**Nazwa przedmiotu:**

Wytrzymałość materiałów i mechanika budowli 1

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Szymon Imiełowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Środowiska

**Grupa przedmiotów:**

Podstawowe

**Kod przedmiotu:**

1110-IS000-ISP-2206

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

wykład - 30 godzin, ćwiczenia audytoryjne - 45 godzin, zapoznanie ze wskazaną literaturą - 5 godzin, przygotowanie referatu - 8 godzin, przygotowanie do kolokwium - 5 godzin, przygotowanie do ćwiczeń audytoryjnych - 7 godzin, przygotowanie do zaliczenia wykładów - 5 godzin. Razem - 105 godzin.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

nie dotyczy

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 45h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wiadomości z zakresu przedmiotów Matematyka (sem I), Fizyka (sem I)

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z podstawowymi pojęciami i metodami wykorzystywanymi w wytrzymałości materiałów i mechanice budowli, wykształcenie umiejętności rozumienia i wykorzystywania istniejących rozwiązań oraz samodzielne rozwiązywanie podstawowych zadań w zakresie opisu stanu równowagi modeli konstrukcji prętowych poddanych działaniu płaskich i przestrzennych układów sił, wyznaczania wykresów sił przekrojowych oraz analizy stanu naprężenia i odkształcenia elementów konstrukcyjnych poddanych typowym przypadkom obciążenia. Przedstawiony zakres materiału stanowi niezbędny wstęp do zrozumienia zagadnień projektowania budowli i urządzeń dla potrzeb inżynierii środowiska.

**Treści kształcenia:**

PROGRAM WYKŁADU:

1.Wprowadzenie - podział mechaniki. Elementy rachunku wektorowego. Podstawowe pojęcia statyki - definicje punktu materialnego, bryły sztywnej, układu materialnego, modelu konstrukcji; techniczna klasyfikacja ciał materialnych; pojęcie siły, podział sił; więzy, rodzaje więzów, siły reakcji, zasada oswobodzenia więzów; def. położenia równowagi, równania równowagi płaskiego układu sił: dowolnego, centralnego i sił równoległych; aksjomaty statyki; przykłady zadań.
2.Pojęcie konstrukcji, podział konstrukcji na elementy, stopień statycznej niewyznaczalności konstrukcji prostej i złożonej. Geometryczna niezmienność. Podstawowe zadania statyki w przypadku układów statycznie wyznaczalnych, geometrycznie niezmiennych i geometrycznie zmiennych, stan równowagi statecznej i niestatecznej.
3.Klasyfikacja obciążeń elementów konstrukcyjnych, środek układu sił, środek ciężkości. Rodzaje konstrukcji prętowych: belka, rama. Kratownica; rozwiązanie kratownicy metodą równoważenia węzłów i metodą Rittera.
4.Zagadnienie przestrzenne statyki - redukcja układu sił do wektora głównego i momentu głównego, równoważność układów sił, równoważność zeru układu sił, przypadki szczególne redukcji układu sił do wypadkowej, do pary sił, do skrętnika; pojęcie prostej centralnej.
5.Definicje sił przekrojowych, redukcja sił przekrojowych do wektora głównego i momentu głównego. Więzy nieidealne, tarcie, rodzaje tarcia, tarcie poślizgowe i tarcie toczne, tarcie cięgna o krążek.
6.Podstawowe pojęcia wytrzymałości materiałów - uproszczony model ciała stałego, siły spójności i mechanizm odkształceń w ciele stałym, definicja naprężenia i stanu naprężenia, naprężenie styczne i normalne, klasyfikacja obciążeń, zasada de Saint-Venanta.
7.Charakterystyki bezwładności przekrojów - momenty statyczne i momenty bezwładności względem osi, biegunowy i odśrodkowy momenty bezwładności, twierdzenie Steinera, osie główne i główne momenty bezwładności, koło Mohra momentów bezwładności.
8.Proste przypadki obciążenia, rozciąganie/ściskanie - prawo Hooke'a, wykresy rozciągania, naprężenia dopuszczalne, współczynnik bezpieczeństwa, zasada superpozycji, układy statycznie wyznaczalne i statycznie niewyznaczalne, naprężenia cieplne i montażowe, projektowanie pręta rozciąganego/ściskanego.
9.Analiza stanu naprężenia i odkształcenia - analiza naprężeń w jednowymiarowym oraz dwuwymiarowym stanie naprężenia, określanie kierunków głównych i naprężeń głównych; prawo Hooke'a dla dwuwymiarowego stanu naprężenia.
10.Wyznaczanie naprężeń głównych i kierunków głównych metodą wykreślną (koło Mohra) - analiza przestrzennego stanu naprężenia, trójwymiarowy stan odkształcenia, uogólnione prawo Hooke'a, zmiana objętości materiału w trójwymiarowym stanie naprężenia.
11.Ścinanie - prawo Hooke'a przy ścinaniu, ścinanie technologiczne. Skręcanie prętów o przekroju kołowym - analiza odkształceń i naprężeń w pręcie skręcanym, naprężenia maksymalne i kąt skręcenia pręta, projektowanie przekroju pręta skręcanego.
12.Zginanie prętów prostych - rodzaje zginania, definicje sił normalnych, sił poprzecznych i momentów gnących, związki pomiędzy siłami przekrojowymi i obciążeniem ciągłym, wykresy sił poprzecznych i momentów zginających. Opis odkształceń i naprężeń belki poddanej czystemu zginaniu - obliczenia wytrzymałościowe belek zginanych projektowanie przekroju belki.
13.Pojęcie wytężenia materiału, opis podstawowych hipotez wytrzymałościowych. Podstawowe przypadki wytrzymałości złożonej: zginanie ukośne prętów prostych, zginania z rozciąganiem/ściskaniem, mimośrodowe ściskanie/rozciąganie.
14.Wytrzymałość złożona cd. - określenie sił przekrojowych i stanu naprężenia w przypadkach zginania z udziałem sił poprzecznych (wzór Żurawskiego) oraz zginania ze skręcaniem (pojęcie momentu zastępczego), projektowanie pręta w przypadku wytrzymałości złozonej.
15.Stateczność prętów pryzmatycznych. Pojęcie smukłości pręta i siły krytycznej. Wyboczenie sprężyste: wzór Eulera, pojęcie naprężenia krytycznego oraz smukłości granicznej, granice stosowalności wzoru Eulera. Wyboczenie niesprężyste: wzory Tetmajera-Jasińskiego i Johnsona-Ostenfelda. Projektowanie przekroju prętów ściskanych kratownicy.

PROGRAM CWICZEŃ AUDYTORYJNYCH:

1.Określanie statycznej wyznaczalności konstrukcji prostych i złożonych. Podział konstrukcji na elementy, wyznaczanie reakcji wybranych konstrukcji belek, ram, rusztów i płyt z uwzględnieniem obciążeń skupionych oraz obciążeń ciągłych linowych i powierzchniowych. Belki gerberowskie.
2.Wyznaczanie reakcji zewnętrznych i sił w prętach kratownicy metodą równoważenia węzłów oraz metodą Rittera.
3.Analiza stanu równowagi w przypadku więzów nieidealnych.
4.Przykłady redukcji płaskich i przestrzennych układów sił.
5.Sporządzanie wykresów sił przekrojowych belek prostych. Dodatnie zwroty sił przekrojowych, określenie relacji momentów zginających i położenia włókien rozciąganych odkształconej belki. Wprowadzenie obciążenia trójkątnego
6.Kolokwium 1
7.Sporządzanie wykresów sił przekrojowych belek przegubowych i wieloprzęsłowych. Zasada superpozycji.
8.Sporządzanie wykresów sił przekrojowych ram otwartych. Omówienie warunków symetrii konstrukcji i obciążenia.
9.Sporządzanie wykresów sił przekrojowych ram zamkniętych i układów złożonych - belkowo-kratowych i ramowo-kratowych.
10.Zadania z wykorzystaniem prawa Hooke’a. Obliczanie i wykresy sił i naprężeń normalnych prętów statycznie wyznaczalnych i statycznie niewyznaczalnych. Wyznaczanie wydłużeń i skróceń prętów. Naprężenia termiczne i montażowe. Wymiarowanie przekroju.
11.Obliczanie momentów bezwładności złożonych figur płaskich. Wprowadzenie pojęcia głównych, centralnych osi bezwładności Twierdzenie Steinera. Wyznaczanie momentów bezwładności względem osi układu obróconego oraz głównych momentów bezwładności.
12.Kolokwium 2
13.Sporządzanie wykresów naprężeń normalnych w przypadku zginania czystego, zginania ukośnego, zginania z rozciąganiem/ściskaniem.
14.Ściskanie mimośrodowe: określanie kształtu rdzenia przekroju i położenia osi obojętnej sporządzanie wykresów naprężeń normalnych. Zginanie z udziałem sił poprzecznych, wzór Żurawskiego, wykresy naprężeń stycznych.
15.Projektowanie belek - omówienie zadania domowego, koło Mohra naprężeń w charakterystycznych punktach przekroju belki, trajektorie naprężeń głównych belki.
16.Skręcanie: sporządzanie wykresów momentów skręcających i kątów skręceń, wykresy naprężeń stycznych. Określanie nośności i wymiarowanie przekroju.
17.Złożony stan naprężeń: wykorzystanie hipotez wytrzymałościowych do określenia wytężenia materiału prętów zakrzywionych w planie i wałów zginanych.
18.Kolokwium 3
19.Wyznaczanie sił krytycznych i określenie nośności ściskanych prętów pryzmatycznych.
20. Elementem ćwiczeń audytoryjnych jest praca domowa. Zadanie polega na sporządzeniu wykresów sił przekrojowych trzech konstrukcji prętowych: belki, ramy i kratownicy, sporządzeniu wykresów naprężeń w wybranych przekrojach, wymiarowaniu przekroju, określeniu kształtu rdzenia przekroju belki i zaprojektowaniu ściskanego pręta kratownicy. Praca samodzielna studentów jest konsultowana przez prowadzących.

**Metody oceny:**

Ocena końcowa przedmiotu jest średnią arytmetyczną z dwóch ocen: egzaminu i ćwiczeń audytoryjnych.

Warunki zaliczenia wykładu: Zaliczenie egzaminu pisemnego złożonego z części zadaniowej i części teoretycznej (testy wielokrotnego wyboru, pytania sprawdzające zrozumienie materiału)

Warunki zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych: Zaliczenie 3 kolokwiów i kartkówek, obrona pracy domowej, sprawdzanie obecności na zajęciach. Ocena końcowa ćwiczeń audytoryjnych jest średnią ocen z kolokwiów, kartkówek i obrony pracy domowej.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Podręczniki:
1. R.Nagórski, Zarys mechaniki teoretycznej,OWPW, Warszawa, 1999
2. J.Leyko, Mechanika ogólna, t.1, t.2, PWN
3. J.Rżysko, Statyka i wytrzymałość materiałów, PWN
4. B.Skalmierski, Mechanika, PWN
5. J.Misiak, Mechanika Techniczna. Tom1 – Statyka i wytrzymałość materiałów, WNT 2003
6. Z.L.Kowalewski, Podstawy wytrzymałości materiałów, OWPW 2010
7. J.Lewiński, A.Wilczyński, D.Witemberg-Perzyk, Podstawy wytrzymałości materiałów, OWPW 2010
8. A.Glinicka, Wytrzymałość materiałów 1, OWPW 2011
9. A.Jakubowicz, Z.Orłoś, Wytrzymałość materiałów, WNT, Warszawa 1984
10. Jastrzębski P., Muternich J., Orłowski W., Wytrzymałość materiałów Arkady 1985

Zbiory zadań:
1. J.Leyko, J.Szmelter, Zbiór zadań z mechaniki ogólnej, Tom I Statyka, PWN, 1974
2. W.Szcześniak. Zbiór zadań z mechaniki teoretycznej. Statyka, OWPW, Warszawa 2001
3. J.Misiak, Zadania z mechaniki ogólnej cz. 1 – Statyka, WNT 2013
4. J.Grabowski,J.Iwanczewska, Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów, OWPW, 1997
5. Banasik M., Grossman K., Trombski M. Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów PWN
6. Nizioł J., Metodyka rozwiązywania Zadań z Mechaniki, PWN

