

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Inżynieria Medyczna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: II

Specjalności: Inżynieria kliniczna

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Modelowanie materiałów dla inżynierii medycznej |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                                                 |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM IMED oHS B17 23/24                           |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe                           |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                                            |
| SEMESTRY                                | 3                                               |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 3       | 15     | 15        | 0            | 0                                | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie z danymi eksperymentalnymi oraz podstawami modelowania materiałów dla inżynierii biomedycznej.

**Cel 2** Zdobycie umiejętności w zakresie modelowania materiałów dla inżynierii materiałowej.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Znajomość wytrzymałości materiałów.
- 2 Znajomość podstaw teorii sprężystości, plastyczności oraz reologii.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student który zaliczył przedmiot posiada wiadomości z zakresu mechaniki materiałów.

**EK2 Wiedza** Student który zaliczył przedmiot posiada wiadomości z zakresu modelowania materiałów sprężystych, sprężysto-kruchych, sprężysto-plastycznych ze wzmocnieniem, reologicznych oraz nowoczesnych materiałów biomedycznych.

**EK3 Umiejętności** Student który zaliczył przedmiot posiada umiejętności w zakresie modelowania konstytutywnego materiałów izotropowych, ortotropowych oraz anizotropowych zawierających efekty termiczne wpływ uszkodzeń.

**EK4 Umiejętności** Student który zaliczył przedmiot posiada umiejętności w zakresie modelowania materiałów intermetalicznych, kompozytów metalowo-ceramicznych oraz materiałów typu FGM oraz TBC.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD |                                                                                                                               |                  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP     | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| W1     | Obserwacje eksperymentalne. Jednowymiarowe modele ciał odkształcalnych.                                                       | 1                |
| W2     | Przestrzenne stany naprężenia i odkształcenia. Wprowadzenie do kryteriów stanów niebezpiecznych.                              | 1                |
| W3     | Podstawy kontinualnej mechaniki uszkodzeń i mechaniki pękania. Równania fizyczne teorii liniowej sprężystości.                | 1                |
| W4     | Modelowanie naprężeń termicznych w materiałach sprężystych. Materiały nieliniowo-sprężyste.                                   | 1                |
| W5     | Rozwój uszkodzeń w materiałach kruchych. Ograniczenie zakresu odkształceń sprężystych.                                        | 1                |
| W6     | Warunki idealnej plastyczności materiałów izotropowych. Podstawowe modele idealnej plastyczności.                             | 1                |
| W7     | Plastyczne wzmocnienie materiałów. Rozwój uszkodzeń w materiałach sprężysto-plastycznych.                                     | 2                |
| W8     | Zniszczenie metali w warunkach obciążeń cyklicznych. Pełzanie i relaksacja metali w podwyższonych temperaturach.              | 1                |
| W9     | Rozwój uszkodzeń i pękania w warunkach pełzania w metalach. Wyznaczenie czasu krytycznego z uwagi na pełzanie trzeciorzędowe. | 1                |
| W10    | Mechanika materiałów intermetalicznych i kompozytów metalowo-ceramicznych.                                                    | 1                |

| WYKŁAD     |                                                                                                                        |                  |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                 | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W11</b> | Mechanika materiałów z funkcjonalnie projektowaną niejednorodnością.                                                   | 2                |
| <b>W12</b> | Zastosowanie i modelowanie materiałów kompozytowych. Mechanika i modelowanie materiałów o szczególnych właściwościach. | 2                |

| ĆWICZENIA  |                                                                                                                                                             |                  |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                      | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b>  | Zachowania zaawansowanych materiałów w złożonych warunkach obciążeń termomechanicznych. Sprężystość, plastyczność, reologia, obciążenia cykliczne.          | 1                |
| <b>C2</b>  | Przestrzenne stany naprężenia i odkształcenia. Wprowadzenie do kryteriów stanów niebezpiecznych.                                                            | 1                |
| <b>C3</b>  | Modelowanie rozwoju uszkodzeń i pękania. Materiał izotropowy, ortotropowy oraz ogólna anizotropia sprężysta.                                                | 1                |
| <b>C4</b>  | Modelowanie naprężeń termicznych w materiałach sprężystych. Materiały porowate oraz kauczuko-podobne.                                                       | 1                |
| <b>C5</b>  | Rozwój uszkodzeń w materiałach kruchych. Ograniczenie zakresu odkształceń sprężystych.                                                                      | 1                |
| <b>C6</b>  | Warunki Treski-Guesta, Hubera-Misesa-Henckyego, Burzyńskiego. Teorie Hencky-Iliuszyna, Levy-Misesa, Prandtl-Reussa, prawa stowarzyszone i niestowarzyszone. | 2                |
| <b>C7</b>  | Wzmocnienie izotropowe, kinematyczne, mieszane, model wielopowierzchniowy. Wpływ uszkodzeń na warunek plastyczności.                                        | 1                |
| <b>C8</b>  | Zniszczenie nisko-cyklowe i wysoko-cyklowe. Podstawowe równania pełzania.                                                                                   | 1                |
| <b>C9</b>  | Materiały typu miedź, stopy aluminium, stale nierdzewne, materiały do implantów. Wyznaczenie czasu krytycznego z uwagi na pełzanie trzeciorzędowe.          | 2                |
| <b>C10</b> | Wytwarzanie i podstawy modelowania materiałów intermetalicznych i kompozytów metalowo-ceramicznych. Materiały FGM, wytwarzanie i podstawy modelowania.      | 2                |
| <b>C11</b> | Cienkie warstwy i powłoki termiczne (TBC).                                                                                                                  | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Konsultacje

