

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Inżynieria Środowiska

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: IS2

Stopień studiów: I

Specjalności: Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja i klimatyzacja

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                         |
|-----------------------------------------|-------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Mechanika płynów        |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                         |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIŚIE IS2 oIS C15 20/21 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe   |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 6.00                    |
| SEMESTRY                                | 3                       |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 3       | 30     | 15        | 15          | 0                               | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Wprowadzenie w zakres mechaniki cieczy i gazów; podanie głównych założeń i definicji, opis własności fizycznych płynów.

**Cel 2** Zapoznanie studentów z zagadnieniami statyki cieczy w warunkach ich równowagi bezwzględnej i względnej.

**Cel 3** Przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu kinematyki płynów.

- Cel 4** Zapoznanie studentów z podstawami hydrodynamiki w ujęciu teoretycznym (równania ruchu i energii).
- Cel 5** Zapoznanie studentów z metodami rozwiązań zagadnień przepływowych w kontekście praktyki inżynierskiej (hydraulika rurociągów i koryt otwartych, filtracja).
- Cel 6** Przekazanie wybranych, zasadniczych ustaleń aerodynamiki w ujęciu teoretycznym i aplikacyjnym.
- Cel 7** Przekazanie podstawowych zasad współpracy badawczej przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym.

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

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

- EK1 Wiedza** Student opisuje podstawowe własności płynów newtonowskich, rodzaje działających sił, występujące w płynach naprężenia.
- EK2 Umiejętności** Student definiuje rodzaje równowagi cieczy; liczy ciśnienie w obszarze zajęтым przez ciecz, oblicza siły parcia cieczy na powierzchnie płaskie i zakrzywione.
- EK3 Wiedza** Student klasyfikuje ruch płynu i zna metody jego analizy; interpretuje równanie ciągłości; w kontekście twierdzenia o rozłożeniu ruchu cieczy definiuje ruch potencjalny.
- EK4 Wiedza** Student opisuje człony równania Naviera-Stokesa i szczegółowo interpretuje równanie Bernoulliego.
- EK5 Umiejętności** Student realizuje podstawowe, inżynierskie obliczenia w zakresie hydrauliki rurociągów pod ciśnieniem, otworów i przelewów.
- EK6 Umiejętności** Wykorzystując formułę Manninga student prowadzi obliczenia dla koryt otwartych. Określa i analizuje parametry spokojnego i rwącego ruchu cieczy w korycie. W zakresie przepływów filtracyjnych prowadzi obliczenia z użyciem wzoru Darcy.
- EK7 Wiedza** Student definiuje parametry gazu w ruchu i w spoczynku, klasyfikuje ruch gazów, charakteryzuje przepływy przez dysze. Zapoznany jest z problematyką obliczania gazociągów w różnych warunkach termodynamicznych.
- EK8 Kompetencje społeczne** Student współpracuje w zespole przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym (pomiaru i opracowanie wyników).

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                             | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Własności fizyczne płynów; ściśliwość i lepkość. Siły działające na płyn. Naprężenia w cieczy.                                                                                                                                                                                                                                     | 2                |
| <b>W2</b> | Hydrostatyka. Różniczkowe równanie równowagi cieczy; równowaga bezwzględna: obliczanie ciśnienia hydrostatycznego, parcie cieczy na powierzchnie płaskie i zakrzywione, siła wyporu; równowaga względna.                                                                                                                           | 6                |
| <b>W3</b> | Zagadnienia kinematyki płynów. Elementy ruchu i jego klasyfikacja; pola fizyczne w hydromechanice; metody opisu ruchu płynu (analiza wędrowna i lokalna); twierdzenie Cauchy-Helmholtza o rozłożeniu ruchu cieczy, ruch potencjalny; równanie ciągłości przepływu - ogólne i w ruchu jednowymiarowym, jego fizyczna interpretacja. | 2                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W4</b> | Dynamika cieczy rzeczywistej. Równanie ruchu Naviera-Stokesa, równanie Eulera; zapis i interpretacja członów równania Bernoulliego dla cieczy lepkiej.                                                                                       | 2                |
| <b>W5</b> | Ustalony przepływ cieczy w rurociągach pod ciśnieniem: strefy ruchu, obliczanie strat hydraulicznych; zasady konstruowania linii energii i ciśnień; przewody lewarowe; współpraca rurociągu z pompą; rurociągi rozgałęzione.                 | 5                |
| <b>W6</b> | Ustalony wypływ cieczy przez otwory i przelewy: klasyfikacja obiektów, obliczenia hydrauliczne.                                                                                                                                              | 3                |
| <b>W7</b> | Ustalony jednostajny przepływ cieczy w korytach otwartych: formuła Manninga; koryta jedno- i wielodzielne; koryta hydraulicznie najkorzystniejsze. Energia ruchu w korycie: głębokość krytyczna, ruch spokojny i rwący; odskok hydrauliczny. | 4                |
| <b>W8</b> | Teoria filtracji. Ruch wód podziemnych, prawo Darcy; wyznaczanie współczynnika wodoprzepuszczalności.                                                                                                                                        | 2                |
| <b>W9</b> | Podstawy aerodynamiki. Własności gazów; klasyfikacja ruchu gazu; równanie Bernoulliego dla gazu doskonałego; parametry spiętrzenia, parametry krytyczne; przepływ gazu przez dysze; przepływy w gazociągach.                                 | 4                |

