

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu: **Balistyka wewnętrzna (WTCCWCSI-BW)**

Nazwa w języku polskim:

Nazwa w jęz. angielskim: **Internal ballistics**

Dane dotyczące przedmiotu:

Jednostka oferująca przedmiot: Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa

Przedmiot dla jednostki: Wydział Nowych Technologii i Chemii

Cykl dydaktyczny: Semestr letni 2025/2026

Koordynator przedmiotu cyklu: dr hab. inż. Zbigniew Leciejewski

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:

Egzamin

Język wykładowy:

polski

Skrócony opis:

Równanie stanu gazów prochowych Noble-Abela. Podstawowe zależności pirostatyki i pirodynamicznej. Parametry energetyczne i termodynamiczne gazów prochowych. Szybkość spalania prochu. Bilans energii strzału w prochowych układach miotających. Krzywe balistyczne. Budowa i zasady działania rakietowych układów napędowych. Ciąg, impuls całkowity i jednostkowy ciągu. Modelowanie pracy układów miotających i napędowych. Tendencje rozwojowe układów miotających i napędów rakietowych.

Opis:

Wykłady:

1. Rola i zadania balistyki wewnętrznej. Równania stanu gazów prochowych. Wzór Noble-Abela. Podstawowy wzór pirostatyki./2
2. Geometryczne prawo spalania. Charakterystyki geometryczne ziaren prochowych. Równanie dopływu gazów prochowych. Szybkość spalania prochu. tendencje rozwojowe w dziedzinie stałych materiałów miotających./2
3. Doświadczalne metody badań charakterystyk energetyczno-balistycznych stałych materiałów miotających./2
4. Budowa i zasady działania klasycznego układu miotającego broni palnej. Zjawisko strzału - podział na okresy. Krzywe balistyczne. Nietypowe układy miotające./2
5. Bilans energii strzału. Podstawowy wzór pirostatyki. Prace drugorzędne gazów prochowych./2
6. Problem główny balistyki wewnętrznej (PGBW) broni lufowej.
7. Rodzaje oraz budowa i zasady działania silników rakietowych na paliwo stałe (SRPS)./2
8. Równanie Bernoulliego. Parametry spiętrzenia i krytyczne. Przepływ gazów przez dyszę./2
9. Ciąg. Impuls całkowity oraz impuls jednostkowy ciągu. Wpływ impulsu na charakterystyki lotu rakiety./2
10. Prawo szybkości spalania stałego paliwa rakietowego (SPR). Funkcja ciśnieniowa, temperaturowa i erozyjna./2
11. Bilans masy gazów w komorze spalania SRPS. Problem główny balistyki wewnętrznej silników rakietowych./2
12. Samoregulacja ciśnienia w komorze spalania SRPS. Stabilna i niestabilna praca SRPS./2
13. Budowa i zasady działania silników rakietowych na paliwo ciekłe (SRPC). podobieństwa i różnice pomiędzy SRPS a SRPC. Tendencje rozwojowe przyszłościowych napędów rakietowych./2
14. Procesy wewnątrzkomorowe w SRPC. Nagrzewanie komór spalania i dysz podczas pracy silnika rakietowego. Ochrona termiczna./2

Ćwiczenia:

1. Obliczenia charakterystyk geometrycznych ziaren prochowych oraz wartości parametrów energetycznych i balistycznych gazów prochowych z wykorzystaniem równania stanu gazów Noble-Abela./2
2. Metoda numeryczna rozwiązania PGBW broni lufowej. Analiza wpływu różnorodnych czynników na parametry strzału z broni palnej./2
3. Metoda numeryczna rozwiązania PGBW silników rakietowych na paliwo stałe. analiza wpływu różnorodnych czynników na pracę silnika rakietowego./2

Laboratoria:

1. Wyznaczanie ciepła spalania stałych materiałów miotających./2
2. Wyznaczanie wartości parametrów równania stanu gazów Noble-Abela oraz szybkości spalania stałych materiałów miotających./4
3. Eksperymentalne rozwiązanie PGBW broni lufowej./2
4. Eksperymentalne wyznaczenie impulsu jednostkowego ciągu./2
5. Eksperymentalne wyznaczenie współczynników funkcji ciśnieniowej prawa szybkości spalania SPR./2

Literatura:

Podstawowa:

- [1] S. Torecki, Balistyka wewnętrzna. Warszawa, WAT 1980, sygn. S-42926.
- [2] S. Torecki, Balistyka wewnętrzna silników rakietowych na paliwo stałe. Warszawa, WAT 1989, sygn. S-49201.
- [3] S. Torecki, Podstawy termodynamiczne balistyki wewnętrznej i silników rakietowych, Warszawa, WAT 1986, sygn. S-47523.
- [4] Z. Leciejewski, w. Sobczak, Z. Surma, Balistyka wewnętrzna - ćwiczenia laboratoryjne, Warszawa, WAT 1997.

Uzupełniająca:

- [1] S. Torecki, 1000 słów o broni i balistyce. Warszawa, Wydawnictwo MON 1982.
- [2] S. Torecki, Silniki rakietowe. Warszawa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 1984.
- [3] J. Nowicki, K. Zięcina, samoloty kosmiczne. Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 1989.
- [4] S. Wiśniewski, Termodynamika techniczna. Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 1980.

