

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

(назва факультету/інституту)

Кафедра теоретичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора  
навчальної роботи

«30» серпня 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ<sup>1</sup>**  
**КЛАСИЧНА МЕХАНІКА**

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань

10. Природничі науки

(шифр і назва)

спеціальність

104. Фізика та астрономія

(шифр і назва спеціальності)

освітній ступінь

бакалавр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма

Астрономія

(назва освітньої програми)

спеціалізація

(за наявності)

\_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

вид предмету

обов'язкова

Форма навчання

очна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

3,4

Кількість кредитів ECTS

8

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

залік, іспит

Викладачі: проф. Макарець М.В., асист. Лесюк А. І.

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

**КИЇВ – 2022**

<sup>1</sup> 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.

Розробники<sup>2</sup>: Макарець М.В., професор, доктор фізико-математичних наук, професор, кафедра теоретичної фізики

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичної фізики


  
(підпис)

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

Протокол № 19 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту<sup>3</sup>

Протокол № 11 від « 10 » червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії   
(підпис) (Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

<sup>2</sup> Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

<sup>3</sup> У випадку читання дисципліни, яка не є профільною для факультету чи інституту обов'язковим є погодження з науково-методичною комісією профільного факультету. У випадку економічних та юридичних наук погодження із предметною комісією з економічних та юридичних наук при Науково-методичній раді Університету.

## ВСТУП

**1. Мета навчальної дисципліни.** Курс класичної механіки покликаний поглибити знання, отримані в загальному курсі фізики, засвоїти її математичний апарат і на його основі – опанувати методи механіки Лагранжа, механіки Гамільтона та аналітичної механіки, різні представлення рівнянь руху систем матеріальних точок та абсолютно твердих тіл та основні рівняння теорії суцільного середовища, зокрема, пружних тіл, газів та рідин.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

- Знати основні закони механіки, молекулярної фізики, електрики та магнетизму. Зокрема, закони Ньютона, інтеграли руху, закони взаємодії Ньютона, Кулона, Лоренца, закон Гаука. Володіти апаратом математичного аналізу, лінійної алгебри та аналітичної геометрії, звичайних диференціальних рівнянь, теорії функцій комплексної змінної, основами векторного та тензорного числення, основами теорії поля. Оперувати виразами для градієнта, дивергенції, ротора та оператора Лапласа в криволінійних системах координат.

- Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, лінійної алгебри та аналітичної геометрії, основ векторного та тензорного аналізу та диференціальних рівнянь для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь та їх систем.

- Володіти навичками обчислення похідних, інтегралів, інтегралів залежних від параметра, дій над векторами, будувати графіки функцій, визначати та розкладувати функції в ряд Тейлора та по ортогональному базису, зокрема і ряд Фур'є. Володіти навичками представлення дельта-функції, Гама-функції, Бета-функції.

### **3. Анотація навчального предмету / референс:**

Нормативний предмет «Класична механіка» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітнього ступеня “бакалавр фізики”, “бакалавр астрономії” та “бакалавр оптотехніки” та базовою для вивчення всіх фізичних предметів. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, основами векторного та тензорного числення, загальними курсами механіки, молекулярної фізики, електрики, диференціальним численням.

Результати навчання полягають в знанні фундаментальних законів та у володінні методами класичної механіки. Зокрема, методами механіки Ньютона-Ейлера, механіки Лагранжа, механіки Гамільтона та аналітичної механіки. Знати закони руху суцільного середовища, моделі суцільного середовища та рівнянь їх руху. Також, як результат, студенти будуть ознайомлені з основними наближеннями рівнянь механіки та основними моделями поведінки суцільного середовища у зовнішньому полі.

Методи викладання: лекції, консультації, практичні заняття. Методи оцінювання: опитування в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, залік (3 семестр) та іспит (4 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку, іспиту (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – освоєння студентами методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису задач з курсу класичної механіки, зокрема, здатність студентами застосовувати знання у практичних ситуаціях для розрахунку руху взаємодіючих частинок та твердих тіл зовнішньому полі. Також здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями з курсу класичної механіки, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу із усіх фізичних предметів.

