

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра теоретичної фізики та астрономії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи  
О.В.Запорожченко  
2020 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### КЛАСИЧНА МЕХАНІКА

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (освітньо-науковий) рівень – бакалавр

Галузь знань 10 – природничі науки  
(шифр і назва)

Спеціальність 105 – прикладна фізика та наноматеріали  
(шифр і назва)

Освітня програма прикладна фізика та наноматеріали

Вид дисципліни обов'язкова

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій  
(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробник програми:

кандидат фізико-математичних наук, доцент Олейнік В.П.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики та астрономії Протокол №1 від “31” серпня 2020 року

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Адамян В.М.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “ 3 ” вересня \_\_\_\_\_ 2020 року

Голова НМК

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ніцук Ю.А.

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Класична механіка**» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки першого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Освітньо-наукова програма: «Прикладна фізика та наноматеріали».

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «**Класична механіка**» є: вивчення майбутніми бакалаврами з прикладної фізики та наноматеріалів основних положень класичної механіки та методів рішення задач; формування навичок аналізу всіляких рухів та явищ природи, що описуються законами класичної фізики.

Засвоєння фундаментальних фізичних складових, отримання практичних навичок, що здобуваються в межах дисципліни «**Класична механіка**» є умовою для подальшого ефективного вивчення обов'язкових дисциплін та дисциплін за вибором з циклу професійної підготовки, успішного виконання кваліфікаційної роботи бакалавра.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «**Класична механіка**» є: засвоєння студентами основних методів класичної механіки, вміння застосовувати їх до вирішення різних прикладних проблем.

Інтегральна компетентність (ІК) – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій і методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК3. Здатність спілкування державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК9. Здатність працювати автономно.

Спеціальні (фахові) компетенції:

- СК6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

1.3. Кількість кредитів 7.

1.4. Загальна кількість годин 210.

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни |  |
|---|--|
| <u>Нормативна/за вибором</u>              |  |
| Денна форма навчання                      |  |
| Рік підготовки                            |  |
| 2,3-й                                     |  |
| Лекції                                    |  |
| 60 год.                                   |  |
| <u>Практичні/семінарські</u>              |  |
| 54 год.                                   |  |
| Лабораторні                               |  |
| –   |  |
| Самостійна робота                         |  |
| 96 год.                                   |  |
| У тому числі індивідуальні завдання       |  |
| –   |  |

### 1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-науковою програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» бакалаври можуть досягти наступних результатів навчання:

- Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задачі практичних проблем прикладної фізики (P01).
- Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів (P02).
- Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали при розв’язанні практичних проблем прикладної фізики (P03).
- Застосовувати фізичні, математичні та комп’ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій (P04).
- Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації (P06).

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

2-й рік

### Розділ 1. Основні принципи механіки Лагранжа.

*Тема 1. Вступ. Теоретична фізика як сукупність методів дослідження природи.* Короткий історичний огляд розвитку уявлень про властивості фізичного світу на різних масштабах. Вплив методів класичної механіки на розвиток інших розділів теоретичної фізики. Простір Евкліда та класична фізика. Викривлений простір-час як вид матерії.

*Тема 2. Основні поняття класичної механіки.* Рівняння Ньютона. Постановка задач у механіці Ньютона. Початкові умови. Проблеми розв’язання рівнянь Ньютона.

*Тема 3. Системи координат та системи відліку.* Швидкість та прискорення частинки у ортогональних системах координат.

*Тема 4. Принцип найменшої дії.* Зв’язок рівнянь Ньютона з принципом найменшої дії. Принцип найменшої дії в механіці Лагранжа. Рівняння Ейлера-Лагранжа.

*Тема 5. Властивості функції Лагранжа.* Повна похідна за часом від функції Лагранжа на траєкторії руху. Неоднозначність функції Лагранжа.

*Тема 6. Вільна матеріальна частинка.* Ізольовані системи та властивості часу і простору. Принцип відносності Галілея. Вільна релятивістська частинка.

*Тема 7. Інтеграл руху механічних систем.* Адитивні закони збереження: закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу.

*Тема 8. Властивості симетрії та закони збереження.* Знаходження інтегралів руху за властивостями симетрії.

### Розділ 2. Інтегрування рівнянь руху механічних систем.

*Тема 9. Рух одновимірних систем.* Якісне дослідження властивостей руху одновимірних систем. Консервативні механічні системи з декількома ступенями свободи.

*Тема 10. Задача двох тіл.* Рух у центральному полі. Ефективна потенціальна енергія. Якісне дослідження властивостей руху частинки у центральному полі.

