

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu: **Chemia i technologia materiałów wybuchowych (WTCCWCSI-ChiTMW1)**

Nazwa w języku polskim:

Nazwa w jęz. angielskim: **Chemistry and technology of explosives**

Dane dotyczące przedmiotu:

Jednostka oferująca przedmiot: Wydział Nowych Technologii i Chemii
Przedmiot dla jednostki: Wydział Nowych Technologii i Chemii
Cykl dydaktyczny: Semestr zimowy 2025/2026
Koordynator przedmiotu cyklu: prof. dr hab. inż. Stanisław Cudziło

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:

Egzamin

Język wykładowy:

polski

Strona WWW:

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

Skrócony opis:

Przedmiot obejmuje prezentację aktualnego stanu wiedzy z zakresu chemii i technologii materiałów wybuchowych, z elementami historii, a także perspektyw rozwoju tej grupy materiałów. Koncentruje się zwłaszcza na: (i) teoretycznych i technologicznych podstawach procesu nitrowania; (ii) sposobach otrzymywania i właściwościach związków wybuchowych z grupy C-nitro, N-nitro i O-nitro; (iii) inicjujących materiałach wybuchowych; (iv) termostabilnych i mało wrażliwych związkach i mieszaninach wybuchowych; (v) prochach i paliwach raketowych; (vi) górniczych materiałach wybuchowych oraz toksyczności i oddziaływaniu materiałów wybuchowych na środowisko.

Opis:

Wykłady / klasyczny 2-godzinny wykład ilustrowany prezentacjami komputerowymi /

1. Podział i ogólna charakterystyka materiałów wybuchowych.

Podział i ogólna charakterystyka aktualnie użytkowanych związków i mieszanin wybuchowych. Właściwości materiałów wybuchowych inicjujących, kruszących i miotających (MWI, MWK i MWM). Kierunki poszukiwań nowych MWI, MWK i MWM oraz charakterystyka kompozycji będących na etapie wdrażania do produkcji i wprowadzania na uzbrojenie w Polsce oraz w innych krajach.

2. Teoretyczne podstawy procesu nitrowania.

Definicje i aspekty historyczne. Mechanizmy reakcji nitrowania. Przemysłowe i poznawcze znaczenie reakcji nitrowania. Czynniki nitrujące. Natura i wytwarzanie kationu nitroniowego. Nitrowanie arenów wg mechanizmu substytucji elektrofilowej. Utleniająco-redukujące stadium w reakcjach nitrowania. Wolno rodnikowe nitrowanie arenów. Nitrowanie arenów wg mechanizmu substytucji nukleofilowej. Reakcje i produkty oboczne podczas nitrowania arenów.

3. Metody i mechanizmy nitrowania związków alifatycznych, alkoholi i amin.

Bezpośrednie nitrowanie alkanów kwasem azotowym w fazie ciekłej i gazowej. Przyłączenie kwasu azotowego, tlenków azotu, tetranitrometanu do alkenów. Podstawienie chlorowca anionem NO₂⁻ (reakcja Victora Meyera). Podstawienie chlorowca anionem trinitrometylowym. Reakcja Ter Meera. Reakcja Kaplana-Shechtera. Utlenianie i nitrowanie oksymów. Utlenianie amin i izocyjanianów.

4. Technologiczne podstawy procesu nitrowania.

Zasady technologiczne: kolejności wprowadzania reagentów; etapowego charakteru procesu; obiegu kwasów i przeciwną reagentów; cyklicznego charakteru procesu. Aparatura wykorzystywana w procesie nitrowania: nitratory o działaniu periodycznym i ciągłym; nitratory pompowe i obwodowe węzły nitrujące; separatory przelewowe i wirówkowe. Schemat typowego ciągu technologicznego. Regeneracja kwasów odpadowych.

