

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Termodynamika techniczna**

Nazwa w języku angielskim: **Technical thermodynamics**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Robotyka i Automatyzacja Procesów**

Poziom i forma studiów: **I stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **RAM031050**

Grupa kursów: **nie**

| | Wykład | Ćwiczenia | Laboratorium | Projekt | Seminarium |
|---|---------------------|-----------|---------------------|---------|------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU) | 15 | | 15 | | |
| Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS) | 30 | | 30 | | |
| Forma zaliczenia | Zaliczenie na ocenę | | Zaliczenie na ocenę | | |
| Grupa kursów | | | | | |
| Liczba punktów ECTS | 1 | | 1 | | |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P) | | | 1 | | |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK) | 0.6 | | 0.7 | | |

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. znajomość zagadnień objętych programem nauczania fizyki w zakresie przedmiotu Fizyka
2. umiejętność samodzielnego wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych, poparta elementarną sprawnością manualną
3. świadomość konieczności pracy grupowej i umiejętność jej realizacji

CELE PRZEDMIOTU

- C1. w oparciu o prawa termodynamiki zrozumienie zasad przemian gazowych i możliwości ich wykorzystania w technice
- C2. poznanie i zrozumienie obiegów cieplnych i zrozumienie zasad obliczania ich sprawności
- C3. zapoznanie z praktyczną realizacją obiegów cieplnych w silnikach spalinowych i sprężarkach tłokowych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

I. Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 - nazywa i opisuje zasady termodynamiki i przemiany termodynamiczne

PEK_W02 - charakteryzuje i tłumaczy obiegi cieplne i potrafi ocenić ich sprawność

PEK_W03 - nazywa i objaśnia sposoby praktycznej realizacji obiegów cieplnych w silnikach spalinowych i sprężarkach tłokowych

II. Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 - potrafi obliczyć stopień niedoskonałości realizacji przemiany adiabatycznej i izotermicznej, jako przemian politropowych

PEK_U02 - oblicza wartości ciepła właściwego gazu i sprawności wolumetrycznej sprężarki tłokowej

PEK_U03 - oblicza i weryfikuje współczynniki przenikania ciepła przez przegrodę płaską oraz przejmowania ciepła dla konwekcji wymuszonej i naturalnej

III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się, zwłaszcza podnosząc swą wiedzę z termodynamiki technicznej (studia II i III stopnia)

PEK_K02 - ma świadomość ważności, odpowiedzialności i skutków działania inżyniera kierunku Automatyka i Robotyka w aspekcie odpowiedzialności za stan środowiska naturalnego, wynikający z właściwego wykorzystania wiedzy z termodynamiki technicznej

PEK_K03 - docenia konieczność podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych

TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć – Wykład | | Liczba godzin |
|----------------------------|---|---------------|
| Wy1 | Podstawowe definicje: masa, ilość substancji, ciśnienie, temperatura, objętość | 2 |
| Wy2 | I Zasada Termodynamiki – praca, ciepło, energia wewnętrzna, moc, układ termodynamiczny otwarty – zamknięty, entalpia, objętościowa praca techniczna | 2 |
| Wy3 | Przemiany termodynamiczne, obliczanie ciepła i pracy przemian. Obiegi, entropia, sprawność obiegów | 2 |
| Wy4 | Obieg Carnota, II Zasada Termodynamiki, procesy odwracalne, nieodwracalne, związek entropii z II Zasadą Termodynamiki | 2 |
| Wy5 | Przepływ gazów przez dysze, bilans energii dla ruchomych układów otwartych, dynamiczne działanie strugi | 2 |
| Wy6 | Podstawowe obiegi silnikowe, sprawności – porównanie | 2 |
| Wy7 | Sprężarki tłokowe i rotodynamiczne; bilans energii, wykres indykatorowy i praca sprężarki | 2 |
| Wy8 | Podstawowe prawa dotyczące przekazywania ciepła na drodze konwekcji, promieniowania, przewodzenia | 1 |
| | | Suma: 15 |
| Forma zajęć – Laboratorium | | Liczba godzin |
| Lab1 | Wyznaczenie ciepła właściwego gazu | 2 |
| Lab2 | Praktyczna realizacja przemiany adiabatycznej | 2 |

