

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор



Сергій ОКОВИТИЙ

2025 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

Олег МАРЕНКОВ

«29» 05 2025 р.

ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПРАНТУРИ

для здобуття ступеня доктора філософії
на основі освітнього ступеня магістра (освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста)
за спеціальністю Е7 Математика
освітньо-наукова програма «Математика»



Розглянуто на засіданні вченої ради
механіко-математичного факультету
від «17» грудня 2024 р.; протокол № 5

Голова вченої ради _____ (Олександр ХАМІНІЧ)

Дніпро-2025

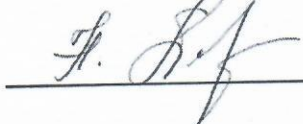
Програма вступного іспиту для конкурсного відбору вступників до аспірантури для здобуття ступеня вищої освіти доктора філософії (PhD) за спеціальністю **Е7 Математика** освітньо-наукова програма «Математика» (на основі освітнього ступеня магістра (освітньо-кваліфікаційного ступеня спеціаліста) –Д: ДНУ, 2025. – 15 с.

Розробники:

1. Пипка О. О., доктор фізико-математичних наук, доцент, гарант освітньої програми, завідувач кафедри геометрії та алгебри.
2. Парфінович Н. В., доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри математичного аналізу та оптимізації.
3. Когут П. І., доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математичного аналізу та оптимізації.

Програма вступного іспиту ухвалена:

- на засіданні кафедри математичного аналізу та оптимізації (протокол № 4 від 12.11.2024 р.)
Завідувач кафедри математичного аналізу та оптимізації

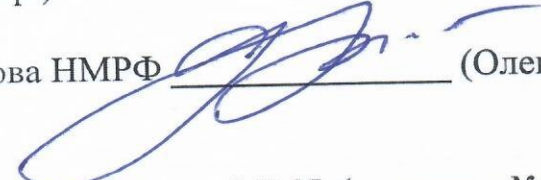
 (Наталія ПАРФІНОВИЧ)

- на засіданні кафедри геометрії та алгебри (протокол № 5 від 08.12.2024 р.)

Завідувач кафедри геометрії та алгебри

 (Олександр ПИПКА)

- на засіданні науково-методичної ради ММФ (протокол № 5 від 17.12.2024 р.)

Голова НМРФ  (Олександр ГУБІН)

- на засіданні вченої ради ММФ (протокол № 5 від 17.12.2024 р.)

Голова вченої ради ММФ  (Олександр ХАМІНЧ)

Гарант освітньо-наукової програми  (Олександр ПИПКА)

1. ЗМІСТ РОЗДІЛІВ ТА ТЕМ ДИСЦИПЛІН

1. Математичний аналіз

Елементи теорії множин і відображень. Теорія дійсних чисел. Основні властивості дійсних чисел. Потужність множин. Порівняння потужностей. Зліченні та незліченні множини та їх властивості.

Границя числової послідовності. Властивості границь. Критерій Коші. Числові ряди. Ознаки збіжності. Границя функції. Властивості границь. Границя функції при базі. Обчислення границь. Неперервність функції. Локальні і глобальні властивості неперервних функцій. Порівняння асимптотичної поведінки функцій.

Диференційованість функцій. Похідна, диференціал та їх властивості. Основні теореми диференціального числення. Формула Тейлора. Правила Лопіталю. Дослідження функцій методами диференціального числення.

Первісна та невизначений інтеграл. Основні методи інтегрування функцій. Інтеграл Рімана. Найважливіші класи інтегрованих за Ріманом функцій. Основні властивості інтегралу Рімана. Формула Ньютона-Лейбніца. Застосування інтеграла Рімана. Невласні інтеграли, їх властивості. Абсолютна та умовна збіжність невластних інтегралів. Ознаки збіжності.

Простір R^m та найважливіші класи його підмножин. Границя функцій багатьох змінних, властивості границь. Неперервність функцій багатьох змінних. Локальні та глобальні властивості неперервних функцій. Диференційованість функцій багатьох змінних. Частинні похідні. Координатне зображення диференціалу. Частинні похідні вищих порядків. Формула Тейлора. Дослідження функцій багатьох змінних методами диференціального числення.

