**Nazwa przedmiotu:**

Wytrzymałość materiałów II

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Marek Pietrzakowski, prof. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika Pojazdów i Maszyn Roboczych

**Grupa przedmiotów:**

Wytrzymałość materiałów

**Kod przedmiotu:**

1150-MB000-IZP-0219

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

 1) Liczba godzin kontaktowych– 38, w tym:
a) wykład – 16 godz.;
b) ćwiczenia- 16 godz.;
c) konsultacje - 4 godz.;
d) egzamin – 2 godz.

2) Praca własna studenta – 88 godz., w tym:
a) 38 godz. – bieżące przygotowywanie się do ćwiczeń, prace domowe,
b) 38 godz. - studia literaturowe i przygotowanie się do kolokwiów,
c) 12 godz. – przygotowywanie się studenta do egzaminu.

3) RAZEM 126 godz.

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

1,5 punktów ECTS – liczba godzin kontaktowych - 38, w tym:
a) wykład - 16 godz.;
b) ćwiczenia - 16 godz.;
c) konsultacje - 4 godz.;
d) egzamin - 2 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punktów ECTS - 52 godz., w tym:
a) uczestnictwo w ćwiczeniach - 16 godz.,
b) samodzielne rozwiązywanie zadań w domu - 36 godz.,

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 16h |
| Ćwiczenia:  | 16h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawowa wiedza z mechaniki materiałów (wysłuchanie wykładu Wytrzymałość Materiałów I).

**Limit liczby studentów:**

zgodnie z zarządzeniem Rektora PW

**Cel przedmiotu:**

Poszerzenie wiedzy i umiejętności w zakresie mechaniki materiałów, w tym w zakresie stanu naprężeń i odkształceń w elementach konstrukcji mechanicznych, niezbędnych do prowadzenia analiz wytrzymałościowych

**Treści kształcenia:**

Wykład. Teoria stanu naprężenia i odkształcenia w stanie trzyosiowym /Odkształcenie objętościowe i postaciowe. Uogólnione prawo Hooke'a. Zależności pomiędzy tensorami stanu naprężenia i odkształcenia. Energia odkształcenia sprężystego. Energia odkształcenia objętościowego i odkształcenia postaciowego. Pomiary odkształceń. Tensometria. Związki fizyczne. Złożone działanie sił wewnętrznych w prętach prostych /Wytężenie materiału, kontynuacja. Jednoczesne zginanie i rozciąganie lub ściskanie prętów prostych. Rdzeń przekroju. Zginanie ze ścinaniem. Zginanie ze skręcaniem. Obliczenia wałów. Metody energetyczne obliczania układów liniowo-sprężystych /Układy Clapeyrona. Energia sprężysta. Twierdzenia o wzajemności prac i wzajemności przemieszczeń. Twierdzenie Castigliano. Metoda Maxwella-Mohra. Sposób Wereszczagina. Twierdzenie Menabrea-Castigliano. Równania kanoniczne metody sił. Układy zewnętrznie i wewnętrznie statycznie niewyznaczalne/. Stateczność prętów prostych .Wyboczenie sprężyste. Zagadnienie Eulera. Siła krytyczna. Smukłość pręta. Wyboczenie posprężyste. Prosta Tetmajera, parabola Johnsona-Ostenfelda. Obliczanie prętów prostych na wyboczenie. Metoda energetyczna wyznaczania siły krytycznej. Powłoki cienkościenne w stanie błonowym /Stan naprężenia w ściance powłoki. Równanie Laplace'a. Równanie równowagi. Obliczanie zbiorników cienkościennych - kulistego, walcowego i stożkowego/. Skręcanie prętów cienkościennych. /Podstawy teorii de Saint-Venanta. Analiza stanu naprężenia i odkształcenia – profile otwarte i zamknięte. Wzory Bredta/. Podstawy wytrzymałości zmęczeniowej /Zjawisko zmęczenia materiału. Obciążenia okresowe. Krzywa cyklicznego odkształcenia. Badania zmęczeniowe. Krzywa Wohlera. Wykres Smitha. Kumulacja uszkodzeń. Czynniki wpływające na trwałość zmęczeniową/. Podstawy reologii /Ciała niesprężyste. Zjawiska pełzania i relaksacji. Podstawowe modele reologiczne materiałów lepkosprężystych. Funkcja pełzania. Funkcja relaksacji/.
Ćwiczenia. Wytrzymałość złożona: zastosowanie hipotez wytężeniowych. Metody energetyczne: obliczanie przemieszczeń w układach statycznie wyznaczalnych, obliczanie układów wewnętrznie i zewnętrznie statycznie niewyznaczalnych. Wyboczenie prętów prostych / wyboczenie w zakresie sprężystym i plastycznym/. Obliczanie zbiorników. Skręcanie profili cienkościennych.
Elementy wytrzymałości zmęczeniowej.

