

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Кафедра вищої математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Проректор з науково-педагогічної роботи

Заторожченко С. В. (П.І.Б.)  
2020 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Математичний аналіз

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (освітньо-професійний) рівень – бакалавр  
Галузь знань 10 – природничі науки

(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія, 105 – прикладна фізика та наноматеріали, 014-середня освіта (фізика)

(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія, прикладна фізика та наноматеріали, середня освіта (фізика)

Вид дисципліни обов'язкова

Факультет математики, фізики, та інформаційних технологій

(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробник:

**Дрік Наталія Георгіївна**, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої математики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри вищої математики

Протокол № 1 від. 31 серпня 2020 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

(Щоголев С. А.)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ

Протокол № \_\_\_ від. “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Голова НМК

\_\_\_\_\_

(підпис)

( Страхов Є. М.)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “  3  ”  вересня  \_\_\_\_\_ 2020 року

Голова НМК

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Ніцук Ю.А.**

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Математичний аналіз» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія», 105-«Прикладна фізика та наноматеріали», «014- Середня освіта (фізика)».

Освітньо-професійна програма: « Фізика та астрономія». «Прикладна фізика та наноматеріали», Середня освіта (фізика).

### 1. Опис навчальної дисципліни

**1.1.** Метою викладання курсу «Математичний аналіз» є: оволодіння майбутніми фізиками науковими основами, методикою та особливостями застосування сучасного апарату математичного аналізу, необхідними для розв'язання теоретичних, прикладних і технічних задач, пов'язаних з їхньою спеціальністю; набуття навиків у вмінні втілювати у математичну форму конкретні задачі, вироблення вміння самостійно розширювати свої знання з математики.

**1.2.** Основними завданнями вивчення дисципліни є:

– Сформулювати у студентів цілісну систему знань щодо сучасної теорії функцій дійсної та комплексної змінної, зокрема, диференціального та інтегрального числення функцій однієї та багатьох змінних, теорії рядів, теорії функцій комплексної змінної;

– Навчити студентів ефективно застосовувати апарат сучасного математичного аналізу до розв'язання теоретичних та прикладних науково-технічних задач.

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

#### **Загальні компетентності.**

- 1) Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- 2) Здатність до застосування знань на практиці.
- 3) Здатність до усного та письмового спілкування рідною мовою.
- 4) Здатність до навчання та самоосвіти.
- 5) Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації, отриманої з різних джерел.

#### **Фахові загальні компетентності.**

- 1) Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від математики (ЗК-1);
- 2) Здатність застосовувати професійні математичні знання й уміння на практиці (ЗК-5);
- 3) Здатність вести дослідницьку діяльність, включаючи аналіз проблем, постановку цілей і завдань, вибір способів та методів дослідження, а також оцінку його якості (ЗК-7);

4) Здатність до пошуку, оброблення й аналізу інформації з різних джерел, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань (ЗК-9);

### **Спеціальні (фахові) компетентності.**

1) Спроможність представляти математичні міркування та висновки з них з ясністю та точністю у формі, придатній для аудиторії, до якої звертаються, як усно, так і письмово, а також розуміти математичні міркування інших осіб, залучених до розв'язання тієї ж задачі (СК-2);

2) Спроможність виражати терміни специфічної предметної області мовою математики (СК-5);

3) Здатність проводити обчислення в рамках основних математичних моделей та застосовувати необхідні математичні методи (СК-11);

4) Здатність пояснювати в математичних термінах результати, отримані під час розрахунків (СК-15);

1.3. Кількість кредитів 12

1.4. Загальна кількість годин 360

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
<u>Обов'язкова/за вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
1, 2 -й, 1-3 семестри
Лекції
90 год.
Практичні/семінарські
90 год.
Лабораторні
Самостійна робота
180 год.
У тому числі індивідуальні завдання
-

### **1.6. Заплановані результати навчання.**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

- знати та розуміти основні поняття та факти теорії границь, неперервних функцій, диференціального та інтегрального числення функцій однієї та багатьох змінних, теорії рядів; теорії функцій комплексної змінної;
- основні області застосування відомих понять та фактів.

#### **вміти**

- досліджувати функції однієї та багатьох змінних на неперервність, диференційованість, монотонність, інтегрованість та інше;
- знаходити похідні, частинні похідні та невизначені інтеграли;

- застосовувати визначені, кратні, криволінійні та поверхневі інтеграли до обчислення площ фігур, довжин дуг кривих, об'ємів тіл, площ поверхонь, в техніці, векторному аналізі;
- досліджувати основні властивості числових та функціональних послідовностей та рядів;
- застосовувати у практичних фізичних дослідженнях сучасний апарат математичного аналізу, основні методи функцій дійсних та комплексних змінних.

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

### 1 рік, 1-й семестр

#### **Розділ 1. Основи теорії границь.**

Тема 1. *Елементи теорії числових послідовностей.*

Поняття: множини, послідовності, границі послідовності. Різні класифікації послідовностей (монотонні, збіжні, знакосталі, тощо). Нескінченно малі, нескінченно великі послідовності та їх властивості. Основні властивості збіжних послідовностей. Теорема про границю монотонної та обмеженої послідовності. Поняття про підпослідовність та часткову границю. Лема Больцано-Вейерштрасса. Критерій Коші збіжності числової послідовності.

Тема 2. *Елементи теорії границь функції однієї змінної. Неперервні функції та їх властивості*

Означення границі функції у точці за Коші та за Гейне. Односторонні границі. Границі на нескінченності та нескінченні границі. Основні теореми про границі. Нескінченно великі та нескінченно малі функції та їх властивості. О-символіка. Важливі границі. Методи обчислення границь.

Неперервність функції у точці та на проміжку. Точки розриву та їх класифікація. Властивості неперервних у точці функцій. Неперервність складеної функції. Властивості функцій, неперервних на відрізках. Неперервність основних елементарних функцій. Застосування властивості неперервності до обчислення границь.

#### **Розділ 2. Похідна та диференціал. Застосування похідної до дослідження функцій.**

Тема 3. *Похідна та диференціал функції*

Означення похідної функції в точці та на множині. Геометричний та фізичний зміст похідної. Визначення дотичної до кривої. Рівняння дотичної. Похідні основних елементарних функцій. Диференційовність функції. Диференціал. Інваріантність форми першого диференціалу. Властивості операції диференціювання. Похідна і диференціал зложеної функції. Похідна оберненої функції. Похідні та диференціали вищих порядків. Похідні параметрично заданої функції. Похідні неявно заданої функції.

Тема 4. *Застосування похідної до дослідження функцій.*

Основні теореми про диференційовані функції. Правило Лопіталя. Формула Тейлора.

Монотонність функції в точці та на проміжку. Необхідна та достатня умови монотонності. Локальний екстремум. Необхідна та достатні умови існування екстремуму. Дослідження функцій на опуклість. Точки перегину та умови їх існування. Асимптоти. Побудова графіків з повним дослідженням властивостей.

#### **Розділ 3. Первісна та невизначений інтеграл. Визначений інтеграл. Невласні інтеграли.**

## Тема 5. Первісна та невизначений інтеграл. Основні методи інтегрування.

Означення та властивості первісної функції. Невизначений інтеграл та його властивості. Таблиця невизначених інтегралів. Основні методи інтегрування: розкладення, заміни змінної, інтегрування частинами. Інтегрування раціональних функцій. Інтегрування ірраціональних функцій. Інтегрування тригонометричних функцій.

### 1-й рік, 2-й семестр

## Тема 6. Визначений інтеграл Рімана та його застосування в геометрії та фізиці. Невласні інтеграли

Визначений інтеграл. Необхідна умова інтегровності. Верхні та нижні суми Дарбу. Класи інтегрованих функцій. Основні властивості визначеного інтеграла. Інтеграл Рімана зі змінною верхньою межею. Формула Ньютона-Лейбніца. Теорема про середнє значення. Заміна змінної та інтегрування частинами у визначених інтегралах.

Застосування визначеного інтегралу до обчислення площ криволінійних фігур, об'ємів тіл обертання, довжин дуг. Обчислення роботи. Координати центра мас. Обчислення моментів інерції.

