціональних завдань та обов'язків.

КС 10. Здатність вибору, проектування, розгортання, інтегрування, управління, адміністрування та супроводжування інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

КС 11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.

КС 13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень .

КС 15. Здатність до математичного та логічного мислення, а також до використання математичного апарату фундаментальної та прикладної математики під час розв'язання прикладних і наукових завдань в області інформаційних систем і технологій.

КС 16. Здатність до алгоритмічного мислення, а також до використання методів програмної інженерії для розробки програмного забезпечення з урахуванням вимог до його якості, надійності, виробничих характеристик.

КС 18. Здатність використовувати чисельні методи та методи наближених обчислень для розв'язання прикладних задач у формі проектних розрахунків або чисельного експерименту по певному процесу.

Очікувані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати наступні ПРН:

ПР 1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

ПР 3. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого

рівня із застосуванням об’єктно-орієнтованого програмування для розв’язання задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.

ПР 5. Аргументувати вибір програмних та технічних засобів для створення інформаційних систем та технологій на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи і експлуатаційних умов; мати навички налагодження та тестування програмних і технічних засобів інформаційних систем та технологій.

ПР 6. Демонструвати знання сучасного рівня технологій інформаційних систем, практичні навички програмування та використання прикладних і спеціалізованих комп’ютерних систем та середовищ з метою їх запровадження у професійній діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні задачі, які вирішує обчислювальна математика;
- поняття про: чисельний експеримент, його складові та етапи реалізації;
- основні етапи розв'язування сучасної фізико-математичної проблеми;
- поняття про: моделі, методи, алгоритми та програмну реалізацію та їх місце у вирішенні певної або загальної проблеми;
- поняття про: головні джерела та типи числових похибок, абсолютну та відносну похибки обчислень, цілу, десятинну та бінарну форми запису числових даних, похибку заокруглювань, похибку реалізації алгоритму обчислень;
- поняття про: вірні та значущі цифри десятинного числа, яке отримане під час обчислень;
- поняття про: похибки, які виникають під час проектування, програмування та безпосередньої реалізації обчислень за фізико-математичною проблемою;
- поняття про: стійкі та нестійкі алгоритми за певною математичною моделлю, вхідні та вихідні числові дані, файли тощо;
- математичні постановки основних задач механіки та їх складові;
- основні елементи сучасного програмування, які застосовуються під час проектування чисельних алгоритмів для фізико-математичних задач;
- чисельні методи розв'язування нелінійних та алгебраїчних рівнянь;
- чисельні методи розв'язування систем нелінійних рівнянь;
- основні чисельні методи розв'язування задач лінійної алгебри;
- методи наближення функцій (інтерполювання та регресійний аналіз);
- наближені методи мінімізації функцій;
- чисельні методи обчислення похідної для функції, яку задано таблицею.

вміти:

- застосовувати сучасні мови програмування та середовища розробки програмних компонентів до розв'язування певних або загальних фізико-математичних проблем;
- будувати стійки чисельні алгоритми обчислень для складних математичних формул;
- обчислювати значення числових або функціональних рядів, розраховувати таблиці функцій та проводити аналіз функцій за таблицями даних;
- будувати графіки функцій за допомогою будь-якої програмної оболонки математичного призначення, наприклад, **MS Excel**;
- обчислювати абсолютну та відносну похибки шуканого числового результату та підраховувати кількість виконаних ітерацій;
- застосовувати методи дихотомії, дотичних або хорд до проблеми пошуку множини коренів нелінійного рівняння;
- застосовувати методи ітерацій, Ньютона або Пікара до проблеми пошуку коренів систем нелінійних рівнянь;
- застосовувати чисельні методи до задач лінійної алгебри (СЛАР), обчислювати визначник матриці, обчислювати обернену матрицю, обчислювати власні значення матриць;
- виконувати інтерполювання функцій за методами Лагранжа, Ньютона та за допомогою сплайнів;
- обчислювати похідну за допомогою інтерполяційних многочленів;
- виконувати регресійний аналіз за даними чисельних або натурних експериментів.

3. **Зміст навчальної дисципліни**

Змістовий модуль 1. «Чисельний експеримент»

Тема 1. «Введення»

Задачі чисельного експерименту. Основні етапи розв'язування фізико-математичної проблеми. Моделі, методи, алгоритмі та програмна реалізація.

Місце обчислювальної техніки в чисельному експерименті.

Особливості реалізації математичних обчислень у вигляді програмних модулів та компонентів, які застосовуються у чисельному експерименті.

Тема 2. «Чисельний експеримент з теорії коливань матеріальної точки»

Загальна постановка проблеми. Вільні коливання точки. Вплив опору на вільні коливання точки. Вплив сталих сил на вільні коливання точки. Приклади.

Вимушені коливання точки. Резонанс. Вплив опору на вимушені коливання точки. Резонанс за присутності опору.

Комп'ютерне відтворення процесу коливань матеріальної точки. Алгоритм обчислення та програмування відповідних компонентів.

