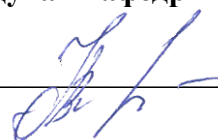


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**

Кафедра природничих наук та методик їхнього навчання

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри**



(Протокол 1 від «28» серпня 2020 року)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ПП 2.15.1: ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА: МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ФІЗИКИ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

галузь 01 Освіта/Педагогіка
(шифр галузі і назва галузі знань)
спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)
(код і назва спеціальності)
предметна спеціальність 014.15 Середня освіта (Природничі науки)
(код і назва спеціальності (предметної спеціальності))
освітня програма Середня освіта (Природничі науки)
(назва освітньої програми)
рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(назва рівня вищої освіти)
факультет природничо-географічний
(назва інституту, факультету, відділення)
форма навчання денна
(денна, заочна)

2020–2021 навчальний рік

Робоча програма _____ з ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА: математичних методів
фізики _____ для студентів

(назва навчальної дисципліни)

спеціальності 014 «Середня освіта (Природничі науки)»

освітня програма «Середня освіта (Природничі науки)» на першому
(бакалаврському) рівні вищої освіти

Розробник: Подопригора Наталія Володимирівна, завідувач кафедри природничих
наук та методик їхнього навчання, доктор педагогічних наук, доцент

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри природничих наук та методик їхнього навчання

Протокол № 1 від 28 серпня 2020 року

Завідувач кафедри природничих наук та методики їхнього навчання

(підпис) / Подопригора Н.В.
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів (ECTS) – 4	Галузь знань 01 Освіта/Педагогіка	Нормативна
Модулів – 1	Спеціальність 014 «Середня освіта (Природничі науки)	Рік підготовки:
Змістових модулів – 2		2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 90 34/56 (аудиторна/самостійна)		3-й
		Лекції
Кількість навчальних тижнів – 17 Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 ; самостійної роботи студента – 3	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти	18 год.
		Практичні, семінарські
		16 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		56 год.
		Індивідуальні завдання: 0 год.
		Вид контролю: 3-й семестр – <i>залік</i>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

для денної форми навчання – 38% / 62%

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Мета викладання дисципліни «Теоретична фізика: математичні методи фізики»: опанування майбутнім фахівцем теоретичними та методологічними засадами математичної фізики для формування *математичної компетентності з фізики*, забезпечуючи *готовність і здатність* студентів до математичного моделювання фізичних систем, явищ або процесів у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в межах існуючих теоретичних схем у навчальній та професійній діяльності, що сприяє формуванню та розвитку загальних та спеціальних фахових компетентностей, зокрема, щодо розуміння цілісної математичної бази до вивчення курсу теоретичної фізики, здатності до якісного обговорення проблем і завдань при вивченні деяких теоретичних математичних методів дослідження фізичних явищ і процесів.

2.2. Завдання вивчення дисципліни: розглянути ряд математичних понять і методів, що покладені в основі математичної теорії поля та розглянути основні методи визначення та розв'язування основних типів диференціальних рівнянь у часткових похідних фізичного змісту.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати:

основні завдання і методи математичної фізики як науки, структуру та зміст математичної теорії поля та елементів теорії диференціальних рівнянь у часткових похідних для розв'язування прикладних задач математичної фізики;

розуміти:

взаємозв'язок математики, фізики, хімії та біології в структурі природничих наук та з іншими науками;

уміти:

розв'язувати задачі за допомогою аналітичних та прикладних методик аналізу основних математичних моделей фізики за відповідними темами курсу;

володіти:

математичними методами теоретичної фізики, зокрема, математичними методами аналізу та опису фізичних процесів та систем.

Структура математичної компетентності з фізики

Знання з предметної галузі:

- *знання* про предмет дослідження математичної фізики і її основні завдання на рівні математична теорія поля та теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних та новітні розділи математичної фізики, про її прикладне значення для галузі теоретичної фізики;

- *знання* елементів теорії на рівні математичної теорії поля про математичні моделі: *скалярного, векторного і тензорного полів*;

- *володіння* апаратом математичної теорії поля з: аналітичного й інваріантного представлення *скалярного, векторного і тензорного полів*; узагальнення цих правил у принципах суперпозицій фізичних полів; наочного (графічне) представлення скалярного і векторного полів, принципів суперпозиції тощо;

- *володіння* якісним аналізом графічних ліній скалярного і векторного полів на прикладному рівні математичного моделювання фізичних процесів;

- *знання про інваріанти* векторного і тензорного поля у тривимірному просторі, про головні напрямки тензора;

- *володіння* апаратом математичної теорії поля до пошуку інваріантів у процесі математичного моделювання фізичних процесів щодо узгодженості із принципом інваріантності у змісті фізичних теорій;

- *володіння* апаратом математичної теорії поля *щодо узагальнення* елементів знань у: аналітичній і інваріантній формах представлення диференціальних і інтегральних характеристик поля – градієнта скалярного поля; дивергенції, ротора, потоку, циркуляції векторного поля, обґрунтування їх фізичного змісту на засадах теорем Гаусса і Стокса тощо;

- *знання* про декартову, циліндричну і сферичну системи координат, коефіцієнти Ламе та їх значення у прикладній галузі з фізики;
- *володіння* апаратом математичної теорії поля щодо обрахунку коефіцієнтів Ламе у декартові, циліндричній та сферичній системах координат; диференціальних операції першого порядку у криволінійних координатах: градієнт, дивергенція, ротор;
- *знання* диференціальних і інтегральних форм теорем Гауса і Стокса у декартові, циліндричній та сферичній системах координат;
- *володіння* апаратом математичної теорії поля щодо: обрахунку диференціальних операцій другого порядку через представлення основних операторів (Гамільтона, Лапласа, Д'аламбера) лінійної алгебри та їх представлення у декартовій, циліндричній і сферичній системах координат; отримання формул Гріна та їх застосування під час математичного моделювання фізичних процесів тощо;
- *володіння* апаратом теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних першого порядку, вміння його застосовувати до математичного моделювання фізичних процесів: класичної механіки, класичної і квантової електродинаміки, термодинаміки і статистичної фізики;
- *знання* про інваріантність змісту *рівняння неперервності* на рівні класичної і квантової електродинаміки як найбільш загальної форми представлення закону збереження електричного заряду;
- *знання* елементів теорії на рівні теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних щодо класифікації лінійних рівнянь у часткових похідних другого порядку;
- *володіння* апаратом теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних другого порядку щодо отримання канонічних форм представлення рівнянь: гіперболічного, параболічного і еліптичного типів та до математичного моделювання фізичних процесів, що приводять до цих типів рівнянь;
- *знання* про: умови постановки задачі поперечних коливань струни та уніфікаційну властивість хвильового рівняння для будь-якого хвильового процесу класичної і квантової фізики; *вміння* складати хвильове рівняння як математичну модель таких коливань; *вміння* знаходити загальний і частинний розв'язки хвильового рівняння для випадків коливання струни: нескінченної довжини за методом Д'аламбера; скінченної довжини за метод Фур'є, як окремого випадку задачі Коші; *знання* про стоячі плоскі і сферичні хвилі тощо.
- *знання* про: умови постановки задачі з перенесення тепла в однорідному середовищі, зокрема у довгому тонкому стержні: *вміння* шукати його загальний розв'язком методом відокремлення змінних для рівнянь параболічного типу; *знання* про фізичний зміст функції джерела;
- *знання* про: умови постановки фізичних задач, що приводять до рівнянь еліптичного типу та приклади задач що приводять до *рівняння Лапласа*, зокрема стаціонарне теплове поле та постановку крайових задач про: потенціальний рух рідини; потенціал стаціонарного струму; потенціал електростатичного поля електростатичних зарядів; а також рівняння Лапласа у криволінійній системі координат, зокрема рівняння Лапласа у сферичній системі координат на рівні: рівняння Лежандра, *вміння* шукати його розв'язок у вигляді поліномів Лежандра, сферичних і кульових функції на прикладному рівні квантової механіки щодо визначення власних функцій та власних значень оператора орбітального моменту імпульсу для електрона у моделі атому гідрогену; поліномів Лагерра-Чебишева для радіальної складової хвильової функції моделі атому гідрогену; *знання* про умови постановки задачі для квантового гармонійного осциляторів, *вміння* шукати його розв'язок у вигляді поліномів Ерміта; *знання* про рекурентні співвідношень та їх значення для визначення експериментально спостережуваних квантових станів систем: енергії, імпульсу, орбітального моменту імпульсу тощо; *вміння* наводити приклади фізичних задач що приводять до *рівняння Пуассона* та шукати його загальних розв'язок на засадах формул Гріна у класичній електродинаміці;
- *володіння* основами теорії операторів, як сучасної математичної основи квантової механіки щодо: представлення операторів і виконання дії над ними; класифікації операторів на:

лінійні, самоспряжені; представлення основних операторів квантової у координатному зображенні, зокрема на прикладі операторів: координати, імпульсу, моменту імпульсу, Гамільтона у декартовій і сферичній системах координат; операторів Пуассона щодо спінових функцій власного орбітального моменту імпульсу електрона у моделі атома гідрогену тощо.

- *володіння* основами теорії груп щодо математичного моделювання фізичних процесів

Діяльнісний компонент – уміння і навички з досвіду навчальної діяльності з курсу, досвід прояву:

- *здатність* застосовувати математичне моделювання до розв'язування навчальних задач курсу;

- *уміння* характеризувати і аналізувати математичні моделі фізики за узагальненими планами з точки зору фундаментальних законів фізики та у межах існуючих теоретичних схем;

- *уміння систематизувати* навчальний матеріал та *володіння навичками* узагальнювального характеру щодо наслідків теоретичного аналізу математичних моделей теоретичної фізики;

- *уміння* співставляти результати теоретичного аналізу математичної моделі із можливими умовами її експериментальної перевірки щодо узгодженості із фундаментальними законами фізики та у межах існуючих теоретичних схем;

- *уміння* розв'язувати диференціальні рівняння математичної фізики за допомогою навчальних прикладних програмних засобів;

- *уміння* бачити цілісність поставленої навчальної фізичної задачі з метою відшукування раціонального методу її розв'язку.

Особистісний компонент – мотиви, емоції, цінності, особистісне ставлення, навички самоорганізації, рефлексія:

- *мотиви* навчально-пізнавальної діяльності (пізнавальний інтерес до фізики);

- *рефлексивність* – здатність здійснювати самоконтроль, самооцінку і самоаналіз процесу навчально-пізнавальної діяльності з фізики та її результатів: уміння визначати цілі і завдання власної навчальної діяльності та забезпечувати їх ефективно і безпечно виконання; здатність організовувати власну навчальну діяльність як складову колективної роботи; уміння формувати орієнтовний план власних дій в умовах навчальної або професійної діяльності на основі усвідомлення мети роботи та її структури;

- *цінності* (здоров'я, знання як цінність) здатність діагностувати власні стани та почуття з метою забезпечення ефективної та безпечної діяльності, ставлення до предмета, усвідомлення значення знань з математичних методів фізики для розвитку науки;

- *здатність* до порівняння, узагальнення, абстрагування, аналізу, синтезу, класифікації, систематизації, алгоритмізації і ін. мисленнєвих операцій;

- *здатність* до спостереження, аналогії, індукції, дедукції, теоретичного і критичного мислення;

- *здатність* аналізувати і реферувати наукову інформацію щодо виконання дослідницьких навчальних завдань, курсових, дипломних і магістерських робіт у навчальній діяльності;

- *уміння* застосовувати комунікативні компетенції з метою ефективного виконання навчальних і професійних завдань з використанням засобів і методів усного спілкування, комунікативних прийомів тощо.

У результаті вивчення навчальної дисципліни у студента мають бути сформовані такі **компетентності**:

Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та методів освітніх наук та природничих наук, фізики, хімії, біології і характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти;

Загальні компетентності:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

- ЗК2.** Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).
- ЗК3.** Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.
- ЗК4.** Здатність працювати в команді.
- ЗК5.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК6.** Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.
- ЗК7.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК8.** Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК10.** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

Предметні компетентності

ФК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з природничих наук, фізики, хімії, біології та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології при вирішенні професійних завдань при вивченні Всесвіту і природи Землі як планети.

