

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E

Stopień studiów: I

Specjalności: Energetyka odnawialna, Systemy i urządzenia energetyczne, Urządzenia i instalacje ochrony środowiska

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                       |
|-----------------------------------------|-----------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Mechanika płynów      |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Fluid mechanics       |
| KOD PRZEDMIOTU                          | E210                  |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 4.00                  |
| SEMESTRY                                | 3                     |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 3       | 15     | 15        | 30           | 0                                | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z zagadnieniami statyki i kinematyki płynów

**Cel 2** Zapoznanie studentów z zagadnieniami dynamiki płynu doskonałego w zakresie umożliwiającym wyznaczanie sił hydrodynamicznych i ich momentów oddziałujących na ciała

**Cel 3** Zapoznanie studentów z zagadnieniami dynamiki płynu lepkiego pod kątem wyznaczania strat ciśnienia w przewodach przepływowych

**Cel 4** Zapoznanie studentów z zagadnieniami doświadczalnej mechaniki płynów w zakresie identyfikacji pól prędkości i ciśnienia w obszarze przepływu

**Cel 5** Nabycie umiejętności pracy w zespole

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

1 Zaliczone przedmioty: Matematyka, Fizyka

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student definiuje warunki równowagi płynu, powierzchnie stałego ciśnienia i stałego potencjału, zna podstawowe wielkości kinematyczne w ruchu płynu

**EK2 Umiejętności** Student potrafi sprawdzić warunki potencjalności pola sił masowych, potrafi wyznaczyć wartość naporu hydrostatycznego na powierzchnię płaską i współrzędne środka naporu

**EK3 Wiedza** Student objaśnia podstawowe pojęcia ruchu płynu doskonałego, zna założenia prowadzące do uzyskania całki Eulera - Bernoulliego

**EK4 Umiejętności** Student potrafi wyznaczyć reakcję hydrodynamiczną płynu na ciało stałe z nim graniczące, potrafi też wyznaczyć moment reakcyjny płynu na wirnik maszyny przepływowej

**EK5 Wiedza** Student rozróżnia podstawowe formy przepływu płynu lepkiego i przygotowany do wyznaczenia rozkładu prędkości w prostej rurze

**EK6 Umiejętności** Student potrafi wyznaczyć spadki ciśnienia wywołane tarcielem lepkiem i przeszkodami lokalnymi w przewodach przepływowych w zakresie ruchu laminarnego i turbulentnego

**EK7 Umiejętności** Student wykonuje pomiary różnic ciśnienia, lokalnych pól prędkości i temperatury

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wstęp do mechaniki płynów: cel i zakres, pojęcia podstawowe, właściwości makroskopowe płynów, ciecze w stanie nadciekłym, siły działające na płyn                                                                                            | 2                |
| <b>W2</b> | Hydrostatyka: równania równowagi płynu, warunki całkowalności równań równowagi płynu. Równania różniczkowe powierzchni stałego ciśnienia i stałego potencjału. Napór cieczy na powierzchnie płaskie i zakrzywione, współrzędne środka naporu | 4                |
| <b>W3</b> | Kinematyka płynów: metody badania ruchu płynu, równania toru elementu płynu, równania linii prądu, równanie ciągłości przepływu w przypadku jednowymiarowym, nieustalonym płynu ściśliwego, definicja strumienia objętości i masy płynu      | 2                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W4</b> | Dynamika płynu doskonałego: równania ruchu płynu doskonałego, warunki całkowalności równań ruchu płynu doskonałego, całka Eulera - Bernoulliego, równanie Bernoulliego, zjawisko kawitacji, prędkość wypływu cieczy ze zbiornika przez mały otwór, czas opróżnienia zbiornika. Zasada pędu i krętu w mechanice płynów. Równanie Eulera dla wirujących maszyn przepływowych. Wodne turbiny akcyjne i reakcyjne       | 4                |
| <b>W5</b> | Dynamika płynu lepkiego: klasyfikacja ruchu płynu lepkiego, pojęcie liczby Reynoldsa, równania Navier - Stokesa. Analiza uformowanego ruchu laminarnego w rurze, prawo Hagen - Poiseuille'a. Przepływy cieczy lepkiej przez przewody zamknięte, uogólnione równanie Bernoulliego, wzór Darcy - Weisbacha, wykres Nikuradse. Analiza ruchu płynu w przewodach niekołowych, promień hydrauliczny i średnica zastępcza | 3                |

| LABORATORIUM |                                                                                          |                  |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP           | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>L1</b>    | Pomiar lepkości cieczy                                                                   | 2                |
| <b>L2</b>    | Identyfikacja właściwości reologicznych cieczy nienewtonowskiej                          | 2                |
| <b>L3</b>    | Wypływ cieczy przez małe otwory                                                          | 2                |
| <b>L4</b>    | Opływ ciała stałego płynem rzeczywistym                                                  | 2                |
| <b>L5</b>    | Klasyczne doświadczenie Reynoldsa                                                        | 2                |
| <b>L6</b>    | Pomiar prędkości lokalnej i średniej płynu                                               | 2                |
| <b>L7</b>    | Wzorcowanie rotametrów                                                                   | 2                |
| <b>L8</b>    | Pomiar strat ciśnienia wywołanych lepkością                                              | 2                |
| <b>L9</b>    | Pomiar strat miejscowych (lokalnych)                                                     | 2                |
| <b>L10</b>   | Badanie zjawisk kawitacji przepływowej                                                   | 2                |
| <b>L11</b>   | Badanie charakterystyk pompy wirowej                                                     | 2                |
| <b>L12</b>   | Badanie zjawisk kawitacji w pompie wirowej                                               | 2                |
| <b>L13</b>   | Reakcja hydrodynamiczna strugi                                                           | 2                |
| <b>L14</b>   | Pomiar natężenia przepływu gazu w rurociągu za pomocą przepływomierza kolanowego i kryzy | 2                |
| <b>L15</b>   | Odrabianie ćwiczeń i zaliczanie ćwiczeń zaległych                                        | 2                |

