

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu: **Materiały wybuchowe nowej generacji (WTCAECM-MWNG)**

Nazwa w języku polskim:

Nazwa w jęz. angielskim: **Advanced Explosives**

Dane dotyczące przedmiotu:

Jednostka oferująca przedmiot: Wydział Nowych Technologii i Chemii
Przedmiot dla jednostki: Wydział Nowych Technologii i Chemii
Cykl dydaktyczny: Semestr zimowy 2026/2027
Koordynator przedmiotu cyklu: prof. dr hab. inż. Stanisław Cudziło

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:

Zaliczenie na ocenę

Język wykładowy:

polski

Strona WWW:

<http://www.wtc.wat.edu.pl>

Skrócony opis:

Przedmiot obejmuje prezentację aktualnego stanu wiedzy z zakresu chemii i technologii nowoczesnych materiałów wybuchowych, prochów i paliw raketowych. Wykłady i zajęcia laboratoryjne dotyczą w szczególności: (i) nowo opracowanych, wysokoenergetycznych związków wybuchowych (ii) małowrażliwych materiałów wybuchowych; (iii) nanostrukturalnych mieszanin wybuchowych, (iv) zaawansowanych technologii przetwarzania i krystalizacji materiałów wybuchowych, (v) termobarycznych materiałów wybuchowych; (vi) wybuchowych związków kompleksowych; (vii) wysokoenergetycznych i wysokoazotowych soli i cieczy jonowych oraz (viii) energetycznych polimerów.

Opis:

Wykłady / klasyczny 2-godzinny wykład ilustrowany prezentacjami komputerowymi /

1. Współczesne i przyszłe materiały wybuchowe.

Ogólna charakterystyka i potencjalne zastosowania nowo opracowanych wysokoenergetycznych związków wybuchowych. Wpływ składu pierwiastkowego i struktury cząsteczki na właściwości wybuchowe. Synteza i właściwości wybuchowe pochodnych azoli, azyn, furazanów i furoksanów oraz połączeń poliazotowych (odmian alotropowych azotu).

2. Nowe materiały wybuchowe do małowrażliwej amunicji.

Możliwe narażenia na współczesnym polu walki i wymagania stawiane amunicji małowrażliwej. Składniki mieszanin wybuchowych o obniżonej wrażliwości i ich właściwości. Metody wytwarzania mieszanin wybuchowych i formowania z nich ładunków oraz ocena jakości ładunków i ich odporności na incydentalne bodźce inicjujące o charakterze termicznym i mechanicznym. Kruszące, małowrażliwe materiały wybuchowe z topliwym składnikiem – rozwiązania francuskie, amerykańskie i polskie. Inicjujące materiały wybuchowe do małowrażliwej amunicji.

3. Nanostrukturalne materiały wybuchowe.

Otrzymywanie, właściwości i potencjalne zastosowania nanokompozytów planarnych, metastabilnych intermolekularnych mieszanin wybuchowych (supertermitów) oraz mieszaniny otrzymywanych metodą zol-żel. Charakterystyka wybuchowych nanokompozytów wytwarzanych na drodze samoorganizacji nanocząstek. Otrzymywanie i właściwości mieszanin wybuchowych z dodatkiem nanoporowatego krzemu lub nanorurek węglowych.

4. Technologie przetwarzania znanych materiałów wybuchowych. Rekrystalizacji związków wybuchowych. Wpływ warunków procesu rekrystalizacji na morfologię kryształów. Wpływ kształtów i rozmiarów cząstek oraz stopnia ich zdefektowania na właściwości użytkowe. Mikrokapsułkowanie materiałów wybuchowych. Nowoczesne metody sporządzania mieszanin wybuchowych i formowania z nich ładunków.

5. Termobaryczne materiały wybuchowe.

Porównanie wybuchów paliwowo-powietrznych i termobarycznych. Przebieg i chemizmu wybuchu termobarycznego. Ogólna charakterystyka współczesnych termobarycznych materiałów wybuchowych (TBX). Dodatkowe paliwa wykorzystywane w TBX – pierwiastki, stopy i związki międzymetaliczne oraz cząstki aktywowane. Lepiszczą w aluminiowanych PBX i nowych TBX. Składy TBX i konstrukcje nowoczesnych ładunków TBX. Badania ładunków TBX wykonywane w WAT. Materiały reaktywne.

