



МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ-1

Метод відокремлення змінних і метод характеристик

Силабус

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітня програма	Комп'ютерне моделювання фізичних процесів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС (120 годин), з них лекції 36 годин, практичні заняття 18 годин, самостійна робота 66 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/модульна контрольна робота, індивідуальні завдання
Розклад занять	http://roz.kpi.ua , https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Д. ф.-м. н., професор Герасимчук В.С. https://mph.kpi.ua/osobovij-sklad.html
Розміщення курсу	платформа дистанційного навчання Sikorsky Distance, електронний кампус КПІ esampus.kpi.ua , сайт кафедри, інформаційні ресурси бібліотеки, група в Telegram

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

1.1. Опис навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Методи математичної фізики-1. Метод відокремлення змінних і метод характеристик» належить до циклу дисциплін *загальної підготовки*, які складають основу підготовки бакалаврів фізики.

Дана дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують математичний апарат майбутнього фахівця-фізика. Вона є запорукою успішного подальшого вивчення дисциплін професійної та практичної підготовки, застосування математичних методів для аналізу науково-природничих явищ. Оволодіння методами математичної фізики дозволить студентам, крім підвищення їх математичної ерудиції, застосовувати набуті знання для розв'язування наукових і прикладних задач у таких різних галузях науки, як математика, фізика, біохімія, медицина та деяких галузях сучасного високотехнологічного виробництва.

Перший кредитний модуль дисципліни «Методи математичної фізики» присвячений розкриття наукових концепцій, понять та методів класичної математичної фізики.

Мета навчальної дисципліни – навчити студентів способам побудови математичних моделей, які описуються диференціальними рівняннями у частинних похідних (ДРЧП) гіперболічного типу, та основним методам розв'язування та дослідження таких рівнянь. Розглядаються метод характеристик і метод Фур'є.

1.2. Предмет вивчення дисципліни

Предмет навчальної дисципліни – постановка та методи розв'язування крайових задач класичної математичної фізики для диференціальних рівнянь у частинних похідних гіперболічного типу.

1.3. Результати навчання

Програмні компетентності:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності спеціальності(ФК)

ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

ФК 6. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

ФК 9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

ФК 10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

ФК 11. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень.

Програмні результати навчання

ПРН 9. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.

ПРН 16. Вміти самостійно навчатися та підвищувати рівень своєї кваліфікації.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Навчальна дисципліна «Методи математичної фізики-1. Метод відокремлення змінних і метод характеристик» спирається на апарат лінійної та векторної алгебри, векторного аналізу та математичного аналізу, теорії диференціальних та інтегральних рівнянь, числових і функціональних рядів, ТФКЗ, перетворень Фур'є, загальної фізики, класичної механіки та електродинаміки, чисельних і комп'ютерних методів обробки та зображення інформації, і забезпечує такі навчальні дисципліни як квантова механіка, статистична фізика, фізика ядра та елементарних частинок, фізика твердого тіла, комп'ютерне моделювання в фізиці та інші.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Про задачі математичної фізики (МФ)

Тема 1.1. Завдання та зміст дисципліни "Методи МФ". Задачі фізики, що приводять до основних рівнянь МФ

Тема 1.2. Основні поняття теорії ДРЧП. Постановка задач МФ.

Розділ 2. Класифікація та зведення ДРЧП до канонічного виду

Тема 2.1. ДРЧП 2-го порядку з двома змінними та їх класифікація

Тема 2.2. Зведення ДРЧП 2-го порядку до канонічного виду

Тема 2.3. Інтегрування ДРЧП 2-го порядку у канонічній формі.

Розділ 3. Рівняння гіперболічного типу

Тема 3.1. Рівняння гіперболічного типу. Хвильове рівняння

Тема 3.2. Задача Коші для хвильового рівняння. Вивчення коливань струни методом характеристик

Тема 3.3. Розв'язування першої крайової задачі для хвильового рівняння методом відокремлення змінних

Тема 3.4. Метод відокремлення змінних для неоднорідного хвильового рівняння

Тема 3.5. Метод відокремлення змінних для мішаних задач гіперболічного типу

Тема 3.6. Метод відокремлення змінних для двовимірного хвильового рівняння.

Розділ 4. Задача Штурма-Ліувілля

Тема 4.1. Одновимірний задача Штурма-Ліувілля. Самоспряжене рівняння 2-го порядку

Тема 4.2. Власні значення та власні функції. Теорема Стеклова. Постановка спектральних задач.