ФК2. Володіння математичним апаратом природничих наук, фізики, хімії, біології.

ФК3. Здатність формувати в учнів предметні компетентності.

ФК4. Володіння основами цілепокладання, планування та проектування процесу навчання природничих наук, фізики, хімії, біології у закладах загальної середньої освіти.

ФК5. Здатність до організації і проведення освітнього процесу з природничих наук, фізики, хімії, біології у закладах загальної середньої освіти.

ФК8. Здатність до рефлексії та самоорганізації професійної діяльності.

ФК11. Здатність характеризувати досягнення природничих наук та їх ролі у житті суспільства; формування цілісних уявлень про природу, використання природничо-наукової інформації на основі оперування базовими загальними закономірностями природи

Програмні результати навчання

ПРН32. Демонструє знання та розуміння основ природничих наук, фізики, хімії, біології та знає загальні питання методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології, методики шкільного фізичного експерименту, техніки хімічного експерименту, методики організації практики з біології, методики вивчення окремих тем шкільного курсу природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРН33. Знає й розуміє математичні методи природничих наук, фізики, хімії, біології та розділів математики, що є основою вивчення курсів загальної та теоретичної фізики, ботаніки, зоології, анатомії людини, фізіології людини і тварин, фізіології рослин, а також загальної, неорганічної та органічної хімії.

ПРН34. Знає основні психолого-педагогічні теорії навчання, інноваційні технології навчання природничих наук, фізики, хімії, біології, актуальні проблеми розвитку педагогіки та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРН35. Знає форми, методи і засоби контролю та корекції знань учнів з природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРН37. Знає основи безпеки життєдіяльності, безпечного використання обладнання кабінетів фізики, хімії, біології.

ПРНУ1. Аналізує природні явища і процеси, оперує базовими закономірностями природи на рівні сформованої природничо-наукової компетентності з погляду фундаментальних теорій природничих наук, принципів і знань, а також на основі відповідних математичних методів.

ПРНУ2. Володіє методикою проведення сучасного експерименту, здатністю застосовувати всі його види в освітньому процесі з природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНУ3. Розв'язує задачі різних рівнів складності шкільного курсу природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНУ4. Користується математичним апаратом фізики, використання математичних та числових методів, які часто застосовуються у природничих науках, фізиці, хімії, біології.

ПРНУ7. Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних та хмарних технологій.

ПРНУ8. Самостійно вивчає нові питання природничих наук, фізики, хімії, біології та

методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології за різноманітними інформаційними джерелами.

ПРНУ11. Дотримується правових норм і законів, нормативно-правових актів України, усвідомлює необхідність їх дотримання.

Комунікація:

ПРНК1. Володіє основами професійної мовленнєвої культури при навчанні природничих наук, фізики, хімії, біології в школі.

ПРНК2. Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства та екологічної безпеки і шляхи вирішення глобальних проблем людства.

Автономія і відповідальність

ПРНА1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності.

ПРНА2. Відповідально ставиться до забезпечення охорони життя і здоров'я учнів у освітньому процесі та позаурочній діяльності

2.3. Міждисциплінарні зв'язки: Дисципліна «Теоретична фізика: математичні методи фізики» вивчається у тісному дидактичному зв'язку із дисциплінами циклу професійної підготовки (вища математика, загальна фізика, теоретична фізика: класична механіка, електродинаміка й основи спеціальної теорії відносності, квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика), засвоєння яких необхідно майбутнім вчителям фізики та природничих наук для формування фахової (спеціальної) компетентності в навчально-пізнавальній та дослідницькій діяльності.

3. Програма навчальної дисципліни

Вступ.

Предмет математичної фізики. Основне завдання математичної фізики. Способи вивчення математичних полів: математична теорія поля та теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних.

Математичні методи теорії поля.

Скалярні поля і моделі фізичних систем. Скалярне поле. Похідна скалярного поля за напрямком. Лінії рівня. Градієнт скалярного поля. Векторне поле градієнта. Моделі фізичних систем.

Векторні поля. Приклади фізичних задач. Аналітичне означення вектора. Векторні поля і їх диференціальна характеристика. Приклади фізичних задач: Відшукування густини середовища. Стаціонарне поле швидкостей.

Тензори та їх властивості. Тензорна алгебра ортогональних афінних векторів II рангу: найбільш прості типи тензорів (нульовий, одиничний, симетричний, антисиметричний тензори, діада); сума двох тензорів; добуток тензора на число; лінійна комбінація двох тензорів; скалярний добуток тензора на вектор справа; скалярний добуток тензора на вектор зліва; скалярний добуток двох тензорів. Головні напрямки тензора. Інваріанти.

Ортогональні вектори і тензори в тривимірному і багатовимірному евклідових просторах. Вектори і тензори в n-вимірному просторі. Тензор деформації. Тензор напруг. Тензор інерції.

Векторне поле. Потік вектора. **Дивергенція векторного поля** (інваріантне та аналітичне означення). Оператор набла. Фізичний зміст дивергенції векторного поля. Приклади розрахунку дивергенції плоских векторних полів.

Циркуляція векторного поля по замкненому контуру. Вихор вектора навколо певного напрямку в даній точці. **Ротор векторного поля** (інваріантне та аналітичне означення). Теорема Стокса про циркуляцію змінного вектора по будь-якому замкненому контуру.

Криволінійні координати. Приклади криволінійних систем координат: циліндрична; сферична. Коефіцієнти Ламе. Значення коефіцієнтів Ламе в Декартові, циліндричній та сферичній системі координат. Основні диференціальні операції в криволінійних координатах: градієнт, дивергенція, ротор.

Оператор Гамільтона. Диференціальні операції другого порядку. Формули Гріна.

Оператори квантової фізики. Оператори і дії над ними. Лінійні оператори. Самоспряжені оператори. Комуруючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних квантово-механічних величин. Повний набір спостережуваних. Основні оператори квантової механіки в координатному зображенні.

