

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної математики

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету  
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

“29” серпня 2024 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Основи біомеханіки

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) рівень \_\_\_\_\_

галузь знань 11– Математика та статистика \_\_\_\_\_

спеціальність 113 – Прикладна математика \_\_\_\_\_

освітня програма «Прикладна математика» \_\_\_\_\_

спеціалізація \_\_\_\_\_

вид дисципліни \_\_\_\_\_ за вибором \_\_\_\_\_

факультет \_\_\_\_\_ математики і інформатики \_\_\_\_\_

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету математики і інформатики

“27” серпня 2024 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: **Кізілова Наталія Миколаївна**, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор закладу вищої освіти кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики  
Протокол від “26” серпня 2024 року № 8

Завідувач кафедри прикладної математики



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено з гарантом  
освітньо-професійної програми «Прикладна математика»

Гарант освітньо-професійної програми «Прикладна математика»

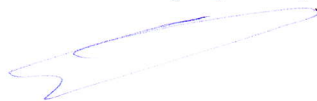


Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ

Програму погоджено науково-методичною комісією  
факультету математики і інформатики

Протокол від “27” серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



Євген МЕНЯЙЛОВ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Основи біомеханіки**» складена відповідно до **освітньо-професійної** програми підготовки бакалавра спеціальності 113 - Прикладна математика

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни “**Основи біомеханіки**” є надання знань в галузі сучасної біомеханіки та використанні новітніх методів та моделей прикладної математики в галузі біомедицини, теоретичної біології, машинобудування, біоінженерії та інших.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни “**Основи біомеханіки**” є опанування студентами основних понять, методів та підходів механіки дискретних систем і механіки суцільних середовищ до математичного моделювання і комп’ютерних симуляцій динамічної поведінки біологічних матеріалів і систем.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-
Семестр	
7-й	-
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
56 год.	
У тому числі індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання

студенти повинні досягти таких результатів навчання:

**знати :**

- основні механічні процеси, які відбуваються в біологічних системах;
- рівноважні процеси та їх застосування до моделювання процесів у суцільних біологічних середовищах;
- реологічні моделі твердих та рідких середовищ з ускладненими властивостями;
- кінематику руху, математичні моделі та засоби вимірювання параметрів руху;

- будову та механічні властивості біологічних тканин як композитних матеріалів

**вміти :**

- використовувати основні закони механіки для пояснення процесів у біологічних системах;
- будувати моделі біологічних суцільних середовищ;
- будувати замикаючі співвідношення біологічних середовищ із складними властивостями;
- визначати механічні принципи, на яких базується робота головних систем організму.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни.

### Розділ 1. Основні поняття, моделі і методи біомеханіки.

**Тема 1.** Вступна лекція: головні визначення, підходи, спрощення, моделі, та методи біомеханіки; відкриті онлайн бази даних інформації для математичного моделювання. Історія біомеханіки.

**Тема 2.** Основні механічні сили та типи взаємодій від нано- та макрорівня (клітини і тканини) до мезо- та макрорівня (органи і організми). Методи теорії розмірностей і подібності

**Тема 3.** Математичні методи та устаткування сучасної експериментальної біомеханіки.

Статистична обробка даних вимірювань. Формулювання гіпотез. Розробка математичних моделей.

**Тема 4.** Молекулярна біомеханіка.

Методи молекулярної динаміки та молекулярних грат. Фрактальні моделі. Пористі моделі.

### Розділ 2. Математичні моделі сучасної біомеханіки.

**Тема 5.** Дискретні реологічні моделі біологічних твердих, м'яких і рідких біологічних матеріалів та їх штучних замінників.

В'язкопружні моделі біологічних твердих, рідких і м'яких тканин і матеріалів. Фізичні і біологічні властивості. Математичні моделі. Методи розв'язання.

**Тема 6.** Динаміка суцільних біологічних середовищ.

Континуальні моделі пасивних і активних біологічних тканин і матеріалів.

**Тема 7.** Математичне моделювання складних біологічних систем.

Дискретні системи. Компартментальні моделі. Розповсюдження хвиль. Резонансні частоти. Спектральний аналіз.

**Тема 8.** Динаміка руху та взаємодії в колективах біологічних організмів. Моделювання систем клітин. Рух людини. Методи реєстрації а аналізу. Прикладні застосування закономірностей і алгоритмів в системах дронів, які взаємодіють.

