

KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA		
Nazwa modułu/przedmiotu Wymiana ciepła i masy		Kod 1010135211010130346
Kierunek studiów Inżynieria środowiska niestacjonarne 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) niestacjonarna	
Godziny Wykłady: 20 Ćwiczenia: - Laboratoria: 10 Projekty/seminaria: -		Liczba punktów 4
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 %) 100 4% 100 4%
Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:		
Prof. dr hab. inż. Janusz WOJTKOWIAK/Prof. dr hab. inż. Czesław Oleśkiewicz-Popiel 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.oleskiewicz-popiel@put.poznan.pl tel. 061 6652-537 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 strumienia 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 i ćwiczeniach 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 i ćwiczeniach 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 strumienia ciepła występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach 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 laboratoryjnych) - [K2_W03, K2_W04, K2_W07]		
Umiejętności:		

<p>1. Student potrafi pozyskiwać i oceniać informacje dostępne w literaturze, internecie i katalogach nt technologii i urządzeń występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>2. Student potrafi znaleźć i poprawnie stosować odpowiednie zależności opisujące analizowane procesy cieplne (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>3. Student wie jak ustalić właściwości termodynamiczne niezbędne do wykonania obliczeń (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>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 laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>5. Student potrafi krytycznie ocenić rozwiązania projektowe i wykrywać zagrożenia budowanych i eksploatowanych urządzeń cieplnych (uzyskane na wykładach) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>6. Student potrafi planować i przeprowadzać badania cieplne urządzeń występujących w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>7. Student potrafi ustalić dokładność i wykonać analizę uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]</p> <p>8. Student potrafi interpretować krytycznie uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów cieplnych oraz wyciągać wnioski (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [K2_U01, K2_U18]</p>
Kompetencje społeczne:
<p>1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [- K2_K03]</p> <p>2. Student ma świadomość zakresów i ograniczeń stosowanych zależności i metod obliczeń oraz wartość posiadanej wiedzy teoretycznej i praktycznej (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [- K2_K03]</p> <p>3. Student rozumie konieczność sprawdzania i weryfikacji wyników stosowanych metod, obliczeń i pomiarów (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [- K2_K03]</p> <p>4. Student ma świadomość konieczności myślenia i działania innowacyjnego (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [- K2_K03]</p>

Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia
<p>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 premiowana jest aktywność studentów. Szczegółowe kryteria punktowe i skala ocen podawane są na pierwszych zajęciach w semestrze i przed egzaminem.</p> <p>Ćwiczenia laboratoryjne (efekty U01, U18) Krótki 15-minutowy sprawdzian - każdorazowo przed rozpoczęciem realizacji ćwiczeń laboratoryjnych.</p> <p>Warunkiem zdania każdej z dwóch części egzaminu jest zdobycie minimum 50% z maksymalnej liczby punktów wynoszącej 20. Warunkiem zdania całego 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</p>
Treści programowe
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Konwekcja swobodna ciepła na płaskich powierzchniach pionowych i poziomych, na poziomych i pionowych powierzchniach cylindrycznych (rurach), równania kryterialne.</p> <p>Konwekcja ciepła przy wrzeniu i skraplaniu.</p>

Promieniowanie ciepłe, prawa promieniowania ciepłego, wzór Stefana-Boltzmana, emisja, absorpcja i transmisyjność. Promieniowanie w złożonych układach geometrycznych, stosunki konfiguracji. Promieniowanie ciepłe w prostych układach geometrycznych.

Promieniowanie słoneczne, stała słoneczna, solaryometr. Bezpośrednie i dyfuzyjne promieniowanie słoneczne. Obliczanie strat promieniowania ciepłego 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, złoża 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 laboratoryjne ? metoda eksperymentu

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 ciepłe, 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
16. Wiśniewski St., Wiśniewski T.S., Wymiana ciepła. WNT, Warszawa 2000
17. Kostowski E., Przepływ ciepła. Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice, 1986
18. Madejski J., Teoria wymiany ciepła. Wyd. Ucz. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1998
19. Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Eksperymenty w wymianie ciepła. Wyd. II rozszerzone, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007
20. Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Właściwości termofizyczne powietrza i wody ? PRZEZNACZONE DO OBLICZEŃ PRZEPŁYWÓW I WYMIANY CIEPŁA. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010
21. Staniszewski B., Wymiana ciepła. Podstawy teoretyczne. PWN, Warszawa 1979, 1980
22. Pomiary ciepłe, T. 1 i T. 2, Praca zb. (red. T.R. Fodemski), WNT, Warszawa 2001
23. Hobler T., Ruch ciepła i wymienniki. WNT, Warszawa 1979
24. Kalinowski E., Przekazywanie ciepła i wymienniki. Skr. Pol. Wr., Wrocław 1995
25. Zbiór zadań z przepływu ciepła, pod red. E. Kostowskiego, Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice 2001
26. Oleśkiewicz-Popiel C., Czujniki strumieni ciepła. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1986
27. Pogorzelski J.A., Fizyka cieplna budowli, PWN, 1976
28. Modelowanie numeryczne pól temperatury. Pod red. J. Szarguta. WNT, Warszawa 1992
29. Taler J., Duda P., Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła. WNY, Warszawa, 2003
30. 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
8. 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
9. 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
10. Bejan A., Kraus A.D., Heat Transfer Handbook, John Willey and Sons, Inc., 2003
11. Eckert E.R.G., Drake R.M., Analysis of Heat and Mass Transfer. McGraw-Hill Book Co., 1972
12. Holman J.P., Heat Transfer, McGraw Hill, Metric Edition, 2010
13. Kakac S., Liu H., Heat exchangers: Selection, Rating, and Design. CRC Press, 1998
14. 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

Czynność	Czas (godz.)
1. Udział w wykładach (godziny kontaktowe)	20
2. Udział w zajęciach laboratoryjnych (godziny kontaktowe, praktyczne)	10
3. Przygotowanie do ćwiczeń lab. (praca własna)	20
4. Opracowanie sprawozdań z ćwiczeń lab., obrona sprawozdania (praca własna, godziny kontaktowe)	12
5. Konsultacje (godziny kontaktowe)	3
6. Przygotowanie do egzaminu i egzamin (praca własna, godziny kontaktowe)	35

Obciążenie pracą studenta

forma aktywności	godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	35	1
Zajęcia o charakterze praktycznym	10	0