Невласні інтеграли 1-го та 2-го роду: означення, властивості, обчислення.

## Розділ 4. Функції багатьох змінних. Кратні, криволінійні та поверхневі інтеграли.

### Тема 7. Функції багатьох змінних.

Означення функції багатьох змінних. Лінії та поверхні рівня. Границі функції багатьох змінних в точці. Неперервність функції багатьох змінних в точці та замкненій області. Частинні похідні та диференціали першого порядку. Умови диференційовності. Похідна за напрямом. Диференціювання зложених функцій. Диференціювання неявно заданих функцій. Частинні похідні вищих порядків та незалежність їх від порядку диференціювання. Диференціали вищих порядків. Формула Тейлора для функції багатьох змінних. Локальний екстремум функції багатьох змінних. Необхідні і достатні умови існування екстремуму. Поняття про умовний екстремум.

### Тема 8. Кратні інтеграли

Подвійний інтеграл: означення та умови існування. Властивості подвійних інтегралів. Области першого та другого типу. Обчислення подвійних інтегралів у декартових координатах. Заміна змінних у подвійному інтегралі. Подвійний інтеграл у полярних координатах. Обчислення площ та об'ємів. Моменти інерції та координати центра мас плоскої фігури.

Потрійний інтеграл: означення та умови існування. Обчислення потрійного інтеграла у декартових координатах. Заміна змінних у потрійному інтегралі. Циліндрична та сферична системи координат. Обчислення потрійного інтеграла у циліндричних та сферичних координатах. Момент інерції та координати центра мас тіла.

### Тема 9. Криволінійні інтеграли

Криволінійні інтеграли 1-го типу: означення, властивості, обчислення та застосування.

Криволінійні інтеграли 2 типу: означення, властивості, обчислення та застосування. Формула Гріна. Умови незалежності криволінійного інтеграла від шляху інтегрування.

### Тема 10. Поверхневі інтеграли. Формули Стокса та Остроградського.

Поверхневі інтеграли 1-го та 2-го типу: означення, властивості, обчислення та застосування. Формула Стокса. Формула Остроградського-Гауса.

## 2-й рік, 3-й семестр

### Розділ 5. Числові та функціональні ряди

#### Тема 11. Числові ряди.

Означення числового ряду та його суми. Класифікації числових рядів (збіжні, знакосталі тощо). Необхідна умова збіжності. Ознаки збіжності рядів з додатними членами: ознаки порівняння, ознака Даламбера, радикальна та інтегральна ознаки Коші. Абсолютна та умовна збіжність. Ознака Лейбніца. Властивості абсолютно та умовно збіжних рядів.

#### Тема 12. Функціональні послідовності та ряди. Степеневі ряди.

Означення: функціональної послідовності та ряду, точки та області збіжності, суми функціонального ряду. Рівномірно збіжні функціональні послідовності та ряди та їх властивості. Інтегрування та диференціювання функціональних рядів.

Степеневі ряди. Теорема Абеля про збіжність степеневих рядів. Радіус та інтервал збіжності. Ряд Тейлора. Розвинення у степеневий ряд функцій  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $1+x^\mu$ ,  $\ln(1+x)$  Застосування степеневих рядів до наближених обчислень.

### Розділ 6. Комплексні числа та дії над ними. Функції комплексної змінної.

#### Тема 13. Комплексні числа і дії над ними. Числові ряди з комплексними членами

Означення: комплексного числа, модуля, аргумента, комплексно спряжених чисел. Комплексна площина та геометричне зображення комплексних чисел (КЧ). Дії над КЧ у алгебраїчній та тригонометричній формі.

Числові ряди з комплексними членами: основні означення та властивості. Формули Ейлера. Показникова форма запису КЧ. Формула Моавра.

#### Тема 14. Функції комплексної змінної

Означення функції комплексної змінної (ФКЗ). Границя та неперервність ФКЗ. Основні елементарні функції комплексної змінної та їх властивості. Похідна ФКЗ. Аналітичні функції. Умови Коші – Рімана.

Інтеграл від ФКЗ: означення, властивості, умови існування, методи обчислення. Основна теорема Коші. Формула Коші. Інтеграл типу Коші та його властивості.