## 2. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усьо го	у тому числі					Усь ого	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Механічні властивості наноструктур та експериментальні методи дослідження</b>												
Тема 1. Вступна лекція	15	4	4			7						

Тема 2. Основні механічні сили та типи взаємодій	15	4	4			7						
Тема 3. Математичні методи	15	4	4			7						
Тема 4. Молекулярна біомеханіка	15	4	4			7						
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>28</b>						
<b>Розділ 2. Математичні моделі наномеханіки і нанореології.</b>												
Тема 5. Дискретні реологічні моделі	15	4	4			7						
Тема 6. Динаміка суцільних середовищ	15	4	4			7						
Тема 7. Математичне моделювання складних систем	15	4	4			7						
Тема 8. Динаміка руху та взаємодії	13	4	2			7						
<i>Контрольна робота</i>	2		2									
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>28</b>						
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>56</b>						

### 3. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Робота з відкритими онлайн базами даних інформації для математичного моделювання біомеханічних систем	3
2	Візуалізація динамічних процесів на молекулярному рівні	4
3	Властивості біологічних матеріалів із фрактальними мезоструктурами	4
4	Розв'язання задач біомеханіки методом аналізу розмірностей	3
5	Дослідження реологічної моделі в'язкопружних біологічних тканин та їх штучних замінників	4
6	Моделювання напружено-деформівного стану твердих біологічних матеріалів	4
7	Моделювання течій біологічних рідин зі складною реологією	4
8	Математичне моделювання динаміки популяцій	4
9	<i>Контрольна робота</i>	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Написання та валідація програмного коду для чисельних розрахунків методом молекулярної динаміки	14
2	Написання та валідація програмного коду для обробки зображень та чисельних розрахунків фрактальних розмірностей біоструктур	14
3	Виконання домашніх завдань з мультифрактальних моделей в біомеханіці матеріалів	14

4	Виконання домашніх завдань з моделювання динаміки колективу на заданій обмеженій площині	14
	<b>Разом</b>	<b>56</b>

## 6. Індивідуальні завдання

*Не передбачені.*

## 7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний і частково-пошуковий методи. Студенти опановують значну частину теоретичного матеріалу шляхом самостійного розв'язання прикладної задачі. Протягом семестру виконується індивідуальний проект, результати якого підсумовують усі теми курсу.

## 8. Методи контролю

1. Онлайн дискусія за матеріалами кожної лекції (в обсязі 25-30% від часу лекції), список питань для обговорення надається наприкінці кожної лекції.
2. Стисле опитування за матеріалами попередньої лекції.
3. Перевірка виконання домашніх завдань.
4. Виконання практичних завдань на відкритих онлайн-дошках.
5. Проведення контрольної роботи.
6. Проведення екзамену.

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Сума
Семестровий проєкт	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальні завдання	Екзамен	
40	20	---	40	100

## Критерії оцінювання

**Контрольна робота** оцінюється у 20 балів. Робота складається з теоретичних та практичних запитань. У разі правильної обґрунтованої відповіді студент отримує за завдання бали; якщо у відповіді є помилки, бал не зараховується.

**Зміст семестрового проєкту:** студентам надана проста біомеханічна задача з обраної тематики. Потрібно запропонувати математичну модель, сформулювати і розв'язати відповідну систему рівнянь або задачу біомеханічної оптимізації.

Після виконання семестрового проєкту студенти надають звіт, за результатами цього звіту виставляється оцінка до 40 балів за такими критеріями:

0-10 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано математичну модель біомеханічної задачі, однак практичної реалізації результату отримано не було.

10-25 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано математичну модель біомеханічної задачі. Був використаний метод розв'язання задачі (напіваналітичний або чисельний).

25-35 балів - Було проведено аналіз завдання, статистичний аналіз даних для біомеханічної задачі, на базі чого була запропонована математична модель і був розроблений програмний код для проведення розрахунків. Код був протестований на спрощеній постановці задачі (аналітичний розв'язок).

35-40 балів - Було проведено аналіз завдання, статистичний аналіз даних для біомеханічної задачі, на базі чого були запропоновані кілька (2-3) математичних моделі задачі і був розроблений програмний код для проведення розрахунків. Код був протестований на спрощеній постановці задачі та використаний для розв'язання задачі з різними параметрами.

**Екзаменаційна робота** складається з трьох завдань і передбачає письмову відповідь на два теоретичних питання зі списку, який надається студентам заздалегідь, а також розв'язання практичної задачі.

Кожне теоретичне завдання оцінюється максимально 15 балами, задача – 10 балами.

По кожному завданню залікової роботи нараховується:

- максимальний бал у разі правильної обґрунтованої відповіді;
- за незначні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід міркувань в цілому правильний;
- якщо відповідь не відповідає жодному з критеріїв – виставляється 0 балів.