N3 Zadania tablicowe

N4 Ćwiczenia

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 30                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 20                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 0                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 10                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>60</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 2.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                              |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi zapisać równań podstawowych jednowymiarowych modeli materiałów sprężystych oraz sprężysto-kruchych.                      |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi zapisać równania podstawowych jednowymiarowych modeli materiałów sprężystych oraz sprężysto-kruchych w stopniu dostatecznym. |

|                     |                                                                                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi zapisać równania podstawowych jednowymiarowych modeli materiałów sprężystych oraz sprężysto-kruchych w stopniu bardzo dobrym. |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi zapisać równania podstawowych jednowymiarowych modeli materiałów sprężysto-plastycznych w stopniu dostatecznym.               |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi zapisać równania podstawowych jednowymiarowych modeli materiałów sprężysto-plastycznych w stopniu bardzo dobrym.              |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi zapisać równania podstawowych jednowymiarowych modeli materiałów reologicznych.                                               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi zapisać równań trójosiowych modeli materiałów sprężystych oraz sprężysto-kruchych.                                        |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi zapisać równania trójosiowych modeli materiałów sprężystych oraz sprężysto-kruchych w stopniu dostatecznym.                   |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi zapisać równania trójosiowych modeli materiałów sprężystych oraz sprężysto-kruchych w stopniu bardzo dobrym.                  |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi zapisać równania trójosiowych modeli materiałów sprężysto-plastycznych ze wzmocnieniem w stopniu dostatecznym.                |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi zapisać równania trójosiowych modeli materiałów sprężysto-plastycznych ze wzmocnieniem w stopniu bardzo dobrym.               |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi zapisać równania trójosiowych modeli materiałów reologicznych oraz nowoczesnych materiałów biomedycznych.                     |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi modelować materiałów izotropowych.                                                                                        |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi modelować materiały izotropowe w stopniu dostatecznym.                                                                        |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi modelować materiały izotropowe w stopniu bardzo dobrym.                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi modelować materiały ortotropowe w stopniu dostatecznym.                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi modelować materiały ortotropowe w stopniu bardzo dobrym.                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi modelować materiały anizotropowe zawierające efekty termiczne oraz wpływ uszkodzenia.                                         |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi modelować materiałów intermetalicznych.                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi modelować materiały intermetaliczne w stopniu dostatecznym.                                                                   |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi modelować materiały intermetaliczne w stopniu bardzo dobrym.                                                                  |

|              |                                                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.0 | Student potrafi modelować kompozyty metalowo-ceramiczne w stopniu dostatecznym.  |
| NA OCENĘ 4.5 | Student potrafi modelować kompozyty metalowo-ceramiczne w stopniu bardzo dobrym. |
| NA OCENĘ 5.0 | Student potrafi modelować materiały typu FGM oraz TBC.                           |

## 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 2     | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>W9 W10 W11<br>W12 C1 C2 C3<br>C4 C5 C6 C7 C8<br>C9 C10 C11 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |
| EK2               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>W9 W10 W11<br>W12 C1 C2 C3<br>C4 C5 C6 C7 C8<br>C9 C10 C11 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |
| EK3               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>W9 W10 W11<br>W12 C1 C2 C3<br>C4 C5 C6 C7 C8<br>C9 C10 C11 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1      |
| EK4               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>W9 W10 W11<br>W12 C1 C2 C3<br>C4 C5 C6 C7 C8<br>C9 C10 C11 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1      |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 | Ganczarski A, Skrzypek J. — *Plastyczność materiałów inżynierskich*, Kraków, 2009, Wyd. PK  
[2 | Skrzypek J., Ganczarski A. — *Mechanika nowoczesnych materiałów*, Kraków, 2013, Druk. PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 | Skrzypek J.J., Ganczarski A.W. — *Mechanics of anisotropic materials*, Heidelberg, 2015, Springer

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Artur, Władysław Ganczarski (kontakt: [artur.ganczarski@pk.edu.pl](mailto:artur.ganczarski@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 2 prof. dr hab. inż. Halina Egner (kontakt: [halina.egner@pk.edu.pl](mailto:halina.egner@pk.edu.pl))  
3 dr inż. Szymon Hernik (kontakt: [hernik@mech.pk.edu.pl](mailto:hernik@mech.pk.edu.pl))  
4 dr inż. Damian Szubartowski (kontakt: [dszubartowski@pk.edu.pl](mailto:dszubartowski@pk.edu.pl))  
5 dr inż. Justyna Miodowska (kontakt: [justyna.miodowska@pk.edu.pl](mailto:justyna.miodowska@pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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