### Розділ 7. Ряди функцій комплексної змінної. Елементи теорії лишків.

#### Тема 15. Ряди функцій комплексної змінної.

Ряди Тейлора та Лорана ФКЗ, їх область збіжності. Розвинення функцій ФКЗ у ряди Тейлора та Лорана. Особливі точки ФКЗ та їх класифікація. Зв'язок між головною частиною розвинення функції в ряд Лорана та типом ізольованої особливої точки (ІОТ).

#### Тема 16. Елементи теорії лишків.

Лишок аналітичної функції відносно ІОТ. Обчислення лишків відносно ІОТ різних типів. Основна теорема теорії лишків. Обчислення деяких інтегралів від тригонометричних функцій за допомогою лишків.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Основи теорії границь.</b>						
Тема 1. Елементи теорії числових послідовностей.	16	4	4			8
Тема 2. Елементи теорії границь функції однієї змінної. Неперервні функції та їх властивості.	24	6	6			12
<b>Розділ 2. Похідна та диференціал. Застосування похідної до дослідження функцій</b>						
Тема 3. Похідна та диференціал функції	16	4	4			8
Тема 4. Застосування похідної до дослідження функцій.	40	10	10			20
<b>Розділ 3. Первісна та невизначений інтеграл. Визначений інтеграл. Невласні інтеграли.</b>						
Тема 5. Первісна та невизначений інтеграл. Основні методи інтегрування.	24	6	6			12
<b>2-й семестр</b>						
Тема 6. Визначений інтеграл Рімана та його застосування в геометрії та фізиці	24	6	6			12
<b>Розділ 4. Функції багатьох змінних. Кратні, криволінійні та поверхневі інтеграли.</b>						
Тема 7. Функції багатьох змінних.	24	6	6			12
Тема 8. Кратні інтеграли	24	6	6			12
Тема 9. Криволінійні інтеграли	24	6	6			12
Тема 10. Поверхневі інтеграли. Формули Стокса та Остроградського	24	6	6			12
<b>3-й семестр</b>						
<b>Розділ 5. Числові та функціональні ряди</b>						
Тема 12. Числові ряди.	24	6	6			12
Тема 13. Функціональні послідовності та ряди. Степеневі ряди.	24	6	6			12
<b>Розділ 6. Комплексні числа та дії над ними. Функції комплексної змінної.</b>						
Тема 14. Комплексні числа і дії над ними. Числові ряди з комплексними членами.	8	2	2			8
Тема 15. Функції комплексної змінної.	16	4	4			16
<b>Розділ 7. Ряди функцій комплексної змінної. Елементи теорії лищиків</b>						
Тема 16. Ряди функцій комплексної змінної.	24	6	6			12



Тема 17. Елементи теорії лишків.	24	6	6		12
Усього годин	360	90	90		180

#### 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Метод математичної індукції. Доведення тотожностей та нерівностей.	2
2	Обчислення границь послідовностей.	2
3	Обчислення границь функцій.	2
4	Дослідження функцій на неперервність. Класифікація точок розриву. Знаходження асимптот графіків функцій.	2
5	К.Р.1	2
6	Геометричний та фізичний зміст похідної. Обчислення похідних функцій.	2
7	Застосування першої похідної до дослідження функцій. Правило Лопітала.	2
8	Застосування другої похідної до дослідження функцій. Побудова графіків многочленів.	2
9	Побудова графіків за повним дослідженням властивостей функції.	2
10	К.Р.2	2
11	Функції, задані неявно та параметрично, обчислення їх похідних. Похідні та диференціали вищих порядків.	2
12	Метод розкладення обчислення невизначених інтегралів.	2
13	Заміна змінної та інтегрування частинами у невизначеному інтегралі.	2
14	Інтегрування раціональних та тригонометричних функцій.	2
15	К.Р.3	2
<b>2-й семестр</b>		
1	Основні методи обчислення визначених інтегралів. Обчислення площ криволінійних фігур, довжин дуг та об'ємів тіл обертання.	2
2	Невласні інтеграли 1-го та 2-го роду: основні означення та методи обчислення.	2
3	Функція багатьох змінних (ФБЗ): основні означення та властивості. Частинні похідні та диференціали ФБЗ.	2
4	Частинні похідні та диференціали зложеної ФБЗ. Заміна змінних у диференціальних рівняннях	2
5	Рівняння дотичної площини та нормалі до поверхні. Градієнт та похідна за напрямом.	2
6	Знаходження екстремумів ФБЗ.	2
7	Контрольна робота 1	2