**Metody oceny:**

Ćwiczenia: Do zaliczenia ćwiczeń wymagane jest uzyskanie pozytywnej (dostatecznej) oceny ze wszystkich 3 kolokwiów i poprawne wykonanie 4 prac domowych. Zaliczenie ćwiczeń jest warunkiem koniecznym dopuszczenia do egzaminu.
Wykład :Przedmiot Wytrzymałość materiałów II jest przedmiotem kończącym się egzaminem pisemnym. Zdanie egzaminu z Wytrzymałości Materiałów I jest warunkiem niezbędnym do zdawania egzaminu z Wytrzymałości Materiałów II. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny z ćwiczeń i egzaminu.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Z.Dyląg, A. Jakubowicz, Z. Orłoś, Wytrzymałość materiałów, WNT, Tom I-1996, Tom II - 1997.
2. R. Pyrz, A. Tylikowski, Wytrzymałość materiałów, WPW, 1983.
3. Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów, Praca zbiorowa pod redakcją K. Gołosia i J. Osińskiego, WPW, 20014.
4. E.Niezgodziński, T. Niezgodziński, Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów, WNT, Warszawa.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_W1:**

Ma wiedzę o teorii stanu naprężenia i odkształcenia w stanie dwu i trzyosiowym. Posiada wiedzę o wytężenie materiału i naprężeniu zastępczym dla wieloosiowego stanu obciążenia. Zna wybrane hipotezy / hipoteza Coulomba-Treski, hipoteza Hubera-Misesa-Hencky’ego/ i zna zasady prowadzenia obliczeń wytrzymałościowych w stanie dwu i trzyosiowym.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń, praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W02, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_W2:**

Ma wiedzę o metodach energetycznych obliczania układów liniowo-sprężystych. Zna twierdzenia o wzajemności prac i wzajemności przemieszczeń. Umie wyznaczać przemieszczenia kilkoma metodami / Twierdzenie Castigliana. Metoda Maxwella-Mohra, sposób Wereszczagina, Równania kanoniczne/. Zna zasady analizy układów zewnętrznie i wewnętrznie statycznie niewyznaczalnych.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń, praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06, KMiBM\_W07

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W02, InzA\_W03, T1A\_W04, InzA\_W04

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_W3:**

Ma podstawą wiedzę o stateczności prętów prostych /Wyboczenie sprężyste. Zagadnienie Eulera. Siła krytyczna. Smukłość pręta. Wyboczenie posprężyste. Prosta Tetmajera, parabola Johnsona-Ostenfelda. Metoda energetyczna (Timoshenki-Ritza) wyznaczania siły krytycznej/. Zna zasady prowadzenia obliczeń prętów prostych na wyboczenie.

Weryfikacja:

Egzamin, praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W02, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_W4:**

Ma podstawą wiedzę o analizie powłok cienkościennych w stanie błonowym /Stan naprężenia i odkształcenia w ściance powłoki/.

Weryfikacja:

Egzamin. praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W02, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_W5:**

Ma podstawą wiedzę o skręcaniu prętów cienkościennych. Zna zasady analizy stanu naprężenia i odkształcenia – profile otwarte i zamknięte. Wzory Bredta.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W02, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_W6:**

Ma podstawą wiedzę o obciążeniach cyklicznych i wytrzymałości zmęczeniowej /Zawisko zmęczenia materiału. Obciążenia okresowe. Krzywa cyklicznego odkształcenia. Badania zmęczeniowe. Krzywa Wohlera. Wykres Smitha. Kumulacja uszkodzeń/. Ma wiedzę z podstaw reologii /Zjawiska pełzania i relaksacji, podstawowe modele reologiczne materiałów lepkosprężystych/

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W02, InzA\_W03

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_U1:**

Potrafi analizować złożone stany obciążenia 3D Jednoczesne zginanie i rozciąganie lub ściskanie prętów prostych i ram. Zginanie ze ścinaniem. Zginanie ze skręcaniem - obliczenia wałów/. Umie wyznaczyć rdzeń przekroju.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń, praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_U2:**

Potrafi analizować i prowadzić obliczenia metodami energetycznymi układów statycznie wyznaczalnych dla złożonych wieloosiowych stanów obciążenia. Potrafi obliczać układy statycznie zewnętrznie i wewnętrznie niewyznaczalne.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń, praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_U3:**

Potrafi przeprowadzić podstawowe obliczenia stateczności prętów prostych. /Wyboczenie sprężyste i posprężyste/.

Weryfikacja:

Egzamin. praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_U4:**

Potrafi przeprowadzić analizę stanu naprężenia w powłokach cienkościennych w stanie błonowym /Umie przeprowadzić podstawowe obliczanie zbiorników cienkościennych - kulistego, walcowego i stożkowego/.

Weryfikacja:

Egzamin. praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_U5:**

Potrafi przeprowadzić podstawowe obliczenia stanu naprężenia i odkształcenia w skręcanych prętach cienkościennych – profile otwarte i zamknięte.

Weryfikacja:

Egzamin. praca domowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-IZP-0219\_U6:**

Potrafi przeprowadzić elementarną analizę w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01