Поточкова і рівномірна збіжність сім'ї функцій, залежної від параметру, зокрема, функціональних послідовностей і рядів. Функціональні властивості граничних функцій (умови комутування двох граничних переходів, неперервність і граничний перехід, інтегрування і граничний перехід, диференціювання і граничний перехід). Ряди Фур'є. Принцип локалізації. Дослідження збіжності ряду Фур'є. Нерівність Бесселя та рівність Парсеваля.

Власні і невластні інтеграли, залежні від параметра. Ознаки рівномірної збіжності. Функціональні властивості. Ейлерові інтеграли. Перетворення Фур'є та його властивості. Інтеграл Фур'є. Достатні умови зображення функції інтегралом Фур'є.

Кратні інтеграли. їх властивості. Зведення кратного інтегралу до повторного. Заміна змінних. Криволінійні та поверхневі інтеграли та їх властивості. Формули Гріна, Гауса-Остроградського і Стокса. Елементи теорії поля.

2. Комплексний аналіз

Диференційовність комплексної функції. Критерій диференційованості. Інтегровність комплексної функції. Інтегральна теорема Коші. Інтегральна формула Коші. Степеневі ряди. Радіус круга збіжності. Властивості суми степеневих рядів. Теорема Вейерштрасса про ряд аналітичних функцій. Ряд Лорана. Розвинення аналітичної функції в ряд Лорана. Теорема єдиності для аналітичних функцій. Принцип максимуму модуля. Теорія лишків та її застосування.

3. Лінійна алгебра і теорія чисел.

Відповідності та відображення. Приклади відображень. Типи відображень. Добуток відображень. Властивості операції добутку відображень. Скінченні та зчисленні множини. Роль зчисленних множин. Властивості зчисленних множин. Зчисленність $\mathbb{Z}$ та $\mathbb{Q}$. Теорема Кантора про булеан. Характеристичні функції підмножин та їх роль. Перетворення множин. Підстановки множин. Група підстановок скінченної множини. Таблична форма запису підстановки. Добуток підстановок множини у табличній формі. Транспозиції, їх парність. Роль транспозицій.

Визначники. Їх властивості. Метод Гауса знаходження визначника. Мінори матриць та їх алгебраїчні доповнення. Роль мінорів та алгебраїчних доповнень. Теорема Лапласа. Обернена матриця. Приклади матриць, що не мають оберненої. Критерій існування оберненої матриці та її знаходження. Алгебра матриць. Базисні матриці. Таблиця множення базисних матриць. Трансвекції. Множення трансвекцій. Матриця, обернена до трансвекції. Роль трансвекцій.

Бінарна алгебраїчна операція. Приклади комутативних, некомутативних, асоціативних та неасоціативних бінарних алгебраїчних операцій. Роль асоціативності. Група. Підгрупа. Приклади груп та підгруп. Критерій підгрупи. Нормальні підгрупи. Спряжені елементи. Критерій нормальності. Прості групи. Фактор-групи. Гомоморфізми груп, їх властивості. Приклади гомоморфізмів груп. Кільце. Підкільце. Приклади кілець та підкілець. Критерій підкільця. Гомоморфізми кілець, їх властивості. Приклади гомоморфізмів кілець. Тіло. Підтіло. Приклади тіл та підтіл. Критерій підтіла. Поле. Підполе. Приклади полів та підполів. Критерій підполя. Характеристика поля. Приклад скінченного непростого поля. Будова простих полів характеристики p . Поле комплексних чисел. Вид елементів та основні операції над ними. Множення комплексних чисел у тригонометричній формі. Формула Муавра.

