

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Механіко-математичний факультет

(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра геометрії, топології і динамічних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

(Харитонов О.М.)

«24» серпня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Динамічні системи

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 11 математика та статистика
(шифр і назва)

спеціальність 111 математика
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень другий (магістр)
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма «Математика»
(назва освітньої програми)

вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2020/2021</u>
Семестр	<u>1,2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: професор І.О. Парасюк

Пролонговано: на 2021/2022 н.р. (Харитонов) «31» серпня 2021 р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20 /20 н.р. () « » 20 р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2020

Розробник(и): Парасюк І.О., д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри геометрії, топології і динамічних систем

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри геометрії, топології і динамічних систем

 (Парасюк І.О.)

Протокол № 1 від 28.08 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 1 від 28.08 2020 року

Голова науково-методичної комісії  (Олійник А.С.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2020 року

1. Мета дисципліни – ознайомлення з основними поняттями та положеннями теорії динамічних систем, сучасною проблематикою досліджень у цій галузі знань, оволодіння базовими теоретичними та практичними методами аналізу динамічних систем.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни

1. *Знати* основні поняття, факти і теореми математичного аналізу, теорії груп, теорії диференціальних рівнянь, загальної топології, диференціальної геометрії та диференціальної топології

2. *Вміти* активно використовувати та творчо застосовувати зазначені вище знання в процесі опрацювання матеріалу курсу «Динамічні системи», аналізі низки об'єктів теорії динамічних систем

3. *Володіти елементарними навичками* дослідження збіжності послідовностей в топологічних, зокрема, метричних просторах, визначення замкненості, відкритості, компактності множин в топологічних просторах, аналізу властивостей окремих типів відображень та їх ітерацій.

3. Анотація навчальної дисципліни. Навчальна дисципліна «Динамічні системи» 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 обов'язковою.

В курсі лекцій «Динамічні системи» висвітлюються базові відомості, поняття, факти топологічної та диференціальної динаміки. Зокрема, розглядаються: загальні властивості топологічних динамічних систем, граничні множини, блукаючі та неблукаючі множини, мінімальні множини, динаміка гомеоморфізмів та дифеоморфізмів, структурна стійкість і гіперболічність, основи символічної динаміки, динаміка одновимірних відображень, хаотичні відображення.

Викладається у **1 і 2 семестрах 1 курсу** в обсязі **120 год. (4 кредитів ECTS¹, по два кредити в кожному семестрі)** зокрема: *лекції – всього 30 год., самостійна робота – 80 год, консультації 10 год.* У курсі передбачено **3 змістових модулі** та **3 модульні контрольні роботи**. Завершується дисципліна **іспитом у 2 семестрі**.

4. Завдання (навчальні цілі). Формування здатності розв'язувати складні математичні задачі задачі та практичні проблеми у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій і характеризується комплексністю та/або невизначеністю умов; набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у математиці, відповідно до освітнього рівня «магістр». Зокрема, професійне оволодіння компетентностями:

- 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 ;

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 4) Здатність до пошуку, оброблення й аналізу інформації з різних джерел, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань ;
- 5) Здатність генерувати нові ідеї;
- 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 та переносити математичні знання у нематематичні контексти;
- 13) Здатність 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.

5. Результат навчання за дисципліною.

Табл.1

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 підсум- ковій оцінці з дисциплі- ни
Код	Результат навчання			
PH1.1	Знати: означення неперервної та дискретної динамічної системи, руху, орбіти (траєкторії), точки спокою, циклу, інваріантної множини, означення граничної множини та її властивості, означення стійкості за Лагранжем та Пуассоном.	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Іспит, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	5%
PH1.2	Знати: означення та властивості множини неблукаючих точок, центру та мінімальної множини динамічної системи, рекурентного руху	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Іспит, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	5%
PH1.3	Знати: основні властивості дифеоморфізмів та гомеоморфізми кола; поняття спряженості, еквівалентності потоків та дифеоморфізмів; конструкцію відображення Пуанкаре, надбудови (підвіски)	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Іспит, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	5%
PH1.4	Знати поняття структурної стійкості, дифеоморфізму Аносова, гіперболічної структури, системи Морса-Смейла, конструкцію підкови Смейла	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Іспит, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	5%
PH1.5	Знати: основні факти з динаміки одновимірних відображень; явище біфуркації подвоєння періоду; порядок Шарковського; поняття про хаотичні відображення, фрактали.	<i>Лекції, самостійна</i>	<i>Іспит, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	5%

