

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Mechanika płynów				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	RIMM-1-504-s	Punkty ECTS:	4
Wydział:	Inżynierii Mechanicznej i Robotyki				
Kierunek:	Inżynieria Mechaniczna i Materiałowa	Specjalność:	—		
Poziom studiów:	Studia I stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	5
Strona www:	<a href="http://www.kseiuos.agh.edu.pl/">http://www.kseiuos.agh.edu.pl/</a>				
Prowadzący moduł:	dr hab. inż. Pająk Tadeusz (pajak@agh.edu.pl)				

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Podstawy statyki: napór cieczy, prawo Archimedesesa, pływanie ciał, siła wyporu. Kinematyka; metody opisu ruchu. Tor elementu płynu, linie prądu. Cyrkulacja wektora prędkości. Dynamika: siły masowe i siły powierzchniowe w płynach doskonałych. Równanie ciągłości. Równanie dynamiki płynu doskonałego. Równanie Bernoulliego. Siły masowe i powierzchniowe w płynie rzeczywistym. Lepkość płynu. Hipoteza Newtona. Założenia i wyprowadzenie równań Navier'a Stokes'a. Warstwa przyścienna.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	wiedza ta powinna zostać przeniesiona na potrzeby zrozumienia i opisu zjawisk zachodzących w trakcie przepływu płynu	IMM1A_W01	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Prezentacja, Projekt inżynierski, Referat, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego, Zaangażowanie w pracę zespołu
M_W002	wiedza ta powinna być odpowiednio kojarzona z analizą i opisem zjawisk związanych ze zjawiskami statyki i dynamiki płynów	IMM1A_W02	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Prezentacja, Projekt inżynierski, Referat, Sprawozdanie, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

M_W003	wiedza z termodynamiki powinna uzupełniać nabytą wiedzę z zakresu matematyki i fizyki pod kątem analizy i opisu zjawisk z zakresu mechaniki płynów	IMM1A_W06	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Praca wykonana w ramach praktyki, Prezentacja, Projekt inżynierski, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego
Umiejętności: potrafi			
M_U001	potrafi wykorzystać w odniesieniu do opisu konkretnych zjawisk z dziedziny mechaniki płynów zdobytą wiedzę z zakresu matematyki	IMM1A_U02	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Projekt inżynierski, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego
M_U002	potrafi wykorzystać w odniesieniu do opisu konkretnych zjawisk z dziedziny mechaniki płynów zdobytą wiedzę z zakresu fizyki	IMM1A_U04	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Prezentacja, Projekt inżynierski, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego
M_U003	dzięki odbywaniu zajęć laboratoryjnych w małych podgrupach tworzonych podczas zajęć potrafi pracować zespołowo i rozwiązywać w zespole konkretne zadania i problemy naukowo-techniczne	IMM1A_U07	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Projekt inżynierski, Referat, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego, Zaliczenie laboratorium
M_U004	potrafi swycorzystać wiedzę z zakresu termodynamikę do opisu zjawisk związanych z przepływami cieczy i gazów	IMM1A_U16	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	wykształca podcza s zajęć kreatywność oraz odpowiedzialność za wspólnie, zespołowo realizowane zadania	IMM1A_K04	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Projekt inżynierski, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium
M_K002	rozumie potrzebę ciągłego doksztalcania się w w wybranej dziedzinie zawodowej, nie tylko bezpośrednio związanej z obranym kierunkiem studiów	IMM1A_K01	Odpowiedź ustna, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium

## Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
54	26	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0

## Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form

**zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie**

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytorijne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	wiedza ta powinna zostać przeniesiona na potrzeby zrozumienia i opisu zjawisk zachodzących w trakcie przepływu płynu	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	wiedza ta powinna być odpowiednio kojarzona z analizą i opisem zjawisk związanych ze zjawiskami statyki i dynamiki płynów	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	wiedza z termodynamiki powinna uzupełniać nabytą wiedzę z zakresu matematyki i fizyki pod kątem analizy i opisu zjawisk z zakresu mechaniki płynów	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	potrafi wykorzystać w odniesieniu do opisu konkretnych zjawisk z dziedziny mechaniki płynów zdobytą wiedzę z zakresu matematyki	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi wykorzystać w odniesieniu do opisu konkretnych zjawisk z dziedziny mechaniki płynów zdobytą wiedzę z zakresu fizyki	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	dzięki odbywaniu zajęć laboratoryjnych w małych podgrupach tworzonych podczas zajęć potrafi pracować zespołowo i rozwiązywać w zespole konkretne zadania i problemy naukowo-techniczne	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	potrafi skorzystać z wiedzy z zakresu termodynamiki do opisu zjawisk związanych z przepływami cieczy i gazów	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	wykształca podczas zajęć kreatywność oraz odpowiedzialność za wspólnie, zespołowo realizowane zadania	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_K002	rozumie potrzebę ciągłego doksztalcania się w w wybranej dziedzinie zawodowej, nie tylko bezpośrednio związanej z obranym kierunkiem studiów	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
--------	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	54 godz
Przygotowanie do zajęć	30 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	2 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	2 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Inne	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	100 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

