



Biomechanical engineering

Course description sheet

Basic information

Field of study Biomedical Engineering Major - Organisational unit Faculty of Electrical Engineering, Automatics, Computer Science and Biomedical Engineering Study level First-cycle (engineer) programme Form of study Full-time studies Profile General academic		Didactic cycle 2025/2026 Course code EIBMS.li10.01549.25 Lecture languages Polish Mandatoriness Obligatory Block General Modules Course related to scientific research Yes
Course coordinator	Marek Iwaniec	
Lecturer	Marek Iwaniec, Ludwin Molina-Arias, Józef Felis	
Period Semester 5	Method of verification of the learning outcomes Exam Activities and hours Lectures: 28 Laboratory classes: 14	Number of ECTS credits 4

Course's learning outcomes

Code	Outcomes in terms of	Learning outcomes prescribed to a field of study	Methods of verification
Knowledge - Student knows and understands:			

Code	Outcomes in terms of	Learning outcomes prescribed to a field of study	Methods of verification
W1	ma wiedzę dotyczącą modelowania i analizy ruchu oraz oddziaływań w układach biomechanicznych, sprzęcie rehabilitacyjnym i medycznym.	IBM1A_W01, IBM1A_W04	Completion of laboratory classes
W2	Ma wiedzę dotyczącą wybranych metod modelowania i analizy układów biomechanicznych i innych o złożonej naturze np. elektromechanicznych, akustomechanicznych itp	IBM1A_W01, IBM1A_W03, IBM1A_W04	Completion of laboratory classes
W3	Ma podstawową wiedzę z zakresu technik informacyjnych i pomiarowych w biomechanice,	IBM1A_W03, IBM1A_W04, IBM1A_W07	Completion of laboratory classes
W4	Ma podstawową wiedzę w zakresie inżynierii systemów rehabilitacji ruchowej	IBM1A_W04, IBM1A_W06, IBM1A_W11	Completion of laboratory classes
Skills - Student can:			
U1	potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	IBM1A_U01	Completion of laboratory classes
U2	potrafi wykorzystać poznane metody i modele matematyczne — w razie potrzeby odpowiednio je modyfikując — do modelowania i weryfikacji systemów biologicznych i technicznych	IBM1A_U03, IBM1A_U05, IBM1A_U07	Completion of laboratory classes
U3	potrafi posługiwać się metodami i narzędziami inżynierii biomedycznej, w tym: projektować mechanizmy, konstrukcje, metody i urządzenia, wykorzystywać wzorce projektowe, wybierać narzędzia wspomagające projektowanie, oraz dobierać metody prototypowania i testowania	IBM1A_U07	Completion of laboratory classes
U4	potrafi przeanalizować sposób działania i poddać krytycznej ocenie metody i rozwiązania techniczne zastosowane w wybranych aparatach i urządzeniach medycznych a także wskazać sposoby ich ulepszenia	IBM1A_U08	Completion of laboratory classes
U5	potrafi porównać rozwiązania istniejących systemów aparatury medycznej i rehabilitacyjnej ze względu na zadane kryteria użytkowe i ekonomiczne oraz wskazać możliwości ich ulepszenia	IBM1A_U08	Completion of laboratory classes
Social competences - Student is ready to:			
K1	potrafi opracowywać modele oraz nowe urządzenia w sposób kreatywny i innowacyjny dostrzegając problemy i zapotrzebowanie społeczne	IBM1A_K01, IBM1A_K02	Completion of laboratory classes
K2	Umie rozwiązywać specjalistyczne problemy z zakresu mechaniki umiejętnie współpracując i w zespole interdyscyplinarnym	IBM1A_K03	Completion of laboratory classes

Student workload

Activity form	Average amount of hours* needed to complete each activity form
Lectures	28

Laboratory classes	14
Preparation for classes	20
Realization of independently performed tasks	27
Examination or final test/colloquium	2
Preparation of project, presentation, essay, report	15
Student workload	Hours 106
Workload involving teacher	Hours 42

* hour means 45 minutes

Program content

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
1.	Obserwacje zjawisk mechanicznych i biomechanicznych wokół nas: Seria prostych eksperymentów: Badanie siły tarcia, wyznaczanie stożka tarcia. Obserwacja efektu Magnusa w wodzie i powietrzu, Wahadło i wahadło podwójne. Powstawanie siły Coriolisa. Badanie ruchu obrotowego. Siła bezwładności, siła oporu aerodynamicznego, siła nośna.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
2.	1. Biomechanika - rys historyczny. Dziedzina i metody badań.: Przedstawienie rozwoju historycznego biomechaniki. Przedstawienie rozwoju metod badawczych, podstawowych pojęć modeli, odniesienie do innych działów nauki: mechaniki, fizyki, materiałoznawstwa, anatomii, wytrzymałości materiałów itd.	W1, W2, W4	Lectures
3.	2. Kinematyka punktu. Metody badania ruchu w biomechanice: Wektory i działania na wektorach. Tor, prędkość i przyspieszenie. Eksperymentalne metody badania ruchu w biomechanice.	W1, W2, W4	Lectures
4.	Statyka i kinetostatyka układów mechanicznych i biomechanicznych: Przykłady zastosowań równań statyki i kinetostatyki w analizie konstrukcji sprzętu medycznego.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
5.	Struktura różnorodnych układów biomechanicznych.: Rodzaje więzów, pary kinematyczne, łańcuchy kinematyczne, manipulatory medyczne jako przykład mechanizmów przestrzennych. obliczenia ruchliwości mechanizmów.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
6.	3. Statyka i kinetostatyka układów mechanicznych. Przykłady zastosowania w analizie konstrukcji sprzętu medycznego.: Warunki równowagi płaskich i przestrzennych modeli układów biomechanicznych. Metoda kinetostatyki.	W1, W2, W4	Lectures

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
7.	Ruch w układach biomechanicznych.: Analiza kinematyczna mechanizmów i układów biomechanicznych. Analityczne metody wyznaczania trajektorii ruchu, prędkości i przyspieszeń.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
8.	4. Struktura i klasyfikacja różnorodnych układów biomechanicznych: Rodzaje więzów, pary kinematyczne, łańcuchy kinematyczne, manipulatory medyczne jako przykład mechanizmów precyzyjnych. Analiza strukturalna. Ruchliwość, stopnie swobody	W1, W2, W4	Lectures
9.	5. Kinematyka ciała sztywnego: Tor, prędkość i przyspieszenie punktów bryły w ruchu postępowym, obrotowym, płaskim i dowolnym. Przykłady zastosowania w analizie konstrukcji sprzętu medycznego.	W1, W2, W4	Lectures
10.	Analiza kinematyczna mechanizmów płaskich.: Grafoanalityczna metoda wyznaczania prędkości i przyspieszeń. Plany prędkości i przyspieszeń	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
11.	6. Ruch złożony: Układ unoszenia. Ruch względny ruchu unoszenia. Położenie, prędkość i przyspieszenie punktu w ruchu złożonym. Dynamika ruchu względnego punktu materialnego.	W1, W2, W4	Lectures
12.	Grafoanalityczna metoda wyznaczania reakcji dynamicznych w parach kinematycznych mechanizmów płaskich	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
13.	7. Analiza kinematyczna mechanizmów i układów biomechanicznych: Analiza kinematyczna mechanizmów i układów biomechanicznych. Wykreślne i analityczne metody wyznaczania trajektorii ruchu, prędkości i przyspieszeń.	W1, W2, W4	Lectures
14.	Ruch złożony: Badanie ruchu kończyny dolnej. Badanie ruchu egzoszkieletu kończyny dolnej. Pomiary wielkości kinematycznych za pomocą czujników przyspieszenia oraz systemem wizyjnym.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Laboratory classes
15.	8. Dynamika punktu i układu punktów materialnych.: Dynamika swobodnego i nieswobodnego punktu materialnego. Pęd, kręt, energia kinetyczna układu punktów materialnych.	W1, W2, W4	Lectures
16.	9. Współrzędne uogólnione. Zasada prac wirtualnych: Więzy i współrzędne uogólnione układu punktów materialnych. Przemieszczenia wirtualne. Zasada prac wirtualnych.	W1, W2, W4	Lectures
17.	10. Równania Lagrangea II rodzaju: Energia kinetyczna i potencjalna. Siły i potencjał dyssypacji. Budowa równań ruchu złożonych układów mechanicznych i elektromechanicznych.	W1, W2, W4	Lectures
18.	11. Modele reologiczne. Modele i badania własności tkanek: kości mięśni, ścięgien: Modele reologiczne: Kevina-Voigta, Maxwella i standardowy. Zjawisko relaksacji. Podporowa i ruchowa funkcja szkieletu. Biomechaniczne właściwości kości, mięśni, powięzi i ścięgien.	W1, W2, W4	Lectures