**Witryna www przedmiotu:**

www.is.pw.edu.pl/mechanika

**Uwagi:**

Realizowana jest stała modyfikacja metod kształcenia pod kątem zainteresowania studentów przedmiotem, poprzez poprawę bezpośredniego kontaktu prowadzącego ze studentami, zachęcanie indywidualnej aktywności w postaci łatwych ale częstych kartkówek, samodzielne rozwiązywanych zadań i pracy domowej. Materiały dydaktyczne umieszczane są na dostępnej dla uczestników kursu stronie Moodle. Wymienione działania zwiększają zainteresowanie studentów przedmiotem i motywują do pracy. Wpływają również na odpowiedzialny wybór specjalizacji czy tematu pracy dyplomowej.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Rozpoznaje więzy zewnętrzne i więzy wewnętrzne konstrukcji prętowych, wyznacza reakcje więzów. Oblicza stopień statycznej niewyznaczalności belek, ram i kratownic, określa liczbę stopni swobody układu geometrycznie zmiennego. Oblicza charakterystyczne wartości i kreśli wykresy sił przekrojowych zginanych belek i ram oraz skręcanych wałów. Określa równowagę sił działających na dowolny element wycięty z konstrukcji prętowej.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W02:**

Redukuje dowolny rodzaj płaskiego lub przestrzennego układu sił do momentu głównego i wektora głównego. Zapisuje równania równowagi układów sił: dowolnego, centralnego i sił równoległych, w przypadku płaskim i przestrzennym.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka W03:**

Oblicza podstawowe charakterystyki geometryczne przekrojów, określa kształt rdzenia przekroju.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W04:**

blicza charakterystyczne wartości i kreśli wykresy naprężeń normalnych i/lub naprężeń stycznych, w typowych przypadkach obciążenia (rozciągania/ściskania, zginania, skręcania i ścinania) oraz w przypadku złożonego stanu naprężenia (zginania ze ścinaniem, mimośrodowego ściskania/rozciągania, zginania ze skręcaniem). Oblicza wytężenie materiału z wykorzystaniem podstawowych hipotez wytrzymałościowych

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W05:**

Projektuje wymiary przekroju pręta w podstawowych przypadkach obciążenia na podstawie warunku nieprzekroczenia wartości naprężeń dopuszczalnych oraz określa nośność tych elementów. Rozwiązuje konstrukcje jednokrotnie statycznie niewyznaczalne wykorzystując równanie prawa Hooke'a.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Po zakończonym kursie student nabywa umiejętności rozumienia i opisania stanów naprężenia i odkształcenia elementów konstrukcji, niezbędną do zrozumienia zagadnień omawianych na wyższych latach studiów w zakresie: statyki budowli, mechaniki budowli, mechaniki płynów, projektowania konstrukcji budowlanych.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U13, IS\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, P6U\_U

**Charakterystyka U02:**

Student nabywa umiejętności zrozumienia podstaw procesu projektowania konstrukcji inżynierskich rozwijanych na późniejszych latach studiów.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U03:**

Student potrafi opracować i zaprezentować w odpowiedniej formie wyniki obliczeń inżynierskich.

Weryfikacja:

Praca domowa, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Wiedza zdobyta podczas kursu daje studentowi wyobrażenie na temat tematyki i stopnia trudności części przedmiotów realizowanych na specjalnościach ISIW i IW, wpływa w ten sposób na jego decyzję o wyborze przyszłej specjalizacji.

Weryfikacja:

Promowanie indywidualnej aktywności na zajęciach, praca domowa, kolokwia, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K01, IS\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KK, I.P6S\_KR

**Charakterystyka K02:**

Rozumie potrzebę ciągłego dokształcania sie i podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych.

Weryfikacja:

Promowanie indywidualnej aktywności na zajęciach, praca domowa, kolokwia, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KK