**Nazwa przedmiotu:**

Termodynamika I

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Maciej Jaworski, dr hab. inż. Tomasz Wiśniewski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NW116

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1. Liczba godzin kontaktowych : 64, w tym:
a) wykłady - 30 godz.,
b) ćwiczenia – 30 godz.,
c) konsultacje – 4 godz.
2. Praca własna studenta – 65 godzin, w tym:
a) 30 godz. - przygotowywanie się studenta do ćwiczeń, samodzielne rozwiązywanie zadań,
c) 20 godz - przygotowanie się do kolokwiów,
d) 15 godz. – przygotowanie się do egzaminu.
Razem - 129 godz. = 5 punktów ECTS.

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

2,5 punktu ECTS - liczba godzin kontaktowych: 64, w tym:
a) wykłady - 30 godz.,
b) ćwiczenia – 30 godz.,
c) konsultacje – 4 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

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

**Wymagania wstępne:**

Matematyka i fizyka na poziomie matury rozszerzonej; rachunek różniczkowy i całkowy na poziomie podstawowym (zakres Analizy I).

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

1. Przekazanie wiedzy na temat: przemian fizycznych towarzyszących procesom konwersji energii, właściwości substancji istotnych z punktu widzenia analizy procesów transportu energii.
2. Podanie i omówienie związków matematycznych pozwalających na wyznaczanie parametrów stanu substancji, obliczanie energii wewnętrznej układów, pracy i ciepła przemian termodynamicznych, bilansowanie układów termodynamicznych.
3. Nauczenie sposobu korzystania z w/w związków matematycznych w analizie ilościowej i jakościowej (II zasada termodynamiki) procesów konwersji energii.
4. Przekazanie wiedzy na temat podstaw teoretycznych działania wybranych maszyn cieplnych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
• I zasada termodynamiki. Energia wewnętrzna. Praca i ciepło jako sposoby transportu energii pomiędzy układami. Bilans energetyczny układu zamkniętego. Wymiana energii w układach otwartych.
• Entropia jako miara nieodwracalności procesów. Obiegi termodynamiczne. Sprawność obiegów silnikowych i współczynnik wydajności obiegów chłodniczych. II zasada termodynamiki – różne sformułowania. Charakterystyczne przemiany nieodwracalne.
• Gaz doskonały – własności i prawa gazów doskonałych. Charakterystyczne przemiany: izochoryczne, izobaryczne, izotermiczne, adiabatyczne. Przemiany politropowe. Modelowe obiegi gazowe. Mieszaniny gazowe – właściwości i charakterystyczne parametry.
• Powietrze (gazy) wilgotne: parametry i przemiany.
• Właściwości par, charakterystyczne przemiany, obiegi parowe: silnikowe i chłodnicze.
• Gazy rzeczywiste – równania stanu, charakterystyczne równania. Relacje Maxwella. Dławienie gazu rzeczywistego.
• Paliwa. Podstawowe składniki paliw, reakcje spalania. Straty związane z procesem spalania. Własności spalin.
Ćwiczenia:
• Bilans cieplny prostych układów fizycznych (na gruncie I zasady termodynamiki). Obliczenia energii wewnętrznej układów oraz ciepła i pracy przemian termodynamicznych.
• Analiza efektywności konwersji energii na gruncie II zasady termodynamiki.
• Obliczenia ciepła i pracy podstawowych przemian termodynamicznych, ocena efektywności modelowych obiegów gazowych (silnikowych i chłodniczych).
• Wyznaczanie parametrów pary jako czynnika roboczego, analiza obiegów parowych.
• Wyznaczanie parametrów gazów wilgotnych oraz analiza przemian termodynamicznych takich czynników.

**Metody oceny:**

Warunki zaliczenia przedmiotu: Uzyskanie min. 50 punktów z kolokwiów, z egzaminu zadaniowego oraz z egzaminu teoretycznego, w tym: minimum 10 punktów z egzaminu teoretycznego.
Szczegóły punktacji: ­
Cztery kolokwia po 10 punktów – max 40 punktów. Osoba, która uzyska min. 30 punktów z kolokwiów może być zwolniona z egzaminu zadaniowego, wtedy do końcowej klasyfikacji uzyskane punkty mnoży się przez 2. ­
Egzamin zadaniowy – cztery zadania po 10 punktów (max 40 punktów), egzamin teoretyczny – 10 pytań po 2 punkty (max 20 punktów).

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Zalecana literatura: ­
1. Wiśniewski S.: Termodynamika techniczna. Wyd. WNT. ­
2. Staniszewski B.: Termodynamika. Podstawy teoretyczne. Wyd. PWN. ­
3. Banaszek J., Bzowski J., Domański R., Sado J.: Termodynamika. Zadania i przykłady. OWPW.
Dodatkowe: ­
1. Materiały z wykładów publikowane na stronach internetowych Wydziału.
2. ­ Domański R., Jaworski M., Rebow M., Kołtyś J.: Wybrane zagadnienia termodynamiki w ujęciu komputerowym. PWN, 2000. ­
3. Cengel Y.A.: Thermodynamics, an engineering approach. (Książka dostępna w bibliotekach: wydziałowej, instytutowej ITC i głównej PW).

**Witryna www przedmiotu:**

www.itc.pw.edu.pl

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NW116\_W1:**

Zna podstawowe parametry fizyczne opisujące stan termodynamiczny układów, jak również właściwości termofizyczne substancji istotne z punktu widzenia efektów energetycznych przemian termodynamicznych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_W2:**

Rozumie ograniczenia sprawności konwersji energii w maszynach cieplnych wynikające z II zasady termodynamiki. Zna pojęcie entropii.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_W3:**

Zna modele teoretyczne (przemiany termodynamiczne) gazowych silników cieplnych.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_W4:**

Ma podstawową wiedzę na temat właściwości fizycznych oraz równania stanu dla gazów rzeczywistych. Potrafi podać różnice między gazem doskonałym i rzeczywistym.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_W5:**

Ma podstawową wiedzę dotyczącą zasad działania urządzeń chłodniczych (w ujęciu termodynamicznym).

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_W6:**

Ma wiedzę na temat funkcjonowania siłowni parowych, w tym: rozumie podstawy teoretyczne działań mających na celu podwyższenie sprawności obiegów parowych.

Weryfikacja:

Egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NW116\_U1:**

Potrafi wykonać obliczenia bilansowe prostego układu/systemu energetycznego.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_U2:**

Potrafi ocenić sprawność konwersji energii w urządzeniach cieplnych na gruncie II zasady termodynamiki.

Weryfikacja:

Kolokwium 2, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_U3:**

Potrafi wyznaczyć ciepło i pracę przemian odwracalnych gazu doskonałego.

Weryfikacja:

Kolokwium 3, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_U4:**

Potrafi wyznaczyć teoretyczną sprawność obiegu gazowego składającego się z przemian odwracalnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 3, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NW116\_U5:**

Potrafi wyznaczyć parametry termofizyczne pary wodnej oraz pracę i ciepło przemian termodynamicznych pary wodnej.

Weryfikacja:

Kolokwium 4, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**