

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Mechanika płynów i termodynamika				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	GIGR-1-405-s	Punkty ECTS:	5
Wydział:	Górnictwa i Geoinżynierii				
Kierunek:	Inżynieria Górnicza	Specjalność:	—		
Poziom studiów:	Studia I stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	4
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr inż. Broda Krzysztof (broda@agh.edu.pl)				

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

Na wykładzie omawiane są podstawowe prawa z zakresu mechaniki płynów i termodynamiki, którym towarzyszą przykłady zadań rozwiązywane na ćwiczeniach audytoryjnych oraz ćwiczenia laboratoryjne.

### 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	Student potrafi identyfikować zjawiska mechaniki płynów i termodynamiki w technice i przyrodzie	IGR1A_W01	Egzamin, Kolokwium
M_W002	Student zna prawa rządzące ruchem i spoczynkiem płynu.	IGR1A_W01	Egzamin, Wykonanie ćwiczeń
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student ma umiejętność wykonywania podstawowych obliczeń termodynamicznych.	IGR1A_U05, IGR1A_U02	Egzamin, Kolokwium
M_U002	Student potrafi zastosować poznane metody mechaniki płynów do rozwiązywania typowych zagadnień dotyczących przepływów płynów.	IGR1A_U02, IGR1A_U04	Egzamin, Kolokwium
Kompetencje społeczne: jest gotów do			

M_K001	Rozumie potrzebę ciągłego aktualizowania i poszerzania wiedzy z mechaniki płynów i termodynamiki.	IGR1A_K05, IGR1A_K01	Aktywność na zajęciach
--------	---	-------------------------	------------------------

### 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
60	30	15	15	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 audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student potrafi identyfikować zjawiska mechaniki płynów i termodynamiki w technice i przyrodzie	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student zna prawa rządzące ruchem i spoczynkiem płynu.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student ma umiejętność wykonywania podstawowych obliczeń termodynamicznych.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi zastosować poznane metody mechaniki płynów do rozwiązywania typowych zagadnień dotyczących przepływów płynów.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Rozumie potrzebę ciągłego aktualizowania i poszerzania wiedzy z mechaniki płynów i termodynamiki.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

**Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)**

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	60 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	141 godz
Punkty ECTS za moduł	5 ECTS

**Pozostałe informacje****Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)****Wykład**

Płyn jako ośrodek ciągły. Własności fizyczne płynów. Statyka płynów: równanie równowagi płynów, równowaga bezwzględna płynu, napór cieczy na ściany płaskie. Kinematyka płynów: metody analizy ruchu płynów, pochodna substancjonalna, równanie ciągłości przepływu. Dynamika płynów doskonałych: równanie ruchu płynu doskonałego, równanie Bernoulliego, zastosowanie równania Bernoulliego do pomiaru prędkości. Dynamika płynów rzeczywistych: przepływ laminarny i turbulentny, uogólnione równanie Bernoulliego. Przepływy w przewodach. Wyptyw cieczy przez otwory. Przepływy w kanałach otwartych. Opływ ciał. Przepływ przez ośrodki porowate: struktura warstwy porowej, ruch wód gruntowych, dopływ wody gruntowej do studni, rowu. Rola termodynamiki w naukach empirycznych i technice. Podstawowe pojęcia i definicje parametrów termodynamiki; układy cieplne i ich rodzaje. I Zasada termodynamiki: ciepło, praca i jej rodzaje, energia wewnętrzna, ciepło właściwe. Model gazu doskonałego. Pojęcie entalpii, typowe przemiany gazu doskonałego, ciepło właściwe oraz prace (absolutna, techniczna) w tych przemianach. Efekt Joule'a-Thomsona procesu izentalpowego. Entropia. II zasada termodynamiki, obiegi gazowe, obieg Carnota, sprawność silnika termodynamicznego. Przemiany fazowe. Para wodna jako czynnik termodynamiczny. Teorie wilgotnego powietrza, parametry wilgotnego powietrza. Podstawowe przemiany wilgotnego powietrza. Mechanizmy wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja, promieniowanie.

