

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет**

Кафедра математичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

Харитонов О.М.

« 31 » *серпня* 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
Науковий семінар з обчислювальної математики
для студентів**

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	111 «Математика»
освітній рівень	другий (магістр)
освітня програма	«Математика»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: Вакал Євген Сергійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичної фізики;
Довгий Борис Павлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичної фізики;
Гап'як Ігор Васильович, кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри математичної фізики;

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ – 2021

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Робоча програма «**Науковий семінар з обчислювальної математики**»

для студентів *галузі знань/спеціальності/освітньої програми* 11 Математика та статистика / 111
Математика / Математика

« » _____ 2021 року - с.

Розробники²: Довгий Борис Павлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичної фізики;

Вакал Євген Сергійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичної фізики.



_____ (проф. Самойленко В.Г.)

Протокол № 8 від «9» 02.2021

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від «31» 08 2021 року № 1

Голова науково-методичної комісії _____ 04 (проф. Олійник А.С.)

«31» 08 2021 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Науковий семінар з обчислювальної математики» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 математика та статистика зі спеціальності 111 математика освітньої програми «математика».

Дана дисципліна є ДВВС.

Викладається у 3 семестрі 2 курсу в обсязі 90 год. (3 кредити ECTS¹) зокрема: семінарські заняття – 28 год., консультацій – 2 год., самостійна робота – 60 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі та 2 модульні контрольні роботи. Завершується дисципліна заліком у третьому семестрі.

1. Мета дисципліни – забезпечити формування у студентів здатності сприймати сучасні методи, теоретичні положення та основні застосування теорії різницевих схем для нелінійних диференціальних рівнянь, вміти використовувати та практично реалізовувати різницеві методи в системах комп'ютерної математики (СКМ) MATLAB, Maple, Mathematica.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Знати основні поняття теорії диференціальних рівнянь з частинними похідними, постановками задач для них і чисельними методами знаходження їх розв'язків; основні об'єкти і структури керування певної СКМ;

вміти будувати різницеві схеми для найпростіших задач; використовувати наявні вбудовані функції і відповідні солвери СКМ;

володіти елементарними навичками: перетворення наявного алгоритму в програмний код СКМ, тестування і відлагодження програм на модельних задачах.

3. Анотація навчальної дисципліни:

У програмі дисципліни основна увага приділяється реалізації різницевих методів розв'язання нелінійних крайових задач та крайових задач з нелійними крайовими умовами за допомогою наявних вбудованих функцій і солверів СКМ, а також створення власних програмних реалізацій. Побудова алгоритмів та програм для реалізації чисельних методів розв'язання нелінійних еволюційних рівнянь, зокрема рівнянь теплопровідності з різними видами нелінійності, Больцмана, Енскога, Кортевега-де Фріза, рівнянь з несамопряженим оператором та інших з подальшим аналізом отриманих розв'язків та їх візуалізацією. Отримані математичні поняття та практичні навички використання СКМ необхідні для застосування різницевих методів в комп'ютерних науках, сприяють розвитку логічного та аналітичного мислення студентів.

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

4. Завдання (навчальні цілі) –

1. Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від математики;
2. Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук;
3. Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу;
4. Здатність до пошуку, оброблення й аналізу інформації з різних джерел, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань;
5. Здатність генерувати нові ідеї при аналізі та розв'язанні прикладних задач;
6. Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово;
7. Здатність спілкуватися іноземною мовою;
8. Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування;
9. Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність;
10. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері математики та її практичних застосувань;
11. Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси;
12. Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу шляхом використання сценаріїв застосування різницевого алгоритмів і методів та переносити математичні знання у нематематичні контексти;
13. Здатність застосовувати знання, уміння та навички у професійній діяльності і доводити знання та власні висновки до фахівців та нефаківців;
14. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань;
15. Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері математики.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання (формується розробником)			
1.1	основні поняття теорії різницевого схем (РС)	Семінарські заняття, з використанням математичних пакетів, самостійна робота	Модульна контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), оцінювання роботи на семінарських заняттях, залік, усні відповіді	2,5%
1.2	прикладні сіток, сіткові функції та сіткові норми, реалізація в СКМ			2,5%
1.3	апроксимація основних диференціальних операторів			5%
1.4	похибка та порядок апроксимації диференціальних операторів			5%
1.5	побудова явних і неявних РС для нелінійних крайових задач, реалізація в СКМ			5%
1.6	способи дискретизації крайових умов в нелінійних задачах,			5%