Математичні рівняння фізики.

Класифікація лінійних рівнянь. Класифікація лінійних рівнянь у частинних похідних II порядку та їх зведення до канонічного вигляду. Канонічні форми лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами. Фізичні задачі, які приводять до рівнянь в частинних похідних. Приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь. Класифікація рівнянь другого порядку з багатьма незалежними змінними. Нелінійні рівняння математичної фізики. Поняття про інтегральні рівняння у фізиці.

Рівняння гіперболічного типу. Найпростіші фізичні задачі, що приводять до рівнянь гіперболічного типу – коливання струни. Коливання струни. Поперечні коливання струни і хвильове рівняння. Коливання струни нескінченної довжини. Метод Д'аламбера. Окремий випадок задачі Коші. Коливання струни скінченної довжини. Метод Фур'є (метод відокремлення змінних). Загальний розв'язок хвильового рівняння. Стоячі хвилі. Плоскі і сферичні хвилі.

Рівняння параболічного типу. Рівняння теплопровідності, його окремі випадки. Метод відокремлення змінних для рівнянь параболічного типу. Функція джерела. Рівняння теплопровідності для довгого тонкого стержня, загальний розв'язок.

Рівняння еліптичного типу. Задачі, що приводять до рівняння Лапласа. Рівняння Лапласа в криволінійній системі координат. Рівняння Лапласа в сферичних та циліндричних координатах. Відтворювальна функція і поліноми Лежандра. Формула Родріга. Рекурентні співвідношення. Рівняння Лежандра. Розв'язування рівняння Лежандра. Сферичні і кульові функції. Поліноми Лагерра. Метод функцій Гріна. Рівняння Пуассона для електростатичного потенціалу та його загальний розв'язок. Задача про одновимірний гармонічний осцилятор.

Застосування теорії груп у фізиці.

Гармонічні коливання молекул. Молекула як динамічна система. Рамановське розсіювання двохатомної молекули. Інфрачервоне поглинання і дипольний момент. Правила відбору для основних частот.

Правила відбору операторів квантової механіки. Атом у зовнішньому полі. Ефект Зеемана. Пара- і дімагнітні властивості атомів і молекул. Правила відбору для дипольного випромінювання.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)				
	усього	у тому числі			
		лекції	пр	інд	ср
МОДУЛЬ 1. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ФІЗИКИ					
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Математична теорія поля					
Тема 1. Предмет математичної фізики	3	1	-	-	2
Тема 2. Скалярне поле	7	1	2	-	4
Тема 3. Векторні поля	5	1	-	-	4

Тема 4. Тензори та їх властивості	5	1	-	-	4
Тема 5. Дивергенція векторного поля	12	2	6		4
Тема 6. Ротор векторного поля	14	2	8		4
Тема 7. Криволінійні координати	5	1	-		4
Тема 8. Диференціальні операції другого порядку	3	1	-	-	2
Тема 9. Оператори квантової фізики	4	-	-	-	4
<i>Тестове завдання «Дивергенція і потік векторного поля»</i>	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання «Ротор векторного поля»</i>	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання «Оператори Гамільтона і Лапласа»</i>	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання «Криволінійні координати»</i>	2	-	-	-	2
<i>Контрольна робота</i>	2	-	-	-	2
<i>Усього за змістовим модулем 1</i>	68	10	16	0	42
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Рівняння математичної фізики					
Тема 1. Класифікація лінійних рівнянь.	4	2	-	-	2
Тема 2. Рівняння гіперболічного типу	4	2	-	-	2
Тема 3. Рівняння параболічного типу	4	2	-	-	2
Тема 4. Рівняння еліптичного типу	4	2	-	-	2
Тема 5. Застосування теорії груп у фізиці	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання «Класифікація диференціальних рівнянь»</i>	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання для підвищення рейтингу «Грецькі символи»</i>	2	-	-	-	2
<i>Усього за змістовим модулем 2</i>	22	8	-	-	14
Усього годин	90	18	16	-	56

4. ТЕМАТИКА ЛЕКЦІЙ

Змістовний модуль I. Математична теорія поля

Тема 1. Предмет математичної фізики. Основне завдання математичної фізики. Способи вивчення математичних полів: математична теорія поля та теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних. **1 год.**

Тема 2. Скалярне поле. Похідна скалярного поля за напрямком. Лінії рівня. Градієнт скалярного поля. Векторне поле градієнта. **1 год.**

Тема 3. Векторні поля. Аналітичне означення вектора. Векторні поля і їх диференціальна характеристика. **1 год.**

Тема 4. Тензори та їх властивості. Тензорна алгебра ортогональних афінних векторів II рангу: найбільш прості типи тензорів (нульовий, одиничний, симетричний, антисиметричний тензори, діада); сума двох тензорів; добуток тензора на число; лінійна комбінація двох тензорів; скалярний добуток тензора на вектор справа; скалярний добуток тензора на вектор зліва; скалярний добуток двох тензорів. Головні напрямки тензора. Інваріанти.

Тема 5. Дивергенція векторного поля. Векторне поле. Потік вектора. *Дивергенція векторного поля* (інваріантне та аналітичне означення). Оператор набла. Фізичний зміст дивергенції векторного поля. Приклади розрахунку дивергенції плоских векторних полів. **2 год.**

Тема 6. Ротор векторного поля. Циркуляція векторного поля по замкненому контуру. Вихор вектора навколо певного напрямку в даній точці. Ротор векторного поля (інваріантне та

аналітичне означення). Теорема Стокса про циркуляцію змінного вектора по будь-якому замкненому контуру. **2 год.**

Тема 7. Криволінійні координати. Приклади криволінійних систем координат: циліндрична; сферична. Коефіцієнти Ламе. Значення коефіцієнтів Ламе в Декартові, циліндричній та сферичній системі координат. *Основні диференціальні операції в криволінійних координатах: градієнт, дивергенція, ротор.* **1 год.**

Тема 8. Диференціальні операції другого порядку. Оператор Гамільтона, оператор Лапласа. Диференціальні операції другого порядку. *Формули Гріна.* **1 год.**

Усього за змістовий модуль 1: 10 год.

