



## Біомедична механіка

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>163 Біомедична інженерія</i>
Освітня програма	<i>ОПП Медична інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС / 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ МКР, ДКР</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент кафедри БМІ Тарасова Лариса Дмитрівна, <a href="mailto:larisa.tarasova.dmitrievna@gmail.com">larisa.tarasova.dmitrievna@gmail.com</a> Практичні: к.т.н., доцент кафедри БМІ Тарасова Лариса Дмитрівна, <a href="mailto:larisa.tarasova.dmitrievna@gmail.com">larisa.tarasova.dmitrievna@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський», курс «Біомедична механіка» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2541">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2541</a></i>

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Біомедична механіка» студенти зможуть:

- аналізувати дію сил на тканини, органи та системи людського організму;
- аналізувати умови рівноваги кісткових важелів біомеханічної системи рухового апарату;
- складати реологічні рівняння, що описують механічну поведінку біологічних тканин.
- проводити біомеханічний аналіз рухової діяльності організму;
- аналізувати інформацію про біомеханічні аспекти будови тіла людини, системи, що її складають, органи і тканини та використовувати набуті знання та вміння при проектуванні та дослідженнях в галузі біомедичної інженерії.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей у відповідності до освітньо-професійної програми «Медична інженерія» (наказ НОН/89/2021 від 19.04.2021 р.):

### **Загальні компетентності**

- ЗК 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 4 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 6 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Фахові компетентності**

- ФК 3 Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів та систем.
- ФК 5 Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.
- ФК 6 Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.
- ФК 9 Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.

### **Програмні результати навчання**

- ПРН 17 Знання загальних відомостей про організм людини і його функції з позицій системного підходу та використання їх в біомедичній інженерії.
- ПРН 23 Знання універсальних принципів будови складних біологічних систем, у тому числі, організму людини.
- ПРН 24 Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, ... на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.
- ПРН 32 Розуміння теоретичних та практичних підходів до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «Біомедична механіка», студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- механічних властивостей біологічних тканин і рідин;
- механічних процесів, що протікають в біологічних системах;
- будови і функціонування опорно-рухової системи людини;
- біомеханічних підходів до створення штучних органів і систем та протезно-ортопедичних виробів.

#### **вміння:**

- визначати: сили, напруження і деформації, що виникають в біологічних об'єктах; швидкість скорочення, роботу, потужність і теплопродукцію м'язів; гідравлічний опір, швидкість крові і режими течії в судинах при біфуркаціях, звуженні і розширенні кров'яного русла; реологічні характеристики біологічних рідин при застосуванні капілярних і ротаційних віскозиметрів;
- аналізувати дію сил на опорно-рухову систему людини;
- визначати загальний центр тяжіння людини;
- розв'язувати алгебраїчні та диференціальні рівняння з метою визначення кінематичних характеристик руху та параметрів рівноваги тіла людини;
- досліджувати кінематику тіла людини з використанням метода перетворювання координат.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна «Біомедична механіка» має міждисциплінарний характер, яка інтегрує знання з інших навчальних дисциплін.

За структурно-логічною схемою програми підготовки фахівця, дисципліну забезпечують наступні дисципліни та кредитні модулі: «Матеріалознавство та конструкційні матеріали», «Кількісна фізіологія», «Біофізика», «Механіка», «Анатомія та фізіологія людини-2. Основи анатомії та фізіології людини».

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни можна використовувати в подальшому під час опанування дисциплін «Вимірювальні перетворювачі та датчики», «Біотермодинаміка та масоперенос».

### **Необхідні навички:**

1. Складати рівняння рівноваги тіл;
2. Складати диференціальні рівняння руху точок і механічної систем;
3. Застосовувати теореми динаміки для визначення кінематичних характеристик руху;
4. Визначати внутрішні силові фактори з використанням методу перерізів.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Перелік розділів і тем всієї дисципліни**

#### **Розділ 1. . Загальні питання біомедичної механіки**

Тема 1.1. Введення в основи біомедичної механіки.

Тема 1.2. Біомеханіка рухового апарату.

Тема 1.3. Біомеханіка локомоцій.

#### **Розділ 2. Медична біомеханіка**

Тема 2.1 Біомеханіка гемодинаміки.

Тема 2.2. Біомеханіка травної системи.

Тема 2.3. Біомеханіка аналізаторів людини.