**Ćwiczenia audytoryjne**

Płyn jako ośrodek ciągły. Własności fizyczne płynów. Statyka płynów: równanie równowagi płynów, równowaga bezwzględna płynu, napór cieczy na ściany płaskie. Kinematyka płynów: metody analizy ruchu płynów, pochodna substancjonalna, równanie ciągłości przepływu. Dynamika płynów doskonałych: równanie ruchu płynu doskonałego, równanie Bernoulli'ego, zastosowanie równania Bernoulli'ego do pomiaru prędkości. Dynamika płynów rzeczywistych: przepływ laminarny i turbulentny, wzory Hagena-Poiseuilla, Darcy-Weisbacha, opory ruchu, uogólnione równanie Bernoulliego. Przepływy w przewodach. Wyptyw cieczy przez otwory i przystawki, przelewy. Przepływy w kanałach otwartych: wzór Chezy'ego, przekrój

optymalny. Opływ ciał: opór profilowy, siła nośna, rotometr. Przepływ przez ośrodki porowate: struktura warstwy porowej, ruch wód gruntowych, dopływ wody gruntowej do studni, rowu. Dynamika gazów ściśliwych: równanie Bernoulli'ego dla gazów w przemianie adiabatycznej, wypływ gazu przez otwory i dysze. Podstawy termodynamiki. Własności i prawa gazów doskonałych. Czynniki termodynamiczne, kinetyczna teoria gazów, prawa gazów doskonałych, energia wewnętrzna, entalpia, ciepło właściwe. Pierwsza zasada termodynamiki. Praca bezwzględna, użyteczna, techniczna, pierwsza zasada termodynamiki, entropia, przemiany odwracalne i nieodwracalne. Przemiany gazów doskonałych. Druga zasada termodynamiki. Obiegi gazowe. Obieg Carnota. Para wodna jako czynnik termodynamiczny. Krzywa wrzenia, punkt potrójny, Wykres  $p-v$  dla pary wodnej, ciepło parowania, entalpia i entropia wody i pary; powietrze wilgotne. Wymiana ciepła i wymienniki. Przewodzenie ciepła, wymiana ciepła przez konwekcję, promieniowanie; przenikanie ciepła. Obiegi parowe. Obiegi parowe, chłodnictwo.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

Pomiar gęstości powietrza, gęstości cieczy i lepkości cieczy. Pomiar współczynnika oporu liniowego. Pomiar współczynnika oporu lokalnego. Pomiar rozkładu prędkości w przekroju przewodu. Pomiar strumienia objętości różnymi przepływomierzami. Wyznaczanie ciepła właściwego powietrza. Wyznaczanie wykładnika adiabaty.

### **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 audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

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.

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

Ćwiczenia audytoryjne:

- Podstawowym terminem uzyskania zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych jest ostatni dzień zajęć w danym semestrze. Ocena z ćwiczeń audytoryjnych ustalana jest na podstawie ocen uzyskanych na zajęciach oraz ze sprawdzianów i z kolokwium.

- Wymagana jest ocena pozytywna ze wszystkich sprawdzianów. W przypadku braku oceny pozytywnej materiał z danego sprawdzianu musi zostać zaliczony na kolokwium zaliczeniowym.

- Student może dwukrotnie przystąpić do poprawkowego zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Student obowiązany jest wykonać i zaliczyć wszystkie ćwiczenia laboratoryjne wskazane przez prowadzącego zajęcia.

- Podstawowym terminem uzyskania zaliczenia z ćwiczeń laboratoryjnych jest ostatni dzień zajęć w danym semestrze. Jest to również koniec możliwości odrobienia ćwiczeń. Ocena z ćwiczeń laboratoryjnych ustalana jest na podstawie ocen uzyskanych ze sprawdzenia przygotowania teoretycznego do ćwiczeń, wykonania ćwiczeń oraz opracowania wyników w formie sprawozdań.

Prowadzący zajęcia może zezwolić na uzupełnienie sprawozdań oraz poprawienie negatywnych ocen z przygotowania teoretycznego w jednym terminie poprawkowym.

Wykłady:

Egzamin: obejmuje zakres całego wykładu włącznie z zagadnieniami wskazanymi do samodzielnego przestudiowania. Warunkiem dopuszczenia do egzaminów jest posiadanie zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych. Nieobecność na egzaminie z powodu nie uzyskania w/w zaliczeń

powoduje przepadek terminu.

### **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 audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak
- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

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.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Na podstawie zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych, laboratoryjnych i egzaminu.

