**Nazwa przedmiotu:**

Teoria Sprężystości

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Adam Dacko, prof. uczelni

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika i Projektowanie Maszyn

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnosciowe

**Kod przedmiotu:**

NK474

**Semestr nominalny:**

7 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 30, w tym:
a) wykład - 15 godz.,
b) ćwiczenia - 15 godz.,
c) konsultacje - 1 godz.
2) Praca własna studenta - 20 godz., w tym:
a) przygotowanie prac domowych - 10 godz.,
b) przygotowanie się do egzaminu - 10 godz.
Razem - 50 godzin.

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

1 punkt ECTS - liczba godzin kontaktowych - 30, w tym:
a) wykład - 15 godz.,
b) ćwiczenia - 15 godz.,
c) konsultacje - 1 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

-

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

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

**Wymagania wstępne:**

Wiedza i umiejętności studentów nabyte w ramach przedmiotów: "Wytrzymałość konstrukcji 1" , "Wytrzymałość konstrukcji 2".

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Zadanie przedmiotu to przekazanie w miarę zaawansowanej wiedzy z zakresu teorii spreżystości, niezbędnej dla przyszłych inżynierów konstruktorów maszyn i innych konstrukcji inżynierskich oraz inżynierów, zajmujących się problemami mechaniki ciała stałego odkształcalnego, w tym mechaniki materiałów i konstrukcji, dziedzin ciągle rozwijających się, gdyż zastosowania stymulują rozwój matematycznych modeli, aby przewidywalność zachowania się fizycznych modeli była wystarczająco dokładna.

**Treści kształcenia:**

Teoria fenomenologiczna: klasyczny model materialnego kontinuum, jako modelowanie rzeczywistości fizycznej. Liniowa teoria sprężystości: założenia i zasady, granice klasycznych założeń, zastosowania i ich ograniczenia. Podstawy notacji tensorowej.
Charakteryzacja stanu naprężenia w określonym punkcie ciała - tensor stanu naprężenia (macierz reprezentacji tensora) w kartezjańskim układzie współrzędnych prostokątnych. Zagadnienie statyczne: równania równowagi wewnętrznej-równania Naviera w postaci różniczkowej, warunki Cauchy’ego, warunki brzegowe. Zagadnienie dynamiczne: równania ruchu, warunki Cauchy’ego, warunki brzegowe i początkowe. Prawo transformacji tensorów II rzędu dla składowych stanu naprężenia w układzie współrzędnych ortokartezjańskich, obróconych w przestrzeni względem układu współrzędnych pierwotnych. Charakteryzacja stanu naprężenia w określonym punkcie ciała poprzez naprężenia główne i orientację płaszczyzn głównych. Niezmienniki stanu naprężenia. Ekstremalne wartości naprężeń stycznych. Szczególne przypadki stanu naprężenia.
Geometryczna teoria stanu odkształcenia dla infinitezymalnych odkształceń, relacje kinematyczne odkształcenie-przemieszczenie. Równania nierozdzielności odkształceń.
Charakteryzacja stanu odkształcenia w określonym punkcie ciała - tensor stanu odkształcenia w ortokartezjańskim układzie współrzędnych prostokątnych. Pełna analogia pomiędzy tensorami naprężenia i odkształcenia. Odkształcenia główne i główne osie odkształceń. Ekstremalne wartości kątów odkształcenia postaciowego. Charakteryzacja odkształcenia objętościowego przez tensory kuliste naprężeń i odkształceń, a odkształcenia postaciowego przez ich dewiatory. Szczególne przypadki stanu odkształcenia.
Podstawy termodynamiczne teorii sprężystości. Równania konstytutywne–uogólnione prawo Hooke’a, charakteryzujące reakcję materiału anizotropowego na działające obciążenie, w notacji tensorowej w ortokartezjańskim układzie współrzędnych, w zwężonej notacji tensorowej i w notacji macierzowej. Odwrotność równań konstytutywnych. Macierze reprezentacji tensorów naprężenia i odkształcenia. Tensory stałych sprężystości oraz stałych podatności: warunki symetrii, prawo transformacji tensorów IV rzędu, wpływ symetrii materiału / typy anizotropii. Restrikcje dla stałych materiałowych sprężystości i podatności na bazie rozważań termodynamicznych. Energia odkształcenia. Stałe materiałowe mierzone w warunkach izotermicznych oraz w warunkach adiabatycznych. Materiał izotropowy jako przypadek szczególny, przejście do stałych materiałowych: Lamego lub inżynierskich, prawo zmiany objętości oraz prawo zmiany postaci.
Sformułowanie zagadnień inżynierskich do rozwiązania w ramach teorii sprężystości: zagadnienie proste, odwrotne i półodwrotne.
Zestawienie podstawowych grup równań teorii sprężystości i występujących w nich niewiadomych – kartezjański układ współrzędnych prostokątnych. Metody rozwiązań przestrzennego zagadnienia prostego: w przemieszczeniach, w naprężeniach i rozwiązanie mieszane. Równania przemieszczeniowe Lamego: zagadnienie statyczne dla ciała izotropowego, warunki brzegowe; zagadnienie dynamiczne dla ciał anizotropowego i izotropowego. Równania naprężeniowe Beltramiego-Michella: zagadnienie statyczne dla ciała izotropowego, warunki brzegowe
Podstawowe grupy równań teorii sprężystości oraz równania przemieszczeniowe dla ciał izotropowych - ortogonalne układy krzywoliniowe: walcowy i sferyczny
Ogólne twierdzenia elastostatyki.: zasada prac wirtualnych, twierdzenia: o minimum energii potencjalnej, Castigliana o minimum energii komplementarnej, Bettiego o wzajemności prac, Maxwella o wzajemności przemieszczeń, Clapeyrona o pracy odkształcenia, Castigliana o pochodnej cząstkowej pracy odkształcenia, o jednoznaczności rozwiązania równań różniczkowych elastostatyki.
Dwuwymiarowe zagadnienia elastostatyki. Płaski stan odkształcenia, płaski uogólniony stan naprężenia. Drogi rozwiązania: rozwiązanie równań przemieszczeniowych, rozwiązanie równań naprężeniowych, zastosowanie funkcji napreźeń Airy’ego; warunki brzegowe. Zagadnienia fundamentalne - przykłady rozwiązań analitycznych: rozwiązanie ścisłe, pośredni sposób rozwiązania, uproszczenie warunków brzegowych dzięki zastosowaniu szeregów, całek , transformacji Fouriera.
Tendencje rozwojowe i kierunki rozwoju teorii sprężystości.

