МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука

Затверджено
на засіданні кафедри теоретичної фізики
імені професора Івана Вакарчука
фізичного факультетуЛьвівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)
Завідувач кафедри Володимир ТКАЧУК

СИЛАБУС
з навчальної дисципліни «Теоретична механіка і основи механіки суцільних середовищ», що викладається в межах ОПП «Комп'ютерні технології у прикладній фізиці», першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів зі спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Львів 2023

Назва дисципліни	Теоретична механіка і основи механіки суцільних середовищ
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 12, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 «Природничі науки» Спеціальність – 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
Викладач дисципліни	доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н., доц. Стецко Микола Миколайович
Контактна інформація викладача	mykola.stetsko@lnu.edu.ua; mstetsko@gmail.com https://physics.lnu.edu.ua/employee/stetsko-m-m
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/teoretychna-mehanika-i-osnovy-mehaniky-cutsilnyh-seredovysch-prykladna-fizyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Теоретична механіка і основи механіки суцільних середовищ» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається в V семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Даний курс є базовим курсом теоретичної фізики. Він розроблений таким чином, щоб ознайомити студентів з основними методами та задачами теоретичної механіки, навчити їх застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних задач та підготувати їх до вивчення подальших курсів теоретичної фізики. Програма складається із семи блоків: 1. Основи кінематики та днаміки. Системи багатьох частинок та закони збереження. 2. Механіка систем з в'язями. Принцип д'Аламбера. Рівняння Лагранжа І-го та ІІ-го роду. 3. Принцип найменшої дії. Рівняння Лагранжа та Гамільтона. 4. Канонічні перетворення та теорія Гамільтона-Якобі. 5. Малі коливання 6. Рух твердого тіла. 7. Основи механіки суцільних середовищ.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни «Теоретична механіка і основи механіки суцільних середовищ» є ознайомлення студентів із теоретичним описом механічних процесів в класичних багато-частинкових системах та неперервних середовищах, а також із різними математичними методами, що дозволяють їх досліджувати.
Література для вивчення дисципліни	**Базова:** 1. *С. М. Єжов, М. В. Макарець, О. В. Романенко*, Класична Механіка, К., Вид-во "Київський університет", 2008. - 480 с. 2. *Г. Іро*, Класична Механіка, Львів, ЛДУ ім. І Франка, 1999. - 464с. 3. *T. M. Helliwell, V. V. Sahakian*, Modern Classical Mechanics, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2021. - 710p. 4. *H. Goldstein, C. P. Poole, J. L. Safko*, Classical Mechanics (3rd ed.), San Francisco, Addison-Wesley, 2002. - 638p. 5. Збірник задач з теоретичної механіки / *М. В. Блажиєвська, А. А. Ровенчак, Н. А. Сідлецька, М. М. Стецко, В. М. Ткачук, Т. В. Фітьо.* Львів, ЛНУ ім. І. Франка, 2011. - 68с.\

	Допоміжна: 1. *А. М. Федорченко*, Теоретична механіка, К. “Вища школа”, 1975. - 516 с. 2. *А. Ю. Глауберман, М. Т. Сеньків*, Теоретична механіка, Львів, ЛДУ ім. І. Франка, 1960. - 220с. **Інформаційні ресурси** Wikipedia. http://www.wikipedia.org
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	64 години аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 32 години практичних занять, та 26 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК): *Загальні компетентності:* ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК 9. Здатність працювати автономно. *Спеціальні компетентності:* СК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем. СК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності. *Програмні результати навчання*, на досягнення яких спрямоване вивчення курсу: ПРН 01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики. ПРН 02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.
Ключові слова	Швидкість та прискорення матеріальної точки, рівняння траєкторії, тангенціальне та нормальне прискорення, радіус кривини, інерційні системи відліку, закони Ньютона, класифікація сил, закони збереження, інтеграли руху, класифікація в’язей, рівняння Лагранжа І-го роду, принцип д’Алабмера, ступені вільності, узагальнені координати, рівняння Лагранжа ІІ-го роду, функціонал дії, принцип найменшої дії, рівняння Лагранжа-Ейлера, перетворення Лежандра, функція Гамільтона, канонічні рівняння, дужки Пуассона, канонічні перетворення, твірна функція канонічного перетворення, фазовий простір, теорема Ліувілля, рівняння Гамільтона-Якобі, теорема Якобі, малі коливання, вимушені коливання, резонанс, загасаючі коливання, метод Боголюбова-Крилова, параметричний резонанс, ступені вільності твердого тіла, кутова швидкість, кінетична енергія твердого тіла, тензор інерції, головні осі інерції, кути Ейлера, рівняння Ейлера для твердого тіла, неінерційні системи відліку, сили інерції, сила Коріоліса, фізично безмежно мала частинка, рівняння неперервності, ідеальна нестислива рідина, рівняння Ейлера для ідеальної рідини, потенціальний рух рідини, тензор енергії-імпульсу для ідеальної рідини, в’язка рідина, рівняння Нав’є-Стокса, формула Пуазейля.
Формат курсу	Очний

