

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра молекулярної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОСНОВИ РЕОЛОГІЇ

для студентів

галузь знань	<u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва)
спеціальність	<u>104 Фізика та астрономія</u> (шифр і назва спеціальності)
освітній рівень	<u>бакалавр</u> (молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма	<u>Фізика</u> (назва освітньої програми)
спеціалізований вибірковий блок	<u>Молекулярна фізика</u>
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	5
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: доц. Лазаренко М.М.

Пролонговано: на 2022/2023 н.р. [Signature] «30» 08 2022 р.
(підпис, ПІБ, дата)

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

КИЇВ – 2021

Розробник: Лазаренко Максим Михайлович, д.ф.-м. н., доцент кафедри молекулярної фізики.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

_____ (підпис)

(Булавін Л.А.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № від « » _____ 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____

_____ (підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 20 року

Розробник: Лазаренко Максим Михайлович, д.ф.-м. н., доцент кафедри молекулярної фізики.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Булавін Л.А.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № від « » _____ 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____

(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 20 року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – є оволодіння сучасними математичними методами реології, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретації експериментів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, молекулярної фізики, фізики твердого тіла та класичної механіки для освоєння теоретичних питань з курсу «Основи реології».

2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, диференціальних рівнянь, математичної фізики, загальної фізики, статистичної фізики, фізики твердого тіла та комп'ютерних технологій для розв'язку практичних завдань з курсу «Основи реології».

3. Володіти елементарними навиками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

3. Анотація навчальної дисципліни: В рамках курсу «Основи реології» розглядаються основні поняття та закони реології, лінійної та нелінійної механіки суцільних середовищ, теорії пружності та в'язкопружності, а саме: модель континуума, тензори напружень та деформацій; пружний ізотропний континуум; ідеальні та в'язкі рідини; в'язкопружні середовища; спадкові середовища; нелінійні середовища; динамічні рівняння; рівняння Нав'є-Стокса та Ейлера; задача Ляме; течії ідеальної та в'язкої рідини; експериментальні методи вимірювання коефіцієнта зсувної в'язкості; хвилі у пружному та в'язкопружному середовищах; поглинання звукових хвиль; хвилі в стержнях. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: контрольні роботи, практичні завдання, реферати.

4. Завдання (навчальні цілі) – формування навиків роботи з сучасними математичними методами біомеханіки та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретації експериментів.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалавр) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

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 до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Фахових:

- ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- ФК4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень
- ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні поняття біомеханіки, такі як тензор напружень, тензор деформації, рівняння руху, крайові задачі реології.	лекції	Контрольна робота, реферати	50
2.1	Вміти вибирати методи та реологічні моделі необхідні для теоретичного дослідження властивостей фізичних систем, а також для постановки та інтерпретації експерименту	лекції	Практичні завдання	50

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, 16 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 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	+	
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+
ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

1. Опитування під час першого змістового модуля (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 1 (20 балів).
1. Опитування під час другого змістового модуля (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (20 балів).

- підсумкове оцінювання у формі іспиту (40 балів).

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Іспит	Підсумкова оцінка
--	------------------------------	------------------------------	-------	-------------------

<i>Мінімум</i>	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>10</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше **50** балів

Оцінка за іспит не може бути меншою **10 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

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

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		лекції	семінари/ практичні/ лабораторні	Самостійна робота
<i>Частина 1.</i>				
1	<p>Тема 1. Модель суцільного середовища. Неперервність матеріалу. Рівняння нерозривності. Операції - усереднення та граничний перехід, що приводять до моделі континууму. Фізично та математично нескінченно малі об'єми. Вектор напружень. Вектор зміщення Реологічне рівняння стану. Структурні рівні біологічної тканини. Будова клітини.</p> <p>С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Застосування моделі континууму для описання структури біологічної системи.</p>	2		4
2	<p>Тема 2. Тензор напружень. Тензор деформацій. Рівновага елементарного тетраедра. Тензор напружень. Типи напружених станів. Одновісний розтяг-стиск, чистий зсув, гідростатичний стиск. Застосування тензорного числення для описання поведінки біосистем. Тензор градієнтів зміщень та тензор деформації. Простий зсув</p> <p>С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Напружений стан в суглобі.</p>	2		8
3	<p>Тема 3. Пружний ізотропний континуум. Типи суцільних середовищ. Класичні континууми. Пружне тверде тіло. Закон Гука в тензорній формі. Закон Гука для одновісного напруженого стану.</p> <p>С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Напружений стан стінки кровоносної судини.</p>	2		4
4	<p>Тема 4. Ідеальні та в'язкі рідини. Типи суцільних середовищ. Класичні континууми: в'язка та ідеальна рідини. Закон в'язкості Ньютона. .</p> <p>С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Орієнтація анізотропних частинок при рухові крові в судинах.</p>	2		4
5	<p>Тема 5. В'язкопружні середовища. В'язкопружні континууми. Середовища Фойгта та Максвелла. Лінійне стандартне тіло. Механічні моделі в теорії в'язкопружності. Багатоелементні в'язкопружні моделі. Спектр часів релаксації.</p> <p>С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Операторна форма запису реологічного рівняння.</p>	2		4
6	<p>Тема 6. Спадкові середовища Пружно-спадкові середовища.</p> <p>С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції.</p>	2		4

