

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з
науково-педагогічної роботи
Олександр ГОЛОВКО

“31 серпня” 2022 р.


РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи біомеханіки

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
галузь знань 11 – Математика та статистика
(шифр і назва)
спеціальність 113 - Прикладна математика
(шифр і назва)
освітня програма Прикладна математика
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
факультет математики і інформатики

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету (інституту, центру)


“29” серпня 2022 року, протокол № 7

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: *Кізілова Наталія Миколаївна*, професор, доктор фіз.-мат. наук,
професор кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики

Протокол від “29” серпня 2022 року № 11

Завідувач кафедри прикладної математики



(підпис)


Валерій КОРОБОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна математика

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми
(керівник проектної групи) Прикладна математика



(підпис)

Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” серпня 2022 року, протокол № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



(підпис)

Ольга АНОЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Основи біомеханіки**» складена відповідно до **освітньо-професійної** програми підготовки

бакалавр

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 113 - Прикладна математика

спеціалізації _____

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 | -й |
| Семестр | |
| 7-й | -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 ґрат. 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. Компарментальні 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 | |
| Розділ 1. Механічні властивості наноструктур та експериментальні методи дослідження | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| Разом за розділом 1 | 60 | 16 | 16 | | | 28 | | | | | | | |
| Розділ 2. Математичні моделі наномеханіки і нанореології. | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 2 | 60 | 16 | 16 | | | 28 | | | | | | | |
| Усього годин | 120 | 32 | 32 | | | 56 | | | | | | | |

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 |
| | Разом | 32 |

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 |
| | Разом | 56 |

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 проект | 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. 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.
4. Кізілова Н.М. Загальна біомеханіка. Конспект лекцій з курсу "Основи біомеханіки" для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна. - 2022. - 160с.
5. 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
6. Fung Y.C. Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues. -Berlin : Springer-Verlag. -1981.
7. Fung, Y.-C. Biomechanics: Motion, Flow, Stress, and Growth. New York: Springer-Verlag. – 1993.
8. Fung, Y.-C. Biomechanics: Circulation. New York: Springer-Verlag. – 1993.

Допоміжна література

1. 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.
2. 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.
3. Alexander R. McNeill (1992) Exploring Biomechanics: Animals in Motion
4. Hall S.J. (1999) Basic Biomechanics. Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Hatze H. (1974). "The meaning of the term biomechanics". Journal of Biomechanics 7: 189–190.
6. 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%202ed.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., Тупєєв 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