5. Otrzymywanie i właściwości związków wybuchowych z grupy nitroarenów.

Nazewnictwo i struktura związków nitrowych. Właściwości chemiczne nitroalkanów i nitroarenów. Nitrobenzeny – otrzymywanie, właściwości i zastosowanie. Nitrotolueny – otrzymywanie, właściwości i zastosowanie

6. Otrzymywanie i właściwości halogenonitrobenzenów i nitrofenoli.

Podstawienie atomu chlorowca w pierścieniu aromatycznym. Chemia 1-chloro-2,4-dinitrobenzenu i 1-chloro-2,4,6-trinitrobenzenu.

Podstawienie grupy nitrowej. Podstawienie innych grup funkcyjnych. Zastępcze nukleofilowe podstawienie atomu wodoru (VNS). Reakcje VNS w syntezie związków wybuchowych. Nitrowe pochodne fenolu i rezorcyny oraz ich etery i sole.

Sprawdzian pisemny

7. Termostabilne materiały wybuchowe.

Strukturalne i termodynamiczne uwarunkowania trwałości i termicznej odporności związków wybuchowych. Triaminotrinitrobenzen (TATB). Heksanitrostilben i bis(pikryloamino)dinitropyrydyna. Nitrowe pochodne azobenzenu. Nitrowe pochodne naftalenu. C-nitrowe pochodne amin aromatycznych. Polinitropolifenyle. Heterocykliczne termostabilne związki wybuchowe.

8. Otrzymywanie i właściwości niektórych nitrowych pochodnych alkanów i alkenów oraz związków heterocyklicznych.

Nitrowe pochodne metanu i etanu. Nitrowe pochodne cykloalkanów. N,N'-Bis(4-trinitroetylo)mocznik (BTNEM). 1,1-Diamino-2,2-dinitroeten, (DADNE). 3-Nitro-1,2,4-triazol-5-on (NTO).

9. Otrzymywanie i właściwości związków wybuchowych z grupy nitroamin.

Właściwości chemiczne nitroamin i możliwości wykorzystania preparatywnego. Nitroaminy jako materiały wybuchowe. Nitroaminy aromatyczne (tetryl, pentryl). Nitroaminy heterocykliczne (heksogen i okto-gen) – otrzymywanie, właściwości i zastosowania.

10. Otrzymywanie i właściwości związków wybuchowych z grupy nitroamin.

Nitroaminy z pierścieniami cyklopropanu i cyklobutanu. N-nitrowe pochodne związków bicyklicznych (BCHMX). Nitroaminy kłatkowe – izowurcytany (HNIW, TEX). Związki wybuchowe z ugrupowaniem dinitromocznika (DINGU, TENGU, HHTDD, Keto-RDX, TNPDU). Sole dinitroaminy (ADN, GUDN). Nitroguanidyna

11. Otrzymywanie i właściwości związków wybuchowych z grupy azotanów alkoholi.

Nitroestry jako materiały wybuchowe. Właściwości chemiczne nitroestrów. Nitrogliceryna, NG. Diazotan glikolu etylenowego, EGDN.

Diazotan glikolu dietylenowego, DEGDN. Tetraazotan erytrytolu, ETN. Azotan izopropylu, IPN. Triazotan metantriolu, TMETN, Diazotan glikolu trietylenowego, TEGDN, Triazotan butantriolu, BTNN.

12. Otrzymywanie i właściwości związków wybuchowych z grupy azotanów alkoholi.

Odkrycie i zastosowania nitrocelulozy. Właściwości chemiczne nitrocelulozy. Rozkład nitrocelulozy i nitrogliceryny w prochach bezdymnych. Klasyczne i niekonwencjonalne stabilizatory nitrocelulozy. Produkcja nitrocelulozy. Pentryt, właściwości fizykochemiczne i wybuchowe. Produkcja pentrytu.

Sprawdzian pisemny

13. Inicjujące materiały wybuchowe – związki nieorganiczne.
Rys historyczny i cechy szczególne MWI. Wrażliwość MWI na uderzenie i tarcie. Prędkość detonacji MWI. Zdolność inicjująca MWI. Piorunian rtęci – właściwości i otrzymywanie. Azydek ołowiu – właściwości i otrzymywanie. Azydki srebra i miedzi – właściwości i otrzymywanie. Acetylenki metali.

