

**WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY**

**KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim	<b>Chłodnictwo i kriogenika</b>
Nazwa w języku angielskim	Refrigeration and Cryogenics
Kierunek studiów (jeśli dotyczy)	<b>Mechanika i Budowa Maszyn Energetycznych</b>
Specjalność (jeśli dotyczy)	<b>Inżynieria cieplna</b>
Poziom i forma studiów:	<b>I stopień, stacjonarna</b>
Rodzaj przedmiotu:	<b>wybieralny/specjalnościowy</b>
Kod przedmiotu	<b>MSN110073</b>
Grupa kursów	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15		15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60	30		60	
Forma zaliczenia	Egzamin	Zaliczenie na ocenę		Zaliczenie na ocenę	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2	1		2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1		2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1	0,75		1,5	

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

- kompetencje z zakresu wiedzy: podstawy termodynamiki, podstawy mechaniki płynów, podstawy wymiany ciepła i masy

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 – Przekazanie studentom wiedzy w zakresie podstaw teoretycznych urządzeń ziębnych i kriogenicznych.
- C2 – Przekazanie studentom wiedzy o obszarach zastosowań chłodnictwa i kriogeniki
- C3 – Wytworzenie u studentów umiejętności obliczania podstawowych parametrów obiegów ziębnych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Posiada wiedzę z zakresu termodynamicznych podstaw obniżania temperatury.

PEU\_W02 Zna zasady realizacji i doboru parametrów lewobieżnych obiegów ziębnych.

PEU\_W03 Potrafi zidentyfikować i opisać procesy związane z uzyskiwaniem temperatur kriogenicznych oraz przyczyny strat energetycznych w rzeczywistych procesach chłodniczych i kriogenicznych.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Potrafi obliczyć bilans cieplny komory chłodniczej i procesu zamrażania.

PEU\_U02 Potrafi obliczyć i zaprojektować obieg termodynamiczny lewobieżnego systemu ziębnego posługując się wykresem logP-h.

PEU\_U03 – Potrafi zaprojektować podstawowe elementy instalacji chłodniczej.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Zagadnienia wprowadzające. Symbolika, oznaczenia, wielkości, strumienie, wielkości właściwe, funkcje, bilansowanie energii i masy.	2
Wy2	Naturalne metody ziębienia. Roztwory i mieszaniny oziębiające.	2
Wy3	Termodynamiczne procesy i metody obniżania temperatury	2
Wy4	Termodynamiczne obiegi lewobieżne.	2
Wy5	Obliczanie obiegów porównawczych Carnota, Lorenza, Lindego	2
Wy6	Obiegi rzeczywiste. Metody poprawy efektywności obiegów. Przyczyny nieodwracalności obiegów ziębnych.	2
Wy7	Obiegi ziębne systemów absorpcyjnych. Wybrane zagadnienia z teorii roztworów.	2
Wy8	Wybrane zagadnienia termoelektrycznych urządzeń chłodniczych.	2
Wy9	Kriogenika – podstawowe definicje i zastosowania. Hel i jego własności.	2
Wy10	Metody uzyskiwania temperatur kriogenicznych.	2
Wy11	Ekspansja gazu przez dławienie. Efekt Joule’a-Thompsona	2
Wy12	Chłodziarki i skraplarki z rekuperacyjnymi wymiennikami ciepła.	2
Wy13	Chłodziarki gazowe z regeneracyjnymi wymiennikami ciepła.	2
Wy14	Metody uzyskiwania temperatur poniżej 1 K	2
Wy15	Chłodnicze obiegi wielostopniowe i kaskadowe.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Wprowadzenie, omówienie ćwiczeń, warunków uczestnictwa w zajęciach, zaliczenia oraz oceny. Definicja efektywności urządzenia chłodniczego. Bilans cieplny komory chłodniczej. Przewodzenie ciepła przez izolację komory chłodniczej.	2
Ćw2	Obniżanie i podwyższanie temperatury substancji. Efekty cieplne podczas przemiany fazy. Zamrażanie produktów. Sprężanie czynnika.	2
Ćw3	Wykres logP-h. Określanie parametrów czynników chłodniczych (entalpia, entropia, gęstość, objętość właściwa, ciepło przemiany fazowej) na podstawie wykresu logP-h. Analiza termodynamiczna stanów oraz zmian stanów czynników.	2
Ćw4	Obiegi chłodnicze i kriogeniczne na wykresach T-s. Efektywność obiegu	2

