

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2019/2020

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 | Metody obliczeniowe w mechanice płynów |
| NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM | The computational methods in fluid mechanics |
| KOD PRZEDMIOTU | WIŚIE EN oIIS D6 19/20 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU | Przedmioty specjalnościowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS | 3.00 |
| SEMESTRY | 2 |

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA KOMPUTERO- WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 2 | 15 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 |

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zapoznanie studentów z podstawowymi równaniami mechaniki płynów

Cel 2 Zapoznanie studentów z zagadnieniami dyskretyzacji równań modelowych

Cel 3 Zapoznanie studentów z ogólnymi algorytmami dla zadań nieliniowych

Cel 4 Zapoznanie studentów z metodą objętości skończonych Umiejętność wykorzystania kodu komercyjnego do symulacji prostych zjawisk przepływowych.

Cel 5 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 stopnia kształcenia

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student zna podstawowe zasady zachowania

EK2 Umiejętności Student potrafi zapisać bilans masy płynu i zasadę pędu w mechanice płynów. Sformułowanie zachowawcze i niezachowawcze.

EK3 Wiedza Student zna podstawowe typy dyskretyzacji równań modelowych oraz warunków brzegowych i początkowych.

EK4 Umiejętności Student potrafi oszacować rząd dokładności aproksymacji nieliniowych równań modelowych, potrafi określić warunki stabilności obliczeń.

EK5 Wiedza Student zna sposoby symulacji przepływów nieściśliwych. Sformułowanie równań ruchu płynu dla funkcji prądu i wirowości. Metoda korelacji ciśnienia dla przepływów nieściśliwych.

EK6 Umiejętności Student potrafi wykorzystać metodę objętości skończonych dla przepływów ściśliwych. Potrafi wykorzystać kod komercyjny do symulacji prostych zjawisk przepływowych.

EK7 Kompetencje społeczne Student współpracuje w zespole

6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIA KOMPUTEROWE | | |
|-------------------------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| K1 | Przegląd modeli matematycznych i fizycznych w mechanice płynów | 4 |
| K2 | Wykorzystanie podstawowych schematów dyskretyzacji równań modelowych i warunków brzegowych oraz początkowych. Użycie schematów różnicowych wyższego rzędu dokładności. | 4 |
| K3 | Wykorzystanie ogólnych algorytmów dla zadań nieliniowych. Sposoby linearyzacji równań różnicowych. Wykorzystanie iteracji prostych i iteracji w pseudo-czasie. | 6 |
| K4 | Symulacja przepływów nieściśliwych z wykorzystaniem równań ruchu płynu dla funkcji prądu i wirowości pola prędkości. Symulacja przepływów nieściśliwych z wykorzystaniem równań ruchu płynu zapisanych dla wielkości prymitywnych. | 8 |
| K5 | Symulacja przepływów ściśliwych za pomocą metody objętości skończonych z użyciem uśredniania Favre. Modelowanie i symulacja przepływów gazu z występowaniem fal uderzeniowych. | 8 |

| WYKŁAD | | |
|-----------|---|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W1 | Równania wynikające z bilansu masy, pędu i energii. Tensor naprężeń w płynie. Tensor prędkości deformacji. Tensor naprężeń Reynoldsa. Modelowanie wybranych przepływów turbulentnych - hipotezy domykające. | 4 |
| W2 | Sformułowanie zachowawcze i niezachowawcze równań ruchu płynu. Podstawowe schematy dyskretyzacji równań modelowych (równań ruchu płynu). Stabilność rozwiązań warunk CFL. | 5 |
| W3 | Metody symulacji przepływów nieściśliwych. Metoda objętości skończonych dla przepływów nieściśliwych oraz dla przepływów ściśliwych. Podstawowe informacje na temat metod spektralnych w mechanice płynów | 6 |

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

N4 Konsultacje

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 | 5 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 5 |
| Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym: | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 20 |
| Opracowanie wyników | 10 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 0 |
| SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA | 85 |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU | 3.00 |

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Test

F3 Ćwiczenie praktyczne

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 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 | |
| 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 7 | |

| | |
|--------------|--------------------------------------|
| 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_W01 K2_W03 | Cel 1 | K1 W1 | N1 N2 N4 | F1 F2 |
| EK2 | K2_W01 K2_W03 K2_W04 | Cel 2 | K2 K3 W2 | N1 N2 N4 | F1 F3 |
| EK3 | K2_W01 K2_W04 K2_W15 K2_U10 K2_U13 K2_U14 K2_U20 | Cel 3 | K1 K2 K3 W1 W2 | N1 N2 N4 | F1 F2 F3 |
| EK4 | K2_W01 K2_W03 K2_W04 K2_W15 K2_U04 K2_U09 K2_U10 K2_U13 | Cel 4 | K1 K2 K3 W2 W3 | N1 N2 N4 | F1 F2 F3 |
| EK5 | K2_W15 K2_U10 K2_U13 | Cel 4 | K2 K3 K4 W3 | N1 N2 N4 | F1 F3 |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK6 | K2_W15 K2_U10 K2_U13 | Cel 4 | K3 K4 W3 | N1 N2 N4 | F1 F3 P1 |
| EK7 | K2_U13 K2_K01 | Cel 5 | K4 K5 | N1 N2 N4 | F1 F2 F3 |

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] **Ryszard Gryboś** — *Podstawy mechaniki płynów*, Warszawa, 2002, PWN
- [2] **J.C. Tannehill, D. A. Anderson, R. H. Pletcher** — *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, London, 1997, Taylor & Francis Ltd.
- [3] **H. K. Versteeg & Malalasekara W.** — *An introduction to computational fluid dynamics*, England, 2007, Prentice Hall

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] **Kazimierz Rup** — *Procesy przenoszenia zanieczyszczeń w środowisku naturalnym*, Warszawa, 2006, WNT
- [2] **Frank White** — *Fluid Mechanics*, Boston, 2008, McGraw - Hill

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

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

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 prof.dr hab.inż. Kazimierz Rup (kontakt: krup@pk.edu.pl)
- 2 dr hab. inż., prof. PK Piotr Dzierwa (kontakt: pdzierwa@pk.edu.pl)
- 3 dr hab. inż. Artur Cebula (kontakt: acebula@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)



PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....

.....