Тема 2.4. Біомеханіка опорно-рухового апарату людини.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика: Учебник для вузов. – СПб.: Политехника, 2000. – 463 с.
2. Герман И. Физика организма человека. Пер. с англ.: Научное издание. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 992 с.: <http://brb.to/texts/other/i49DIMSfkaEocgOM7ZCcOcm-fizika-organizma-cheloveka.html>
3. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: Учебник для вузов. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.: <http://nn-tennis.ru/File/Biomech.pdf>

4. Лебедь О.О., Гаращенко В.І., Григус І.М. Біологічна та медична механіка. Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2016. – 186 с.
5. Тарасова, Л.Д. Біомедична механіка. Збірник завдань до домашніх контрольних робіт [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Медична інженерія» спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / Л.Д. Тарасова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,36 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 45 с. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/34678>.

#### **Додаткова література:**

1. Бегун П.И., Афонин П.Н. Моделирование в биомеханике. 2004. 390 с. ISBN 5-06-004798-9.
2. Григор'єва Л. І., Томілін Ю.А. Основи біофізики і біомеханіки: навч. посіб. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 300 с.
3. Кизилова Н.Н. Конспект лекцій по курсу «Биомеханика». – Харьков: Изд-во ХТУРЭ. – 1999. – 108 с.
4. Лапутін А.М. та ін. За загальною редакцією А.М. Лапутіна. Біомеханіка спорту: Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2005. – 320 с.
5. Мильніков О.В. Опір матеріалів. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2010. – 257 с.
6. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Биомеханика" для студентів спеціальності "Біотехнічні та медичні апарати та системи" / Упоряд. Н.Н. Кізілова. – Харків: ХТУРЕ, 1999. – 52 с.
7. Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи з кредитного модуля «Біомедична механіка» для студентів напряму підготовки 6.051402 «Біомедична інженерія» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. Л.Д. Тарасова. – Електронні текстові дані (1 файл: 190 Кбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 17 с. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/8962>.
8. Методичні вказівки до виконання комплексної контрольної роботи з кредитного модуля «Біомедична механіка» для студентів напрямів підготовки 6.051402 «Біомедична інженерія», 6.050101 «Комп'ютерні науки», 6.051003 «Приладобудування» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. Л.Д. Тарасова. – Електронні текстові дані (1 файл: 681 Кбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 20 с. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/9960>.
9. Методичні вказівки до виконання комплексної контрольної роботи з дисципліни «Основи біомедичної інженерії – 1. Біотермодинаміка та масоперенос» для студентів напряму підготовки 6.051402 – «Біомедична інженерія» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. В.Б. Максименко, Л.Д. Тарасова, М.М. Сичик. – Електронні текстові дані (1 файл: 69,0 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 20 с. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11288>.
10. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Основи біомедичної інженерії – 1. Біотермодинаміка та масоперенос» для студентів напряму підготовки 6.051402 – «Біомедична інженерія» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. В.Б. Максименко, Л.Д. Тарасова, М.М. Сичик. – Електронні текстові дані

(1 файл: 252 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 43 с. Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11289>.

11. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов. – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
12. Патентний пошук за темою «Ендопротези кульшового суглоба».

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Програмні результати навчання	Основні завдання	
		Контрольний захід	Термін виконання
<b>Розділ 1. Загальні питання біомедичної механіки</b>			
Тема 1.1. Введення в основи біомедичної механіки.	ПРН 17	Практична робота 1 Практична робота 2 Практична робота 3 Практична робота 4	1-й тиждень 2-й тиждень 3-й тиждень 4-й тиждень
Тема 1.2. Біомеханіка рухового апарату.	ПРН 23	Практична робота 5 Практична робота 6	5-й тиждень 6-й тиждень
Тема 1.3. Біомеханіка локомоцій.	ПРН 17	Практична робота 7 Практична робота 8	7-й тиждень 8-й тиждень
<b>Розділ 2. Медична біомеханіка</b>			
Тема 2.1 Біомеханіка гемодинаміки.	ПРН 23	Практична робота 9 Практична робота 10	9-й тиждень 10-й тиждень
Тема 2.2. Біомеханіка травної системи.	ПРН 24	Практична робота 11	11-й тиждень
Тема 2.3. Біомеханіка аналізаторів людини.	ПРН 24	Практична робота 12	12-й тиждень
Модульна контрольна робота		Написання МКР	12-й тиждень
Тема 2.4. Біомеханіка опорно-рухового апарату людини.	ПРН 24, ПРН 32	Практична робота 13 Практична робота 14 Практична робота 15 Практична робота 16	13-й тиждень 14-й тиждень 15-й тиждень 16-й тиждень
Домашня контрольна робота	ПРН 17, ПРН 23	Оформлення та надсилання роботи	15-16-й тиждень. 17-й тиждень

