

<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. Czesław Oleśkiewicz-Popiel email: czeslaw.oleskiewicz-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
<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, umiejętności z zakresu .....i miernictwa cieplnego niezbędnych do rozwiązywania złożonych problemów cieplnych i przepływowych oraz 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 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]		
<b>Umiejętności:</b>		

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

**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, rónania kryterialne. Konwekcja swobodna ciepła na płaskich powierzchniach pionowych i poziomych, na poziomych i pionowych rur, równania kryterialne. Konwekcja ciepła ptry 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

**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
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 cieplne, 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 & 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 Wiley & 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
8. 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
9. 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
10. Bejan A., Kraus A.D., Heat Transfer Handbook, John Wiley & 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, 1989
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 ? Taylor & 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 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
<b>Obciążenie pracą studenta</b>		
<b>forma aktywności</b>	<b>godzin</b>	<b>ECTS</b>
Łączny nakład pracy	150	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	78	3
Zajęcia o charakterze praktycznym	30	2