6. Inicjujące materiały wybuchowe z grupy związków kompleksowych.

Najważniejsze, obecnie stosowane IMW. Nowe IMW z grupy związków organicznych. Wymagania stawiane nowym IMW. Związki kompleksowe jako IMW. Kompleksy zawierające: pochodne tetrazolu i triazoli oraz hydrazynę i karbohydrazd jako ligandy.

7. Wysokoazotowe i wysokoenergetyczne sole oraz cieczy jonowe.

Sole zawierające ugrupowanie triazolowe. Sole zawierające ugrupowanie tetrazolowe. Sole zawierające dianion azototetrazolowy. Sole urotropiny (heksametylenotetraminy). Sole z udziałem ugrupowania tetrazynowego. Sole z udziałem 3,3-dinitroazetydyny. Pikryniany azoli. Sole zawierające ugrupowania poliazotowe. Inne wysokoazotowe sole.

8. Polimery w stałych paliwach raketowych i w kruszących MW typu PBX.

Polimery w materiałach energetycznych – rys historyczny. Nowe energetyczne termoplastyczne elastomery, ETPEs. Synteza monomerów/prekursorów ETPEs. Synteza i właściwości kopolimerów BAMO-AMMO. Synteza i właściwości polifosfazenów. Plastyfikatory używane w ETPEs.

Laboratoria / zajęcia praktyczne wykonywane indywidualnie przez każdego studenta polegające na zestawieniu aparatury, przygotowaniu odczynników, wykonaniu mieszaniny lub przeprowadzeniu syntezy, wydzieleniu i oczyszczeniu produktu głównego oraz potwierdzeniu jego struktury poprzez pomiar temperatury topnienia lub metodami spektrofotometrycznymi /:

1. Szkolenie z zasad bhp na pracowniach syntezy i badania materiałów wybuchowych (2 godz.).

2. Synteza wybranych wysokoazotowych związków wybuchowych, np. soli azototetrazolu lub pochodnych azoksyfurazanu (4 godz.).

3. Granulacja emulsyjna lub mikrokapsułkowanie materiałów wybuchowych (4 godz.).

4. Otrzymywanie energetycznych związków wielkocząsteczkowych lub ich prekursorów (4 godz.).

Literatura:

1. Artykuły ze specjalistycznych czasopism: Propellants Explosives Pyrotechnics, Journal of Energetic Materials, Combustion and Flame, Defence Technology, itp..

2. H. G. Ang, S. Pisharath, Energetic Polymers, Wiley VCH, Weinheim 2012.

3. T. M. Klapotke, Chemistry of High-Energy Materials, 6th Ed., Walter de Gruyter, Berlin/Boston 2022.

4. M. J. Mezger, Energetic Materials, Advanced Processing Technologies for Next-Generation Materials, CRC Press, Taylor & Francis

Group, Boca Raton 2018.

5. M. K. Shukla, Energetic Materials, From Cradle to Grave, Springer, Switzerland, 2017.

6. C. E. Needham. Blast Waves. Springer-Verlag. Berlin, 2010.

Efekty uczenia się:

Symbol i nr efektu przedmiotu / efekt uczenia się / odniesienie do efektu kierunkowego

W1 / Ma pogłębioną znajomość rodzajów, sposobów otrzymywania i właściwości materiałów wybuchowych nowej generacji. / KW_01, KW_02, KW_03

W2 / Zna najnowsze trendy w chemii organicznej oraz strategię i taktyki prowadzenia syntezy związków wysokoazotowych. / KW_07, KW_11

W3 / Ma rozszerzoną wiedzę na temat metod wydzielenia i oczyszczania związków chemicznych oraz ich identyfikacji z zastosowaniem metod klasycznych i instrumentalnych. / KW_07, KW_10, KW_13

W4 / Zna metody i sposoby znakowania materiałów wybuchowych. / KW_14.

U1 / Umie projektować skład i mikrostrukturę materiałów wybuchowych pod kątem optymalizacji efektów działania urządzeń, układów i zespołów zawierających te materiały. / KU_02, KU_03.

U2 / Umie posługiwać się aparaturą i urządzeniami pomiarowymi przystosowanymi do badania i analizy związków i mieszanin wybuchowych. / K_U02, K_U03.

U3 / Potrafi przystępnie omawiać i opisywać najnowsze osiągnięcia z dziedziny chemii związków i mieszanin wybuchowych. / KU_08, KU_11.

U4 / Umie korzystać z literatury fachowej, baz danych oraz innych źródeł informacji w celu pozyskania danych niezbędnych do rozwiązania zadania z zakresu otrzymywania nowych materiałów wybuchowych. / KU_09, KU_14.

U5 / Ma rozwinięte umiejętności współpracy podczas zespołowego rozwiązywania problemów badawczych/produkcyjnych. / KU_13.

K1 / Ma świadomość ważności pozatechnicznych aspektów i skutków wytwarzania i użytkowania materiałów wybuchowych. / KK_01.

Metody i kryteria oceniania:

Przedmiot kończy się zaliczeniem pisemno-ustnym.

Laboratorium – zaliczenie ćwiczenia wymaga uzyskania pozytywnej oceny ze sprawdzianu przed rozpoczęciem ćwiczenia, wykonania ćwiczenia i oddania pisemnego sprawozdania z ćwiczenia.

Zaliczenie przedmiotu wymaga uzyskania pozytywnych ocen z ćwiczeń laboratoryjnych oraz zdania pisemnego sprawdzianu zawierającego pytania otwarte oraz testowe wielokrotnego wyboru.

Osiągnięcie efektów W1, W2, W3, W4, U3, U4 i K1 weryfikowane jest podczas sprawdzianu końcowego, natomiast efekty

U1, U2 i U5 sprawdzane są w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych.

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 sprawdzianie końcowym, ocena z ćwiczeń laboratoryjnych oraz zaangażowanie i sposób podejścia studenta do nauki.

Praktyki zawodowe:

nie dotyczy

Forma studiów

stacjonarne

Rodzaj studiów

II 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 wyznaczenia, znajomość termochemii przemian wybuchowych.

Chemia i technologia materiałów wybuchowych: znajomość metod, mechanizmów oraz reagentów wykorzystywanych w reakcjach nitrowania, znajomość metod syntezy, wydzielenia i oczyszczania nieorganicznych i organicznych związków wybuchowych, umiejętność projektowania i zestawienia prostej instalacji laboratoryjnej oraz przeprowadzenia syntezy średnio złożonych związków wybuchowych, umiejętność oceny przydatności rutynowych metod i narzędzi do rozwiązania prostego zadania z zakresu syntezy związków wybuchowych, umiejętność posługiwania się aparaturą i urządzeniami pomiarowymi przystosowanymi do badania i analizy związków wybuchowych.

Programy

Kierunek studiów: chemia

Forma zajęć liczba godzin/rygor

Wykład: 16 godz. / zaliczenie na ocenę

Laboratorium: 14 godz. / zaliczenie na ocenę

Autor
prof. dr hab. inż. Stanisław Cudziło

Bilans ECTS
Aktywność / obciążenie 1. Udział w wykładach / 16 godz. 2. Samodzielne studiowanie tematyki wykładów / 14 godz. 3. Udział w laboratoriach / 14 godz. 4. Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów / 16 godz.
Godz. / ECTS Sumaryczne obciążenie pracą studenta: 60 / 2 Zajęcia z udziałem nauczycieli: 30 / 1,2 Zajęcia o charakterze praktycznym: 30 / 1,2 Zajęcia powiązane z działalnością naukową: 60 / 2

Dane dotyczące przedmiotu cyklu:

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu cyklu:
Zaliczenie na ocenę