		<i>робота</i>		
PH2.1.	Уміти будувати потоки, породжені інтегровними автономними системами та описувати граничні множини динамічних систем	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	8%
PH2.2.	Уміти визначати наявність та тип стійкості за Лагранжем та Пуассоном у конкретних динамічних систем; доводити критерії зазначених типів стійкості	<i>Лекції, самостійна робота</i>		8%
PH2.3.	Уміти визначати наявність та описувати структуру множин неблукаючих точок, центрів, мінімальних множин, рекурентних рухів	<i>Лекції, самостійна робота</i>		7%
PH2.4.	Уміти проводити якісний аналіз одновимірних дискретних динамічних систем, зокрема каскадів на колі.	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 2 (60% правильних відповідей), виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	21%
PH2.5	Уміти досліджувати окремі типи потоків та дифеоморфізмів на предмет топологічної еквівалентності, гіперболічності та структурної стійкості. Володіти базовими принципами символічної динаміки	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 3 (60% правильних відповідей), виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	22%
PH3.1.	Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	2,5%
PH3.2.	Вироблення навиків командної роботи	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	2,5%
PH4.1	Самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних розділів (вказати дисципліну), володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації	<i>Самостійна робота</i>	<i>виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	2%
PH4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість.	<i>Самостійна робота</i>	<i>виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	2%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами

Табл.2

Результати навчання (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	4.1	4.2
	Програмні результати навчання													
Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук у сфері математики (ПРН-3-1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Відтворювати знання фундаментальних розділів математики в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань і використання математичних методів у обраній професії (ПРН-3-2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Володіти основами математичних дис-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				

циплін і теорій, зокрема які вивчають моделі природничих і соціальних процесів (ПРН-3-3);														
Володіти математичними методами аналізу, прогнозування та оцінки параметрів моделей, математичними способами інтерпретації числових даних та принципами функціонування природничих процесів (ПРН-3-4).				+	+				+	+				+
Уміти використовувати фундаментальні математичні закономірності у професійній діяльності (ПРН-У-1)						+	+	+	+	+				
Читати і розуміти фундаментальні розділи математичної літератури та демонструвати майстерність їх відтворення в аргументованій усній та/або письмовій доповіді (ПРН-У-2);	+	+	+	+	+						+		+	
Доносити професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу (ПРН-У-3);											+	+		
Бути наполегливим у досягненні мети під час вирішення математичної проблеми (ПРН-У-8);						+	+	+	+	+				+
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 довідкових джерел (ПРН-У-10);	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
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-11);	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	

7. Схема формування оцінки

7.1 Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекційних заняттях та виконання домашніх завдань: РН1.1 – РН1.5, РН 2.1-РН2.4, РН 3.1,3.2– 13 балів/ 7 балів;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1 - РН 2.5 – 5 балів/3 бали;
3. Контрольна робота 1: РН1.1-РН1.2, РН2.1-РН2.3 – 15 балів/9 балів;
4. Контрольна робота 2: РН1.3-РН1.4, РН2.4 – 12 балів/7 балів;
5. Контрольна робота 3: РН1.4-РН1.5, РН2.5 – 15 балів/9 балів;

- підсумкове оцінювання: іспит.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;

- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1 – РН1.5, РН 2.1-РН2.5, РН 3.1,3.2, РН 4.1,4.2

форма проведення і види завдань: письмова робота.

7.2. Організація оцінювання:

Активна робота на лекціях передбачає успішне проходження опитувань, що проводяться на лекціях, відповіді на запитання лектора в ході пояснення матеріалу, розв'язування вправ, що задаються викладачем на лекціях

Самостійна робота передбачає самостійне опрацювання теоретичного матеріалу з літературних джерел, конспекту лекцій, розв'язання визначеного набору задач.

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом навчання набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для добору балів до 35 отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та докласти завдання самостійної роботи. Студенти, які набрали впродовж навчання та за рахунок додаткових етапів оцінювання сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – **35** балів, до складання іспиту не допускаються.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перескладання 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 іспиту – письмова. Екзаменаційний білет складається із 4 задач. Кожне завдання оцінюються від 0 до 10 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Мінімальна кількість балів, які додаються до отриманих під час навчання – 24 бали. Якщо оцінка студента на іспиті є нижчою від мінімального порогового рівня (24 бали), то бали за іспит не додаються до семестрової оцінки (вважаються рівними нулю), а підсумкова оцінка із дисципліни є незадовільною.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Модульна контрольна робота №1: на 2-му тижні 2 семестру.
2. Модульна контрольна робота №2: на 5-му тижні 2 семестру
3. Модульна контрольна робота №3: на 14-му тижні 2 семестру
4. Оцінювання завдань самостійної роботи за РН2.1- РН2.5 на 4 тижні 1 семестру

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно/ Excellent	90 – 100
Добре/ Good	75 – 89
Задовільно/ Satisfactory	60 – 74
Не задовільно/ Fail	0 – 59
Зараховано/ Passed	60 – 100
Не зараховано/ Fail	1 – 34