**Metody oceny:**

W trakcie semestru dwie kontrolowane prace domowe i ich obrona. Na zakończenie semestru egzamin końcowy.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. W. Nowacki, Teoria Sprężystości, PWN, Warszawa 1970.
2. W. Nowacki, Teoria Sprężystości, cz.I w: Sprężystość, pod red. M. Sokołowskiego, PWN, Warszawa 1978.
3. T. C. T. Ting, Anisotropic Elasticity–Theory and Applications, Oxford University Press, New York – Oxford 1996.
Literatura dodatkowa: materiały udostępniane przez prowadzacego przedmiot.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK474\_W01:**

Zna podstawowe koncepcje i pojęcia mechaniki ośrodka ciągłego.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W02:**

Posiada podstawowe wiadomości nt. matematycznego, ilościowego opisu stanu naprężenia w ciele odkształcalnym.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej nr 1, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W02:**

Posiada podstawowe wiadomości nt. matematycznego, ilościowego opisu stanu naprężenia w ciele odkształcalnym.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej nr 1, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W03:**

Ma podstawową wiedzę w zakresie matematycznego opisu stanu odkształcenia w ciele stałym.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej nr 1, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W03:**

Ma podstawową wiedzę w zakresie matematycznego opisu stanu odkształcenia w ciele stałym.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej nr 1, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W04:**

Ma podstawową wiedzę nt. modelowania konstytutywnego w mechanice ciała odkształcalnego oraz warunków/ograniczeń, którymi podlegają modele konstytutywne.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W04:**

Ma podstawową wiedzę nt. modelowania konstytutywnego w mechanice ciała odkształcalnego oraz warunków/ograniczeń, którymi podlegają modele konstytutywne.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W05:**

Zna podstawowe równania liniowej elastostatyki i sformułowania zagadnień granicznych dla tych równań.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_W05:**

Zna podstawowe równania liniowej elastostatyki i sformułowania zagadnień granicznych dla tych równań.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK474\_U01:**

Potrafi wykonywać proste analizy stanu naprężenia i odkształcenia posługując się rachunkiem tensorowym.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_U01:**

Potrafi wykonywać proste analizy stanu naprężenia i odkształcenia posługując się rachunkiem tensorowym.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_U02:**

Potrafi sformułować, objaśnić znaczenie i wykorzystać praktycznie podstawowe twierdzenia liniowej elastostatyki.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_U03:**

Potrafi otrzymać i omówić rozwiązania analityczne dla wybranych przypadków prostych zagadnień elastostatyki liniowej.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK474\_U03:**

Potrafi otrzymać i omówić rozwiązania analityczne dla wybranych przypadków prostych zagadnień elastostatyki liniowej.

Weryfikacja:

Ocena pracy domowej, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM1\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**