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

*інтегральної:*

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов.

*загальних:*

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК9).

*фахових:*

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (ФК1).
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів (ФК2).
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК13).

## 5. Результати навчання за предметом:

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з предмета</i>
Код	Результат навчання			
1	1.1 Фундаментальні закони класичної механіки: повна система операціональних величини; закони Ньютона, принцип суперпозиції взаємодії, принцип відносності Галілея.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2.5
	1.2 Закони збереження: імпульс, вектор центру мас, момент імпульсу, енергія. Загальні характеристики руху. Теорема віріала для фінітного руху.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	4.0
	1.3 Задача двох тіл: квадратури, траєкторія, періоди фінітного руху, закони Кеплера, кути пружного розсіювання, переріз, формула Резерфорда.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	1.4 Рівняння Лагранжа другого роду. Функція Лагранжа, її властивості. Циклічні координати, інтеграл енергії. Умова інтегрованості задачі у квадратурах.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	7.5

	1.5 Механіка абсолютно твердого тіла: координати, кути, кутова швидкість, рівняння Ейлера. Імпульс, момент імпульсу, кінетична і потенціальна енергія, момент інерції, функція Лагранжа. Динамічні рівняння Ейлера.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	4.0
	1.6 Малі коливання: положення рівноваги, нормальні координати. Власні частоти, амплітуди та фази. Нелінійні та параметричні коливання.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	1.7 Аналітична механіка. Принцип Гамільтона. Закони збереження і симетрія простору-часу. Рівняння Гамільтона. Канонічні перетворення. Твірна функція. Рівняння Гамільтона-Якобі.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	1.8 Основні поняття механіки суцільного середовища. Кінематика та динаміка. Закони збереження та рівняння руху. Моделі середовищ.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	6.0
	1.9 Теорія пружності. Закон Гука. Рівняння Ламе. Стационарні задачі. Звук у пружному середовищі. Власні коливання: частота, довжина хвилі.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	1.10 Гідродинаміка. Закон Нав'є-Стокса. Рівняння руху. Течія Пуазейля, формула Стокса. Звук у рідинах і газах.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
<b>2</b>	2.1 Записувати: закони Ньютона з урахуванням принципів суперпозиції та відносності; інтеграли руху; закони збереження.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	4.0
	2.2 Розв'язувати задачі про рух однієї частинки під дією заданих сил: тяжіння, гравітаційної, тертя, електричного поля, магнітного поля.	Практичне заняття	Самостійна робота	4.0
	2.3 Розв'язувати задачі про рух двох частинок із даним потенціалом взаємодії: траєкторія, період фінітного руху, кути розсіяння, переріз.	Практичне заняття	Модульна контрольна робота	5.0
	2.4 Записувати рівняння Лагранжа 2-го роду. Будувати функцію Лагранжа системи частинок, знаходити інтеграли руху.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	6.0
	2.5 Будувати функцію Лагранжа системи із абсолютно твердими тілами, знаходити інтеграли руху.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	6.0
	2.6 Будувати функцію Лагранжа системи частинок та абсолютно твердих тіл, знаходити інтеграли руху.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	6.0
	2.7 Знаходити частоти, амплітуди та фази власних малих коливань системи навколо рівноваги.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	2.8 Записати рівняння Гамільтона, Гамільтона-Якобі, будувати функцію Гамільтона, проводити канонічні перетворення.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	2.9 Розв'язувати задачі про деформацію пружного середовища, знаходити частоти власних коливань та довжину хвиль у пружних тілах.	Практичне заняття	Задачі, усні відповіді	5.0
	2.10 Розв'язувати задачі про ламінарну течію рідини або газу у різних обмежених об'ємах..	Практичне заняття	Модульна контрольна робота	5.0

## 6. Співвідношення результатів навчання предмету із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання	
	1	2
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.	+	+
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.	+	+
ПРН23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	+	+

## 7 Схема формування оцінки:

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

### - семестрове оцінювання 3-й семестр:

1. Колоквіум (максимальна 15 балів).