## 6. Самостійна робота студента

Одним з основних видів самостійної роботи під час опанування навчальної дисципліни «Біомедична механіка» є виконання домашньої контрольної роботи. Домашня контрольна робота виконується згідно з вимогами, у термін, зазначений викладачем.

Основна ціль домашньої контрольної роботи – вирішення практичних задач з використанням засвоєного на лекціях та (або) вивченого самостійно теоретичного матеріалу та практичних навичок, отриманих при виконанні практичних робіт. Студент виконує домашню контрольну роботу тільки на погоджену з викладачем тему.

### *Приблизна тематика домашньої контрольної роботи:*

Статика частин тіла.

1. Механічні властивості біологічних тканин.
2. Біомеханіка опорно-рухового апарату.
3. Інструментальні методи дослідження.

Титульний аркуш домашньої контрольної (ДКР) роботи повинен мати такий зміст: назва університету; назва факультету; назва кафедри; назва спеціальності, назва освітньо-професійної програми, назва навчальної дисципліни; тема ДКР; прізвище та ім'я студента, курс, номер академічної групи, рік.

За титульним аркушем слідує детальний план (зміст) ДКР, в якому треба виділити вступ, розділи основного змісту, їх підрозділи (за потребою), висновок, список використаних джерел. У змісті праворуч позначаються номери сторінок початку кожного структурного елемента.

У вступі наводиться мета проведення ДКР.

Основна частина включає розв'язання завдань з обов'язковим ілюстративним матеріалом. Розв'язання завдань повинно бути чітким, конкретним, супроводжуватися необхідними поясненнями з посиланням на джерела інформації. Посилання слід зазначати порядковим номером за списком використаних джерел у квадратних дужках, наприклад, «...у збірнику завдань [3, с.34] ...».

У висновку зазначається отриманий досвід при виконанні кожного завдання ДКР.

Список використаних джерел (не менше 5 джерел) оформляється згідно з діючими правилами. Якщо інформація взята з мережі Інтернет, потрібно, як і для звичайної літератури, вказати автора, назву статті, а потім навести адресу сайту в Інтернет.

ДКР має бути надрукованою на стандартному аркуші формату А 4 з дотриманням таких вимог: поля ліве – 30 мм, праве – 15 мм, верхнє – 20 мм, нижнє – 20 мм; шрифт Times New Roman розміром 14 пт; міжрядковий інтервал – 1,5; відступ червоного рядка – 1,25; вирівнювання тексту – за шириною.

Вимоги до обсягу ДКР не висуваються. Обсяг повинен бути таким, щоб повністю розкрити суть тематики та містити всі необхідні структурні елементи. Рекомендовано не менше 10 та не більше 25 сторінок.

Кожен структурний елемент змісту роботи починається з нової сторінки. Найменування структурних елементів треба розташовувати по центру рядка без крапки в кінці, без підкреслення, відділяючи від тексту трьома міжрядковими інтервалами. Перенос складів у словах не використовується. Рисунки і таблиці повинні мати заголовки і нумерацію, узгоджену з номером розділу.

ДКР оцінюється за критеріями: повноти й глибини розкриття теми; правильності розрахунків; володіння теоретичним матеріалом; наявності ілюстрацій (діаграми, таблиці,

рисунки, схеми тощо); чіткості посилань на джерела інформації; якості оформлення ДКР; обґрунтування власної думки студента у вигляді висновку.

Граничний термін подання домашньої контрольної роботи на перевірку: за 10 днів до початку залікової сесії. Захист ДКР планується проводити на 17-ому тижні.

Домашня контрольна робота не перевіряється на плагіат, але повинна відповідати вимогам академічної доброчесності. У разі виявлення академічної недоброчесності, робота не зараховується.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються уміння і навички, необхідні для виконання завдань в рамках самостійної роботи та домашньої контрольної.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, що здатні розвинути практичні уміння та навички.

#### Пропущені контрольні заходи

Практичні роботи, що подаються на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюються зі штрафними балами.