Тестування розроблених алгоритмів та відповідних програмних модулів.

Тема 3. «Дані чисельного експерименту»

Загальна постановка проблеми. Методи та програмні засоби зберігання даних чисельного експерименту.

Бінарні та форматні файли. Методики доступу до даних у вигляді файлів. Штатні та нештатні ситуації при роботі з файлами. Обробка нештатних ситуацій.

Методика візуалізації числових даних, що стосуються задач коливання матеріальної точки. Програмні компоненти двовимірної графіки.

Алгоритми методів та їх програмні реалізації. Тестування алгоритмів та відповідних програмних модулів.

Тема 4. «Інтерполювання при чисельному експерименті»

Постановка задачі. Інтерполювання за Лагранжем. Методи та алгоритми чисельного диференціювання.

Інтерполювання за Лагранжем для великих масивів даних. Особливості реалізації відповідних алгоритмів. Програмні реалізації, тестування та аналіз можливості застосування. Розробка допоміжних алгоритмів (подвійного диференціювання).

Обчислення динамічних характеристик прямолінійних коливань точки (за даними чисельного експерименту).

Застосування виключень. Додавання виключень до чисельних алгоритмів.

Тема 5. «Інтегрування рівнянь руху матеріальної точки»

Комп'ютерна реалізація методів Рунге-Кутта для інтегрування загального диференціального рівняння другого порядку. Загальна схема методу (алгоритм) та її програмна реалізація. Вимоги до програмних компонентів при реалізації схем типу Рунге-Кутта.

Допоміжні алгоритми та їх програмна реалізація, тестування тощо.

Аналіз отриманих результатів для різних випадків коливань.

Змістовий модуль 2. «Оригінальні методи розв'язування задач механіки»

Тема 6. «Метод степеневих рядів»

Загальна постановка проблеми. Термінологія, основні визначення та поняття для метода степеневих рядів. Задачі загальної механіки, які потребують застосування методу степеневих рядів. Методика обчислення спеціальних функцій математичної фізики із застосуванням степеневих рядів.

Тема 7. «Операції із степеневими рядами»

Додавання степеневих рядів. Віднімання степеневих рядів. Множення степеневих рядів. Ділення степеневих рядів. Зворотні степеневі ряди.

Диференціювання та інтегрування степеневих рядів.

Обчислення функцій від степеневих рядів та перетворення їх у степеневі ряди.

Перетворення степеневих рядів. Алгоритми обчислення, програмні реалізації, тестування та обговорення результатів.

Тема 8. «Комп'ютерне моделювання статики твердого тіла»

Загальна постановка задачі. Необхідні та достатні умови рівноваги твердого тіла. Рівняння статики.

Моделювання стану твердого тіла, що знаходиться під дією сил.

Алгоритми методів та їх програмні реалізації. Тестування алгоритмів та відповідних програмних модулів.

Тема 9. «Комп'ютерне відтворення руху точки під дією центральної сили»

Постановка задачі. Традиційний спосіб розв'язування задачі. Закон всесвітнього тяжіння. Задача Ньютона. Визначення траєкторії руху точки.

Оригінальний спосіб розв'язування задачі. Кінематика руху точки. Комп'ютерне відтворення оригінального способу розв'язування задачі.

Алгоритми методів та їх програмні реалізації. Тестування алгоритмів та відповідних програмних модулів.

Тема 10. «Регресійний аналіз»

Постановка задачі. Апроксимація функцій (результатів чисельного експерименту) методом найменших квадратів. Лінійна, квадратична апроксимації. Вибір інших видів апроксимуючих функцій.

Алгоритми методів та їх програмні реалізації. Тестування алгоритмів та відповідних програмних модулів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п/с	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1. «Чисельний експеримент»										
Тема 1. «Введення»	14	2		4	8					
Тема 2. «Чисельний експеримент з теорії коливань матеріальної точки»	18	4		6	8					
Тема 3. «Дані чисельного експерименту»	14	2		4	8					
Тема 4. «Інтерполювання при чисельному експерименті»	18	4		6	8					
Тема 5. «Інтегрування рівнянь руху матеріальної точки»	16	2		6	8					
Разом за змістовим модулем 1	**80**	**14**		**26**	**40**					
Змістовий модуль 2. «Оригінальні методи розв’язування задач механіки»										
Тема 6. «Метод степеневих рядів»	20	4		6	10					
Тема 7. «Операції із степеневими рядами»	20	4		6	10					
Тема 8. «Комп’ютерне моделювання статики твердого тіла»	22	4		6	12					
Тема 9. «Комп’ютерне відтворення руху точки під дією	20	4		6	10					

центральної сили»										
Тема 10. «Регресійний аналіз»	18	4		4	10					
Разом за змістовим модулем 2	**100**	**20**		**28**	**52**					
ІНДЗ*										
Усього годин	**180**	**34**		**52**	**94**					

