**Nazwa przedmiotu:**

Fizyka budynków

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Piotr Narowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Środowiska

**Grupa przedmiotów:**

Podstawowe

**Kod przedmiotu:**

1110-ISCOW-MSP-1201

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

wykłady: 15h, ćwiczenia audytoryjne: 15h, ćwiczenia projektowe: 15h, zapoznanie z literaturą: 10h, samodzielne ćwiczenia obliczeniowe:10h, przygotowanie projektu: 20h, przygotowanie do zaliczenia wykładów: 5h. Razem: 90

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

2

**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: | 15h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 15h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw fizyki, znajomość termodynamiki, znajomość wymiany ciepła, znajomość podstaw fizyki budynków, znajomość analizy matematycznej i podstaw rachunku różniczkowego.

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Opanowanie przez studenta teoretycznej i praktycznej znajomości rozszerzonych pojęć i wybranych zagadnień dotyczących: wymiany ciepła i masy w przegrodach budowlanych w stanach nieustalonych w czasie, metod obliczeniowych bilansu energetycznego budynków mieszkalnych z uwzględnieniem dynamiki cieplnej, symulacji energetycznych budynków i obliczania rocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia budynków. Kurs daje rozszerzoną wiedzę na temat mechanizmów przenoszenia ciepła w elementach konstrukcyjnych budynków w stanach nieustalonej wymiany ciepła, oraz w systemach symulacji energetycznej budynków w metodach godzinowych i miesięcznych. Kurs zapewni biegłość w analizie rocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Kurs umożliwia studentom zrozumienie i stosowanie metod symulacji energetycznej budynków do obliczania całorocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia.

**Treści kształcenia:**

Elementy budowlane i budynki – Obliczanie cieplnych właściwości dynamicznych elementów budynków - Metoda obliczania. Wyznaczanie wartości temperatury na powierzchniach i wewnątrz przegrody budowalnej w stanach nieustalonych przy zmiennych parametrach przestrzeni wewnętrznej i zewnętrznej. Obliczanie funkcji odpowiedzi przegrody budowlanej na skokowe wymuszenie temperaturowe. Obliczenie impulsowej odpowiedzi przegrody budowlanej na podstawie odpowiedzi na skok temperatury. Wykorzystanie funkcji odpowiedzi impulsowych przegród budowlanych do obliczenia zmiennej w czasie gęstości strumienia ciepła przewodzonego przez przegrodę w odpowiedzi na dowolne wymuszenie cieplne po obu stronach przegrody z wykorzystaniem splotu funkcji odpowiedzi i funkcji wymuszających. Obliczanie całorocznego przepływu ciepła w całym budynku z wykorzystaniem analizy przepływu ciepła w sieci elementów budynku o skupionych oporach i pojemności cieplnej. Wyznaczanie rocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia z wykorzystaniem godzinowego i miesięcznego przedziału czasu, Obliczanie zysków ciepła promieniowania słonecznego dla dowolnie zorientowanej płaszczyzny elementu przezroczystego i nieprzezroczystego budynku z wykorzystaniem metodyki ASHRAE.
Wykład:
1. Symulacje energetyczne budynków – omówienie modelowania matematycznego zjawisk transportu ciepła w budynkach w stanie nieustalonym, czynniki pogodowe wpływające na procesy wymiany ciepła w budynkach: modele klimatu stosowane w projektowaniu instalacji c.o., modele klimatu stosowane w ocenach budynków pod względem energetycznym.
2. Rozwiązanie nieustalonej wymiany ciepła w płaskich jednorodnych i niejednorodnych przegrodach budowlanych.
3. Funkcje odpowiedzi przegrody budowlanej na skokowe i impulsowe wymuszenie temperaturowe – charakterystyka dynamiczna przegród budowlanych – bezwładność cieplna.
4. Zmienna w czasie temperatura powierzchni przegród budowlanych jako odpowiedź na zmienne wymuszenia temperaturowe – splot funkcji odpowiedzi przegrody i wymuszenia cieplnego. Wyznaczenie funkcji CTSF przegród budowlanych.
5. Podstawy modelowania przepływu ciepła w budynku za pomocą sieci elementów o skupionych parametrach cieplnych – oporze i pojemności cieplnej.
6. Obliczanie całorocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia budynków z wykorzystaniem metod sieci przepływu ciepła elementów o skupionych parametrach cieplnych oraz z wykorzystaniem funkcji odpowiedzi przegród budowlanych.
7. Wyznaczanie zysków ciepła promieniowania słonecznego dla dowolnie zorientowanej w płaszczyzny przezroczystego i nieprzezroczystego elementu obudowy zewnętrznej budynku wg metodyki ASHRAE z wykorzystaniem funkcji CTSF
Ćwiczenia: – dwa ćwiczenia obliczeniowe do samodzielnego wykonania:
1. Wyznaczenie funkcji odpowiedzi na impulsowe wymuszenie cieplne wielowarstwowej przegrody budowlanej wraz z obliczeniem funkcji CTSF. Obliczenie gęstości strumienia ciepła przewodzonego na powierzchniach przegrody dla określonego odcinka czasu przy zadanych
zmiennych w czasie warunkach cieplnych przestrzeni wewnętrznej i zewnętrznej.
2. Obliczenia przepływu ciepła w modelu budynku w warunkach nieustalonej wymiany ciepła za pomocą metody skupionych oporów i
pojemności cieplnej w określonym przedziale czasu i zadanych parametrach cieplnych przestrzeni zewnętrznej i stref wewnętrznych
budynku. Wyznaczenie godzinowych wartości zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia.
Projekt: – projekt obliczeniowy: Wyznaczenie projektowych zysków ciepła w stanie nieustalonym przez część nieprzezroczystą i przezroczystą przegrody budowlanej z wykorzystaniem funkcji CTSF przegrody i modelu natężenia promieniowania słonecznego ASHRAE dla pomieszczenia z dowolnie zorientowanymi przestrzennie przegrodami

