

<b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>		
Nazwa modułu/przedmiotu <b>Wymiana ciepła i masy</b>		Kod <b>1010135211010130346</b>
Kierunek studiów <b>Inżynieria środowiska niestacjonarne II stopień</b>	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) <b>(brak)</b>	Rok / Semestr <b>1 / 1</b>
Ścieżka obieralności/specjalność <b>Zaopatrzenie w ciepło, klimatyzacja i</b>	Przedmiot oferowany w języku: <b>polski</b>	Kurs (obligatoryjny/obieralny) <b>obligatoryjny</b>
Stopień studiów: <b>II stopień</b>	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) <b>niestacjonarna</b>	
Godziny Wykłady: <b>20</b> Ćwiczenia: - Laboratoria: <b>10</b> Projekty/seminaria: -		Liczba punktów <b>4</b>
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) <b>(brak)</b>		(ogólnouczelniany, z innego kierunku) <b>(brak)</b>
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki <b>nauki techniczne</b>		Podział ECTS (liczba i %) <b>4 100%</b>
<b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b>		
Prof. dr hab. inż. Janusz WOJTKOWIAK email: janusz.wojtkowiak@put.poznan.pl tel. 61 665-2442 Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań		Prof. dr hab. inż. Czesław Oleśkiewicz-Popiel email: czeslaw.oleskowicz-popiel@put.poznan.pl tel. 061 6652-537 Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań
<b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>		
1	<b>Wiedza:</b>	Matematyka: rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe, Fizyka na poziomie 5 KRK, termodynamika na poziomie 6 KRK, mechanika płynów na poziomie 6 KRK
2	<b>Umiejętności:</b>	Zastosowanie rachunku różniczkowego i całkowego do opisu zjawisk fizycznych, rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych, przekształcanie równań różniczkowych cząstkowych. Termodynamika: rozwiązywanie zadań i wykonywanie pomiarów na poziomie 6 KRK
3	<b>Kompetencje społeczne</b>	Świadomość konieczności ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy i umiejętności.
<b>Cel przedmiotu:</b>		
Poszerzenie i pogłębienie wiedzy oraz umiejętności z zakresu wymiany ciepła i masy oraz miernictwa strumieni ciepła niezbędnych do rozwiązywania złożonych problemów cieplnych i przepływowych oraz sporządzania bilansu energii w urządzeniach i systemach inżynierii środowiska zarówno zabudowanego jak i niezabudowanego.		
<b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>		
<b>Wiedza:</b>		
1. Student posiada poszerzoną i pogłębioną wiedzę z zakresu techniki cieplnej i miernictwa cieplnego - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] - [-]		
2. Student zna podstawowe metody potrzebne do rozwiązywania problemów praktycznych, teoretycznych i projektowych obejmujących procesy i urządzenia cieplne występujące w inżynierii środowiska - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] - [K2_W03, K2_W04, K2_W07]		
3. Student posiada wiedzę na temat szczegółowych zasad obliczania wymiany ciepła i masy oraz wymienników ciepła i miernictwa strumieni ciepła występujących w inżynierii środowiska - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] - [K2_W03, K2_W04, K2_W07]		
4. Student posiada zaawansowaną wiedzę o trendach rozwojowych i nowych osiągnięciach dotyczących procesów i urządzeń cieplnych występujących w inżynierii środowiska - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] - [K2_W03, K2_W04, K2_W07]		
<b>Umiejętności:</b>		

