

KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA		
Nazwa modułu/przedmiotu Wymiana ciepła i masy		Kod 1010102211010130346
Kierunek studiów Inżynieria Środowiska II stopień	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) (brak)	Rok / Semestr 1 / 1
Ścieżka obieralności/specjalność Zaopatrzenie w ciepło, klimatyzacja i	Przedmiot oferowany w języku: polski	Kurs (obligatoryjny/obieralny) obligatoryjny
Stopień studiów: II stopień	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) stacjonarna	
Godziny Wykłady: 30 Ćwiczenia: 30 Laboratoria: 30 Projekty/seminaria: -		Liczba punktów 6
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) (brak)		(ogólnouczelniany, z innego kierunku) (brak)
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki nauki techniczne nauki techniczne		Podział ECTS (liczba i %) 6 100% 6 100%
Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:		
Prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak/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		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
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:		
1	Wiedza:	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	Umiejętności:	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	Kompetencje społeczne	Świadomość konieczności ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy i umiejętności.
Cel przedmiotu:		
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.		
Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia		
Wiedza:		
1. Student posiada poszerzoną i pogłębioną wiedzę z zakresu techniki cieplnej i miernictwa cieplnego (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [[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 (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [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 (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [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 (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_W03, K2_W04, K2_W07]		
Umiejętności:		

1. Student potrafi pozyskiwać i oceniać informacje dostępne w literaturze, internecie i katalogach nt technologii i urządzeń występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
2. Student potrafi znaleźć odpowiednie zależności opisujące analizowane procesy cieplne (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
3. Student wie jak ustalić właściwości termodynamiczne niezbędne do wykonania obliczeń (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
4. Student potrafi rozpoznawać i rozwiązywać złożone problemy projektowe oraz eksploatacyjne dotyczące wymiany ciepła i masy występujące w urządzeniach cieplnych (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
5. Student potrafi krytycznie ocenić rozwiązania projektowe i wykrywać zagrożenia budowanych i eksploatowanych urządzeń cieplnych (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
6. Student potrafi planować i przeprowadzać badania cieplne urządzeń występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
7. Student potrafi ustalić dokładność i wykonać analizę uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]
8. Student potrafi interpretować krytycznie uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów cieplnych oraz wyciągać wnioski (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]

Kompetencje społeczne:

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [- K2_K03]
2. Student ma świadomość zakresów i ograniczeń stosowanych zależności i metod obliczeń oraz wartość posiadanej wiedzy teoretycznej i praktycznej (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [- K2_K03]
3. Student rozumie konieczność sprawdzania i weryfikacji wyników stosowanych metod, obliczeń i pomiarów (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [- K2_K03]
4. Student ma świadomość konieczności myślenia i działania innowacyjnego (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [- K2_K03]

Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia

Wykłady (efekty W03, W04, W07, U01, U18)

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.

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

Ćwiczenia rachunkowe (audytoryjne) (efekty U01, U18)

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.

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

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, solaryometr. 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 przeponowego wymiennika ciepła, średnia różnica temperatury. Efektywność wymiennika ciepła, wskaźnik NTU. Metody obliczania przeponowych wymienników ciepła. Wpływ zanieczyszczeń na wydajność wymienników ciepła. Rekuperatory. Straty ciśnienia. Wymienniki ciepła z wypełnieniem, złoże 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.

Metody kształcenia

Wykład informacyjny z elementami wykładu konwersacyjnego.

Ćwiczenia audytoryjne ? metoda problemowa

Ćwiczenia laboratoryjne ? metoda eksperymentu

Literatura podstawowa:

- Wiśniewski St., Wiśniewski T.S., Wymiana ciepła. WNT, Warszawa 2000
- Kostowski E., Przepływ ciepła. Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice, 1986
- Madejski J., Teoria wymiany ciepła. Wyd. Ucz. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1998
- Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Eksperymenty w wymianie ciepła. Wyd. II rozszerzone, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007
- Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Właściwości termofizyczne powietrza i wody, PRZEZNACZONE DO OBLICZEŃ PRZEPLYWÓW I WYMIANY CIEPŁA. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2015
- Staniszewski B., Wymiana ciepła. Podstawy teoretyczne. PWN, Warszawa 1979, 1980
- Pomiary cieplne, T. 1 i T. 2, Praca zb. (red. T.R. Fodemski), WNT, Warszawa 2001
- Hobler T., Ruch ciepła i wymienniki. WNT, Warszawa 1979
- Kalinowski E., Przekazywanie ciepła i wymienniki. Skrypt Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1995
- Zbiór zadań z przepływu ciepła. Pod red. E. Kostowskiego, Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice 2001
- Oleśkiewicz-Popiel C., Czujniki strumieni ciepła. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1986
- Pogorzelski J.A., Fizyka cieplna budowli, PWN, Warszawa 1976
- Modelowanie numeryczne pól temperatury. Pod red. J. Szarguta. WNT, Warszawa 1992
- Taler J., Duda P., Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła. WNT, Warszawa, 2003
- Zarzycki R., Wymiana ciepła i ruch masy w inżynierii środowiska. WNT, Warszawa 2005

Literatura uzupełniająca:

- 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
- 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
- Bejan A., Kraus A.D., Heat Transfer Handbook, John Wiley and Sons, Inc., 2003
- Eckert E.R.G., Drake R.M., Analysis of Heat and Mass Transfer. McGraw-Hill Book Co., 1972
- Holman J.P., Heat Transfer, McGraw Hill, Metric Edition, 2010
- Kakac S., Liu H., Heat exchangers: Selection, Rating, and Design. CRC Press, 1998
- 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

Czynność	Czas (godz.)	
1. Udział w wykładach (godziny kontaktowe)	30	
2. Udział w ćwiczeniach rachunkowych (audytoryjnych) (godziny kontaktowe, praktyczne)	30	
3. Udział w zajęciach laboratoryjnych (godziny kontaktowe, praktyczne)	30	
4. Przygotowanie do ćwiczeń lab. (praca własna)	10	
5. Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń lab., obrona sprawozdania (praca własna i godziny kontaktowe)	12	
6. Konsultacje (godziny kontaktowe)	3	
7. Przygotowanie do kolokwiów z ćwiczeń rachunkowych (praca własna)	10	
8. Przygotowanie do egzaminu i egzamin (praca własna i godziny kontaktowe)	25	
Obciążenie pracą studenta		
forma aktywności	godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	150	6
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	95	3
Zajęcia o charakterze praktycznym	60	2