

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2018/2019

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: A

Stopień studiów: I

Specjalności: Automatykacja systemów wytwarzania, Mechatronika, Sterowanie i monitoring maszyn i urządzeń, Technologie informacyjne w systemach produkcyjnych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Podstawy mechaniki płynów i aerodynamiki
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Fundamentals of Fluid Mechanics and Aerodynamics
KOD PRZEDMIOTU	WM AIR oIS B23 18/19
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Fizyka
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
SEMESTRY	4

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

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
4	30	15	0	0	0	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z podstawowymi właściwościami makroskopowymi płynów, siłami działającymi na element płynu oraz rodzajem pól wielkości fizycznych.

**Cel 2** Zapoznanie studentów ze sposobem formułowania różniczkowych równań równowagi płynu oraz wyrobienie umiejętności całkowania tych równań. Zapoznanie studentów z pojęciem naporu hydrostatycznego oraz

wyrobienie umiejętności obliczania sił naporu na ściany płaskie i zakrzywione.

- Cel 3** Zapoznanie studentów z elementami kinematyki płynów w tym z pojęciami toru elementu płynu, linii prądu, natężenia przepływu a także z równaniem ciągłości oraz jego przypadkami szczególnymi.
- Cel 4** Zapoznanie studentów ze sposobem formułowania: różniczkowych równań ruchu płynu doskonałego Eulera, całki Bernoulliego, równania Bernoulliego dla płynu doskonałego oraz równania ciągłości.
- Cel 5** Zapoznanie studentów z zastosowaniem równania Bernoulliego w praktyce inżynierskiej do pomiaru prędkości lokalnej, pomiaru natężenia przepływu za pomocą prędkościomierzy piętujących oraz badania wypływu cieczy ze zbiornika przez mały otwór.
- Cel 6** Zapoznanie studentów z prawami rządzącymi przepływem płynu rzeczywistego w ruchu laminarnym oraz turbulentnym oraz wyrobienie umiejętności wyznaczania strat ciśnienia podczas przepływu płynu w rurociągach.
- Cel 7** Zapoznanie studentów z podstawami dynamiki płynów ściśliwych, parametrami spiętrzenia i parametrami krytycznymi, z jednowymiarowym ustalonym przepływem gazu przez kanały oraz opływem profilu kołowego, pojęciem siły nośnej oraz siły oporu czołowego.

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

- 1 Znajomość podstaw mechaniki klasycznej.
- 2 Znajomość analizy matematycznej, algebry wektorów oraz podstaw teorii pola.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

- EK1 Wiedza** Student definiuje podstawowe właściwości płynu, rodzaje sił działających na element płynu, podaje modele matematyczne służące do opisu płynu oraz definiuje i rozróżnia rodzaje pól wielkości fizycznych.
- EK2 Wiedza** Student wyprowadza równania równowagi Eulera, podaje warunki całkowania tych równań, wyprowadza zależności na rozkład ciśnienia w obszarze cieczy będącej w równowadze oraz wyprowadza zależności na wartości sił naporu oraz współrzędnych środka naporu na ściany płaskie i zakrzywione.
- EK3 Wiedza** Student definiuje pojęcia toru elementu płynu, linii prądu, natężenia przepływu a także wyprowadza równanie ciągłości i jego przypadki szczególne.
- EK4 Wiedza** Student wyprowadza równania ruchu płynu doskonałego Eulera, podaje założenia do całki Bernoulliego oraz wyprowadza równanie Bernoulliego dla płynu doskonałego i podaje jego interpretację fizyczną i geometryczną.
- EK5 Wiedza** Student definiuje pojęcie liczby Reynoldsa, rozróżnia ruch laminarny i turbulentny oraz wyprowadza zależności na rozkład prędkości, rozkład naprężeń stycznych w rurze kołowej oraz prawo Hagena-Poiseuillea i podaje jego zastosowanie w praktyce inżynierskiej.
- EK6 Umiejętności** Student całkuje równania równowagi Eulera, rozkłady ciśnienia w obszarze cieczy będącej w równowadze, wyznacza siły naporu oraz położenie środka naporu na ściany płaskie i zakrzywione.
- EK7 Umiejętności** Student stosuje równanie Bernoulliego dla płynu doskonałego w zagadnieniach dotyczących pomiaru prędkości i natężenia przepływu oraz wypływu cieczy ze zbiornika przez małe otwory.
- EK8 Umiejętności** Student wyznacza straty ciśnienia wywołane tarciem wewnętrznym oraz przeszkodami miejscowymi oraz stosuje równanie Bernoulliego dla płynu rzeczywistego.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>C1</b>	Statyka płynu 1) Całkowanie równań równowagi Eulera. Równowaga względna i bezwzględna w potencjalnym polu sił masowych. 2) Napór cieczy na powierzchnie płaskie i zakrzywione. Wypór hydrostatyczny. Stateczność pływania ciał całkowicie lub częściowo zanurzonych w cieczy.	7
<b>C2</b>	Dynamika płynu doskonałego 1) Jednowymiarowe przepływy płynu doskonałego. 2) Zastosowania równania Bernoulliego. 3) Wypływ cieczy ze zbiorników przez małe otwory.	4
<b>C3</b>	Dynamika płynu rzeczywistego 1) Przepływ płynu rzeczywistego w przewodach zamkniętych. 2) Straty ciśnienia wywołane tarciem wewnętrznym i przeszkodami miejscowymi.	4