Векторний простір. Підпростір векторного простору. Приклади векторних просторів та підпросторів. Критерій підпростору. Лінійна оболонка множини. Вид елементів лінійної оболонки. Властивості лінійної оболонки, лема про заміну. Базис. Існування базису. Вимірність векторного простору. Координати вектора. Матриця переходу, її властивості. Ранг матриці. Теорема про ранг матриці. Ранг добутку матриць. Лінійні відображення, їх матриці. Закон зміни матриці лінійного відображення при

зміні базисів. Будова алгебри лінійних перетворень скінченновимірною простору. Системи лінійних рівнянь. Загальний метод розв'язування систем лінійних рівнянь. Однорідні системи лінійних рівнянь. Фундаментальна система розв'язків, її знаходження. Власні вектори та власні значення лінійних перетворень. Характеристичний поліном лінійного перетворення. Пряма сума векторних просторів. Приклади. Доповнення підпростору.

Білінійні функції та білінійні форми. Елементарні властивості. Роль симетричних та знакозмінних форм. Квадратичні форми. Ліве та праве ортогональні доповнення. Ліве та праве ядро білінійної форми, їх зв'язок з рангом. Алгебра кватерніонів. Стандартний базис алгебри кватерніонів і таблиця множення його елементів.

Подільність у кільці поліномів. Корені поліномів, теорема Безу, кратні корені, кількість коренів. Подільність у кільці, її зв'язок з головними ідеалами. Асоційовані елементи кілець. Найменше спільне кратне та найбільший спільний дільник. Їх зв'язок. Евклідові кільця, приклади евклідових кілець. Властивості ідеалів евклідових кілець.

Функція Ейлера. Групова характеристика функції Ейлера. Кільцева характеристика функції Ейлера. Теорема Ейлера та її наслідок (мала теорема Ферма). Функція Мебіуса. Суматорна функція для функції Мебіуса. Множення Діріхле теоретико-числових функцій. Її властивості. Конгруєнції за модулем n , їх розв'язки, кількість розв'язків. Примітивні корені. Приклади чисел, що не мають примітивних коренів. Квадратичні лишки та нелишки за простим модулем. Критерій Ейлера. Символ Лежандра, його властивості.

4. Диференціальні рівняння

Теорема існування та єдиності для диференціального рівняння 1-го порядку, яке розв'язане відносно похідної. Метод ізоклін. Метод відокремлення змінних. Виділення особливих розв'язків. Лінійне неоднорідне рівняння першого порядку. Метод варіації сталої. Особливі точки рівняння першого порядку. Рівняння Клеро, Лагранжа. Особливі розв'язки.

Основні теореми про розв'язки лінійного диференціального рівняння n -го порядку. Фундаментальна система розв'язків лінійного однорідного рівняння. Визначник Вронського. Лінійне неоднорідне рівняння n -го порядку. Метод варіації сталих. Лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами. Метод Ейлера. Диференціальні рівняння вищих порядків. Зниження порядку диференціального рівняння.

Системи диференціальних рівнянь в нормальній формі. Задача Коші. Перші та загальні інтеграли. Особливі точки автономних систем диференціальних рівнянь другого порядку. Означення стійкості окремого розв'язку диференціального рівняння за Ляпуновим. Теорема Ляпунова про стійкість за першим наближенням.

5. Теорія міри та інтеграла. Функціональний аналіз

Побудова і основні властивості міри Лебега на прямій та площині. Вимірні функції та їх властивості. Послідовності вимірних функцій. Теореми Лебега, Рісса, Єгорова. Інтеграл Лебега для простої і довільної функції. Властивості інтеграла Лебега. Граничний перехід під знаком інтеграла Лебега. Критерій інтегрованості функції за Ріманом. Абсолютно неперервні функції та їх властивості. Їх взаємозв'язок з неперервними функціями та функціями обмеженої варіації. Функції обмеженої варіації, інтеграл Рімана-Стільтьєса і його властивості. Послідовність вимірних функцій. Збіжність майже скрізь і по мірі. Зв'язок між ними. Функції обмеженої варіації і їх властивості (з доведенням про зображення функції обмеженої варіації у вигляді різниці двох монотонних функцій).