*Тема 11. Задача Кеплера.* Притягання частинок. Рух планет Сонячної системи. Залежність траєкторії руху від енергії частинки. Траєкторії руху частинок у випадку відштовхування.

### Розділ 3. Зіткнення та розсіювання частинок.

*Тема 12. Розпад частинок.* Використання законів збереження для дослідження замкнутих систем.

*Тема 13. Пружні зіткнення частинок. Непружні зіткнення. Використання законів збереження для дослідження зіткнень частинок.*

*Тема 14. Розсіювання частинок у центральному полі. Прицільна відстань. Траєкторії руху частинок відносно нерухомої мішені. Ефективний переріз розсіювання частинок.*

*Тема 15. Розсіювання в кулонівському полі. Ефективний переріз розсіювання в кулонівському полі: формула Резерфорда. Розсіювання частинок під малими кутами.*

3-й рік

#### **Розділ 4. Малі коливання.**

*Тема 16. Вільні та вимушені одновимірні коливання. Наближення малих коливань у одновимірних системах. Опис механічних систем, на які зовнішня сила діє протягом кінцевого проміжку часу.*

*Тема 17. Одновимірні коливання в системах з тертям або накачуванням. Системи у зовнішньому полі: початкові умови та умови зшивання.*

*Тема 18. Коливання систем з багатьма ступенями свободи. Умови режиму малих вільних коливань.*

*Тема 19. Коливання обмежених систем. Коливання молекул.*

#### **Розділ 5. Рух твердого тіла.**

*Тема 20. Кінетична енергія твердого тіла. Поступальний та обертальний рухи твердого тіла.*

*Тема 21. Тензор моментів інерції твердого тіла. Властивості тензора моментів інерції. Головні моменти інерції, дзиги. Перетворення компонент тензора моментів твердого тіла при паралельному перенесенні. Розрахунки компонент тензора моментів інерції окремих тіл.*

*Тема 22. Ейлерові кути. Рівняння Ейлера твердого тіла. Рух симетричної дзиги у полі сил тяжіння.*

*Тема 23. Рух частинок у неінерційних системах відліку. Сили інерції у системах відліку з поступальним та обертальним прискореннями.*

#### **Розділ 6. Основні принципи механіки Гамільтона.**

*Тема 24. Канонічні рівняння руху. Варіаційний принцип у механіці Гамільтона. Початкові умови для рівнянь Гамільтона. Фазовий простір.*

*Тема 25. Дужки Пуассона. Інтеграли руху у механіці Гамільтона. Функції на траєкторії руху. Властивості дужок Пуассона. Використання дужок Пуассона для знаходження інтегралів руху механічних систем.*

*Тема 26. Дія як функція координат. Зміна дії механічної системи на пучку близьких траєкторій.*

*Тема 27. Канонічні перетворення. Варіанти вибору генеруючої функції при канонічних перетвореннях.*

*Тема 28. Метод Гамільтона-Якобі. Канонічне перетворення, при якому нова функція Гамільтона дорівнює нулю. Розділення змінних у методі Гамільтона-Якобі. Дослідження механічних систем методом Гамільтона-Якобі.*

### 3. Структура навчальної дисципліни

| Тема   | Кількість годин |           |           |      |      |           |
|--|-----------------|-----------|-----------|------|------|-----------|
|  | Усього          | Лек.      | Пр.       | Лаб. | Інд. | СР        |
| 2-й рік  |                 |           |           |      |      |           |
| <b>Розділ 1. Основні принципи механіки Лагранжа</b>          |                 |           |           |      |      |           |
| 1  | 4               | 2         | –         | –    | –    | 2         |
| 2  | 4               | 2         | –         | –    | –    | 2         |
| 3  | 4               | 2         | –         | –    | –    | 2         |
| 4  | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 5  | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 6  | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 7  | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 8  | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| <b>Розділ 2. Інтегрування рівнянь руху механічних систем</b> |                 |           |           |      |      |           |
| 9  | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 10   | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 11   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| <b>Розділ 3. Зіткнення та розсіювання частинок</b>           |                 |           |           |      |      |           |
| 12   | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 13   | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 14   | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| 15   | 6               | 2         | 2         | –    | –    | 2         |
| Усього годин за семестр                                      | <b>90</b>       | <b>30</b> | <b>24</b> | –    | –    | <b>36</b> |
| 3-й рік  |                 |           |           |      |      |           |
| <b>Розділ 4. Малі коливання</b>                              |                 |           |           |      |      |           |
| 16   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 17   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 18   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 19   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| <b>Розділ 5. Рух твердого тіла</b>                           |                 |           |           |      |      |           |
| 20   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 21   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 22   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 23   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| <b>Розділ 6. Основні принципи механіки Гамільтона</b>        |                 |           |           |      |      |           |
| 24   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 25   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 26   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 27   | 8               | 2         | 2         | –    | –    | 4         |
| 28   | 24              | 6         | 6         | –    | –    | 12        |
| Усього годин за семестр                                      | <b>120</b>      | <b>30</b> | <b>30</b> | –    | –    | <b>60</b> |
| Усього годин   | <b>210</b>      | <b>60</b> | <b>54</b> | –    | –    | <b>96</b> |