Efekty uczenia się:

W1 Posiada ogólną wiedzę z zakresu fizyki umożliwiającą rozumienie zjawisk i procesów fizycznych zachodzących w układach miotających i napędowych / K_W08

W2 Zna podstawy teoretyczne oraz budowę i zasady działania aparatury laboratoryjnej i naukowo-pomiarowej wykorzystywanej do badań właściwości energetyczno-balistycznych stałych materiałów miotających oraz potrafi dokonywać pomiaru i interpretować wyniki pomiaru wielkości fizykochemicznych materiałów miotających i napędowych / K_W10

W3 Zna teoretyczne podstawy funkcjonowania i budowę wybranej aparatury badawczo-pomiarowej w zakresie badań pirostatycznych i pirodynamicznych K_W11

U1 Umie mierzyć i obliczać istotne parametry zjawisk i procesów związanych ze spalaniem materiałów miotających i napędowych. Potrafi ocenić uzyskany wynik pomiaru z punktu widzenia dokładności i precyzji. Umie przeprowadzić analizę uzyskanych wyników pomiarów wraz z oceną błędów pomiarowych / K_U04

U2 Umie korzystać z literatury fachowej, baz danych oraz innych źródeł informacji w celu pozyskania niezbędnych danych oraz ma podstawową zdolność oceny rzetelności pozyskanych informacji / K_U09
U3 Dostrzega społeczne, ekonomiczne i inne pozatechniczne skutki użytkowania materiałów wysokoenergetycznych / K_U12
K1 Ma świadomość poziomu swojej wiedzy i umiejętności w zakresie posługiwania się materiałami wysokoenergetycznymi / K_K01
K2 Potrafi pracować w zespole i ma świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania / K_K02
K3 Ma świadomość ważności pozatechnicznych aspektów i skutków użytkowania materiałów wysokoenergetycznych oraz układów technicznych ich wykorzystujących / K_K07
Metody i kryteria oceniania:
Przedmiot kończy się egzaminem pisemnym Ćwiczenia i laboratorium – zaliczenie ćwiczeń wymaga uzyskania pozytywnej oceny za wykonania ćwiczenia, natomiast zaliczenie laboratorium wymaga aktywnej obecności studenta na zajęciach oraz uzyskania pozytywnej oceny z wykonanego i oddanego pisemnego sprawozdania z przeprowadzonego ćwiczenia laboratoryjnego. Zaliczenie przedmiotu wymaga uzyskania pozytywnych ocen z ćwiczeń i zajęć laboratoryjnych oraz zdania pisemnego egzaminu zawierającego pytania otwarte oraz testowe wielokrotnego wyboru. Osiągnięcie efektów W1, U2, U3, K1 i K3 weryfikowane jest podczas egzaminu, natomiast efekty W2, W3, U1 i K2 sprawdzane są w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych. Ocena egzaminu ustalana jest w sposób następujący: ocena 2 – poniżej 50% poprawnych odpowiedzi; ocena 3 – 50 ÷ 60% poprawnych odpowiedzi; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% poprawnych odpowiedzi; ocena 4 – 71 ÷ 80% poprawnych odpowiedzi; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% poprawnych odpowiedzi; ocena 5 – powyżej 91% poprawnych odpowiedzi. Ocenę bardzo dobrą otrzymuje student, który posiadał wiedzę, umiejętności i kompetencje przewidziane efektami kształcenia, a ponadto wykazuje zainteresowanie przedmiotem, w sposób twórczy podchodzi do powierzonych zadań i wykazuje się samodzielnością w zdobywaniu wiedzy, jest wytrwały w pokonywaniu trudności oraz systematyczny w pracy. Ocenę dobrą otrzymuje student, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dobrym. Potrafi rozwiązywać zadania i problemy o średnim stopniu trudności. Ocenę dostateczną otrzymuje student, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dostatecznym. Samodzielnie rozwiązuje zadania i problemy o niskim stopniu trudności. W jego wiedzy i umiejętnościach zauważalne są luki, które potrafi jednak uzupełnić pod kierunkiem nauczyciela. Ocenę niedostateczną otrzymuje student, który nie posiadał wiedzy, umiejętności i kompetencji w zakresie koniecznych wymagań. Na końcową ocenę składają się oceny uzyskane na egzaminie, ocena z ćwiczeń oraz ocena z zajęć laboratoryjnych.
Praktyki zawodowe:
brak
Forma studiów
stacjonarne
Rodzaj studiów
I stopnia
Rodzaj przedmiotu
wybieralny
Przedmioty wprowadzające
Teoria materiałów wybuchowych: znajomość teoretycznych podstaw inicjacji i przebiegu procesów spalania i detonacji, znajomość podstawowych charakterystyk materiałów wybuchowych i eksperymentalnych metod ich wyznaczania, znajomość termochemii przemian wybuchowych. Chemia i technologia MW: znajomość metody syntezy, wydzielania i oczyszczania nieorganicznych i organicznych związków wybuchowych, znajomość zasad komponowania mieszanin wybuchowych, znajomość właściwości związków wybuchowych i zasad bezpieczeństwa podczas pracy z materiałami wybuchowymi.
Programy
Chemia / materiały wybuchowe i pirotechnika
Forma zajęć liczba godzin/rygor
W 28/x; C 6/+; L 12/+
Autor
dr hab. inż. Zbigniew Leciejewski

Bilans ECTS

aktywność / obciążenie studenta w godz.:

1. Udział w wykładach / 28
2. Samodzielne studiowanie tematyki wykładów i przygotowanie do egzaminu / 28
3. Udział w ćwiczeniach / 6
4. Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń / 12
5. Udział w laboratoriach / 12
6. Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów / 24
10. Udział w konsultacjach / 10
11. Przygotowanie do egzaminu / 2
12. Udział w egzaminie / 2

Sumaryczne obciążenie pracą studenta: 124 / 4 ECTS

Zajęcia z udziałem nauczycieli: 56 / 2 ECTS

Zajęcia o charakterze praktycznym: 54/ 2 ECTS

Dane dotyczące przedmiotu cyklu:

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu cyklu:

Egzamin