Компактні множини. Критерії компактності множини в метричному просторі. Сепарабельність. Лінійні нормовані простори. Ізоморфізм скінченновимірних лінійних нормованих просторів. Ряд Фур'є по ортонормованій системі. Нерівність Беселя. Рівність Парсеваля. Поняття про оператор і функціонал. Лінійні оператори. Норми оператора. Обернені оператори. Теорема про існування оберненого оператора (теорема про достатні умови). Принцип стискаючих відображень. Теорема Банаха-Штейнгауза. Теорема Хана-Банаха.

6. Рівняння математичної фізики

Канонічні види лінійних рівнянь в частинних похідних другого порядку від двох незалежних змінних. Задача Коші для рівняння теплопровідності в шарі $R^n \times [0, T]$, розв'язання за методом інтегрального перетворення Фур'є. Принцип максимуму для оператора теплопровідності в шарі $R^n \times [0, T]$ та просторово-часовому циліндрі $S_R^n \times [0, T]$. Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння теплопровідності в стрижні скінченної довжини; розв'язання за методом розділення змінних. Задача Коші для рівняння коливань струни в смузі $R \times [0, T]$; розв'язання за методом характеристик та інтегрального перетворення Фур'є. Задача Коші для хвильового рівняння в шарі $R^3 \times [0, T]$; розв'язання за методом сферичних середніх Кірхгофа. Задача Коші для хвильового рівняння в шарі $R^2 \times [0, T]$; розв'язання за методом спуску Адамара, інтегральна формула Пуассона. Інтеграл енергії для рівняння коливань струни в смузі $R \times [0, T]$, коректність задачі Коші в смузі $R \times [0, T]$.

Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння коливань струни; розв'язання за методом розділення змінних. Постановки крайових задач Діріхле, Неймана та Робена для рівняння Лапласа в скінченній області в R^n ; принцип максимуму для рівняння Лапласа. Формула Гауса-Остроградського, перша та друга допоміжні формули Гріна, основна формула Гріна в скінченній області в R^n ; умова розв'язності задачі Неймана. Теореми про середні значення гармонічної функції в кулі та на сфері в R^n , про нескінченну диференційовність гармонічної функції в скінченній області в

R'' . Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння Лапласа в колі; розв'язання за методом розділення змінних. Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння Лапласа в кільці; розв'язання за методом розділення змінних. Зовнішня крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння Лапласа в колі; розв'язання за перетворенням інверсії Кельвіна.

7. Методи оптимізації та варіаційне числення

Опуклі функції: означення, властивості. Нерівність Йенсена. Критерій опуклості диференційовних функцій. Теорема Куна-Такера. Умова Слейтера. Варіація за Лагранжем. Означення. Приклади. Похідна за Гато. Означення. Приклади. Теорема про диференційовність за Фреше суперпозиції відображень. Постановка загальної задачі умовної мінімізації. Теорема Ферма. Приклади, застосування теореми про диференційовність суперпозиції відображень. Теорема Моро-Рокафелара. Теорема Дубовицького-Мілютіна. Приклади. Поняття похідної за напрямом. Приклади, властивості.

Задача Дідони. Якісний аналіз. Рівняння Ейлера-Пуассона. Приклади його застосування. Застосування леми Дюбуа-Реймона до розв'язання задачі Лагранжа. Необхідні умови в задачі Ейлера. Задача варіаційного числення з нерухомими кінцями. Необхідні умови оптимальності. Інтегрування рівнянь Ейлера. Перші інтеграли.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЗАПРОПОНОВАНИХ ДЛЯ ІСПИТУ

Вступні випробування проводяться за рішенням екзаменаційної комісії за білетами. Для підготовки відповіді використовують екзаменаційні листки, що зберігаються в особовій справі вступника.

З програмами вступних випробувань, переліком питань, порядком проведення вступних випробувань за спеціальністю Е7 Математика, вступники мають змогу ознайомитися на офіційному сайті ДНУ.