Розділ 5. Рівняння параболічного типу (перша частина)

Тема 5.1. Формулювання крайових задач для рівнянь параболічного типу. Рівняння теплопровідності

Тема 5.2. Розв'язування першої крайової задачі для рівняння теплопровідності методом відокремлення змінних

Тема 5.3. Мішані крайові задачі для рівняння теплопровідності.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. *Перестюк М.О., Маринець В.В.* Теорія рівнянь математичної фізики. – Київ: Либідь, 2001. – 333 с.
2. *Tikhonov A.N. and Samarskiĭ A.A.* Equations of mathematical physics. – Dover Publications, 2013. – 800 p.
3. *Koshlyakov N.S., Smirnov M.M., and Gliner E.B.* Differential equations of mathematical physics. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 1964, xvi+701 pp.
4. *Arsenin V.Ya.* Basic equations and special functions of mathematical physics. – Iliffe Books Ltd., London, 1968. – 361 p.
5. *Івасишен С.Д., Лавренчук В.П., Івасюк Г.П., Рева Н.В.* Основи класичної теорії рівнянь математичної фізики. – Чернівці: Видавничий дім «Родовід», 2015.–358 с.
6. *Піх С.С., Попель О.М., Ровенчак А.А., Тальянський І.І.* Методи математичної фізики. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2011. – 404 с.

Допоміжна

7. *Вірченко Н.О.* Основні методи розв'язання задач математичної фізики. – К.: Інрес: Воля, 2006. – 332 с.
8. *Івасишен С.Д., Лавренчук В.П., Готинчан Т.І., Мельничук Л.М.* Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018.– 212 с.
9. *Шалдырван В.А., Герасимчук В.С.* Методы математической физики. – М.: Вузовская книга, 2006. – 512 с.
10. *Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н.* Сборник задач по математической физике. – М.: Наука, 1980. – 686 с.
11. *Mathews J., Walker, R.L.* Mathematical methods of physics. – New York : W.A. Benjamin; 2nd edition, 1970. – 501 p.
12. *Lawrence C. Evans.* Partial Differential Equations. – American Mathematical Society; 2nd edition, 2010. – 749 p.
13. *Герасимчук В.С.* Методи математичної фізики. Частина 1. Вступ до теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних [Електронний ресурс]: навч. посібник для студентів спеціальностей 104 Фізика та астрономія, 111 Математика. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 25 с. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46092>
14. *Герасимчук В.С.* Методи математичної фізики. Частина 2. Математичні моделі деяких поширених фізичних процесів [Електронний ресурс]: навч. посібник для студентів спеціальностей 104 Фізика та астрономія, 111 Математика. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 38 с. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46095>
15. *Журавська Г.В., Качаєнко О.Б., Кузьма О.В., Рева Н.В., Стогній В.І.* Класичні методи розв'язування задач математичної фізики [Електронний ресурс] : навч. посібник для інженерних спеціальностей . – КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 258 с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19879>
16. *Збірник завдань з вищої математики (типові розрахунки). Ч.2. /Укладачі: Владіміров В.М., Пучков О.А., Шмигевський М.В.* – Київ.: ІВЦ “Політехніка”, 2003. – 200 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Розділ 1. Про задачі математичної фізики (МФ)

Тема 1.1. Завдання та зміст дисципліни "Методи МФ". Задачі фізики, що приводять до основних рівнянь МФ

Лекція 1. Завдання та зміст дисципліни. Стисла історія становлення та розвитку дисципліни (2 год., [1-9]). Задачі фізики, що приводять до основних рівнянь МФ. Огляд основних задач МФ: хвильове рівняння, рівняння теплопровідності, рівняння Лапласа (2 год., [1-9]).

Тема 1.2. Основні поняття теорії ДРЧП. Постановка задач МФ

Лекція 2. Основні поняття теорії ДРЧП: порядок, число змінних, лінійність/нелінійність, однорідність та тип рівняння. Класичні та узагальнені розв'язки. Постановки основних задач МФ: крайові та початкові умови, крайові та мішані задачі, задача Коші. Коректність задач МФ (2 год., [1-9]).

Розділ 2. Класифікація та зведення ДРЧП до канонічного виду

Тема 2.1. ДРЧП 2-го порядку з двома змінними та їх класифікація

Лекція 3. Класифікація ДРЧП 2-го порядку. Випадки двох і довільного числа змінних: канонічні форми (2 год., [1-9]).

Тема 2.2. Зведення ДРЧП 2-го порядку до канонічного виду

Лекція 4. Зведення ДРЧП 2-го порядку до канонічного виду із змінними коефіцієнтами та двома незалежними змінними (2 год., [1-9]).

