

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Przepływy dwufazowe w energetyce		
Rok akademicki:	2019/2020	Kod: RMBM-2-108-SM-s	Punkty ECTS: 4
Wydział:	Inżynierii Mechanicznej i Robotyki		
Kierunek:	Mechanika i Budowa Maszyn	Specjalność:	Inżynieria Zrównoważonych Systemów Energetycznych
Poziom studiów:	Studia II stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A) Semestr: 1
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

Przepływy dwufazowe to poszerzenie wiedzy nabytej na I stopniu z zakresu mechaniki płynów gdy pod pojęciem takiego przepływu rozumiany jest przepływ dwóch wzajemnie niemieszających się faz poddanych nie tylko działaniom sił zewnętrznych, ale także oddziaływaniom międzyfazowym. Omówione zostaną podstawowe rodzaje tego rodzaju przepływów ze szczególnym uwzględnieniem tych jego aplikacji, które mają bezpośrednie odniesienie do urządzeń energetycznych (kotły fluidalne, turbiny).

### 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	ma wiedzę w zakresie podstaw fizyki oraz mechaniki płynów ośrodka jednofazowego niezbędną do analizy zagadnień dotyczących aplikacji przepływów dwufazowych w systemach i urządzeniach energetycznych		Prezentacja, Projekt, Referat, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń, Wypracowania pisane na zajęciach
M_W002	ma wiedzę w zakresie podstaw informatyki celem wykorzystania programów komputerowych dla celów wizualizacji zjawisk przepływów dwufazowych wraz z formułowaniem i prostych przykładów dla tego typu przepływów		Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna, Prezentacja, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń

M_W003	ma elementarną wiedzę w zakresie termodynamiki technicznej jako dyscypliny inżynierskiej powiązanej z aplikacją przepływów dwufazowych do procesów przepływowych w systemach i maszynach energetycznych		Kolokwium, Odpowiedź ustna, Prezentacja, Projekt, Referat, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń
M_W004	posiada zasób wiedzy umożliwiającej samodzielne projektowanie, wytwarzanie i eksploatację prostych maszyn, urządzeń i systemów energetycznych opartych na aplikacjach przepływów dwufazowych	MBM2A_W17	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Praca dyplomowa, Prezentacja, Projekt inżynierski, Referat, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Zaangażowanie w pracę zespołu
Umiejętności: potrafi			
M_U001	potrafi zastosować wiedzę z zakresu termodynamiki i mechaniki płynów do opisu zjawisk fizycznych i modelowania procesów wymiany ciepła i masy oraz spalania opartych na przepływach dwufazowych i zachodzących w różnego rodzaju maszynach i urządzeniach energetycznych		Kolokwium, Prezentacja, Projekt, Przygotowanie pracy dyplomowej, Referat, Sprawozdanie, Studium przypadków, Wykonanie projektu
M_U002	posiada umiejętności posługiwania się zaawansowaną wiedzą z zakresu mechaniki oraz przepływów dwufazowych dla celów projektowania maszyn i urządzeń energetycznych	MBM2A_U02	Prezentacja, Projekt inżynierski, Przygotowanie pracy dyplomowej, Referat, Studium przypadków, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy dla osiągnięciażądanego celu		Przygotowanie pracy dyplomowej, Referat, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń, Zaangażowanie w pracę zespołu

### 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
52	26	0	0	26	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	ma wiedzę w zakresie podstaw fizyki oraz mechaniki płynów ośrodka jednofazowego niezbędną do analizy zagadnień dotyczących aplikacji przepływów dwufazowych w systemach i urządzeniach energetycznych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	ma wiedzę w zakresie podstaw informatyki celem wykorzystania programów komputerowych dla celów wizualizacji zjawisk przepływów dwufazowych wraz z formułowaniem i prostych przykładów dla tego typu przepływów	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	ma elementarną wiedzę w zakresie termodynamiki technicznej jako dyscypliny inżynierskiej powiązanej z aplikacją przepływów dwufazowych do procesów przepływowych w systemach i maszynach energetycznych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	posiada zasób wiedzy umożliwiającej samodzielne projektowanie, wytwarzanie i eksploatację prostych maszyn, urządzeń i systemów energetycznych opartych na aplikacjach przepływów dwufazowych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	potrafi zastosować wiedzę z zakresu termodynamiki i mechaniki płynów do opisu zjawisk fizycznych i modelowania procesów wymiany ciepła i masy oraz spalania opartych na przepływach dwufazowych i zachodzących w różnego rodzaju maszynach i urządzeniach energetycznych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	posiada umiejętności posługiwania się zaawansowaną wiedzą z zakresu mechaniki oraz przepływów dwufazowych dla celów projektowania maszyn i urządzeń energetycznych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												

M_K001	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy dla osiągnięcia żądanego celu	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	52 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	4 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	15 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Inne	2 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

Wprowadzenie do teorii przepływów dwufazowych i ich aplikacji w energetyce (4 godz.)

Podstawowe rodzaje, struktury oraz właściwości przepływów dwufazowych. Rodzaje fazy rozproszonej, rozmiary i kształt cząstek, kropel i pęcherzy, gęstość i lepkość mieszaniny dwufazowej

Opadanie swobodne i przyspieszone cząstek i kropel (3 godz.)

Równania ruchu cząstek w prostoliniowym i krzywoliniowym polu prędkości płynu. Sedymentacja. Prędkość i rodzaje sedymentacji. Opadanie przyspieszone – zasada pracy i budowa cyklonu, ze szczególnym odniesieniem do technologii kotłów fluidalnych

Modele przepływu dwufazowego (4 godz.)

