

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-00000HI-0100	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Konstrukcja raket i napędów raketowych		
			w j. angielskim	Construction of rockets and rocket propulsion systems		
Przynależność do grupy przedmiotów	specjalnościowe					
Koordynator przedmiotu	Dr hab. inż. Jan Kindracki, prof. PW					
Jednostka realizująca	ITC MEiL	Dyscyplina/y naukowa*	Inżyniera mechaniczna / inżyniera środowiska, górnictwo i energetyka			
Poziom kształcenia	Kształcenie doktorantów	Semestr	zimowy/letni			
Język zajęć	polski					
Forma zaliczenia:	zaliczenie na ocenę	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	30	Sumaryczna liczba ECTS	2	
Minimalna liczba uczestników	12	Maksymalna liczba uczestników	25	Dostępność dla studentów	Tak/Nie	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytorijne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	2	0	0	0	0
	łącznie w semestrze	30				

* nie dotyczy warsztatu badacza

1. Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza związana z mechaniką i termodynamiką

2. Cele przedmiotu

Celem przedmiotu jest przekazanie słuchaczom wiedzy o budowie, rodzajach i zastosowaniach pocisków raketowych. Omówiona zostanie klasyfikacja raket, parametry ich lotu w zależności od klasy rakiety, omówiona zostanie optymalizacja masy dla rakiety wielostopniowej a także czas od wystrzelenia rakiety do dotarcia do celu. Słuchacz pozna budowę różnych napędów raketowych stosowanych w pociskach i raketach, zostawią omówione najważniejsze parametry porównawcze tych napędów, sprawności oraz sposoby ich podwyższania

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

W ramach przedmiotu przedstawiona zostanie klasyfikacji raket oraz napędów raketowych stosowanych obecnie oraz rozwijanych, których zastosowanie może przynieść najbliższa przyszłość. Omówione zostaną najważniejsze parametry silnika odrzutowego, w tym szczególnego przypadku silnika raketowego takie jak: impuls właściwy, ciąg, prędkość charakterystyczna, współczynnik ciągu czy sprawności. Opisane zostaną silniki na ciekły i stały materiał pędny, gdzie uwidocznione zostaną różnice, zalety, wady i zakresy zastosowania. Przedstawiona zostanie także krótka informacja na temat silników turbinowych i strumieniowych, które są także stosowane w pociskach raketowych. Pokazane zostaną zależności, które warunkują wartość ciągu takiego silnika czy zakres zastosowania: wysokość vis prędkość. Omówione zostaną także napędy elektryczne zdobywające coraz więcej zastosowań zwłaszcza w przestrzeni kosmicznej. Przedstawione zostaną także podstawowe informacje na temat głowic bojowych pocisków raketowych, podstawowe wiadomości na temat sterowania i naprowadzania. Omówione zostaną przykładowe konstrukcje pocisków raketowych oraz napędów.

Laboratorium

4. Efekty uczenia się

Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SD PW	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	Ma wiedzę z stosowanych rodzajów pocisków raketowych i ich przeznaczeniu	SD_W2	kolokwium
W02	Ma podstawową wiedzę dotyczącą budowy i działania pocisków raketowych jedno i wielostopniowych	SD_W3	kolokwium
W03	Ma podstawową wiedzę do wstępnych obliczeń osiąarów rakiet jedno i wielostopniowych	SD_W3	kolokwium
Umiejętności			
U01	Potrafi rozróżnić rodzaje i zastosowania pocisków raketowych	SD_U2	kolokwium
U02	Potrafi ocenić rodzaje i przeznaczenie pocisków raketowych	SD_U4	Kolokwium + prezentacja
U03	Umie wykonać analizę parametrów statku kosmicznego i na jej podstawie dobrać odpowiedni silnik	SD_U4	prezentacja
Kompetencje społeczne			
K01	Rozumie podstawowe aspekty budowy i przeznaczenia pocisków raketowych	SD_K2	prezentacja

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

6. Literatura

Literatura podstawowa:

- [1] Burakowski T., Sala A.: *Rakiety i Pociski Kierowane – Część I*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Rakietowej, Warszawa, 1960
- [2] Torecki Paweł, *Silniki Rakietowe*, WKŁ, Warszawa, 1980;
- [3] Wójcicki Stanisław, *Silniki pulsacyjne, strumieniowe, raketowe*, MON, Warszawa, 1962;
- [4] Paul Zarchan, *Tactical and Strategic Missile Guidance*, Sixth Edition, Volume 239, Progress in Astronautics and Aeronautic, AIAA 2019
- [5] Ahmed F. El-Sayed, *Fundamentals of Aircraft and Rocket Propulsion*, Springer 2019 (DOI 10.1007/978-1-4471-6796-9)
- [6] Eugene I. Fleeman, *Tactical Missile Design*, Second Edition (AIAA Education Series) ISBN-13: 978-1563477829

Literatura uzupełniająca:

- [1] Mattingly, J.D. *Elements of Propulsion: Gas Turbines and Rockets*, AIAA Education Series, 2006
- [2] Wójcicki Stanisław, *Spalanie*, PWN, Warszawa 1969
- [3] Sutton G.P., Biblarz O., *Rocket Propulsion Elements*, John Wiley & Sons, 2001
- [4] Jahn, R.G., *Physics of electric propulsion*. 2006, Mineola, New York: Dover Publication Inc.
- [5] Goebel, D.M. and I. Katz, *Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters*. 2008: Willey.

- [6] Rene Nardi Rezende, *Liquid Rocket Engine Thrust Chamber Parametric Modeling*, SAE International, 2019
- [7] Haridwar Singh, Himanshu Shekhar, *Solid Rocket Propellants Science and Technology Challenges*, Royal Society of Chemistry, 2017 (ISBN: 978-1-78262-096-9)

7. Nakład pracy doktoranta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**		
Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	28
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	2+3
3	Godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	17
4	godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	10
Sumaryczny nakład pracy doktoranta		60
Liczba punktów ECTS		2

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy doktoranta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)