	Carnota w temperaturach kriogenicznych. Skraplanie czynników kriogenicznych - skraplarka Joule-Thompsona.	
Ćw5	Określanie punktów charakterystycznych obiegu chłodniczego na wykresie logP-h. Analiza termodynamiczna podstawowego obiegu chłodniczego. Wpływ przegrzania na wydajność jednostopniowego obiegu chłodniczego.	2
Ćw6	Metody poprawy efektywności jednostopniowych obiegów chłodniczych - dochłodzenie i regeneracja ciepła. Wpływ spadku ciśnienia w instalacji na parametry pracy obiegów jednostopniowych.	2
Ćw7	Określanie punktów charakterystycznych wielostopniowego obiegu chłodniczego na wykresie logP-h. Analiza termodynamiczna wielostopniowego obiegu chłodniczego.	2
Ćw8	Kolokwium zaliczeniowe	1
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - projekt</b>		<b>Liczba godzin</b>
Pr1	Przekazanie zadań projektowych studentom. Określenie warunków zaliczenia.	2
Pr2	Obliczenia bilansowe.	2
Pr3	Ustalanie podstawowych temperatur pracy pompy ciepła dla poszczególnych zadań projektowych.	2
Pr4	Interpretacja obiegu lewobieżnego na wykresie logp – h dla poszczególnych zadań projektowych.	2
Pr5	Wybór ziębnika do realizacji lewobieżnego obiegu grzewczego dla poszczególnych zadań projektowych.	2
Pr6	Dobór elementów konstrukcyjnych instalacji chłodniczej oraz rozpoczęcie prac projektowych nad wymiennikami ciepła.	2
Pr7	Projektowanie wymienników ciepła dla instalacji chłodniczej.	2
Pr8	Zaliczenie na podstawie przedstawionych projektów	1
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem slajdów N2. Ćwiczenia tradycyjne z wykorzystaniem tablicy N3. Praca własna – przygotowanie do zaliczenia ćwiczeń i egzaminu z wykładu N4. Praca własna – przygotowanie i realizacja zajęć i zadań projektowych N5. Konsultacje

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ - wykład**

<b>Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))</b>	<b>Numer efektu uczenia się</b>	<b>Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się</b>
P	PEU_W01 – PEU_W03	egzamin

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ - ćwiczenia**

<b>Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))</b>	<b>Numer efektu uczenia się</b>	<b>Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się</b>
P	PEU_W01 – PEU_W03	kolokwium zaliczeniowe

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ - projekt**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
P	PEU_U01 – PEU_U03	ocena wykonanego projektu

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>	
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b>	
[1]	Czapp M., Charun H., Bohdal T., <i>Wielostopniowe sprężarkowe urządzenia chłodnicze</i> , Koszalin, Wyd. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej 1997
[2]	Kołodziejczyk L., Rubik M., <i>Technika chłodnicza w klimatyzacji</i> , Warszawa, Arkady 1976
[3]	Królicki Z., <i>Termodynamiczne podstawy obniżania temperatur</i> , Wrocław, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej 2006
[4]	Niezgoda-Żelasko B., Zalewski W., Chłodnicze i klimatyzacyjne wymienniki ciepła. Obliczenia cieplne, Politechnika Krakowska Wydawnictwo PK, 2012
[5]	Szolc T., Chłodnictwo, Warszawa, PWSiZ 1980
[6]	Ullrich H. J., Technika chłodnicza, Poradnik. Gdańsk, IPPU MASTA 1998—t. 1, 1999—t. 2
[7]	Warczak W., Sprężarki i agregaty ziębnicze, WNT, Warszawa, 1987
[8]	Wiśniewski S., Termodynamika techniczna, WNT, Warszawa Wyd.V,1999
[9]	Chorowski M., Kriogenika. Podstawy i zastosowania, IPPU Masta, Gdańsk, 2007
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>	
[1]	Kołodziejczyk L., Rubik M.: Technika chłodnicza w klimatyzacji, Arkady, Warszawa 1976
[2]	Wesołowski A.: Urządzenia chłodnicze i kriogeniczne, WNT, Warszawa 1980
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>	
Zbigniew Królicki, zbigniew.krolicki@pwr.edu.pl	