

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Inżynieria Materiałowa

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: IM

Stopień studiów: I

Specjalności: Materiały i technologie przyjazne środowisku, Technologie druku 3D, Materiały konstrukcyjne i kompozyty

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                |
|-----------------------------------------|--------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Teoria i technika eksperymentu |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Theory of the experiment       |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIMiF IM oIS B15 21/22         |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty podstawowe          |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 5.00                           |
| SEMESTRY                                | 6                              |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 6       | 15     | 15        | 0            | 0                                | 0          | 15      |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Nabycie wiedzy z zakresu podstaw teoretycznych planowania eksperymentów naukowych, określenia obiektu badań oraz statystycznej analizy wyników.

**Cel 2** Uzyskanie umiejętności praktycznego zastosowania wiedzy z zakresu planowania doświadczeń i statystycznej analizy wyników badań w pracach inżynierskich oraz w realizacji prac badawczych, szczególnie w dziedzinie inżynierii materiałowej z wykorzystaniem wspomagania komputerowego.

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

- 1 Wiedza z zakresu przedmiotu: Matematyka dla inżynierów (sem. I)
- 2 Znajomość podstaw rachunku prawdopodobieństwa i statystyki na poziomie standardowego kursu matematyki na studiach technicznych oraz znajomość podstawowa programu EXCEL.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Ma wiedzę o podstawowych metodach i aparaturze badawczej stosowanych do pomiarów własności materiałów inżynierskich, zna i rozumie zasady prowadzenia badań naukowych.

**EK2 Wiedza** Zna podstawy teoretyczne planowania doświadczeń i wie jak ją zastosować do formułowania i rozwiązywania zagadnień badawczych w technice, w szczególności w zakresie metod eksperymentalnych w inżynierii materiałowej, a mianowicie: jak określić cel badań, opracować charakterystykę obiektu badań, wybrać plan doświadczenia i dostosować go do konkretnych warunków, poprzez renormowanie wartości wielkości wejściowych i przekształcenie planu do postaci rzeczywistej. Posiada informacje o dostępnych na rynku specjalistycznych programach komputerowych z zakresu Design of Experiments (DOE).

**EK3 Umiejętności** Potrafi wykorzystać techniki komputerowej nauki o materiałach w projektowaniu inżynierskim i badaniach materiałowych oraz opracowaniu wyników. Ma umiejętność planowania i przeprowadzania podstawowych metod badania materiałów inżynierskich, obsługi specjalistycznej aparatury naukowo-badawczej oraz potrafi gromadzić i opracowywać wyniki badań i oceny błędów pomiarowych.

**EK4 Umiejętności** Potrafi w oparciu o posiadaną wiedzę i z wykorzystaniem techniki komputerowej przeprowadzić czynności formalne i obliczenia matematyczne związane z opracowaniem charakterystyki obiektu badań. Jest w stanie dokonać racjonalnego wyboru teoretycznego planu doświadczenia, a następnie dostosować go do konkretnych potrzeb i możliwości badawczych, poprzez zrenormowanie wartości wielkości wejściowych i przekształcenie planu do postaci rzeczywistej oraz dokonanie jego randomizacji.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| ĆWICZENIA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| C1        | Wprowadzenie do zajęć i omówienie warunków zaliczenia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1                |
| C2        | Planowanie stanowiska pomiarowego do wyznaczenia wartości modułu sprężystości wzdłużnej ze statycznej próby zginania. Dobór elementów stanowiska oraz procedur obliczeniowych.                                                                                                                                                                                               | 2                |
| C3        | Analiza pliku danych pomiarowych uzyskanych z rzeczywistych pomiarów: wyznaczenie podstawowych statystyk próbki i estymatorów punktowych parametrów populacji oraz estymatorów przedziałowych z wykorzystaniem rozkładu normalnego. Analiza struktury próbki w oparciu o szereg rozdzielczy i jego wizualizację w formie histogramu.                                         | 2                |
| C4        | Analiza struktury pliku danych pomiarowych i test zgodności populacji z rozkładem normalnym; miary asymetrii i skośności. Zastosowanie rozkładu t-Studenta do wyznaczenia estymatorów parametrów populacji. Testy parametryczne: wartości średniej w populacji oraz różnicy między średnimi dla zmiennych ilościowych i różnicy między medianami dla zmiennych jakościowych. | 2                |

