

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра математики та теоретичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ О. Ю. Нечипорук

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ

для студентів

| | |
|---------------------|--|
| галузь знань | 10 Природничі науки |
| спеціальність | 105 Прикладна фізика та наноматеріали |
| рівень вищої освіти | перший |
| освітня програма | Прикладна фізика, наноелектроніка та комп'ютерні технології Електроніка та інформаційні технології в медицині Еконофізика |
| вид дисципліни | обов'язкова |
| Форма навчання | денна |
| | Навчальний рік 2022/2023 |
| | Семестр 1, 2 |
| | Кількість кредитів ECTS 15 |
| | Мова викладання, навчання та оцінювання українська |
| | Форма заключного контролю екзамен |

Викладач:

Оксана МОТОРНА, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри математики та теоретичної радіофізики

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

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

КИЇВ – 2022

Розробник:

Оксана МОТОРНА, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри математики та теоретичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри математики та теоретичної
радіофізики

_____ Володимир ВИСОЦЬКИЙ

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

С. П. Радченко

« ____ » _____ 2022 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення та оволодіння сучасними математичними методами, теоретичними положеннями та основними застосуваннями методів математичного аналізу у фізиці та радіофізиці, сприяння розвитку логічного та аналітичного мислення студентів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

До вивчення дисципліни "Математичний аналіз" необхідна підготовка по програмі загальноосвітньої школи з елементарної математики.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Нормативна навчальна дисципліна "Математичний аналіз" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр", є базовою для вивчення таких дисциплін як "Теорія ймовірностей", "Диференціальні рівняння", "Математична фізика", "Аналітична геометрія", "Чисельні методи".

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

- надати основні теоретичні відомості курсу, які складають важливу частину теоретичної та інженерної підготовки студента-бакалавра за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали»;
- простежити взаємозв'язок об'єктів досліджень математичного аналізу з іншими компонентами підготовки; продемонструвати застосування теоретичних відомостей до розв'язання практичних задач;
- застосування знань, умінь, навичок і комунікацій у професійній діяльності, розвиток логічного та аналітичного мислення студентів;
- прищепити вміння розв'язувати прикладні задачі методами математичного аналізу.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

- ЗК4, ЗК9, ЗК10, ФК7.

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 | | | |
| 1 | знати: | | | |
| 1.1 | Поняття границі та неперервності функції | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.2 | Диференційовність функції функції однієї змінної | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.3 | Екстремум функції однієї змінної | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.4 | Первісна функції та інтеграл | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.5 | Диференційовність функції багатьох змінних | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.6 | Екстремум функції багатьох змінних | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.7 | Ряди | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.8 | Невласні інтеграли | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.9 | Кратні інтеграли | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 1.10 | Елементи математичної теорії поля | лекційні заняття | Іспит, контрольні та самостійні роботи | 5 |
| 2 | вміти: | | | |

| | | | | |
|-----|--|-------------------|---------------------------------|----|
| 2.1 | обирати математичні методи, прийоми математичного аналізу для розв'язання фізичних задач | практичні заняття | контрольні та самостійні роботи | 30 |
| 2.2 | набути навичок самостійного використання і вивчення літератури з математичних дисциплін | практичні заняття | контрольні та самостійні роботи | 20 |

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

| Результати навчання дисципліни | Програмні результати навчання (назва) | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.10 | 2.1 | 2.2 |
| ПРН 1. Показувати знання в галузі сучасної прикладної фізики та математики. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПРН 2. Показувати знання в галузі професійної діяльності, технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПРН 3. Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 4. Показувати знання іноземної мови. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 5. Обговорювати та знаходити рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 6. Інтерпретувати науково-технічну інформацію. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПРН 8. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів (включаючи наноматеріали), речовини, технологій. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 9. Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 10. Використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації українською та іноземними мовами. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 11. Організувати результативну роботу індивідуально і як член команди. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 12. Класифікувати та аналізувати інформацію з різних джерел. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 13. Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 14. Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН 15. Вміння представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі. | | | | | | | | | | | | |