##### Metody opisu ruchu ośrodka ciągłego (2 godz.)

Metoda opisu ruchu wg Lagrange'a i wg Eulera. Pojęcie przyspieszenia całkowitego. Tor elementu płynu, równanie toru. Linie pola wektorowego. Linie prądu. Cyrkulacja wektora prędkości. Twierdzenie Stokes'a o strumieniu wirowości.

##### Statyka płynów. Prawo hydrostatyki. Prawo aerostatyki (2)

Napór cieczy na ścianki płaskie, pionowe i pochylone. Napór cieczy na ścianki zakrzywione. Prawo Archimedes'a. Pływanie ciał częściowo i całkowicie zanurzonych. Siła wyporu. metacentrum. Równowaga trwała, chwiejna.

##### Równanie ciągłości. Dynamika płynu doskonałego (2)

Cechy płynu doskonałego. Siły masowe i siły powierzchniowe w płynach doskonałych. Założenia i uproszczenia równania ciągłości. Równanie dynamiki płynu doskonałego, równanie Eulera.

##### Równanie Bernoulliego i jego zastosowania (2)

Równanie Bernoulliego dla przepływu nieściśliwego, dla przepływu ściśliwego, dla przepływu nieustalonego. Interpretacja graficzna równania Bernoulliego dla płynu doskonałego. Wyptyw cieczy ze zbiornika. Wzór Torricellego. czas wyptywu cieczy przez mały otwór. Współczynnik kontrakcji. Zwężki pomiarowe - zasada pomiaru. Rurki siętrzające, punkt stagnacji, zasad pomiaru prędkości.

### Cechy płynu rzeczywistego (2)

Siły masowe i siły powierzchniowe w płynie rzeczywistym. Lepkość płynu. Współczynniki lepkości, wpływ temperatury i ciśnienia na wartość współczynnika. Pomiar lepkości. Interpretacja lepkości w oparciu o kinetyczno - molekularną teorię budowy materii. Hipoteza Newtona.

### Równania płynu rzeczywistego (2)

Założenia i wprowadzenie równań Navier'a - Stokes'a. Teoria smarowania płynem lepkiem powierzchni trących. Modele reologiczne ośrodków. Przepływ Hagen - Poiseuille'a.

### Warstwa przyścienna (2)

Warstwa przyścienna w płynie lepkiem. Równania warstwy przyściennej Prandtl'a. Ruch powietrza w atmosferze ziemskiej. Warstwa przyścienna. Rozkład Weibull'a.

### Zjawisko turbulencji (2)

Doświadczenie Reynoldsa, liczba Reynoldsa. Charakterystyka turbulencji. Turbulencja bezwzględna, względna. korelacja sygnałów prędkości. Równanie dynamiki płynów w ruchu turbulentnym - równania Reynolds'a.

### Straty przepływu płynu rzeczywistego (2)

Straty ciśnienia związane z przepływem. Prawo Darcy - Weisbacha. Współczynnik strat liniowych, współczynnik strat lokalnych. Równanie Brenoulliego dla płynu rzeczywistego. Zjawisko kawitacji. Wzory empiryczne na współczynniki strat liniowych. Wykresy Stanton'a i Nikuradse.

### Pęd, kręt w mechanice płynów (2)

Zasada zachowania pędu. Zasada zachowania krętu. Zmiana pędu strugi płynu napływającego na ściankę nieruchomą i ruchomą.

### Opływ profili. Siła oporu, siła nośna (2)

Opływ obiektu płynem rzeczywistym. Ruch obiektu w płynie rzeczywistym. Cień aerodynamiczny. Charakterystyka geometryczna profili lotniczych. Współczynnik oporu aerodynamicznego profilu. Współczynnik siły nośnej profilu. Współczynnik momentu obrotowego. Linia zerowej siły nośnej. Wzór na siłę oporu aerodynamicznego, wzór na siłę nośną. Tunel aerodynamiczny, metody kształtowania współczynników oporu i współczynników siły nośnej.

### Wir w płynach rzeczywistych (2)

Wir na granicy ośrodków ciekłych i gazowych. Wykorzystanie wirów w technice. Efekt Rankine'a, Bjerknes'a. Wir Karmana. Zagrożenia związane z powstawaniem wirów Karman'a.

