

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2024/2025

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: II

Specjalności: Aparatura przemysłowa

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                  |
|-----------------------------------------|----------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Aparaty do wymiany ciepła i masy |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                                  |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM MIBM oIIS C3 24/25            |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe       |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 5.00                             |
| SEMESTRY                                | 1                                |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 1       | 30     | 15        | 15           | 0                                | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Przekazanie wiedzy z zakresu procesów wymiany ciepła , masy i pędu wykorzystywanej w konstrukcji, budowie oraz eksploatacji aparatury przemysłowej.

**Cel 2** Zaznajomienie ze standardowymi oraz nowoczesnymi metodami projektowania, budowy i eksploatacji aparatury do wymiany ciepła i masy.

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

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Zna i rozumie pogłębione i rozszerzone metody cieplno-przepływowe w instalacjach przemysłowych, w których występuje aparaty do wymiany ciepła lub wymiany masy.

**EK2 Wiedza** Zna i rozumie perspektywy i trendy rozwoju konstrukcji maszyn, urządzeń do wymiany ciepła i masy, a także w zakresie ogólnej inżynierii mechanicznej. Zna perspektywy rozwoju programów wspomagających prace inżynierskie w zakresie projektowania wymienników ciepła i masy..

**EK3 Umiejętności** Potrafi wykonać złożone obliczenia projektowe cieplne i przepływowe dla instalacji, w skład których wchodzi aparatura do wymiany ciepła i masy.

**EK4 Kompetencje społeczne** Jest przygotowany merytorycznie do i upowszechniania i propagowania nowoczesnych rozwiązań technicznych w dziedzinie konstrukcji i eksploatacji aparatury do wymiany ciepła i masy.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP     | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | LICZBA<br>GODZIN |
| W1     | Podstawy wymiany ciepła. Równanie różniczkowe wymiany ciepła. Wielowymiarowe ustalone przewodzenie ciepła. Metoda analityczna, przybliżona, graficzna. Nieustalone przewodzenie ciepła.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 7                |
| W2     | Podział aparatów do wymiany ciepła. Wymiana ciepła w rekuperatorach. Obliczanie wielkości wymiennika ciepła za pomocą średniej różnicy temperatur płynów oraz metodą NTU. Wymiana ciepła w regeneratorach. Chłodnice powietrza. Wysoko sprawne wymienniki ciepła, budowa i eksploatacja. Wymienniki płytowe i spiralne - budowa i zastosowanie. Obliczenia projektowe i konstrukcyjne aparatów do wymiany ciepła. Komercyjne programy do projektowania aparatów płaszczowo-rurowych do wymiany ciepła. | 8                |
| W3     | Podstawy wymiany masy. Równanie różniczkowe wymiany masy. Równania kryterialne dla obliczania współczynników wnikania i przenikania masy. Dyfuzja ustalona. Prawo Ficka. Współczynnik dyfuzji. Różniczkowy bilans masy. Ruch masy w turbulentnym przepływie płynu. Modele wnikania masy. Obliczenia wymiany masy w procesach absorpcji, destylacji, rektyfikacji, suszenia.                                                                                                                            | 7                |
| W4     | Podział i charakterystyka aparatów do wymiany masy. Rozwiązania konstrukcyjne aparatów do wymiany masy. Obliczenia projektowe i konstrukcyjne wymienników masy. Aparaty kolumnowe z wypełnieniem i aparaty półkowe - wady i zalety konstrukcyjne i eksploatacyjne, porównanie oraz zalecenia projektowe. Elementowe i strukturalne wypełnienia aparatów kolumnowych. Aparaty do destylacji, rektyfikacji, absorpcji, adsorpcji, suszenia, ekstrakcji - obliczenia technologiczne i projektowe.         | 8                |

| LABORATORIUM |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP           | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LICZBA<br>GODZIN |
| L1           | Doświadczalne wyznaczanie współczynników wnikania i przenikania ciepła w rurowym oraz płytowym wymienniku ciepła. Pomiar oporów przepływu w wymienniku ciepła dla przepływu fazy gazowej i ciekłej. Doświadczalne wyznaczanie współczynnika przenikania ciepła. Badanie wymiany ciepła przy przepływie laminarnym i turbulentnym. Badania granicznych warunków pracy kolumnowych aparatów do wymiany masy - wyznaczanie prędkości zachłystywania się kolumn. Badania oporów przepływu w aparatach kolumnowych w zależności od parametrów pracy kolumny. | 15               |