Рівень знань вступників оцінюється екзаменаційною комісією за стобальною системою. Результати проведення вступного випробування оформляються протоколом, в якому фіксуються екзаменаційні питання. На кожного вступника ведеться окремий протокол.

Протоколи прийому вступних випробувань після затвердження зберігаються в особовій справі вступника.

Питання, запропоновані для вступників в аспірантуру за спеціальністю Е7 Математика ОНП «Математика» у 2025 році.

1. Математичний аналіз:

Потужність множин. Порівняння потужностей. Злічені та незлічені множини та їх властивості.

Границя числової послідовності. Властивості границь. Критерій Коші.

Числові ряди. Ознаки збіжності.

Неперервність функції. Локальні і глобальні властивості неперервних функцій.

Диференційованість функцій. Похідна, диференціал та їх властивості.

Основні теореми диференціального числення.

Формула Тейлора.

Інтеграл Рімана. Найважливіші класи інтегрованих за Ріманом функцій. Основні властивості інтеграла Рімана.

Невласні інтеграли, їх властивості. Абсолютна та умовна збіжність невластивих інтегралів. Ознаки збіжності.

Диференційованість функцій багатьох змінних. Частинні похідні. Координатне зображення диференціалу. Частинні похідні вищих порядків.

Поточкова і рівномірна збіжність сім'ї функцій, залежної від параметру, зокрема, функціональних послідовностей і рядів.

Ряди Фур'є. Дослідження збіжності ряду Фур'є. Нерівність Бесселя та рівність Парсеваля.

Перетворення Фур'є та його властивості. Інтеграл Фур'є. Достатні умови зображення функції інтегралом Фур'є.

Формули Гріна, Гауса-Остроградського і Стокса.

2. Комплексний аналіз:

Диференційовність комплексної функції. Критерій диференційованості. Інтегровність комплексної функції. Інтегральна теорема Коші. Інтегральна формула Коші.

Степеневі ряди. Радіус круга збіжності. Властивості суми степеневих рядів.

Ряд Лорана. Розвинення аналітичної функції в ряд Лорана.

3. Лінійна алгебра і теорія чисел:

Відповідності та відображення. Приклади відображень. Типи відображень.

Підстановки множин. Група підстановок скінченної множини. Таблична форма запису підстановки.

Визначники. Їх властивості. Метод Гауса знаходження визначника. Мінори матриць та їх алгебраїчні доповнення.

Алгебра матриць. Базисні матриці. Таблиця множення базисних матриць.

Група. Підгрупа. Приклади груп та підгруп. Критерій підгрупи. Нормальні підгрупи.

Кільце. Підкільце. Критерій підкільця. Гомоморфізми кілець, їх властивості.

Тіло. Підтіло. Критерій підтіла.

Поле. Підполе. Критерій підполя. Характеристика поля.

Поле комплексних чисел. Вид елементів та основні операції над ними. Множення комплексних чисел у тригонометричній формі. Формула Муавра.

Векторний простір. Підпростір векторного простору. Приклади векторних просторів та підпросторів. Критерій підпростору.

Лінійна оболонка множини. Вид елементів лінійної оболонки.

Базис. Існування базису. Вимірність векторного простору. Координати вектора.

Ранг матриці. Теорема про ранг матриці. Ранг добутку матриць.

Системи лінійних рівнянь. Загальний метод розв'язування систем лінійних рівнянь.

Власні вектори та власні значення лінійних перетворень.

Білінійні функції та білінійні форми. Елементарні властивості. Роль симетричних та знакозмінних форм.

Подільність у кільці поліномів. Корені поліномів, теорема Безу, кратні корені, кількість коренів.

Евклідові кільця, приклади евклідових кілець. Властивості ідеалів евклідових кілець.

Функція Ейлера. Групова характеристика функції Ейлера. Кільцева характеристика функції Ейлера.

Теорема Ейлера та її наслідок (мала теорема Ферма).

Конгруенції за модулем n , їх розв'язки, кількість розв'язків.

4. Диференціальні рівняння:

Теорема існування та єдиність для диференціального рівняння 1-го порядку, яке розв'язане відносно похідної.