* – Не передбачено робочим навчальним планом

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

6. Теми практичних занять

Не передбачено навчальним планом

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження коливань матеріальної точки під дією різноманітних сил	4
2	Створення програмних компонентів для зберігання та обробки числових даних	6
3	Обробка результатів чисельного експерименту із використання інтерполяційних многочленів	6
4	Чисельне інтегрування рівнянь коливань матеріальної точки	6
5	Метод степеневих рядів. Створення класу.	6
6	Операції із степеневими рядами. Тестування.	
7	Комп’ютерне моделювання статики твердого тіла.	6
8	Комп’ютерне відтворення руху точки під дією центральної сили.	6
9	Регресійний аналіз. Різні функції	6

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/ види завдань	Кількість годин
1	Виконання курсової роботи	0
	Разом	0

До самостійної роботи відноситься:
[1] – підготовка до лекцій, лабораторних занять;
[2] – написання коду додатків лабораторних робіт;
[3] – проведення аналізу отриманих моделей.

9. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Не передбачено навчальним планом

10. Методи навчання

Лекції з використанням мультимедійного презентаційного матеріалу.
Студенти під час лекційних занять слухають теоретичний матеріал за даною навчальною дисципліною. Весь теоретичний матеріал, оформлений у вигляді електронного конспекту лекцій, є доступним для кожного студента.
Під час проведення лабораторних занять (у комп'ютерному класі) студенти виконують заплановані лабораторні роботи (завдання) у відповідності до методичного матеріалу, який безпосередньо видається студенту.
Зазначений методичний матеріал доступний студенту у електронному вигляді.
Лабораторні роботи, які виконує студент під час аудиторних часів, є ґрунтом для подальшого виконання індивідуальних розрахунково-графічних завдань, які носять характер модульних контрольних робіт із відповідною письмовою звітністю.

11. Методи контролю

Під час семестру студент виконує низку контрольних завдань індивідуального характеру. За кожну лабораторну роботу або контрольне завдання студент може отримати 10-15 балів. Загальна можлива кількість балів становить 100.

Критерії оцінювання на підсумковому модульному контролі:

1. Відповідь повинна бути повною і короткою. Вона не повинна мати в собі матеріал, що не відноситься до суті питання.
2. Чітко формулювати твердження, вправно застосовувати необхідні формули і знання основних питань програми.
3. Відповіді, що мають помилкові твердження оцінюються виходячи з близькості відповіді до правильної.
4. Пропуски в обґрунтуванні тверджень враховуються і це призводить до зменшення кількості балів.
5. Малі недоліки, неточності при викладенні матеріалу, зменшують кількість балів.
6. Незнання і нерозуміння основної ідеї теоретичного питання або задачі призводить до зняття до 90 % балів.
7. Якщо відповідь на питання відсутня то виставляється нуль балів.

12. Завдання для підсумкового контролю

13. Розподіл балів, які отримують студенти

Орієнтовний приклад для заліку

ЛР 1	**ЛР 2**	**ЛР 3**	**ЛР 4**	**ЛР 5**	
10	**10**	**10**	**10**	**10**	
ЛР6	**ЛР7**	**ЛР8**	**ЛР9**		**Всього**
10	**10**	**15**	**15**		100

ЛР1-ЛР09 – лабораторні роботи

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	**A**	відмінно	зараховано
85-89	**B**	добре	
75-84	**C**		
70-74	**D**	задовільно	
60-69	**E**		
35-59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	**F**	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. https://metanit.com/sharp/tutorial
2. https://docs.microsoft.com/en-us/
3. Електронний варіант лекцій.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та контрольних завдань в електронній формі.

14. Рекомендована література

Основна

1. Андруник В.А., Висоцька В.А., Пасічник В.В., Чирун Л.Б., Чирун Л.В. Чисельні методи в комп'ютерних науках: навчальний посібник – Львів: Видавництво «Новий світ – 2000», 2020. – 470 с.
2. Шахно С.М. Чисельні методи лінійної алгебри.: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 245 с.
3. Шахно С.М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. Практикум з чисельних методів.: Навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 432 с.
4. Т.П. Караванова. Основи алгоритмізації та програмування. 750 задач з рекомендаціями та прикладами. – К.: Форум, 2002.

Додаткова

5. Коноваленко І.В. Програмування мовою C# 7.0 : навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя 2017 – 300 с.
6. Волков Е.А. Численные методы. – М.: Наука, 1982.
7. Уилкинсон Райнш Справочник алгоритмов по Линейной алгебре. – Москва «Машиностроение», 1976

8. Д. Мак-Кракен, У. Дорн Численные методы и программирование на Фортране. – Москва, «Мир», 1977
9. Эндрю Троелсен Язык программирования C#. – Москва. Изд. дом «Вильямс», 2007
10. Фомин Г.В. Введение в программирование на C# в среде MS Visual Studio. : ЮФУ, 2011.
11. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Наука, 1987.
12. Бахвалов Н.С., Кобельков Г.М., Поспелов В.В. Сборник задач по методам вычислений. – М.: Изд-во МГУ, 1989.