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.10 [**знання**] – до 50 %;
 - результат навчання 2.1 – 2.2 [**вміння**] – до 50 %;
- **семестрове оцінювання:** : 1-й навчальний семестр має 4 змістовні модулі (оцінюються у 15 балів кожний), 2-й навчальний семестр – 4 змістовні модулі (оцінюються у 15 балів кожний).
 - **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається з 2 теоретичних питань, питання оцінюються по 8 балів, і 4 практичних задач, задачі оцінюються по 6 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою **24 бали**.
 - **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр. Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **36 балів**, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

1 семестр

| Семестрова робота | Кількість балів | |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| | Min. – 9 | Max. – 15 |
| Модульна контрольна робота 1 | 9 | 15 |
| Модульна контрольна робота 2 | 9 | 15 |
| Модульна контрольна робота 3 | 9 | 15 |
| Модульна контрольна робота 4 | 9 | 15 |

2 семестр

| Семестрова робота | Кількість балів | |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| | Min. – 9 | Max. – 15 |
| Модульна контрольна робота 5 | 9 | 15 |
| Модульна контрольна робота 6 | 9 | 15 |
| Модульна контрольна робота 7 | 9 | 15 |
| Модульна контрольна робота 8 | 9 | 15 |

Орієнтований графік оцінювання:

1 семестр

| Форма оцінювання | Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання |
|---|--|
| Модульна контрольна робота 1 | жовтень |
| Модульна контрольна робота 2 | жовтень |
| Модульна контрольна робота 3 | листопад |
| Модульна контрольна робота 4 | листопад |
| Добір балів/додаткова контрольна робота | листопад-грудень |
| Іспит | грудень |

2 семестр

| Форма оцінювання | Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання |
|---|--|
| Модульна контрольна робота 5 | лютий |
| Модульна контрольна робота 6 | березень |
| Модульна контрольна робота 7 | квітень |
| Модульна контрольна робота 8 | травень |
| Добір балів/додаткова контрольна робота | травень-червень |
| Іспит8 | червень |

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі іспиту:

| Значення | Змістовні модулі | Іспит | Підсумкова оцінка |
|----------|------------------|-------|-------------------|
| Мінімум | 36 | 24 | 60 |
| Максимум | 60 | 40 | 100 |

7.3. Шкала відповідності оцінок

| Оцінка (за національною шкалою) / National grade | Рівень досягнень, % / Marks, % |
|--|--------------------------------|
| Відмінно / Excellent | 90-100% |
| Добре / Good | 75-89% |
| Задовільно / Satisfactory | 60-74% |
| Незадовільно / Fail | 0-59% |

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

І-й семестр

| № лекції (практич. заняття) | Назва лекції (тема практичного заняття) | Кількість годин | | Контрол льні роботи |
|-----------------------------------|--|-----------------|-------------------|---------------------------|
| | | лекції | практ. заняття | |
| | | | | |

Змістовний модуль 1

Границя і неперервність скалярної функції скалярного аргументу (СФСА)

| | | | | |
|---|---------------------------------------|---|--|--|
| 1 | Границя числової послідовності (ч.п.) | 2 | | |
| 2 | Основні теореми теорії границь ч.п. | 2 | | |
| 3 | Границя і неперервність СФСА в точці | 2 | | |

| | | | | |
|---|--|----|----|------|
| 4 | Визначені границі. Локальні властивості неперервних функцій | 2 | | |
| 5 | Асимптотична символіка. Класифікація точок розриву | 2 | | |
| 6 | Властивості функцій класу $C_{[a,b]}$ | 2 | | |
| 1 | Метод математичної індукції. Біном Ньютона (самостійна робота з елементарної математики) | | 2 | |
| 2 | Комплексні числа | | 2 | |
| 3 | Границя ч.п. | | 2 | |
| 4 | Границя СФСА | | 2 | |
| 5 | Асимптотична символіка. Класифікація точок розриву функції | | 4 | КР-1 |
| | ВСЬОГО | 12 | 12 | |