| ĆWICZENIA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | Hydrostatyka: wyznaczanie parametrów powierzchni swobodnej cieczy w naczyniach wirujących ze stałą prędkością kątową oraz w naczyniach poruszających się ruchem prostoliniowym ze stałym przyśpieszeniem. Wyznaczanie wartości naporu hydrostatycznego na powierzchnie płaskie i zakrzywione, wyznaczanie współrzędnych środka naporu | 5                |
| <b>C2</b> | Dynamika płynu doskonałego: wyznaczanie reakcji hydrodynamicznej płynu na ścianki krzywaka, obliczanie czasów opróżnienia zbiornika przez mały otwór, wyznaczanie mocy turbiny akcyjnej i reakcyjnej                                                                                                                                  | 5                |
| <b>C3</b> | Wyznaczanie strat ciśnienia w przepływach płynu lepkiego przez przewody kołowe i niekołowe, obliczanie mocy silnika pompy potrzebnej do przetłoczenia płynu w układach hydraulicznych                                                                                                                                                 | 5                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Zadania tablicowe

**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                                                                         | 4                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 2                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 40                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 6                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 8                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>120</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 4.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Ćwiczenie praktyczne

**F2** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F3** Test

**F4** Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Wykonanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych

**W2** Konieczność uzyskania oceny pozytywnej z każdego efektu kształcenia

**W3** 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        | Student nie zna warunków równowagi płynu, nie zna pojęć powierzchni stałego ciśnienia i stałego potencjału                            |
| NA OCENĘ 3.0        | Student zna warunki równowagi płynu, potrafi napisać wzory opisujące powierzchnię stałego ciśnienia i stałego potencjału              |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna warunków równowagi płynu i nie potrafi wyznaczyć wartości naporu hydrostatycznego ani też współrzędnych środka naporu |
| NA OCENĘ 3.0        | Student zna warunki równowagi płynu i potrafi wyznaczyć wartość naporu hydrostatycznego na powierzchnię płaską                        |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi objaśnić podstawowych pojęć ruchu płynu doskonałego                                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi wyprowadzić równania ruchu płynu doskonałego                                                                          |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna zasady pędu i krętu w mechanice płynów                                                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi wyznaczyć reakcję hydrodynamiczną płynu doskonałego na płaską płytę                                                   |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                 |

|                     |                                                                                                                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna podziału form przepływu płynu lepkiego                                                                                              |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi zdefiniować liczbę Reynoldsa i podać jej interpretację fizyczną                                                                     |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 |                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna pojęcia współczynnika strat tarcia i współczynnika strat lokalnych                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi wyznaczyć wysokość strat ciśnienia w przepływie cieczy przez rurę prosto - osiową                                                   |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 7 |                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi wyjaśnić podstawowych pojęć związanych z ruchem płynu w rurociągach                                                             |
| NA OCENĘ 3.0        | Student wykonuje proste pomiary wielkości przepływowych w rurze. Potrafi przeliczać jednostki wielkości przepływowych w różnych układach fizycznych |
| NA OCENĘ 3.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | _____                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | _____                                                                                                                                               |

## 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_W09,<br>K1_U03                                                              | Cel 1           | L1 L2 L3          | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4    |
| EK2               | K1_W09,<br>K1_U03                                                              | Cel 1           | L3                | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4    |
| EK3               | K1_W09,<br>K1_U03                                                              | Cel 2           | L4                | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4    |
| EK4               | K1_W09,<br>K1_U03                                                              | Cel 3           | L4                | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK5               | K1_W09,<br>K1_U03                                                              | Cel 4           |                   | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK6               | K1_W09,<br>K1_U03                                                              | Cel 4           |                   | N2 N3 N4              | F2 P1          |
| EK7               | K1_K01,<br>K1_K03                                                              | Cel 5           |                   | N2                    | F1 F2          |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Ryszard Gryboś** — *Podstawy mechaniki płynów*, Warszawa, 2002, PWN
- [2] | **Eustachy Burka, Tomasz Nałęcz** — *Mechanika płynów w przykładach. Teoria, zadania, rozwiązania*, Warszawa, 1994, PWN
- [3] | **Kazimierz Rup** — *Mechanika płynów w środowisku naturalnym*, Kraków, 2003, Polit. Krakowska

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **Zdzisław Orzechowski, Jerzy Prywer, Roman Zarzycki** — *Mechanika płynów w inżynierii środowiska*, Warszawa, 2000, WNT
- [2] | **Czesław Gołębiowski, Edward Walicki, Edward Łuczywek** — *Zbiór zadań z mechaniki płynów*, Warszawa, 1998, 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))
- 2 Dr inż. Stanisław Walczak (kontakt: [swalczak@mech.pk.edu.pl](mailto:swalczak@mech.pk.edu.pl))
- 3 mgr inż. Bartosz Kopiczak (kontakt: [bkopiczak@mech.pk.edu.pl](mailto:bkopiczak@mech.pk.edu.pl))
- 4 dr inż. Konrad Nering (kontakt: [knering@mech.pk.edu.pl](mailto:knering@mech.pk.edu.pl))
- 5 prof.dr hab.inż. Zbigniew Matras (kontakt: [zmatras@mech.pk.edu.pl](mailto:zmatras@mech.pk.edu.pl))
- 6 prof.dr hab.inż. Jolanta Stacharska Targosz (kontakt: [jtargosz@usk.pk.edu.pl](mailto:jtargosz@usk.pk.edu.pl))

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....