	апроксимації РС та дослідження їх стійкості;			
1.7	основні методи розв'язання нелінійних крайових задач за допомогою різницевих методів			5%
1.8	розв'язання конкретних задач нелінійної оптики, нелінійних еволюційних рівнянь сучасної математичної фізики.	Семінарські заняття, з використанням математичних пакетів, самостійна робота	Модульна контрольна робота 2 (60% правильних відповідей), оцінювання роботи на семінарських заняттях, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	7,5%
1.9	наявні солвери в СКМ, які можуть ефективно використовуватись при розв'язанні крайових задач математичної фізики			7,5%
2.1	будувати рівномірні та нерівномірні сітки, знаходити різниці апроксимації для диференціальних операторів; реалізувати в СКМ	Семінарські заняття, з використанням математичних пакетів, самостійна робота	Модульна контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), оцінювання роботи на семінарських заняттях, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	5%
2.2	визначати похибки апроксимації на сітці, досліджувати стійкість РС; виконати перевірку на модельних задачах з реалізацією в СКМ			5%
2.3	будувати РС для нелінійних крайових задач; реалізувати отримані алгоритми в СКМ			5%
2.4	будувати РС для крайових задач з нелійними крайовими умовами, знаходити розв'язки для системи нелінійних рівнянь та задач Коші для нелінійних диференціальних рівнянь використовуючи солвери СКМ	Семінарські заняття, з використанням математичних пакетів, самостійна робота	Модульна контрольна робота 2 (60% правильних відповідей), оцінювання роботи на семінарських заняттях, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	7,5%
2.5	використовувати різні алгоритми методу прогонки для відповідних систем лінійних алгебраїчних рівнянь, знаходити розв'язки для нелінійних крайових задач з розривними розв'язками та спеціальними умовами спряження			7,5%
2.6	будувати РС для рівнянь нелінійної оптики, Кортевега-де Фріза, нелінійних кінетичних рівнянь Больцмана, Енскога, розв'язувати рівняння теплопровідності та дифузії, переносу речовини з оператором, що містить молодші похідні, та системи рівнянь що належать різним типам			10%
2.7	використовувати математичні пакети Matlab, Maple, Mathematica для візуалізації і розв'язання задач			10%
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	Семінарські заняття, самостійна робота	Активна робота на семінарських заняттях, самостійна робота, усні відповіді Виступ з доповіддю за темою наукового дослідження	2 %
4.1	демонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів			1.5%
4.2	високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність			1.5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	4.1	4.2	
Програмні результати навчання (назва)																				
знання																			+	
ПРН-3-1. Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук у сфері математики.	+	+	+	+			+		+										+	+
ПРН-3-2. Відтворювати знання фундаментальних розділів математики в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань і використання математичних методів у обраній професії.	+	+	+	+	+	+	+	+											+	+
ПРН-3-3. Володіти основами математичних дисциплін і теорій, зокрема які вивчають моделі природничих і соціальних процесів	+	+	+	+			+	+	+										+	+
ПРН-3-4. Володіти математичними методами аналізу, прогнозування та оцінки параметрів моделей, математичними способами інтерпретації числових даних та принципами функціонування природничих процесів.	+	+	+	+			+	+	+										+	+
Уміння																			+	+
ПРН-У-1. Уміти використовувати фундаментальні математичні закономірності у професійній діяльності.										+				+	+	+			+	+
ПРН-У-2. Читати і розуміти фундаментальні розділи математичної літератури та демонструвати майстерність їх відтворення в аргументованій усній та/або письмовій доповіді.										+	+	+	+	+	+	+			+	+
ПРН-У-3. Доносити професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу.																		+	+	+
ПРН-У-8. Бути наполегливим у досягненні мети під час вирішення математичної проблеми.										+	+	+	+	+	+	+			+	+
ПРН-У-10. Усно й письмово спілкуватися рідною та іноземною мовами в науковій, виробничій та соціально-суспільній сферах діяльності із професійних питань; читати спеціальну літературу; знаходити, аналізувати та використовувати інформацію з різних джерел																		+	+	+
ПРН-У-11. Використовувати раціональні способи пошуку та використання науково-технічної інформації, включаючи засоби електронних інформаційних мереж; застосовувати інформаційні ресурси, у тому числі електронні, для пошуку відповідних математичних моделей.																	+	+	+	+
ПРН-У-12. Дотримуватися норм етичної поведінки стосовно інших людей, адаптуватися та комунікувати																		+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на семінарських заняттях, усні відповіді: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН1.7, РН1.8, РН1.9 – 14 балів/7 бали;
 2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН2.5, РН2.6, РН2.7 – 5 балів/2 балів;
 3. Модульна контрольна робота 1: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН1.7, РН2.1, РН2.2, РН2.3 – 18 балів/12 балів;
 4. Модульна контрольна робота 2: РН1.8, РН1.9, РН2.4, РН2.5, РН2.6, РН2.7 – 18 балів/12 балів;
 5. Виступ з доповіддю за темою наукового дослідження: РН3.1, РН4.1, РН4.2 – 5 балів/2 бали;
- Разом 60/35;

- підсумкове оцінювання: залік.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН1.6, РН1.7, РН1.8, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН2.5, РН2.6;
- форма проведення і види завдань: письмова робота.

7.2. Організація оцінювання:

Активна робота на семінарських заняттях передбачає відповіді на питання викладача, виконання задач, запропонованих керівником курсу.

Самостійна робота передбачає виконання зазначених керівником курсу завдань практичного характеру з тематики, запропонованої викладачем, та представлення завдань, виконаних із застосуванням систем комп'ютерної математики.

Допускається оцінювання за допомогою технологій дистанційного навчання.

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж рекомендований мінімум **35** балів, для підвищення балів отримують можливість виконати додаткову контрольну роботу та скласти домашні завдання. Студенти, які набрали впродовж семестру та за рахунок додаткових етапів оцінювання сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум **20** балів, до складання заліку не допускаються.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка” (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

Форма заліку – письмово-усна. Студенту пропонується нескладна математична задача, для якої необхідно побудувати різницеву задачу, виконати необхідні теоретичні обґрунтування, побудувати алгоритм розв'язання і створити програмний код на СКМ. Кожний з цих чотирьох етапів завдання оцінюються від 0 до 8 балів. Додатково від 0 до 8 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. . Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 24 бали.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1: на 5-му тижні навчального періоду.
2. Модульна контрольна робота 2: на 8-му тижні навчального періоду.
3. Доповідь за темою наукового дослідження: до 12 тижня навчального періоду.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Credited	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план семінарських занять

№ теми	Назва теми	Кількість годин	
		Семінарські заняття	Самостійна робота
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Різницеві методи розв'язання нелінійних крайових задач			
1.	Принципи побудови РС	4	10
2.	Побудова явних і неявних РС для нелінійних крайових задач. Реалізація модельних задач в СКМ	4	6
3.	Основні методи розв'язання нелінійних крайових задач за допомогою різницевих методів. Найвні вбудовані функції і солвери в СКМ	4	14
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Числове розв'язування нелінійних задач математичної фізики			
4.	РС розв'язання нелінійних задач оптики та теплопро-відності. Реалізація в СКМ	4	6
5.	Побудова РС для крайових задач з нелійними крайо-вими умовами, знаходження розв'язків для системи нелінійних рівнянь та задач Коші для нелінійних диференціальних рівнянь. Реалізація в СКМ за допомогою відповідних солверів та власних програм	4	6
6.	Нелінійні кінетичні рівняння та рівняння Кортевега-де_Фріза. Реалізація в СКМ за допомогою відповідних солверів та власних програм	4	10
7.	Розв'язання рівнянь тепло-провідності, переносу з несамоспряженим оператором та систем рівнянь різних типів. Реалізація в СКМ за допомогою відповідних солверів та власних програм	4	8
Всього годин за семестр		28	60

Загальний обсяг 90 год., у тому числі:

Семінарських занять – 28 год.

