**Nazwa przedmiotu:**

Strength of Materials and Structural Mechanics

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Szymon Imiełowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Environmental Engineering

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1110-ISISR-ISA-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 - 15 godzin, ćwiczenia laboratoryjne - 15 godzin.
przygotowanie się do egzaminu - 20 godz. , zadania domowe 20 godz.

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

2

**Język prowadzenia zajęć:**

angielski

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

nie dotyczy

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

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

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Celem zajęć jest omówienie zjawisk występujących w ciałach odkształcalnych poddanych działaniu obciążeń zewnętrznych, określeniu wartości sił wewnętrznych oraz odkształceń ciał i elementów konstrukcji. Przedstawiony zakres wiedzy z wytrzymałości materiałów i podstaw mechaniki budowli stanowi niezbędny wstęp do zrozumienia przedmiotów z projektowania budowli i urządzeń dla potrzeb inżynierii środowiska.

**Treści kształcenia:**

PROGRAM WYKŁADU:

1.Wprowadzenie - podział mechaniki. Podstawowe pojęcia statyki - definicje: punkt materialny bryła sztywna, układ materialny, model 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; przykładowe zadanie.
2.Pojęcie konstrukcji, podział konstrukcji na elementy podstawowe, stopień statycznej niewyznaczalności konstrukcji prostej i złożonej. Podstawowe zadania statyki w przypadku układów statycznie wyznaczalnych, geometrycznie niezmiennych i geometrycznie zmiennych, stan równowagi statecznej i niestatecznej (chwiejnej).
3.Klasyfikacja rodzajów obciążeń elementów konstrukcyjnych, środek układu sił, środek ciężkości. Typy konstrukcji prętowych:belka, rama. kratownica, sposoby wyznaczania sił reakcji zewnętrznych i wewnętrznych:metoda równoważenia węzłów, metoda Rittera.
4.Zagadnienie przestrzenne statyki - redukcja układu sił: wektor główny, moment główny, twierdzenie o redukcji układu sił do wektora głównego, momentu głównego, równoważność układów sił, równoważność zeru układu sił, przypadki szczególne redukcji układu sił: redukcja do wypadkowej, do pary sił, do skrętnika (prosta centralna).
5.Redukcja sił przekrojowych do wektora głównego i momentu głównego, definicje siły podłużnej, poprzecznej i momentu zginającego elementu prętowego. 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 bezwładności względem osi, biegunowy moment bezwładności, odśrodkowy moment bezwładności, twierdzenie Steinera, osie główne i momenty bezwładności względem osi głównych, koło Mohra dla momentów bezwładności.
8.Proste przypadki obciążenia, rozciąganie i ściskanie - prawo Hooke'a, wykresy rozciągania, naprężenia dopuszczalne, współczynnik bezpieczeństwa, zasada superpozycji, układy statycznie wyznaczalne i statycznie niewyznaczalne, naprężenia cieplne i montażowe.
9.Analiza naprężeń i odkształceń - analiza naprężeń w jednowymiarowym oraz dwuwymiarowym stanie naprężenia, określanie kierunków głównych i składowych głównych; prawo Hooke'a dla dwuwymiarowego stanu naprężenia.
10.Metoda wykreślna wyznaczania naprężeń koło Mohra - wyznaczanie naprężeń głównych, analiza naprężeń w przestrzennym stanie 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 skręcaniego.
12.Zginanie prętów prostych - rodzaje zginania, definicje sił normalnych, sił poprzecznych i momentów gnących, związek między siłą poprzeczną, momentem gnącym i obciążeniem ciągłym, wykresy sił tnących i momentów zginających.
13.Opis odkształceń i naprężeń belki poddanej czystemu zginaniu - obliczenia wytrzymałościowe belek zginanych projektowanie przekroju belki.
14.Pojęcie wytężenia materiału, opis podstawowych hipotez wytrzymałościowych. Podstawowe przypadki wytrzymałości złożonej, zginanie ukośne prętów prostych.
15.Wytrzymałość złożona cd. - określenie sił przekrojowych i stanu naprężenia w przypadkach mimośrodowgo ściskania/rozciągania, zginania ze skręcaniem (pojęcie momentu zastępczego), zginania z rozciąganiem/ściskaniem.

 PROGRAM ĆWICZEŃ AUDYTORYJNYCH:

1.Wyznaczanie reakcji zewnętrznych i wewnętrznych w belce, ramie oraz sił w prętach kratownicy metodą równoważenia węzłów oraz metodą Rittera.
2.Sporządzanie wykresów sił przekrojowych podstawowych schematów belek. Wprowadzenie pojęcia ugięcia elementu, określenia włókien rozciąganych i znakowania momentu. Wprowadzenie obciążeń równomiernie rozłożonych. Zasada superpozycji.
3.Wprowadzenie obciążenia ciągłego trójkątnego. Rysowanie wykresów sił przekrojowych dla belek przegubowych i wieloprzęsłowych, ram dwu i trój-
elementowych oraz ramy z obwodami zamkniętymi.
4.Zadania z wykorzystaniem prawa Hooke’a. Obliczanie i wykresy sił i naprężeń normalnych. Wyznaczanie wydłużeń i skróceń prętów. Naprężenia termiczne i montażowe. Wymiarowanie przekroju.
5.KOLOKWIUM I. Wykresy sił przekrojowych belki dwuprzęsłowa-przegubowej, ramy lub kratownicy, prawo Hooke'a.
6.Obliczanie momentów bezwładności figur płaskich. Wprowadzenie pojęcia głównych, centralnych osi bezwładności Twierdzenie Steinera. Obliczanie momentów bezwładności układów figur.
7.Przypadki czystego zginania, zginania ze ściskaniem - sporządzanie wykresów naprężeń normalnych.
8.Ściskanie mimośrodowe: określanie kształtu rdzenia przekroju i położenia osi obojętnej sporządzanie wykresów naprężeń normalnych. Wzór Żurawskiego, wykresy naprężeń stycznych.
9.Skręcanie: sporządzanie wykresów momentów skręcających i kątów skręceń, wykresy naprężeń stycznych. Wymiarowanie przekroju.
10.Złożony stan naprężeń: wykorzystanie hipotez wytrzymałościowych do określenia wytężenia materiału w przypadku zginania ze skręcaniem.
11.KOLOKWIUM II. Obliczanie momentów bezwładności przekrojów, dobranie wymiaru dla zadanego profilu, wyznaczenie rozkładu naprężeń normalnych i stycznych. Wyznaczenie rozkładu naprężeń w podstawie prostopadłościanu obciążonego dwoma lub trzema siłami, określenie położenie osi obojętnej i kształtu rdzenia przekroju. Wykorzystanie hipotez wytrzymałościowych.
12.Wyznaczanie sił krytycznych ściskanych prętów pryzmatycznych.

Elementem ćwiczeń audytoryjnych jest praca domowa, zawierająca projekt trzech konstrukcji prętowych: belki, ramy i kratownicy. Zadanie polega na sporządzeniu wykresów sił przekrojowych, wykresów naprężeń w wybranych przekrojach oraz dobraniu wymiarów przekroju. Jest to praca samodzielna studentów, konsultowana przez prowadzących.

ROGRAM ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH:

Lab1 - Wprowadzenie do ćwiczeń.

1.Omówienie zasad BHP.
2.Zaprezentowane przyrządów i przetworników do pomiaru przemieszczeń (miarka milimetrowa, suwmiarka, mikrometr), odkształceń (tensometry) i siły (dynamometry), połączone z ćwiczeniami obsługi urządzeń pomiarowych. Zakres omówienia: tensometry: schemat ideowy i zasada działania, def. bazy pomiarowej i przełożenia tensometru, podział i zastosowanie tensometrów; dynamometry: rodzaje i zastosowanie dynamometrów, budowa i zasada działania dynamometru laboratoryjnego, wykorzystanie tensometrów w pomiarach siły.
3.Krótkie omówienie zaplanowanych eksperymentów z uwzględnieniem celu i krótkiego opisu ćwiczeń, opisu wykorzystywanych próbek oraz opisu złomu próbek po badaniach niszczących, omówienie wyników otrzymywanych w poszczególnych próbach.

KOLOKWIUM I - opis urządzeń pomiarowych, przebiegu eksperymentów i otrzymywanych wyników.

Lab2 - Wzorcowanie urządzeń pomiarowych.

Schemat i opis stanowisk badawczych do kalibracji czujnika przemieszczenia i dynamometru pałąkowego oraz oprzyrządowania do kalibracji maszyny wytrzymałościowej. Kalibracja urządzeń i wykresy charakterystyk przyrządów. Analiza błędów w przeprowadzonych kalibracjach.

Lab3 - Statyczna próba rozciągania metali.
1.Próba zwykła: dane techniczne maszyny wytrzymałościowej i opisy próbek pomiarowych (typ próbki, kształt i wymiary). Wykonanie próby i sporządzenie protokołu zawierającego: wykres próby rozciągania, prędkość obciążenia, pomierzone przemieszczenia, odczytane wartości Fe, Fm , Fu , obliczenie wartości charakterystycznych naprężeń. Wymiary próbek i analiza odkształceń: obliczenia względnego wydłużenia i przewężenie. Krótka charakterystyka przełomu próbki. Inne uwagi dotyczące przebiegu próby i otrzymanych wyników (analiza błędów).
2.Próba ścisła, wyznaczenie modułu Younga: schemat i opis stanowiska badawczego, dane techniczne maszyny wytrzymałościowej, zasada działania wykorzystywanego ekstensometru. Wykonanie próby i sporządzenie protokołu zawierającego: obliczenia modułu Younga na podstawie pomierzonych wartości oraz na podstawie wykresu z próby zwykłej, wzory i obliczenia z uwzględnieniem analizy błędów.

Lab4 -
1.Statyczna próba ściskania próbek metalowych i próbek betonowych.