Лінійне неоднорідне рівняння першого порядку. Метод варіації сталої.

Рівняння Клеро, Лагранжа. Особливі розв'язки.

Основні теореми про розв'язки лінійного диференціального рівняння n -го порядку.

Фундаментальна система розв'язків лінійного однорідного рівняння. Визначник Вронського.

Лінійне неоднорідне рівняння n -го порядку. Метод варіації сталих.

Лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами. Метод Ейлера.

Системи диференціальних рівнянь в нормальній формі.

5. Теорія міри та інтеграла. Функціональний аналіз:

Побудова і основні властивості міри Лебега на прямій та площині.

Вимірні функції та їх властивості.

Інтеграл Лебега для простої і довільної функції. Властивості інтеграла Лебега.

Абсолютно неперервні функції та їх властивості.

Інтеграл Рімана-Стільтьєса і його властивості.

Послідовність вимірних функцій. Збіжність майже скрізь і по мірі.

Функції обмеженої варіації і їх властивості (з доведенням про зображення функції обмеженої варіації у вигляді різниці двох монотонних функцій).

Компактні множини. Критерії компактності множини в метричному просторі.

Сепарабельність. Лінійні нормовані простори.

Ряд Фур'є по ортонормованій системі. Нерівність Беселя. Рівність Парсеваля.

Поняття про оператор і функціонал. Лінійні оператори. Норми оператора. Обернені оператори.

Теорема про існування оберненого оператора (теорема про достатні умови). Принцип стискаючих відображень.

Теорема Банаха-Штейнгауза.

Теорема Хана-Банаха.

6. Рівняння математичної фізики:

Канонічні види лінійних рівнянь в частинних похідних другого порядку від двох незалежних змінних.

Задача Коші для рівняння теплопровідності в шарі $R^n \times [0, T]$, розв'язання за методом інтегрального перетворення Фур'є.

Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння теплопровідності в стрижні скінченної довжини; розв'язання за методом розділення змінних.

Задача Коші для рівняння коливань струни в смузі $R \times [0, T]$; розв'язання за методом характеристик та інтегрального перетворення Фур'є.

Задача Коші для хвильового рівняння в шарі $R^3 \times [0, T]$; розв'язання за методом сферичних середніх Кірхгофа.

Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння коливань струни; розв'язання за методом розділення змінних.

Постановки крайових задач Діріхле, Неймана та Робена для рівняння Лапласа в скінченній області в R^n ; принцип максимуму для рівняння Лапласа.

Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння Лапласа в колі; розв'язання за методом розділення змінних.

Крайова задача з межовими умовами Діріхле для рівняння Лапласа в кільці; розв'язання за методом розділення змінних.

7. Методи оптимізації та варіаційне числення:

Опуклі функції: означення, властивості. Нерівність Йенсена. Критерій опуклості диференційовних функцій.

Теорема Куна-Такера.

Умова Слейтера.

Варіація за Лагранжем. Означення. Приклади.

Похідна за Гато. Означення. Приклади.

Теорема про диференційовність за Фреше суперпозиції відображень.

Постановка загальної задачі умовної мінімізації.

Структура екзаменаційного білета

Екзаменаційний білет містить 3 запитання відкритої форми, зміст яких стає відомим вступнику лише при отриманні білета. Зміст запитань відповідає переліку питань дисциплін 1-7, наведених вище. Тривалість іспиту – 2 астрономічні години.

Критерії оцінки відповідей

Кожна відповідь на питання оцінюється за 200 - бальною шкалою:

0-99 балів виставляється вступнику в аспірантуру, який володіє матеріалом на базовому рівні, викладає його безладно, допускає помилки у визначенні фундаментальних понять, дає не правильну відповідь на поставлене запитання.

100-124 бали виставляється вступнику в аспірантуру, який частково володіє матеріалом і здатний відтворити незначну його частину, дає часткову відповідь на запитання, але припускається помилок.