Консультацій – 2 год.

Самостійної роботи – 60 год.

Модульні контрольні роботи (МКР 1–2) – 0 год. (проводяться після занять).

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (базова)

1. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем/ А.А. Самарский. – М.: Наука, 1971. – 553 с.
2. Попов В.В. Методи обчислень / В.В. Попов. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2012. – 303 с.
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Наука, 1987. – 636 с.
4. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности / Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет. – Томск.: Из-во Томского политехнического ун-та, 2007. – 172 с.
5. Ортега Дж. Пул У. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений / Дж. Ортега, У. Пул. – М.: Наука. 1986. – 288 с.
6. Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / Ж.Л. Лионс. – М.: Мир, 1972.
7. Березин Ю.А. О численных решениях уравнения Кортевега-де Вриза / Ю.А. Березин // Численные методы механики сплошной среды. – Новосибирск. – 1973. – Т.4, е2, с.20-31.
8. Довгий Б.П., Вакал Є.С., Вакал Ю.Є., Попов А.В. Використання математичного пакета MATLAB для розв'язування прикладних задач / Б.П. Довгий, Є.С. Вакал, Ю.Є. Вакал, А.В. Попов.– Київ: Фітосоціоцентр, 2012. – 78 с.
9. Довгий Б.П., Вакал Є.С., Вакал Ю.Є., Попов А.В. Використання системи комп'ютерної математики MATLAB для розв'язування прикладних задач / Б.П. Довгий, Є.С. Вакал, Ю.Є. Вакал, А.В. Попов. – Київ: ВПЦ "Київський університет", 2016. – 143 с.
10. Довгий Б.П., Вакал Є.С., Вакал Ю.Є. Методи обчислень: методичні вказівки до лабораторних робіт з використанням пакета MATLAB / Б.П. Довгий, Є.С. Вакал, Ю.Є. Вакал, – Київ: ВПЦ "Київський університет", 2017. – 60 с.

Додаткова:

1. *Cercignani C. Gerasimenko V.I., Petrina D. Ya.* Many-particle dynamics and kinetic equations / C. Cercignani, V.I. Gerasimenko, D.Ya. Petrina. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ, 1997. – 252 p.
2. *Аристов В.В., Черемисин В.В.* Прямое численное решение кинетического уравнения Больцмана / В.В. Аристов, Ф.Г. Черемисин. – ВЦ РАН, 1992.– 192 с.
3. *Peraud J.Ph., Landon C.D., Hadjiconstantinou N.G.* Monte Carlo methods for solving the Boltzman transport equation / J. M. Peraud, C. D. Landon, & Nicolas G. Hadjiconstantinou. – Cambridge pub., 2014. – 60 p.

10. Додаткові ресурси (за наявності):

1. *Filbet F., Russo G.* Accurate numerical methods for the Boltzmann equation / F. Filbet, G. Russo. – Chapter 4, Режим доступу: <http://www.univ-orleans.fr/mapmo/membres/filbet/Papers/chapter4.pdf>.
2. *Довгий Б.П., Ловейкін А.В., Вакал Є.С., Вакал Ю.Є.* Сплайн-функції та їхнє застосування / Б.П. Довгий, А.В. Ловейкін, Є.С. Вакал, Ю.Є. Вакал.– Київ, 127 с. Режим доступу: www.matfiz.univ.kiev.ua/uploads/books/spline_ml.pdf
3. Системи комп'ютерної математики: Matlab, Maple, Octave.