### 4. Теми практичних занять

1. Компоненти радіус-вектора, швидкості, прискорення частинки та величина  $d\vec{r}^2$  в циліндричних та сферичних координатах.
2. Кінетична енергія та рівняння руху вільної частинки в циліндричних та сферичних координатах.
3. Функція Лагранжа, рівняння руху та інтеграли руху системи частинок у полі сил тяжіння.
4. Компоненти повного імпульсу та повного моменту імпульсу системи частинок у полі заданої симетрії.
5. Фізичні характеристики вільної релятивістської частинки.
6. Одновимірний рух: характер руху та період коливань у фінітній області руху.

7. Дослідження руху частинки в центральному полі.
8. Дослідження властивостей руху двох заряджених частинок при різних значеннях повної енергії.
9. Використання законів збереження для дослідження замкнутих систем: розпад частинки на дві частини, пружне зіткнення двох частинок.
10. Ефективний переріз розсіювання частинок у центральному полі.
11. Режим малих коливань у одновимірних та багатовимірних механічних системах.
12. Вільні та вимушені одновимірні коливання.
13. Коливальний рух у механічних системах з тертям або накачуванням.
14. Властивості руху коливальних систем, на які протягом інтервалу часу діє зовнішня сила.
15. Дослідження поступальних та обертальних рухів вільного твердого тіла та твердого тіла у полі сил тяжіння.
16. Властивості тензора моментів інерції твердих тіл: розрахунки компонент тензора моментів інерції систем точкових частинок та суцільних тіл (з циліндричними або сферичними порожнинами, включно).
17. Компоненти кутової швидкості твердого тіла у лабораторній системі відліку та у системі головних моментів.
18. Рух симетричної дзиги з нерухомою нижньою точкою в полі сил тяжіння.
19. Сили інерції у системах відліку з обертальним прискоренням.
20. Опис руху механічних систем у рамках механіки Гамільтона: знаходження канонічних рівнянь руху та інтегралів руху.
21. Дужки Пуассона, що включають компоненти імпульсу або компоненти моменту імпульсу системи частинок. Знаходження інтегралів руху механічних систем за допомогою дужок Пуассона.
22. Знаходження траєкторії руху механічних систем методом Гамільтона-Якобі: відокремлення змінних у рівнянні Гамільтона-Якобі.

## **5. Теми лабораторних занять**

Не передбачено навчальним і робочим планом

## **6. Завдання для самостійної роботи**

1. Перевірка знань, отриманих у минулому семестрі: тензорні величини та їх згортки у двовимірних та тривимірних просторах; підрахування кількості компонент тензорних величин заданої симетрії у просторах розмірності  $n = 2, 3, 4$ ; різниці між скалярами, векторами та тензорами рангу  $p$  при координатних перетвореннях та при диференціюванні.
2. Кінетична енергія та рівняння руху вільної частинки в ортогональних координатах.
3. Варіанти систем зв'язаних частинок у полі сил тяжіння: функція Лагранжа, рівняння руху та інтеграли руху.
4. Зв'язок фізичних характеристик вільної релятивістської частинки з відповідними характеристиками вільної класичної частинки.
5. Реферат: властивості функції Лагранжа механічної системи, влучаючи два варіанти доведення третьої властивості функції Лагранжа а) виходячи з варіаційного принципу, б) прямою підстановкою у рівняння Ейлера-Лагранжа.
6. Одновимірний рух у заданих полях: характер руху та період коливань у фінітній області руху.
7. Дослідження руху частинки в різних центральних полях.
8. Реферат: повне дослідження характеру руху зарядженої частинки у полі точкового заряду та можливі траєкторії руху  $r = r(\alpha)$ , як відповідні конічні перерізи, при різних значеннях повної енергії.

