**Nazwa przedmiotu:**

Napędy kosmiczne

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Piotr Wolański

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

NS618

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1. Liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) wykład - 30 godz.;
b) zajęcia projektowe - 15 godz,
c) konsultacje - 5 godz.
2. Praca własna - 25 godz.
a) przygotowanie do egzaminu: 10 godz.
b) praca nad projektem - 15 godz.
Razem - 75 godzin.

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

2 punkty ECTS - liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) wykład - 30 godz.;
b) zajęcia projektowe - 15 godz,
c) konsultacje - 5 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,4 punktu ECTS - 35 godzin, w tym:
a) zajęcia projektowe - 15 godz.,
b) konsultacje - 5 godz.,
c) praca nad projektem - 15 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Mechanika płynów 1 (ML.NW122); Termodynamika 1 (ML.NW116); Zespoły napędowe 1 (ML.NK433).

**Limit liczby studentów:**

160

**Cel przedmiotu:**

Nauczenie podstaw obliczeń i konstruowania współczesnych napędów rakietowych oraz zdobycie umiejętności przeprowadzania analiz i doboru napędów do misji kosmicznych.

**Treści kształcenia:**

Podział napędów rakietowych, sprawności i obiegi silników rakietowych, rakietowe materiały pędne: ciekłe, stałe i hybrydowe – wymagania, rodzaje i charakterystyki; obliczenia termodynamiczne procesu spalania i osiągów chemicznych napędów rakietowych; silniki na stały materiał pędny: spalanie stałych rakietowych materiałów pędnych, projektowania ładunku, dysze, izolacje i ochrana ablacyjna, wektorowanie ciągu, zastosowania; silniki na ciekłe materiały pędne; układy zasilania, głowice wtryskowe, komory spalania, dysze, chłodzenie komór spalani i dysz, wektorowanie ciągu; silniki hybrydowe, podstawowe układy, spalanie hybrydowych materiałów pędnych, zastosowania; napędy elektryczne: termiczne, termiczno-chemiczne, jonowe, plazmowe i przyszłościowe (np.”Vasimir”); napędy nuklearne i termonuklearne; napędy przyszłościowe (detonacyjne, żagiel, ramac, winda kosmiczna, itp.); dobór napędu do rakiet i satelitów, obliczenia i projekt wstępny napędu rakietowego.

**Metody oceny:**

Projekt (układu napędowego, rakiety, itp) opracowany indywidualnie lub w zespole 2-3 osobowym (ocena z tej części stanowi połowę "wagi" oceny ostatecznej). Egzamin pisemny (druga połowa "wagi" oceny). Obie części muszą być pozytywnie ocenione (za projekt do 50 punktów - minimum do zaliczenia projektu 25p.; za egzamin do 50 punktów - minimum do uzyskania pozytywnej oceny - 25p.)Ocena ostateczna zależy od sumy uzyskanych punktów: 100-91p. - 5,0; 90-81p.-4,5; 80-71p.- 4,0; 70-61p. - 3,5; 60-50p.- 3,0; poniżej 50 punktów ocena 2.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. S. Torecki,:Silniki Rakietowe, WKiŁ, W-wa 1984.
2. G.P. Sutton & O. Biblarz:”Rocket Propulsion Elements”, John Wiley &Sons, INC.
3. Alemasov, V.E. :”Teoria rakirtnych dvigatielei” (po rosyjsku), Moskwa, 1980.
4. S. Wójcicki,: „Spalanie”, PWN, Warszawa.
5. S. Wójcicki,: „Silniki pulsacyjne, strumieniowe, rakietowe”, MON, Warszawa, 1962.
6. http://materialy.itc.pw.edu.pl/zsl/napedy\_kosmiczne/
Dodatkowe literatura:
- J. Stanuch i inni,: „Rakiety, środki napędowe”, PWT, Warszawa, 1960.
- M. Dobrowolski, G. Siniariew,.: „Silniki rakietowe na paliwo płynne”. MON, Warszawa, 1957.
- M.H.N. Naraghi,: “A computer code for three-dimensional Rocket Thermal Evaluation. Tara Technologies”, Yorktown Heights, 2002.
- http://www.nasa.gov/home/
- http://www.esa.int/esaCP/index.html

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NS618\_W1:**

Student posiada podstawową wiedzę na temat konstruowania współczesnych napędów rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_W1:**

Student posiada podstawową wiedzę na temat konstruowania współczesnych napędów rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_W2:**

Student zna: podział napędów rakietowych, sprawności i obiegi termodynamiczne silników rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_W2:**

Student zna: podział napędów rakietowych, sprawności i obiegi termodynamiczne silników rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_W3:**

Student zna współcześnie stosowane rakietowe materiały pędne oraz kierunki ich rozwoju.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_W3:**

Student zna współcześnie stosowane rakietowe materiały pędne oraz kierunki ich rozwoju.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_W17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NS618\_U1:**

Student potrafi wykonać podstawowe obliczenia konieczne przy konstruowaniu współczesnych napędów rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U1:**

Student potrafi wykonać podstawowe obliczenia konieczne przy konstruowaniu współczesnych napędów rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U2:**

Student umie przeprowadzić analizę i dokonać doboru napędów rakietowych do misji kosmicznych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U2:**

Student umie przeprowadzić analizę i dokonać doboru napędów rakietowych do misji kosmicznych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U3:**

Student potrafi wykonać projekt układu napędowego, rakiety, statku kosmicznego itp. ( indywidualnie lub w zespole 2-3 osobowym).

Weryfikacja:

Egzamin,ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U3:**

Student potrafi wykonać projekt układu napędowego, rakiety, statku kosmicznego itp. ( indywidualnie lub w zespole 2-3 osobowym).

Weryfikacja:

Egzamin,ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U4:**

Student potrafi wykonać obliczenia termodynamiczne procesu spalania i osiągów chemicznych napędów rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_U4:**

Student potrafi wykonać obliczenia termodynamiczne procesu spalania i osiągów chemicznych napędów rakietowych.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka ML.NS618\_K1:**

Student umie pracować w grupie i prezentować swoje wyniki.

Weryfikacja:

Prezentacja projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_K1:**

Student umie pracować w grupie i prezentować swoje wyniki.

Weryfikacja:

Prezentacja projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS618\_K1:**

Student umie pracować w grupie i prezentować swoje wyniki.

Weryfikacja:

Prezentacja projektu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK1\_K06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**