**Nazwa przedmiotu:**

Chłodnictwo i pompy ciepła

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Piotr Ziętek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Środowiska

**Grupa przedmiotów:**

Kierunkowe i Specjalizacyjne

**Kod przedmiotu:**

1110-ISCOG-ISP-6301

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

6

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

Zajęcia z udziałem nauczyciela akademickiego: wykład 30 godz., ćw. proj. 30 godz., laboratoria 15 godz. – suma 75 godz.
Opracowanie projektu: 12 godz.
Analiza wyników badań i opracowanie sprawozdań z ćw. laboratoryjnych: 20 godz.
Przygotowanie do zajęć projektowych i kolokwium: 15 godz.
Czytanie i oglądanie materiałów dydaktycznych: 5 godz.
Przygotowanie do egzaminu + egzamin: 35 godz.
Łącznie - 162 godz. = 6 ECTS

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

75 godz. = 3 ECTS

**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: | 0h |
| Laboratorium: | 15h |
| Projekt: | 30h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Termodynamika techniczna
Materiałoznawstwo
Wymiana ciepła
Podstawy konstrukcji mechanicznych

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zasadami działania, budowy, projektowania i eksploatacji urządzeń chłodniczych i pomp ciepła stosowanych w instalacjach klimatyzacji oraz ogrzewania pomieszczeń i budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz przemysłowych.

**Treści kształcenia:**

Wykłady: Teoretyczne podstawy działania sprężarkowych urządzeń chłodniczych i pomp ciepła: obiegi chłodnicze i pomp ciepła, wykresy robocze w układach współrzędnych T-s i lgp-h, bilans cieplny obiegów i podstawowe wielkości charakteryzujące obiegi (EER i COP). Absorpcyjne i adsorpcyjne urządzenia chłodnicze: wykresy obiegów, bilans cieplny i obliczenia. Czynniki chłodnicze i robocze: klasyfikacja, właściwości, zastosowanie, wpływ na środowisko. Rodzaje i dobór stężenia chłodziwa. Elementy składowe instalacji chłodniczych i pomp ciepła: sprężarki, wymienniki ciepła, rurociągi, zawory rozprężne i rurki kapilarne, osprzęt i urządzenia pomocnicze i zabezpieczające. Regulacja wydajności urządzeń chłodniczych i pomp ciepła. Budowa urządzeń chłodniczych i pomp ciepła: urządzenia kompaktowe (monoblokowe) i rozdzielone (split), wytwornice wody lodowej, pompy ciepła. Montaż instalacji i urządzeń, badania odbiorowe i eksploatacyjne, normy PN-EN dotyczące projektowania, budowy i eksploatacji urządzeń. Dolne źródła ciepła pomp ciepła oraz instalacje do pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego, współpraca pomp ciepła z konwencjonalnymi źródłami ciepła w systemach ogrzewania. Pompy ciepła oraz urządzenia chłodnicze pracujące w systemie pętli wodnej.
Ćwiczenia projektowe: Wyjaśnienie zasady działania i toku obliczeń urządzeń chłodniczych. Obliczanie bilansu ciepła i wyznaczanie podstawowych parametrów jednostopniowych i wielostopniowych, sprężarkowych urządzeń chłodniczych z jednorodnym, azeotropowym lub bliskoazeotropowym czynnikiem chłodniczym (np. R134a, R717, R410A, R32, R1234yf, R290, R600a). Obliczanie sprężarkowych urządzeń chłodniczych pracujących z dwutlenkiem węgla (R744). Obliczanie sprężarkowych pomp ciepła. Projektowanie urządzeń, instalacji chłodniczych i pomp ciepła w świetle obowiązujących przepisów i norm.
Ćwiczenia laboratoryjne: związane z wyjaśnieniem projektowania, budowy, działania i eksploatacji sprężarkowych urządzeń chłodniczych i pomp ciepła - zajęcia z wykorzystaniem stanowisk dydaktycznych. Badanie wpływu zmiany przepływu wody przez skraplacz pompy ciepła na działanie urządzenia. Badanie wpływu wymiennika regeneracyjnego na obieg chłodniczy. Badanie wpływu rodzaju elementu rozprężnego na pracę obiegu chłodniczego. Wyznaczanie bilansu ciepła rzeczywistego urządzenia chłodniczego i obserwacja procesów wrzenia i skraplania czynnika w wymiennikach.

**Metody oceny:**

WYKŁAD: Uzyskanie co najmniej 12 punktów z 26 możliwych z egzaminu pisemnego (11 pytań testowych i 3 pytania otwarte) lub uzyskanie co najmniej 15 punktów na 30 możliwych z 6 pytań otwartych. ĆWICZENIA: Wykonanie i zaliczenie zadania projektowego (bilans cieplny oraz dobór podstawowych elementów sprężarkowego urządzenia chłodniczego). Zaliczenie pisemnego kolokwium. Ocena z ćwiczeń: 80% oceny z kolokwium + 20% oceny z projektu. LABORATORIUM: Uzyskanie co najmniej 16 punktów z 30 możliwych z zaliczenia 3 sprawozdań (na 4 możliwe) z przeprowadzonych ćwiczeń laboratoryjnych (10 pkt/sprawozdanie). OCENA KOŃCOWA: Ocena zintegrowana = 40% oceny zaliczenia wykładów + 40% oceny zaliczenia ćwiczeń + 20% oceny zaliczenia laboratorium.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Kołodziejczyk L., Rubik M.: Technika chłodnicza w klimatyzacji; Rubik M.: Chłodnictwo; Rubik M.: Pompy ciepła; Gutkowski K.: Chłodnictwo i klimatyzacja; Ullrich H.: Technika chłodnicza; Miesięczniki specjalistyczne: Technika chłodnicza i klimatyzacyjna; Chłodnictwo i Klimatyzacja; Chłodnictwo; Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja

**Witryna www przedmiotu:**

https://ects.coi.pw.edu.pl

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Posiada wiedzę na temat procesów wymiany ciepła i masy zachodzących w poszczególnych elementach urządzeń chłodniczych (sprężarkowych i absorpcyjnych) oraz pompach ciepła stosowanych w systemach klimatyzacyjnych i grzewczych.

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów, kolokwium z ćwiczeń projektowych, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W09, IS\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W02:**

Posiada szczegółową wiedzę na temat zasady działania obiegów termodynamicznych dla urządzeń sprężarkowych i absorpcyjnych

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów, kolokwium z ćwiczeń projektowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W03:**

Posiada szczegółową wiedzę na temat budowy sprężarkowych urządzeń chłodniczych stosowanych w systemach klimatyzacyjnych

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W09, IS\_W12, IS\_W14, IS\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG, III.P6S\_WG

**Charakterystyka W04:**

Posiada szczegółową wiedzę na temat budowy, działania i obliczeń projektowych absorpcyjnych (amoniakalnych i bromolitowych) urządzeń chłodniczych stosowanych w systemach klimatyzacyjnych.

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W09, IS\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W05:**

Posiada szczegółową wiedzę na temat projektowania i doboru elementów sprężarkowych urządzeń chłodniczych stosowanych w klimatyzacji (w tym wymienniki ciepła, rurociągi, zawory rozprężne, chłodziwa, itp.).

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów, kolokwium z ćwiczeń projektowych, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W14, IS\_W19, IS\_W09, IS\_W12, IS\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG, P6U\_W, III.P7S\_WG

**Charakterystyka W06:**

Posiada szczegółową wiedzę na temat budowy, działania i eksploatacji sprężarkowych pomp ciepła

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W09, IS\_W12, IS\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka W07:**

Posiada wiedzę na temat kierunków rozwoju urządzeń chłodniczych pod kątem ograniczania zużycia energii i możliwości ich zastosowania, a także nowych technologii stosowanych w ich elementach składowych, takich jak wymienniki ciepła, sprężarki, zawory rozprężne, itp

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W12, IS\_W14, IS\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG, III.P6S\_WG

**Charakterystyka W08:**

Posiada wiedzę na temat kierunków rozwoju czynników chłodniczych

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W07, IS\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Potrafi opisać procesy zachodzące w sprężarkowym i absorpcyjnych urządzeniu chłodniczym oraz pompie ciepła

Weryfikacja:

kolokwium z ćwiczeń, zaliczenie pisemne wykładów, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U02:**

Potrafi przeprowadzić obliczenia dotyczące sprężarkowych i absorpcyjnych obiegów chłodniczych, wykorzystując do tego prawa i wzory z termodynamiki, mechaniki płynów i wymiany ciepła

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów, kolokwium z ćwiczeń projektowych, projekt, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.o, P6U\_U, I.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U03:**

Potrafi wykonać obliczenia cieplne i hydrauliczne sprężarkowego urządzenia chłodniczego, przeprowadzić dobór powierzchni wymienników ciepła, dobór stężenia chłodziwa oraz zaprojektować rurociągi urządzeń chłodniczych, a także określić charakterystykę statyczną sprężarki

Weryfikacja:

projekt sprężarkowego urządzenia chłodniczego, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U02, IS\_U05, IS\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U04:**

Potrafi opracować projekt sprężarkowego urządzenia chłodniczego wraz z niezbędnymi załącznikami w postaci wykresów i nomogramów

Weryfikacja:

projekt sprężarkowego urządzenia chłodniczego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U02, IS\_U05, IS\_U07, IS\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U05:**

Potrafi zaprojektować najważniejsze elementy urządzeń chłodniczych stosowanych w instalacjach klimatyzacyjnych

Weryfikacja:

kolokwium z ćwiczeń, projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U05, IS\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się i podnoszenia kompetencji polegających m.in. na śledzeniu postępów techniki w celu wykorzystania ich w praktyce zawodowej

Weryfikacja:

ustna dyskusja w ramach ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KK

**Charakterystyka K02:**

Ma świadomość zagrożeń, jakie może nieść ze sobą nieprawidłowe działanie inżynierskie

Weryfikacja:

ustna dyskusja w ramach ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KR

**Charakterystyka K03:**

Ma świadomość wpływu instalacji chłodniczych (czynników chłodniczych) na środowisko

Weryfikacja:

zaliczenie pisemne wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K02, IS\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KR