



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Technika cieplna z miernictwem

### Przedmiot

Kierunek studiów

Inżynieria Środowiska II stopień

Studia w zakresie (specjalność)

Zaopatrzenie w ciepło, klimatyzacja i ochrona powietrza

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1 /1

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratoria

15

Inne (np. online)

Ćwiczenia

15

Projekty/seminaria

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

prof.dr hab.inż. Janusz Wojtkowiak

email: janusz.wojtkowiak@put.poznan.pl

tel. (61) 6652442

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Berdychowo 4, 61-131 Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

### Wymagania wstępne

1.Wiedza:

Matematyka: rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe. Fizyka: termodynamika techniczna, podstawy techniki cieplnej i mechaniki płynów.

2.Umiejętności:

Zastosowanie rachunku różniczkowego i całkowego do opisu zjawisk fizycznych, rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych, przekształcanie równań różniczkowych cząstkowych. Rozwiązywanie zadań z techniki cieplnej i mechaniki płynów.



### 3. Kompetencje społeczne.

Świadomość konieczności ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy i umiejętności.

#### Cel przedmiotu

Poszerzenie i pogłębienie wiedzy, umiejętności z zakresu techniki cieplnej i miernictwa cieplnego niezbędnych do rozwiązywania złożonych problemów cieplnych i przepływowych oraz bilansu energii w urządzeniach i systemach występujących w inżynierii środowiska zarówno zabudowanego jak i niezabudowanego.

#### Przedmiotowe efekty uczenia się

##### Wiedza

1. Student posiada poszerzoną i pogłębioną wiedzę z zakresu techniki cieplnej i miernictwa cieplnego.
2. Student zna podstawowe metody potrzebne do rozwiązywania problemów praktycznych, teoretycznych i projektowych obejmujących procesy i urządzenia cieplne występujące w inżynierii środowiska.
3. Student posiada wiedzę na temat szczegółowych zasad sporządzania bilansów energii, obliczania wydajności cieplnej i strat ciepła oraz sprawności cieplnej urządzeń występujących w inżynierii środowiska.
4. Student posiada zaawansowaną wiedzę o trendach rozwojowych i nowych osiągnięciach dotyczących procesów i urządzeń cieplnych występujących w inżynierii środowiska.
5. Student rozumie zasadę działania siłowni jądrowej oraz zna zagadnienia cieplno-przepływowe występujące w rdzeniu reaktora jądrowego.
6. Student ma rozszerzoną wiedzę na temat obliczania niepewności wyników pomiarów oraz statystycznego opracowywania wyników badań doświadczalnych.

##### Umiejętności

1. Student potrafi pozyskiwać i oceniać informacje dostępne w literaturze, internecie i katalogach nt. technologii i urządzeń występujących w inżynierii środowiska.
2. Student potrafi znaleźć i poprawnie stosować odpowiednie zależności opisujące analizowane procesy cieplne i wie jak ustalić właściwości termodynamiczne substancji niezbędne do wykonania obliczeń.
3. Student potrafi rozpoznawać i rozwiązywać złożone problemy projektowe oraz eksploatacyjne występujące w urządzeniach cieplnych i krytycznie ocenić rozwiązania projektowe i wykrywać zagrożenia występujące na etapie projektowania i eksploatacji urządzeń cieplnych
4. Student potrafi planować i przeprowadzać badania eksploatacyjne i badania prototypów urządzeń występujących w inżynierii środowiska oraz ustalać dokładność i wykonać analizę uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów i krytycznie interpretować uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów cieplnych, przeprowadzać ich analizę oraz wyciągać wnioski.



5. Student potrafi opracować szczegółowy bilans cieplny, obliczyć wydajność cieplną oraz straty ciepła i sprawność użytkową analizowanych procesów i urządzeń cieplnych.

6. Student umie przeprowadzić obliczenia ciepłno-przepływowe rdzenia reaktora jądrowego typu PWR oraz określić rozkład temperatury w paliwie jądrowym.

7. Student potrafi określić niepewność wyników badań doświadczalnych oraz dokonać aproksymacji wyników badań.

#### Kompetencje społeczne

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych.

2. Student ma świadomość zakresów ważności i ograniczeń stosowanych zależności i metod obliczeń oraz wartości posiadanej wiedzy teoretycznej i praktycznej.

3. Student rozumie konieczność sprawdzania i weryfikacji wyników stosowanych metod, obliczeń i pomiarów.

4. Student ma świadomość konieczności myślenia i działania innowacyjnego.

#### **Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny**

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykłady:

Dwuczęściowy egzamin pisemny w terminie podanym na początku semestru:

Część 1. ma na celu sprawdzenie umiejętności praktycznych i polega na rozwiązaniu 2 zadań rachunkowych.

Część 2. ma na celu sprawdzenie wiedzy i polega na udzieleniu odpowiedzi na 4 pytania.

W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną.

Na każdym wykładzie oceniana jest aktywność studentów.

Szczegółowe kryteria punktowe i skala ocen podawane są na pierwszych zajęciach w semestrze oraz przypominana przed egzaminem.

Ćwiczenia rachunkowe (audytoryjne):

45-minutowe pisemne kolokwium zaliczeniowe w ostatnim tygodniu semestru. Kolokwium polega na rozwiązaniu kilku (maksymalnie 3) krótkich zadań.

Sprawdzanie i ocenianie poprawności samodzielnych rozwiązań zadań (tj. pracy własnej studenta).

Ocenianie aktywności studentów na każdych zajęciach.

Ćwiczenia laboratoryjne:



Krótki 15-minutowy sprawdzian - każdorazowo przed rozpoczęciem realizacji ćwiczeń laboratoryjnych.  
Ocena sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.