Практичні роботи, що подаються на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку / екзамену), не оцінюються.

Домашня контрольна робота, що подається на перевірку з порушенням терміну виконання, оцінюється зі штрафними балами.

#### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Активна участь в ході усних опитувань	+1 бал	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожну таку роботу)	- 1 бал
Участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою дисципліни	+ 5 балів	Несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи	Від -2 до -8 балів (залежить від терміну здачі)
		Несвоєчасне подання на перевірку домашньої контрольної роботи	Від -2 до -16 балів (залежить від терміну здачі)

Якщо контрольний захід був пропущений з поважної причини (хвороба, яка підтверджена довідкою встановленого зразка) – штрафні бали не нараховуються.



### ***Академічна доброчесність***

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

### ***Норми етичної поведінки***

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

### ***Процедура оскарження результатів контрольних заходів***

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно з наперед визначеними процедурами.

Студент має право оскаржити результати контрольних заходів згідно Положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського (наказ №НОН/128/2021 від 20.05.2021 р.) <https://osvita.kpi.ua/node/182>

### ***Інклюзивне навчання***

Навчальна дисципліна може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

### ***Дистанційне навчання***

Дистанційне навчання відбувається через платформу дистанційного навчання «Сікорський». Виконання практичних робіт, модульної контрольної роботи, домашньої контрольної роботи здійснюється під час самостійної роботи студентів у дистанційному режимі з можливістю консультування з викладачем через електронну пошту, платформу ZOOM, соціальні мережі.

### ***Навчання іноземною мовою***

Навчання англійською мовою здійснюється лише для студентів-іноземців.

За бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійськомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.



## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

### Види контролю та бали за кожен елемент контролю

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Практична робота	40	2,5	16	40
2.	Модульна контрольна робота	20	20	1	20
3.	Домашня контрольна робота	40	40	1	40
4	Залікова робота <sup>1</sup>	60	60	1	60
	Всього				100

Здобувач отримує позитивну залікову оцінку за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені PCO.

Зі здобувачами, які не виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі, викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, застосовується «жорстка» PCO – попередній рейтинг здобувача (за винятком балів за домашню контрольну роботу) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи. Цей варіант формує відповідальне ставлення здобувача до прийняття рішення про виконання залікової контрольної роботи, змушує його критично оцінити рівень своєї підготовки та ретельно готуватися до заліку.

<sup>1</sup> Враховується в суму рейтингу разом з оцінкою за ДКР у разі, якщо студент не набрав 60 балів за семестр або бажає покращити свою оцінку.

### Календарний контроль

- проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог syllabus. Метою проведення календарного контролю є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація	
Термін календарних контролів		8-ий тиждень	14-ий тиждень	
Умови отримання позитивного результату з календарного контролю	Поточний рейтинг	≥ 10,5 балів	≥ 22,5 бали	
	Виконання практичних робіт	№№ 1-7	+	—
		№№ 8-14	—	+
	Модульна контрольна робота	Оцінена МКР	—	+
Домашня контрольна робота	Оцінена ДКР	—	—	

У разі виявлення академічної не добросовісності під час навчання – контрольний захід не зараховується.

### Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску до заліку	Критерій
Поточний рейтинг, в тому числі:	RD ≥ 60
- виконання МКР	не менше 60 % від максимального балу
- захист ДКР	не менше 60 % від максимального балу

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі - в системі Moodle або е-поштою. Також фіксуються в системі «Електронний кампус»

### Необов'язкові умови допуску до заліку:

Активність на практичних заняттях.

Позитивний результат першої атестації та другої атестації.

Відвідування лекційних занять.

### Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка за університетською шкалою
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань для підготовки до модульної контрольної роботи та заліку наведено у Додатку 1.

Дистанційне навчання через проходження додаткових онлайн-курсів за певною тематикою допускається, за умови погодження зі студентами.

У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, що передбачені програмою навчальної дисципліни.

Список курсів пропонується викладачем після виявлення бажання студентами, оскільки банк доступних курсів поновлюється майже щомісяця.

Студент надає документ, що підтверджує проходження дистанційного курсу (у разі проходження повного курсу), або надає виконані практичні завдання з дистанційного курсу та, за умови проходження усної співбесіди з викладачем за пройденими темами, може отримати оцінки за контрольні заходи, що передбачені за вивченими темами.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** доцент кафедри біомедичної інженерії, к.т.н. **Тарасова Лариса Дмитрівна.**

**Ухвалено** кафедрою біомедичної інженерії (протокол № 13 від «25» червня 2021 року).

**Погоджено** Методичною комісією факультету <sup>2</sup> (протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року).

---

<sup>2</sup> Шаблон силабусу погоджено методичною радою університету

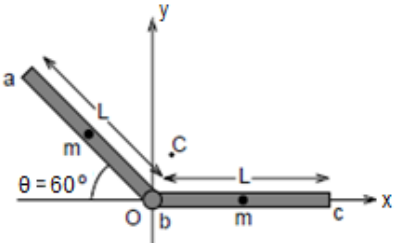
**Перелік питань для підготовки до МКР та заліку**

1. Загальні дані про тіло людини. Загальний центр мас тіла. Формули для визначення радіус-вектора, швидкості і прискорення центру мас.
2. Способи моделювання тіла людини. Інерціальна і соматична системи відліку.
3. Алометрия та її можливості. Принципи масштабування в біомедичній механіці.
4. Основні види деформацій біологічних матеріалів. Особливості механічних властивостей біологічних матеріалів.
5. Проаналізувати поведінку пружних біологічних матеріалів при випробуваннях на розтяг при коефіцієнтах Пуассона, рівних 0; 0,25; 0,5; 0,6.
6. Об'єкти досліджень біореології. Класифікація реологічних тіл. Основні реологічні моделі, що використовуються при механічному моделюванні.
7. Модель пружно-в'язкого тіла. Пояснити призначення кожного елементу цієї моделі. Вивести відповідне реологічне рівняння.
8. Модель в'язко-пружного тіла. Пояснити призначення кожного елементу цієї моделі. Вивести відповідне реологічне рівняння.
9. Модель в'язко-пластичного тіла. Пояснити призначення кожного елементу цієї моделі. Вивести відповідне реологічне рівняння.
10. Двохелементна послідовна реологічна модель та її властивості. Умови, при яких в моделі Максвелла реалізується повзучість і релаксація напруги.
11. Двохелементна паралельна реологічна модель та її властивості.
12. Трьохелементні реологічні моделі та її властивості. Дати пояснення на прикладі моделі Зінера.
13. Визначення реологічних характеристик біологічних рідин за допомогою ротаційних віскозиметрів.
14. Основні положення безмоментної теорії тонкостінних оболонок.
15. Алгоритм визначення напружень в оболонках обертання. Рівняння Лапласа.
16. Напруження в тонкостінних сферичних оболонках, що знаходяться під дією рівномірно розподіленого внутрішнього тиску.
17. Напруження в тонкостінних циліндричних оболонках, що знаходяться під дією рівномірно розподіленого внутрішнього тиску.
18. Методика визначення напружень в тонкостінних оболонках, що заповнені рідиною.
19. Основні принципи моделювання тіла людини як біомеханічної системи. Біомеханічна ланка, біокінематична пара, біокінематичний ланцюг.
20. Визначення ступеня свободи біомеханічної системи.
21. Ланки тіла, як важелі I, II, III роду. Дати характеристику важелів і навести приклади.
22. Умови рівноваги ланок тіла як важелів. Статика частин тіла. Методика Розв'язок задач статички
23. Структура м'язів. Типи розташування волокон у скелетних м'язів. М'язи з паралельним і з перистим розташуванням волокон.
24. Мікроскопічний рівень роботи м'язів. Залежність між ступенем перекриття актинових і міозинових філаментів та силою, що розвиває саркомер.
25. Механічні властивості м'язової тканини. Компоненти макроструктури скелетних м'язів.