Równanie ogólne przepływu bezpoślizgowego. Równanie przepływu z rozdzieleniem faz. Przepływ z unoszeniem fazy rozproszonej

Teoria procesu fluidyzacji (4 godz.)

Teoria procesu fluidyzacji. Spadek ciśnienia w warstwie fluidalnej. Prędkość początku fluidyzacji, teoretyczny opis podstawowych parametrów początku fluidyzacji, liczba fluidyzacji. Własności i rodzaje warstw fluidalnych

Aplikacje procesu fluidyzacji w energetyce (6 godz.)

Wybrane przykłady aplikacji teorii fluidyzacji w instalacjach i urządzeniach energetycznych. Budowa i rodzaje kotłów fluidalnych i skala zastosowań. Aplikacje w

zakresie transportu hydraulicznego i pneumatycznego.

Porównanie technologii kotłów fluidalnych z technologią kotłów pyłowych (2)

Wskazanie zasadniczych cech konstrukcyjnych i funkcjonalnych kotłów fluidalnych (temperatura procesu spalania, odsiarczanie i odazotowanie spalin) w odniesieniu do kotłów pyłowych.

**Ćwiczenia projektowe**

Zakres projektów, wybór projektu (2)

Omówienie zakresu ćwiczeń projektowych oraz doboru narzędzi i programów komputerowych (2)

Wizualizacja struktury dwufazowej (4)

Opracowanie w formie projektu wizualizacji wybranej struktury przepływu dwufazowego, z wykorzystaniem CFD oraz przedstawienie metody określenia rodzaju właściwości przepływu dwufazowego (4)

Wyznaczanie średnicy cząstek ciała stałego, kropel (2)

Analiza metod określania średnic średnic cząstek stałych i przykłady obliczeniowe (2)

Symulacja zjawisk przepływu w stacjonarnej i cyrkulacyjnej warstwie fluidalnej, podstawowe parametry procesu fluidyzacji (4)

Przeprowadzenie symulacji przepływu dwufazowego w oparciu o CFD dla modelu stacjonarnego i cyrkulacyjnego kotła fluidalnego oraz obliczenie na podstawie przyjętych danych podstawowych parametrów procesu fluidyzacji złoża, szczególnie prędkości początku fluidyzacji wraz z wsparciem o stanowisko laboratoryjne (4)

Komputerowo wspomagane obliczenia projektowe parametrów procesu fluidyzacji paliwa stałego (7)

dobór rodzaju i rozmiarów cząstek ziaren paliwa, określenie rodzaju czynnika fluidyzacyjnego, określenie podstawowych parametrów procesu fluidyzacji – minimalna prędkość początku fluidyzacji, dobór rodzaju rusztu, przyjęcie ciśnienia w złożu i dobór wentylatora powietrza fluidyzacyjnego

Zajęcia terenowe

Zajęcia terenowe prowadzone wprost na terenie elektrowni z blokiem fluidalnym związane z tematyką profesjonalnego projektowania konstrukcji kotłów fluidalnych dla energetyki zawodowej (7)

**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 projektowe: Studenci wykonują zadany projekt samodzielnie, bez większej ingerencji prowadzącego. Ma to wykształcić poczucie odpowiedzialności za pracę w grupie oraz odpowiedzialności za podejmowane decyzje.

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

Studenci wykonują indywidualnie wskazane projekty mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Każdy z wykonanych projektów podlega ocenie w postaci przedłożonego sprawozdania. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy. W ramach projektu studenci odbędą także jedno zajęcia terenowe w obiekcie wprost związanym z treściami sylabusa, z których studenci zobowiązani są przedstawić sprawozdanie.

Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest pozytywna ocena z projektów (jako średnia), zaliczenie

kolokwium końcowego i złożenie sprawozdania z zajęć terenowych.

### **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 nie wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia projektowe:

- Obecność obowiązkowa: Tak
- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

- aktywność na ćwiczeniach i obecność na wykładach (10%)
- aktywność i opracowanie projektu (40%)
- kolokwium zaliczeniowe (50%)

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

indywidualne zaliczenie nieodbytych zajęć albo wprost o tematyce jakiej zajęcia te dotyczyły, albo o wskazanej przez prowadzącego zajęcia innej tematyce

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

- powtórzenie i przypomnienie podstawowych zagadnień wykładanych na I stopniu studiów z zakresu termodynamiki i mechaniki płynów

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

- 1.Orzechowski Z.:Przepływy dwufazowe PWN, 1996
- 2.Chmielniak T.:Technologie energetyczne. WNT, Warszawa 2008.
- 3.Pająk T.: Przepływy dwufazowe w energetyce – materiały do wykładów

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

- 1.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
- 2.Badanie suchej sorpcji ditlenku siarki i chlorowodoru wodorowęglanem sodu ze spalin elektrociepłowni węglowej — Study on dry sorption of sulfur dioxide and hydrogen chloride with sodium bicarbonate from flue gas of a coal-fired power plant / Grzegorz Świąszek, Tadeusz PAJĄK // Przemysł Chemiczny ; ISSN 0033-2496. — 2017 t. 96 nr 8, s. 1730–1732.
- 3.Efektywność suchej metody oczyszczania spalin na przykładzie wybranych krajowych spalarni osadów ściekowych — Effectiveness of dry method of flue gas treatment as exemplified by some domestic sewage sludge incineration plants / Tadeusz PAJĄK // Przemysł Chemiczny ; ISSN 0033-2496. — 2015 t. 94 nr 9, s. 1540–1543.

### **Informacje dodatkowe**

brak