

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

Wydział Inżynierii Lądowej

Kierunek studiów: Budownictwo

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: BUD

Stopień studiów: II

Specjalności: Budowle - informacja i modelowanie (BIM), Budownictwo hydrotechniczne i geotechnika, Drogi samochodowe i kolejowe (profil: Drogi kolejowe), Drogi samochodowe i kolejowe (profil: Drogi samochodowe), Konstrukcje budowlane i inżynierskie (profil: Konstrukcje budowlane), Konstrukcje budowlane i inżynierskie (profil: Mosty i budowle podziemne), Mechanika konstrukcji inżynierskich, Mosty i budowle podziemne, Technologia i organizacja budownictwa

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 C5 20/21
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	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 zakresie kinematyki i dynamiki ciał odkształcalnych oraz związków 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) wraz z odniesieniem do Metody Elementów Skończonych.
- Cel 3** Zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami liniowej teorii sprężystości oraz metodami ich rozwiązywania.
- Cel 4** Zapoznanie z klasycznymi warunkami plastyczności oraz wyidealizowanymi modelami zachowania się ciał plastycznych. Omówienie wybranych zagadnień nośności plastycznej elementów konstrukcyjnych oraz konstrukcji.
- Cel 5** Przygotowanie studenta do pracy naukowej.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Podstawowe umiejętności z zakresu rachunku różniczkowo-całkowego - obliczanie pochodnych funkcji jednej i wielu zmiennych, całek oznaczonych i nieoznaczonych funkcji jednej zmiennej, całek krzywoliniowych, całek wielokrotnych.
- 2 Podstawowe umiejętności z zakresu rachunku macierzowego - działania na macierzach, obliczanie wyznaczników, zagadnienie własne.
- 3 Wiedza z zakresu klasycznych zasad dynamiki punktu materialnego i bryły sztywnej.

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 ściśle i przybliżone metody jego rozwiązywania.
- EK4 Umiejętności** Student wykorzystuje klasyczne rozwiązania liniowej teorii sprężystości do modelowania i rozwiązywania zagadnień deformacji ciał odkształcalnych.
- EK5 Wiedza** Student definiuje podstawowe pojęcia liniowej teorii plastyczności.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Wprowadzenie do mechaniki ciał odkształcalnych, wstępna charakterystyka zjawisk sprężystych, plastycznych i reologicznych. Wprowadzenie do kinematyki - wektory przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia, wektor obrotu. Opis materialny i przestrzenny ruchu ciał odkształcalnych.	2
W2	Kinematyka ciał odkształcalnych - gradient przemieszczenia i jego rozkład biegunowy, tensory rozciągnięcia, tensor obrotu, tensory deformacji i tensory odkształcenia w opisie materialnym i przestrzennym. Linearyzacja geometryczna, tensory małych odkształceń i małych obrotów. Interpretacja składowych tensora małych odkształceń. Zmiana długości krzywej materialnej, zmiana pola powierzchni oraz zmiana objętości po deformacji.	6
W3	Masa i gęstość masy, zasada zachowania masy i równanie ciągłości masy. Siły zewnętrzne powierzchniowe i objętościowe, wewnętrzne siły powierzchniowe, wektor naprężenia. Warunki czworościanu. Tensorowe miary stanu naprężenia. Zasady dynamiki dla ciała odkształcalnego, równania ruchu w opisie materialnym i przestrzennym	5
W4	Związki konstytutywne. Postulaty materiałowe. Materiał sprężysty, materiał hipersprężysty. Izotropia, anizotropia, jednorodność, niejednorodność. Izotropowy materiał hipersprężysty. Materiał Hooke'a.	2
W5	Liniowa teoria sprężystości. Równania Lamgo, równania Beltramiego-Michella. Płaski stan naprężenia i płaski stan odkształcenia. Tarcze sprężyste. Funkcja Airy'ego. Twierdzenie Lvy'ego. Warunki brzegowe dla funkcji Airy'ego. Zagadnienia płaskie w układzie współrzędnych biegunowych, rozwiązanie Michella.	5
W6	Wybrane zagadnienia liniowej teorii sprężystości. Zagadnienie podstawowe liniowej teorii sprężystości, siła skupiona w przestrzeni sprężystej (zagadnienie Kelvina). Zagadnienie osiowo-symetryczne (zagadnienie Lamgo). Zagadnienie klina sprężystego i półpłaszczyzny sprężystej (zagadnienie Flamanta).	4
W7	Metody wariacyjne w teorii sprężystości. Zasada przemieszczeń wirtualnych, twierdzenie Lagrange'a, zasada naprężeń wirtualnych, twierdzenie Castigliano. Zasada wzajemności Bettiego-Maxwella. Metoda Galerkina w zastosowaniu do sformułowania wariacyjnego - Metoda Elementów Skończonych.	4
W8	Warunki plastyczności Coulomba-Tresca-Guesta, Hubera-Misesa-Hencky'ego, Burzyńskiego. Powierzchnia plastyczności oraz postulaty Druckera. Procesy czynne i bierne, charakterystyka procesu odciażenia. Teoria Hencky'ego-Iliuszyna. Teorie Lvy'ego-Misesa oraz Prandtla-Reussa. Wzmocnienie plastyczne (kinematyczne i izotropowe) i efekt Bauschingera.	2