| ĆWICZENIA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C5</b> | Predykcja wartości zmiennej zależnej na podstawie wartości zmiennej niezależnej: wyznaczenie dla rzeczywistych danych pomiarowych funkcji obiektu badań metodą najmniejszych kwadratów; ocena jej adekwatności i istotności współczynników oraz błędów predykcji poprzez wyznaczenie przedziałów ufności dla prognozowanych wyników pojedynczych i wartości średnich.                      | 2                |
| <b>C6</b> | Analiza wariancji jednoczynnikowa przykład. Symulowane badania doświadczalne wpływu wielkości wejściowych na wielkość wyjściową z zastosowaniem planów randomizowanych: dla dwóch wielkości wejściowych - plan blokowy kompletny oraz dla trzech wielkości wejściowych - plan kwadratu łacińskiego; wnioskowanie w oparciu o wyniki analizy wariancji wieloczynnikowej oraz test post hoc. | 3                |
| <b>C7</b> | Przykład symulowanych badań optymalizacyjnych z wykorzystaniem wybranego planu optymalizacyjnego. Przykład zastosowania procedury Taguchiego do rozwiązania praktycznego zadania z zakresu inżynierii materiałowej.                                                                                                                                                                        | 3                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wprowadzenie do przedmiotu. Podstawy metodyki badań doświadczalnych. Istota, rola i zarys rozwoju teorii eksperymentu. Charakterystyka obiektu badań. Pojęcie i budowa planu doświadczenia; plan kompletny i plany selekcyjne. Normowanie i renormowanie wartości wielkości wejściowych: cele i sposoby normowania. Podział planu na bloki.                                                                                                                                   | 3                |
| <b>W2</b> | Technika eksperymentu. Cechy obiektu mierzonego; miary ilościowe i jakościowe; skale do ich określania. Jednostki i systemy jednostek. Pomiar i techniki mierzenia. Metody, narzędzia i systemy pomiarowe. Przykłady komputerowego wspomagania pomiarów w badaniach doświadczalnych.                                                                                                                                                                                          | 2                |
| <b>W3</b> | Model matematyczny obiektu badań. Wybór postaci ogólnej funkcji aproksymującej. Pojęcie i istota interakcji. Metody aproksymacji ; charakterystyka metody najmniejszych kwadratów. Testowanie istotności modelu oraz adekwatności funkcji aproksymującej i istotności jej współczynników. Wyznaczanie przedziałów ufności dla współczynników funkcji aproksymującej, wartości pojedynczych wyników i ich średnich. Wizualizacja i obliczenia na bazie funkcji aproksymującej. | 2                |
| <b>W4</b> | Systematyka planów doświadczeń z uwzględnieniem celów badań. Kryteria wyboru planu doświadczenia. Plany kompletne dwu- i trójwartościowe. Plany frakcyjne ich budowa i obszary zastosowań. Wnioskowanie z wyników badań wg planów frakcyjnych. Plany kompozycyjne trój- i pięciowartościowe; rodzaje, cechy, zastosowania.                                                                                                                                                    | 2                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W5</b> | Mieszaniny i ograniczenia z nimi związane; warunek integralności (sumowalności), ograniczenia dolne i górne udziału składników w mieszaninie. Specyfika planowania doświadczeń w badaniach mieszanin; pojęcie i budowa sympleksów. Charakterystyka standardowych planów doświadczeń dla mieszanin. Normowanie pseudoskładniki. Wielomiany zredukowane.                                             | 2                |
| <b>W6</b> | Plany frakcyjne: konstrukcja i obszary zastosowań. Wnioskowanie statystyczne w oparciu o wyniki badań realizowanych wg planów frakcyjnych. Pojęcie, istota i badanie interakcji. Istota i charakterystyka randomizowanych planów doświadczeń; zakres i ograniczenia ich stosowalności. Statystyczna weryfikacja założeń, których spełnienie warunkuje możliwość stosowania planów randomizowanych. | 2                |
| <b>W7</b> | Analiza wariancji w zastosowaniu do wyników badań uzyskanych w ramach realizacji planów randomizowanych. Testy post-hoc. Wykres Pareto. Plany optymalizacyjne: rodzaje i zastosowania. Badania wg metody Taguchiego; specyfika planowania doświadczenia i analizy wyników; zastosowania.                                                                                                           | 2                |

| PROJEKT   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P1</b> | Badania oparte na planie frakcyjnym i symulowanych wynikach pomiarów: określenie celu badań, sporządzenie charakterystyki obiektu badań, wybór i opracowanie planu doświadczenia, prezentacja graficzna wyników i ich analiza przy założeniu liniowego wpływu wielkości wejściowych na wielkość wyjściową i możliwości występowania interakcji. Sformułowanie wniosków. | 3                |
| <b>P2</b> | Opracowanie planu badań w celu określenia wpływu wielkości wejściowych na wybrane właściwości mechaniczne realnego obiektu technicznego; sporządzenie charakterystyki obiektu badań, wybór i opracowanie planu doświadczenia, analiza statystyczna symulowanych wyników i ich prezentacja graficzna. Sformułowanie wniosków.                                            | 6                |
| <b>P3</b> | Symulowane badania doświadczalne wpływu składu mieszaniny trójskładnikowej na jej właściwości z zastosowaniem wybranego planu sympleksowego. Analiza statystyczna symulowanych wyników i ich prezentacja graficzna. Interpretacja wyników analizy i sformułowanie wniosków.                                                                                             | 6                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady z wykorzystaniem środków multimedialnych