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
19.	Badanie właściwości mechanicznych tkanek i mięśni: Badanie charakterystyki siły mięśni i ich technicznych odpowiedników. Badanie zmęczenia mięśni. Wyznaczanie charakterystyki generowanej siły technicznych „zamienników mięśni”. Wyznaczanie charakterystyki współczynnika sprężystości różnych materiałów metodą dwuakcelerometryczną. Badanie egzoszkieletu kończyny górnej.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Lectures
20.	Badanie i modelowanie zderzenia: Analiza oddziaływań dynamicznych w trakcie skoku. Zastosowanie bezdotykowych metod pomiarowych wielkości kinematycznych do badania zjawiska zderzenia.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Lectures
21.	12 Elementarna teoria zderzenia. Zastosowania modeli zderzenia w biomechanice: Siły zderzeniowe. Zderzenie dwóch punktów materialnych zderzenie dwóch brył. Działanie impulsu siły. Testy zderzeniowe. Mody fałdowania.	W1, W2, W4	Lectures
22.	Praca kontrolna	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5, K1, K2	Laboratory classes
23.	14 Modelowanie geometryczne (powierzchniowe i bryłowe) rzeczywistych układów biomechanicznych z wykorzystaniem wyników obrazowania medycznego i MES: Modelowanie geometryczne (powierzchniowe i bryłowe) rzeczywistych układów biomechanicznych z wykorzystaniem wyników obrazowania medycznego przy użyciu różnych metod: triangulacji, tesalacji, B-Spline. Dyskretyzacja. MES	W1, W2, W4	Lectures
24.	15 Analiza statyczna i dynamiczna złożonych układów. Modelowanie strefy kontaktu podukładów biomechanicznych. Modelowanie układów o zmiennej strukturze: Przykłady tworzenia zaawansowanych modeli układów biomechanicznych.	W1, W2, W4	Lectures
25.	Modele bryłowe ciała człowieka.: Modele bryłowe ciała człowieka. Wyznaczanie położenia środka ciężkości ciała człowieka. Pomiary goniometryczne. Wyznaczanie położenia środka masy brył. Obliczenia momentów bezwładności.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Lectures

Extended information/Additional elements

Teaching methods and techniques :

Lectures

Activities	Methods of verification	Credit conditions
Lectures	Completion of laboratory classes	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Rozwiązanie testu
Lab. classes	Completion of laboratory classes	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Praca kontrolna

Rules of participation in given classes, indicating whether student presence at the lecture is obligatory

Lectures: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego. Laboratory classes: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