26. Механічні моделі скелетних м'язів. Роль пружної і в'язкої компоненти при скороченні м'язу. Пружність, в'язкість, повзучість і релаксація м'язів.
27. Механічні властивості допоміжного апарату м'язів: сухожиль, фасцій, зв'язок.
28. Будова м'язу з точки зору рухової діяльності.
29. Залежність сили від швидкості скороченні м'язу. Рівняння Хілла. Корисна і загальна потужність скорочення м'язу.
30. Фактори, що визначають механічні властивості м'язів. Принципи Вебера і Бернуллі.
31. Біокінематичні та біодинамічні характеристики рухів. Умови рівноваги та показники стійкості тіла.
32. Дослідження кінематики рухів. Метод перетворення координат.
33. Інструментальні методи дослідження рухових дій людини.
34. Енергія рухомого тіла за теоремою Кеніга.
35. Біодинаміка ходьби. Функціональний аналіз ходьби. Зовнішні сили і сили реакції опори. Маятникова модель ходьби.
36. Біодинаміка та фази бігу. Кінематичні чинники бігу. Антропометричні показники людини і довжина кроків.
37. Біодинаміка стрибка та його стадії.
38. Особливості опорно-рухового апарату людини та його відмінності від звичайних механізмів.
39. Механічні характеристики кісткової тканини. Композиційна будова кістки. Адаптація кісткової тканини до механічного навантаження. Закон Вольфа.
40. Випробування кісткової тканини. Залежність механічних властивостей кістки від щільності, вологості, швидкості деформації.
41. Реологічні моделі, що описують поведінку компактної кістки. Тести на релаксацію і повзучість.
42. Умови виникнення переломів кісток. Принципи лікування переломів. Екстензійний метод лікування переломів довгих трубчастих кісток.
43. Синовіальні суглоби та їх класифікація. Ступені свободи.
44. Механічні властивості суглобів. Тертя і змазка у суглобах. Максимально припустиме навантаження на суглоби.
45. Геометрія мас тіла людини і методи її визначення.
46. Інерційні характеристики рухової діяльності людини.
47. Осанка і геометрія мас. Принципи діагностики і корекції сколіозу. Засоби і методи біомеханічного впливу на положення голови і хребта.
48. Кінематична та динамічна схеми опорно-рухового апарату людини та необхідність їх побудови при протезуванні.
49. Ідеальна рідина. Основні рівняння, що описують перебіг ідеальної рідини.
50. Об'ємна і лінійна швидкість руху рідини, зв'язок між ними. Закон збереження маси.
51. Рівняння Бернуллі. Пояснити фізичний сенс вхідних величин. Обґрунтувати можливість його застосування для реальних біологічних рідин.
52. Рівняння Ньютона для в'язкого перебігу рідини. Пояснити фізичну суть вхідних величин.
53. Ньютонівські та неньютонівські рідини. Принципові відмінності.
54. Коефіцієнт в'язкості для ньютонівських і неньютонівських рідин.
55. Рух ньютонівської рідини по трубці. Рівняння Пуазейля. Фактори, що впливають на гідродинамічний опір.
56. Профіль швидкості рідини при ламінарній сталій течії в прямій циліндричній трубці. Фізичний сенс вхідних величин. Співвідношення між максимальною і середньою швидкостями потоку.

57. Режими течії. Число Рейнольдса. Довести твердження «Число Рейнольдса зменшується зі збільшенням відстані від серця».
58. Розподіл швидкості і напруги внутрішнього тертя в течії Пуазейля і Куетта.
59. Принцип капілярної віскозиметрії.
60. Рух тіл у в'язкому середовищі. Закон Стокса. Принцип кулькової віскозиметрії.
61. Принцип ротаційної віскозиметрії, методи створення зсувної течії. Системи Серле і Куетта.
62. Застосування рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини.
63. Особливості течії крові у криволінійних судинах і при галуженні судин. Механізм виникнення шумів.
64. Реологічні властивості крові. Залежність в'язкості від гематокриту.
65. Рівняння Кессона і поняття «кессонівська в'язкість».
66. Особливості течії крові в капілярах.
67. Гемодинамічні характеристики крові. Розподіл кров'яного тиску по різних відділах судинного русла.
68. Механічні властивості кровоносних судин. Закон Лапласа. Рівняння Ламе.
69. Зміна статичного тиску в судині при аневризмі і при звуженні просвіту судини.
70. Поширення пульсової хвилі в артеріях, формула Моенса-Кортевега.
71. Оцінка гідродинамічної моделі кровоносної системи Франка, перерахувати недоліки. Пояснити механізм виникнення пульсової хвилі, як змінюється при віддаленні від серця.
72. Залежність швидкості поширення пульсової хвилі від механічних властивостей і величини просвіту судини.
73. Сучасні моделі гемодинаміки серцево-судинної системи.
74. Маса передпліччя 1,12 кг, маса кисті 0,42 кг, відстань між їх центрами мас 18 см. Визначити, на якій відстані від центру мас передпліччя знаходиться центр мас системи.

