

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Metrologia cieplna				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	RMBM-2-326-SM-s	Punkty ECTS:	2
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:	3
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr inż. Michalak Piotr (pmichal@agh.edu.pl)				

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

Przedmiot obejmuje prezentację metod i narzędzi pomiarowych wielkości fizycznych w technice cieplnej (temperatura, ciśnienie, wilgotność powietrza, prędkość przepływu, strumień przepływu, masa i objętość płynu). Omówione są także zagadnienia prawne w metrologii oraz metodyka obliczania niepewności pomiaru i prezentacji wyników pomiaru.

### 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	Znajomość metod pomiarowych oraz urządzeń pomiarowych wielkości cieplnych i przepływowych ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu i budownictwa.	MBM2A_W02, MBM2A_W06	
M_W002	Student potrafi określić błędy i niepewności pomiarowe zgodnie z obowiązującymi przepisami w oparciu o dane techniczne przyrządów pomiarowych oraz naturę badanych zjawisk i wielkości fizycznych.	MBM2A_W05	
Umiejętności: potrafi			

M_U001	Praktyczna znajomość problematyki przeprowadzania pomiarów wielkości cieplnych i przepływowych. Umiejętność doboru metod i przyrządów pomiarowych oraz określenia dokładności pomiarów.	MBM2A_U21	Aktywność na zajęciach
M_U002	Umiejętność doboru przyrządów pomiarowych do charakteru badanego zjawiska i rodzaju badanego medium.	MBM2A_U11, MBM2A_U01, MBM2A_U10	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
28	14	14	0	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	Znajomość metod pomiarowych oraz urządzeń pomiarowych wielkości cieplnych i przepływowych ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu i budownictwa.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student potrafi określić błędy i niepewności pomiarowe zgodnie z obowiązującymi przepisami w oparciu o dane techniczne przyrządów pomiarowych oraz naturę badanych zjawisk i wielkości fizycznych.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												

M_U001	Praktyczna znajomość problematyki przeprowadzania pomiarów wielkości cieplnych i przepływowych. Umiejętność doboru metod i przyrządów pomiarowych oraz określenia dokładności pomiarów.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Umiejętność doboru przyrządów pomiarowych do charakteru badanego zjawiska i rodzaju badanego medium.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	28 godz
Przygotowanie do zajęć	6 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	12 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	2 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	50 godz
Punkty ECTS za moduł	2 ECTS

## Pozostałe informacje

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

#### Wykład

##### Zakres wykładów.

1. Program przedmiotu. Regulacje prawne dotyczące metrologii. Błędy pomiarowe, definicje, podstawy rachunku błędów.
2. Pomiar temperatury. Skale termometryczne, Systematyka przyrządów do pomiaru temperatury.
3. Termometry stykowe nieelektryczne, termometry rozszerzalnościowe, termometry ciśnieniowe – podstawy fizyczne, budowa czujnika, zasady montażu w urządzeniach technicznych.
4. Termometry stykowe elektryczne: termoelektryczne, rezystancyjne oraz półprzewodnikowe – podstawy fizyczne, budowa czujnika, układy pomiarowe.
5. Termometry bezstykowe: pirometry – podstawy fizyczne, pomiary temperatury ciał nieczarnych.

6. Inercja termometrów, niedokładność pomiaru, ograniczenia w zastosowaniach i zasady montażu w urządzeniach technicznych. Metodyka prowadzenia pomiarów temperatury.
7. Pomiar ciśnienia. Określenia podstawowe. Przyrządy cieczowe, membranowe w tym półprzewodnikowe i przyrządy tłokowe. Pomiary ciśnień zmiennych.
8. Pomiar strumienia cieczy i gazów – wstęp. Liczniki przepływu. Gazomierze. Liczniki wirnikowe.
9. Pomiary strumienia cieczy i gazów. Strumieniomierze. Charakterystyki strumieniomierzy.
10. Pomiary strumienia cieczy i gazów. Anemometry.
11. Pomiar przepływu cieczy w przewodach otwartych. Ciepłne i elektryczne metody pomiaru prędkości przepływu.
12. Pomiar wilgotności powietrza.
13. Ciepłomierze, systemy pomiarowe ciepła, energii elektrycznej, wody i pary w budownictwie i przemyśle.
14. Zajęcia końcowe, podsumowanie, zaliczenie przedmiotu.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

#### Zakres zajęć.

1. Termometry stykowe nieelektryczne. Zapoznanie się z budową i zasadą działania termometrów. Pomiar temperatury i badanie charakterystyki termometrycznej termometru cieczowego. Tabela poprawek dla termometru.
2. Termometry stykowe elektryczne. Zapoznanie się z budową i zasadą działania termometrów. Pomiary temperatury i badanie charakterystyk termometrycznych termometrów elektrycznych rezystancyjnych i półprzewodnikowych.
3. Pomiar temperatury za pomocą czujnika Pt500 z wykorzystaniem mostka Wheatstone'a.
4. Budowa i zasada działania termopar oraz przeprowadzanie pomiarów temperatury za pomocą termopar.
5. Inercja termometrów i czujników do pomiaru temperatury. Błędy pomiarowe wynikające z inercji, stała czasowa termometru.
6. Termometry bezstykowe: pirometry. Budowa pirometru, przeprowadzenie pomiaru, tabela emisyjności.
7. Pomiary małych ciśnień. Manometry cieczowe (U-rurka, manometr Recknagla, manometr kompensacyjny).
8. Pomiary dużych ciśnień. Czujniki tensometryczne i piezoelektryczne do pomiaru ciśnień. Sprawdzanie manometrów zgodnie z normą PN-EN 837.

9. Pomiar strumienia cieczy i gazów za pomocą zwężki pomiarowej oraz przepływomierza ultradźwiękowego.

10. Badanie wodomierzy i ciepłomierzy.

11. Pozostałe zajęcia – zaliczanie ćwiczeń oraz omawianie wyników.

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

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym.

Ćwiczenia audytoryjne: W trakcie zajęć studenci pod nadzorem prowadzącego wykonują pomiary różnych wielkości fizycznych, zgodnie z programem przedmiotu.

Na bieżąco dyskutowane są otrzymywane wyniki surowe, pod kątem ich przydatności do dalszej analizy. Pozwala to wychwycić błędy grube (pomyłki).

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

Zaliczenie przedmiotu możliwe jest po zaliczeniu wszystkich ćwiczeń. Zaliczenia poprawkowe muszą odbyć się przed rozpoczęciem sesji egzaminacyjnej. Ich termin ustalany jest indywidualnie z prowadzącym.

### **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 wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego i pod jego nadzorem.

Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie sprawozdań z wykonanych ćwiczeń. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocena końcowa jest wystawiana jako ocena średnia w oparciu o oceny cząstkowe z kolejnych ćwiczeń (sprawozdania) oraz aktywności studentów na zajęciach.

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

Samodzielne przygotowanie sprawozdania w oparciu o wskazówki prowadzącego. Konsultacja i zaliczenie sprawozdania u prowadzącego.

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

Podstawowa znajomość tematyki rachunku błędów (laboratorium fizyki i metrologii) oraz statystyki matematycznej.

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

Tadeusz Fodemski (red.): Pomiary cieplne cz. 1 – Podstawowe pomiary cieplne. Praca zbiorowa, WNT, Warszawa 1995

Dawid Taler: Pomiary cieplne (zwężkowe) w przemyśle, Warszawa, Agenda Wydawnicza PAK, 2006

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

Nie podano dodatkowych publikacji

**Informacje dodatkowe**

Brak