**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowane zagadnienia termodynamiki

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. Jerzy Banaszek

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechanika i Budowa Maszyn

**Grupa przedmiotów:**

Obieralne

**Kod przedmiotu:**

ML.NS753

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

Liczba pracy studenta - 75 godzin, obejmuje:
1) 55 godzin kontaktu bezpośredniego, w tym:
a) udział w wykładach - 30 godzin;
b) udział w ćwiczeniach - 15 godzin,
c) udział w konsultacjach - 10 godzin.
2) 20 godzin pracy własnej - przygotowanie się do dwóch sprawdzianów (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzaminu końcowego.

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

2,2 punktu ECTS - 55 godzin kontaktu bezpośredniego, w tym:
a) wykłady - 30 godzin;
b) ćwiczenia - 15 godzin,
c) konsultacje - 10 godzin.

**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: | 15h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

-

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest nabycie przez studenta :
1) umiejętności oceny źródeł strat energetycznych oraz znajomość metod ich oceny ilościowej w procesach termodynamicznych w elementach maszyn cieplnych;
2) poznanie podstawowej wiedzy, zrozumienie i umiejętność analizy zachowania i warunków równowagi układów termospężystych oraz układów wieloskładnikowych i wielofazowych z reakcjami chemicznymi (procesy spalania);
3) zrozumienie istotnych różnic w zachowaniach czynników (roztworów ciekłych i gazowych) rzeczywistych i doskonałych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Zasada zachowania energii całkowitej oraz zasada wzrostu entropii (uogólnione I i II Zasady Temodynamiki) i ich wykorzystanie w ocenie jakości procesów energetycznych: bilans energii i entropii w układach ruchomych, praca maksymalna, strata pracy, egzergia, sprawność egzergetyczna. (6h).
2. Termodynamiczne i mechaniczne podstawy termosprężystości: rozszerzalność cieplna, równanie stanu ciała podlegającego odkształceniom mechanicznym i cieplnym, uogólnienie prawa Hooka, stany naprężeń mechaniczno-cieplnych, związki konstytutywne i równania różniczkowe termosprężystości. (4h).
3. Gaz rzeczywisty i jego mieszaniny: równania stanu gazu gazów rzeczywistych, zasada stanów odpowiednich, równania wirialne, współczynnik ściśliwości, temperatura Boyle’a, dławienie gazu rzeczywistego (krzywa inwersji), funkcje termodynamiczne mieszanin gazowych, wielkości cząstkowe, potencjał chemiczny, fugatywność składnika mieszaniny. (4h).
4. Termodynamika układów wieloskładnikowych i wielofazowych bez reakcji chemicznych: pojęcia podstawowe, entalpia swobodna, równowaga fazowa, wykres fazowy i prawo Clapeyrona (Clasiusa) dla układu jednoskładnikowego wielofazowego, reguła faz Gibbsa, roztwory doskonałe (prawa Raoulta i Daltona), destylacja izobaryczna i izotermiczna, II prawo Raoulta, roztwory rzeczywiste (azeotropy). (6h).
5. Elementy termodynamiki chemicznej: zasady zachowania masy i energii, efekt cieplny reakcji chemicznej, prawa Hessa i Kirchoffa, warunki równowagi termodynamicznej – potencjał chemiczny, praca maksymalna, kierunek przebiegu reakcji, ciśnieniowa stała równowagi chemicznej. (6h).
6. Termodynamika układów w polach zewnętrznych: pola grawitacyjne i odśrodkowe, pole magnetyczne, nadprzewodnictwo, pole elektryczne, dielektryki. (4h).
Ćwiczenia:
1. Obliczenia strat pracy (mocy) w wybranych procesach nieodwracalnych (przepływy z tarciem, wymiana ciepła, mieszanie, ciepło Joule’a) i elementach maszyn cieplnych (rurach, zaworach, komorach spalania, silnikach spalinowych i turbo-odrzutowych, chłodziarkach, pompach ciepła, etc.). (3h).
2. Obliczenia naprężeń i odkształceń w prętach i płytach poddanych obciążeniom mechanicznym i cieplnym. (2h).
3. Obliczenia parametrów termodynamicznych gazów rzeczywistych i ich mieszanin. (2h).
4. Obliczenia składu i parametrów termodynamicznych układów jedno i dwu- składnikowych podlegających przemianie fazowej.(3h).
5. Określenie kierunku przebiegu reakcji chemicznych, obliczenia ich efektów cieplnych oraz początkowych i równowagowych udziałów reagentów. (3h).
6. Obliczenia parametrów termodynamicznych składników mieszanin gazowych w polu sił odśrodkowych, paramagnetyków w polu magnetycznym oraz dielektryków w polu elektrycznym. (2h).

**Metody oceny:**

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy. Egzamin składa się z części teoretycznej dla wszystkich słuchaczy oraz zadaniowej dla tych, którzy poprawiają kolokwia. Każde kolokwium oraz część teoretyczna egzaminu muszą być zaliczone, a ocena końcowa jest średnią arytmetyczną ocen ze wszystkich trzech części.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. J. Banaszek, J. Bzowski, R. Domański, J. Sado, „Termodynamika, Przykłady i Zadania”, rozdziały 5,6,7,8, wydanie II, Oficyna Wydawnicza PW, 2007.
2. J. Sado, „Wybrane zagadnienia termodynamiki”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1997.
3. S. Wiśniewski, Termodynamika techniczna”, wydanie 5, rozdział 5,7,9, Wydawnictwo WNT, 2013.
4. Y.A. Cengel & M.A. Boles, “Thermodynamics. An Engineering Approach”, Sixth Edition, Chapter 3,8,12, 15,16, Mc Graw Hill higher Education, Boston, 2008.
5. M.M. Abbott &H.C. Van Ness, “Theory and Problems of Thermodynamics, Second Edition with Chemical Applications”, Schaum’s Outline Series, Mc Graw Hill , N.Y. 1989.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka NS753\_W01:**

Student potrafi wyjaśnić zjawiska fizyczne i procesy technologiczne z punktu widzenia zasad termodynamiki, w szczególności rozumie bilanse energii i egzergii w ocenie jakości procesów.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W01:**

Student potrafi wyjaśnić zjawiska fizyczne i procesy technologiczne z punktu widzenia zasad termodynamiki, w szczególności rozumie bilanse energii i egzergii w ocenie jakości procesów.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W01:**

Student potrafi wyjaśnić zjawiska fizyczne i procesy technologiczne z punktu widzenia zasad termodynamiki, w szczególności rozumie bilanse energii i egzergii w ocenie jakości procesów.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W01:**

Student potrafi wyjaśnić zjawiska fizyczne i procesy technologiczne z punktu widzenia zasad termodynamiki, w szczególności rozumie bilanse energii i egzergii w ocenie jakości procesów.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W02:**

Student potrafi wyjaśnić termodynamiczne i mechaniczne podstawy termosprężystości.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W02:**

Student potrafi wyjaśnić termodynamiczne i mechaniczne podstawy termosprężystości.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W03:**

Student zna i potrafi wyjaśnić zachowanie o niewielkim stopniu złożoności układów wieloskładnikowych bez /z reakcjami chemicznymi oraz w polach zewnętrznych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W03:**

Student zna i potrafi wyjaśnić zachowanie o niewielkim stopniu złożoności układów wieloskładnikowych bez /z reakcjami chemicznymi oraz w polach zewnętrznych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W04:**

Student zna podstawowe modele gazów rzeczywistych i ich mieszanin.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_W04:**

Student zna podstawowe modele gazów rzeczywistych i ich mieszanin.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka NS753\_U01:**

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu źródeł fachowej wiedzy i wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu student umie obliczyć straty pracy w w wybranych procesach nieodwracalnych i w elementach maszyn cieplnych.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U01:**

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu źródeł fachowej wiedzy i wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu student umie obliczyć straty pracy w w wybranych procesach nieodwracalnych i w elementach maszyn cieplnych.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U01:**

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu źródeł fachowej wiedzy i wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu student umie obliczyć straty pracy w w wybranych procesach nieodwracalnych i w elementach maszyn cieplnych.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U01:**

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu źródeł fachowej wiedzy i wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu student umie obliczyć straty pracy w w wybranych procesach nieodwracalnych i w elementach maszyn cieplnych.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U02:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu i przeprowadzonej analizy fachowej wiedzy student potrafi:
1) obliczyć naprężenia i odkształceń w prętach i płytach poddanych obciążeniom mechanicznym i cieplnym;
2) obliczyć termodynamiczne parametry gazów rzeczywistych i ich mieszanin;
3) obliczyć skład i parametry termodynamiczne układów jedno i dwu-składnikowych podlegających przemianie fazowej.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U02:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu i przeprowadzonej analizy fachowej wiedzy student potrafi:
1) obliczyć naprężenia i odkształceń w prętach i płytach poddanych obciążeniom mechanicznym i cieplnym;
2) obliczyć termodynamiczne parametry gazów rzeczywistych i ich mieszanin;
3) obliczyć skład i parametry termodynamiczne układów jedno i dwu-składnikowych podlegających przemianie fazowej.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U02:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie wykładu i przeprowadzonej analizy fachowej wiedzy student potrafi:
1) obliczyć naprężenia i odkształceń w prętach i płytach poddanych obciążeniom mechanicznym i cieplnym;
2) obliczyć termodynamiczne parametry gazów rzeczywistych i ich mieszanin;
3) obliczyć skład i parametry termodynamiczne układów jedno i dwu-składnikowych podlegających przemianie fazowej.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U03:**

Na podstawie przeprowadzonej analizy fachowej wiedzy student potrafi:
1) określić kierunek przebiegu reakcji chemicznych, obliczenia ich efektów cieplnych oraz początkowych i równowagowych udziałów reagentów;
2) obliczyć parametrów termodynamicznych składników mieszanin gazowych w polu sił odśrodkowych, paramagnetyków w polu magnetycznych oraz dielektryków w polu elektrycznym.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U03:**

Na podstawie przeprowadzonej analizy fachowej wiedzy student potrafi:
1) określić kierunek przebiegu reakcji chemicznych, obliczenia ich efektów cieplnych oraz początkowych i równowagowych udziałów reagentów;
2) obliczyć parametrów termodynamicznych składników mieszanin gazowych w polu sił odśrodkowych, paramagnetyków w polu magnetycznych oraz dielektryków w polu elektrycznym.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NS753\_U03:**

Na podstawie przeprowadzonej analizy fachowej wiedzy student potrafi:
1) określić kierunek przebiegu reakcji chemicznych, obliczenia ich efektów cieplnych oraz początkowych i równowagowych udziałów reagentów;
2) obliczyć parametrów termodynamicznych składników mieszanin gazowych w polu sił odśrodkowych, paramagnetyków w polu magnetycznych oraz dielektryków w polu elektrycznym.

Weryfikacja:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**