8	Подвійні інтеграли: основні властивості та методи обчислення. Заміна змінних у подвійному інтегралі, перехід до полярної системи координат	2
9	Застосування подвійного інтеграла до	2
10	Потрійні інтеграли: основні властивості та методи обчислення. Застосування потрійного інтегралу до розв'язання задач геометрії та фізики.	2
11	Криволінійні інтеграли 1-го роду: основні властивості та методи обчислення. Криволінійні інтеграли 2-го роду: основні означення та методи обчислення.	2
12	Застосування КІ до розв'язання задач фізики. Формула Гріна та її застосування до обчислення КІ.	2
13	Обчислення поверхневих інтегралів 1-го та 2-го роду.	2
14	Формули Стокса та Остроградського-Гауса. Елементи теорії поля	2
15	Контрольна робота 2	2
<b>3-й семестр</b>		
1	Числові ряди: основні означення та приклади. Обчислення суми ряду за означенням. Дослідження числових рядів на збіжність за допомогою ознак Даламбера та Коші.	2
2	Дослідження числових рядів на збіжність за допомогою інтегральної ознаки та ознак порівняння .	2
3	Дослідження функціональних рядів (ФР). Інтегрування та диференціювання ФР..	2
4	Розвинення у степеневий ряд елементарних функцій.	2
5	К.Р. 1	2
6	Дії з комплексними числами.	2
7	Формули Моавра. Формули Ейлера.	2
8	Основні елементарні функції комплексної змінної та їх властивості.	2
9	Похідна та інтеграл від ФКЗ.	2
10	К.Р.2	2
11	Формула Коші та її застосування до обчислення інтегралів від ФКЗ.	2
12	Розвинення ФКЗ у ряди Тейлора та Лорана. Особливі точки ФКЗ та їх класифікація.	2
13	Обчислення лишків відносно ізольованих особливих точок.	2
14	Обчислення деяких інтегралів від ФКЗ за допомогою лишків.	2
15	К.Р.3	

### 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	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Рекомендована література

#### Основна

1. Ильин В.А. Математический анализ / В.А.Ильин, В.А.Садовничий, Бл.Х. Сендов. – М.:Наука,1979.–720 с.
2. Ильин В.А. Математический анализ. Продолжение курса / В.А.Ильин, В.А.Садовничий, Бл.Х. Сендов. – М.:Изд-во МГУ, 1987. – 358 с.
3. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: В 3- х т. / Г.М. Фихтенгольц. – Т.1. – М.:Физматлит, 1969. – 607 с.
4. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: В 3- х т. / Г.М. Фихтенгольц. – Т.1. – М.:Физматлит, 2003. – 680 с.
5. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: В 3- х т. / Г.М. Фихтенгольц. – Т.2. – М.: Наука, 1966. – 800с.
6. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: В 3- х т. / Г.М. Фихтенгольц. – Т.3. – М.: Наука, 1966. – 656с.
7. Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу / Б.П.Демидович. – М.:Наука,1990. – 624 с.
8. Виноградова И.А. Задачи и упражнения по математическому анализу / И.А. Виноградова, С.Н. Олехник, В.А. Садовничий // Под общ. ред. В.А. Садовничего.– М.: Факториал, 1996.–477 с.
9. Задачи и упражнения по математическому анализу для втузов. /Под ред. Б.П. Демидовича. – М.: Наука, 1978. – 480 с. 9
10. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа: В 2 т. / Л.Д. Кудрявцев. – Т.1. – М.:Высш.шк.,1988. – 712 с.
11. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа: В 2 т. / Л.Д. Кудрявцев. – Т.2. – М.:Высш.шк.,1988. – 693 с.

