

| WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| KARTA PRZEDMIOTU                 |                                 |
| Nazwa w języku polskim           | <b>Chłodnictwo i kriogenika</b> |
| Nazwa w języku angielskim        | Refrigeration and Cryogenics    |
| Kierunek studiów:                | Energetyka                      |
| Specjalność :                    | Energetyka cieplna              |
| Stopień studiów i forma:         | I stopień, niestacjonarna       |
| Rodzaj przedmiotu:               | wybieralny/specjalnościowy      |
| Kod przedmiotu                   | ENN210041                       |
| Grupa kursów                     | NIE                             |

|   | Wykład  | Ćwiczenia | Laboratorium        | Projekt | Seminarium |
|---|---------|-----------|---------------------|---------|------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)                                       | 18      |           | 18                  |         |            |
| Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)                                   | 60      |           | 60                  |         |            |
| Forma zaliczenia  | egzamin |           | zaliczenie na ocenę |         |            |
| Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)   |         |           |                     |         |            |
| Liczba punktów ECTS   | 2       |           | 2                   |         |            |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)                 |         |           | 2                   |         |            |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK) | 1       |           | 1,5                 |         |            |

| WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI                                   |
|--|
| kompetencje z zakresu: 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 – Wytworzenie u studentów umiejętności obliczania podstawowych parametrów obiegów ziębnych  |
| C3 – Przekazanie studentom wiedzy o obszarach zastosowań chłodnictwa i kriogeniki  |
| C4- Wykształcenie u studentów umiejętności wyznaczania podstawowych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych urządzeń kriogenicznych i chłodniczych |

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

### Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 Posiada wiedzę z zakresu termodynamicznych podstaw obniżania temperatury.  
 PEK\_W02 Zna zasady realizacji i doboru parametrów lewobieżnych obiegów ziębnych.  
 PEK\_W03 Zna zasady doboru rodzajów i parametrów obiegów kriogenicznych  
 PEK\_W04 Potrafi zidentyfikować i opisać maszyny, urządzenia i aparaty oraz procesy technologiczne związane z obniżaniem temperatury

### Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 Potrafi obliczyć i zaprojektować obieg termodynamiczny lewobieżnego systemu ziębniczego  
 PEK\_U02 Potrafi dobrać i zaprojektować urządzenia do realizacji systemu ziębniczego  
 PEK\_U03 Potrafi dobrać i zaprojektować urządzenia do skraplania gazów i kriostatowania  
 PEK\_U04 Potrafi posługiwać się czynnikami kriogenicznymi

## TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć - wykład |   | Liczba godzin |
|----------------------|---|---------------|
| Wy1                  | Zajęcia wstępne: omówienie zakresu wykładu, sposobu pracy na zajęciach i zaliczenia<br>Chłodnictwo: omówienie podstawowych pojęć i definicji chłodnictwa, rys historyczny.<br>Kriogenika: omówienie podstawowych pojęć i definicji kriogeniki, rys historyczny, przegląd kriotechnologii, przypomnienie podstawowych zagadnień z termodynamiki i wymiany ciepła | 2             |
| Wy2                  | Naturalne metody ziębienia. Roztwory i mieszaniny oziębiające.<br>Termodynamiczne procesy i metody uzyskiwania niskich temperatur<br>Zagadnienia wprowadzające.   | 2             |
| Wy3                  | Symbolika, oznaczenia, wielkości, strumienie, wielkości właściwe, funkcje,<br>Ustalanie podstawowych parametrów sprężarkowego lewobieżnego obiegu ziębienia. Systemy ziębienia.   | 2             |
| Wy4                  | Rzeczywiste obiegi ziębnicze systemów sprężarkowych. Obliczanie obiegów porównawczych Lindego. Metody poprawy efektywności obiegów.   | 2             |
| Wy5                  | Obliczenia hydrauliczne instalacji chłodniczych sprężarkowych. Dobór sprężarek chłodniczych do realizacji efektu ziębienia. Prowadzenie przewodów w sprężarkowych instalacjach chłodniczych.  | 2             |
| Wy6                  | Termodynamiczne podstawy kriogeniki, czynniki kriogeniczne. Metody osiągania temperatur kriogenicznych. Rozprężanie izentropowe, dławienie izentalpowe, wpływ swobodny.   | 2             |
| Wy7                  | Chłodziarki i skraplarki kriogeniczne z rekuperacyjnymi wymiennikami ciepła. Podstawy działania i zastosowania.   | 2             |
| Wy8                  | Chłodziarki i skraplarki kriogeniczne z regeneracyjnymi wymiennikami ciepła. Podstawy działania i zastosowania.   | 2             |
| Wy9                  | Kriogeniczne technologie produkcji gazów technicznych, Termodynamiczne podstawy procesu skraplania gazów oraz separacji mieszanin gazowych.   | 2             |
|                      | Suma godzin   | 18            |