Теми	1. Кінематика. Основні поняття кінематики. Рух у криволінійних координатах. 2. Динаміка. Закони Ньютона. Закони зміни і збереження імпульсу, моменту імпульсу та енергії матеріальної точки. 3. Системи матеріальних точок. Закони зміни та збереження імпульсу, моменту та енергії для системи матеріальних точок. Поняття про інтеграли руху. 4. Рух матеріальної точки у полі центральної сили. Задача двох тіл. Задача Кеплера. 5. Основна задача динаміки невільної точки. В'язі та їх класифікація. Принцип д'Аламбера. Рівняння Лагранжа І-го роду. 6. Узагальнені координати. Рівняння Лагранжа ІІ-го роду. Рівняння Лагранжа для узагальнених потенціальних сил. Закон збереження для узагальненої енергії. 7. Принцип найменшої дії. Рівняння Лагранжа-Ейлера. Деякі наслідки варіаційного принципу Гамільтона. 8. Рівняння Гамільтона та канонічні перетворення. 9. Теорія Гамільтона-Якобі. 10. Коливання з одним ступенем вільності. Вільні, вимушені та загасаючі коливання. 11. Коливання з багатьма ступенями вільності. Коливання молекул. Коливання ланцюжка атомів. 12. Нелінійні коливання. Параметричний резонанс. 13. Рух твердого тіла. Кінетична енергія твердого тіла, тензор інерції. Кути Ейлера. 14. Рух у неінерційній системі відліку. 15. Основні закони та поняття механіки суцільних середовищ. 16. Теоретико-механічний опис суцільних середовищ на прикладі конкретних систем.
Підсумковий контроль, форма	*Підсумковий контроль*: іспит в кінці 5-го семестру. *Форма:* письмово-усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують ґрунтовних знань із дисциплін загальної фізики та вищої математики. Насамперед з механіки, математичного аналізу, аналітичної геометрії, диференціальних рівнянь.
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, розв'язок задач. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу рисунками, схемами, графіками та фрагментами наукових робіт.
Необхідне обладнання	Дошка і крейда, персональний комп'ютер, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: – робота на практичних заняттях – **10** балів відповідно до такої шкали: 9–10 — активна участь у 7–8 заняттях; 7–8 — активна участь у 5–6 заняттях; 5–6 — активна участь у 3–4 заняттях; 1–4 — активна участь у 1–2 заняттях; 0 — жодної активної участі в практичних заняттях; – контрольні роботи за двома змістовими модулями, 2×15 = **30** балів; – самостійна робота (виконання домашніх завдань) – **5** балів; – підготовка короткої доповіді у вигляді презентації за темою вільного вибору – **5** балів; Шкала оцінювання самостійної роботи: 5 балів – вичерпна відповідь. 4 балів – допущені незначні неточності; 3 балів – неповне розкриття сутності питання; 2-1 бали – у випадку поверхневого розкриття питання; 0 балів – студент зовсім не орієнтується в сутності питання. Разом за семестр **50** балів.

	Іспит: максимальна кількість балів — **50**: 5 завдань по 10 балів. Завдання оцінюються як: 10 — студент повністю володіє матеріалом; 7–9 — рівень володіння матеріалом достатній; 4–6 — рівень володіння матеріалом частковий; 1–3 — студент майже не володіє матеріалом; 0 — відповідь відсутня. Підсумкова максимальна кількість балів — **100**.
	Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають декілька видів письмових робіт (контрольні роботи, письмова частина іспиту). **Академічна доброчесність:** Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. **Література.** Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами (у паперовому або електронному вигляді) виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали, набрані на практичних заняттях, самостійній роботі, при проведенні студентських презентацій та підсумковому іспиті. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студентів під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Підсумковий іспит відбувається у відкритій формі з вільним доступом до будь-яких джерел інформації. **Додаткові бали** можна отримати за результатами неформального та/або інформального навчання по тематиці даного курсу. Визнання та зарахування результатів такого навчання відбувається у відповідності до наданих документів про неформальне та/або інформальне навчання. **Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.**
Питання до іспиту	1. Основні поняття кінематики. Переміщення, швидкість та прискорення матеріальної точки. Тангенціальне і нормальне прискорення, радіус кривини траєкторії. 2. Рух матеріальної точки у криволінійних координатах. Швидкість і прискорення у криволінійних координатах. 3. Поняття про силу і масу, принцип суперпозиції сил. Інерційні системи відліку. Закони Ньютона. Класифікація сил. Робота сил.

	4. Імпульс тіла та імпульс сили. Енергія матеріальної точки. Момент імпульсу матеріальної точки, момент сил. Закони зміни та збереження імпульсу, моменту імпульсу та енергії матеріальної точки. 5. Системи матеріальних точок, центр мас. Імпульс, момент імпульсу системи матеріальних точок. Закони зміни та збереження імпульсу та моменту імпульсу для системи матеріальних точок. 6. Енергія для системи матеріальних точок. Закон зміни та збереження енергії для системи матеріальних точок. Поняття про інтеграли руху, адитивні інтеграли руху. 7. Задача двох тіл. 8. Рух у полі центральної сили. 9. Задача Кеплера. 10. Основна задача динаміки невільної точки. В'язі, класифікація в'язей. Голономні та неголономні в'язі. Класифікація безмежно малих переміщень. 11. Рівняння Лагранжа першого роду. Принцип д'Аламбера. 12. Ступені вільності механічної системи. Узагальнені координати. Рівняння Лагранжа II-го роду. 13. Рівняння Лагранжа II-го роду за присутності дисипативних сил, дисипативна функція Релея. Узагальнені потенціальні сили. Узагальнена енергія. 14. Основні поняття варіаційного числення. Функціонал. Варіація функції та варіація функціонала. 15. Функціонал дії. Принцип найменшої дії. Рівняння Лагранжа-Ейлера. 16. Пертворення Лежандра, функція Гамільтона. Канонічні рівняння Гамільтона. Варіаційний принцип і рівняння Гамільтона. 17. Дужки Пуассона та їх властивості. Інтеграли руху і дужки Пуассона. 18. Канонічні перетворення. Твірна функція канонічного перетворення. 19. Дія як функція координат і часу. Рівняння Гамільтона-Якобі. Теорема Якобі. Метод розділення змінних для рівняння Гамільтона-Якобі. 20. Малі коливання для одновимірної системи. Вимушені коливання, явище резонансу. Загасаючі коливання, декремент загасання. 21. Коливання систем з декількома ступенями вільності. 22. Коливання молекул. Коливання одновимірного ланцюжка атомів, закон дисперсії. 23. Нелінійні коливання. Метод Боголюбова-Крилова. 24. Параметричний резонанс. 25. Рух твердого тіла. Ступені вільності твердого тіла. Кутова швидкість. 26. Кути Ейлера. 27. Кінетична енергія твердого тіла. Тензор інерції, головні моменти інерції, теорема Штейнера. 28. Момент імпульсу твердого тіла. Рух симетричної дзиги з однією закріпленою точкою. 29. Неінерційні системи відліку. Рух тіла в неінерційній системі відліку. Сили інерції, сила Коріоліса. 30. Основні поняття механіки суцільних середовищ, фізично безмежно мала частинка. Закон збереження маси та рівняння неперервності. 31. Ідеальна нестислива рідина. Рівняння Ейлера для ідеальної рідини. Потенціальна течія нестисливої рідини. 32. Тензор енергії-імпульсу ідеальної рідини. 33. Течія в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Формула Пуазейля.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Теоретична механіка і основи механіки суцільних середовищ»