14. Inicjujące materiały wybuchowe – związki organiczne.
Tetrazole i tetrazen – właściwości i otrzymywanie. Trinitrorezorcynian ołowiu – właściwości i otrzymywanie. Dinitrodiazo fenol (DNDP, DINOL). Azydki organiczne: triazydotrinitrobenzen, triazydekjanuru (triazido-sym-triazyna), sole 4,6-dinitrobenzofuroksanu.

15. Mieszaniny wybuchowe – zasady doboru składników.
Mieszaniny kruszące do celów wojskowych. Mieszaniny MW z metalami. Flegmatyzowane MW, PBXs i plastyczne MW. Niekonwencjonalne MW – ciekłe, gazowe i pyłowe. Mieszaniny paliwowo-powietrzne. Improwizowane mieszaniny wybuchowe.

16. Miotające materiały wybuchowe – prochy strzelnicze.
Prochy strzelnicze, omówienie składów i sposobów produkcji prochu czarnego – rys historyczny i współczesne znaczenie prochu czarnego. Prochy bezdymne obecnie wykorzystywane w amunicji strzeleckiej i artyleryjskiej – typowe składki i charakterystyka trwałości oraz właściwości energetyczno-balistycznych.

17. Miotające materiały wybuchowe – homogeniczne i heterogeniczne stałe paliwa rakietowe.
Silniki rakietowe na paliwo stałe. Ważne parametry pracy silnika na paliwo stałe i związki między nimi. Kształty ładunków stałych paliw rakietowych i sposób ich montażu w silniku. Charakterystyka homogenicznych (dwubazowych, DB) stałych paliw rakietowych oraz modyfikowanych dwubazowych paliw rakietowych. Właściwości i produkcja głównych składników paliw DB.

18. Górnicze materiały wybuchowe.
Składki, otrzymywanie, właściwości i zastosowania saletroli, amonitów, amonali, dynamitów oraz zawieszinowych i emulsyjnych materiałów wybuchowych

19. Toksyczność i oddziaływanie MW na środowisko. Schematy biodegradacji podstawowych MW.
Toksyczność trotylu, heksogenu i nitrogliceryny. Losy w tych materiałów w środowisku i schematy ich biodegradacji. Podstawowe zasady ochrony przeciwybuchowej. Rodzaje zagrożeń i sposoby ich ograniczania.

Sprawdzian pisemny.
Ćwiczenia rachunkowe: / zajęcia interaktywne i indywidualne wykonywanie obliczeń stechiometrycznych przez każdego studenta /
1. Obliczanie granicznego współczynnika aktywności nitrującej roztworów kwasu azotowego i siarkowego oraz ilości tych kwasów potrzebnych do uzyskania określonej ilości produktu nitrowania a także ilości niezbędnych do przygotowania mieszanin nitrujących o zadanym składzie i stężeniu.
Ćwiczenia laboratoryjne: / zajęcia praktyczne wykonywane indywidualnie przez każdego studenta polegające na zestawieniu aparatury, przygotowaniu odczynników, przeprowadzeniu syntezy, wydzieleniu i oczyszczeniu produktu głównego oraz potwierdzeniu jego struktury poprzez pomiar temperatury topnienia lub metodami spektrofotometrycznymi /
1. Przydział stanowisk pracy, wydanie sprzętu laboratoryjnego i szkolenie z zakresu BHP podczas syntezy związków wybuchowych (2 godz.)
2. Otrzymywanie wybranych związków wybuchowych z grupy C-NO₂ (16 godz.)
3. Otrzymywanie wybranych związków wybuchowych z grupy N-NO₂ (16 godz.)
4. Otrzymywanie wybranych związków wybuchowych z grupy O-NO₂ (8 godz.)
5. Otrzymywanie wybranych inicjujących materiałów wybuchowych (4 godz.)

