

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Termodynamika techniczna**  
Nazwa w języku angielskim: **Technical thermodynamics**  
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Mechanika i Budowa Maszyn**  
Poziom i forma studiów: **I stopień, stacjonarne**  
Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**  
Kod przedmiotu: **MMM031008 (MMM031308)**  
Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę		Zaliczenie na ocenę		
Grupa kursów					
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)	1.2		1.4		

### 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 mechanika i budowa maszyn 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	2
Wy3	I Zasada Termodynamiki dla otwartych układów termodynamicznych – entalpia, objętościowa praca techniczna	2
Wy4	Przemiany termodynamiczne, obliczanie ciepła i pracy przemian	2
Wy5	Obiegi, entropia, sprawność obiegów	2
Wy6	Obieg Carnota, II Zasada Termodynamiki, procesy odwracalne, nieodwracalne, związek entropii z II Zasadą Termodynamiki	2
Wy7	Przepływ gazów przez dysze, bilans energii dla ruchomych układów otwartych, dynamiczne działanie strugi	2
Wy8	Podstawowe obiegi silnikowe, sprawności – porównanie	2
Wy9	Spalanie, wartość opałowa paliwa, wykresy kontrolne spalania	2
Wy10	Silniki spalinowe tłokowe i turbogazowe o zewnętrznym i wewnętrznym spalaniu	2
Wy11	Obieg cieplny silnika Stirlinga i jego praktyczna realizacja	2
Wy12	Sprężarki tłokowe i rotodynamiczne; bilans energii, wykres indykatorowy i praca sprężarki	2

Wy13	Podstawowe prawa dotyczące przekazywania ciepła na drodze konwekcji, promieniowania, przewodzenia	2
Wy14	Przepływy płynów ściśliwych	2
Wy15	Przeponowe, konwekcyjne wymienniki ciepła	2
		Suma: 30
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. wykład problemowy  
N3. eksperyment laboratoryjny  
N4. praca własna – przygotowanie do laboratorium  
N5. 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	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_K01	kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych
F2	PEK_U02,PEK_K02	kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych
F3	PEK_U03,PEK_K03	kartkówka, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych
$P = (F1+F2+F3)/3$		

## 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](mailto:aleksander.gorniak@pwr.edu.pl)

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Termodynamika techniczna**

Name in English: **Technical thermodynamics**

Main field of study (if applicable): **Mechanical Engineering and Machine Building**

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

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **MMM031008 (MMM031308)**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		15		
Number of hours of total student workload (CNPS)	60		60		
Form of crediting	Crediting with grade		Crediting with grade		
Group of courses					
Number of ECTS points	2		2		
including number of ECTS points for practical (P) classes			2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.2		1.4		

### 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 the engines air standard cycles and ability to evaluate its 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 - Recognizes and describes the laws of thermodynamics and thermodynamic processes

PEK\_W02 - Characterises and explains the air standard cycles and is able to evaluate their efficiency

PEK\_W03 - Identifies and describes the procedures of the air standard cycles realization in combustion engines and reciprocating 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,	2
Lec3	I Law of Thermodynamics for open thermodynamic systems - enthalpy, volume and technical work	2
Lec4	Thermodynamic processes, calculation of heat and work of the processes	2
Lec5	Cycles, entropy, efficiency of cycles	2
Lec6	Carnot Cycle, Second Law of Thermodynamics, reversible and irreversible, processes, entropy, the relation of entropy with the Second Law of Thermodynamics	2
Lec7	The flow of gas through nozzles, the energy balance for open movable systems, dynamic stream performance	2
Lec8	Basic air standard cycles for engine, efficiencies and comparison	2
Lec9	Combustion, the calorific value of the fuel, combustion control charts	2
Lec10	Internal and external combustion piston and gas turbine engines	2
Lec11	Stirling engine air standard cycle and its practical realisation	2

Lec12	Reciprocating and rotodynamic compressors; energy balance, indicator diagram and compressor operation	2
Lec13	Basic laws of heat transfer by convection, radiation and conduction	2
Lec14	Compressible fluid flow	2
Lec15	Diaphragm, convective heat exchangers	2
		Total hours: 30
Form of classes – Laboratory		Number of hours
Lab1	Determination of the heat capacity coefficients for air	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 the reciprocating 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. lecture N3. laboratory experiment N4. self study - preparation for laboratory class N5. 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	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_K01	quiz, a report from the laboratory
F2	PEK_U02,PEK_K02	quiz, a report from the laboratory
F3	PEK_U03,PEK_K03	quiz, a report from the laboratory
$P = (F1+F2+F3)/3$		

### 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 Górnjak email: [aleksander.gornjak@pwr.edu.pl](mailto:aleksander.gornjak@pwr.edu.pl)