**Nazwa przedmiotu:**

Termodynamika techniczna

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. / Mirosław Grabowski / adiunkt

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika i Budowa Maszyn

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

MS1A\_15

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

6

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

Wykłady: liczba godzin według planu studiów - 30, zapoznanie ze wskazaną literaturą - 15, przygotowanie do egzaminu - 30, razem - 75;Ćwiczenia audytoryjne: liczba godzin według planu studiów - 15, przygotowanie do zajęć - 15, zapoznanie ze wskazaną literaturą - 15, , przygotowanie do kolokwiów - 20, razem - 65 Laboratoria: liczba godzin według planu studiów - 15, przygotowanie do zajęć -15, zapoznanie ze wskazaną literaturą - 15, opracowanie wyników - 10, napisanie sprawozdania - 10, razem - 65; Razem - 205

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

Wykłady - 30 h, Ćwiczenia - 15 h, Laboratoria - 15 h, Razem - 60 h = 2,4 ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

3

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Matematyka, fizyka.

**Limit liczby studentów:**

Wykład: min. 15; Ćwiczenia: 20 - 30; Laboratoria: 8 - 12

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest umożliwienie studentom zdobycia podstawowej wiedzy dotyczącej procesów przekazywania energii i ciepła, podstawowej wiedzy dotyczącej wpływu procesów generowania energii na środowisko naturalne oraz metod pomiarowych stosowanych w termodynamice. Zakres tematyczny zajęć praktycznych (ćwiczenia) umożliwia zdobycie umiejętności stosowania wiedzy z zakresu termodynamiki do rozwiązywania problemów technicznych. Zakres tematyczny zajęć laboratoryjnych pozwala na zapoznanie się z metodami pomiarowymi stosowanymi w termodynamice.

**Treści kształcenia:**

W1 - Wprowadzenie do przedmiotu. Jednostki miar podstawowe, wtórne i pochodne. Układy termodynamiczne zamknięte i otwarte. Parametry ekstensywne i intensywne. Przemiana termodynamiczna. Praca, ciepło, dysypacja energii. Energia wewnętrzna i energia całkowita; W2 - Praca bezwzględna. I zasada termodynamiki dla układów zamkniętych. Praca techniczna. I zasada termodynamiki dla układów otwartych.Entalpia. Przemiany odwracalne i nieodwracalne; W3 - Pewnik równowagi. Zerowa zasada termodynamiki. Entropia; równanie Gibbsa i równanie definicyjne entropii. II zasada termodynamiki w sformułowaniu dla układów odosobnionych; W4 - Obiegi termodynamiczne silników oraz chłodziarek i pomp ciepła. Obiegi Carnota. Sprawności silników oraz współczynniki wydajności chłodziarek i pomp ciepła, znaczenie nieodwracalności obiegów. II zasada termodynamiki w sformułowaniu dla obiegów termodynamicznych.III zasada termodynamiki; W5 - Gazy doskonałe i ich mieszaniny. Równanie stanu gazu doskonałego. Prawo Avogadra. Stałe gazów. Ciepło właściwe gazów doskonałych i prawo Daltona. Przeliczenia udziałów objętościowych i masowych mieszaniny gazów. Entropia gazu doskonałego; W6 - Charakterystyczne przemiany gazu (izochoryczna, izotermiczna, izobaryczna, adiabatyczno-izentropowa, politropowa). Wykresy T-s oraz h-s i ich zastosowanie. Równania stanu gazów rzeczywistych. Adiabatyczne przemiany nieodwracalne (dławienie, mieszanie); W7 - Para nasycona. Para wilgotna. Punkt krytyczny. Para przegrzana. Wykresy własności par w układzie p-v, T-v, T-s oraz h-s; W8 - Przemiany charakterystyczne par. Adiabatyczne dławienie pary. Rozprężanie skroplin; W9 - Powietrze wilgotne, wykres i-x i jego zastosowanie w psychrometrii, suszarnictwie i meteorologii. Mieszanie strumieni wilgotnego powietrza. Punkt rosy i wilgotnego termometru; W10 - Przepływ czynnika ściśliwego. Parametry krytyczne przy przepływie krytycznym. Liczba Macha i prędkość dźwięku. Przepływ gazu przez dyfuzory. Dysza de Lavala; W11 - Spalanie. Wartość opałowa i ciepło spalania, metody ich określania. Zapotrzebowanie powietrza dla procesów spalania. Współczynnik nadmiaru powietrza. Objętość spalin. Przebieg procesów spalania w komorze paleniskowej kotłów oraz określenie teoretycznej i rzeczywistej temperatury spalania; W12 - Rodzaje wymiany ciepła. Przewodzenie ustalone i nieustalone. Wnikanie ciepła. Podobieństwo zjawisk, przenikanie ciepła; W13 - Promieniowanie cieplne. Złożona wymiana ciepła. Wymienniki ciepła; W14 - Maszyny cieplne i ich sprawności. Obiegi porównawcze silników cieplnych; W15 - Niekonwencjonalne źródła energii.
C1 - Przeliczanie wartości wielkości fizycznych w różnych jednostkach miar; C2 - Pierwsza zasada termodynamiki. Bilanse energetyczne; C3 - Określenie stanu gazu doskonałego i mieszaniny gazów doskonałych; C4 - Przemiany charakterystyczne gazów doskonałych; C5 - Przemiany charakterystyczne pary wodnej; C6 - Przemiany powietrza wilgotnego; C7 - Zagadnienia przepływów i spalania; C8 - Wymiana ciepła.
L1 - Pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia; L2 - Analiza spalin; L3 - Badanie przemian gazowych; L4 - Bilans cieplny kotła wodnego; L5 - Badanie jednodrogowego wymiennika ciepła; L6 - Porównanie metod określania własności termodynamicznych pary wodnej.