Змістовний модуль II. Рівняння математичної фізики

Тема 1. Класифікація лінійних рівнянь. Класифікація лінійних рівнянь у часткових похідних другого порядку та зведення їх до канонічного вигляду. Канонічні форми лінійних рівнянь з постійними коефіцієнтами. Приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь. *Класифікація рівнянь другого порядку з багатьма незалежними змінними* **2 год.**

Тема 2. Рівняння гіперболічного типу. Найпростіші задачі, що приводять до рівнянь гіперболічного типу. Рівняння гіперболічного типу. Поперечні коливання струни. Хвильове рівняння. Коливання струни нескінченної довжини. Метод Д'аламбера. Окремий випадок задачі Коші, коливання струни скінченної довжини. Метод Фур'є (метод відокремлення змінних). Стоячі хвилі. Плоскі і сферичні хвилі. **2 год.**

Тема 3. Рівняння параболічного типу. Рівняння параболічного типу. Рівняння теплопровідності. Метод відокремлення змінних для рівнянь параболічного типу. Функція джерела. Рівняння теплопровідності для довгого тонкого стержня, загальний розв'язок. **2 год.**

Тема 4. Рівняння еліптичного типу. Рівняння еліптичного типу. Задачі, що приводять до рівняння Лапласа. Стаціонарне теплове поле, постановка крайових задач: потенціальний рух рідини; потенціал стаціонарного струму; потенціал електростатичного поля електростатичних зарядів. Рівняння Лапласа у криволінійній системі координат. Рівняння Лапласа в сферичній системі координат. Рівняння Лежандра. Розв'язування рівнянь Лежандра. Поліноми Лежандра. Сферичні і кульові функції. Поліноми Лаггера. Загальний розв'язок рівняння Пуассона. Формули Гріна. Задача про одновимірний гармонійний осцилятор. **2 год.**

Усього за змістовий модуль 2: 8 год.

УСЬОГО ЗА КУРС 20 год

5. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ (не передбачено)

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовний модуль I. Математична теорія поля		
1.	Скалярне поле. Поверхні рівня. Градієнт	2
2.	Векторне поле. Векторні лінії поля. Дивергенція векторного поля	2
3.	Потік векторного поля. Формула Остроградського	4
4.	Ротор векторного поля	4
5.	Лінійний інтеграл і циркуляція векторного поля. Формула Стокса	4
Усього годин		16

6.1. ТЕМИ І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовний модуль I. Математична теорія поля

Тема № 1. Скалярне поле. Поверхні рівня. Градієнт.

2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають скалярним полем?
2. Як задати аналітично скалярне поле на площині?
3. Що називають похідною скалярного поля за напрямом?
4. Що називають еквіпотенціальною лінією?
5. Записати рівняння для еквіпотенціальної лінії.
6. Дати інваріантне означення градієнта скалярного поля.
7. Дати аналітичне означення градієнта скалярної функції двох змінних.
8. Записати аналітичний вигляд оператора „набла” - $\vec{\nabla}$.
9. Що розуміють під векторним полем градієнта?

За посібником: Подопригора Н.В. Математичні методи фізики : навч. посібник / Н.В. Подопригора, О.М. Трифонова, М.І. Садовий. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

В аудиторії: №№ 1, 2, 3, 8, 10.

Додому: №№ 4, 5, 6, 9, 12.

Тема № 2. Векторне поле. Векторні лінії поля. Дивергенція векторного поля.

2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Дати геометричне означення вектора.
2. Дати аналітичне означення вектора.
3. Що називають векторним полем?
4. Дати означення похідної векторного поля за напрямом.
5. Що називають тензором?
6. Які напрямки тензора називають головними?
7. Що є інваріантами 3-х вимірного тензора?
8. Як задати тензор аналітично?
9. Що розуміють під векторною лінією поля?
10. Дати інваріантне означення дивергенції векторного поля.
11. Дати аналітичне означення дивергенції векторного поля.

За посібником: Подопригора Н.В. Математичні методи фізики : навч. посібник / Н.В. Подопригора, О.М. Трифонова, М.І. Садовий. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

В аудиторії: №№ 34, 35, 36, 39, 41, 48.

Додому: №№ 37, 38, 40, 42, 46.

Тема № 3. Потік векторного поля. Теорема Гауса.

4 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають векторним полем?
2. Що називають потоком векторного поля через замкнену поверхню?
3. Сформулювати теорему Гауса про потік змінного вектора $\vec{a}$ через довільну замкнену поверхню.
4. Дати інваріантне означення дивергенції векторного поля.
5. Дати аналітичне означення дивергенції векторного поля.

За посібником: Подопригора Н.В., Трифонова О.М., Садовий М.І. *Математичні методи фізики* : навч. посібник. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. 300 с.

В аудиторії: Приклади №№ 3.1-3.9.

Додому: по дві задачі за варіантами (номер зі списку в групі)

1. №№ 52, 62
2. №№ 53, 63
3. №№ 54, 64
4. №№ 55, 65
5. №№ 56, 66
6. №№ 57, 67
7. №№ 58, 68
8. №№ 59, 69
9. №№ 60, 70
10. №№ 61, 71
11. №№ 53, 68

Тема № 4. Ротор векторного поля.

4 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають циркуляцією вектора по замкненому контуру?
2. Що називають вихром вектора навколо певного напрямку в даній точці?
3. Дати інваріантне означення ротора змінного вектора $\mathbf{c}$.
4. Дати аналітичне означення ротора змінного вектора $\mathbf{c}$.
5. Як визначається проекція ротора змінного вектора $\vec{a}$ на який-небудь напрямок?

За посібником: Подопригора Н.В. Математичні методи фізики : навч. посібник / Н.В. Подопригора, О.М. Трифонова, М.І. Садовий. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

В аудиторії: №№ Приклади №№ 4.1-4.6.

Додому: №№ 73, 74 (а, б), 75, 76.

Тема № 5. Лінійний інтеграл і циркуляція векторного поля. Формула Стокса.

