

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора
з навчальної роботи

2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ВАРІАЦІЙНІ МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма фізика
(назва освітньої програми)

спеціалізований
вибірковий блок теоретична фізика
(за наявності) (назва)

вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2022/23</u>
Семестр	<u>8</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: Ледней М.Ф.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробник(и): Ледней М.Ф., доцент, докт. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичної фізики

Решетняк (Решетняк В.Ю.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 19 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту (педагогічною радою коледжу)

Протокол від « 10 » серпня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії Решетняк
(підпис)

(Оліх В.В.)
(прізвище та ініціали)

Голова педагогічної ради (для коледжів)

« 10 » серпня 20 22 року

1. Мета дисципліни – оволодіння методами варіаційного числення, які необхідні студентам як для подальшого успішного вивчення загальних та спеціальних курсів теоретичної фізики, так і для самостійного творчого вирішення реальних фізичних задач.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Знати основні поняття математичного аналізу, звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, методів математичної фізики, основні закони механіки, електрики, оптики. Зокрема, знати рівняння Лагранжа, функцію Гріна для диференціальних рівнянь, теореми Остроградського-Гаусса та Стокса, поліноми Лежандра, сферичні функції (гармоніки), циліндричні функції, функції Бесселя, Ганкеля, Неймана та Макдональда.

Вміти застосовувати отримані знання з курсів математичного аналізу, лінійної алгебри, математичної фізики, основ векторного та тензорного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь при вирішенні фізичних задач.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Нормативна дисципліна "Варіаційні методи теоретичної фізики" є складовою циклу дисциплін самостійного вибору навчального закладу для професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр фізики" та базовою для вивчення всіх фізичних дисциплін. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, курсом лінійної алгебри та аналітичної геометрії, основами векторного та тензорного аналізу, загальним курсом механіки, електрики, оптики, диференціальним численням, методами математичної фізики, володіють однією із мов програмування. Результати навчання полягають в засвоєнні основних підходів та методів варіаційного числення. Навчальна дисципліна є необхідною для отримання знань і подальшого успішного оволодіння як загальними, так і спеціальними навчальними курсами, зокрема такими як „Квантова механіка” „Теорія рідких кристалів” та іншими. Методи викладання: лекції. Методи оцінювання: опитування, контрольні роботи після основних розділів курсу, іспит (8 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40%) та іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі) — розвиток творчого підходу при розв’язанні складних фізичних задач аналітичними методами, сприяння розвитку логічного та аналітичного мислення. Здатність студентами застосовувати набуті знання у практичних ситуаціях розрахунку різного роду фізичних моделей. Також здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів. Також здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з всіх фізичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

інтегральної:

- здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

загальних:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2);
- фахових:*

- 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 2).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	1.1 Рівняння Ейлера-Лагранжа	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.2 Достатні умови екстремуму функціоналу (умови Лежандра)	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.3 Рівняння Ейлера-Остроградського	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.4 Рівняння Ейлера-Пуассона	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.5 Умови трансверсальності	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.6 Рівняння Ейлера-Лагранжа для задач умовного екстремуму	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.7 Формулювання загальної задачі Лагранжа	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
2	2.1 Застосовувати варіаційні методи в задачах класичної механіки	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.2 Застосовувати варіаційні методи в задачах геометричного спрямування	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.3 Застосовувати варіаційні методи в задачах молекулярної фізики	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.4 Застосовувати варіаційні методи в задачах теорії пружності	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.5 Застосовувати варіаційні методи в задачах електродинаміки	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.6 Розв'язувати задачу Больца та ізопериметричні задачі	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.7 Знаходити геодезичні на заданій поверхні	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.8 Застосовувати варіаційні методи в задачах теорії теплопровідності	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.9 Застосовувати варіаційні методи в задачах квантової механіки	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	5
	2.10 Застосовувати варіаційні методи в задачах термодинаміки та статистичної фізики	Лекція, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
1. ПРН4. 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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. ПРН16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів та включає в себе 30 год. лекцій і 60 год. самостійної роботи (всього 90 год.).

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання

Під час **поточного** контролю (ПК) розуміння матеріалу дисципліни перевірятиметься шляхом розв'язування задач, заданих на самостійну роботу. Розв'язки цих задач будуть обговорюватися, аналізуватися та перевірятися на лекційних заняттях та консультаціях. Виконання завдань повинно бути свідомим, копіювання робіт інших студентів не зараховується. За виконання всіх завдань змістових модулів протягом семестру студент може отримати наступні бали:

Модульна контрольна робота №1 — 10 балів.

Модульна контрольна робота № 2 — 10 балів.

Самостійна робота над задачами протягом семестру — 15 балів.

Реферати, доповіді, усні відповіді — 5 балів.

- підсумкове оцінювання у формі іспиту

Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі **іспиту**. Оцінка виставляється за результатами письмових робіт. Під час іспиту оцінюються загальні результати вивчення всього навчального курсу.

	ЗМ1	ЗМ2	іспит	Підсумкова оцінка
--	-----	-----	-------	-------------------

Мінімум	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>60</u>	<u>100</u>

На іспиті студент може максимально отримати **60 балів**. Оцінка за іспит не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше **24 балів**. Умови допуску до іспиту наступні:

- здати розв'язок не менше 50 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;
- здати 2 реферати, написані власноруч з виведенням усіх формул по темі;
- пройти письмову перевірку знань та розумінь основних означень та формул.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 2 змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт. Студент може отримати максимально 20 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, написання рефератів, усні відповіді, тести (по 10 балів в кожному змістовому модулі). Модульний контроль включає 2 модульні контрольні роботи. Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 20 балів (по 10 балів за кожен модуль). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (60 балів). Екзаменаційний білет включає 2 теоретичних питання та 1 практичне завдання (по 20 балів кожне).