| ĆWICZENIA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LICZBA<br>GODZIN |
| C1        | Obliczenia i projektowanie rekuperatorów oraz regeneratorów. Obliczenia wymaganej powierzchni wymiany ciepła w wymiennikach. Projektowanie chłodnic powietrznych. Wyznaczanie strat ciepła i obliczenia wymaganej izolacji cieplnej aparatów. Obliczanie kompensacji wydłużeń cieplnych w płaszczowo-rurowych wymiennikach ciepła. Współczynnik przenikania ciepła w wymienniku współprądowym i przeciwprądowym. Charakterystyka cieplno-przepływowa wymiennika płytowego. Obliczanie oporów przepływu w aparatach płaszczowo-rurowych. | 8                |
| C2        | Wyznaczanie współczynników wnikania masy. Wyznaczanie współczynników dyfuzji. Szczegółne przypadki dyfuzji ustalonej. Wyznaczanie współczynników przenikania masy. Bilanse masy w aparatach przemysłowych. Obliczanie wysokości wypełnienia w kolumnowych aparatach do wymiany masy. Wyznaczanie ilości pól w aparatach półkowych do wymiany masy. Obliczenia projektowe wybranych aparatów do wymiany masy. Wyznaczanie oporów przepływu w wymiennikach masy.                                                                          | 7                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Zadania tablicowe

N4 Ćwiczenia laboratoryjne

## 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                                                               | 60                                                      |
| 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                               | 30                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 10                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 25                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>145</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 5.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F2** Kolokwium

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Egzamin pisemny

**P2** Średnia ważona z ocen formujących oraz z egzaminu

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Oddanie sprawozdań i zaliczenie wszystkich laboratoriów. Pozytywny wynik kolokwium oraz egzaminu.

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                       |
|---------------------|-------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.             |
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskał 60 % punktów wymaganych na ocenę 5,0. |
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskał 70 % punktów wymaganych na ocenę 5,0. |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.0        | Student uzyskał 80 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.5        | Student uzyskał 90 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna i rozumie pogłębione i rozszerzone metody ciepłno-przepływowe w instalacjach przemysłowych, w których występują aparaty do wymiany ciepła lub wymiany masy.                                                                                                                                   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskał 60 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskał 70 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.0        | Student uzyskał 80 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.5        | Student uzyskał 90 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna i rozumie perspektywy i trendy rozwoju konstrukcji maszyn, urządzeń do wymiany ciepła i masy, a także w zakresie ogólnej inżynierii mechanicznej. Zna i orientuje się w perspektywach rozwoju programów wspomagających prace inżynierskie w zakresie projektowania wymienników ciepła i masy. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskał 60 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskał 70 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.0        | Student uzyskał 80 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.5        | Student uzyskał 90 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 5.0        | Potrafi wykonać poprawnie złożone obliczenia projektowe cieplne i przepływowe dla instalacji, w skład których wchodzi aparatura do wymiany ciepła i masy.                                                                                                                                         |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskał 60 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskał 70 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.0        | Student uzyskał 80 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.5        | Student uzyskał 90 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 5.0        | Jest przygotowany merytorycznie do upowszechniania i propagowania nowoczesnych rozwiązań technicznych w dziedzinie konstrukcji i eksploatacji aparatury do wymiany ciepła i masy.                                                                                                                 |

## 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>C1 C2    | N1 N3 N4              | F2 P1 P2      |
| EK2               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4<br>L1 C1 C2 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1 P2   |
| EK3               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4<br>C1 C2    | N1 N2 N3              | F2 P1 P2      |
| EK4               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4<br>L1       | N1 N2 N4              | F1 F2 P1 P2   |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Taler J., Duda P. — *Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła*, Warszawa, 2003, WNT
- [2] | Hobler T. — *Ruch ciepła i wymienniki*, Warszawa, 1986, WNT
- [3] | Hobler T. — *Dyfuzyjny ruch masy i absorbery*, Warszawa, 1976, WNT

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Zarzycki R. — *Wymiana Ciepła i Masy w Inżynierii Środowiska*, Warszawa, 2005, WNT
- [2] | Lewicki p. — *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*, Warszawa, 2005, WNT

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Piotr, Jakub Duda (kontakt: [piotr.duda@pk.edu.pl](mailto:piotr.duda@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 prof. dr hab. inż. Piotr, Jakub Duda (kontakt: [pduda@mech.pk.edu.pl](mailto:pduda@mech.pk.edu.pl))



## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....