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Student potrafi pozyskiwać i oceniać informacje dostępne w literaturze, internecie i katalogach nt technologii i urządzeń występujących w inżynierii środowiska - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>2. Student potrafi znaleźć odpowiednie zależności opisujące analizowane procesy cieplne - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>3. Student wie jak ustalić właściwości termodynamiczne niezbędne do wykonania obliczeń - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>4. Student potrafi rozpoznawać i rozwiązywać złożone problemy projektowe oraz eksploatacyjne dotyczące wymiany ciepła i masy występujące w urządzeniach cieplnych - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>5. Student potrafi krytycznie ocenić rozwiązania projektowe i wykrywać zagrożenia budowanych i eksploatowanych urządzeń cieplnych - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>6. Student potrafi planować i przeprowadzać badania cieplne urządzeń występujących w inżynierii środowiska - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>7. Student potrafi ustalić dokładność i wykonać analizę uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów - [K2_U01, K2_U18]</li> <li>8. Student potrafi interpretować krytycznie uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów cieplnych oraz wyciągać wnioski - [K2_U01, K2_U18]</li> </ol>
--

**Kompetencje społeczne:**

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych - [- K2\_K03]
2. Student ma świadomość zakresów i ograniczeń stosowanych zależności i metod obliczeń oraz wartość posiadanej wiedzy teoretycznej i praktycznej - [- K2\_K03]
3. Student rozumie konieczność sprawdzania i weryfikacji wyników stosowanych metod, obliczeń i pomiarów - [- K2\_K03]
4. Student ma świadomość konieczności myślenia i działania innowacyjnego - [- K2\_K03]

**Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia**

## Wykłady:

Dwuczęściowy egzamin pisemny w terminie podanym na początku semestru.

Część 1 ma na celu sprawdzenie wiedzy i polega na udzieleniu pisemnej odpowiedzi na kilka pytań.

Część 2 ma na celu sprawdzenie umiejętności praktycznych i polega na rozwiązaniu 1 do 3 zadań rachunkowych.

W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną.

Na każdym wykładzie sprawdzana jest wrywkowo aktywność studentów.

## Ćwiczenia rachunkowe (audytoryjne):

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

Sprawdzanie i ocenianie wrywkowo poprawności samodzielnych rozwiązań zadań (tj. pracy własnej studenta). Ocenianie wrywkowe aktywności na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

## Ćwiczenia laboratoryjne:

Krótki 15-minutowy sprawdzian - każdorazowo przed rozpoczęciem realizacji ćwiczeń laboratoryjnych.

**Treści programowe**

Pole temperatury. Strumień ciepła. Mechanizmy przepływu ciepła. Prawo Fouriera, przewodność cieplna. Równanie przewodnictwa ciepła. Ustalone przewodzenie ciepła przez ściankę płaską i cylindryczną. Przenikanie ciepła przez ściankę płaską i uźebrowaną. Metody numeryczne obliczania 1 i 2-wymiarowego pola temperatury. Nieustalone przewodzenie ciepła. Pole temperatury gruntu. Stygnięcie brył.

Analiza wymiarowa, liczby podobieństwa cieplnego, metody badań konwekcji ciepła. Równanie ciągłości, ruchu i energii.

Hydrotermiczna i termiczna warstwa przyścienna. Laminarna i turbulenta konwekcja ciepła przy opływie ciał, równania kryterialne. Konwekcja ciepła w powietrzu atmosferycznym. Konwekcja ciepła w przepływach wewnętrznych, strumień ciepła, równania kryterialne.

Konwekcja swobodna ciepła na płaskich powierzchniach pionowych i poziomych, na poziomych i pionowych powierzchniach cylindrycznych (rurach), równania kryterialne.

Konwekcja ciepła przy wrzeniu i skraplaniu.

Promieniowanie cieplne, prawa promieniowania cieplnego, wzór Stefana-Boltzmana, emisja, absorpcja i transmisyjność.

Promieniowanie w złożonych układach geometrycznych, stosunki konfiguracji. Promieniowanie cieplne w prostych układach geometrycznych.

Promieniowanie słoneczne, stała słoneczna, solarymetr. Bezpośrednie i dyfuzyjne promieniowanie słoneczne. Obliczanie strat promieniowania cieplnego do nieboskłonu. Relacja pomiędzy pozorną temperaturą nieboskłonu i pozorną emisyjnością nieboskłonu. Bilans cieplny kolektora słonecznego i stawu chłodzącego.