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Statyka płynu. 1) Pojęcia podstawowe. Makroskopowe właściwości płynów. Wyidealizowane modele płynu. 2) Rodzaje pól wielkości fizycznych. Pochodna substancjalna, materialna i konwekcyjna.	3
<b>W2</b>	Statyka płynu. 1) Siły działające na płyn. Twierdzenie Eulera. 2) Równania różniczkowe równowagi płynu. Równowaga względna i bezwzględna cieczy. Prawo Pascala. 3) Napór cieczy na powierzchnie płaskie i zakrzywione. Wypór hydrostatyczny. 4) Stateczność pływania ciał całkowicie i częściowo zanurzonych w cieczy, metacentrum.	7
<b>W3</b>	Elementy kinematyki płynów 1) Tor elementu płynu. Linia prądu. 2) Równanie ciągłości. 3) Objętościowe i masowe natężenie przepływu płynu.	3
<b>W4</b>	Dynamika płynu doskonałego 1) Równania różniczkowe ruchu płynu doskonałego. 2) Całka Bernoulliego, równanie Bernoulliego. 4) Zastosowanie równania Bernoulliego w praktyce inżynierskiej.	4
<b>W5</b>	Dynamika Płynu rzeczywistego 1) Klasyczne doświadczenie Reynoldsa. 2) Rozkład naprężeń stycznych oraz rozkład prędkości w ruchu laminarnym cieczy lepkiej w rurze kołowej. 3) Przepływy laminarne i turbulენტne. Równanie Darcy-Weisbacha. Wykres Nikuradse. Równanie Bernoulliego dla płynu rzeczywistego, straty ciśnienia spowodowane tarciem wewnętrznym i przeszkodami miejscowymi.	4
<b>W6</b>	Podstawy dynamiki płynów ściśliwych 1) Bezcyrkulacyjny i cyrkulacyjny opływ profilu kołowego. Twierdzenie Żukowskiego. 2) Warstwa przyścienna. Siły działające na opływany profil. 3) Klasyfikacja przepływów gazów, parametry śpiętrzenia i parametry krytyczne 3) jednowymiarowy ustalony przepływ gazu przez kanały, dysza de Laval.	9

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N5 Konsultacje

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	4
Egzaminy i zaliczenia w sesji	3
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	38
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>90</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Odpowiedź ustna

F4 Kolokwium

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W2 Konieczność uzyskania pozytywnej oceny z każdego efektu uczenia się.

