

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана/директора
з навчальної роботи

«__» _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Функціональний аналіз

для студентів

галузь знань	математика та статистика
спеціальність	113 Прикладна математика
освітній рівень	бакалавр
освітня програма	Прикладна математика
спеціалізація	бакалавр
вид дисципліни	нормативна

Форма навчання	стаціонарна
Навчальний рік	2017/2018
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	2
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	екзамен

Викладачі: проф. Ключин Д.А., ас. Оноцький В.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (____)»____»____ 20__ р.
(підпис ,ПІБ, дата)

20__/20__ н.р. _____ (____)»____»____ 20__ р.
(підпис ,ПІБ, дата)

КИЇВ – 2017

Розробник: Ключин Дмитро Анатолійович, професор кафедри обчислювальної математики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Зав. кафедри _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № _____ від «___»
_____ 20__ р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «___» _____ 20__ року № _____

Голова науково-методичної комісії _____ (підпис) (прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни

Оволодіння фундаментальними знаннями з функціонального аналізу.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати відомості з математичного аналізу
2. Знати відомості з лінійної алгебри

3. Анотація навчальної дисципліни:

Функціональний аналіз є однією з основних дисциплін у підготовці фахівців з прикладної математики. Ці знання в подальшому полегшать розуміння інших математичних курсів, які використовують апарат функціонального аналізу, дозволять студентам застосовувати свої знання для розв'язання практичних задач з різних галузей прикладної математики, а також закладуть основи фундаментальної математичної підготовки, яка очікується від випускників класичних університетів. Курс містить основні відомості з загальної топології, теорії метричних і нормованих просторів, а також теорії операторів.

4. Завдання (навчальні цілі):

Закласти основи фундаментальної фахової підготовки, яка очікується від випускників класичних університетів із спеціальності “Прикладна математика”.

5. Результати навчання за дисципліною:

Код	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
1	Знання основних відомостей з функціонального аналізу	Лекції	Модульна контрольна	50%
2	Уміння самостійно розв'язувати задачі з функціонального аналізу	Семінарські заняття	Контрольні роботи	50%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркового дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	2.1	4.1	4.2

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

2 модульні контрольні роботи по 10 балів

Поточний контроль – 40 балів

Підсумкове оцінювання (у формі екзамену): 40 балів

Умови допуску до підсумкового екзамену: більше 30 балів за семестр та відвідування більше 50% лекцій

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Оцінювання за формами контролю:

	Дата	Оцінка
Модульна контрольна робота	2 березня	10
Модульна контрольна робота	20 квітня	10

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / <i>Excellent</i>	90-100
Добре / <i>Good</i>	75-89
Задовільно / <i>Satisfactory</i>	60-74
Незадовільно / <i>Fail</i>	0-59
Зараховано / <i>Passed</i>	60-100
Не зараховано / <i>Fail</i>	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план 14 занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	семінари	Самостійна робота
Узагальнене програмування				
1	Топологічні структури	2	2	4
2	Методи введення топології	2	2	4
3	Неперервні відображення і гомеоморфізми	2	2	4
4	Компактність	2	2	4
5	Метричні простори	2	2	4
6	Повні метричні простори	2	2	4
7	Лінійні простори	2	2	4
8	Нормовані простори	2	2	4
9	Простір лінійних обмежених операторів	2	2	4
10	Принцип рівномірної обмеженості	2	2	4
11	Принцип відкритості відображень	2	2	4
12	Євклідові простори	2	2	4
13	Гільбертові простори	2	2	4
14	Теорема про ізоморфізм	2	2	4
	Консультація	2		
	Всього	30	28	56

Загальний обсяг 114 год., в тому числі:

Лекцій — 28 год.

Семінарські заняття — 28 год.

Консультації — 2 год.

9. Рекомендовані джерела:

Базові:

1. Александрян Р.А., Мирзаханян Э.А. Общая топология. - М.:Высшая школа, 1979. - 336 с.
2. Архангельский А. В., Пономарев В. И. Основы общей топологии в задачах и упражнениях. – М., 1974;
3. Березанский Ю.М., Г.Ф.Ус, Шефтель З.Г. Функциональный анализ. - К.: Вища школа, 1990. - 600 с.
4. Вулих Б.З. Введение в функциональный анализ. - М.: Наука, 1967. - 416 с.
5. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ. - М.: Наука, 1984. - 752 с.
6. Ключин Д.А., Семенов В.В. Задачі та вправи з курсу “Функціональний аналіз”. Елементи загальної топології. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2005. – 67 с.
7. Ключин Д.А., Семенов В.В. Задачі та вправи з курсу “Функціональний аналіз”. Лінійні нормовані простори та лінійні неперервні функціонали. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2006. – 39 с.
8. Ключин Д.А., Семенов В.В. Задачі та вправи з курсу “Функціональний аналіз”. Теорія операторів. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2006. – 32 с.
9. Ключин Д.А. Функциональный анализ. — К: ВПЦ КНУ, 2015. — 127 с.
10. Колмогоров А.Н. Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа.- М: Наука, 1981. - 544 с.
11. Садовничий В.А. Теория операторов. - М.:Изд-во Московского университета, 1986. - с. 368 с.