| | | |
|------|---|----------|
| Lab3 | Badanie procesu adiabatycznego wypływu z dyszy Bendemanna | 2 |
| Lab4 | Wyznaczenie sprawności wolumetrycznej sprężarki tłokowej | 2 |
| Lab5 | Badanie przemiany izotermicznej | 2 |
| Lab6 | Wyznaczenie współczynników przejmowania ciepła dla konwekcji wymuszonej i naturalnej | 2 |
| Lab7 | Badanie procesu przenikania ciepła przez przegrodę płaską przy: a) występowaniu konwekcji i promieniowania, b) zastosowaniu ekranu osłabiającego promieniowanie | 2 |
| Lab8 | Izobaryczne ogrzewanie z wykorzystaniem regeneracji ciepła | 1 |
| | | Suma: 15 |

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. prezentacja multimedialna
- N2. eksperyment laboratoryjny
- N3. praca własna – przygotowanie do laboratorium
- N4. przygotowanie sprawozdania

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)

| Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się |
|--|--------------------------|---|
| F1 | PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 | kolokwium |
| P = F1 | | |

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Laboratorium)

| Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się |
|--|--------------------------|---|
| F1 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |
| F2 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |
| F3 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |
| F4 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |
| F5 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |

| | | |
|--------------------------------|-------------------------|---|
| F6 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |
| F7 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych |
| $P = (F1+F2+F3+F4+F5+F6+F7)/7$ | | |

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA

Autor: Kolanek Cz. i inni, tytuł: Instrukcje do ćwiczeń z Termodynamiki technicznej,
wydawnictwo: Politechnika Wrocławska. <http://www.ikem.pwr.wroc.pl/zpsiss/dydaktyka.html>,
rok: 2010

Autor: Kalinowski E., tytuł: Termodynamika., wydawnictwo: Politechnika Wrocławska,
Wrocław , rok: 1994

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

Autor: Praca zbiorowa , tytuł: Laboratorium z procesów termoeenergetycznych cz. I i II.,
wydawnictwo: Politechnika Wrocławska, Wrocław , rok: 1993

OPIEKUN PRZEDMIOTU

dr inż. Aleksander Górniak email: aleksander.gorniak@pwr.edu.pl

SUBJECT CARD

Name in Polish: **Termodynamika techniczna**

Name in English: **Technical thermodynamics**

Main field of study (if applicable): **Robotics and Process Automation**

Level and form of studies: **I level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **RAM031050**

Group of courses: **no**

| | Lecture | Classes | Laboratory | Project | Seminar |
|---|----------------------|---------|----------------------|---------|---------|
| Number of hours of organized classes in University (ZZU) | 15 | | 15 | | |
| Number of hours of total student workload (CNPS) | 30 | | 30 | | |
| Form of crediting | Crediting with grade | | Crediting with grade | | |
| Group of courses | | | | | |
| Number of ECTS points | 1 | | 1 | | |
| including number of ECTS points for practical (P) classes | | | 1 | | |
| including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes | 0.6 | | 0.7 | | |

PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. Knowledge of problems covered by Physics education program
2. Ability to independently perform laboratory exercises, supported by elementary manual efficiency
3. Awareness of the need for group work and the ability to implement it

SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Understanding of the principles of gas transformation and the possibilities of their use in technology basing on the laws of thermodynamics
- C2. Knowledge and understanding of thermal cycles and understanding the rules for calculating their efficiency
- C3. Introduction to the thermal air standard cycles in internal combustion engines and reciprocating compressors

SUBJECT LEARNING OUTCOMES

I. Relating to knowledge:

PEK_W01 - Names and describes the laws of thermodynamics and thermodynamic processes

PEK_W02 - Characterises and explains air standard cycles and is able to evaluate its efficiency

