

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Lądowej

Kierunek studiów: Budownictwo

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: BUD

Stopień studiów: II

Specjalności: Infrastruktura drogowa i kolejowa (profil: Drogi samochodowe)

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Teoria sprężystości i plastyczności
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Theory of Elasticity and Plasticity
KOD PRZEDMIOTU	WIL BUD oIIN C5 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
SEMESTRY	1

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA AUDYTORYJNE	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	SEMINARIUM
1	18	0	0	0	12	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Wprowadzenie podstawowych pojęć Mechaniki Ośrodków Ciągłych związanych z materialnym i przestrzennym opisem ruchu ośrodka ciągłego w odniesieniu do stanu deformacji, naprężenia i równań konstytutywnych, sformułowanie zagadnienia brzegowego nieliniowej teorii sprężystości i sprecyzowanie warunków pozwalających na jego linearyzację.

Cel 2 Przedstawienie zagadnienia brzegowego liniowej teorii sprężystości i wybranych metod jego rozwiązywania bazujących zarówno na sformułowaniu lokalnym (różniczkowym) jak i globalnym (wariacyjnym) z odniesieniem do Metody Elementów Skończonych.

Cel 3 Zapoznanie z wyidealizowanymi modelami zachowania się ciał plastycznych.

Cel 4 Przygotowanie studenta do prowadzenia pracy naukowej, poprzez zaznajomienie go z współczesnym opisem zagadnień mechaniki ośrodków ciągłych

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Brak wymagań

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student formułuje problem brzegowy nieliniowej teorii sprężystości w opisie materialnym i przestrzennym, definiuje i objaśnia fizyczny sens użytych w tym sformułowaniu różnych miar deformacji i naprężeń.

EK2 Umiejętności Dla zadanej deformacji student potrafi w obu opisach wyznaczyć stosowne miary deformacji i naprężeń.

EK3 Wiedza Student formułuje problem brzegowy liniowej teorii sprężystości, analizuje strukturę matematyczną otrzymanego kompletu równań i objaśnia wybrane metod jego rozwiązywania.

EK4 Umiejętności Wykorzystując metody ścisłe i przybliżone student potrafi modelować oraz rozwiązywać zagadnienia liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do wybranych elementów konstrukcyjnych takich jak tarcze, płyty, niekonwencjonalne pręty.

EK5 Wiedza Student definiuje podstawowe pojęcia liniowej teorii plastyczności.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	Analiza deformacji dla przyjętych funkcji ruchu. Ilustracja graficzna opisu materialnego i przestrzennego.	2
P2	Materialne i przestrzenne miary deformacji. Biegunowy rozkład gradientu deformacji.	2
P3	Miary naprężeń: tensory naprężeń Cauchy'ego oraz Pioli-Kirchhoffa I i II rodzaju w prostym zagadnieniu brzegowym.	2
P4	Zastosowanie rozwiązań klasycznych zagadnień liniowej teorii sprężystości.	2
P5	Rozwiązanie tarczy sprężystej Metodą Różnic Skończonych	2
P6	Graniczna nośność plastyczna przekroju rozciąganego, przekroju zginanego i rury grubościennnej.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Kinematyka ciał odkształcalnych: wektory przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia, wektor obrotu. Opis materialny i przestrzenny ruchu ciał odkształcalnych- gradient przemieszczenia i jego rozkład biegunowy, tensory rozciągnięcia, tensor obrotu, tensory deformacji i tensory odkształcenia w opisie materialnym i przestrzennym. Zmiana długości krzywej materialnej, zmiana pola powierzchni oraz zmiana objętości po deformacji. Linearyzacja równań.	4
W2	Masa i gęstość masy, zasada zachowania masy, równanie ciągłości masy. Wektory naprężenia i stan naprężenia, zasady pędu i krętu, równania ruchu w opisie materialnym i przestrzennym, linearyzacja równań.	4
W3	Równania konstytutywne - najogólniejsza postać równań konstytutywnych; materiał prosty, z pamięcią, sprężysty, hiper sprężysty, anizotropowy, niejednorodny, prawo Hooke'a.	2
W4	Wybrane zagadnienia liniowej teorii sprężystości - płaski stan naprężenia i odkształcenia, uogólniony związek fizyczny dla obu stanów, tarcze i płyty sprężyste, funkcja naprężeń Airy'ego. Liniowa teoria sprężystości. Równania Lamgo, równania Beltramiego-Michella.	3
W5	Metody wariacyjne w teorii sprężystości. Zasada przemieszczeń wirtualnych, twierdzenie Lagrangea, zasada naprężeń wirtualnych, twierdzenie Castigliano. Zasada wzajemności Bettiego-Maxwella. Metoda Galerkina w zastosowaniu do sformułowania wariacyjnego - Metoda Elementów Skończonych.	2
W6	Zagadnienia teorii sprężystości w biegunowym układzie współrzędnych: osiowo-symetryczne zagadnienie teorii sprężystości, zadanie Lamgo, klin sprężysty, półpłaszczyzna sprężysta - zagadnienie Flamanta.	1
W7	Warunki plastyczności Coulomba-Tresca-Guesta, Hubera-Misesa-Henckyego. Powierzchnia plastyczności oraz postulaty Druckera. Procesy czynne i bierne, charakterystyka procesu odciążenia. Teoria Henckyego-Iliuszyna. Teorie Lvyego-Misesa oraz Prandtla-Reussa. Wzmocnienie plastyczne (kinematyczne i izotropowe) i efekt Bauschingera.	2

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia projektowe

N3 Konsultacje

N4 Zadania tablicowe

N5 Dyskusja

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	30
Konsultacje przedmiotowe	7
Egzaminy i zaliczenia w sesji	3
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	15
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	35
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	90
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Projekt indywidualny

F2 Kolokwium

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Zaliczenie pisemne

P2 Średnia ważona ocen formujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie oceny pozytywnej z każdego efektu.

W2 Ocena w indeksie jest średnią ważoną ocen z poszczególnych efektów kształcenia.

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	*

NA OCENĘ 3.0	Student formułuje problem brzegowy nieliniowej teorii sprężystości w opisie materialnym i przestrzennym, definiuje wielkości fizyczne użyte w każdym z opisów oraz przedstawia warunki jego linearyzacji.
NA OCENĘ 3.5	*
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto wypowiada i objaśnia poznane postulaty i twierdzenia z kinematyki, dynamiki i teorii równań konstytutywnych MOC.
NA OCENĘ 4.5	*
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto przedstawia szkic dowodów podstawowych twierdzeń MOC, objaśnia sens fizyczny takich pojęć jak pochodna materialna, biegunowy rozkład gradientu deformacji, objaśnia różnicę między wektorem i tensorem naprężenia Cauchy'ego a wektorami i tensorami naprężenia Pioli-Kirchhoffa.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	*
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi dla zadanych funkcji ruchu ośrodka ciągłego wyznaczyć gradient deformacji i dokonać jego biegunowego rozkładu oraz wyznaczyć tensory deformacji, odkształcenia i wektor przemieszczenia w opisie materialnym i przestrzennym.
NA OCENĘ 3.5	*
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto dla zadanej deformacji i związków fizycznych potrafi wyznaczyć tensory naprężenia Cauchy'ego i Pioli-Kirchhoffa oraz wyjaśnić ich sens fizyczny.
NA OCENĘ 4.5	*
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi dla zadanej deformacji wyznaczyć zmianę objętości, pola powierzchni i długości łuku krzywej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	*
NA OCENĘ 3.0	Student formułuje statyczny problem brzegowy liniowej teorii sprężystości, definiuje użyte wielkości fizyczne, objaśnia strukturę matematyczną układu równań, oraz przedstawia zagadnienie brzegowe w przypadku dwuwymiarowym (płaski stan naprężenia i płaski stan odkształcenia).
NA OCENĘ 3.5	*
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto definiuje kinematycznie dopuszczalne pole przemieszczeń i statycznie dopuszczalne pole naprężeń, objaśnia poznane metody półodwrotne rozwiązywania zagadnienia brzegowego liniowej teorii sprężystości.
NA OCENĘ 4.5	*

NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto przedstawia poznane zasady wariacyjne liniowej teorii sprężystości i ich związek z Metodą Elementów Skończonych. Student zna rozwiązanie zagadnienia Flamanta i na jego przykładzie objaśnia sens funkcji Greena w zagadnieniach liniowej teorii sprężystości.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	*
NA OCENĘ 3.0	Student formułuje zagadnienie brzegowe tarczy sprężystej wyrażone przez funkcję naprężeń Airy'ego i potrafi za pomocą Metody Różnic Skończonych (MRS) zamienić problem brzegowy na układ równań algebraicznych, rozwiązać go i dokonać analizy stanu naprężenia w wybranym punkcie tarczy. Student przedstawia zagadnienie brzegowe płyty sprężystej i potrafi za pomocą MRS wyznaczyć odpowiedni układ równań algebraicznych, rozwiązać go i wyznaczyć w wybranym punkcie płyty tensor momentów.
NA OCENĘ 3.5	*
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto potrafi z wykorzystaniem Metody Ritz'a rozwiązać problem płyty i zagadnienie belki na podłożu sprężystym.
NA OCENĘ 4.5	*
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi wyjaśnić i uzasadnić sposób wykorzystania wyznaczonych momentów do zbrojenia płyty żelbetowej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	*
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi zdefiniować warunki plastyczności Tresci, H-M=H, Coulomba-Mohra i Druckera-Pragera i naskicować powierzchnię płynięcia dla każdego z tych warunków.
NA OCENĘ 3.5	*
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto potrafi wyjaśnić sens procesów: obciążenia, neutralnego i odciążenia.
NA OCENĘ 4.5	*
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi przedstawić sprężysto-plastyczne związki fizyczne w teorii Prandtla-Reussa.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1		Cel 1 Cel 4	w1 w2 w3 w4	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK2		Cel 1 Cel 4	p1 p2 p3 p4	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1 P2
EK3		Cel 2 Cel 4	p5 p6	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK4		Cel 2 Cel 4	p6	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1 P2
EK5	K_W04	Cel 3 Cel 4	p6 w7	N1 N2 N3 N4	F1 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Ostrowska-Maciejewska J — *Mechanika Ciał Odkształcalnych*, Warszawa, 1994, PWN
- [2] | Paluch M. — *Podstawy teorii sprężystości i plastyczności z przykładami*, Kraków, 2006, Wydawnictwo PK
- [3] | Paweł Szeptyński — *Teoria sprężystości*, Kraków, 2020, Wydawnictwo PK

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Jacek Skrzypek — *Plastyczność i pełzanie. Teoria, zastosowania, zadania*, Warszawa, 1986, PWN

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. prof. PK Dorota Jasińska (kontakt: djasinska@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 Dr inż. Marian Świerczek (kontakt: mswiercz@gmail.com)
- 2 Dr inż. Nadzieja Jurkowska (kontakt: nadzieja.jurkowska@pk.edu.pl)
- 3 Dr inż. Paweł Szeptyński (kontakt: pszeptynski@pk.edu.pl)
- 4 Prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: mikul@pk.edu.pl)
- 5 dr hab. inż. ,prof.PK Dorota Jasińska (kontakt: djasinska@pk.edu.pl)
- 6 Dr inż. Dorota Kropiowska (kontakt: dkropiowska@pk.edu.pl)
- 7 Dr inż. Anna Stręć (kontakt: anna.strek@pk.edu.pl)
- 8 Mgr inż. Olga Dąbrowska (kontakt: olga.dabrowska@pk.edu.pl)



13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....