Додаткові:

1. Александров П.С.. Введение в теорию множеств и общую топологию. – Наука, 1977
2. Келли Дж. Общая топология. – М.: Наука, 1981.
3. Куратовский К., Топология, пер. с англ., т. 1—2, М., 1966—69;
4. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Краткий курс функционального анализа. – М.: Высшая школа, 1982. – 271 с.
5. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Элементы функционального анализа. – М: Наука, 1965.
6. Треногин В.А. Функциональный анализ. – М.: Наука, 1993. – 496 с.
7. Треногин В.А., Писаревский Б.М., Соболева Т.С. Задачи и упражнения по функциональному анализу. – М.: Наука, 1984. – 256 с.
8. Энгелькинг Р. Общая топология. – М.: Мир, 1986.

10. Додаткові ресурси:

Персональна сторінка проф. Ключина Д.А. . <http://om.univ.kiev.ua/ua/user-15>.

Персональна сторінка проф. Семенова В.В.. <http://om.univ.kiev.ua/ua/user-5>.

**Завдання для самостійної роботи з елементами дистанційного навчання
з дисципліни «Функціональний аналіз»
на період з 24 січня до 28 лютого 2018 р.**

для студентів

2 курсу

першого (бакалаврського) рівня

освітньої програми «Прикладна математика»

викладач-лектор: д.ф.-м.н., проф. Ключин Д.А. (електронна пошта - klyushin@unicyb.kiev.ua)

викладач, що проводитиме практичні заняття – д.ф.-м.н., проф. Ключин Д.А. (електронна пошта — klyushin@unicyb.kiev.ua), д.ф.-м.н., проф. Семенов В.В. (електронна пошта — semenov.volodya@gmail.com)

***Види та форми контрольних заходів з перевірки самостійної роботи студентів,
критерії оцінювання***

Контроль за виконанням самостійної роботи студентами здійснюється у двох формах: у січні-лютому за допомогою електронних засобів (електронною поштою), у березні – шляхом проведення письмової контрольної роботи.

Контроль у січні-лютому 2018 р. відбувається у п'ять етапів відповідно до кількості тем. Під час кожного етапу (24 січня – 20 лютого 2018 р.) студенти мають вивчити запропоновані питання визначених тем на базовому рівні. Для підтвердження виконання завдання по кожній темі студенти мають надіслати розв'язки п'яти задач середньої складності та розгорнуту повну відповідь на одне теоретичне питання викладачам, що проводять семінарські заняття – **Ключину Д.А.** та **Оноцькому В.В.** на електронну пошту klyushin@unicyb.kiev.ua не пізніше **31 січня, 7 лютого, 14 лютого, 21 лютого і 28 лютого 2018 р.** відповідно. Викладач оцінює виконані завдання в категоріях «зараховано» або «не зараховано». Щоб отримати оцінку «зараховано» потрібно правильно розв'язати 3 і більше задач та дати відповідь на теоретичне питання. Завдання, які мають бути виконані та надіслані на електронну пошту викладача, подано у додатку 1.

Виконання самостійної роботи є допуском до написання контрольної роботи у березні 2018 р. Якщо розв'язки задач та відповіді на питання здані невчасно без поважних причин, або не зараховані, студент втрачає можливість написання контрольної роботи та отримання відповідних модульних балів, без можливості перескладання.

На контрольну роботу за підсумками самостійної роботи виносяться всі зазначені нижче теоретичні питання. Робота оцінюється максимум в **10 балів**. Вона включає в себе 5 задач з тем, винесених на самостійну роботу, та одне теоретичне питання. Правильний розв'язок кожної задачі оцінюється в 1 бал. За розгорнуту відповідь на теоретичне питання студент може отримати від 1 до 5 балів.

Критерії оцінювання відповіді студента на теоретичне питання:

- повнота розкриття питання 1-2 бали;
- логіка викладення 1 бал;
- використання основної і додаткової літератури 1 бал;
- аналітичні міркування, вміння робити висновки 1 бал.