Тема 2.3. Інтегрування ДРЧП 2-го порядку у канонічній формі

Лекція 5. Інтегрування ДРЧП 2-го порядку з двома змінними у канонічній формі. Метод характеристик (2 год., [1-9]).

Розділ 3. Рівняння гіперболічного типу

Тема 3.1. Рівняння гіперболічного типу. Хвильове рівняння.

Лекція 6. Виведення телеграфного рівняння, малих поперечних коливань струни, поздовжніх коливань стержня, електричних коливань у дротах. Тривимірні хвильові рівняння. Енергія коливання струни (2 год., [1-9]).

Тема 3.2. Задача Коші для хвильового рівняння. Вивчення коливань струни методом характеристик

Лекція 7. Розв'язування задачі Коші для хвильового рівняння методом характеристик. Коливання необмеженої струни. Формула Д'Аламбера та її фізична інтерпретація. Задача Коші для неоднорідного рівняння коливання струни (2 год., [1-9]).

Тема 3.3. Розв'язування першої крайової задачі для хвильового рівняння методом відокремлення змінних

Лекція 8. Метод відокремлення змінних для рівняння вільних коливань струни: розв'язування першої крайової задачі. Вивчення малих коливань струни (стержня). Фізична інтерпретація розв'язку (2 год., [1-9]).

Тема 3.4. Метод відокремлення змінних для неоднорідного хвильового рівняння.

Лекція 9. Метод відокремлення змінних для неоднорідного рівняння гіперболічного типу. Вимушені коливання струни та коливання струни в середовищі з опором. Коливання струни з рухомими кінцями. Функція впливу зосередженого імпульсу (4 год., [1-9]).

Тема 3.5. Метод відокремлення змінних для мішаних задач гіперболічного типу

Лекція 10. Розв'язування мішаних задач для рівнянь гіперболічного типу методом відокремлення змінних (2 год., [1-9])

Тема 3.6. Метод відокремлення змінних для двовимірного хвильового рівняння

Лекція 11. Загальна схема методу відокремлення змінних. Крайова задача зі стаціонарними неоднорідностями. Застосування методу відокремлення змінних у багатовимірному випадку: вільні коливання прямокутної та круглої мембрани (2 год., [1-9]).

Розділ 4. Задача Штурма-Ліувілля

Тема 4.1. Одновимірна задача Штурма-Ліувілля. Самоспряжене рівняння 2-го порядку

Лекція 12. Самоспряжене рівняння 2-го порядку. Рівняння та задача Штурма-Ліувілля (2 год., [1-9]).

Тема 4.2. Власні значення та власні функції. Теорема Стеклова. Постановка спектральних задач

Лекція 13. Власні значення та власні функції: властивості. Теорема Стеклова. Постановка спектральних задач (2 год., [1-9]).

Розділ 5. Рівняння параболічного типу (перша частина)

Тема 5.1. Формулювання крайових задач для рівнянь параболічного типу. Рівняння теплопровідності

Лекція 14. Лінійна задача про поширення тепла: виведення рівняння теплопровідності. Рівняння дифузії. Формулювання крайових задач для рівняння теплопровідності. Принцип максимуму для рівняння теплопровідності (2 год., [1-9]).

Тема 5.2. Розв'язування першої крайової задачі для рівняння теплопровідності методом відокремлення змінних

Лекція 15. Розв'язування першої крайової задачі для рівняння теплопровідності методом відокремлення змінних. Функція температурного впливу миттєвого точкового джерела тепла (2 год., [1-9]).

Тема 5.3. Мішані крайові задачі для рівняння теплопровідності

Лекція 16. Розв'язування мішаних задач для рівнянь параболічного типу методом відокремлення змінних (4 год., [1-9]).

Практичні заняття

Розділ 1. Про задачі математичної фізики (МФ)

Заняття 1. Побудова математичних моделей фізичних задач. Найпростіші випадки інтегрування ДРЧП (2 год.). Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Розділ 2. Класифікація та зведення ДРЧП до канонічного виду

Заняття 2. Класифікація та зведення до канонічного виду ДРЧП 2-го порядку для функції двох змінних зі змінними коефіцієнтами (2 год.). Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Заняття 3. Зведення до канонічного виду ДРЧП 2-го порядку. Інтегрування в канонічній формі (2 год.).

Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Розділ 3. Рівняння гіперболічного типу

Заняття 4. Розв'язування задачі Коші для гіперболічних рівнянь з двома незалежними змінними методом характеристик. Застосування формули Д'Аламбера (2 год.). Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Заняття 5. Розв'язування однорідних крайових задач для рівнянь гіперболічного типу методом відокремлення змінних (2 год.) Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10]

Заняття 6. Розв'язування неоднорідних мішаних задач для гіперболічних рівнянь методом Фур'є (2 год.) Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Заняття 7. Розв'язування двовимірних однорідних крайових задач для рівнянь гіперболічного типу методом відокремлення змінних: коливання прямокутної мембрани (2 год.). Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Розділ 4. Задача Штурма-Ліувілля

Заняття 8. Розв'язування одновимірних та мішаних крайових задач Штурма-Ліувілля. Знаходження власних функцій і власних значень (2 год.). Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10].

Розділ 5. Рівняння параболічного типу (перша частина)

Заняття 9. Розв'язування однорідних крайових задач для рівнянь параболічного типу методом відокремлення змінних (2 год.) Завдання для аудиторної та самостійної роботи [7-10]

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів включає опрацювання лекційного матеріалу, підготовку до практичних занять, виконання домашніх завдань (ДЗ) та домашньої контрольної роботи (ДКР) як індивідуального семестрового завдання. Це завдання містить відповідні варіанти задач Типового розрахунку №12 "Математична фізика" зі збірника завдань [16]. Індивідуальні семестрові завдання припускають комп'ютерне моделювання аналітичних розв'язків відповідних крайових задач математичної фізики. Терміни виконання: ДЗ – упродовж часу до наступного практичного заняття; ДКР – перша частина до першої атестації (першого семестрового контролю), друга частина – до другої атестації.

Кожного разу, починаючи на лекції нову тему викладачем наводяться приклади відповідних темі лекції фізичних (природних) явищ або процесів. Виходячи з їх фізичного змісту та сучасних уявлень будуються математичні моделі, в основі яких лежать рівняння у частинних похідних. На всіх етапах, починаючи з постановки задачі, побудови математичної моделі, вибору методів розв'язування, аналізу отриманих результатів до обговорення залучаються студенти. На заключних етапах розв'язування й особливо при аналізі результатів застосовуються комп'ютерні обчислювальні та графічні програми.

З метою вдосконалення навчального процесу, бажано замінити ДКР, передбачену існуючої програмою навчальної дисципліни, на курсору роботу з ММФ, обов'язковим елементом якої було б використання методів комп'ютерного моделювання.

У наш час, у 21 столітті неможливо та й негоже обмежуватися, тільки класичними аналітичними методами (Д'Аламбера, Фур'є, функції Гріна та деякими іншими), якими б ефективними вони не були, розробленими ще в 18-19 століттях. Нині найважливішим доповненням до них є різні прийоми комп'ютерного моделювання, які дозволяють не тільки побудувати графік отриманого аналітичного розв'язку, тобто зобразити розв'язок у наочному вигляді, але і в багатьох випадках знайти цей розв'язок методами комп'ютерного моделювання.

Згадані вище (розділ 6) комп'ютерні методи побудови розв'язків крайових задач МФ дійсно використовуються в навчальному процесі. Але лише за рахунок ентузіазму викладача та його особистого часу. Існуючою програмою навчальної дисципліни вони не передбачені.

Слід зазначити також, що запланованих на практичні заняття на весь семестр лише 18 академічних годин вкрай недостатньо для такої неосяжної та трудомісткою дисципліни як методи МФ.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

7.1. Форми роботи

Навчальні заняття зазвичай проводяться у навчальних аудиторіях в off-line режимі. В умовах карантину та воєнного стану використовується on-line режим із застосуванням усіх доступних наочних засобів подання матеріалу (Zoom, Meet Google, Skype та інше). Додатково студенти отримують всі навчальні та методичні матеріали в електронному кампусі, telegram-каналі або по e-mail.

7.2. Правила відвідування занять

Заняття проводяться згідно з розкладом у навчальних аудиторіях, або в умовах карантину та воєнного стану в on-line режимі в з використанням доступних засобів відео зв'язку за умови однозначної ідентифікації

здобувача вищої освіти. Проведення занять в on-line режимі регламентується відповідним наказом по КПІ ім. Ігоря Сікорського.

За наявності поважних причин здобувач вищої освіти повинен завчасно повідомити викладача про можливий пропуск контрольного заходу. Протягом наступного тижня здобувач вищої освіти має звернутися до викладача для погодження форми та порядку усунення заборгованості.