4 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають лінійним інтегралом векторного поля?
2. Що називають циркуляцією векторного поля?
3. Сформулювати теорему Стокса про циркуляцію змінного вектора $\vec{a}$.
4. Дати інваріантне означення ротора змінного вектора $\mathbf{c}$.
5. Дати аналітичне означення ротора змінного вектора $\mathbf{c}$.

За посібником: Подопригора Н.В. Математичні методи фізики : навч. посібник / Н.В. Подопригора, О.М. Трифонова, М.І. Садовий. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

В аудиторії: приклади №№ 5.1- 5.9

Додому: дві задачі з переліку

1. №№ 79, 84 (а)
2. №№ 80, 84 (б)
3. №№ 81, 85
4. №№ 82, 86
5. №№ 83, 87
6. №№ 88, 93
7. №№ 89, 94
8. №№ 90, 95
9. №№ 81, 91
10. №№ 82, 92
11. №№ 80, 95

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Математична теорія поля		
1.	Предмет математичної фізики	2
2.	Скалярне поле	4
3.	Векторні поля	4
4.	Тензори та їх властивості	4
5.	Дивергенція векторного поля	4
6.	Ротор векторного поля	4
7.	Криволінійні координати	4
8.	Диференціальні операції другого порядку	2
9.	Оператори квантової фізики	4
<i>Тестове завдання «Дивергенція і потік векторного поля»</i>		2
<i>Тестове завдання «Ротор векторного поля»</i>		2
<i>Тестове завдання «Оператори Гамільтона і Лапласа»</i>		2
<i>Тестове завдання «Криволінійні координати»</i>		2
<i>Контрольна робота</i>		2
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Рівняння математичної фізики		
1.	Класифікація лінійних рівнянь	2
2.	Рівняння гіперболічного типу	2
3.	Рівняння параболічного типу	2
4.	Рівняння еліптичного типу	2
5.	Застосування теорії груп у фізиці	2
<i>Тестове завдання «Класифікація диференціальних рівнянь»</i>		2
<i>Тестове завдання для підвищення рейтингу «Грецькі символи» (для підвищення рейтингу)</i>		2
Усього годин		56

8. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Навчальний проект (індивідуальне навчально-дослідне завдання) передбачає виконання мікро дослідження і його оформлення у вигляді **реферату** на задану тему (для підвищення рейтингу **на 5 балів**):

1. Основні задачі математичної фізики.
2. Основні методи математичної фізики.
3. Елементи математичної статистики.
4. Метод відокремлення змінних та його застосування.
5. Узагальнені гіперболічні та сферичні функції.
6. Нелінійні рівняння математичної фізики.
7. Рівняння Лежандра, функції та поліноми Лежандра.
8. Математичні проблеми механіки частинок і систем.
9. Математичні проблеми механіки суцільного середовища.
10. Математичні проблеми теорії відносності.
11. Математичні проблеми термодинаміки.
12. Математичні проблеми гравітації і астрофізики.
13. Математичні проблеми геофізики.
14. Математичні проблеми квантової теорії.

15. Математичні проблеми оптики та електродинаміки.
16. Математичні проблеми рідини і газу.

9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

– *методи пізнання*: абстрагування, ідеалізація, узагальнення і систематизація знань, проблемно-пошуковий, математичне моделювання фізичних явищ і процесів на лекціях; актуалізація опорних знань та послідовне виконання визначеної системи завдань на практичних заняттях; індивідуальне обговорення складних для засвоєння студентами теоретичних питань та індивідуальних завдань курсу на консультаціях;

– *методи управління*: моніторинг рівнів сформованості (мотивації – професійної, навчально-пізнавальної та математичної компетентності з фізики, засвоєння – глибина, міцність, системність знань, успішність вивчення дисципліни; наукового світогляду – фундаментальності, інтегрованості і технологічності знань з дисципліни тощо) – діагностика, аналіз, коригування.

10. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Усне опитування (на практичних заняттях), тестування і перевірка письмових робіт (контрольної, домашніх завдань, рефератів), колективне обговорення (запитань, що виносяться на самостійне опрацювання студентами, рефератів ін.).

Норми оцінювання усних відповідей:

При оцінюванні усної відповіді студентом оцінюються:

- висвітлення логічно відповідає змісту питань курсу;
- знання фактів до визначених елементів теорії та їх узагальнення;
- знання й висвітлення теоретичних результатів;
- знання понять і характеристик математичних величин;
- уміння пов'язувати зміст питань курсу математичних методів фізики;
- висловлювати власну точку зору стосовно аналізу елементів курсу;
- вміння застосувати знання в новій ситуації.

Усне опитування на практичних заняттях (*додаткові бали для підвищення рейтингу*) до висвітлення логічно завершеного елемента теорії із застосуванням математичного апарату:

5 балів ставиться тоді, коли студент: виявляє правильне розуміння змісту завдання і закономірностей, дає точне визначення і тлумачення основних понять, законів і теорій, а також правильне визначення величин, будує відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації, при виконанні практичного завдання; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається, і раніше вивченим.

4 балів студент одержує в разі неповного відтворення відповіді, пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, правил, закономірностей і невмінням визначити їх за довідниками, посібниками. Допущення однієї помилки при розв'язуванні задачі, використання необґрунтованого прийому чи способу.

3 бали оцінюється відповідь, у якій лише відтворено основні поняття й означення, на яких ґрунтується зміст відповідей без математичного виведення лише фрагментарним описом окремих елементів. До задачі обґрунтовано зміст і визначено основні закономірності, правила, що покладено в основу змісту й розв'язку.

У 0 балів оцінюється відповідь, що складають логічно не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді; відсутність знань понять, означень величин і їх математичних виразів; невміння аналізувати зміст, скласти план розв'язку задачі та його дотримання щодо оформлення задачі – *рекомендовано дотримуватись таких вимог*:

- Записати коротко умову задачі;

- Записати базову формулу за допомогою визначається шукана величина;
- Доповнити розв'язок додатковими математичними умовами та перетвореннями;
- Виконати розв'язання задачі і отримати кінцеву формулу
- Здійснити розрахунки
- Записати відповідь

Оцінювання письмових робіт (домашньої роботи):

1) Розв'язати 5 задач: Максимальна кількість балів за кожну правильно розв'язану задачу = 1. Підсумкова оцінка, яка виставляється в академічний журнал, визначається шляхом додавання отриманих балів за всі розв'язані задачі

5 балів – високий рівень – «відмінно» ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задачі на 4 й більше й більше логічних кроків.

