

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Механіко-математичний факультет  
Кафедра механіки



Затверджено  
на засіданні кафедри механіки  
механіко-математичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 9 від 10.06.2021 р.)

В.о. завідувача кафедри Андрейків О. Є.

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“Біомеханіка”,**  
**що викладається в межах ОПП “Математичне моделювання та**  
**комп’ютерна механіка”**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 113 – Прикладна математика**

<b>Назва дисципліни</b>	<b>Біомеханіка</b>
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 – математика та статистика 113 – прикладна математика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Долінська Ірина Ярославівна, доцент кафедри механіки, доктор технічних наук Юрчишин Андрій Степанович, завідувач лабораторією, асистент кафедри механіки
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:iryna.dolinska@lnu.edu.ua">iryna.dolinska@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/dolinska-iryna-yaroslavivna">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/dolinska-iryna-yaroslavivna</a> <a href="mailto:andriy.yurchyshyn@lnu.edu.ua">andriy.yurchyshyn@lnu.edu.ua</a> <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/yurchyshyn-a-s">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/yurchyshyn-a-s</a> Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 148. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/biomechanic-educational-program-mathematical-modeling-and-computer-mechanics">https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/biomechanic-educational-program-mathematical-modeling-and-computer-mechanics</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	В даному курсі вивчається основи механічного моделювання живих систем і процесів у живих системах. При цьому не розглядаються окремі атоми чи молекули, а розглядаються їх з'єднання в живих системах: клітини, тканини, органи, організми.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Біомеханіка” є вибірковою дисципліною для спеціальності 113 – Прикладна математика для освітньої програми “Математичне моделювання та комп'ютерна механіка”, яка викладається в 8-му семестрі в обсязі 5-х кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Метою вивчення дисципліни є</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• формування у студентів загального уявлення про предмет біомеханіки, як сучасного напрямку механіки в дослідженнях живих (біологічних) систем;</li> <li>• формування навичок виконання механічного моделювання живих систем.</li> </ul> <i>Завданням вивчення навчальної дисципліни є</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• набуття студентами практичних навичок по моделюванню руйнування твердих і м'яких живих тканин;</li> <li>• формування у студентів навиків побудови простих математичних моделей деяких біомеханічних систем з використанням основних законів механіки.</li> </ul>
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	1. Основы биомеханики: учеб. Пособие / Ю.И. Няшин, В.А. Лохов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун.-та, 2007. – 210 с. с. 2. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Основи

	<p>біомеханіки» для студентів підготовки напрямки «Механіка» / Упоряд. М.Н. Кізілова. – Харків, ХНУ, 2012. – 54 с.</p> <p>3. Кизилова Н.Н. Конспект лекцій по курсу «Биомеханика». – Харьков: Изд-во ХТУРС, 1999. – 108 с.</p> <p>4. Бегун, П. И. Биомеханика : учебник для вузов / П. И. Бегун, Ю. А. Шукейло. – Санкт-Петербург: Политехника, 2016. – 466 с.</p> <p>5. Бранков Г. Основы биомеханики. - М.: Мир, 1981. – 255 с.</p> <p>6. Проблемы прочности в биомеханике / Под ред. И.Ф.Образцова. Учеб.пос. для вузов. - М.: Высшая школа, 1988. – 311 с.</p> <p>7. Глазер Р. Очерк основ биомеханики. - М.: Наука, 1988. – 129 с.</p> <p>8. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений. – М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.</p> <p>9. Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. - М.: Изд. МГУ, 1984.- 256 с.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 150 годин. Аудиторних занять: 70 год., з них 42 години лекцій та 28 години лабораторних занять. Самостійної роботи: 80 годин.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• предмет біомеханіки;</li> <li>• основи моделювання росту і перебудови живих тканин;</li> <li>• ґрунтовно засвоїти поняття та методи біомеханіки, що стосуються моделювання напружено-деформованого стану в живих тканинах і органах;</li> <li>• визначальні співвідношення для живих тканин і біоматеріалів;</li> </ul> <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сформулювати початково–крайові задачі механіки відносно живих систем і побудувати їх розв’язки.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Біомеханіка, клітини, тканини, біомеханічна система, перебудова органів і тканин, пошкоджуваність, біоматеріали, біоматеріали з ефектом пам’яті, початково-крайові задачі, напружено-деформований стан.
<b>Формат курсу</b>	Очний, дистанційний. Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.
<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предмет, об’єкт дослідження, методи і завдання біомеханіки. Історія біомеханіки. Теорія розмірностей та подібності в біомеханіці.</li> <li>2. Деформаційні та пружні властивості біологічних тканин.</li> <li>3. Біомеханічна система, як модель живого рухового механізму. Механіка м’язового скорочення.</li> <li>4. Елементи біологічної термодинаміки. Біомеханічні аспекти будови і функцій клітини.</li> <li>5. Приклади розв’язування задач біомеханіки.</li> <li>6. Ріст і перебудова органів і тканин. Постановка початкової-крайової задачі визначення деформацій росту в пружній системі. Визначальні співвідношення для ізотропного тіла з ростом.</li> <li>7. Модель розвитку сколіозу.</li> <li>8. Розрахунок деформацій росту.</li> <li>9. Закон Вольфа про перебудову тканин кістки.</li> <li>10. Залишкові напруження і перебудова.</li> <li>11. Пошкоджуваність та перебудова кістки. Накопичення пошкоджуваності. Визначення пошкоджуваності.</li> <li>12. Перебудова поверхні діафізи кістки, зумовленого зменшенням навантаження кручення.</li> <li>13. Деформування та міцність біоматеріалів.</li> <li>14. Просторовий напружено-деформований стан при повзкості живих</li> </ol>