	Вибір континуальної моделі в залежності від структури біологічної тканини.			
7	Тема 7. Динамічні рівняння. Рівняння руху суцільного середовища. Загальна методика отримання динамічного рівняння С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Методики отримання динамічних рівнянь.	2		4
	<i>Контрольна робота</i>			
Частина 2.				
8	Тема 8. Рівняння Нав'є-Стокса та Ейлера. Повна та конвективна похідна. Ейлереви та лагранжеві координати. Виведення рівнянь Нав'є-Стокса та Ейлера. Наближення, використані при їх виведенні. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Межі застосування рівняння Нав'є-Стокса та Ейлера	2		4
9	Тема 9. Задача Ляме. Рівняння Ляме. Рівновага порожнистого циліндра. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Напружений стан тонкостінного циліндра – моделі кровеносної судини.	2		4
10	Тема 10. Течія ідеальної рідини. Рівняння руху нестисливої рідини. Потенціальна течія. Рівняння Лапласа. Рівняння Бернуллі. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Поле тисків у кровеносній судині, що виникає при введенні катетера.	2		4
11	Тема 11. Течія в'язкої рідини Течія в'язкої рідини в циліндричній трубі. Формула Пуазейля. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Аналогія із течією крові в судині.	2		4
12	Тема 12. Експериментальні методи вимірювання коефіцієнта зсувної в'язкості. Ротаційний віскозиметр. Капілярний віскозиметр. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Систематичні похибки при вимірюванні в'язкості капілярним методом.	2		4
13	Тема 13. Хвилі у пружному та в'язкопружному середовищах. Поширення звуку в пружному ізотропному середовищі. Плоскі хвилі. Звукові хвилі у необмеженому в'язкопружному середовищі. Комплексні модулі. Звукові хвилі в ідеальному середовищі. Повна система акустичних рівнянь. Хвильовий опір. Відбиття та проходження звуку на границі двох середовищ. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Хвилі в пружних трубах.	2		4
14	Тема 14. Поглинання звукових хвиль. Хвилі в стержнях. Принцип відповідності. Поширення	2		4

	звуків хвиль у в'язкопружному напівпросторі. Коефіцієнт поглинання. Експериментальне визначення коефіцієнта поглинання. Хвилі Похгаммера. Акустичний інтерферометр. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Експериментальне визначення швидкості поширення та коефіцієнта поглинання.			
15	Тема 15. Нелінійні середовища. Неньютонівські рідини. Особливості течії неньютонівської рідини в трубі. С.Р.С. Вивчення матеріалу лекції. Тіксотропія і явище утворення полімерних сіток в клітинній структурі.	2		4
	ВСЬОГО	30		60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основна:

1. Булавін Л.А., Забашта Ю.Ф. Фізична механіка полімерів. К.: ВКУ, 1998.
2. Mai-Duy Nam, Phan-Thien Nhan. Understanding viscoelasticity: an introduction to rheology. – Springer, 2017. – 312 p.
3. Landau L.D., Lifshitz E.M. Theory of elasticity. – Elsevier, 2012. – 356 p.
4. Landau L.D., Lifshitz E.M. Fluid mechanics. – Elsevier, 2012. – 456 p.

Додаткова:

5. Osswald T.A. Polymer rheology : fundamentals and applications. – Hanser Publications, 2015. – 230 p.
6. Mezger Th. G. The rheology handbook. – Vincentz Network, 2014. – 434 p.