8.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

9. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

8 СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самост. робота
Змістовий модуль 1				
1	Задачі із закріпленими кінцями. Основні поняття та задачі варіаційного числення. Рівняння Ейлера.	2		2
2	Рівняння Ейлера-Пуассона, Ейлера-Остроградського. Узагальнений випадок просторової задачі.	2		4
3	Задача про брахістрахрону та найменшу поверхню обертання. Приклади варіаційних задач	2		4
4	Задачі з рухомими границями. Умови трансверсальності. Узагальнений випадок	2		4

5	Узагальнений випадок векторної функції скалярного аргументу. Задачі з кутовими точками.	2		4
6	Приклади варіаційних задач з рухомими границями. Задачі аналітичної геометрії.	2		2
7	Рівняння Ейлера-Лагранжа для умовного екстремуму. Задача Больца, ізопериметрична задача. Задача про геодезичну на заданій поверхні.	2		4
8	Пошук рівноважної форми меніску рідини в посудині.	2		4
9	Встановлення рівноважної форми: а) краплини рідини на твердій поверхні; б) рідини між двома паралельними пластинами.	2		4
	Модульна контрольна робота № 1			3
Змістовий модуль 2				
10	Прямі методи варіаційного числення: метод ламаних Ейлера, метод Рітца, метод Канторовича, метод неповного інтегрування.	2		2
11	Пошук власних значень та власних функцій задачі Штурма-Ліувілля. Вирішення рівняння Томаса-Фермі.	2		4
12	Варіаційні задачі класичної механіки. Дисипативні системи.	2		4
13	Варіаційні принципи теорії теплопровідності. Приклади застосування.	2		4
14	Доповнюючий варіаційний принцип теорії теплопровідності. Приклади застосування.	2		4
15	Варіаційні принципи електродинаміки, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики.	2		4
	Модульна контрольна робота № 2			3
Всього		30		60

Загальний обсяг 90 год.¹, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – 30 год.

Семінари – год.

Практичні заняття - __ год.

Лабораторні заняття - ____ год.

Тренінги - ____ год.

Консультації - ____ год.

Самостійна робота – 60 год.

10. Рекомендовані джерела:

Основні

1. Ахиезер Н.И. Лекции по вариационному исчислению, Харьков: Изд-во ХГУ, 1981.
2. Гельфанд И.М., Фомин С.В. Вариационное исчисление, М.: Физматгиз, 1961.
3. Эльцгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление, М.: Наука, 1969.
4. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике, М.: Гостехиздат, 1957.
5. Краснов М.А., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Задачи и упражнения по вариационному исчислению, М.: Высш. школа,
6. Вариационные принципы механики, Сб. статей под ред. Полака С.М. М.: Физматгиз, 1959.
7. Ланцош К. Вариационные принципы механики, М.: Мир, 1965.
8. Парс Л. Аналитическая динамика, М.: Наука, 1971.

¹ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

9. Голдстейн Г. Классическая механика, М.: Наука, 1975.
10. Беленький И.М. Введение в аналитическую механику, М.: Высш. школа, 1964.
11. Добронравов В.В. Основы аналитической механики, М.: Высш. школа, 1976.
12. Бутенин Н.В., Фуфаев Н.А. Введение в аналитическую механику, М.: Наука, 1991.
13. Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П. Электродинамика, М.: Высш. школа, 1990.
14. Де Гроот С., Сатторп Л.Г. Электродинамика, М.: Мир, 1982.
15. Weinstok R. Calculus of variation with applications to Physics and Engineering. N.Y.Mc. Graw Hill. 1952.
16. Makarets M., Reshetnyak V. Ordinary differential equation and calculus of variations, Singapore, World Scientific, 1995.

Додаткові

17. Паули В. Теория относительности, М.: Мир, 1983.
18. Логунов А.А., Мествиришвили М.А. Релятивистская теория гравитации, М.: Наука, 1989.
19. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. М.: Физматгиз, 1961.
20. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей, М.: Наука, 1973.
21. Альберт Мессиа, Квантовая механика, т.2, М.: Наука, 1979.
22. Давыдов А.С. Квантовая механика, М.: Наука, 1973.
23. Циглер Г. Экстремальные принципы термодинамики необратимых процессов и механика сплошной среды, М.: Мир, 1966.
24. Био М. Вариационные принципы в теории теплообмена, М.: Энергия, 1976.
25. Петров Н., Бранков И. Современные проблемы термодинамики, М.: Мир, 1986.
26. Базаров И.П. Термодинамика, М.: Высш. школа, 1991.
27. Воробьев Л.М., Воробьева Т.М. Нелинейные преобразования в прикладных вариационных задачах, М.: Энергия, 1972.
28. Михлин С.Г. Численная реализация вариационных методов, М.: Наука, 1966.
29. Перов А.И. Вариационные методы в теории нелинейных колебаний, Воронеж, Изд-во ВГУ, 1981.
30. Ректорис К. Вариационные методы в математической физике и технике, М.: Мир, 1985.
31. Фридман А. Вариационные принципы и задачи со свободными границами, М.: Наука, 1990.
32. Черноусько Ф.Л., Баначук Н.Б. Вариационные задачи механики иуправления. Численные методы, М.: Наука, 1973.
33. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование, М.: Мир, 1976.