75. Визначити радіус-вектор центру мас тіла, якщо уявити його у вигляді двох однакових прямих стрижнів  $ab$  і  $bc$  масою  $m$  і довжиною  $L$  кожний. Стрижні шарнірно з'єднаних в точці  $b$  і утворюють між собою кут  $120^\circ$ . Вважати, що початок координат знаходиться в точці  $b$ , напрям стрижня  $bc$  співпадає з віссю  $X$ .



76. На зуб накладається дрiт з нержавіючої сталі, як показано на рисунку. Дрiт в ненапруженому стані має довжину 3,1 см і радіус 0,11 мм. З якою силою дрiт буде тиснути на зуб, якщо при натягненні дроту його довжина збільшиться на 0,10 мм. Модуль Юнга нержавіючої сталі становить  $18 \cdot 10^{10}$  Па. Шириною зуба знехтувати.

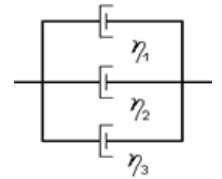


77. Стегнова кістка, довжина якої 0,5 м, піддається стиску. Визначте абсолютну деформацію, яку може витримати кістка, перш ніж зламається. Модуль Юнга кістки  $18 \cdot 10^9$  Па, границя міцності при стиску  $1,6 \cdot 10^8$  Па.
78. Визначити, який об'єм матиме циліндричний зразок пружного біологічного матеріалу при відносній поздовжній деформації 4 %, первинному об'ємі зразка  $72 \text{ мм}^3$  і коефіцієнті Пуассона 0,5.

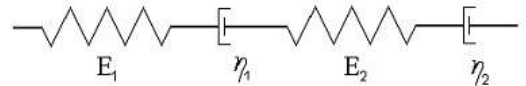
79. Знайти об'єм, який матиме циліндричний зразок із спонгіозної речовини кістки, при деформації розтягу 6 %, первинному об'ємі зразка  $100 \text{ мм}^3$  і коефіцієнті Пуассона 0.

80. Визначити в'язкість біологічного матеріалу, реологічна поведінка якого відповідає моделі Максвелла, якщо через 40 секунд після прикладеної напруги 24 Па, яка підтримується постійною, відносна деформація зростає від 0 до 6 %.

81. Для представленої реологічної моделі вивести залежність між напруженням  $\sigma$  і деформацією  $\varepsilon$  та/або їх похідними.



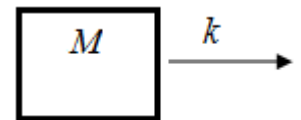
82. Для інтерпретації поведінки біологічного матеріалу під дією деформації застосовується представлена реологічна модель. Вивести залежність між напруженням  $\sigma$  і деформацією  $\varepsilon$  та/або їх похідними.



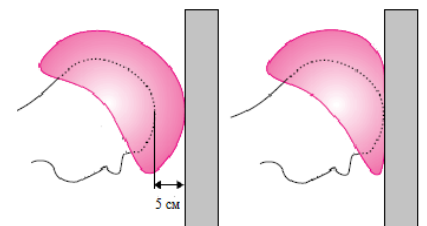
83. Визначити напруження у сферичній оболонці склери при внутрішньоочному тиску 2,72 кПа. Зовнішній діаметр і товщина склери відповідно дорівнюють 25 мм і 0,5 мм. Склеру вважати тонкостінною ізотропною оболонкою.

84. Визначити меридіональне напруження в судині з внутрішнім діаметром 7,6 мм і товщиною стінки 0,2 мм. Тиск в судині 4 кПа.

85. Визначити, через який час після прийому орально лікарського препарату, в крові залишиться 15% від його первинної маси. Процес описується однокамерною моделлю з константою виведення  $k = 0,2 \text{ год}^{-1}$ .

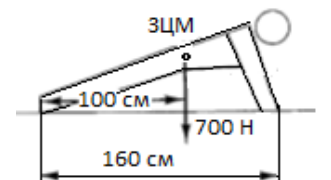


86. Велогонщик у захисному шоломі врізається головою в бетонну стіну. Швидкість велогонщика безпосередньо перед зіткненням зі стіною становить 8 м/с. При контакті зі стіною захисний шолом стискається на  $h = 5 \text{ см}$ . Визначте прискорення і силу, що діє на голову в шоломі. Маса голови з шоломом 4 кг. Силою, що діє на голову зі сторони шиї нехтувати

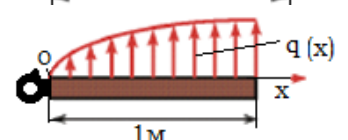


87. Фігурист виконує фігуру «дзига», обертаючись навколо осі з частотою 1,5 об/с. Розкинувши руки, він збільшує момент інерції в 1,5 рази. З якою частотою він стане обертатися?