Warunkiem zdania każdej z dwóch części egzaminu oraz uzyskania zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych jest zdobycie minimum 50% z maksymalnej liczby punktów wynoszącej 20. Warunkiem zdania egzaminu jest uzyskanie pozytywnej oceny zarówno z cz. 1 jak i z cz. 2. Poprawiana jest tylko ta część egzaminu, która została niezdana.

Skala ocen:

0-9 pkt = 2,0

10-12 pkt = 3,0

13-14 pkt = 3,5

15-16 pkt = 4,0

17-18 pkt = 4,5

19-20 pkt = 5,0

### Treści programowe

Parametry i funkcje termodynamiczne. Równania stanu termicznego gazów. Zasada zachowania substancji i energii. Mieszanki gazów. Energia układu, energia wewnętrzna. Energia strumienia masy, entalpia. Model gazu półdoskonałego. I zasada termodynamiki. Przemiany termodynamiczne. Ciepło i praca przemiany. Bilans energii maszyny przepływowej. II zasada termodynamiki, entropia. Obliczanie przyrostów entropii gazu doskonałego i półdoskonałego. Wykres ciepła (T-s). Porównanie izentropy sprężania gazu doskonałego i półdoskonałego. Para wodna, wykres przemian fazowych. Właściwości i parametry pary nasyconej i mokrej, przemiany pary wodnej, tablice i wykresy pary wodnej. Równania aproksymujące właściwości cieplno-przepływowe wody i pary wodnej oraz powietrza. Gaz wilgotny, izobaryczne nawilżanie gazu. Parametry gazu wilgotnego. Wykres (h-X) powietrza wilgotnego. Przemiany powietrza wilgotnego, mieszanie dwu strumieni powietrza wilgotnego. Spalanie. Podstawy termodynamiki chemicznej. Ciepło spalania. Obliczanie ciepła spalania. Paliwa stałe, ciekłe, gazowe. Równania stechiometryczne spalania paliw, zapotrzebowanie powietrza, współczynnik nadmiaru powietrza. Skład i ilość spalin, objętość właściwa spalin. Temperatura adiabatyczna spalin. Termodynamiczne obiegi porównawcze (odwracalne). Kogeneracja. Urządzenia chłodnicze, ziębiarka gazowa, pompy ciepła: sprężarkowe, absorpcyjne i termoelektryczne. Tendencje rozwojowe pomp ciepła. Praca maksymalna, egzergia: Przyczyny nieodwracalności procesów, źródła przyrostów entropii. Praca maksymalna przemiany w układzie zamkniętym i w układzie otwartym. Strata pracy maksymalnej, prawo Gouya-Stodoli. Definicja egzergii. Składniki egzergii. Strata egzergii przemiany adiabatycznej (z tarcem). Obliczanie egzergii. Sprawność egzergetyczna. Analiza niepewności wyników badań doświadczalnych. Niepewność typu A i B. Niepewność końcowa/całkowita w pomiarze wielokrotnym pośrednim. Aproksymacja regresja wielomianowa. Siłownia jądrowa - zasada działania, budowa i sprawność. Generacja ciepła w rdzeniu reaktora, rozkład temperatury w paliwie jądrowym.



## Metody dydaktyczne

Wykład informacyjny z elementami wykładu konwersacyjnego. Prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy

Ćwiczenia audytoryjne: metoda problemowa, rozwiązywanie zadań.

Ćwiczenia laboratoryjne: metoda eksperymentu, wykonanie zadań podanych przez prowadzącego - ćwiczenia praktyczne

## Literatura

### Podstawowa

1. SZARGUT J., Termodynamika techniczna. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2000
2. KALINOWSKI E., Termodynamika. Skrypt Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1994
3. SMUDSZ R., WILK J., WOLAŃCZYK F., Termodynamika. Repetytorium. Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Wyd. III, stron 115, Rzeszów, 2009
4. WIŚNIEWSKI S., Termodynamika techniczna. WNT, Warszawa 1993
5. OCHĘDUSZKO St., Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa, 1964
6. Pomiary cieplne, T. 1 i T. 2, Praca zb. (red. T.R. Fodemski), WNT, Warszawa, 2001
7. SZARGUT J., GUZIK A., GÓRNIAK H.: Zadania z termodynamiki technicznej, Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 2008
8. OLEŚKOWICZ-POPIEL C., WOJTKOWIAK J., Właściwości termofizyczne powietrza i wody ? przeznaczone do obliczeń przepływów i wymiany ciepła. Wyd. Polit. Poznańskiej, Poznań, 2010
9. OLEŚKOWICZ-POPIEL C., AMANOWICZ Ł., Eksperymenty w technice cieplnej Wyd. Polit. Poznańskiej, Poznań, 2016

### Uzupełniająca

1. RUBIK M., Pompy ciepła, Wyd. II, Ośrodek Informacji, Technika Instalacyjna w Budownictwie, Warszawa 1999
2. SONNTAG R.E., BORGNACKE C., VAN WYLEN G.J., Fundamentals of Classical Thermodynamics, SI Version, 6th Edition, John Wiley and Sons, Inc., U S A, 2003
3. SONNTAG R.E., BORGNACKE C., Introduction to Engineering Thermodynamics, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., U S A, 2007
4. SCHMIDT P., BAKER D., EZEKOYE O., HOWELL J., Thermodynamics. An Integrating Learning System. International Edition., John Wiley and Sons, Inc., U S A, 2006



5. CENGEL Y.A., BOLES M.A., Thermodynamics. An Engineering Approach. 6 Edition (SI Units), McGraw-Hill Higher Education, 2007

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	60	2,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu) <sup>1</sup>	40	1,5

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności