



Biomechanika inżynierska

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria Biomedyczna Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Poziom kształcenia Studia inżynierskie I stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2025/2026 Kod przedmiotu EIBMS.li10.01549.25 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty ogólne Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Marek Iwaniec	
Prowadzący zajęcia	Marek Iwaniec, Ludwin Molina-Arias, Józef Felis	
Okres Semestr 5	Forma zaliczenia Egzamin Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 28 Ćwiczenia laboratoryjne: 14	Liczba punktów ECTS 4

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	ma wiedzę dotyczącą modelowania i analizy ruchu oraz oddziaływań w układach biomechanicznych, sprzęcie rehabilitacyjnym i medycznym.	IBM1A_W01, IBM1A_W04	Zaliczenie laboratorium

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
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	Zaliczenie laboratorium
W3	Ma podstawową wiedzę z zakresu technik informacyjnych i pomiarowych w biomechanice,	IBM1A_W03, IBM1A_W04, IBM1A_W07	Zaliczenie laboratorium
W4	Ma podstawową wiedzę w zakresie inżynierii systemów rehabilitacji ruchowej	IBM1A_W04, IBM1A_W06, IBM1A_W11	Zaliczenie laboratorium
Umiejętności - Student potrafi:			
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	Zaliczenie laboratorium
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	Zaliczenie laboratorium
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	Zaliczenie laboratorium
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	Zaliczenie laboratorium
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	Zaliczenie laboratorium
Kompetencje społecznych - Student jest gotów do:			
K1	potrafi opracowywać modele oraz nowe urządzenia w sposób kreatywny i innowacyjny dostrzegając problemy i zapotrzebowanie społeczne	IBM1A_K01, IBM1A_K02	Zaliczenie laboratorium
K2	Umie rozwiązywać specjalistyczne problemy z zakresu mechaniki umiejętnie współpracując i w zespole interdyscyplinarnym	IBM1A_K03	Zaliczenie laboratorium

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Celem modułu jest zapoznanie studenta z wiedzą na temat biomechaniki.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	28

Ćwiczenia laboratoryjne	14
Przygotowanie do zajęć	20
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	27
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	15
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 106
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 42

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
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	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Wykład
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	Wykład
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	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Wykład

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
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	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Wykład
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	Wykład
10.	Analiza kinematyczna mechanizmów płaskich.: Grafoanalityczna metoda wyznaczania prędkości i przyspieszeń. Plany prędkości i przyspieszeń	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Wykład
12.	Grafoanalityczna metoda wyznaczania reakcji dynamicznych w parach kinematycznych mechanizmów płaskich	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Wykład
14.	Ruch złożony: Badanie ruchu kończyny dolnej. Badanie ruchu egzoszkieletu kończyny dolnej. Pomiar wielkości kinematycznych za pomocą czujników przyspieszenia oraz systemem wizyjnym.	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5	Ćwiczenia laboratoryjne
15.	8. Dynamika punktu i układu punktów materialnych.: Dynamika swobodnego i nieswobodnego punktu materialnego. Pęd, kręt, energia kinetyczna układu punktów materialnych.	W1, W2, W4	Wykład
16.	9. Współrzędne uogólnione. Zasada prac wirtualnych: Więzy i współrzędne uogólnione układu punktów materialnych. Przemieszczenia wirtualne. Zasada prac wirtualnych.	W1, W2, W4	Wykład
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	Wykład
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	Wykład

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
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	Wykład
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	Wykład
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	Wykład
22.	Praca kontrolna	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, U4, U5, K1, K2	Ćwiczenia laboratoryjne
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	Wykład
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	Wykład
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	Wykład

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Mini wykład

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Zaliczenie laboratorium	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Rozwiązanie testu
Ćwiczenia laboratoryjne	Zaliczenie laboratorium	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Praca kontrolna

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Uzyskanie pozytywnych ocen ze sprawdzianów przeprowadzanych w trakcie semestru.

Sposób obliczania oceny końcowej

Średnia ważona z oceny kolokwium dotyczącego materiału wykładu, przygotowania teoretycznego do wykonywanych ćwiczeń laboratoryjnych, ocen sprawozdań zaliczanych w trakcie zajęć laboratoryjnych i oceny z egzaminu.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Ustalane indywidualnie z prowadzącym zajęcia na podstawie przedstawionej przez studenta dokumentacji usprawiedliwiającej nieobecności.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Wyniesiona z poprzednich semestrów studiów wiedza z fizyki, anatomii, matematyki jak np.: podstawowe działania algebry macierzy, metody rozwiązywania zagadnienia własnego, podstawowe równania różniczkowe i metody ich rozwiązywania.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Wykład: 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. Ćwiczenia laboratoryjne: 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.

Literatura

Obowiązkowa

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., Woźniowski 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

Badania i publikacje

Publikacje

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

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
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