**Metody oceny:**

Ocena końcowa (zaliczeniowa) dla przedmiotu jest oceną łączną, wyznaczaną jako średnia ważona trzech pozytywnych ocen z zaliczenia części wykładowej, ćwiczeniowej i laboratoryjnej z wagami odpowiednio 0,5; 0,25; 025. Warunkiem zaliczenia części wykładowej przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny z części teoretycznej egzaminu pisemnego obejmującego sprawdzenie wiedzy z zakresu zagadnień omawianych podczas wykładów, w tym również wiedzy nabytej samodzielnie przez studenta ze wskazanej przez prowadzącego literatury i innych źródeł. Warunkiem zaliczenia części ćwiczeniowej przedmiotu jest uzyskanie odpowiedniej ilości punktów podczas trwania semestru. Punkty student może uzyskać w trakcie semestru biorąc udział w dwóch kolokwiach. Suma uzyskanych punktów jest kryterium, na podstawie którego student otrzymuje ocenę z części ćwiczeniowej. Punktacja obejmuje sprawdzenie wiedzy i umiejętności z zakresu problematyki zadań rozwiązywanych na zajęciach ćwiczeniowych, w tym również wiedzy nabytej samodzielnie przez studenta ze wskazanej przez prowadzącego literatury i innych źródeł. Warunkiem zaliczenia laboratorium jest uzyskanie pozytywnej ocen ze sprawdzianów wstępnych poprzedzających właściwe ćwiczenia, obejmujących wiadomości teoretyczne z instrukcji i i innych źródeł, wykonanie ćwiczeń zgodnie z instrukcją oraz wykonanie sprawozdań. Szczegółowe zasady oceny studentów, organizacji zajęć oraz zasady korzystania z materiałów pomocniczych podawane są na początku zajęć dydaktycznych. W sprawach nieuregulowanych w regulaminie przedmiotu, znajdują zastosowanie odpowiednie przepisy Regulaminu Studiów w Politechnice Warszawskiej.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Wiśniewski S.: Termodynamika techniczna. WNT Warszawa 1999. 2. Szargut J.: Termodynamika. PWN, Warszawa 2000. 3. Staniszewski B.: Termodynamika, PWN, Warszawa,1986. 4. Cieśliński J., Grudziński D., Jasiński W., Pudlik W.: Termodynamika, zadania i przykłady obliczeniowe, Wydawnictwo PG, Gdańsk, 2008.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Program studiów opracowany na podstawie programu nauczania zmodyfikowanego w ramach Zadania 38 Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej.

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt W01\_01:**

Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie algebry i analizy matematycznej przydatną do formułowania i rozwiązywania typowych prostych zadań z termodynamiki.

Weryfikacja:

Kolokwia (C1 - C8). Egzamin (W1 - W15)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_W01\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01

**Efekt W03\_01:**

Ma uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę z zakresu termodynamiki, w tym wiedzę z tego zakresu niezbędną do zrozumienia fizycznych i fizyko-chemicznych zjawisk występujących podczas funkcjonowania maszyn i urządzeń mechanicznych.

Weryfikacja:

Kolokwium (C2, C8). Egzamin (W2, W4, W11 - W15)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_W03\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03

**Efekt W03\_03:**

Zna techniki pomiarowe dotyczące pomiarów podstawowych wielkości termodynamicznych.

Weryfikacja:

Wejściówka, sprawozdanie (L1 - L6)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_W03\_03

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03

**Efekt W04\_01:**

Zna podstawowe metody bilansowania prostych układów cieplnych.

Weryfikacja:

Kolokwium (C2). Egzamin (W2 - W4, W14)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_W04\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W04

**Efekt W04\_02:**

Ma elementarną wiedzę w zakresie zastosowania termodynamiki w energetyce. Posiada podstawową wiedzę z zastosowań wymiany ciepła w naukach inżynierskich.

Weryfikacja:

Kolokwia (C1 - C8). Egzamin (W1 - W15)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_W04\_02

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W04

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt U09\_03:**

Potrafi zidentyfikować strumienie procesowe oraz oddziaływania energetyczne w układach termodynamicznych do potrzeb tworzenia bilansów energetycznych.

Weryfikacja:

Kolokwium (C2). Egzamin (W2 - W4, W14)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_U09\_03

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U09

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt K03\_01:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole podczas rozwiązywania zadań rachunkowych, wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych, opracowywania sprawozdań laboratoryjnych.

Weryfikacja:

Wejściówka, sprawozdanie (L1 - L6)

**Powiązane efekty kierunkowe:** M1A\_K03\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K03