**Nazwa przedmiotu:**

Wymiana ciepła

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Leszek Rudniak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

brak

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2011/2012

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 30h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość matematyki (rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe zwyczajnei cząstkowe), fizyki oraz mechaniki płynów.

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Podstawy ruchu ciepła przez przewodzenie, konwekcję i promieniowanie w ujęciu stacjonarnym i niestacjonarnym. Przedstawione są także standardowe procedury obliczeniowe wymienników ciepła. Ćwiczenia projektowe stanowią praktyczną realizację głównych zagadnień omawianych na wykładzie. Składają się z dwóch elementów: ćwiczeń audytoryjnych, podczas których rozwiązywane są przykładowe zadania z zakresu tego przedmiotu; dwóch projektów do samodzielnego rozwiązania w domu.

**Treści kształcenia:**

Wykład: Ustalone przewodzenie ciepła (Równania różniczkowe we współrzędnych prostokątnych, cylindrycznych i sferycznych; Warunki brzegowe i początkowe przewodzeniu ciepła; Przewodzenie ciepła przez płytę płaską jedno- i wielowarstwową; Przewodzenie ciepła przez ściany cylindryczne i koliste; Pojęcie oporu cieplnego. Wnikanie ciepła; Przenikanie ciepła, prawo Newtona, prawo Stefana-Bolzmana; Przenikanie ciepła przez ścianki cylindryczne wielowarstwowe oraz przez rury cienkościenne; Przewodzenie ze zmienną wartością λ=f(T); Izolacja cieplna i jej grubość krytyczna; Wymiana ciepła przez powierzchnie ożebrowane, sprawność żebra; Wewnętrzne Źródła ciepła - przewodzenie przez płyty; Płyta płaska chłodzona dwustronnie. Walec nieskończony z ustaloną temperaturą na powierzchni. Przegroda sferyczna); Przewodzenie nieustalone (Chłodzenie i ogrzewanie ciał. Liczby Biota i Fouriera; Rozkład temperatur w płytach i bryłach w przypadku kiedy opór wnikania jest pominięty i kiedy trzeba go uwzględnić; Rozkład temperatur w bryłach o innych kształtach niż podstawowe; Metody graficzne przy przewodzeniu nieustalonym; Konwekcja wymuszona.; Równania różniczkowe; Równania konwekcji i przewodzenia Kirchoffa-Fouriera; Rozwiązanie warstwy granicznej, przyścienna warstwa termiczna; Konwekcyjna wymiana ciepła podczas laminarnego i burzliwego przepływu w rurze; Konwekcja wymuszona podczas opływu ciał, równanie Fr?sslinga); Konwekcja swobodna. (Konwekcja swobodna przy ścianie pionowej i w szczelinach; Konwekcja swobodna i wymuszona; Kondensacja pary na rurach poziomych i pionowych; Konwekcja przy wrzeniu cieczy, etapy wrzenia); Wymienniki (Intensyfikacja wymiany ciepła; Rozkłady temperatur przy różnych prądach; Wymiennik pracujący ze zmianą fazy medium; Prąd skrzyżowany; Określenie temperatur końcowych mediów; Metody obliczania powierzchni wymiany ciepła, pojęcie sprawności, metoda NTU; Projektowanie wymiennika); Promieniowanie ciał (Prawo Stefana - promieniowanie ciała doskonale czarnego; Prawo Kirchoffa - promieniowanie ciał rzeczywistych). W ramach ćwiczeń audytoryjnych rozwiązywanie zadań z zakresu: Ruch ciepła, warunki ustalone (przewodzenie (przegroda płaska, cylindryczna i sferyczna); przenikanie ciepła (przegroda płaska, cylindryczna i sferyczna); średnica krytyczna izolacji; wewnętrzne Źródła ciepła; powierzchnia ożebrowana); Nieustalone przewodzenie ciepła dla różnych wartości liczby Biota; Ruch ciepła, mechanizm konwekcyjny (wymiana ciepła podczas opływu brył o różnej geometrii, obliczanie współczynnika wnikania ciepła); Obliczanie wymienników ciepła (podstawowe równania obliczeniowe; średnia różnica temperatur). W ramach projektu: Nieustalone przewodzenie ciepła i dobór ekonomicznej średnicy izolacji rurociągu (dwa zadania); Przenikanie ciepła i określenie powierzchni wymiennika ciepła (dwa zadania).

**Metody oceny:**

Wykład: Egzamin pisemny (zadania problemowe i teoria). Projekt: dwa kolokwia oraz wykonanie samodzielne dwóch projektów.

**Egzamin:**

**Literatura:**

T. Hobler: "Ruch ciepła i wymienniki", WNT 1986. B. Staniszewski: "Wymiana ciepła", PWN 1963. S. Wiśniewski: "Wymiana ciepła", PWN, 1979. Cz. Strumiłło: "Ruch ciepła, podstawy teoretyczne", ŁódŹ 1980. J. Ciborowski: "Podstawy inżynierii chemicznej", WNT 1965. C. Bennett, J. Meyers: "Przenoszenie pędu, ciepła i masy", WNT 1967. J. Holman: "Heat transfer", McGraw-Hill 1972. W. Gogół: Wymiana ciepła. Tablice i wykresy. WPW, Warszawa 1984. R. Domański, P. Furmański: Wymiana ciepła. Przykłady obliczeń z zadaniami. OWPW, Warszawa 2002.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe