

**Nazwa przedmiotu:** Balistyka wewnętrzna  
**Nazwa w jęz. angielskim:** Internal ballistics  
**Kod przedmiotu:** WTCCWCSI-Min

**Dane dotyczące przedmiotu:**

**Jednostka oferująca przedmiot:** Wydział Mechatroniki i Lotnictwa  
**Przedmiot dla jednostki:** Wydział Nowych Technologii i Chemii  
**Obowiązuje od naboru** październik 2016

**Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:**

Egzamin

**Język wykładowy:**

polski

**Skrócony opis:**

Równanie stanu gazów prochowych Noble-Abela. Podstawowe zależności pirostatyki i pirostatyki. Parametry energetyczne i termodynamiczne gazów prochowych. Szybkość spalania prochu. Bilans energii strzału w prochowych układach miotających. Krzywe balistyczne. Budowa i zasad 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 / metoda werbalno-wizualna z wykorzystaniem nowoczesnych technik multimedialnych:

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 zasada 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 zasada 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 zasada 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 komory spalania i dysz podczas pracy silnika rakietowego. Ochrona termiczna./2

Ćwiczenia / metoda praktyczna:

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 / metoda praktyczna:

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:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <p>Podstawowa:</p> <p>[1] S. Torecki, Balistyka wewnętrzna. Warszawa, WAT 1980, sygn. S-42926.</p> <p>[2] S. Torecki, Balistyka wewnętrzna silników raketowych na paliwo stałe. Warszawa, WAT 1989, sygn. S-49201.</p> <p>[3] S. Torecki, Podstawy termodynamiczne balistyki wewnętrznej i silników raketowych, Warszawa, WAT 1986, sygn. S-47523.</p> <p>[4] Z. Leciejewski, w. Sobczak, Z. Surma, Balistyka wewnętrzna - ćwiczenia laboratoryjne, Warszawa, WAT 1997.</p> <p>Uzupełniająca:</p> <p>[1] S. Torecki, 1000 słów o broni i balistyce. Warszawa, Wydawnictwo MON 1982.</p> <p>[2] S. Torecki, Silniki raketowe. Warszawa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 1984.</p> <p>[3] J. Nowicki, K. Zięcina, Samoloty kosmiczne. warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 1989.</p> <p>[4] S. Wiśniewski, Termodynamika techniczna. warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 1980.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |
| Efekty kształcenia:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |
| Numer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Opis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Odniesienie do efektów kierunkowych |
| W1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Posiada ogólna 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 zasady bezpieczeństwa i higieny pracy obowiązujące podczas prac z materiałami wysokoenergetycznym                                                                                                                                                                                                                              | K_W14                               |
| 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; K_U07                        |
| 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 je wykorzystujących                                                                                                                                                                               | K_K07                               |
| Metody i kryteria oceniania:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |
| <p>Przedmiot kończy się egzaminem pisemnym</p> <p>Ćwiczenia – nie są oceniane natomiast zaliczenie ćwiczeń wymaga aktywnej obecności na zajęciach (wykonywania zadanych przykładów obliczeniowych).</p> <p>Laboratorium –zaliczenie laboratorium wymaga aktywnej obecności studenta na zajęciach oraz uzyskania pozytywnej oceny z wykonanego i oddanego pisemnego sprawozdania z przeprowadzonego ćwiczenia laboratoryjnego.</p> <p>Zaliczenie przedmiotu wymaga uzyskania pozytywnej oceny z zajęć laboratoryjnych oraz zdania pisemnego egzaminu zawierającego pytania otwarte oraz testowe wielokrotnego wyboru.</p> <p>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:</p> <p>ocena 2 – poniżej 50% poprawnych odpowiedzi;</p> <p>ocena 3 – 50 ÷ 60% poprawnych odpowiedzi;</p> <p>ocena 3,5 – 61 ÷ 70% poprawnych odpowiedzi;</p> <p>ocena 4 – 71 ÷ 80% poprawnych odpowiedzi;</p> <p>ocena 4,5 – 81 ÷ 90% poprawnych odpowiedzi;</p> <p>ocena 5 – powyżej 91% poprawnych odpowiedzi.</p> <p>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.</p> <p>Ocenę dobrą otrzymuje student, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dobrym. Potrafi</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |

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 oraz oceny z zajęć laboratoryjnych.

#### Praktyki zawodowe:

brak

#### Forma studiów

stacjonarne

#### Rodzaj studiów

I stopnia

#### Rodzaj przedmiotu

obowiązkowy

#### 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

kierunek: Chemia

specjalność: Materiały wybuchowe i pirotechnika

#### Forma zajęć liczba godzin/rygor

| semestr | x- egzamin, + zaliczenie, # projekt |         |           |             |         |            | ECTS |
|---------|-------------------------------------|---------|-----------|-------------|---------|------------|------|
|         | razem                               | wykłady | ćwiczenia | laboratoria | projekt | seminarium |      |
| VI      | 46                                  | 28 / x  | 6         | 12 / +      |         |            | 4    |
|         |                                     |         |           |             |         |            |      |

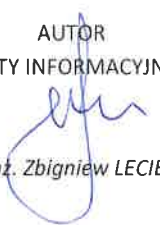
#### Autor

dr hab. inż. Zbigniew Leciejewski

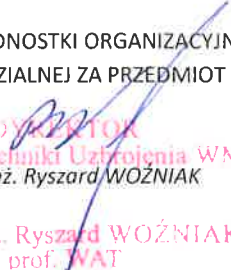
#### Bilans ECTS

| Lp.                                                    | Aktywność                                     | Obciążenie w godz. |      |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|------|
| 1                                                      | Udział w wykładach                            | 28                 |      |
| 2                                                      | Samodzielne studiowanie tematyki wykładów     | 30                 |      |
| 3                                                      | Udział w ćwiczeniach                          | 6                  |      |
| 4                                                      | Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń      | 10                 |      |
| 5                                                      | Udział w laboratoriach                        | 12                 |      |
| 6                                                      | Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów | 12                 |      |
| 7                                                      | Udział w seminariach                          |                    |      |
| 8                                                      | Samodzielne przygotowanie się do seminariów   |                    |      |
| 9                                                      | Realizacja projektu                           |                    |      |
| 10                                                     | Udział w konsultacjach                        | 6                  |      |
| 11                                                     | Przygotowanie do egzaminu                     | 10                 |      |
| 12                                                     | Udział w egzaminie                            | 2                  |      |
|                                                        |                                               | Godz.              | ECTS |
| Sumaryczne obciążenie pracą studenta                   |                                               | 116                | 4    |
| Zajęcia z udziałem nauczycieli: 1+3+5+7+9+10+12        |                                               | 54                 | 2    |
| Zajęcia o charakterze praktycznym: 5+6+9               |                                               | 24                 | 1    |
| Zajęcia powiązane z działalnością naukową: 1+2+3+4+7+8 |                                               | 74                 | 2,5  |

AUTOR  
KARTY INFORMACYJNEJ

  
Dr hab. inż. Zbigniew LECIEJEWSKI

KIEROWNIK JEDNOSTKI ORGANIZACYJNEJ  
ODPOWIEDZIALNEJ ZA PRZEDMIOT

  
DYREKTOR  
Instytutu Techniki Uzbrojenia WMF  
Dr hab. inż. Ryszard WOŹNIAK

dr hab. inż. Ryszard WOŹNIAK  
prof. zwat