

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Inżynierii Lądowej

Kierunek studiów: Budownictwo

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: BUD

Stopień studiów: II

Specjalności: Infrastruktura transportu lotniczego

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Teoria sprężystości i plastyczności
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Theory of Elasticity and Plasticity
KOD PRZEDMIOTU	WIL BUD oIIS C6 15/16
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	2.00
SEMESTRY	1

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA AUDYTORYJNE	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	SEMINARIUM
1	30	0	0	0	15	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 brzegowej 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.

## 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

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Wstęp. Modele teorii sprężystości i plastyczności, ich znaczenie i miejsce w mechanice ciał odkształcalnych, opis ruchu ciał odkształcalnych..	2
<b>W2</b>	Opis deformacji - miary deformacji w opisie materialnym i przestrzennym: wektor przemieszczenia, gradient deformacji, biegunowy rozkład gradientu, tensory deformacji, tensory odkształcenia, wydłużenie, wydłużenie względne, zmiana objętości, zmiana pola powierzchni, zmiana długości krzywej materialnej, linearyzacja	8
<b>W3</b>	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
<b>W4</b>	Równania konstytutywne - najogólniejsza postać równań konstytutywnych; materiał prosty, z pamięcią, sprężysty, hiper sprężysty, anizotropowy, niejednorodny, prawo Hooke'a.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W5</b>	Wybrane zagadnienia liniowej teorii sprężystości - płaski stan naprężenia i odkształcenia, uogólniony związek fizyczny dla obu stanów, tarcze i płyty sprężyste, funkcja naprężeń Airy'ego, równanie tarczy wraz warunkami brzegowymi, MRS.	6
<b>W6</b>	Metody wariacyjne teorii sprężystości- zasada przemieszczeń przygotowanych, zasada naprężeń przygotowanych, twierdzenie Lagrange'a o minimum energii potencjalnej, twierdzenie Castigliano o maksimum energii komplementarnej, równania Lagrange'a-Ritza oraz Castigliano-Ritza, ich związek z Metodą Elementów Skończonych.	4
<b>W7</b>	Zagadnienia teorii sprężystości w biegunowym układzie współrzędnych: osiowo-symetryczne zagadnienie teorii sprężystości, zadanie Lamego, klin sprężysty, półpłaszczyzna sprężysta - zagadnienie Flamanta.	2
<b>W8</b>	Elementy teorii plastyczności: odkształcenia plastyczne, warunki plastyczności H-M-H oraz Tresci, nośność graniczna, uplastycznienie rury grubościennej.	2

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>P1</b>	Analiza deformacji dla przyjętych funkcji ruchu. Ilustracja graficzna opisu materialnego i przestrzennego.	2
<b>P2</b>	Materialne i przestrzenne miary deformacji. Biegunowy rozkład gradientu deformacji.	2
<b>P3</b>	Miary naprężeń: tensory naprężeń Cauchy'ego oraz Pioli-Kirchhoffa I i II rodzaju w prostym zagadnieniu brzegowym.	2
<b>P4</b>	Zadanie odwrotne nieliniowej teorii sprężystości - odtworzenie obciążenie brzegu dla zadanej deformacji	2
<b>P5</b>	Rozwiązanie tarczy sprężystej MRS. .Rozwiązanie płyty sprężystej MRS.	4
<b>P6</b>	Metoda Lagrange'a-Ritza, Castigliano- Ritza w zadaniach liniowej teorii sprężystości.	2
<b>P7</b>	Graniczna nośność plastyczna rury grubościennej.	1

## 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
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	7
Egzaminy i zaliczenia w sesji	3
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	15
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	20
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>90</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	2.00

## 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 naszkicować 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	K_W03 K_W04	Cel 1	w1 w2 w3 w4 p1 p2 p3 p4	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK2	K_W03 K_W04	Cel 1	w1 w2 w3 w4 p1 p2 p3 p4	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1 P2
EK3	K_W03 K_W04	Cel 2	w5 w6 w7 p5 p6	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK4	K_W03 K_W04 K_U04 K_U06 K_U13	Cel 2	w6 w7 p5 p6	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1 P2
EK5	K_W03 K_W04	Cel 3	w8 p7	N1 N2 N3 N4	F1 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] Ostrowska-Maciejewska J — *Mechanika Ciał Odkształcalnych*, Warszawa, 1994, PWN  
 [2 ] Paluch M. — *Teoria Sprężystości i Plastyczności*, Kraków, 2006, Wydawnictwo PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] Waszczyszyn Z., Radwańska M. — *Dźwigary powierzchniowe*, Kraków, 1985, Wydawnictwo PK

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: ps@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 Prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: ps@pk.edu.pl)
- 2 Dr inż. Marian Świerczek (kontakt: mswiercz@gmail.com)
- 3 Dr inż. Marian Mikołajek (kontakt: marianmikalajek@interia.pl)
- 4 Dr inż. Paweł Szeptyński (kontakt: pawel.szeptynski@gmail.com)
- 5 Dr inż. Szymon Sobczyk (kontakt: szymek.sobczyk@gmail.com)



## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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