Rodzaje wymienników ciepła. Równanie bilansu energii i równanie przenikania ciepła wymiennika ciepła. Teoria przepływowego wymiennika ciepła, średnia różnica temperatury. Efektywność wymiennika ciepła, wskaźnik NTU. Metody obliczania przepływowych wymienników ciepła. Wpływ zanieczyszczeń na wydajność wymienników ciepła. Rekuperatory. Straty ciśnienia. Wymienniki ciepła z wypełnieniem, złożo nieruchome, rekuperator obrotowy. Rura cieplna, zastosowanie.

Wymiana masy. Prawo Ficka, dyfuzja. Konwekcja masy, liczba Sherwooda i liczba Schmidta. Analogia wymiany masy i ciepła. Zastosowanie konwekcji masy do analizy wskazań termometru suchego i mokrego w psychrometrach. Parowanie wody w powietrzu atmosferycznym.

**Literatura podstawowa:**

1. Wiśniewski St., Wiśniewski T.S., Wymiana ciepła. WNT, Warszawa 2000
2. Kostowski E., Przepływ ciepła. Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice, 1986
3. Madejski J., Teoria wymiany ciepła. Wyd. Ucz. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1998
4. Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Eksperymenty w wymianie ciepła. Wyd. II rozszerzone, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007
5. Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Właściwości termofizyczne powietrza i wody ? PRZEZNACZONE DO OBLICZEŃ PRZEPŁYWÓW I WYMIANY CIEPŁA. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010
6. Staniszewski B., Wymiana ciepła. Podstawy teoretyczne. PWN, Warszawa 1979, 1980
7. Pomiary cieplne, T. 1 i T. 2, Praca zb. (red. T.R. Fodemski), WNT, Warszawa 2001
8. Hobler T., Ruch ciepła i wymienniki. WNT, Warszawa 1979
9. Kalinowski E., Przekazywanie ciepła i wymienniki. Skr. Pol. Wr., Wrocław 1995
10. Zbiór zadań z przepływu ciepła, pod red. E. Kostowskiego, Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice 2001
11. Oleśkiewicz-Popiel C., Czujniki strumieni ciepła. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1986
12. Pogorzelski J.A., Fizyka cieplna budowli, PWN, 1976
13. Modelowanie numeryczne pól temperatury. Pod red. J. Szarguta. WNT, Warszawa 1992
14. Taler J., Duda P., Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła. WNY, Warszawa, 2003
15. Zarzycki R., Wymiana ciepła i ruch masy w inżynierii środowiska. WNT, Warszawa 2005

**Literatura uzupełniająca:**

1. Incropera F.P., De Witt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S., Introduction to Heat and Mass Transfer. 5th Ed., John Wiley and Sons, 2007
2. Incropera F.P., De Witt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S., Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 6th Ed., John Wiley and Sons, 2006
3. Bejan A., Kraus A.D., Heat Transfer Handbook, John Willey and Sons, Inc., 2003
4. Eckert E.R.G., Drake R.M., Analysis of Heat and Mass Transfer. McGraw-Hill Book Co., 1972
5. Holman J.P., Heat Transfer, McGraw Hill, Metric Edition, 2010
6. Kakac S., Liu H., Heat exchangers: Selection, Rating, and Design. CRC Press, 1998
7. 29. Howell J.R., Siegel R., Menguc M.P., Thermal Radiation Heat Transfer. CRC Press and Taylor and Francis Group, New York 2011

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

<b>Czynność</b>	<b>Czas (godz.)</b>
1. Udział w wykładach	20
2. Udział w zajęciach laboratoryjnych	10
3. Przygotowanie do ćwiczeń lab.	10
4. Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń lab., obrona sprawozdania	12
5. Konsultacje	3
6. Przygotowanie do egzaminu i egzamin	20

**Obciążenie pracą studenta**

<b>forma aktywności</b>	<b>godzin</b>	<b>ECTS</b>
Łączny nakład pracy	130	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	78	2
Zajęcia o charakterze praktycznym	77	2