9. Використання законів збереження для дослідження розпадків та зіткнень замкнених систем.
10. Ефективний переріз розсіювання частинок у кулонівському полі у системі центру мас та в лабораторній системі відліку.
11. Властивості руху одновимірних коливальних систем (включаючи системи з тертям або накачуванням), на які протягом інтервалу часу діє зовнішня сила.
12. Рух просторового гармонічного осцилятора у наближенні малих коливань.
13. Малі коливання молекули води.
14. Умови власних малих коливань та структура функцій Лагранжа і Гамільтона  $N$ - атомної молекули.
15. Рух вільного твердого тіла: функції Лагранжа і Гамільтона, рівняння руху.
16. Властивості тензора моментів інерції твердих тіл: перетворення компонент тензора моментів при паралельному перенесенні початку координат. Перехід до системи головних моментів у системі центру мас.
17. Методи Лагранжа та Гамільтона для опису руху симетричної дзиги з нерухомою нижньою точкою в полі сил тяжіння.
18. Дослідження сил інерції у системах відліку з поступальним та обертальним прискореннями.
19. Метод Гамільтона та канонічне перетворення фазового простору.
20. Інтеграли руху та дужки Пуассона: структуровані функції на траєкторії руху.
21. Методи знаходження траєкторії руху механічної системи, що використовують варіаційний принцип.

### 7. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним і робочим планом

### 8. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовими методами навчання є лекції, проведення практичних занять та виконання завдань самостійної роботи.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання: метод проблемного викладу, пояснювально-ілюстративний метод, частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод навчання.

### 9. Методи контролю

Формою контролю навчальних здобутків студентів під час вивчення кожної теми занять є поточний контроль: наявність конспекту, аудиторне опитування, активність, своєчасне та якісне виконання завдань самостійної роботи. Програмою Розділів 1 і 2 передбачена підготовка реферату з найважливішої теми. Кожний Розділ завершується колоквіумом.

Підсумкові бали оцінки знань студентів за роботу під час аудиторних занять та інших видів контролю:

| № | Вид роботи | Форма контролю | Число балів |
|---|------------|----------------|-------------|
|---|------------|----------------|-------------|



|    |                                   |                                  |   |
|----|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| 1. | Лекції (2 год)                    | Конспект, опитування, активність | 2 |
| 2. | Практичні заняття (2 год)         | Конспект, опитування, активність | 3 |
| 3. | Реферат                           | Виконання завдань реферату       | 4 |
| 4. | Колоквіум (після кожного розділу) | Відповіді на питання             | 5 |

### 10. Схема нарахування балів

Підсумкові бали для оцінки знань, отриманих студентами при вивченні окремих розділів курсу, розраховуються таким чином:

| Поточний контроль: конспект, опитування, активність |            |            |            | Самостійна робота:<br>своєчасність та<br>якість виконання | Сума       |           |                      |           |
|---|------------|------------|------------|---|------------|-----------|----------------------|-----------|
|   |            |            |            |   |            | Лекції    | Практичні<br>заняття | Разом     |
| <b>Розділ 1</b>                                     |            |            |            | + реферат<br>+ колоквіум                                  |            |           |                      |           |
| <b>T1</b>   | <b>T2</b>  | <b>T3</b>  | <b>T4</b>  |   |            | (16 год)  | (10 год)             | (26 год)  |
| <b>T5</b>   | <b>T6</b>  | <b>T7</b>  | <b>T8</b>  |   |            |           |                      |           |
| <b>Загальна оцінка<br/>за Розділ 1 (OP1)</b>        |            |            |            | <b>69</b>   | <b>100</b> |           |                      |           |
| <b>Розділи 2, 3</b>                                 |            |            |            | + реферат<br>+ 2 колоквіуми                               |            |           |                      |           |
| <b>T9</b>   |            | <b>T10</b> | <b>T11</b> |   |            | (14 год)  | (14 год)             | (28 год)  |
| <b>T12</b>  | <b>T13</b> | <b>T14</b> | <b>T15</b> |   |            |           |                      |           |
| <b>Загальна оцінка<br/>за Розділи 2, 3 (OP2-3)</b>  |            |            |            |   |            | <b>14</b> | <b>21</b>            | <b>35</b> |
| <b>Розділи 4, 5</b>                                 |            |            |            | + 2 колоквіуми  |            |           |                      |           |
| <b>T16</b>  | <b>T17</b> | <b>T18</b> | <b>T19</b> |   |            | (16 год)  | (16 год)             | (32 год)  |
| <b>T20</b>  | <b>T21</b> | <b>T22</b> | <b>T23</b> |   |            |           |                      |           |
| <b>Загальна оцінка<br/>за Розділи 4, 5 (OP4-5)</b>  |            |            |            |   |            | <b>16</b> | <b>24</b>            | <b>40</b> |
| <b>Розділ 6</b>                                     |            |            |            | + колоквіум   |            |           |                      |           |
| <b>T24</b>  |            | <b>T25</b> | <b>T26</b> |   |            | (14 год)  | (14 год)             | (28 год)  |
| <b>T27</b>  |            | <b>T28</b> |            |   |            |           |                      |           |
| <b>Загальна оцінка<br/>за Розділ 6 (OP6)</b>        |            |            |            |   |            | <b>14</b> | <b>21</b>            | <b>35</b> |

### 11. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль 2-го року підготовки (залік) проводиться у формі письмової екзаменаційної контрольної роботи (ЕКР2). Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 20 бальною шкалою. Максимальна оцінка екзаменаційної контрольної роботи 2-го року підготовки (**ОЕКР2**) – **40 балів**.