4 балів – достатній рівень «добре» ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язати задачу на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру.

3 балів – середній рівень «задовільно» ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі на 1-3 кроки репродуктивного характеру.

У всіх інших випадках відповідь оцінюється як **«незадовільно» – низький рівень (2 і нижче балів).**

2) Розв'язати 2 задачі: Максимальна кількість балів за кожну правильно розв'язану задачу = 2,5. Підсумкова оцінка, яка виставляється в академічний журнал, визначається шляхом додавання отриманих балів за всі розв'язані задачі:

5 балів – високий рівень – «відмінно» ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задачі на 4 й більше й більше логічних кроків.

4 балів – достатній рівень «добре» ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язати задачу на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру.

3 балів – середній рівень «задовільно» ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі на 1-3 кроки репродуктивного характеру.

У всіх інших випадках відповідь оцінюється як **«незадовільно» – низький рівень (2 і нижче балів).**

Оцінювання письмових робіт (контрольної роботи):

Розв'язати 4 задачі за варіантами: Максимальна кількість балів за кожну правильно розв'язану задачу = 2,5. Підсумкова оцінка, яка виставляється в академічний журнал, визначається шляхом додавання отриманих балів за всі розв'язані задачі

10 балів – високий рівень – «відмінно» ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задачі на 4 й більше й більше логічних кроків.

8 балів – достатній рівень «добре» ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язати задачу на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру.

6 балів – середній рівень «задовільно» ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі на 1-3 кроки репродуктивного характеру.

У всіх інших випадках відповідь оцінюється як **«незадовільно» – низький рівень (5 і нижче балів).**

При оцінювання письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана вірно.

Під час виконання **тестових завдань** оцінювання здійснюється відповідно до критеріїв і структури завдання (1 бал за кожну правильну відповідь з накопиченням за кількістю запитань тесту. Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий «відмінно», достатній «добре», середній «задовільно», низький «незадовільно»).

1. Тестове завдання "Дивергенція і потік векторного поля":

Виконати 15 тестових завдань: Кількість балів за кожну вірну відповідь =1. Максимальна кількість балів за тест = 15, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 15 балів – високий рівень – "відмінно", 12 балів – достатній рівень – "добре", 8 балів – середній рівень – "задовільно", 5 балів – низький рівень – "незадовільно".

2. Тестове завдання "Ротор векторного поля"

Кількість тестових завдань - 20 за вибором запропонованих варіантів відповідей з максимальною кількістю балів за вірну відповіддю =1. Максимальна кількість балів за тест: $20 \cdot 1 = 35$, які переводяться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 20 балів – високий рівень – "відмінно", 15 балів – достатній рівень – "добре", 10 балів – середній рівень – "задовільно", 5 балів – низький рівень – "незадовільно".

3. Тестове завдання "Оператори Гамільтона і Лапласа"

Виконати 34 тестові завдання: Кількість балів за кожну вірну відповідь =1. Максимальна кількість балів за тест = 32, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 32 балів – високий рівень – "відмінно", 25 балів – достатній рівень – "добре", 18 балів – середній рівень – "задовільно", 12 балів – низький рівень – "незадовільно".

4. Тестове завдання "Криволінійні координати"

Виконати 50 тестові завдання: Кількість балів за кожну вірну відповідь =1. Максимальна кількість балів за тест = 50, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 50 балів – високий рівень – "відмінно", 40 балів – достатній рівень – "добре", 30 балів – середній рівень – "задовільно", 20 балів – низький рівень – "незадовільно".

5. Тестове завдання "Класифікація диференціальних рівнянь"

Виконати 25 тестові завдання: Кількість балів за кожну вірну відповідь =1. Максимальна кількість балів за тест = 25, яка переводиться в оцінку шляхом множення на 0,2 та переведенням, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 25 балів – високий рівень – "відмінно", 20 балів – достатній рівень – "добре", 15 балів – середній рівень – "задовільно", 10 балів – низький рівень – "незадовільно".

Оцінювання рефератів (5 балів):

Вид оцінювання	Розподіл балів
<i>Наявність:</i> загальна характеристика роботи (актуальність, мета, об'єкт, предмет дослідження, завдання, методи дослідження, характеристика етапів виконання дослідження, структура роботи); структурування змісту роботи наявність висновків; перелік використаних першоджерел; (додатків, за необхідності)	0,5 балів 0,5 балів 0,5 балів 0,5 балів
<i>Оформлення</i> (дотримання вимог щодо написання рукопису)	0,5 балів
<i>Зміст</i> (повнота теоретичних відомостей, що відповідають змістові роботи)	1 балів
<i>Прилюдний захист:</i> доповідь (логічність, структурованість, локанічність, цілісність, системність і ін.); унаочнення – мультимедійна презентація (схеми, таблиці, малюнки, відеоролики, фотографії і ін.); відповіді на запитання під час обговорення (рівень теоретичної підготовки, широка ерудиція, інтелектуальні, комунікативні якості і ін.).	0,5 балів 0,5 балів 0,5 балів
Загальна кількість балів	5 балів

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання – 60 балів										
Теоретична				Практична						
T1	T2	T3	T4	T5	ДЗ 1	ДЗ 2	ДЗ 3	ДЗ 4	ДЗ 5	КР
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10

Примітка: Оцінювання проводиться за видами освітньої діяльності: Т – виконання тестових завдань; КР – контрольної роботи; ДЗ – виконання домашніх задач.