**Metody oceny:**

Ocena końcowa = 0,33 \* ocena z zaliczenia wykładów \* 0,33 \* ocena z ćwiczeń audytoryjnych + 0,33 \* ocena z ćwiczeń projektowych

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

J.A. Pogorzelski, Fizyka cieplna budowli, PWN, 1976
Budownictwo ogólne, tom 2. pod red. P. Klemma, rozdział 4. i rozdział 8. Arkady, Warszawawa 2005
Twarowski M.: Słońce w architekturze. Arkady 2006
W. N. Bogosławski, Procesy cieplne i wilgotnościowe w budynkach, ARKADY, 1985
ASHRAE Fundamentals – 2013
C.E. Hagentoft – Introduction to Building Physics, Studentlitteratur 2003
J.A. Clarke, Energy Simulation in Building Design, BH 2001 Budownictwo ogólne,
L. Laskowski, Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku, WPW 2005
ASHRAE Fundamentals 2013
Building Physics – Heat, Air and Moisture, Ernst & Sons, 2007

**Witryna www przedmiotu:**

www.is.pw.edu.pl/moodle

**Uwagi:**

brak

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Student, który osiągnął cele kursu, będzie potrafił: omówić mechanizmy przenoszenia ciepła w elementach budynków w stanach nieustalonej wymiany ciepła, które są istotne dla analizy zapotrzebowania na energię: metody rozwiązywania pola temperatury w stanie nieustalonym, funkcje odpowiedzi przegrody na impuls temperatury po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegrody budowlanej, przeprowadzić analizę rocznego zapotrzebowania na energię za pomocą uproszczonych modeli skupionych pojemności i oporów cieplnych budynku, wyznaczyć zmienne w czasie zyski ciepła od promieniowania słonecznego dla dowolnego elementu przezroczystego i nieprzezroczystego budynku.

Weryfikacja:

Student, który osiągnął cele kursu, będzie potrafił: omówić mechanizmy przenoszenia ciepła w elementach budynków w stanach nieustalonej wymiany ciepła, które są istotne dla analizy zapotrzebowania na energię: metody rozwiązywania pola temperatury w stanie nieustalonym, funkcje odpowiedzi przegrody na impuls temperatury po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegrody budowlanej, przeprowadzić analizę rocznego zapotrzebowania na energię za pomocą uproszczonych modeli skupionych pojemności i oporów cieplnych budynku, wyznaczyć zmienne w czasie zyski ciepła od promieniowania słonecznego dla dowolnego elementu przezroczystego i nieprzezroczystego budynku.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W01, IS\_W03, IS\_W04, IS\_W09, IS\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

W związku z tym, że fizyka budynków jest podstawowym kursem w inżynierii systemów ogrzewania, wentylacji, chłodzenia i klimatyzacji budynków, w przedmiocie kładzie nacisk na umiejętności i prowadzące do realizacji celu edukacyjnego, którym jest umiejętność projektowania systemów i instalacji wewnętrznych budynków i rozwiązywanie problemów przepływów energii i masy w budynkach, w tym w stanach nieustalonych, przy użyciu zasad matematycznych, naukowych i inżynierskich i narzędzi obliczeniowych. Wprowadzono intuicyjną, systematyczną technikę rozwiązywania zaawansowanych problemów wymiany ciepła w budynkach, która może być stosowana w rozwiązywaniu złożonych problemów inżynierskich takich jak wyznaczanie rocznego zapotrzebowania na energie w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.

Weryfikacja:

W związku z tym, że fizyka budynków jest podstawowym kursem w inżynierii systemów ogrzewania, wentylacji, chłodzenia i klimatyzacji budynków, w przedmiocie kładzie nacisk na umiejętności i prowadzące do realizacji celu edukacyjnego, którym jest umiejętność projektowania systemów i instalacji wewnętrznych budynków i rozwiązywanie problemów przepływów energii i masy w budynkach, w tym w stanach nieustalonych, przy użyciu zasad matematycznych, naukowych i inżynierskich i narzędzi obliczeniowych. Wprowadzono intuicyjną, systematyczną technikę rozwiązywania zaawansowanych problemów wymiany ciepła w budynkach, która może być stosowana w rozwiązywaniu złożonych problemów inżynierskich takich jak wyznaczanie rocznego zapotrzebowania na energie w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U01, IS\_U02, IS\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.o, P7U\_U, I.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Cel edukacyjny - absolwenci podchodzą do zaawansowanych decyzji inżynierskich ze świadomym uwzględnieniem globalnych i społecznych kontekstów i konsekwencji oraz rozwijają swoje umiejętności zawodowe, zdobywają umiejętność dyskutowania o właściwościach cieplnych, wilgotnościowych i energetycznych przegród i obiektów budowlanych oraz umiejętność efektywnej współpracy w grupie, oraz brania odpowiedzialność za otrzymane wyniki obliczeń.

Weryfikacja:

Cel edukacyjny - absolwenci podchodzą do zaawansowanych decyzji inżynierskich ze świadomym uwzględnieniem globalnych i społecznych kontekstów i konsekwencji oraz rozwijają swoje umiejętności zawodowe, zdobywają umiejętność dyskutowania o właściwościach cieplnych, wilgotnościowych i energetycznych przegród i obiektów budowlanych oraz umiejętność efektywnej współpracy w grupie, oraz brania odpowiedzialność za otrzymane wyniki obliczeń.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K01, IS\_K02, IS\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KK, I.P7S\_KR