**N2** Ćwiczenia projektowe

**N3** Zadania tablicowe

## 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                                                               | 45                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 15                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 5                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 20                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 20                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 20                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>125</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 5.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

Wszyscy studenci w zespołach 2-osobowych opracowują 3 projekty. Ponadto, piszą 2 kolokwia: 1) z zakresu planowania doświadczeń, 2) z zakresu analizy statystycznej wyników badań. Warunkiem zal. przedmiotu jest otrzymanie pozytywnych ocen z każdego projektu oraz kolokwium.

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Projekt zespołowy

**F2** Kolokwium

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Waga oceny z projektu wynosi 2/9 (0,222), a oceny z kolokwium 3/18 (0,166).

### OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

**B1** Projekt zespołowy

### KRYTERIA OCENY

|                     |                                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie posiadał wymaganego minimum 55% wiedzy                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | Student posiada 55% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 3.5        | Student posiada 65% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.0        | Student posiada 75% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.5        | Student posiada 85% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 5.0        | Student posiada 95% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie posiadał wymaganego minimum 55% wiedzy                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | Student posiada 55% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 3.5        | Student posiada 65% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.0        | Student posiada 75% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.5        | Student posiada 85% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 5.0        | oceną podsumowującą.                                                                              |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie posiadał wymaganego minimum 55% wiedzy                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | Student posiada 55% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 3.5        | Student posiada 65% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.0        | Student posiada 75% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.5        | Student posiada 85% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 5.0        | oceną podsumowującą.                                                                              |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                   |

|              |                                                                                                   |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0 | Student nie posiadał wymaganego minimum 55% wiedzy                                                |
| NA OCENĘ 3.0 | Student posiada 55% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 3.5 | Student posiada 65% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.0 | Student posiada 75% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 4.5 | Student posiada 85% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |
| NA OCENĘ 5.0 | Student posiada 95% wiedzy opartej na treściach programowych, zweryfikowanej oceną podsumowującą. |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K1_W04<br>K1_W18                                                               | Cel 1           | W1 W2 W3          | N1 N2 N3              | F1 F2         |
| EK2               | K1_W04<br>K1_W18                                                               | Cel 1           | W4 W5 W6 W7       | N1 N2 N3              | F1 F2         |
| EK3               | K1_UO01<br>K1_UO02<br>K1_UP01<br>K1_UP02<br>K1_UP05                            | Cel 2           | W1 W2 W3          | N1 N2                 | F1 F2         |
| EK4               | K1_UO01<br>K1_UO02<br>K1_UP01<br>K1_UP02<br>K1_UP05<br>K1_K01<br>K1_K03        | Cel 2           | W4 W5 W6 W7       | N1 N2                 | F1 F2         |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Dobosz M. — *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, Warszawa, 1984, PWN
- [2] | Korzyński M — *Metodyka eksperymentu*, Warszawa, 2006, WNT
- [3] | Polanski Z. — *Planowanie doswiadczen w technice*, Warszawa, 1984, PWN
- [4] | - — *Internetowy podręcznik STATISTICI*, Miejscowość, 2018, StatSoft Polska

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Kukielka L. — *Podstawy badań inżynierskich*, Warszawa, 2002, PWN
- [2] | Montgomery C. — *Design and Analysis of Experiments*, New York, 1991, Jon Wiley & Sons
- [3] | R. Boddy, G.L. Smith — *Effective Experimentation; For Scientists and Technologists*, Chichester UK, 2010, John Wiley & Sons

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Krzysztof Zarębski (kontakt: [krzysztof.zarebski@pk.edu.pl](mailto:krzysztof.zarebski@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr inż. Krzysztof Zarębski (kontakt: [krzysztof.zarebski@pk.edu.pl](mailto:krzysztof.zarebski@pk.edu.pl))

2 dr inż. Krzysztof Miernik (kontakt: [krzysztof.miernik@pk.edu.pl](mailto:krzysztof.miernik@pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....