88. Людина вагою 700 Н знаходиться в положенні, як показано на рисунку. Визначити сили, що діють на кисті і стопи.

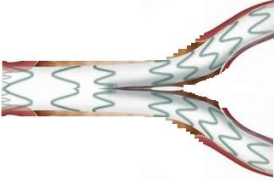


89. Розподілене навантаження на ділянці біологічного об'єкта довжиною 1 м описується рівнянням  $q(x) = (x^{1/2}) \text{ кН / м}$ . Визначити рівнодійну розподіленого навантаження та її відстань від точки 0.



90. На горизонтальній ділянці черевної артерії діаметром 1,5 см виникла веретеноподібна аневризма діаметром 3 см. Середня швидкість кровотоку в нормі складає 0,2 м/с. Визначити перепад статичного тиску, що виникає за рахунок появи аневризми. Кров розглядати як ідеальну рідину з густиною  $1000 \text{ кг/м}^3$ , перебіг крові вважати сталим.



91. Визначити силу, що діє на кожну руку атлета зі сторони перекладини, коли він просто вісить і при його підтягуванні з прискоренням  $4 \text{ м/с}^2$ . Маса атлета  $75 \text{ кг}$ . Прийняти  $g=10 \text{ м/с}^2$ .
92. Кров тече зі швидкістю  $20 \text{ см/с}$  через артеріолу діаметром  $0,20 \text{ см}$ , яка роздвоюється на дві: одну – діаметром  $0,17 \text{ см}$  і швидкістю потоку  $18 \text{ см/с}$  і другу – діаметром  $0,15 \text{ см}$ . Визначте швидкість крові у другій судині.
93. Визначити середню лінійну швидкість крові в дочірніх гілках біфуркаційного протеза, якщо середня швидкість в основній гілці складає  $30 \text{ см/с}$ , а діаметр дочірніх гілок становить  $60\%$  від діаметру основної.
- 
94. При дослідженні біологічної рідини у віскозиметрі типу конус-площина отримано наступні дані: при кутовій швидкості  $30, 15, 10 \text{ рад/хв}$ , напруження внутрішнього тертя відповідно дорівнює:  $0,9; 0,36; 0,24 \text{ Па}$ . Визначити, до якого виду відноситься рідина.
95. Цілісну кров із в'язкістю  $0,0035 \text{ Н с/м}^2$  розмістили в концентричному циліндровому віскозиметрі. Ширина щілини складає  $1 \text{ мм}$ , радіус внутрішнього циліндра  $30 \text{ мм}$ . Визначити напруження внутрішнього тертя в рідині. Зовнішній циліндр обертається з частотою  $n=60 \text{ об/хв}$ .
96. У трубі з внутрішнім діаметром  $3 \text{ см}$  тече рідина, ламінарність руху якої зберігається при числі Рейнольдса  $2300$ . Визначити максимальну масову витрату рідини при ламінарній течії. В'язкість рідини  $0,001 \text{ Па.с}$ .
97. При дослідженні реологічних властивостей зразка крові отримано наступні результати: при швидкості зсуву  $\dot{\gamma}_1 = 0,05 \text{ с}^{-1}$  напруження зсуву  $\tau_1 = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ , а при  $\dot{\gamma}_2 = 0,1 \text{ с}^{-1}$  напруження зсуву  $\tau_2 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ . Визначити межу текучості крові, вважаючи, що її реологічна поведінка відповідає моделі Кессона.
98. Оцінити, як зміниться модуль пружності стінки аорти відносно норми в результаті відкладень холестерину, якщо товщина її стінки збільшиться у  $1,5$  рази, внутрішній діаметр зменшиться на  $10\%$ , а швидкість розповсюдження пульсової хвилі зросте у  $2$  рази.
99. Товщина стінки судини збільшилася на  $18\%$ , внутрішній діаметр зменшився на  $30\%$ , а швидкість розповсюдження пульсової хвилі зросла на  $15\%$ . Як зміниться модуль пружності стінки відносно норми.