Якщо аудиторне заняття випадає на неробочий (святковий) день, то матеріал такого заняття частково переноситься в категорію «Самостійна робота студентів», а частково додається до наступного заняття.

7.3. Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні бали:

До 5 балів – за активну роботу щонайменше на 5-ти заняттях (обґрунтовані відповіді на запитання, самостійне розв’язування задач та їх аналіз, участь в обговореннях);

До 10 балів – студенту, який підготував і подав для участі у студентській науковій конференції матеріал за тематикою навчальної дисципліни (за умови доповіді на конференції).

Штрафні бали:

Під час воєнного стану – не застосовуються.

8. Політика університету

8.1. Політика щодо академічної доброчесності

Безумовне дотримання положень «Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського» (розділ 3).

Усі завдання мають виконуватися самостійно! Співпраця студентів дозволена лише при розв’язанні проблемних завдань, але свій розв’язок кожен студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час іспиту/ заліку категорично забороняється і будь-яка така діяльність вважається порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності. Політика та принципи академічної доброчесності, детальніше: <https://kpi.ua/code>

8.2. Норми етичної поведінки

Безумовне дотримання норм етичної поведінки, визначених у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; детальніше: <https://kpi.ua/code>

Оцінювання та контрольні заходи

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

9.1. Види контролю

Вид контролю	Спосіб контролю
Поточний контроль	Перевірка виконання індивідуальних завдань (ДКР), опитування за темою заняття
Календарний контроль	Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу; модульні контрольні роботи (МКР)
Семестровий контроль	Екзамен
Умови допуску до семестрового контролю	Семестровий рейтинг студента не менше 60 балів, за умови зарахування усіх індивідуальних завдань (ДКР)

9.2. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Головна частина рейтингу студента формується завдяки *активній творчій праці* на практичних заняттях, виконанні поточних домашніх завдань та ДКР, результатах модульної контрольної роботи.

Види контролю:

- поточний контроль: фронтальний (усний, письмовий);
- календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Рейтингова система оцінювання включає всі види тестування: контрольні роботи, якість виконання ДКР. Кожен здобувач вищої освіти отримує свій підсумковий рейтинг по дисципліні.

1. Поточний контроль

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2, якість роботи – 0 - 2 (відповідь: повна – 2, неповна –1, відсутня – 0, бездоганна – 3). Максимальна кількість балів за роботу на практичних заняттях – не обмежена.

2. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота розбивається на дві контрольні роботи, кожна з яких містить 1 теоретичне питання і 3 практичні задачі. Ваговий бал кожної контрольної роботи – 15 балів. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу – 30 балів. Переписування контрольної роботи з метою підвищення балу – не передбачене.

3. Індивідуальна домашня контрольна робота

Ваговий бал – 5. Оцінюється кожне індивідуальне домашнє завдання (ДКР) у процентному відношенні до правильно розв'язаних задач. Максимальна кількість балів за 6 індивідуальних домашніх завдань дорівнює: $5 \times 6 = 30$ балів. Кожне індивідуальне завдання ДКР захищається особисто.

Загальний семестровий рейтинговий бал:

$$R = R_{\text{ПЗ}} + R_{\text{МКР}} + R_{\text{ДКР}} = R_{\text{ПЗ}} + 30 + 30,$$

де $R_{\text{ПЗ}}$ – максимальна кількість балів за роботу на практичних заняттях, $R_{\text{МКР}}$ – максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу, $R_{\text{ДКР}}$ – максимальна кількість балів за індивідуальні завдання (ДКР).

2. Календарний контроль

Здійснюється двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу

Критерій	Перший	Другий
Термін	8-й тиждень	14-й тиждень
Умови отримання позитивного результату	якщо поточний рейтинговий бал складає не менше 50% від максимально можливого балу на момент календарного контролю	якщо поточний рейтинговий бал складає не менше 50% від максимально можливого балу на момент календарного контролю

3. Семестровий контроль (Екзаменаційна контрольна робота)

Якщо на момент семестрового контролю, за умов виконання всіх умов допуску до семестрового контролю, здобувача вищої освіти не задовольняє набрана кількість балів за семестр, то результати рейтингової оцінки скасовуються і здобувач вищої освіти здає екзамен.

Екзаменаційні білети містять два теоретичні питання та два практичні завдання. Екзамен може бути оцінений від 0 до 100 балів.

4 Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь, доктором фіз.-мат. наук, професором Герасимчуком В.С.

Ухвалено кафедрою математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ (протокол № 11 від 22.06.2023р.)

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 10 від 27.06.2023р.)