



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Technika cieplna

### Przedmiot

Kierunek studiów

Inżynieria środowiska I stopień

Studia w zakresie (specjalność)

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

niestacjonarne

Rok/semestr

2/4

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

18

Laboratoria

10

Inne (np. online)

Ćwiczenia

18

Projekty/seminaria

### Liczba punktów ECTS

5

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak

email: janusz.wojtkowiak@put.poznan.pl

tel. 61 6652537

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Dr inż. Ilona RZEŹNIK

email: ilona.rzeznik@put.poznan.pl

tel. 61 6653494

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

1. Wiedza:

Analiza matematyczna, algebra: funkcje, równania i nierówności, trygonometria, geometria analityczna, podstawy rachunku prawdopodobieństwa, równania i układy równań algebraicznych, podstawy rachunku różniczkowego i całkowego funkcji jednej zmiennej na poziomie 5/6 PRK

Fizyka: podstawowe prawa i zasady zachowania w mechanice klasycznej i termodynamice.

2. Umiejętności:



Rozwiązywanie równań i układów równań algebraicznych, rozwiązywanie prostych równań różniczkowych.

3.Kompetencje społeczne:

Świadomość konieczności ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy i umiejętności.

Świadomość wartości posiadanej wiedzy teoretycznej i praktycznej.

### Cel przedmiotu

Nabywanie przez studentów podstawowej i praktycznej wiedzy i umiejętności z zakresu termodynamiki i wymiany ciepła niezbędnych do rozwiązywania typowych zagadnień cieplnych występujących w inżynierii środowiska

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. Student zna wielkości fizyczne charakteryzujące ciecze, gazy i ciała stałe, rozumie ich sens fizyczny i zna jednostki (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS\_W03; KIS\_W04]
2. Student ma uporządkowaną ogólną wiedzę nt. techniki cieplnej i wymiany ciepła (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS\_W03; KIS\_W04]
3. Student posiada znajomość podstawowych właściwości termofizycznych substancji i zna metody i potrzebne do rozwiązywania prostych zadań inżynierskich obejmujących procesy i urządzenia występujące w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS\_W03; KIS\_W04]
4. Student posiada znajomość ogólnych zasad bilansów energii, obliczania wydajności cieplnej i strat ciepła urządzeń i technologii występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS\_W03; KIS\_W04]
5. Student zna pojęcia sprawności cieplnych i użytkowych podstawowych urządzeń cieplnych stosowanych w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS\_W03; KIS\_W04]
6. Student zna i rozumie trendy rozwojowe procesów i urządzeń cieplnych występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS\_W03; KIS\_W04]

#### Umiejętności

1. Student potrafi ustalić właściwości termodynamiczne niezbędne do wykonania obliczeń (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
2. Student potrafi znaleźć odpowiednie zależności opisujące analizowane procesy cieplne (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]



3. Student potrafi rozpoznawać i rozwiązywać proste problemy projektowe oraz eksploatacyjne występujące w urządzeniach cieplnych. (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
4. Student potrafi krytycznie ocenić rozwiązania projektowe i wykrywać podczas projektowania i eksploatacji zagrożenia urządzeń cieplnych. (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
5. Student potrafi planować i przeprowadzać proste badania eksploatacyjne (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
6. Student potrafi ustalić dokładność i wykonać analizę uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów (uzyskane na ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
7. Student potrafi opracować ogólny bilans cieplny i obliczyć wydajność cieplną oraz straty ciepła analizowanego urządzenia. (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
8. Student potrafi interpretować krytycznie uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów cieplnych oraz wyciągać wnioski (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]
9. Student potrafi pozyskiwać i oceniać informacje dostępne w literaturze, internecie i katalogach nt. technologii i urządzeń występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_U03; KIS\_U04]

#### Kompetencje społeczne

1. Student ma świadomość zakresów i ograniczeń stosowanych zależności i metod obliczeń (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_K03]
2. Student jest przekonany o konieczności sprawdzania i weryfikacji wyników stosowanych metod, obliczeń i pomiarów (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS\_K03]
3. Student ma świadomość znaczenia pracy zespołowej przy rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych oraz przy wykonywaniu badań doświadczalnych (uzyskane na ćwiczeniach laboratoryjnych) - [KIS\_K03]

#### 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 i polega na rozwiązaniu zadań/problemów rachunkowych.



Część 2. Ma na celu sprawdzenie wiedzy i polega na udzieleniu odpowiedzi na kilka pytań. W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną.

Na każdym wykładzie jest wymagana aktywność studentów.

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

Ćwiczenia audytoryjne:

45-minutowe pisemne kolokwium zaliczeniowe w ostatnim tygodniu semestru. Kolokwium polega na rozwiązaniu kilku zadań/problemów.

Ocenianie poprawności samodzielnych rozwiązań zadań (praca własna studenta).

Ocenianie ciągłe na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

Ćwiczenia laboratoryjne:

Krótki 15-minutowy sprawdzian wejściowy przed każdym z ćwiczeń.

Opracowanie i obrona indywidualna pisemnych sprawozdań z każdego z ćwiczeń.