PEK_W03 - Names and describes the procedures of the air standard cycles realization in combustion engines and piston compressors

II. Relating to skills:

PEK_U01 - Is able to calculate the level of imperfection of the adiabatic and isothermal process as an example of polytropic process

PEK_U02 - Calculates the values of the critical gas flow rate and the volumetric efficiency of the reciprocating compressor

PEK_U03 - Calculates and verifies coefficients of heat transfer through a flat plate as well as conductive coefficient for forced and natural convection

III. Relating to social competences:

PEK_K01 - Understand the necessity and is aware of possibilities of continuous education, particularly increasing their knowledge of technical thermodynamics (studies II and III degree)

PEK_K02 - Is aware of the importance, responsibility and the effects of engineer work of Mechanical

Engineering faculty in terms of responsibility for the environment, resulting from the proper use of the knowledge of technical thermodynamics

PEK_K03 - Recognizes the need to improve professional, personal and social competences

PROGRAM CONTENT

| Form of classes – Lecture | | Number of hours |
|------------------------------|---|-----------------|
| Lec1 | Basic definitions: mass, the amount of substance, pressure, temperature, volume | 2 |
| Lec2 | I Law of Thermodynamics - work, heat, internal energy, power, open/ closed thermodynamic system, enthalpy, volume and technical work | 2 |
| Lec3 | Thermodynamic processes, calculation of heat and work of the processes. Cycles, entropy, the efficiency of cycles | 2 |
| Lec4 | Carnot Cycle, Second Law of Thermodynamics, reversible and irreversible processes, entropy, the relation of entropy with the Second Law of Thermodynamics | 2 |
| Lec5 | The flow of gas through nozzles, the energy balance for open movable systems, dynamic stream performance | 2 |
| Lec6 | Basic air standard cycles for engine, efficiencies and comparison | 2 |
| Lec7 | Reciprocating and rotodynamic compressors; energy balance, indicator diagram and compressor operation | 2 |
| Lec8 | Basic laws of heat transfer by convection, radiation and conduction | 1 |
| | | Total hours: 15 |
| Form of classes – Laboratory | | Number of hours |

| | | |
|------|---|-----------------|
| Lab1 | Determination of the specific heat of the gas | 2 |
| Lab2 | Practical realization of adiabatic process | 2 |
| Lab3 | Examination of the adiabatic flow through a Bendemann nozzle | 2 |
| Lab4 | Determination of volumetric efficiency of a piston compressor | 2 |
| Lab5 | The study of isothermal process | 2 |
| Lab6 | Determination of heat transfer coefficients for forced and natural convection | 2 |
| Lab7 | Examination of the process of heat transfer through a flat barrier with: a) the occurrence of convection and radiation, b) applying a debilitating radiation screen | 2 |
| Lab8 | Isobaric heating using heat regeneration | 1 |
| | | Total hours: 15 |

TEACHING TOOLS USED

N1. multimedia presentation
N2. laboratory experiment
N3. self study - preparation for laboratory class
N4. report preparation

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)

| Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end)) | Learning outcomes number | Way of evaluating learning outcomes achievement |
|--|--------------------------|---|
| F1 | PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 | final test |
| P = F1 | | |

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Laboratory)

| Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end)) | Learning outcomes number | Way of evaluating learning outcomes achievement |
|--|--------------------------|---|
| F1 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |
| F2 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |
| F3 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |
| F4 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |

| | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| F5 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |
| F6 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |
| F7 | PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 | quiz, a report from the laboratory |
| $P = (F1+F2+F3+F4+F5+F6+F7)/7$ | | |

PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

PRIMARY LITERATURE

Callen, Herbert B. Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. Wiley, 1985.

SECONDARY LITERATURE

Prigogine, Ilya. "Introduction to thermodynamics of irreversible processes." New York: Interscience, 1967, 3rd ed. (1967).

SUBJECT SUPERVISOR

dr inż. Aleksander Górniak email: aleksander.gorniak@pwr.edu.pl