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план занять

І семестр

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	практичні	самост. робота
Змістовий модуль 1				
Вступ до топологічної динаміки				
1	Тема 1. Означення та загальні властивості топологічних динамічних систем. <i>Передумови виникнення теорії динамічних систем. Динамічні системи, породжені однопараметричними групами перетворень. Базові властивості динамічних систем, породжених однопараметричними групами гомеоморфізмів. Класифікація рухів і траєкторій. Нерухомі точки, інваріантні множини.</i>	4	–	2
2	Тема 2. Граничні властивості динамічних систем. <i>Граничні точки, граничні множини. Стійкість за Лагранжем. Стійкість за Пуассоном. Неблукуючі точки. Властивості множини неблукуючих точок.</i>	6	–	0
3	Тема 3. Мінімальні множини і рекурентні рухи. <i>Означення та властивості мінімальної множини. Майже рекурентні та рекурентні рухи. Зв'язок між мінімальними множинами та рекурентними рухами.</i>	4	–	4
Модульна контрольна робота 1				
	ВСЬОГО	14	–	10

Загальний обсяг 30 год., в тому числі:

Лекції – 14 год.

Самостійна робота - 10 год.

Консультації – 6 год.

II семестр

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	, практичні	самост. робота
Змістовий модуль 2				
Основи теорії гладких динамічних систем				
4	Самостійна робота у період з 21 січня по 28 лютого Тема 4. Дифеоморфізми і потоки. <i>Елементарна динаміка дифеоморфізмів. Дифеоморфізми та гомеоморфізми кола. Спряженість, еквівалентність потоків та дифеоморфізмів. Відображення Пуанкаре. Надбудова (підвіска)</i> Опрацювання теоретичного матеріалу [3, Sec. 1]: 1.2, 1.4 – 1.7, 1.9. Виконання вправ. [3, Sec. 1]: 1.2.1 – 1.2.5; 1.4.1 – 1.4.5; 1.5.1 – 1.5.4; 1.6.1 – 1.6.6; 1.7.1 – 1.7.6.			16
5	Тема 5. Структурна стійкість і гіперболічність. <i>Локальна структурна стійкість. Огляд: Потоки на двовимірних многовидах. Дифеоморфізми Аносова. Гіперболічність. Гомоклінічна структура. Підкова Смейла. Поняття про символну динаміку.</i>	8	–	14
Модульна контрольна робота 2				
Змістовий модуль 3				
Вступ до хаотичної динаміки				
6	Тема 6. Динаміка одновимірних відображень. <i>Ітеровані відображення. Біфуркація подвоєння періоду. Періодичні точки. Порядок Шарковського.</i>	4	–	20
7	Тема 7. Хаос <i>Поняття про хаотичні відображення. Транзитивність. Чутливість. Приклади хаотичних відображень. Атрактор Лоренца. Хаос і фрактали.</i>	4	–	20
Модульна контрольна робота 3				
	ВСЬОГО	16	–	70

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – 16 год.

Самостійна робота - 70 год.

Консультації – 4 год.

9. Рекомендовані джерела

Основна (Базова):

1. Сибирский К.С., Введение в топологическую динамику. – Кишинёв: АН МССР, 1970.
2. Brin M., Stuck G. Introduction to Dynamical Systems. Cambridge-N-Y-Melbourne: Cambridge University Press, 2002.
3. Нитецки З. Введение в дифференциальную динамику. – М.: Мир, 1975.
4. Arrowsmith D.K, Place C.M. An Introduction to Dynamical Systems. . Cambridge-N-Y-Melbourne: Cambridge University Press. – 2001.
5. Irwin M.C. Smooth dynamical systems. — Singapore – New Jersey – London – Hong Kong: World Scientific, 2001.
6. Crownover R.M. Introduction to Fractals and Chaos. Boston-London: Johns and Barlett Publishers, 1999 (Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. М.: Постмаркет, 2000).

Додаткова:

1. Динамические системы I-V. Серия «Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. (Итоги науки и техники. ВИНТИ АН СССР)». Москва, 1985-1986.
2. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. – М. – Л.: Гостехиздат, 1949.
3. Devaney R.L. An introduction to Chaotic Dynamical Systems. – Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
7. Шарковский А.Н., Коляда С.Ф., Сивак А.Г., Федоренко В.В. Динамика одномерных отображений. – К.: Наукова думка, 1989.
4. Палис Ж., ди Мелу В. Геометрическая теория динамических систем – М.: Мир, 1986.
5. Каток А. Б., Хассельблат Б. Введение в теорию динамических систем с обзором последних достижений – М.: МЦНМО, 2005
6. Парасюк І.О., Перестюк М.О. Локальний аналіз нелінійних диференціальних рівнянь. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2013.