Підсумковий семестровий контроль 3-го року підготовки (екзамен) проводиться у формі письмової екзаменаційної контрольної роботи (ЕКР3). Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 20 бальною шкалою.

Максимальна оцінка екзаменаційної контрольної роботи 3-го року підготовки (ОЕКРЗ) – **40 балів**.

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 20 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 18 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 17 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 14 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Підсумковий бал (ПБ) семестрового контролю 2-го року підготовки (залік) розраховується за формулою:

$$\text{ПБ} = 0,30 \square \text{ОР1} + 0,30 \square \text{ОР2-3} + \text{ОЕКР2}$$

Підсумковий бал (ПБ) семестрового контролю 3-го року підготовки (екзамен) розраховується за формулою:

$$\text{ПБ} = 0,30 \square \text{ОР4-5} + 0,30 \square \text{ОР6} + \text{ОЕКР3}$$

### Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка         |                                     |                                  |
|--|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|
|  | за шкалою ЄКТС | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |
| 90 – 100   | A              | Відмінно                            | Зараховано                       |
| 85-89  | B              | Добре                               |                                  |
| 75-84  | C              |                                     |                                  |
| 70-74  | D              |                                     |                                  |
| 60-69  | E              | Задовільно                          | Не зараховано                    |
| 35-59  | FX             | Незадовільно                        |                                  |
| 1-34   | F              |                                     |                                  |

## 12. Рекомендована література

### Перелік навчально-методичної літератури

#### 1. Основна література

1. Олейнік В.П. Конспект лекцій «Вибрані лекції з класичної механіки». Частина I. Навч. посібник для студентів спеціальностей 104 – «Фізика та астрономія», 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали». – Одеса.: ОНУ, 2020. – 50 с.

2. Затовський О.В., Олейнік В.П. Лекції з курсу «Класична механіка». Частина I. Динаміка Лагранжа. Малі коливання. – Одеса.: ОНУ, «Астропринт», 2010. – 52с.

3. Затовський О.В., Олейнік В.П. Лекції з курсу «Класична механіка». Частина II. Рух твердого тіла. Основні принципи механіки Гамільтона. Механіка суцільних середовищ. – Одеса.: ОНУ, 2012. – 88с.

4. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Класична механіка. – Київ.: Вища школа, 2006. – 240с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. – М.: Наука, 2004. – 216с.
6. Голдстейн Г. Классическая механика. – М.: Мир, 2009. – 416с.
7. Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Сборник задач по классической механике. – М.: Наука, 2008. – 320с.

## **2. Додаткова література**

1. Єжов С.М., Макарець М.В. Романенко О.В. Класична механіка. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2008. – 480 с.
2. Компанец А.С. Курс теоретической физики. Том 1. Элементарные законы.– М.: Просвещение, 1999. – 512с.
3. Мултановский В.В. Курс теоретической физики. Классическая механика.– М.: Просвещение, 2006. – 304с.
4. Ольховский И.М. Курс теоретической механики для физиков. – М.: Основа, 2000. – 574с.
5. Ольховский И.М., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков. – М.: Изд-во Лань, 2008. – 400 с.
6. Белавин А.А., Кулаков А.Г., Тарнопольский Г.М. Лекции по теоретической физике. – М.: МЦНМО, 2015. – 251 с.

## **13. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Е-бібліотеки: <https://read.in.ua/> ; <https://library.kre.dp.ua/Books/2-4%20kurs/>
2. Класична механіка. Вікіпедія: <http://en.wikipedia.org/>
3. Безкоштовний архів е-публікацій наукових статей з астрономії, фізики, математики: <https://arxiv.org/>
4. Сайт «Помилки та фальсифікації в наукових дослідженнях»: <http://false-science.ucoz.ua/>
5. Центр забезпечення якості освіти ОНУ імені І.І.Мечникова, академічна доброчесність: <http://onu.edu.ua/uk/geninfo/tsentr-zabezpechennia-iaakosti-osvity>