#### **Шкала оцінювання: чотирирівнева**

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

#### **10. Рекомендована література** **Основна література**

1. Кізілова Н.М. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Біомеханіка". - Харків: ХТУРЕ. - 2000. - 48с.
2. Кізілова Н.М. Реологія середовищ. Методичні рекомендації з курсу «Основи реології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна. - 2016. - 52 с.
3. Кізілова Н.М. Загальна біомеханіка. Конспект лекцій з курсу "Основи біомеханіки" для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна. - 2022. - 160с.
4. Антонюк В.С., Бондаренко М.О., Ващенко В.А., Канашевич Г.В., Тимчик Г.С., Яценко І.В. Біофізика і біомеханіка (підручник). Київ: Політехніка, 2012. – 344 с.  
[https://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2016/11/Antonuk.Bondarenko.Vaschenko.Kanashevich.Timchik.Yacenko.Biofizika\\_i\\_biomehanika.pdf](https://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2016/11/Antonuk.Bondarenko.Vaschenko.Kanashevich.Timchik.Yacenko.Biofizika_i_biomehanika.pdf)

#### **Допоміжна література**

1. Kizilova N.N., Solovjova H.N. "Rheology of materials." Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Основи реології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 52с.
2. Fung Y.C. Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues. -Berlin : Springer-Verlag. -1981.
3. Fung, Y.-C. Biomechanics: Motion, Flow, Stress, and Growth. New York: Springer-Verlag. – 1993.
4. Fung, Y.-C. Biomechanics: Circulation. New York: Springer-Verlag. – 1993.
5. Kizilova N. Biomimetic composites reinforced by branched nanofibers. // Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies. Springer Proceedings in Physics, Vol.167. O. Fesenko and L. Yatsenko, (Eds.). – 2015. – P. 7–23.
6. Cherevko V., Kizilova N. Complex flows of immiscible microfluids and nanofluids with velocity slip boundary conditions. // Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications, Springer Proceedings in Physics, vol. 183, O. Fesenko, L. Yatsenko (eds.). – 2017. – P. 207–230.
7. Alexander R. McNeill (1992) Exploring Biomechanics: Animals in Motion
8. Hall S.J. (1999) Basic Biomechanics. Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
9. Hatze H. (1974). "The meaning of the term biomechanics". Journal of Biomechanics 7: 189–190.
10. Peterson D.R., Bronzino J.D. (1999) Biomechanics: Principles and Applications.

#### **11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. Knudson D. Fundamentals of Biomechanics. Springer. 2007. - 255p.  
[http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica\\_arquivos/Books/Duane%20Knudson-%20Fundamentals%20of%20Biomechanics%20ed.pdf](http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Books/Duane%20Knudson-%20Fundamentals%20of%20Biomechanics%20ed.pdf)
2. Web-resource Human kinetics <https://us.humankinetics.com/collections/web-resources>
3. Web-resource on human low extremity <http://epodiatry.com/resource/biomechanics.htm>
4. Biomechanics and Anatomy: Human movement library  
<https://guides.library.uq.edu.au/human-movement/bm-anatomy>
5. Суріков В.Є. Біомеханіка рухових дій спортсмена – Дніпро: ПДАФКіС, 2018. – 94с.  
<http://infiz.dp.ua/misc-documents/repozit/ZO-A1/A1-0000-14-L1-18.pdf>
6. Козубенко О.С., Тупеев Ю.В. Біомеханіка фізичних вправ : Навчально-методичний посібник. – Миколаїв : МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2015. – 215 с.  
<https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/07/Kozubenko-O.-S.-Tupyeyev-YU.V.-Biomehanika-fizichnih-vprav.pdf>
7. Гакман А.В. Основи біомеханіки руху: навчальний посібник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.  
<https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/805/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Рибак О.Ю., Рибак Л.І. ВИБРАНІ ЛЕКЦІЇ З БІОМЕХАНІКИ. методичний посібник для студентів ЛДУФК ім. І. Боберського. Львів. 2017. - 130 с.  
<https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/7696/1/%d0%9f%d0%9e%d0%a1%d0%86%d0%91%d0%9d%d0%98%d0%9a%20%d0%91%d0%86%d0%9e%d0%9c%d0%95%d0%a5%d0%90%d0%9d%d0%86%d0%9a%d0%90.pdf>
9. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: Навчальний посібник. Житомир: Житомирський державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2004. – 124 с.  
[http://eprints.zu.edu.ua/14594/1/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_%D0%90%D1%85%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2.pdf](http://eprints.zu.edu.ua/14594/1/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%90%D1%85%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2.pdf)