Literatura:

Podstawowa:

1. J. P. Agrawal, R. D. Hodgson, Organic Chemistry of Explosives, Wiley, Chichester, 2007.
2. J. P. Agrawal, High Energy Materials, Wiley-VCH, Weinheim, 2010.
3. T. M. Klapotke, Energetic Materials Encyclopedia, Vol. 1-3, Walter de Gruyter, Berlin/Boston 2021.
4. S. Cudziło i inni, Wojskowe materiały wybuchowe, Wyd. Polit. Częstochowskiej, 2000.
5. N. Kubota, Propellants and Explosives, Wiley-VCH, Weinheim, 2007.

Uzupełniająca:

1. U. Teipel, ed., Energetic Materials, Particle Processing and Characterization, Wiley-VCH, Weinheim, 2005.
2. T. M. Klapotke, Chemistry of High-Energy Materials, Walter de Gruyter, Berlin/Boston, 2022.
3. R. Matyas, J. Pachman, Primary Explosives, Springer-Verlag, Berlin, 2013.

Efekty uczenia się:

Symbol / Efekty uczenia się / Odniesienie do efektów kierunku

W1 Zna klasyfikację i nazewnictwo związków wybuchowych. Zna metody, mechanizmy oraz reagenty wykorzystywane w reakcjach nitrowania. K_W03, K_W13.

W2 Zna metody syntezy, wydzielania i oczyszczania nieorganicznych i organicznych związków wybuchowych. Zna składki i zasady komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw rakietowych. K_W11, K_W13.

W3 Zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy obowiązujące podczas syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych. KW_13.

W4 Zna podstawowe aspekty budowy i działania aparatury oraz instalacji chemicznych do produkcji najważniejszych związków i wytwarzania mieszanin wybuchowych. K_W11.

U1 Potrafi znaleźć rozwiązanie problemu z zakresu syntezy związków wybuchowych i komponowania mieszanin wybuchowych. K_U03.

U2 Umie zaprojektować i zbudować instalację laboratoryjną oraz przeprowadzić syntezę związków wybuchowych, a także zaprojektować i wykonać mieszaninę wybuchową (proch, paliwo rakietowe). K_U05.

U3 Umie posługiwać się aparaturą i urządzeniami pomiarowymi przystosowanymi do badania i analizy związków wybuchowych. K_U06, K_U07.

U4 Potrafi ocenić istniejące rozwiązania z zakresu syntezy i technologii związków i mieszanin wybuchowych. K_U13.

U5 Potrafi ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi do rozwiązania prostego zadania z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych. K_U14.

K1 Ma świadomość poziomu swej wiedzy i umiejętności oraz potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i efektywnie realizować proces samokształcenia. 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 wytwarzania i użytkowania związków i mieszanin wybuchowych oraz wyrobów je zawierających. K_K07

Metody i kryteria oceniania:

Przedmiot kończy się egzaminem pisemno-ustnym.

