

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: 3 Ćwiczenia: 1 Laboratoria: 2 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		Podział ECTS (liczba i %) 6 100%
Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:		
prof. dr hab. inż. Czesław Oleśkowicz-Popiel email: czeslaw.oleskowicz-popiel@put.poznan.pl tel. 061 6652-537 Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań		Dr inż. Krzysztof Bober email: krzysztof.bober@put.poznan.pl tel. 61 6652-034 Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska ul. Piotrowo 5, 60-965 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, umiejętności z zakresui miernictwa cieplnego niezbędnych do rozwiązywania złożonych problemów cieplnych i przepływowych oraz 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 znajomość: - [-] 2. ? Poszerzonej i pogłębionej wiedzy z zakresu ?techniki cieplnej i miernictwa cieplnego? - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] 3. ? Podstawowych metod i właściwości termofizycznych potrzebnych do rozwiązywania problemów teoretycznych i projektowych obejmujących procesy i urządzenia występujące w inżynierii środowiska - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] 4. ? Szczegółowych zasad bilansów energii, wydajności cieplnej i strat ciepła oraz sprawności cieplnej urządzeń technologicznych występujących w inżynierii środowiska - [K2_W03, K2_W04, K2_W07] 5. ? Zaawansowaną wiedzę o trendach rozwojowych i nowych osiągnięciach nt procesów i urządzeń cieplnych występujących w inżynierii środowiska - [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 - [K2_U01, K2_U18]
2. ? Student potrafi znaleźć odpowiednie zależności opisujące analizowane procesy cieplne - [K2_U01, K2_U18]
3. ? Student wie jak ustalić właściwości termodynamiczne niezbędne do wykonania obliczeń - [K2_U01, K2_U18]
4. ? Student potrafi rozpoznawać i rozwiązywać złożone problemy projektowe oraz eksploatacyjne w urządzeniach cieplnych - [K2_U01, K2_U18]
5. ? Student potrafi krytycznie ocenić rozwiązania projektowe i wykrywać zagrożenia budowanych i eksploatowanych urządzeń cieplnych - [K2_U01, K2_U18]
6. ? Planować i przeprowadzać badania eksploatacyjne i badania prototypów urządzeń występujących w inżynierii środowiska - [K2_U01, K2_U18]
7. ? Ustalić dokładność i wykonać analizę uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów - [K2_U01, K2_U18]
8. ? Interpretować krytycznie uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów cieplnych oraz wyciągać wnioski - [K2_U01, K2_U18]
9. ? Opracować szczegółowy bilans cieplny i obliczyć wydajność cieplną oraz straty ciepła i sprawność użytkową analizowanych procesów i urządzeń cieplnych - [K2_U01, K2_U18]

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 wartości 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 odpowiedzi na kilka pytań. Część 2 ma na celu sprawdzenie umiejętności praktycznych i polega na rozwiązaniu 2 zadań rachunkowych.

W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną.

Na każdym wykładzie sprawdzana jest wrywkowo aktywność studentów.

Ćwiczenia rachunkowe (audytoryjne):

80-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 każdym 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 ciągle na każdym zajęciach (premiowanie aktywności).

Treści programowe

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 do obliczania 2-wymiarowego pola temperatury. Nieustalone przewodzenie ciepła. Pole temperatury gruntu. Stygnięcie brył. Laminarna i turbulenta konwekcja ciepła przy opływie ciał, równania kryterialne. Konwekcja ciepła w przepływach wewnętrznych, strumień ciepła, równania kryterialne. Konwekcja swobodna ciepła na płaskich powierzchniach pionowych i poziomych, na poziomych i pionowych rur, równania kryterialne. Konwekcja ciepła przy wrzeniu i skraplaniu. Promieniowanie cieplne, prawa promieniowania cieplnego, wzór Stefana-Boltzmana, emisja, absorpcja i transmisyjność. Promieniowanie cieplne w prostych układach geometrycznych. Promieniowanie słoneczne, straty ciepła do "nieboskłonu". Kolektory słoneczne. Wymienniki ciepła, obliczenia cieplne przepływowego wymiennika ciepła, średnia logarytmiczna różnica temperatury, równanie bilansu i przenikania ciepła. Rura cieplna. Wymiana masy: prawo Ficka, współczynnik dyfuzji ciepła. Konwekcja masy, liczba Sherwooda i Schmidta, równania empiryczne parowanie wody w powietrzu atmosferycznym. Wilgoć w materiałach budowlanych i w gruncie.

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 ciepła 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 & 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 & Sons, 2006
3. Bejan A., Kraus A.D., Heat Transfer Handbook, John Willey & 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, 1989
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 ? Taylor & Francis Group, New York 2011

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

Czynność	Czas (godz.)
1. Udział w wykładach	30
2. Udział w ćwiczeniach rachunkowych (audytoryjnych)	15
3. Udział w zajęciach laboratoryjnych	30
4. Przygotowanie do ćwiczeń lab.	10
5. Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń lab., obrona sprawozdania	12
6. Konsultacje	3
7. Przygotowanie do kolokwiów z ćwiczeń rachunkowych	10
8. Przygotowanie do egzaminu i egzamin	40

Obciążenie pracą studenta

forma aktywności	godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	150	6
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	78	3
Zajęcia o charakterze praktycznym	30	2