Контрольна робота проводиться на першому семінарському занятті з курсу у березні 2018 р. Її тривалість – 1 академічна година. Друга академічна година буде присвячена розгляду задач з повних метричних просторів (див. додаток 2).

Теми та питання для самостійного опрацювання

Для самостійного опанування студентами у період з 24.01 до 28.02.18 р. виносяться наступні теми, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни:

Тема 1. Топологічні структури

Тема 2. Методи введення топології

Тема 3. Неперервні відображення та гомеоморфізми

Тема 4. Компактність

Тема 5. Метричні простори

Опанування тем відбувається шляхом вивчення студентами наступних **питань**, винесених на самостійну роботу.

Тема 1. Топологічні структури

- 1) Топологічна структура.
- 2) Аксиоми Александрова.
- 3) Топологічний простір.
- 4) Відкриті і замкнені множини.
- 5) Зв'язність.
- 6) Окіл.
- 7) Точка дотику.
- 8) Гранична точка.
- 9) Замикання множини.
- 10) Критерій замкненості множини.
- 11) Щільні, всюди щільні і ніде не щільні множини.
- 12) Сепарабельний простір.
- 13) Порівняння топологій.
- 14) Слід множини.
- 15) Індукована топологія.
- 16) Межа множини

Тема 2. Методи введення топології

- 17) Аксиоми Куратовського.
- 18) Оператор замикання.
- 19) Оператор взяття внутрішності.
- 20) Двоїста система аксіом Куратовського.
- 21) База топології.
- 22) Властивості бази топології.
- 23) Завдання топології за допомогою бази.

Тема 3. Неперервні відображення і гомеоморфізми

- 24) Сюр'єктивні, ін'єктивні та бієктивні відображення.
- 25) Неперервне відображення.
- 26) Критерії неперервності.
- 27) Гомеоморфізм.
- 28) Гомеоморфні простори.
- 29) Відкриті і замкнені відображення.
- 30) Збіжність послідовності.

Тема 4. Компактність

- 31) Покриття. Відкрите і замкнене покриття. Підпокриття.
- 32) Теорема Ліндельофа.
- 33) Фінально-компактний, або ліндельофовий простір.
- 34) Компактний простір.
- 35) Центрована система множин.

- 36) Критерії компактності.
- 37) Компактна множина.
- 38) Відносно компактна множина.
- 39) Компакт. Злічено компактний простір.
- 40) Секвенційно компактний простір.
- 41) Критерії зліченої компактності.
- 42) Критерій секвенційної компактності.
- 43) Сюр'єктивні, ін'єктивні та бієктивні відображення.

Тема 5. Метричні простори

- 44) Метрика.
- 45) Метричний простір.
- 46) Відкриті і замкнені кулі.
- 47) Обмежені, відкриті і замкнені множини.
- 48) Границя послідовності.
- 49) Фундаментальна послідовність.
- 50) Сепарабельні метричні простори.

Список основної рекомендованої літератури для виконання самостійної роботи

1. Александрян Р.А., Мирзаханян Э.А. Общая топология. – М.:Высшая школа, 1979. – 336 с.
2. Ключин Д.А., Семенов В.В. Задачі та вправи з курсу “Функціональний аналіз”. Елементи загальної топології. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2005. – 67 с.
3. Ключин Д.А. Функціональний аналіз. — К: ВПЦ КНУ, 2015. — 127 с.
4. Анікушин А.В., Семенов В.В. Збірник задач з функціонального аналізу. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2017. – 64 с.

Повний список рекомендованої літератури для розв'язання задач та написання реферату та підготовки до контрольної роботи можна знайти у робочій програмі з курсу «Функціонального аналізу», яка розміщена на сайті факультет комп'ютерних наук та кібернетики.

**Завдання самостійної роботи студента
напрямку підготовки «Прикладна математика»
1 курсу, першого (бакалаврського) рівня
з обов'язкової дисципліни «Функціональний аналіз»
(24.01.2018 – 6.02.2018)**

**Номери задач указані за збірником
Анікушин А.В., Семенов В.В. Збірник задач з функціонального аналізу
http://om.univ.kiev.ua/users_upload/5/upload/file/book_anik_sem_ver3.pdf**

Тема 1. Топологічні структури (до 31 січня 2018 р.)

1. Щільні і ніде не щільні множини.
2. Задача 17.
3. Задача 18.
4. Задача 19.
5. Задача 20.
6. Задача 30.

Тема 2. Методи введення топології (до 7 лютого 2018 р.)

1. Оператор Куратовського і його зв'язок з аксіомами Александрова.
2. Задача 34.
3. Задача 41.
4. Задача 42.
5. Задача 43.
6. Задача 44.

Тема 3. Неперервні відображення і гомеоморфізми (до 14 лютого 2018 р.)

1. Три критерії неперервності.
2. Задача 45.
3. Задача 46.
4. Задача 47.
5. Задача 48.
6. Задача 51.

Тема 4. Компактність (до 21 лютого 2018 р.)

1. Види і критерії компактності.
2. Задача 45.
3. Задача 46.
4. Задача 47.
5. Задача 48.
6. Задача 51.

Тема 5. Метричні простори (до 28 лютого 2018 р.)

1. Збіжність в метричному просторі.
2. Задача 114.
3. Задача 112.
4. Задача 117.
5. Задача 118.
6. Задача 119.

План першого семінарського заняття (у березні 2018 р.)
з дисципліни “Функціональний аналіз”
на тему: “Повні метричні простори”

1. Приклади повних метричних просторів.
2. Приклади неповних метричних просторів.
3. Критерії повноти.
4. Теорема про нерухому точку.

Література

1. Колмогоров А.Н. Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа.- М: Наука, 1981. - 544 с.
2. Ключин Д.А., Семенов В.В. Задачі та вправи з курсу “Функціональний аналіз”. Елементи загальної топології. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2005. – 67 с.
3. Ключин Д.А. Функціональний аналіз. — К: ВПЦ КНУ, 2015. — 127 с.
4. Анікушин А.В., Семенов В.В. Збірник задач з функціонального аналізу. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2017. – 64 с.

Список студентів 2-го курсу (бакалаври)
Освітня програма “Прикладна математика”
Дисципліна “Функціональний аналіз”

Група К-21

1. Антипова Аліса Олександрівна
2. Бабич Вікторія Сергіївна
3. Бабієнко Ілля Ростіславович
4. Бельо Андрій Олегович
5. Бортнік Анна Вікторівна
6. Ву Лена
7. Гронь Ілля Олегович
8. Деренюк Анна Михайлівна
9. Єрмаков Артур Олександрович
10. Живолович Олександра Євгенівна
11. Захарін Гліб Олександрович
12. Кавака Марія Андріївна
13. Ківва Ярослав Сергійович
14. Ковальчук Віктор Олексійович
15. Король Марія Аркадіївна
16. Косенко Валентина Сергіївна
17. Кошіль Михайло Сергійович
18. Кузьміна Катерина Ігорівна
19. Лисенко Микита Дмитрович
20. Моргунова Катерина Дмитрівна
21. Мячков Владислав Вікторович
22. Нечай Владислав Сергійович
23. Проценко Евеліна-Світлана Петрівна
24. Пушкін Денис Євгенович
25. Рабійчук Тетяна Олегівна
26. Рохварг Ігор Олександрович
27. Скибицький Нікіта Максимович
28. Стеценко Анастасія Вадимівна
29. Уразовський Андрій Владиславович
30. Шабаршова Кристина Ігорівна

Група К-22

1. Бондаренко Ярослав Олександрович
2. Головенко Андрій Олегович
3. Горбатюк Владислав Андрійович
4. Жук Антон Сергійович
5. Захарченко Анастасія Ігорівна
6. Зверев Ігор Андрійович
7. Камінська Єлизавета Юріївна
8. Касьян Анастасія Юріївна
9. Коваленко Ольга Валентинівна
10. Колесниченко Богдан Олегович
11. Коробенко Дар'я Олексіївна
12. Кравець Олексій Павлович
13. Кузнецов Владислав Сергійович

14. Куковська Єлизавета Володимирівна
15. Литвиненко Денис Олександрович
16. Ломако Богдан Володимирович
17. Маматюсупов Дмитрій Олегович
18. Маслоков Микита Вадимович
19. Мельник Катерина Едуардівна
20. Мельниченко Ольга Миколаївна
21. Панько Олена Богданівна
22. Подкопаєв Валерій Павлович
23. Пономаренко Нікіта Володимирович
24. Рець Вадим Олександрович
25. Рошко Ростислав Васильович
26. Саф`янов Максим Костянтинівич
27. Скутніцька Анжела Олегівна
28. Стасів Ярослав Васильович
29. Стасюк Назарій Володимирович
30. Стасюк Тетяна Русланівна
31. Тихонравова Юлія Сергіївна
32. Францева Олександра Юрїївна
33. Шуршавий Сергій Ігорович