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	Змістовий модуль 1		
1	***Тема 1.*** Основні поняття кінематики матеріальної точки. Системи відліку у механіці. Швидкість і прискорення у криволінійних координатах. Танегнціальне і нормальне прискорення. **Література:** Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1 год.	1 тиждень
2	***Тема 2.*** Поняття про силу і масу, принцип суперпозиції сил. Інерційні системи відліку. Закони Ньютона. Інтегрування рівнянь Ньютона. Імпульс сили та імпульс тіла. Момент імпульсу матеріальної точки та момент сил. Енергія матеріальної точки. Закони зміни та збереження імпульсу, моменту імпульсу та енергії матеріальної точки. Класифікація сил у механіці. Робота сил. **Література:** Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
3	***Тема 3.*** Системи матеріальних точок, центр мас. Імпульс, момент імпульсу системи матеріальних точок. Закони зміни та збереження імпульсу та моменту імпульсу для системи матеріальних точок. Енергія системи матеріальних точок. Закон зміни та збереження енергії системи матеріальних точок. Поняття про інтеграли руху. Адитивні інтеграли руху. **Література:** Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Д1.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год.	1 тиждень
4	***Тема 4.*** Задача двох тіл. Інтегрални руху для задачі двох тіл. Рух у полі центальної сили. Задача Кеплера, закони Кеплера. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год.	1 тиждень
5	***Тема 5.*** Основна задача динаміки невільної точки. В'язі та їх класифікація, голономні та неголономні в'язі. Безмежно малі переміщення. Ідеальні в'язі. Рівняння Лагранжа І-го роду. Прицип д'Аламбера. **Література:** Б1, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год.	1 тиждень
6	***Тема 6.*** Ступені вільності механічної системи. Узагальнені координати. Рівняння Лагранжа ІІ-го роду. Рівняння Лагранжа при наявності дисипативних сил, дисиспативна функція Релея. Узагальнені потенціальні сили. Узагальнена енергія, закон збереження узагальненої енергії. Коваріантність рівнянь Лагарнжа. **Література:** Б1, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 2 год.	1 тиждень
7	***Тема 7.*** Основні поняття варіаційного числення, варіація функції та варіація функціоналу. Функціонал дії. Принцип найменшої дії. Рівняння Лагранжа-Ейлера. **Література:** Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота – 2 год.	1 тиждень

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
8	***Тема 8.*** Перетворення Лежандра для функції Лагранжа, функція Гамільтона. Рівняння Гамільтона. Варіаційний принцип та Рівняння Гамільтона. Дужки Пуассона та їх властивості. Інтеграли руху і дужки Пуассона. Канонічні перетворення, твірна функція Канонічного перетворення. **Література:** Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год самостійна робота — 2 год.	1 тиждень
9	***Тема 9.*** Теорема Ліувілля, рівняння Ліувілля. Дія, як функція від координат і часу. Рівняння Гамільтона-Якобі. Теорема Якобі. Метод розділення змінних для рівняння Гамільтона-Якобі. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, (з них 1 год – контр. робота), самостійна робота — 2 год	1 тиждень
	Змістовий модуль 2		
10	***Тема 10.*** Малі одновимірні коливання. Вимушені коливання, явище резонансу. Загасаючі коливання, декремент загасання. Вимушені коливанні за наявності сили тертя. **Література:** Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
11	***Тема 11.*** Коливання систем з багатьма ступенями вільності. Динамічна матриця і власні частоти. Коливання молекул. Коливання одновимірного ланцюжка атомів, закон дисперсії коливань. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
12	***Тема 12.*** Нелінійні коливання, метод Боголюбова Крилова. Параметричний резонанс. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
13	***Тема 13.*** Рух твердого тіла. Ступені вільності твердого тіла. Кутова швидкість. Кінетична енергія твердого тіла. Тензор інерції, осі інерції, головні моменти інерції. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
14	***Тема 14.*** Момент імпульсу твердого тіла. Кути Ейлера. Обертання симетричної дзиги з однією закріпленою точкою. Неінерційні системи відліку. Рух у неінерційних системах відліку, сили інерції, сила Коріоліса. **Література:** Б1, Б2, Б4, Б5, Д1.	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
15	***Тема 15.*** Основні поняття механіки суцільних середовищ. Фізично безмежно мала частинка. Закон збереження маси і рівняння неперервності. Ідеальна рідина. Рівняння Ейлера для ідеальної рідини. Потенціальний рух ідеальної рідини. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год, самостійна робота — 1,5 год	1 тиждень
16	***Тема 16.*** Тензор енергії-імпульсу ідеальної рідини. Течія в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Протікання в'язкої рідини через трубу круглого перетину, формула Пуазейля. **Література:** Б1, Б4, Б5, Д1, Д2	Лекції — 2 год, практ. заняття — 2 год (з них 1 год – контр. робота), самостійна робота — 2 год	1 тиждень