### Przepływy poddźwiękowe, okołodźwiękowe, nadźwiękowe (2)

Prędkość dźwięku. Liczba Macha. Przepływy poddźwiękowe, okołodźwiękowe, nadźwiękowe. Fale uderzeniowe. Charakterystyka aerodynamiczna obiektu przy przepływach poddźwiękowych i naddźwiękowych.

## **Ćwiczenia laboratoryjne**

### Określenie średniej prędkości przepływu gazu. Określenie wartości liczby Reynolds'a (2)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia.

### Badanie wypływu cieczy ze zbiornika (2)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia

laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia.

Reakcja hydrodynamiczna strumienia na nieruchomą przeszkodę (2)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia.

Wyznaczenie strat energii w przepływie płynu rzeczywistego (2)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia.

Badanie opływu płata (2)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia.

Opływ walca kołowego (2)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia.

Analizyczne badanie rodzaju przepływu. Równanie ciągłości. Ruch potencjalny, ruch wirowy (3)

Wstęp teoretyczny do ćwiczenia we własnym zakresie. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego na stanowisku badawczym wraz z opracowaniem podstawowych obliczeń, wykresów i charakterystyk. Złożenie sprawozdania i zaliczenie ćwiczenia. Koncowe zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych.

**Ćwiczenia audytoryjne**

Analiza i rozwiązywanie prostych zagadnień z zakresu statyki płynów (2)

analizowane będą takie przypadki jak napór na ścianę płaską i zakrzywioną, pływanie ciał, wypór, metacentrum. Ich ilustracjami będą obliczenia wybranych przypadków szczególnych.

Równowaga względna płynu (2)

Zdefiniowanie równań ruchu oraz rozwiązanie przypadków ruchu płynu w równowadze względnej, w ruchu prostoliniowym i obrotowym.

Metody opisu ruchu płynu (2)

Analiza ruchu płynu wg dwóch podstawowych metod. Określenie i rozwiązanie równań toru elementu i linii prądu

Analizyczne badanie wybranego rodzaju ruchu (2)

Badanie warunku ściśliwości bądź nieściśliwości płynu, wirowości bądź cech potencjalnych w oparciu o odpowiednie kryteria i formuły.

Analiza zastosowań równania Bernoulliego (2)

Omawianie i dyskusja wybranych aplikacji równania Bernoulli'ego

Analiza zastosowań CFD. Proste przykłady z zakresu dynamiki płynów (4)

Opis, zakres stosowania, uwarunkowania wykorzystania CFD do opisu i symulacji zjawisk przepływowych.

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

Ćwiczenia audytoryjne: W trakcie zajęć audytoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem badawczy, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Ćwiczenia laboratoryjne zaliczane są pisemnie a warunkiem uzyskania zaliczenia danego ćwiczenia laboratoryjnego jest przedstawienie sprawozdania z odbytego ćwiczenia oraz wykazania w mini kolokwium znajomości tematyki objętej danym ćwiczeniem. Średnia ocen z ćwiczeń laboratoryjnych musi być pozytywna i stanowi podstawowy warunek dopuszczenia do egzaminu. Podobnie przedstawia się kwestia zaliczeń ćwiczeń audytoryjnych, przy których sprawozdanie nie jest jednak konieczne. Kolejnym warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest pozytywna ocena z końcowego kolokwium zaliczeniowego, które będzie obligatoryjne szczególnie dla tych studentów, którzy nie uczęszczali na wykłady.

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

Ćwiczenia audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia audytoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane poprzez kolokwium lub w formie ustnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć audytoryjnych.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

- aktywność na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych - 0,2

- zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych - 0,4

- końcowe kolokwium zaliczeniowe - 0,4

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Usprawiedliwione nieobecności na zajęciach, a głównie na ćwiczeniach laboratoryjnych powinny być w pierwszym rzędzie odrobione a w przypadku niemożliwości zaliczone w formie kolokwium uzgodnionego z prowadzącym wykład.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Nie podano wymagań wstępnych lub dodatkowych.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Gryboś R.: Podstawy mechaniki płynów. T.1 i 2, PWN, 1998
2. Kazimierski Z.: Podstawy mechaniki płynów i metod komputerowej symulacji przepływów. Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2004
3. Z. Orzechowski, J. Prywer, R. Zarzycki „Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska” WNT Warszawa 2009
4. J. Waćławik „Mechanika płynów i termodynamika” Wydawnictwa AGH, Kraków 1993

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

Wpływ wybranych parametrów na ruch cząstki wody w strumieniu spalin — Effect of selected parameters on the water particle movement in flue gas stream / Tadeusz PAJĄK, Michał JURCZYK // Przemysł Chemiczny ; ISSN 0033-2496. — 2018 t. 97 nr 9, s. 1508-1510.

### **Informacje dodatkowe**

Brak