Ocena końcowa (OK) obliczana jest według wzoru:

1)w przypadku zdania egzaminu w I terminie:  $OK = 0.6 E + 0.4 (C+L)/2$

2)w przypadku zdania egzaminu w II terminie (niezdania I terminu):  $OK = 0.6 (2.5+E)/2 + 0.4 (C+L)/2$

3)w przypadku zdania egzaminu w III terminie (niezdania I i II terminu):  $OK = 0.6 (2.5+2.5+E)/3 + 0.4 (C+L)/2$

gdzie E - ocena pozytywna z egzaminu, C - ocena z ćwiczeń rachunkowych, L - ocena z laboratorium.

W przypadku nieobecności nieusprawiedliwionej termin egzaminu przepada. Ocena końcowa w przypadku uzyskania ocen pozytywnych z egzaminu, ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych zawsze jest nie mniejsza niż 3.0

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

Ćwiczenia audytoryjne:

- Dopuszczalna jest tylko jedna nieusprawiedliwiona nieobecność na ćwiczeniach.
- Jedna nieobecność usprawiedliwiona jak i nieusprawiedliwiona na zajęciach wymaga od studenta samodzielnego opanowania przerabianego na tych zajęciach materiału.
- Więcej niż jedna nieobecność (usprawiedliwiona) na zajęciach wymaga od studenta samodzielnego opanowania przerabianego na tych zajęciach materiału i jego zaliczenia w formie ustalonej przez prowadzącego i w wyznaczonym przez niego terminie lecz nie później jak w ostatnim tygodniu trwania zajęć.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Dopuszczalna jest tylko jedna nieusprawiedliwiona nieobecność na ćwiczeniach laboratoryjnych.
- Jedna nieobecność usprawiedliwiona jak i nieusprawiedliwiona na zajęciach wymaga od studenta odrobienia ćwiczeń laboratoryjnych, na których student był nieobecny (za zgodą prowadzącego można odrobić na zajęciach innej grupy) lecz nie później jak w ostatnim tygodniu trwania zajęć.

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

Znajomość matematyki i fizyki.

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

Walden H., Stasiak J.: „Mechanika cieczy i gazów w inżynierii sanitarnej”, Arkady Warszawa 1971.

Z.Orzechowski, J.Prywer, R.Zarzycki „Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska” WNT

Warszawa 2009

J.Waławik „Mechanika płynów i termodynamika” Wydawnictwa AGH, Kraków 1993

E.Burka,T.Nałecz „Mechanika płynów w przykładach”, PWN Warszawa 1994

J.Sobota „Hydraulika” t.I i II. Wydawnictwo AXA Wrocław 1994

W. Szewczyk, J. Wojciechowski: Wykłady z termodynamiki z przykładami zadań. Wydawnictwo AGH. Kraków 2007

J. Szargut: Termodynamika. PWN, Warszawa 2005

St. Ochęduszek: Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa 1974

St. Wiśniewski: Termodynamika techniczna. WNT, Warszawa 2005

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

M.Branny, K.Broda, K.Filek, W.Filipek, W.Mikołajczyk: CDF Symulation of Reverse Flow Phenomena In Declined Galleries. Kwartalnik AGH Górnictwo i Geoinżynieria, Vol.30, z3, 2006

K.Broda, W.Filipek: Measurement of Small Values of Hydrostatic Pressure Difference. Archives of Mining Sciences 57 (2012), No 1, p. 157 167

K.Broda, W.Filipek: Measurement of Small Values of Hydrostatic Pressure With the Compensation of Atmospheric Pressure Influence. Archives of Mining Sciences 58 (2013), No 3, p. 893 904

W.Filipek, K.Broda, M.Branny: Measurement of Small Values of Hydrostatic Pressure With the Compensation of Atmospheric Pressure Influence. Archives of Mining Sciences 58 (2015), No 3, p. 893 904 (Arch. Min. Sci., Vol. 60 (2015), No 1, p. 341-358

W.Filipek, K.Broda: Theoretical Research on The Stability of The Transport Module Intended for Transport from The Seabed, New Trends in Production Engineering (2018), Volume 1, Issue 1, pp. 605-612

oraz według listy publikacji zamieszczonych na stronie Biblioteki Głównej AGH (baza <http://www.bpp.agh.edu.pl/>).

### **Informacje dodatkowe**

Brak