	<p>тканин і біоматеріалів.</p> <p>15. Визначальні співвідношення для живих тканин і біоматеріалів. Визначення модуля Юнга трабекулярної кістки.</p> <p>16. Біоматеріали з ефектом пам'яті форми. Розв'язки задач, що описують деформування матеріалів з пам'яттю форми.</p>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік у кінці восьмого семестру.
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення дисципліни студенти потребують базові знання з курсу "Механіка суцільного середовища", "Опір матеріалів", "Теорія пружності і пластичності", "Теоретична механіка" "Біоматеріали"
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції Індивідуальні завдання
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер, доступ до Internet мережі.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• написання двох тестових модулів: по 50% семестрової оцінки кожен; максимальна кількість балів 100.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають дві письмові роботи (два тести з теоретичних і лабораторних завдань).</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх самостійними 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.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів, визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, отримані при поточному опитуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<b>Питання до заліку чи</b>	Теорії розмірностей та подібності в біомеханіці. Основні відмінності між задачами механіки для живих і неживих систем.

<b>екзамену</b>	<p>Деформація та еластичність біологічних тканин.  Пружні властивості біологічних тканин.  Біомеханічна система опорно-рухового апарату.  Важіль за яким відбуваються рухи голови і хребта.  Важіль за яким відбуваються рухи стопи і передпліччя.  «Ріст» і «перебудова» живої тканини.  Розрахунок напружень, які виникають в Ахіловому сухожиллі під час стрибка.  Деформації хребта: сколіоз, кіфоз і лордоз.  Відмінність теорії ростової деформації Хсю від теорії пружності.  Роль залишкових напружень в розвитку і функціонуванні живих систем, зокрема людини.  Суть сформульованих Вольфом законів перебудови кісток.  Приклади застосування законів Вольфа під час розв'язування задач.  Пошкоджуваність живої тканини.  Причини пошкоджуваності живої тканини.  Перебудова поверхні діафіза кістки, зумовленого зменшенням навантаження кручення.  Деформування та міцність біоматеріалів.  Модель трансплантанта сегмента артерії.  Гіпотеза єдиної кривої.  Мікроскопічний, мезоскопічний і макроскопічний метод дослідження.  Пам'ять форми.  Мартенситний перехід.  Розв'язок задачі 1 про деформування матеріалу з пам'яттю форми.  Розв'язок задачі 2 про деформування матеріалу з пам'яттю форму.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.

### Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття, лекція, самостійна, групова робота)	Література, ресурси в Інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	<b>Тема 1.</b> Предмет, об'єкт дослідження, методи і завдання біомеханіки. Історія біомеханіки. Теорія розмірностей та подібності в біомеханіці.	лекція	[1, 3]	1	1 тиждень
	<b>Тема 1.</b> Предмет, об'єкт дослідження, методи і завдання біомеханіки. Історія біомеханіки. Теорія розмірностей та подібності в біомеханіці.	лекція	[1, 3]	1	1 тиждень
	<b>Тема 1.</b> Критерії подібності. Методи теорії розмірностей.	лабораторна	[2]	1	1 тиждень
2	<b>Тема 2.</b> Деформаційні та пружні властивості біологічних тканин.	лекція	[7]	2	1 тиждень

	<b>Тема 2.</b> Визначення деформаційних характеристик біологічних тканин	лабораторна	[7]	1	1 тиждень
3	<b>Тема 3.</b> Біомеханічна система, як модель живого рухового механізму. Механіка м'язового скорочення.	лекція	[5]	2	1 тиждень
	<b>Тема 3.</b> Біомеханічна система, як модель живого рухового механізму. Механіка м'язового скорочення.	лекція	[6]	2	1 тиждень
	<b>Тема 3.</b> Механіка м'язового скорочення.	лабораторна	[6]	1	1 тиждень
4	<b>Тема 4.</b> Елементи біологічної термодинаміки. Біомеханічні аспекти будови і функцій клітини.	лекція	[9]	2	1 тиждень
	<b>Тема 4.</b> Біомеханічні аспекти будови і функцій клітини.	лабораторна	[9]	1	1 тиждень
5	<b>Тема 5.</b> Приклади розв'язування задач біомеханіки.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 6.</b> Ріст і перебудова органів і тканин. Постановка початкової-крайової задачі визначення деформацій росту в пружній системі. Визначальні співвідношення для ізотропного тіла з ростом.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 6.</b> Ріст і перебудова органів і тканин.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
6	<b>Тема 7.</b> Модель розвитку сколіозу.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 7.</b> Модель розвитку сколіозу.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
7	<b>Тема 8.</b> Розрахунок деформацій росту.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 9.</b> Закон Вольфа про перебудову тканин кістки.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	Модульний контроль № 1	лабораторна		-	-
8	<b>Тема 10.</b> Залишкові напруження і перебудова.	лекція	[4]	2	1 тиждень
	<b>Тема 10.</b> Залишкові напруження і перебудова.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
9	<b>Тема 11.</b> Пошкоджуваність та перебудова кістки. Накопичення пошкоджуваності. Визначення пошкоджуваності.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 12.</b> Перебудова поверхні діафіза кістки, зумовленого зменшенням навантаження кручення.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 11.</b> Визначення пошкоджуваності.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
10	<b>Тема 13.</b> Деформування та міцність біоматеріалів.	лекція	[4]	2	1 тиждень
	<b>Тема 13.</b> Деформування та міцність біоматеріалів.	лабораторна	[4]	1	1 тиждень
11	<b>Тема 14.</b> Просторовий напружено-деформований стан при повзкості	лекція	[1]	2	1 тиждень

	живих тканин і біоматеріалів.				
	<b>Тема 15.</b> Визначальні співвідношення для живих тканин і біоматеріалів. Визначення модуля Юнга трабекулярної кістки.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 15.</b> Визначальні співвідношення для живих тканин і біоматеріалів.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
12	<b>Тема 15.</b> Визначальні співвідношення для живих тканин і біоматеріалів. Визначення модуля Юнга трабекулярної кістки.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 15.</b> Визначення модуля Юнга трабекулярної кістки.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
13	<b>Тема 16.</b> Біоматеріали з ефектом пам'яті форми. Розв'язки задач, що описують деформування матеріалів з пам'яттю форми.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 16.</b> Біоматеріали з ефектом пам'яті форми. Розв'язки задач, що описують деформування матеріалів з пам'яттю форми.	лекція	[1]	2	1 тиждень
	<b>Тема 16.</b> Розв'язок задачі 1 про деформування матеріалу з пам'яттю форми.	лабораторна	[1]	1	1 тиждень
14	Модульний контроль № 2	лекція		-	-
	<b>Тема 16.</b> Розв'язок задачі 2 про деформування матеріалу з пам'яттю форму.	лабораторна	[1]		
<b>Матеріали для самостійного опрацювання</b>					
2	<b>Тема 17.</b> Реологічні моделі. Механіка біологічних суцільних середовищ.	самостійне опрацювання	[3]	6	2 тижні
4	<b>Тема 18.</b> Класифікація моделей неньютонівських біологічних рідин. Основи реології крові	самостійне опрацювання	[3]	6	2 тижні
6	<b>Тема 19.</b> Моделі розгалужених транспортних русел.	самостійне опрацювання	[3]	8	3 тижні
9	<b>Тема 20.</b> Біомеханіка спорту	самостійне опрацювання	[8]	10	4 тижні