Pierwsza część egzaminu przeprowadzana jest w formie trzech testów pisemnych po wykładach 6, 12 i 19, w których student musi udzielić minimum 50% poprawnych odpowiedzi, aby być dopuszczonym do egzaminu ustnego. Laboratorium – zaliczenie ćwiczenia wymaga uzyskania pozytywnych ocen ze sprawdzianu przed rozpoczęciem ćwiczenia oraz wykonania preparatu i oddania pisemnego sprawozdania z ćwiczenia. Warunkiem koniecznym zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie zaliczenia ze wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych. Efekty W1, W2, W3, W4, U1, U4, K1 i K3 sprawdzane są na teście pisemnym i podczas egzaminu ustnego: 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. Efekty W2, W3, W4, U2, U3 i U5 sprawdzane są w trakcie oceny stopnia przygotowania do zajęć laboratoryjnych i obserwacji pracy studenta w laboratorium syntezy związków wybuchowych 3,0 (dst) Umie zaprojektować i zbudować prostą instalację laboratoryjną do syntezy związków wybuchowych. Potrafi ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi do rozwiązania prostego zadania z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw raketowych. Umie posługiwać się aparaturą i urządzeniami pomiarowymi przystosowanymi do badania i analizy związków wybuchowych. 4,0 (db) Umie zaprojektować i zbudować średnio złożoną instalację laboratoryjną do syntezy związków wybuchowych. Potrafi ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi do rozwiązania średnio złożonego zadania z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw raketowych. Umie posługiwać się aparaturą i urządzeniami pomiarowymi przystosowanymi do badania i analizy związków wybuchowych. 5,0 (bdb) Umie zaprojektować i zbudować złożoną instalację laboratoryjną do syntezy związków wybuchowych. Potrafi ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi do rozwiązania złożonego zadania z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw raketowych. Biegłe posługuje się aparaturą i urządzeniami pomiarowymi przystosowanymi do badania i analizy związków wybuchowych. Efekty W2, W3, W4 i U1 sprawdzane są w trakcie oceny stopnia przygotowania do zajęć laboratoryjnych i obserwacji pracy studenta w laboratorium syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych 3,0 (dst) Umie przeprowadzić proste reakcje syntezy związków wybuchowych. Stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy. Potrafi znaleźć rozwiązanie prostego problemu z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw raketowych. 4,0 (db) Umie przeprowadzić średnio złożone reakcje syntezy związków wybuchowych. Stosuje ze zrozumieniem zasady bezpieczeństwa i higieny pracy. Potrafi znaleźć rozwiązanie średnio złożonego problemu z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw raketowych. 5,0 (bdb) Umie przeprowadzić złożone reakcje syntezy związków wybuchowych. Stosuje ze zrozumieniem zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, dając przykład innym. Potrafi znaleźć rozwiązanie złożonego problemu z zakresu syntezy związków i komponowania mieszanin wybuchowych, prochów i paliw raketowych. Efekt K2 sprawdzany jest podczas obserwacji pracy studentów na zajęciach laboratoryjnych. 3,0 (dst) Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną. 4,0 (db) Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz jest gotowy podporządkować się zasadom pracy w zespole. 5,0 (bdb) Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz jest gotowy podporządkować się zasadom pracy w zespole i ponosić odpowiedzialność za wspólnie realizowane zadania. Praktyki zawodowe: brak Forma studiów stacjonarne Rodzaj studiów I stopnia Rodzaj przedmiotu obowiązkowy Przedmioty wprowadzające Chemia ogólna i nieorganiczna. Wymagania wstępne: znajomość podstawowych pojęć, wielkości i zależności termochemii i termodynamiki chemicznej oraz statyki i kinetyki chemicznej. Chemia organiczna. Wymagania wstępne: znajomość mechanizmów podstawowych reakcji w chemii organicznej, znajomość metod syntezy i właściwości najważniejszych grup związków organicznych. Teoria materiałów wybuchowych. Wymagania wstępne: znajomość teoretycznych podstaw inicjacji i przebiegu procesów spalania i detonacji, znajomość podstawowych charakterystyk materiałów wybuchowych i eksperymentalnych metod ich wyznaczania, znajomość termochemii przemian wybuchowych. Programy Kierunki studiów: chemia, Forma zajęć liczba godzin/rygor wykład 38 godz. / egzamin ćwiczenia 6 godz. / zaliczenie laboratoria 46 godz. / zaliczenie na ocenę
--

Autor
prof. dr hab. inż. Stanisław Cudziło
Bilans ECTS
1 Udział w wykładach: 38 2 Samodzielne studiowanie tematyki wykładów: 32 3 Udział w ćwiczeniach: 6 4 Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń: 20 5 Udział w laboratoriach: 46 6 Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów: 60 7 Przygotowanie do egzaminu: 10 8 Udział w egzaminie: 2 Godz./ECTS Sumaryczne obciążenie pracą studenta: 214/7 Zajęcia z udziałem nauczycieli: 92/3,5 Zajęcia o charakterze praktycznym: 106/3,5 Zajęcia powiązane z działalnością naukową: 214/7
Dane dotyczące przedmiotu cyklu:
Domyślny typ protokołu dla przedmiotu cyklu:
Egzamin