Змістовний модуль 2
Диференціальне числення СФСА

| | | | | |
|----|---|----|----|------|
| 6 | Основні теореми про похідну функції | 2 | | |
| 7 | Диференційовність і диференціал Теореми про середнє значення | 2 | | |
| 8 | Правило Лопітала. Похідні і диференціали вищих порядків | 2 | | |
| 9 | Формула Тейлора. | 2 | | |
| 10 | Дослідження функцій | 2 | | |
| 7 | Техніка диференціювання | | 2 | |
| 8 | Техніка диференціювання. Диференціал і формула малих приростів | | 2 | |
| 9 | Похідні і диференціали вищих порядків Формула Тейлора | | 2 | |
| 10 | Правило Лопітала . Дослідження функцій і побудова графіків | | 4 | КР-2 |
| | ВСЬОГО | 10 | 10 | |

Змістовний модуль 3
Інтегральне числення СФСА

| | | | | |
|----|--------------------------------------|---|----|------|
| 11 | Невизначений інтеграл | 2 | | |
| 12 | Інтегрування раціональних функцій | 2 | | |
| 13 | Інтеграл Рімана | 2 | | |
| 14 | Методи обчислення інтеграла Рімана | 2 | | |
| 11 | Основні методи інтегрування | | 2 | |
| 12 | Інтегрування раціональних функцій | | 2 | |
| 13 | Інтегрування ірраціональних функцій | | 2 | |
| 14 | Інтегрування трансцендентних функцій | | 2 | |
| 15 | Обчислення інтеграла Рімана | | 4 | КР-3 |
| | ВСЬОГО | 8 | 12 | |

Змістовний модуль 4.
Диференціальне числення функції векторного аргументу (ФВА)

| | | | | |
|----|---|----|----|------|
| 15 | Метричні простори. Збіжність в R^m | 2 | | |
| 16 | Границя і неперервність ФВА | 2 | | |
| 17 | Диференційовність ФВА Диференційовність складних ФВА | 2 | | |
| 18 | Диференційовні відображення $R^m \rightarrow R^n$ Умови існування і диференційовність неявних ФВА | 2 | | |
| 19 | Формула Тейлора для ФВА | 2 | | |
| 20 | Локальні екстремуми ФВА | 2 | | |
| 21 | Умовні локальні екстремуми ФВА | 2 | | |
| 16 | Техніка диференціювання ФВА | | 2 | |
| 17 | Техніка диференціювання неявних ФВА | | 2 | |
| 18 | Заміна змінних у диференціальних виразах | | 2 | |
| 19 | Локальні екстремуми ФВА | | 2 | |
| 20 | Умовні локальні екстремуми ФВА | | 2 | КР-4 |
| | ВСЬОГО | 14 | 10 | |
| | ВСЬОГО ЗА I-Й СЕМЕСТР | 44 | 44 | |

II-й семестр

Змістовний модуль 5
Числові та функціональні ряди

| № лекції (практич. заняття) | Назва лекції (тема практичного заняття) | Кількість годин | | |
|-----------------------------------|--|-----------------|-------------------|-------------------|
| | | лекції | практ. заняття | самост. робота |
| 1 | Ознаки збіжності числових рядів з невід'ємними членами | 2 | | |
| 2 | Ознаки збіжності знакозмінних рядів | 2 | | |
| 3 | Функціональні послідовності і ряди | 2 | | |
| 4 | Властивості рівномірнозбіжних функціональних послідовностей і рядів | 2 | | |
| 5 | Степеневі ряди. Ряд Тейлора | 4 | | |
| 6 | Ряди Фур'є в $Q_{[a,b]}$ | 2 | | |
| 7 | Тригонометричні ряди Фур'є | 2 | | |
| 8 | Тригонометричні ряди Фур'є | 2 | | |
| 1 | Числові ряди з невід'ємними членами | | 2 | |
| 2 | Знакозмінні числові ряди | | 2 | |
| 3 | Функціональні послідовності і ряди | | 2 | |
| 4 | Степеневі ряди | | 2 | |
| 5 | Тригонометричні ряди Фур'є | | 2 | КР-5 |
| | ВСЬОГО | 18 | 10 | |

Змістовний модуль 6

Невласні інтеграли та інтеграли, залежні від параметра

| | | | | |
|----|--|-----------|-----------|------|
| 9 | Невласні інтеграли (н.і.). Ознаки збіжності н.і. від невід'ємних функцій | 4 | 2 | |
| 10 | Ознаки збіжності невластних інтегралів від знакозмінних функцій | 2 | | |
| 11 | Власні та невластні інтеграли, залежні від параметра | 4 | | |
| 13 | Ейлерові інтеграли | 2 | | |
| 14 | Інтеграл і перетворення Фур'є | 4 | | |
| 6 | Невласні інтеграли | | 2 | |
| 7 | Інтеграли, залежні від параметра | | 4 | |
| 8 | Ейлерові інтеграли | | 2 | |
| 9 | Інтеграл і перетворення Фур'є | | 4 | КР-6 |
| | ВСЬОГО | 16 | 12 | |

Змістовний модуль 7

Інтегральне числення функцій векторного аргументу (ФВА).

Елементи математичної теорії поля

| | | | | |
|----|---|-----------|-----------|------|
| 15 | Поняття міри Жордана в R^m . Означення m-кратного інтеграла | 2 | | |
| 16 | Властивості і обчислення кратних інтегралів | 4 | | |
| 17 | Заміна змінних в кратних інтегралах | 2 | | |
| 18 | Криволінійні інтеграли 1-го і 2-го родів | 2 | | |
| 19 | Поверхневі інтеграли 1-го і 2-го родів | 2 | | |
| 20 | Інтегральні теореми Гріна, Остроградського, Стокса | 4 | | |
| 21 | Застосування кратних, криволінійних і поверхневих інтегралів | 2 | | |
| 10 | Обчислення кратних інтегралів | | 4 | |
| 11 | Заміна змінних в кратних інтегралах | | 4 | |
| 12 | Обчислення криволінійних інтегралів | | 2 | |
| 13 | Обчислення поверхневих інтегралів | | 4 | КР-7 |
| | ВСЬОГО | 18 | 14 | |

Змістовний модуль 8

Інтегральне числення функцій векторного аргументу (ФВА).

Елементи математичної теорії поля

| | | | | |
|----|---|---|--|--|
| 22 | Скалярні і векторні поля. Похідна за напрямом і градієнт. Потік і дивергенція | 2 | | |
| 23 | Циркуляція і ротор векторного поля | 2 | | |
| 24 | Типи векторних полів. Набла-символіка | 2 | | |

| | | | | |
|----|--|-----|----|------|
| 25 | Запис основних диференціальних операцій теорії поля в ортогональній криволінійній системі координат (ОКСК) | 2 | | |
| 14 | Формула Гріна. Інтегрування повних диференціалів | | 2 | |
| 15 | Інтегральні теореми Остроградського, Стокса | | 2 | |
| 16 | Похідна за напрямом і градієнт скалярного поля. Обчислення потоку і дивергенції | | 2 | |
| 17 | Циркуляція і ротор векторного поля. Застосування теорем Остроградського і Стокса. Набла-символіка | | 4 | КР-8 |
| | ВСЬОГО | 8 | 10 | |
| | ВСЬОГО ЗА II-Й СЕМЕСТР | 60 | 44 | |
| | ВСЬОГО ЗА НАВЧАЛЬНИЙ РІК | 104 | 88 | |

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| Загальний обсяг | 224 год., в тому числі: |
| Лекції | 104 год. |
| Практичні | 88 год |
| Консультації | 8 год. |
| Екзамени | 24 год |

9. Рекомендована література:

Основні джерела:

1. Дороговцев А.Я., Математичний аналіз (ч.І, ч.ІІ).К.,1993.
2. Радченко О.М., Математичний аналіз, К., 1999-2003.
3. Fundamentals Of Mathematical Analysis by [Ilyin, Poznyak](https://archive.org/details/ilyin-poznyak-fundamentals-of-mathematical-analysis)
<https://archive.org/details/ilyin-poznyak-fundamentals-of-mathematical-analysis>.
4. С.А. Кривошея, Н.В. Майко О.В. Моторна, Т.М. Проценко Математичний аналіз. Завдання для самостійної роботи студентів. Частина 1, К. ВПЦ КУ, 2013
5. С.А. Кривошея, Н.В. Майко О.В. Моторна, Т.М. Проценко Математичний аналіз. Завдання для самостійної роботи студентів. Частина 2, К. ВПЦ КУ, 2015
6. С.А. Кривошея, Н.В. Майко О.В. Моторна, Т.М. Проценко Елементи векторного аналізу. Навчальний посібник. К. ВПЦ КУ, 2018
7. Ляшко И.И., Боярчук О.К., Гай Я.Г., Калайда О.Ф., Математический анализ, К., 1985.
8. М.О.Денисьєвський, О.О.Курченко, В.Н.Нагорний, О.Н.Нестеренко, Т.О.Петрова, А.В.Чайковський **Збірник задач з математичного аналізу. Частина І. Функції однієї змінної** – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2005.-
<http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/all.pdf>
9. Збірник задач з математичного аналізу. Функції кількох змінних. М.О. Денисьєвський, А.В. Чайковський. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2012.
http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/matan_fkz.pdf

Додаткові і джерела:

1. Кривошея С.А., Янішевський А.Т., Диференціальне числення СФСА. К., РВЦ КУ, 1998.
2. Кривошея С.А., Янішевський А.Т., Невизначений інтеграл. К., РВЦ КУ, 1999.
3. Янішевський А.Т., Диференціальне числення ФВА. К., РВЦ КУ, 1993.
4. Янішевський А.Т., Інтегральне числення ФВА. К., РВЦ КУ, 1994.
5. Янішевський А.Т., Ряди та невластні інтеграли. К., РВЦ КУ, 1992.

6. Грязнова В.О., Кривошея С.А., Придатченко Ю.В., Янішевський А.Т., Методичні вказівки до проведення практичних занять з математичного аналізу (ч.І). К., ВПЦ КУ, 2003.
7. Грязнова В.О., Кривошея С.А., Придатченко Ю.В., Омельченко О.Є., Методичні вказівки до проведення практичних занять з математичного аналізу (ч.ІІ). К., ВПЦ.КУ, 2005.
8. Єфіменко СВ., Кривошея С.А., Контрольні завдання з математичного аналізу. К., ВПЦ КУ, 2002.
9. Єфіменко СВ., Кривошея С.А., Придатченко Ю.В., Янішевський А.Т., Комплексні числа. К. РВЦ КУ, 1997.
10. О.В. Моторна, В.М. Трактинська, Лаброаторні роботи з математичного аналізу. Дніпропетровськ, ДНУ, 1997.
11. О.Н. Нестеренко, Т.О. Петрова, А.В. Чайковський. Збірник типових задач з математичного аналізу: функції однієї змінної: навч. посібник. К. КНУ імені Тараса Шевченка, Електронне видання – 2019.
<http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/05/zbirnykma.pdf>
12. О.Н. Нестеренко, Т.О. Петрова, А.В. Чайковський. Збірник типових задач з математичного аналізу: функції однієї змінної. Частина 2. . К. КНУ імені Тараса Шевченка, Електронне видання – 2020.
<http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2020/04/zbirnyk-2-chastyna.pdf>
13. Ляшко И.И., Боярчук О.К., Гай Я.Г., Голавач Г.П., Математический анализ в примерах и задачах. К., 1978-1986.