#### Додаткова:

1. Марон И.А. Дифференциальное и интегральное исчисление в примерах и задачах. Функции одной переменной / И.А. Марон. – М.: Наука, 1973. – 400 с.

2. Задачник по курсу математического анализа. Ч. 1. / Под ред. Н.Я. Виленкина . – М.: Просвещение, 1971. – 343 с.
3. Дороговцев А.Я. Избранные задачи по математическому анализу. / А.Я. Дороговцев. – К.: Вища школа, 1982. – 104 с.
4. Бутузов В.Ф, Математический анализ в вопросах и задачах. / Под ред. В.Ф. Бутузова / В.Ф.Бутузов, Н.Ч.Крутицкая, Г.Н.Медведев, А.А.Шишкин. – М.: Физматлит, 2001. – 480 с.
5. Давыдов Н.А. Сборник задач по математическому анализу. / Н.А.Давыдов, П.П.Коровкин, Б.Н.Никольский – М.: Просвещение, 1973. – 256 с.
6. Берман Г.Н. Сборник задач по курсу математического анализа / Г.Н.Берман – М.:Наука,1985.–383 с.
7. Дюженкова Л.І., Математичний аналіз у задачах і прикладах / Л.І.Дюженкова, Т.В.Колесник, М.Я.Лященко, Г.О.Михалін, М.І. Шкіль– Ч. 1. – К.: Вища школа, 2002. – 462 с.
8. Ляшко И.И. Математический анализ: Введение в анализ, производная, интеграл. Справочное пособие по математическому анализу: В 5 т. / И.И. Ляшко, А.К. Боярчук, Л.Г. Гай, Г.П. Головчак. – Т.1 – М.: Едиториал УРСС, 2001. – 360 с.
9. Задачи и упражнения по математическому анализу: учеб. пособие: В 2 кн. / И.А. Виноградова [и др.]. – Кн. 1: Дифференциальное и интегральное исчисление функций одной переменной. – М.: Высшая школа, 2002 - 724 с.
- 10.Никольский С.М. Курс математического анализа / С.М. Никольский. – Т.1. – 1990. – 528 с.; Т.2. – 1991. – 543 с.
- 11.Давидов М.О. Курс математичного аналізу / М.О. Давидов. – Ч.1. Функції однієї змінної. – К.:Вища шк. – 1990.–380 с.
- 12.Шунда Н.М. Практикум з математичного аналізу: Вступ до аналізу. Диференціальне числення / Н.М.Шунда, А.А. Томусяк. – К.:Вища шк.,1993. – 375 с.
- 13.Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа: В 2 т. / Л.Д. Кудрявцев. – Т.1. – М.:Высш.шк.,1988. – 712 с.
- 14.Кудрявцев Л.Д. Сборник задач по математическому анализу. – Т.1. Предел. Непрерывность. Дифференцируемость Л.Д.Кудрявцев, А.Д.Кутасов, В.И.Чехов, М.И.Щабунин. // Ред.. Л.Д.Кутасова. – М.: Физматлит, 2003. -496 с.
- 15.Кудрявцев Л.Д. Сборник задач по математическому анализу. Т.2 Интегралы. Ряды / Л.Д.Кудрявцев, А.Д.Кутасов и др. –М.: Наука,1986. – 528с. 10
- 16.Каплан И.А. Практические занятия по высшей математике: В 5 ч. / И.А. Каплан. Харьков: Изд-во Харьковского гос. университета, 1967. – Ч. 1. – 947 с.; 1974. – Ч. 2. – 368 с.; Ч.3 – 374 с.
- 17.Ильин В.А. Основы математического анализа: В 2 ч. / В.А.Ильин, Э.Г. Позняк. – М.: Физматлит.–Ч.1.–2005.–648 с.; Ч.2.–2002.–464 с.
- 18.Зорич В.А. Математический анализ: В 2 ч. / В.А. Зорич. – Ч.1.–М.: Фазис. – 1997. – 554 с.
- 19.Запорожец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу / Г.И. Запорожец.– М.:Высшая школа,1966.–460 с.

### **Електронні інформаційні ресурси**

<http://www.twirpx.com>