2. Розв'язування задач в аудиторії, виконання домашніх завдань, усні відповіді, контрольні та самостійні роботи (максимальна 45 балів).

1. Підсумкове оцінювання у формі заліку. Максимальна оцінка на заліку 40 балів.

2. Умови допуску до заліку: обов'язково здати колоквіум, зробити не менше 66% всіх задач за семестр по всіх темах.

### - семестрове оцінювання 4-ий семестр:

1. Колоквіум (максимальна 15 балів).

2. Розв'язування задач в аудиторії, виконання домашніх завдань, усні відповіді, контрольні та самостійні роботи (максимальна 45 балів).

1. Підсумкове оцінювання у формі іспиту. Максимальна оцінка на екзамені 40 балів.

2. Умови допуску до підсумкового екзамену: обов'язково здати колоквіум, зробити не менше 66% всіх задач за семестр по всіх темах.

**7.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 4 змістових модулів (2 модулі у третьому та 2 модулі у четвертому семестрах). Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою незалежно у третьому та четвертому

семестрах. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Студент може отримати максимально 45 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, доповнення на практичних заняттях, контрольні роботи у третьому семестрі (по 20 та 25 балів в кожному змістовому модулі) та 45 балів в четвертому семестрі (по 20 та 25 балів в кожному змістовому модулі), а також по 15 балів за колоквіуми у третьому та четвертому семестрах. Модульний контроль: 2 модульні контрольні роботи (1 робота в третьому та 1 робота у четвертому семестрах), два колоквіуми (1 у третьому і 1 у четвертому семестрах). Студент може отримати максимально за модульні контрольну роботу 15 балів (із відведених 45 балів) у третьому семестрі і 15 балів (із відведених 45 балів) у четвертому семестрі та 15 балів за кожний колоквіум у третьому та у четвертому семестрах. Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі заліку (40 балів) у третьому семестрі та іспиту (40 балів) у четвертому семестрі. Екзаменаційний білет включає 2 теоретичні питання (15 і 10 балів) та задачу (15 балів).

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

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

### III СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Практ. заняття	Самост. робота
<i>Змістовий модуль 1</i>				
1	Фундаментальні закони класичної механіки. Повна система операціональних величин, система відліку, перший закон Ньютона.	2	2	3
2	Фундаментальні закони класичної механіки: Другий і третій закони Ньютона, принцип суперпозиції взаємодії, принцип відносності Галілея. Аналіз законів.	2	2	3
3	Закони збереження у механіці Ньютона. Імпульс, вектор центру мас. Властивості і застосування.	2	2	3
4	Закони збереження. Момент імпульсу, енергія. Їх властивості і застосування. Теорема віріала.	2	2	4
5	Задача двох тіл. Квадратури, траєкторія, періоди фінітного руху. Рух у потенціалі Кулона, закони Кеплера.	2	2	4
6	Пружне розсіювання, траєкторія, кути розсіювання, диференціальний переріз. Формула Резерфорда.	2	2	4
7	Рівняння Лагранжа першого і другого роду, функція	2	2	4

	Лагранжа та її властивості.			
	<b>Колоквіум</b>			4
<b>Змістовий модуль 2</b>				
8	Рівняння Лагранжа другого роду. Циклічні координати, інтеграл енергії. Умова інтегрованості задачі.	2	2	5
9	Функція Лагранжа для заряду в електромагнітному полі. Математичний і сферичний маятники.	2	2	5
10	Механіка абсолютно твердого тіла: координати, кути, кутова швидкість, рівняння Ейлера.	2		4
11	Механіка абсолютно твердого тіла: імпульс, момент імпульсу, кінетична і потенціальна енергія, тензор моменту інерції і його властивості.	2	2	4
12	Динамічні рівняння Ейлера. Вільне обертання абсолютно твердого тіла. Кутові швидкості та кути Ейлера.	2	2	4
13	Функція Лагранжа для абсолютно твердого тіла. Рух дзиги з нерухомою точкою опори.	2	2	5
14	Функція Лагранжа для малих коливань системи навколо положення рівноваги. Нормальні координати.	2	2	5
15	Малі коливання молекул. Моди коливань Малі коливання лінійних ланцюжків осциляторів, частота і хвильовий вектор.	2	2	3
	<b>Модульна контрольна робота 1</b>		2	
<b>Всього</b>		30	30	60

#### IV СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практ. заняття	Самост. робота
<b>Змістовий модуль 1</b>				
1	Канонічні рівняння Гамільтона. Побудова функції Гамільтона.	2	4	6
2	Аналітична механіка. Основні поняття варіаційного числення. Принцип найменшої дії Гамільтона-Остроградського.	2		2
3	Закони збереження класичної механіки і симетрія простору-часу. Теорема Ньотер.	2		4
4	Перетворення Лежандра. Характеристичні функції та типи рівнянь руху. Рівняння Гамільтона.	2	4	4
5	Принцип Гамільтона-Остроградського у фазовому просторі. Рівняння Гамільтона. Твірні функції	2	4	4



	канонічних перетворень.			
6	Дужки Пуасона. Теорема та рівняння Ліувіля	2		4
7	Рівняння Гамільтона-Якобі. Метод розділення змінних.	2	2	6
	<b>Колоквіум</b>			4
<b>Змістовий модуль 2</b>				
8	Фізично нескінченно мала частинка. Її координати та кінематика суцільного середовища	2	2	2
9	Закони збереження та рівняння руху суцільного середовища.	2		4
10	Повна система рівнянь руху суцільного середовища. Моделі суцільного середовища.	2	2	4
11	Теорія пружного середовища. Закон Гука та рівняння Ламе. Стаціонарні задачі теорії пружності.	2	4	4
12	Звук у пружному середовищі. Поздовжні та поперечні хвилі. Фазова швидкість звуку. Власні коливання пружних тіл.	2	2	4
13	Гідродинаміка. Закон Нав'є. Рівняння Нав'є-Стокса. Стаціонарні течії ідеальної рідини.	2		4
14	Стаціонарні течії в'язкої нестисливої рідини. Течія Пазейля. Обтікання кульки. Формула Стокса.	2	2	2
15	Звук у рідинах і газах.	2	2	2
<b>Модульна контрольна робота 1</b>			2	
<b>Всього</b>		30	30	60

**Загальний обсяг 240 год.<sup>1</sup>**, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **60 год.**

Практичні заняття - **60 год.**

Самостійна робота – **120 год.**

#### **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:**

**Основна :** (Базова)

1. С.М. Єжов, М.В. Макарець, О.В. Романенко. Класична механіка. – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2008. – 480 с.
2. А.М. Федорченко. Теоретична фізика: в 2 т. Т. 1. Класична механіка і електродинаміка. – К.: Вища шк., 1992. – 533 с.
3. Л.Г. Гречко, М.В. Макарець. Збірник задач з теоретичної фізики. Класична механіка: Навчальний посібник – К.: ВПЦ "Київський університет", 2011. – 132 с.
4. М.В. Макарець, С.Л. Субота. Методичні вказівки та задачі до курсу Класична механіка. Рівняння Лагранжа 2-го роду. – К: Бавок, 2016, 51 с.

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на даний предмет згідно навчального плану.

5. Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков, О.Ф. Томасевич, А.М. Федорченко. Сборник задач по теоретической физике – К.: Вища школа, 1984. – 319 с.
6. Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо. Сборник задач по классической механике. – М.: Наука, 1969. – 240 с.

*Додаткова*

1. Ю.В. Александров. Небесна механіка. Підручник. 2003. - 190 с.
2. Н. Дубошин. Небесная механика в 3-х тт. М.: Наука, 1975
3. Г. Голдстейн. Классическая механика. – М.: Мир, 1975. – 415 с.