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	Przestrzenny i materialny opis deformacji. Gradient deformacji i jego rozkład biegunowy. Zagadnienie własne dla macierzy 3x3 oraz 2x2	3

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P2	Miary deformacji w opisie materialnym i przestrzennym. Zmiana długości krzywej materialnej, zmiana pola powierzchni po odkształceniu.	3
P3	Miary naprężenia. Wyznaczanie stanu naprężenia oraz odtworzenie obciążenia masowego i brzegowego dla zadanej deformacji	3
P4	Zastosowanie rozwiązań klasycznych zagadnień liniowej teorii sprężystości.	2
P5	Rozwiązanie tarczy sprężystej Metodą Różnic Skończonych	2
P6	Wyznaczenie nośności plastycznej przekroju rozciąganego, przekroju zginanego, przekroju skręcanego, rury grubościennej.	2

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Konsultacje

N4 Ćwiczenia projektowe

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	4
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	10
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	25
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	87
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Projekt indywidualny

F2 Projekt zespołowy

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Zaliczenie pisemne

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

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

W2 Warunkiem zaliczenia jest oddanie i zaliczenie wydanych ćwiczeń projektowych.

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
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 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto wypowiada i objaśnia poznane postulaty i twierdzenia z zakresu kinematyki, dynamiki i teorii równań konstytutywnych mechaniki ośrodków ciągłych.
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto przedstawia koncepcję dowodów podstawowych twierdzeń mechaniki ośrodków ciągłych oraz wyprowadzeń poznanych zależności, objaśnia sens fizyczny takich pojęć jak pochodna materialna, biegunowy rozkład gradientu deformacji, objaśnia różnicę między wektorem i tensorem naprężenia Cauchyego a wektorami i tensorami naprężenia Pioli-Kirchhoffa
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
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 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto dla zadanej deformacji i związków fizycznych potrafi wyznaczyć tensory naprężenia Cauchyego i Pioli-Kirchhoffa 1 i 2 rodzaju, wektor obciążenia masowego oraz obciążenie brzegu.
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 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 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. Student zna charakterystykę rozwiązania zagadnienia brzegowego przy użyciu równań Lamgo oraz równań Beltrami-Michella.
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto przedstawia poznane zasady wariacyjne i twierdzenia energetyczne liniowej teorii sprężystości oraz ich związek z Metodą Elementów Skończonych. Student objaśnia sens funkcji Greena w zagadnieniach liniowej teorii sprężystości na przykładzie rozwiązania Flamanta lub rozwiązania Kelvina lub innych poznanych rozwiązań.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi postawić zagadnienia: Kelvina, Boussinesqa, Cerrutiego, Flamanta, Hertza, Lamgo i Kirscha.
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0, a ponadto potrafi zidentyfikować problemy projektowe, których rozwiązanie znajduje się za pomocą wspomnianych zagadnień.
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0, a ponadto potrafi zastosować zasadę superpozycji oraz metodę funkcji Greena do znanych klasycznych rozwiązań liniowej teorii sprężystości.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi zdefiniować warunki plastyczności Coulomba-Tresca-Guesta, Hubera-Misesa-Hencky'ego i naszkicować powierzchnię płynięcia dla każdego z tych warunków.
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto potrafi zdefiniować warunek plastyczności Burzyńskiego, przedstawić postulaty Druckera oraz objaśnić sens procesów czynnych, procesów biernych, procesu odciążenia.
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi objaśnić sens zjawisk wzmocnienia plastycznego i efektu Bauschingera, a także potrafi przedstawić związki fizyczne w teoriach Hencky'ego-Iliuszyna, Lvy'ego-Misesa oraz 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_W01 K_W03 K_W04	Cel 1 Cel 5	w1 w2 w3 w4	N1 N2 N3 N4	P1
EK2	K_W01 K_W03 K_W04 K_U13 K_U18 K_K01 K_K02	Cel 1	p1 p2 p3	N1 N2 N3 N4	F1 P1
EK3	K_W01 K_W03 K_W04	Cel 2 Cel 5	w1 w2 w3 w4 w5 w7	N1 N2 N3 N4	P1
EK4	K_W01 K_W03 K_W04 K_U13 K_U18 K_K01 K_K02	Cel 3 Cel 5	w6 p4	N1 N2 N3 N4	F2
EK5	K_W01 K_W03 K_W04	Cel 4 Cel 5	w8 p6	N1 N2 N3 N4	P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Paweł Szeptyński** — *Teoria sprężystości*, , 0,
- [2] | **Marian Paluch** — *Podstawy teorii sprężystości i plastyczności z przykładami.*, Kraków, 2006, Wydawnictwo PK
- [3] | **Janina Ostrowska-Maciejewska** — *Mechanika ciał odkształcalnych*, Warszawa, 1994, PWN

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. Paweł Szeptyński (kontakt: pszeptynski@pk.edu.pl)
- 2 prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: mikul@pk.edu.pl)

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

4 dr inż. Nadzieja Jurkowska (kontakt: nadzieja.jurkowska@pk.edu.pl)

5 dr inż. Dorota Kropiowska (kontakt: dkropiowska@pk.edu.pl)

6 dr inż. Anna Stręk (kontakt: anna.strek@pk.edu.pl)

7 dr inż. Marian Świerczek (kontakt: mswierczek@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)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....