Переведення накопичених балів у 100-бальну шкалу здійснюється шляхом множення на коефіцієнт 1,7: $60 \times 1,7 = 100$ балів

Оцінювання кінцевого результату у випадку підсумкової форми контролю – „залік”

Якщо студент набрав хоча **60 балів** він одержує підсумкову оцінку автоматично. Студенти, які на час закінчення теоретичного курсу навчання не набрали рейтингу 60 балів добирають необхідну кількість балів за рахунок завдань для підвищення рейтингу – написання рефератів, або тестового завдання «Грецькі символи», або перескладання з розв’язування домашніх задач, контрольної роботи, тестових завдань за темами практичних робіт.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		залік
90 – 100	A	«зараховано»
82-89	B	
74-81	C	
64-73	D	
60-63	E	
35-59	FX	«незараховано» з можливістю повторного складання
0-34	F	«незараховано» з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

12. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичний комплекс дисципліни (тематика і зміст лекцій, перелік запитань для самоконтролю під час підготовки до практичних занять, завдання для підготовки до контрольної роботи, тематика рефератів, тестові завдання тощо).

13. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Араманович И.Г. Уравнения математической физики / И.Г.Араманович, В.И. Левин. – М.: Наука, 1969. – 288 с.
2. Арнольд В. И. Некоторые нерешенные задачи теории дифференциальных уравнений математической физики / В. И. Арнольд // Успехи математических наук – 1989. – № 44 (4). – 191–192.
3. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Арнольд В. И. – М.: Наука, 1984. – 336 с.
4. Арнольд В.И. Математические методы классической механики / В.И.Арнольд. – М.: Наука, 1989. – 472 с.
5. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики: учебное пособие / Д.И.Блохинцев. – М.: Наука, 1976. – 664 с.
6. Будак Б.М. Сборник задач по математической физике / Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. – М.: Наука, 1979. – 686 с.
7. Владимиров В.С. Уравнения математической физики / В.С.Владимиров. – М.: Наука, 1981. – 512 с.
8. Голод П.І. Математичні основи теорії симетрій / П.І.Голод, А.У.Клімич. – К.: Наукова Думка, 1992. – 366 с.
9. Зельдович Я.Б. Элементы математической физики / Я.Б.Зельдович, А.Д.Мышкис. – М.: Главная редакция физ-мат. лит. изд-ва «Наука», 1973. – 351 с.
10. Ильина В. А. Численные методы для физиков-теоретиков / Ильина В. А., Силаев П. К. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 118 с.
11. Курант Р. Уравнения с частными производными / Р.Курант, [пер. с англ.]. – М.: Мир, 1964. – 843 с.
12. Курант Р. Методы математической физики: в 2-х томах / Р.Курант, Д.Гильберт, [пер. с англ.]. – М.: Гостехиздат, 1951. – Т 1. –1951. – 525 с.
13. Курант Р. Методы математической физики: в 2-х томах / Р.Курант, Д.Гильберт, [пер. с англ.]. – М.: Гостехиздат, 1951. – Т 1. –1951. – 620 с.
14. Курош А.Г. Теория групп / А.Г.Курош. – М.: Наука, 1967. – С. 648.
15. Мартинсон Л. К. Дифференциальные уравнения математической физики: Учеб. для вузов / Л. К. Мартинсон, Ю. И. Малов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 368 с. – (Серия «Математика в техническом университете»; вып. 12).
16. Морс Ф. Методы теоретической физики: в 2-х томах /Ф.Морс, Г.Фешбах., [пер. с англ.]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958. – Т.1. –1958.– 975 с.
17. Морс Ф. Методы теоретической физики: в 2-х томах /Ф.Морс, Г.Фешбах., [пер. с англ.]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958. – Т.2. – 1960. – 897 с.
18. Несис Е.И. Методы математической физики: [учебн. пособие для студентов физ-мат. фак. пед. ин-тов]. / Е.И.Несис. – М.: Просвещение, 1977. – 199 с.
19. Перестюк М. О. Теорія рівнянь математичної фізики: [підручник для студ. фіз.-мат. та інжен. спец. ун-тів] / М. О. Перестюк, В. В. Маринець. – Київ: Либідь, 2006. – 424 с.
20. Плянин А.Д. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: точные решения / А.Д.Плянин, В.Ф.Зайцев. – М.: Физматлит, 2002. – 432 с.
21. Подопригора Н.В. Математичні методи фізики: навч. посібник / Н.В. Подопригора, О.М. Трифонова, М.І. Садовий. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.
22. Проблемы вычислительной математики: сборник статей / [под ред. А. Н. Тихонова]. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 134 с.
23. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы / Самарский А. А., Михайлов А. П. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 120 с.
24. Сборник задач и упражнений по специальным главам высшей математики: [для втузов] / Под общ. ред. Г.И. Кручковича. – М.: Высшая школа, 1970. –511 с.

25. Свізинський А. Математичні методи теоретичної фізики / А.Свізинський. – К. : Вищ. шк., 1998. – 162 с.
26. Семянистый В.И. Задачник–практикум по математической теории поля / В.И.Семянистый, В.В.Цукерман. – М. : Просвещение, 1976. – 136 с.
27. Смирнов В.И. Курс высшей математики: [в пяти томах] / В.И.Смирнов. – М. : Наука, 1974. – Т. 2. – 1974. – 656 с.
28. Смирнов В.И. Курс высшей математики: [в пяти томах] / В.И.Смирнов. – М. : Наука, 1974. – Т. 3. Часть первая. – 1974. – 324 с.
29. Смирнов В.И. Курс высшей математики: [в пяти томах] / В.И.Смирнов. – М. : Наука, 1974. – Т. 3. Часть вторая. – 1974. – 671 с.
30. Соболев С.Л. Уравнения математической физики / С.Л.Соболев. – М. : Наука, 1966. – 444 с.
31. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н.Тихонов, А.А.Самарский. – М. : Наука, 1983. – 728 с
32. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Фихтенгольц Г. М. – [в 3-х т.]. – М. : Фізматліт, 2001. – Т. 1. – 616 с. – Т. 2. – 810 с. – Т. 3. – 662 с.
33. Фон Нейман Дж. Математические основы квантовой механики / Джон фон Нейман. – М. : Наука, 1964. – 367 с.
34. Шутц Б. Геометрические методы математической физики / Б.Шутц. – М. : Мир, 1995. – 304 с.