Schemat i opis stanowiska badawczego, dane techniczne maszyny wytrzymałościowej. Opis próbek pomiarowych (typ próbki, kształt i wymiary). Wykonanie prób i sporządzenie protokołów zawierających: wykres próby ściskania próbek metalowych, wymiary próbek, prędkość obciążenia, pomierzone przemieszczenia, odczytane wartości charakterystycznych obciążeń, wzory i obliczenia. Analiza skrócenia próbki. W przypadku próbek betonowych charakterystyka złomu próbki i powierzchni pęknięcia. Analiza wpływu tarcia na wyniki doświadczenia. Inne uwagi dotyczące przebiegu próby i otrzymanych wyników (analiza błędów).

2.Próba udarności.
Schemat i opis stanowiska badawczego, dane techniczne maszyny do przeprowadzenia próby. Opisy próbek pomiarowych (typ próbki, kształt i wymiary). Wykonanie próby i sporządzenie protokołu zawierającego: typ próbki, kształt i wymiary, temperaturę przeprowadzenia próby, wielkość pracy odpowiadającej energii zużytej na złamanie próbki, obliczenia udarności, charakterystyka złomów próbek i powierzchni pęknięcia. Inne uwagi dotyczące przebiegu próby i otrzymanych wyników (analiza błędów)

Lab5 - Wyznaczenie stałych sprężystych w statycznej próbie zginania.

Podstawy teoretyczne statycznej próby zginania, cele wykonania próby, rodzaje wykorzystanych próbek, opis kolejnych etapów eksperymentu. Pomiar próbek przeznaczonych do eksperymentu i zapis wyników w karcie pomiarowej, realizacja próby, zapis wyników kolejnych etapów obciążania w karcie pomiarowej, omówienie wyników, wpływ kształtu przekroju na sztywność zginania. Sporządzenie protokołu zawierającego: dane techniczne maszyny wytrzymałościowej i dane próby: prędkości przyrostu naprężeń, sposób rejestracji ugięć belki, określenie wielkości sił dla zakresu sprężystego odkształceń, obliczenia modułu Younga. Inne uwagi dotyczące przebiegu próby i otrzymanych wyników (analiza błędów)

KOLOKWIUM II obliczenia charakterystyk geometrycznych i wytrzymałościowych próbek w próbie rozciągania.

Bieżące wyniki pomiarów są zapisywane na kartach pomiarowych a obliczenie są wykonywane w arkuszach kalkulacyjnych EXCEL, które studenci otrzymują od prowadzących ćwiczenia.

**Metody oceny:**

The final grade for the subject is the arithmetic mean of the three grades: exam, tutorials and laboratory exercises. Exam grade (40%), Tutorial grade (40%), Laboratory grade (20%)

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Beer, F.P., and Johnston, E.R. (1992). "Mechanics of Materials," Second Edition, McGraw Hill Publishing Co., New York, NY.
Gere, J.M., and Timoshinko, S.P. (1997). "Mechanics of Materials," Fourth Edition, PWS Publishing Co., Boston, MA.
Gere , M.J., " Mechanics of Materials" , Thomson Learning .
Subramanian, R., “ Strength of Materials”, Oxford University Press, 2005.

**Witryna www przedmiotu:**

Moodle ePW

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Student potrafi rozpoznawać więzy zewnętrzne i wewnętrzne oraz odpowiadające im reakcje belek, ram prostych i wałów, a także obliczać i rysować wykresy sił wewnętrznych – odpowiednio ścinanie, moment lub moment.

Weryfikacja:

Prace domowe, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W02:**

Student określa rozkład naprężeń i odkształceń dla podstawowych geometrii poddanych obciążeniom osiowym, zginającym, poprzecznym i skręcającym.

Weryfikacja:

Zadania domowe, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W03:**

Student potrafi zaprojektować wymiary przekrojów prętów poddanych obciążeniom osiowym, belek giętych i wałów poddawanych skręcaniu.

Weryfikacja:

Zadania domowe, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Student nabywa umiejętności rozumienia podstaw zachowania się konstrukcji pod najczęściej spotykanymi w inżynierii lądowej rodzajami obciążeń i wynikającymi z nich odpowiedziami na naprężenia i odkształcenia. Umiejętności te są niezbędne do zrozumienia problemów poruszanych na kursach: projektowanie konstrukcji, mechanika płynów itp.

Weryfikacja:

Zadania domowe, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U02:**

Student potrafi zaprojektować przekroje prostych konstrukcji inżynierskich oraz opracować i przedstawić w odpowiedniej formie wyniki projektowania.

Weryfikacja:

Zadania domowe, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Wiedza zdobyta na zajęciach daje wyobrażenia na temat przedmiotu, trudności i wyzwań związanych z zagadnieniami związanymi z mechaniką konstrukcji, a tym samym wpływa na decyzję studentów o wyborze przyszłej specjalizacji.

Weryfikacja:

Ocena aktywności indywidualnej, zadania domowe, kolokwium, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka K02:**

Student rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się oraz podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych

Weryfikacja:

Ocena aktywności indywidualnej, zadania domowe, kolokwium, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**