Ocenianie ciągłe na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

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

Wprowadzenie do przedmiotu, program przedmiotu. Zastosowanie techniki cieplnej i wymiany ciepła. Układy i parametry termodynamiczne. Równanie stanu termicznego gazu. Gaz idealny i rzeczywisty. Ilość substancji. Mieszaniny gazów. Zasada zachowania masy i energii. Energia układu. Ciepło właściwe. Energia wewnętrzna i entalpia. Energia strumienia masy. Wzór Gibbsa i Meyera. Przemiany termodynamiczne. Praca przemiany. I zasada termodynamiki. Przemiany nieodwracalne, II zasada termodynamiki. Entropia. Sprawność wewnętrzna procesów sprężania i rozprężania. Dławienie izentalpowe. Wentylatory, dmuchawy, sprężarki. Metody oceny sprężarek. Czynniki robocze. Właściwości wody i pary wodnej. Obiegi termodynamiczne, sprawność obiegu. Obieg Carnota, Otto, Diesla, Joulea (Braytona). Obieg Clausiusa-Rankina, koncepcja elektrociepłowni. Obieg lewobieżny (roboczy). Obieg Lindego. Współczynnik wydajności urządzenia chłodniczego i pompy ciepła. Gaz wilgotny. Parametry gazu wilgotnego, temperatura punktu rosy. Wykres Moliera powietrza wilgotnego. Spalanie i paliwa. Ciepło spalania, wartość opałowa paliw. Równania stechiometryczne spalania,



zatrzebowanie powietrza, współczynnik nadmiaru powietrza. Skład i ilość spalin. Sprawność komory spalania. Podstawy wymiany ciepła. Strumień ciepła przekazywany na drodze przewodzenia, konwekcji, promieniowania. Przenikania ciepła. Przewodzenie ciepła przez ściankę płaską i cylindryczną, opór cieplny. Nieustalone przewodzenie ciepła. Ochładzanie i podgrzewanie ciał dobrze przewodzących, liczba Biota i Fouriera. Ochładzanie płyty i brył. Konwekcja ciepła przy opływach i w przepływach przez przewody. Liczby podobieństwa (liczba Nusselta, liczba Prandtla), równania kryterialne. Konwekcja ciepła i parowanie wody w powietrzu atmosferycznym. Naturalna konwekcja ciepła, liczba Grashofa, liczba Rayleigha. Konwekcja ciepła przy wrzeniu i skraplaniu. Promieniowanie cieplne, promieniowanie słoneczne. Wymienniki ciepła, średnia logarytmiczna różnica temperatury, efektywność wymienników ciepła.

Tematy ćwiczeń rachunkowych:

1. Bilans energii. I zasada termodynamiki. Ciepło właściwe
2. Termiczne równanie stanu. Praca bezwzględna i techniczna
3. Typowe przemiany termodynamiczne gazów doskonałych. Sprężarki
4. II Zasada termodynamiki, entropia, obiegi gazów doskonałych
5. Para wodna
6. Obiegi Clausiusa-Rankine'a
7. Mieszanki gazów doskonałych
8. Powietrze wilgotne
9. Spalanie
10. Ustalone przewodzenie ciepła przez ścianki płaskie i cylindryczne, cz. 1
11. Ustalone przewodzenie ciepła przez ścianki płaskie i cylindryczne, cz. 2
12. Konwekcja swobodna i wymuszona
13. Promieniowanie cieplne
14. Przenikanie ciepła. Wymienniki ciepła
15. Kolokwium zaliczeniowe

Tematy ćwiczeń laboratoryjnych:



1. Wprowadzenie do ćwiczeń laboratoryjnych. Wartość średnia wyników pomiarów. Odchylenie standardowe, niepewności pomiarów. Rodzaje i przyczyny występowania. Sposoby wyznaczania i minimalizacji niepewności.
2. Pomiar temperatury. Pomiary ciśnienia. Charakterystyki i wzorcowanie przyrządów pomiarowych.
3. Badanie paliw. Wyznaczanie ciepła spalania i wartości opałowej paliw gazowych i ciekłych.
4. Badanie wymienników ciepła

### **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. KALINOWSKI E., Termodynamika. Skrypt Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1994
2. GÓRNIAK H., SZYMCZYK J., Podstawy termodynamiki. Wyd. Politechniki Śląskiej, Wyd. III, Gliwice, Cz. 1 1997, Cz. 2, 1999
3. SMUDSZ R., WILK J., WOLAŃCZYK F., Termodynamika. Repetytorium. Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Wyd. III, stron 115, Rzeszów, 2009
4. SZARGUT J., Termodynamika techniczna. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000
5. SZARGUT J., GUZIK A., GÓRNIAK H., Zadania z termodynamiki technicznej. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008
6. Pomiary cieplne, T. 1 i T. 2, Praca zb. (red. T.R. Fodemski), WNT, Warszawa 2001
7. WIŚNIEWSKI St., WIŚNIEWSKI T.S., Wymiana ciepła. WNT, Warszawa, 1997
8. OLEŚKOWICZ-POPIEL C., WOJTKOWIAK J., Eksperymenty w wymianie ciepła. Wyd. II, Wyd. Polit. Poznańskiej, Poznań, 2007
9. OLEŚKOWICZ-POPIEL C., WOJTKOWIAK J., Właściwości termofizyczne powietrza i wody ? przeznaczone do obliczeń przepływów i wymiany ciepła. Wyd. Polit. Poznańskiej, Poznań, 2010



10. OLEŚKOWICZ-POPIEL C., AMANOWICZ Ł., Eksperymenty w technice cieplnej, Wyd. Polit. Poznańskiej, Poznań, 2016

Uzupełniająca

1. SCHMIDT P., BAKER D., EZEKOYE O., HOWELL J., Thermodynamics. An Integrating Learning System. International Edition., John Wiley and Sons, Inc., U S A, 2006
2. SONNTAG R.E., BORGNACKE C., Introduction to Engineering Thermodynamics, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., U S A, 2007
3. 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	125	5,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	50	2,0
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu) <sup>1</sup>	75	3,0

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