

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu: Związki heterocykliczne (WTCAXCSM-ZH)

Nazwa w języku polskim:

Nazwa w jęz. angielskim: Heterocyclic compounds

### 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: dr hab. inż. Jakub Herman

### Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:

Zaliczenie na ocenę

### Język wykładowy:

polski

### Strona WWW:

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

### Skrócony opis:

Przedmiot koncentruje się na chemii organicznej układów heterocyklicznych, ze szczególnym uwzględnieniem korelacji między strukturą elektronową a reaktywnością chemiczną. Kurs odchodzi od klasycznej systematyki na rzecz analizy mechanizmów reakcji (substytucja elektrofilowa vs nukleofilowa) oraz strategii funkcjonalizacji pierścieni heteroaromatycznych. Omówione zostaną metody syntezy szkieletów heterocyklicznych istotnych w projektowaniu materiałów wysokoenergetycznych, farmaceutyków oraz nowoczesnych materiałów funkcjonalnych.

### Opis:

Wykład:

1. Fundamenty strukturalne i aromatyczność układów heterocyklicznych: kryteria aromatyczności w układach z heteroatomem (N, O, S); wpływ heteroatomu na gęstość elektronową pierścienia – porównanie układów  $\pi$ -nadmiarowych i  $\pi$ -niedoborowych; podstawy nazewnictwa systematycznego i trywialnego w kontekście analizy literatury naukowej.
2. Chemia układów naprężonych i małych pierścieni: termodynamika otwierania pierścieni trój- i czterocłonowych (azyrydyny, oksirany); wykorzystanie naprężeń w syntezie organicznej (reakcje typu "ring-opening"); synteza i stabilność małych pierścieni w kontekście materiałów o przeznaczeniu funkcjonalnym.
3. Heterocykle  $\pi$ -nadmiarowe: strategię substytucji elektrofilowej; reaktywność układów pięciocłonowych (furan, tiofen, pirol) – dlaczego reagują inaczej niż benzen? ; kontrola regioselektywności w reakcjach SEAr; problemy syntetyczne: acydoFOBowość furanu i polimeryzacja pirolu – jak im zapobiegać?
4. Heterocykle  $\pi$ -niedoborowe: Reakcje z czynnikami nukleofilowymi; pirydyna i diazyny jako analogi związków nitrowych; mechanizmy substytucji nukleofilowej (SNHet) – reakcja Cziczibabina i inne; N-tlenki amin heterocyklicznych – synteza i wykorzystanie do aktywacji pierścienia.
5. Układy skondensowane i indole – chemia analogów benzo; wpływ sprzężenia z pierścieniem benzenowym na reaktywność części heterocyklicznej; synteza Fischera i inne kluczowe metody otrzymywania układów indolowych; porównanie reaktywności chinoliny i izochinoliny.
6. Związki heterocykliczne w materiałach funkcjonalnych i specjalnych: przegląd zastosowań: od barwników i leków po materiały wybuchowe i elektronikę organiczną; retrosynteza wybranych układów złożonych – studium przypadku.

### Laboratorium:

Laboratorium będzie poświęcone planowaniu oraz przeprowadzeniu dwuetapowej syntezy wybranych związków organicznych oraz ich charakterystyce strukturalnej. Praca indywidualna oraz praca w grupach.

1. Heterocykliczne związki metaloorganiczne – regioselektywna funkcjonalizacja.  
Tematyka: Praca w warunkach bezwodnych i beztlenowych (atmosfera gazu obojętnego). Wykorzystanie związków litoorganicznych (n-BuLi) do generowania karboanionów heterocyklicznych.  
Zadanie praktyczne: Synteza 2-alkilotiofenu na drodze orto-kierowanego litowania tiofenu, a następnie substytucji nukleofilowej halogenkiem alkilu.  
Techniki: Kontrola kinetyczna reakcji w niskich temperaturach, gaszenie mieszanin reakcyjnych, ekstrakcja, a następnie destylacja frakcjonowana pod zmniejszonym ciśnieniem jako metoda oczyszczania cieczy o wysokiej temperaturze wrzenia.
2. Modyfikacja układów  $\pi$ -nadmiarowych – prekursorzy materiałów funkcjonalnych (OLED)  
Tematyka: Porównanie strategii wprowadzania podstawników: klasyczna substytucja elektrofilowa (SEAr) vs. metody metylacja-halogenowanie. Synteza monomerów do otrzymywania polimerów przewodzących.  
Zadanie praktyczne: synteza 2-alkilo-5-jodotiofenu (reakcja metylacji/jodowania) – analiza wpływu podstawnika alkilowego na kierunkowość kolejnej substytucji.  
Porównanie halogenowania elektrofilowego (np. z użyciem NBS lub I<sub>2</sub>) z nukleofilowym podstawieniem w pozycji aktywowanej. Próba kondensacji otrzymanych monomerów do układów oligotiofenowych (modelowanie fragmentów struktur OLED).  
Techniki: TLC jako metoda monitorowania postępu reakcji, krystalizacja, podstawy syntezy polimerów sprzężonych.
3. Stereochemia nasyconych układów heterocyklicznych i analiza spektralna.  
Tematyka: Termodynamika tworzenia pierścieni sześciocłonowych z dwoma heteroatomami. Izomeria geometryczna (cis/trans) w układach 1,3-dioksanu i wpływ efektu anomerycznego na trwałość konformerów.  
Zadanie praktyczne: Synteza pochodnych 1,3-dioksanu wybranego kwasu karboksylowego w reakcji acetalizacji. Rozdział izomerów cis i

trans na drodze wielokrotnej rekrytalizacji.

Analiza instrumentalna: identyfikacja otrzymanych w trakcie całego kursu związków przy użyciu technik spektroskopowych: 1H NMR, IR oraz GC-MS. Interpretacja widm pod kątem potwierdzenia struktury szkieletu heterocyklicznego oraz czystości produktów.

Zaliczenie laboratorium: sprawdzian weńciowv na ocene + sprawozdanie z pracv lab

#### Literatura:

Podstawowa:

1. J.Clayden, N.Greeves, S.Warren, Organic Chemistry, 2nd ed, Oxford Univ. Press, 2001.
2. T. W. Graham Solomons, Craig Fryhle, Organic Chemistry 10th ed., J.Wiley & Sons, 2011.
3. Joseph M. Hornback, Organic Chemistry, 2nd ed, Thomson Learnings, 2006

Uzupełniająca:

1. P.J.Craig, „Supramolecular Chemsitry”, Springer, 2010.
2. Wyatt, P.; Warren, S. Organic Synthesis – The Disconnection Approach.
3. Willis, C.; Wills, M. Organic Synthesis, Oxford University Press. 1995 Wiley-VCH, 2007
4. J.A. Joule, K. Mills, "Heterocyclic chemistry", Willey, 2010
5. J. Młochowski, "Chemia związków heterocyklicznych", PWN 1994

#### Efekty uczenia się:

WIEDZA:

K\_W01: Ma ugruntowaną, poszerzoną i podbudowaną teoretycznie wiedzę z zakresu wybranej specjalności.

K\_W03: Ma rozszerzoną wiedzę na temat metod otrzymywania substancji organicznych i nieorganicznych, między innymi substancji o szczególnych właściwościach, w tym substancji niebezpiecznych.

K\_W08: Dla wybranej specjalności ma rozszerzoną wiedzę na temat nowoczesnych związków organicznych wykazujących właściwości użytkowe, znajdujących zastosowanie m.in. w elektronice, fotonice czy inżynierii materiałowej.

K\_W11: Ma wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach z zakresu nauk chemicznych i pokrewnych.

#### UMIĘTNOŚCI

K\_U02: Potrafi planować i wykonywać eksperymenty w laboratorium chemicznym, przestrzegając zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, bezpiecznego postępowania z chemikaliami, w tym substancjami niebezpiecznymi, oraz selekcji i utylizacji odpadów chemicznych.

K\_U03: Potrafi realizować procesy, używając odpowiednio dobranych metod, technik i narzędzi do otrzymywania różnego rodzaju materiałów organicznych i nieorganicznych.

K\_U14: Potrafi samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie i ukierunkowywać innych w tym zakresie.

#### KOMPETENCJE SPOŁECZNE

K\_K01: Uznaje znaczenie wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu. Potrafi krytycznie oceniać odbierane treści.

K\_K02: Jest gotowy do odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych, w tym rozwijania dorobku zawodu, podtrzymywania etosu zawodu, przestrzegania i rozwijania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad

#### Metody i kryteria oceniania:

Wykład - zaliczenie w formie pisemnej lub w formie odpowiedzi ustnej na ocenę

Laboratorium - zaliczenie na ocenę oraz sprawozdanie z przeprowadzonych syntez

Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest otrzymanie pozytywnej oceny z laboratorium oraz wykładów.

Osiągnięcie efektów W1-W11 weryfikowane jest podczas sprawdzianu na wykładach, pracy w podgrupach na laboratorium.

Osiągnięcie efektów U2-U14 i K01-K02 sprawdzane i weryfikowane jest w trakcie realizacji, pracy doświadczalnej w podgrupach na ćwiczeniach laboratoryjnych.

Na końcową ocenę składa się ocena uzyskana z kolokwium zaliczającego oraz zaangażowanie i sposób podejścia studenta do nauki.

Na ocenę końcową laboratorium składają się oceny uzyskane podczas wszystkich cząstkowych sprawdzianów pisemnych oraz ustnych.

- Ocenę 5 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. Wykazuje się wytrwałością, samodzielnością w pokonywaniu trudności oraz systematycznością pracy.

- Ocenę 4 otrzymuje student, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dobrym. Potrafi rozwiązać zadania i problemy, o średnim stopniu trudności.

- Ocenę 3 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 2 otrzymuje student, który nie posiadał wiedzy, umiejętności i kompetencji w zakresie koniecznych wymagań.

#### Praktyki zawodowe:

brak

#### Forma studiów

stacjonarne

#### Rodzaj studiów

II stopnia

#### Rodzaj przedmiotu

wybieralny

**Przedmioty wprowadzające**

Chemia Organiczna, Chemia Organiczna II

**Programy**

kierunek studiów: Chemia i analiza materiałów niebezpiecznych

**Forma zajęć liczba godzin/rygor**

wykład: 12 godzin / zaliczenie na ocenę

laboratorium: 18 godzin / zaliczenie na ocenę

**Autor**

dr hab inż Jakub Herman

**Bilans ECTS**

Aktywność / Obciążenie w godz.

Udział w wykładach / 12

Samodzielne studiowanie tematyki wykładów / 10

Udział w laboratorium / 18

Samodzielne przygotowanie się do zajęć laboratoryjnych / 10

Przygotowanie do zaliczenia / 10

Sumaryczne obciążenie pracą studenta: 60 / 2

Zajęcia z udziałem nauczycieli: 30 / 1,2

Zajęcia powiązane z działalnością naukową: 60 / 2

**Dane dotyczące przedmiotu cyklu:****Domyślny typ protokołu dla przedmiotu cyklu:**

Zaliczenie na ocenę