**Nazwa przedmiotu:**

Procesy przenoszenia masy i energii

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Piotr Fabijańczyk

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Ochrona Środowiska

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1110-OS000-ISP-5307

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

Wykład - 30 godzin, ćwiczenia projektowe - 15 godzin, przygotowanie do zajęć projektowych 5 godzin, zapoznanie z literaturą 4 godziny, Przygotowanie do
zaliczenia wykładów, obecność na zaliczeniu - 8 godzin, razem 62 godziny.

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

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

nie dotyczy

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Mechanika płynów, Podstawy informatyki (Matlab).

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Przedstawienie studentom procesów wymiany masy i energii przebiegające w środowisku naturalnym. Omawiane są procesy adwekcji i dyfuzji w ruchu laminarnym i turbulentnym wraz z reakcją (bio)chemiczną. Nacisk będzie położony na umiejętność rachunkowego liczenia strumieni masy i energii. Studenci poznają procesy przenikania masy i energii przez powierzchnie międzyfazowe w układzie powietrze-woda, woda – gleba i powietrze – gleba. Wykład ukaże analogię procesów transportu pędu, ciepła i masy.

**Treści kształcenia:**

Prawa fizyczne - prawa zachowania pędu masy i energii. Wielkości podlegające bilansowaniu. Jednostki i tablice przeliczeniowe stężeń. Rodzaje i wzajemne powiązania procesów. Objętość kontrolna.
Bilans dla różnych objętości kontrolnych. Bilansowanie w systemach statycznych i dynamicznych. Bilans środowiskowy dla procesów przemysłowych.
Transport molekularny i konwekcyjny. Ustalony i nieustalony jednowymiarowy transport molekularny pędu ciepła i masy. Analogia opisu procesów transportu. Szczególne przypadki transportu molekularnego. Jednowymiarowy transport konwekcyjny pędu ciepła i masy.
Ogólny bilans trójwymiarowy. Transport molekularny i konwekcyjny w przestrzeni trójwymiarowej.
Zjawiska transportu w przestrzeni ograniczonej. Zagadnienie warstwy granicznej.
Transport turbulentny. Przepływ przejściowy i turbulentny w środowisku. Wielkości średnie i wielkości pulsacji. Równania transportu energii cieplnej i masy w ruchu turbulentnym. Współczynniki turbulentnej dyfuzji cieplnej i masy.
Wybrane procesy wymiany pędu ciepła i masy w środowisku. Ruch ciepła przez promieniowanie. Konwekcja swobodna.
Parowanie i skraplanie. Wymiana ciepła i masy przez powierzchnię swobodną
Procesy wnikania masy. Procesy sopcji. Wymiana masy w przepływie burzliwym z reakcją chemiczną.
Procesy wymiany masy i energii z otoczeniem organizmów roślinnych i zwierzęcych
Przykłady opisu matematycznego i modeli procesów przenoszenia masy i energii w systemach środowiska i w procesach przemysłowych w różnych skalach przestrzennych i czasowych
Ćwiczenia rachunkowe różnorodnych bilansów masy i energii dla zadanych powierzchni kontrolnych. Bilanse w systemach środowiska. Bilanse dla wybranych procesów przemysłowych. zastosowanie arkusza kalkulacyjnego i Matlaka.
Program w Matlabie rozwiązujący zadania transportu masy i energii w środowisku: nieustalony przewodzenie ciepła w glebie, nieustalony przepływ masy w rzece, reaeracja przez powierzchnię swobodną, wymywanie gazów z atmosfery,
Program w Matlabie rozwiązujący zadania transportu masy i energii w środowisku: rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze i w wodzie w wyniku awarii przemysłowej, pożaru, itp.

**Metody oceny:**

60% wynik egzaminu i 40% wynik ćwiczeń komputerowych.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Andrzej Kraszewski "Zjawiska transportu w środowisku" Preskrypt (manuskrypt)
"Modelowanie numeryczne pól temperatury" (praca zbiorowa p.red. Jana Szarguta). WNT Warszawa, 1992
John R. L. Monteith "Fizyka środowiska biologicznego" PWN Warszawa, 1977Jerzy Malczewski, Maciej Piekarski "Modele procesów transportu masy, pędu i energii" PWN Warszawa, 1992.
J. Sawicki "Przepływy z powierzchnią swobodną" PWN Warszawa, 1998

**Witryna www przedmiotu:**

https://moodle.is.pw.edu.pl/moodle/course/view.php?id=57

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Zdobył wiedzę teoretyczną dot. procesów wymiany masy i energii przebiegających w środowisku naturalnym, w tym procesów adwekcji i dyfuzji w ruchu laminarnym i turbulentnym wraz z reakcją (bio)chemiczną.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W02:**

Poznał podstawy teoretyczne zjawiska transportu w przestrzeni ograniczonej z uwzględnieniem zagadnienia warstwy granicznej, ruchu ciepła przez promieniowanie, wymiany masy w środowisku naturalnym oraz konwekcji swobodnej.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W03:**

Poznał opis matematyczny procesów fizyki środowiska.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Posiada umiejętność rachunku inżynierskiego opartego na bilansie ciepła i masy w różnych systemach środowiska przyrodniczego. Potrafi dokonać obliczeń inżynierskich opartych na bilansie pędu, ciepła i masy w różnych układach technicznych.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U24, K\_U16, K\_U11, K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U02:**

Potrafi dokonać obliczeń inżynierskich opartych na bilansie pędu, ciepła i masy w różnych układach technicznych.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U24, K\_U16, K\_U11, K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U03:**

Umie sformułować proste modele zjawisk transportu i zastosować techniki matematyczne w celu budowy modeli matematycznych z zastosowaniem komputerowego pakietu MATLAB.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U24, K\_U16, K\_U11, K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Poszerzył wiedzę na temat złożoności systemów naturalnych i zrozumiał rolę fizyki środowiska i matematyki stosowanej do opisu zjawisk przebiegajacych w tych systemach

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K06, K\_K05, K\_K02, K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**