125-149 балів виставляється вступнику в аспірантуру, який демонструє знання в обмеженому обсязі, не знає значної частини програмного матеріалу, основних понять з математики, допускає істотні помилки при визначенні основних математичних понять, не спроможний провести повноцінного доведення фактів та теорем.

150-169 балів виставляється вступнику в аспірантуру, який знає лише основний матеріал, але не засвоїв його деталей, допускає недоліки у виведенні математичних фактів, тверджень, теорем.

170-189 балів виставляється вступнику в аспірантуру, який твердо знає програмний матеріал, грамотно і по суті викладає його, припускається декілька незначних помилок, які вміє виправити, викладений матеріал ілюструє прикладами.

190-200 балів виставляється вступнику в аспірантуру, який глибоко та міцно засвоїв програмний матеріал, вичерпно, послідовно, грамотно й логічно його викладає, у відповіді якого тісно пов'язується теорія з практикою, може системно і у логічній послідовності давати відповіді на поставлені запитання.

Підсумковий бал за екзаменаційну роботу виставляється, як середнє арифметичне балів за кожне завдання.

3. ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Математичний аналіз:

Дороговцев А.Я. Математичний аналіз: у 2 т. / А.Я. Дороговцев. – К.: Либідь, 1993.

Заболоцький М.В., Сторож О.Г., Тарасюк С.І. Математичний аналіз, К.: Знання, 2008. – 421 с.

Ковальчук Б., Шіпка Й. Основи математичного аналізу Ч. 1. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010 – 370 с.

Ковальчук Б., Шіпка Й. Основи математичного аналізу Ч. 2. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010 – 412 с.

Ляшко І.І. Математичний аналіз: у 2 т. / І.І. Ляшко, В.Ф. Ємельянов, О.К. Боярчук. – К.: Вища школа, 1992.

Математичний аналіз: завдання для самостійної роботи студентів : навч.-метод. посіб. / С. А. Кривошея, Н. В. Майко, О. В. Моторна, Т. М. Прощенко. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. – Ч. 1. – 323 с.

Рудавський Ю.К., Понеділок Г.В. та ін. Математичний аналіз. — Львів: В-во НУ «ЛП», 2003.

Інтегральне числення функцій багатьох змінних. Елементи теорії поля [Електронний ресурс] : навчальний посібник до вивчення теоретичного курсу з математичного аналізу для студентів 1 курсу технічних факультетів / НТУУ «КПІ» ; уклад. З. П. Ординська, Л. А. Репета. – Електронні текстові дані. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 123 с.

2. Комплексний аналіз:

Доронін В.Г., Лигун А.О., Моторний В.П., Моторна О.В. Комплексний аналіз. Ч. 1. - Дніпропетровськ: ДДУ, 1997. - 126 с.

Доронін В.Г., Лигун А.О., Моторний В.П., Моторна О.В. Комплексний аналіз. Ч. 2. - Дніпропетровськ: ДДУ, 1999. - 140 с.

Доронін В.Г., Лигун А.О., Черномурова Л.О. Комплексний аналіз у прикладах і завданнях. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2006. - 76 с.

Комплексний аналіз. Приклади і задачі: навчальний посібник / В.Г.Самойленко, В.А.Бородін, Г.В.Верьовкіна, А.В.Ловейкін, І.Б.Романенко / За редакцією В.Г.Самойленка. – К: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. – 224 с.

Мельник Т.А. Комплексний аналіз: підручник – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2015.

3. Лінійна алгебра і теорія чисел:

Гаврилків В.М. Елементи теорії груп та теорії кілець: навчальний посібник / В.М. Гаврилків. – Івано-Франківськ: Голіней, 2016. – 148 с.

Курдаченко, Л.А., Отал, Х., Пипка, О.О.: Про деякі властивості центральних та узагальнено центральних рядів груп. Доп. Нац. акад. наук Укр. 1, 20-24 (2015).

Курдаченко, Л.А., Отал, Х., Пипка, О.О.: Про деякі зв'язки між факторами канонічних центральних рядів в алгебрах Лейбніца. Доп. Нац. акад. наук Укр. 3, 14-18 (2016).

Лиман Ф. М., Лукашова Т.Д., Друшляк М.Г. Узагальнені норми груп. СумДПУ імені АС Макаренка, Суми, 2019.

Лиман Ф. М., Лукашова Т.Д. Елементи теорії груп, кілець і полів. "МакДен", Суми, 2013.

Лиман Ф. М. Математична логіка і теорія алгоритмів. "МакДен", Суми, 2014.

Пипка, О.О.: Будова скінченних груп, в яких кожна пронормальна підгрупа або нормальна, або абнормальна. Вісник Дніпропетровського університету. Математика. 16, 109-112 (2011).

Чупордя, В. А. Посібник до вивчення курсу «Алгебра і теорія чисел». Кільця [Текст] / В. А.Чупордя, Н. А.Турбай. – Д. Вид-во ДНУ, 2013.– 24 с.

Панасенко О. Б. Лекції з лінійної алгебри : електронний навчальний посібник / О. Б. Панасенко. — Вінниця, 2015. — 273 с. — Режим доступу : <http://amnm.vspu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/10/Panasenko-lin-alg.pdf>

4. Диференціальні рівняння:

Гой Т. П. Диференціальні рівняння : навчальний посібник / Т. П. Гой, О. В. Махней. – Івано-Франківськ : Сімик, 2012. – 352 с.

Івасишен С.Д. Диференціальні рівняння: методи та застосування: навч. посіб. / С.Д. Івасишен, В.П. Лавренчук, П.П. Настасієв, І.І. Дрінь. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2010. – 288 с.

Сясев А.В. Диференціальні рівняння: Навч. посіб. – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2007. – 358 с.

Шкіль М.І., Сотніченко М.А. Звичайні диференціальні рівняння: Навч.посібник. – К.: Вища шк., 1992. – 303 с.

5. Рівняння математичної фізики:

Лопушанська Г.П., Бугрій О.М., Лопушанський А.О. Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики: підручник. – Львів, 2012. – 362 с.

Маркович Б.М. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. – Львів : Вид-во Львівської політехники, 2010. – 384 с.

Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Г.Б. Лінник. – Харків : Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2011. – 312 с.

Романенко І.Б., Самойленко В.Г. Постановка крайових задач. Зведення рівнянь до канонічного вигляду. –К.:ВПЦ Київський ун-т, 2005. – 48 с.

Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. – К.: Либідь, 2001. – 336 с.

6. Теорія міри та інтеграла, функціональний аналіз:

Березанський Ю.М., Ус Г.Ф., Шефтель З.Г. Функціональний аналіз: підручник. – Львів, 2014. – 558 с.

Великін В.Л., Пасько А.М. Методичні вказівки до практичних занять з теорії міри та інтеграла// РВВ ДНУ: Дніпропетровськ – 2010.

Ковтонюк М.М., Томусяк А.А. Основи функціонального аналізу. Навчальний підручник для студентів фізико-математичних факультетів педагогічних університетів. — Вінниця: ПП "Едельвейс і К", 2011. — 574 с.

Лекції з теорії міри та інтеграла : Ч.2. Інтеграл: навч. посібник. / В.К. Маслюченко. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 176 с.

Теорія міри та інтеграла : навчальний посібник / В. М. Радченко. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. –144 с.

Ус. С.А. Функціональний аналіз [Текст]: навч. посібник / С.А. Ус. – Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 236 с.

7. Методи оптимізації та варіаційне числення:

Моклярчук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. - К.: Либідь, 1994.- 324 с.

Когут О.П., Когут П.І., Рядно О.А. Оптимізація в нелінійних еліптичних крайових задачах: Монографія — Д.: ДДФА, 2010. — 236 с.

Перестюк М.О., Станжицький О.М., Капустян О.В., Ловейкін Ю.В. Варіаційне числення та методи оптимізації. Навч. посібн. - К.: ВПЦ "Київський університет", 2010. - 144 с.