

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: 11

Stopień studiów: II

Specjalności: Modelowanie komputerowe w energetyce

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Aerodynamika               |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Aerodynamics               |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIŚIE EN oIIS D18 23/24    |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                       |
| SEMESTRY                                | 2                          |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 2       | 15     | 15        | 0           | 0                               | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z polem sił działających na opływane ciało stałe

**Cel 2** Zapoznanie studentów z opisem izentropowych przepływów gazu doskonałego

**Cel 3** Zapoznanie studentów z zagadnieniami nieizentropowych przepływów gazu

Cel 4 Nabycie umiejętności pracy w zespole

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

1 Znajomość rachunku różniczkowego i całkowego, znajomość mechaniki płynów na poziomie I i II stopnia kształcenia

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student definiuje siłę oporu profilowego i siłę unoszenia

**EK2 Umiejętności** Student zna wzory wynikające z bilansu masy, pędu i energii służące do opisu ruchu gazów

**EK3 Wiedza** Student zna sposoby przyspieszania strumienia gazu do prędkości naddźwiękowych

**EK4 Umiejętności** Student potrafi wyznaczyć parametry przepływającego gazu w obszarze przed i za falą uderzeniową, potrafi wyznaczyć efektywność dyszy

**EK5 Kompetencje społeczne** Student współpracuje w zespole

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                      | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Potencjalny opływ profilu kołowego. Siła oporu profilowego i siła unoszenia. Twierdzenie Zukowskiego - Kuttly. Opływ ciała płynem lepkiem                                                                                                                   | 3                |
| <b>W2</b> | Propagacja małych zaburzeń ciśnienia w gazie. Liczba Macha. Klasyfikacja przepływów gazu. Przepływy ustalone gazu doskonałego. Parametry spiętrzenia i krytyczne gazu. Ustalony przepływ gazu przez kanał o zmiennym przekroju. Równanie adiabaty Hugoniota | 2                |
| <b>W3</b> | Dysza geometryczna (dysza Laval), dysza termiczna i masowa. Przepływy gazu ze spalaniem (przepływ Rayleigha), przepływy gazu lepkiego (przepływ Fanno)                                                                                                      | 5                |
| <b>W4</b> | Pomiar prędkości w naddźwiękowym strumieniu gazu za pomocą rurki Pitota. Przepływ pary przez dyszę zbieżno - rozbieżną. Efektywność dyszy                                                                                                                   | 2                |
| <b>W5</b> | Przepływ Fanno, przepływ gazu z wymianą ciepła                                                                                                                                                                                                              | 3                |

| CWICZENIA |                                                                                                                                                                 |                  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                          | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | Wyznaczanie siły oporu czołowego i siły unoszenia działających na opływany profil. Opadanie ciał w płynie, współczynnik siły oporu, prędkość graniczna opadania | 2                |

| CWICZENIA |                                                                                                                                                                                      |                  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                               | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C2</b> | Obliczanie prędkości dźwięku w gazie doskonałym i rzeczywistym oraz w innych ciałach. Wyznaczanie parametrów spiętrzenia i krytycznych w strumieniu przepływającego gazu             | 2                |
| <b>C3</b> | Oddziaływanie przeciwności na wypływ gazu ze zbiornika przez dyszę zbieżną i zbieżno - rozbieżną. Przyspieszanie ruchu gazu w przepływach ze spalaniem. Ruch gazu w przewodzie Fanno | 5                |
| <b>C4</b> | Pomiar prędkości gazu w strumieniu naddźwiękowym. Obliczanie sprawności dyszy spowalniającej i przyspieszającej w przypadku przepływu pary wodnej                                    | 3                |
| <b>C5</b> | Obliczanie prędkości przepływu z uwzględnieniem tarcia wewnętrznego gazu, Przyspieszanie ruchu gazu za pomocą podgrzewania-przepływ Rayleigha                                        | 3                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Zadania tablicowe

**N3** Dyskusja

**N4** Konsultacje

## 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                                                                         | 1                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 4                                                       |
| <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                                                                              | 5                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>        | <b>60</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 2.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Kolokwium

**F2** Test

**F3** Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Konieczność uzyskania oceny pozytywnej z każdego efektu kształcenia

**W2** Ocena końcowa ustalana jest na podstawie średniej arytmetycznej ocen ze wszystkich przeprowadzonych testów

### OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

**B1** Test

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                      |

|                     |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | -Zakres wiadomości do 70% wymaganego |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | -Zakres wiadomości do 90% wymaganego |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU                                                           | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K2_W14<br>K2_U01<br>K2_U02<br>K2_U03<br>K2_U04<br>K2_U17<br>K2_U18<br>K2_U19<br>K2_U20<br>K2_K01<br>K2_K02<br>K2_K03<br>K2_K04           | Cel 1           | W1 C1 C2          | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3      |
| EK2               | K2_W02<br>K2_W03<br>K2_W14<br>K2_U03<br>K2_U04<br>K2_U17<br>K2_U18<br>K2_U19<br>K2_U20<br>K2_K01<br>K2_K02<br>K2_K03<br>K2_K04           | Cel 2           | W2 C1 C2          | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3      |
| EK3               | K2_W02<br>K2_W03<br>K2_W14<br>K2_U01<br>K2_U02<br>K2_U03<br>K2_U04<br>K2_U17<br>K2_U18<br>K2_U19<br>K2_U20<br>K2_K01<br>K2_K02<br>K2_K03 | Cel 2 Cel 3     | W2 W3 C2 C3       | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3      |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU                                                           | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK4               | K2_W02<br>K2_W03<br>K2_W14<br>K2_U04<br>K2_U05<br>K2_U09<br>K2_U17<br>K2_U18<br>K2_U19<br>K2_U20<br>K2_K01<br>K2_K02<br>K2_K03<br>K2_K04 | Cel 2 Cel 3     | W3 W4 C3 C4       | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3      |
| EK5               | K2_W10<br>K2_W14<br>K2_U01<br>K2_U02<br>K2_U03<br>K2_U04<br>K2_U17<br>K2_U18<br>K2_U19<br>K2_U20<br>K2_K01<br>K2_K02<br>K2_K03<br>K2_K04 | Cel 3 Cel 4     | W4 W5 C4 C5       | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 P1   |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Ryszard Gryboś — *Podstawy mechaniki płynów*, Warszawa, 2002, PWN
- [2] | Kazimierz Rup — *Aerodynamika w inżynierii bezpieczeństwa*, Kraków, 2010, Wyd. PK
- [3] | Kazimierz Rup — *Izentropowe i nieizentropowe przepływy gazu*, Warszawa, 2013, PWN

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Eustachy Burka, Tomasz Nałęcz — *Mechanika płynów w przykładach. Teoria, zadania, rozwiązania*, Warszawa, 1998, PWN

[2] Czesław Gołębiowski, Edward Walicki, Edward Łuczywek — *Zbiór zadań z mechaniki płynów*, Warszawa, 1988, PWN

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Kazimierz Rup (kontakt: [krup@pk.edu.pl](mailto:krup@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. inż. Kazimierz Rup (kontakt: [krup@pk.edu.pl](mailto:krup@pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....