  

| Forma zajęć - laboratorium |   | Liczba godzin |
|----------------------------|---|---------------|
| La1                        | Wprowadzenie, zajęcia podzielone (chłodnictwo 1 godz., kriogenika 1 godz.) – sprawy organizacyjne, regulaminy. Omówienie zakresu zajęć laboratoryjnych, zasad pracy w trakcie zajęć i sposobu zaliczenia. | 2             |
| La2                        | Uzyskiwanie efektu ziębienia za pomocą mieszanin eutektycznych.   | 2             |

|     |   |           |
|-----|---|-----------|
| La3 | Wizualizacja procesów zachodzących w obiegu ziębienia na podstawie obserwacji szklanego modelu chłodziarki domowej. Badanie chłodziarki domowej i odwzorowanie jej obiegu ziębienia wraz z podstawowymi obliczeniami jej obiegu. Bilans komory chłodniczej.   | 2         |
| La4 | Przedstawienie podstawowych narzędzi serwisowych koniecznych do użycia podczas badania instalacji chłodniczych. Rozpoznawanie czynników chłodniczych na podstawie mierzonych parametrów ciśnienia i temperatury. Badanie podstawowej instalacji chłodniczej wyposażonej w chłodnicę powietrza. Odwzorowanie obiegu ziębienia na podstawie pomiarów oraz określenie aktualnej wydajności i efektywności. | 2         |
| La5 | Metody napełniania i opróżniania urządzenia, oraz zasady bezpiecznego podłączania się do instalacji. Badanie podstawowej instalacji chłodniczej wyposażonej w chłodnicę wody.   | 2         |
| La6 | Badania właściwości ciekłego azotu. Zasady bezpiecznego posługiwania się cieczami kriogenicznymi.   | 2         |
| La7 | Skraplanie gazów metodą Joule’a-Thomsona. Wyznaczenie podstawowych parametrów procesu.  | 2         |
| La8 | Izolacje termiczne – szacowanie dopływów ciepła do zbiorników izolowanych próżniowo. Degradacja próżni i jej wpływ na straty ciepła.  | 2         |
| La9 | Zagrożenie związane z deficytem tlenu (ODH) – badanie konsekwencji awarii zbiorników kriogenicznych i zbiorników ciśnieniowych.   | 2         |
|     | Suma godzin   | <b>18</b> |

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykład tradycyjny z wykorzystaniem prezentacji multimedialnych (slajdy, filmy)  
N2 Laboratorium: stanowiska pomiarowe, instrukcje laboratoryjne, demonstracje procesów  
N3. Konsultacje  
N4. Praca własna studenta: przygotowanie się do zaliczenia wykładu, laboratorium

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA - wykład

| Oceny F – formująca (w trakcie semestru),<br>P – podsumowująca (na koniec semestru) | Numer efektu kształcenia | Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia |
|---|--------------------------|---|
| P   | S1ENR-W03                | kolokwium                                   |

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA - laboratorium

| Oceny F – formująca (w trakcie semestru),<br>P – podsumowująca (na koniec semestru) | Numer efektu kształcenia | Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia |
|---|--------------------------|---|
| F1  | S1ENR_U04                | wejściówki                                  |
| F2  |                          | odpowiedzi ustne                            |
| F3  |                          | sprawozdania                                |
| P = (F1+F2+F3)/3  |                          |   |

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Chorowski M., Kriogenika. Podstawy i zastosowania, IPPU Masta, Gdańsk, 2007
- [2] Czapp M., Charun H., Bohdal T., *Wielostopniowe sprężarkowe urządzenia chłodnicze*, Koszalin, Wyd. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej 1997
- [3] Kołodziejczyk L., Rubik M., *Technika chłodnicza w klimatyzacji*, Warszawa, Arkady 1976
- [4] Królicki Z., *Termodynamiczne podstawy obniżania temperatur*, Wrocław, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej 2006
- [5] Maczek K., Mieczyski M., *Chłodnictwo*, Wrocław, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej 1981
- [6] Szolc T., *Chłodnictwo*, Warszawa, PWSiZ 1980
- [7] Ullrich H. J., *Technika chłodnicza*, Poradnik. Gdańsk, IPPU MASTA 1998—t. 1, 1999—t. 2
- [8] Warczak W., *Sprężarki i agregaty ziemnicze*, WNT, Warszawa, 1987
- [9] Wiśniewski S., *Termodynamika techniczna*, WNT, Warszawa Wyd.V, 1999
- [10] Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Kołodziejczyk L., Rubik M.: *Technika chłodnicza w klimatyzacji*, Arkady, Warszawa 1976
- [2] Wesołowski A.: *Urządzenia chłodnicze i kriogeniczne*, WNT, Warszawa 1980

### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

Agnieszka Piotrowska, [agnieszka.piotrowska@pwr.edu.pl](mailto:agnieszka.piotrowska@pwr.edu.pl)  
Tomasz Halon, [Tomasz.halon@pwr.edu.pl](mailto:Tomasz.halon@pwr.edu.pl)