### 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 punktów wymaganych na ocenę 5,0.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 90 % punktów wymaganych na ocenę 5,0.
NA OCENĘ 5.0	Student zdefiniuje i objaśnia pojęcia elementu płynu, gęstości, ściśliwości, lepkości, ciśnienia, pola skalarnego i wektorowego oraz zapisuje pochodną substancjalną.
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	Student wyprowadza i objaśnia równania równowagi Eulera, podaje warunki całkowania tych równań, wyprowadza zależności na rozkład ciśnienia w obszarze cieczy będącej w równowadze oraz wyprowadza zależności na wartości sił naporu oraz współrzędne środka naporu na ściany płaskie i zakrzywione.
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	Student definiuje pojęcia toru elementu płynu, linii prądu, natężenia przepływu a także wyprowadza równanie ciągłości i jego przypadki szczególne, równania ruchu płynu doskonałego oraz równanie Bernoulliego.
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	Student wyprowadza równania ruchu płynu doskonałego Eulera, podaje założenia do całki Bernoulliego oraz wyprowadza równanie Bernoulliego dla płynu doskonałego i podaje jego interpretację fizykalną i geometryczną.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
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	Student definiuje pojęcie liczby Reynoldsa, rozróżnia ruch laminarny i turbulentny oraz wyprowadza zależności na rozkład prędkości, rozkład naprężeń stycznych w rurze kołowej oraz prawo Hagen-Poiseuillea i podaje jego zastosowanie w praktyce inżynierskiej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
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	Student całkuje równania równowagi Eulera, rozkłady ciśnienia w obszarze cieczy będącej w równowadze, wyznacza siły naporu oraz położenie środka naporu na ściany płaskie i zakrzywione.
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
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. Student wykonał bezbłędnie sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego z bloku L2.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 70 % punktów wymaganych na ocenę 5,0. Student wykonał bezbłędnie sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego z bloku L2.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 80 % punktów wymaganych na ocenę 5,0. Student wykonał bezbłędnie sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego z bloku L2.

NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 90 % punktów wymaganych na ocenę 5,0. Student wykonał bezbłędnie sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego z bloku L2.
NA OCENĘ 5.0	Student wyznacza czas całkowitego oraz częściowego opróżniania zbiornika przez małe otwory, wyznacza prędkość średnią oraz natężenie przepływu za pomocą rurki Prandtla oraz zwężki Venturiego. Student wykonał bezbłędnie sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego z bloku L2.
EFEKT KSZTAŁCENIA 8	
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	Student wyznacza straty ciśnienia wywołane tarciem wewnętrznym i przeszkodami miejscowymi oraz stosuje równanie Bernoulliego dla płynu rzeczywistego.

## 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_W02	Cel 1	W1	N1 N5	F1 F4 P1
EK2	K1_W02	Cel 2	C1 W2	N1 N2 N5	F1 F4 P1
EK3	K1_W02	Cel 3	W3	N1 N5	F1 F4 P1
EK4	K1_W02	Cel 4	C2 W4	N1 N2 N5	F1 F4 P1
EK5	K1_W02	Cel 6	C3 W5	N1 N2 N5	F1 F4 P1
EK6	K1_UP07	Cel 2 Cel 3	C1 W2	N1 N2 N5	F1 F4 P1
EK7	K1_UP07	Cel 5	C2 W4	N1 N2 N5	F1 F4 P1
EK8	K1_UP07	Cel 6	C3 W5	N1 N2 N5	F1 F4 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] **Matras Z.** — *Podstawy mechaniki płynów i dynamiki przepływów cieczy nieneutronowskich.*, Kraków, 206, Wydawnictwa politechniki Krakowskiej
- [2 ] **Burka E., S., Nałęcz T., J.** — *Mechanika płynów w przykładach*, Warszawa, 1999, PWN
- [3 ] **Gryboś R.** — *Zbiór zadań z technicznej mechaniki płynów*, Warszawa, 2012, PWN
- [4 ] **Nakayama, Y.; Boucher, R.F.** — *Introduction to Fluid Mechanics*, , 2000, Elsevier
- [5 ] **Tarnogrodzki A.:** — *Dynamika gazów. Przepływy jednowymiarowe i fale proste.*, Warszawa, 2003, WKŁ

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **Rup K.** — *Mechanika płynów w środowisku naturalnym.*, Kraków, 2003, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż., prof. PK Stanisław Walczak (kontakt: [stanislaw.walczak@pk.edu.pl](mailto:stanislaw.walczak@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr inż. Stanisław Walczak (kontakt: [stanislaw.walczak@pk.edu.pl](mailto:stanislaw.walczak@pk.edu.pl))

2 dr inż. Bartosz Kopiczak (kontakt: [bkopiczak@mech.pk.edu.pl](mailto:bkopiczak@mech.pk.edu.pl))

3 dr inż. Konrad Nering (kontakt: [knering@mech.pk.edu.pl](mailto:knering@mech.pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....  
.....