| LABORATORIA |                                                                       |                  |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP          | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>L1</b>   | Parcie hydrostatyczne na ściany płaskie.                              | 2                |
| <b>L2</b>   | Równowaga cieczy w naczyniu wirującym.                                | 2                |
| <b>L3</b>   | Doświadczenie Reynoldsa.                                              | 2                |
| <b>L4</b>   | Przepływy w rurociągach - straty hydrauliczne: lokalne i na długości. | 2                |
| <b>L5</b>   | Wypływ cieczy przez otwory i przystawki.                              | 3                |
| <b>L6</b>   | Tarowanie przelewu.                                                   | 2                |
| <b>L7</b>   | Wyznaczanie współczynnika filtracji metodą laboratoryjną.             | 2                |

| CWICZENIA |                                                                                      |                  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                               | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | Parcie cieczy na płaskie i zakrzywione powierzchnie konstrukcji: przykłady obliczeń. | 6                |

| CWICZENIA |                                                                                                  |                  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                           | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C2</b> | Ustalony przepływ cieczy w połączonych szeregowo rurociągach pod ciśnieniem: zadania projektowe. | 6                |
| <b>C3</b> | Przepływ jednostajny w korycie otwartym: wykorzystanie formuły Manninga.                         | 3                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Zadania tablicowe

**N3** Ćwiczenia laboratoryjne

**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                                                               | 60                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 30                                                      |
| 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                               | 30                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 30                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>        | <b>150</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 6.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

Ocena końcowa z przedmiotu wyliczana jest pod warunkiem zaliczenia wszystkich trzech elementów: ćwiczeń laboratoryjnych (L), audytoryjnych (C) i egzaminu (E) jako:  $0.4 \cdot E + 0.35 \cdot C + 0.25 \cdot L$ ; progami na kolejne oceny są: 3.0 na dst; 3.4 na ddb; 3.8 na db; 4.2 na pdb; 4.6 na bdb.

**OCENA PODSUMOWUJĄCA**

**P1** Ocena końcowa - patrz tekst wprowadzający.

**WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU**

**W1** Pozytywne zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych

**W2** Pozytywne zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych

**W3** Pozytywne zaliczenie egzaminu z materiału wykładowego

**KRYTERIA OCENY**

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |

| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 |                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 7 |                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | Student opanował materiał w zakresie poniżej 50% |
| NA OCENĘ 3.0        | Student opanował materiał w zakresie 50-60%      |
| NA OCENĘ 3.5        | Student opanował materiał w zakresie 60-70%      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student opanował materiał w zakresie 70-80%      |
| NA OCENĘ 4.5        | Student opanował materiał w zakresie 80-90%      |
| NA OCENĘ 5.0        | Student opanował materiał w zakresie powyżej 90% |

| EFEKT KSZTAŁCENIA 8 |                                                                                                                                            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie współpracuje z innymi przy realizacji zadań.                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student współpracuje w zespole przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym. (Warunek zaliczenia przedmiotu, nie brany do średniej). |
| NA OCENĘ 3.5        | Student współpracuje w zespole przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym. (Warunek zaliczenia przedmiotu, nie brany do średniej). |
| NA OCENĘ 4.0        | Student współpracuje w zespole przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym. (Warunek zaliczenia przedmiotu, nie brany do średniej). |
| NA OCENĘ 4.5        | Student współpracuje w zespole przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym. (Warunek zaliczenia przedmiotu, nie brany do średniej). |
| NA OCENĘ 5.0        | Student współpracuje w zespole przy realizacji zadań w laboratorium hydraulicznym. (Warunek zaliczenia przedmiotu, nie brany do średniej). |

## 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           | W1 L1                   | N1 N3                 | P1            |
| EK2               |                                                                                | Cel 2           | W2 L2 C1                | N1 N2 N3              | P1            |
| EK3               |                                                                                | Cel 3           | W3                      | N1                    | P1            |
| EK4               |                                                                                | Cel 4           | W4 L3 C2                | N1 N2                 | P1            |
| EK5               |                                                                                | Cel 5           | W5 W6 L4 L5<br>L6 L7 C2 | N1 N2 N3              | P1            |
| EK6               |                                                                                | Cel 5           | W7 C3                   | N1 N2                 | P1            |
| EK7               |                                                                                | Cel 6           | W9                      | N1 N4                 | P1            |
| EK8               |                                                                                | Cel 7           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6 L7 | N3 N4                 | P1            |

**11 WYKAZ LITERATURY****12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH****OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ**

dr hab. Paweł Hachaj (kontakt: pahachaj@ghnet.pl)

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

2 dr inż. Andrzej Mączyński (kontakt: maczalowski@iigw.pk.edu.pl)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....