Literature

Obligatory

1. Będziński R.: Biomechanika Inżynierska. Zagadnienia wybrane. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997
2. Felis J. Jaworowski H. Teoria Mechanizmów i maszyn. Przykłady i zadania. AGH. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2004
3. Nizioł J.: Metodyka rozwiązywania zadań z mechaniki. WNT, 2006
4. Zagrobelny Z., Woźniewski M.: Biomechanika Kliniczna. Część Ogólna. Wydawnictwo AWF, Wrocław, 2007
5. Leyko J., Mechanika ogólna, t.2, PWN, Warszawa
6. Zawadzki, J.Siuta W.: Mechanika ogólna t1 i t2., PWN, Warszawa

Scientific research and publications

Publications

1. Publikacje naukowe osoby prowadzącej projekt dostępne są w Bibliografii Publikacji Pracowników AGH (<https://bpp.agh.edu.pl/>)

Learning outcomes prescribed to a field of study

Code	Content
IBM1A_K01	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy, rozumie potrzebę i zna możliwości podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób
IBM1A_K02	ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżyniera biomedycznego
IBM1A_K03	potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role, ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną i za wspólnie realizowane zadania oraz potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania oraz adekwatnie zaplanować pracę
IBM1A_U01	potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie
IBM1A_U03	potrafi opracować szczegółową dokumentację wyników realizacji eksperymentu, zadania projektowego lub badawczego; potrafi przygotować opracowanie zawierające omówienie tych wyników a także potrafi przygotować i przedstawić prezentację na temat realizacji zadania projektowego lub badawczego a także poprowadzić dyskusję dotyczącą przedstawionej prezentacji
IBM1A_U05	potrafi wykorzystać poznane metody i modele matematyczne — w razie potrzeby odpowiednio je modyfikując — do modelowania i weryfikacji systemów biologicznych i technicznych
IBM1A_U07	potrafi posługiwać się metodami i narzędziami inżynierii biomedycznej, w tym: projektować materiały, konstrukcje, metody i urządzenia, wykorzystywać wzorce projektowe, wybierać narzędzia wspomagające projektowanie, oraz dobierać metody prototypowania i testowania
IBM1A_U08	potrafi przeanalizować sposób działania i poddać krytycznej ocenie metody i rozwiązania techniczne zastosowane w wybranych aparatach i urządzeniach medycznych oraz potrafi porównać rozwiązania istniejących systemów aparatury medycznej ze względu na zadane kryteria użytkowe i ekonomiczne a także wskazać możliwości ich ulepszenia
IBM1A_W01	ma wiedzę w zakresie matematyki, obejmującą algebrę liniową, analizę, geometrię analityczną, logikę, rachunek prawdopodobieństwa, statystykę, matematykę dyskretną i stosowaną, w tym metody matematyczne i metody numeryczne, a także wiedzę w zakresie fizyki oraz pogłębioną wiedzę w wybranym obszarze fizyki współczesnej, obejmującą między innymi podstawy fizyki kwantowej, fizykę ciała stałego i biofizykę niezbędne do formalnego opisu, modelowania i weryfikacji systemów biologicznych i technicznych.
IBM1A_W03	ma uporządkowaną, podstawową wiedzę ogólną dotyczącą biologii komórki i anatomii człowieka a także podstawową, wiedzę z zakresu procesów fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka
IBM1A_W04	ma szczegółową wiedzę dotyczącą podstaw fizycznych wybranych procesów biomedycznych
IBM1A_W06	ma podstawową wiedzę w zakresie zasad działania elementów elektronicznych, analogowych i cyfrowych układów elektronicznych oraz projektowania i konstruowania prostych układów analogowych i cyfrowych
IBM1A_W07	ma podstawową wiedzę w zakresie metod pomiarowych stosowanych w medycynie, biologii, elektronice, mechanice i inżynierii materiałowej oraz projektowania procedur badawczych i interpretowania ich rezultatów a także ma podstawową wiedzę z zakresu technik informacyjnych w medycynie, w tym przetwarzania, interpretacji i klasyfikacji sygnałów i obrazów medycznych
IBM1A_W11	ma podstawową wiedzę w zakresie podstawowych grup materiałowych stosowanych w projektowaniu i wytwarzaniu implantów medycznych