

## Związki heterocykliczne – synteza i wykorzystanie w chemii medycznej (2016/2017)

- 1. Definicja, budowa, analiza dyskonekcyjna**
- 1.1. Przykłady związków heterocyklicznych
- 1.2. Definicja związku heterocyklicznego
- 1.3. Nazewnictwo związków heterocyklicznych, na podstawie „*Nomenklatura Związków Organicznych Rekomendacje IUPAC i Nazwy Preferowane 2013*”
- 1.4. Aromatyczne związki heterocykliczne - budowa i aromatyczność
- 1.5. Aromatyczne związki heterocykliczne - analogi pirydyny i pirolu, struktury rezonansowe
- 1.6. Tautomeria – informacje ogólne
- 1.7. Aromatyczne związki heterocykliczne – tautomeria prototropowa związków 6-cio członowych
- 1.8. Aromatyczne związki heterocykliczne – tautomeria prototropowa zw. 5-cio członowych z jednym heteroatomem
- 1.9. Aromatyczne związki heterocykliczne – tautomeria walencyjna zw. 5-cio członowych z dwoma i więcej heteroatomami
- 1.10. Aromatyczne związki heterocykliczne - analiza dyskonekcyjna, konstrukcja cyklicznych imin
- 1.11. Aromatyczne związki heterocykliczne - analiza dyskonekcyjna, konstrukcja układu cyklicznych enamin, eterów enoli i eterów entoli
- 1.12. Aromatyczne związki heterocykliczne - analiza dyskonekcyjna, konstrukcja układu pirolu i pirydyny
- 1.13. Aromatyczne związki heterocykliczne – reagenty do syntezy, podział ze względu na funkcję i liczbę atomów wnoszonych do układu heterocyklicznego, reagenty nukleofilowe
- 1.14. Aromatyczne związki heterocykliczne – reagenty do syntezy, podział z podziałem ze względu na funkcję i liczbę atomów wnoszonych do układu heterocyklicznego, reagenty elektrofilowe
- 1.15. Aromatyczne związki heterocykliczne - reagenty do syntezy, podział ze względu na funkcję i liczbę atomów wnoszonych do układu heterocyklicznego, reagenty o właściwościach nukleofilowych i elektrofilowych
- 1.16. Aromatyczne związki heterocykliczne - przykłady syntez
- 2. Pierścienie pięciocłonowe z jednym heteroatomem, pirole, tiofeny i furany**
- 2.1. Pirole, tiofeny i furany - właściwości kwasowo-zasadowe pirolu
- 2.2. Pirole, tiofeny i furany pochodzenia naturalnego
- 2.3. Pirole, tiofeny i furany - synteza, metoda ogólnego zastosowania, reakcja Paala-Knorra
- 2.3.1. Pirole, tiofeny i furany – synteza, metoda ogólnego zastosowania, reakcja Paala-Knorra - tiofeny
- 2.3.2. Pirole, tiofeny i furany - synteza, metoda ogólnego zastosowania, reakcja Paala-Knorra, furany
- 2.3.3. Pirole, tiofeny i furany - synteza, metoda ogólnego zastosowania, reakcja Paala-Knorra, pirole
- 2.3.4. Pirole, tiofeny i furany - synteza, metoda ogólnego zastosowania, reakcja Paala-Knorra, pirole, przykłady
- 2.4. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, regioselektywność reakcji

## Związki heterocykliczne – synteza i wykorzystanie w chemii medycznej (2016/2017)

- 2.4.1. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, reakcje ogólnego zastosowania
- 2.4.2. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, reakcje ogólnego zastosowania, przebieg reakcji Vilsmeiera
- 2.4.3. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, reakcje ogólnego zastosowania, przebieg reakcji nitrowania
- 2.4.4. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, reakcje z udziałem tylko niektórych pochodnych, reakcja Mannicha
- 2.5. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, reakcje z udziałem tylko niektórych pochodnych, reakcja acylowania Friedla-Craftsa
- 2.6. Pirole, tiofeny i furany - substytucja elektrofilowa, reakcje z udziałem pochodnych zdeaktywowanych
- 2.7. Pirole, tiofeny i furany – deprotonowanie i chemia anionów
- 2.7.1. Pirole, tiofeny i furany - deprotonowanie i chemia anionów, przykłady
- 2.8. Indole – synteza amiodaronu
- 2.8.1. Indole – synteza amiodaronu, Regioselektywność aromatycznej substytucji elektrofilowej benzofuranu
- 3. *Pierścienie pięcioczłonowe z jednym heteroatomem, indole (2,3-benzopirole)***
- 3.1. Indole - budowa indolu, indole pochodzenia naturalnego i ich syntetyczne analogi
- 3.2. Indole - otrzymywanie, synteza Fischera
- 3.2.1. Indole - otrzymywanie, synteza Fischera, racjonalizacja przegrupowania diaza-Cope'a
- 3.2.2. Indole - otrzymywanie, synteza Fischera, przykłady 1-3
- 3.2.2. Indole - otrzymywanie, synteza Fischera, wyjaśnienie przykładu 1
- 3.2.3. Indole - otrzymywanie, synteza Fischera, wariant z użyciem niesymetrycznego ketonu
- 3.3. Indole - otrzymywanie, synteza Leimbgrubera-przebieg reakcji – 1. etap
- 3.3.1. Indole - otrzymywanie, synteza Leimbgrubera-przebieg reakcji – 2 etap
- 3.3.2. Indole - otrzymywanie, synteza Leimbgrubera, przykłady
- 3.4. Indole - substytucja elektrofilowa, regioselektywność reakcji
- 3.5. Indole - substytucja elektrofilowa, przykłady
- 3.5.1. Indole - substytucja elektrofilowa, przykłady wykorzystania w syntezie organicznej, acylowanie
- 3.5.2. Indole - substytucja elektrofilowa, przykłady wykorzystania w syntezie organicznej, reakcja Vilsmeiera
- 3.5.3. Indole - substytucja elektrofilowa, przykłady wykorzystania w syntezie organicznej, reakcja Mannicha
- 3.6. Indole - reaktywność anionów
- 3.7. Indole – synteza fluwastatyny
- 3.7.1. Indole – synteza fluwastatyny, przebieg reakcji Bischlera (wariant klasyczny)
- 3.7.2. Indole – synteza fluwastatyny, przebieg reakcji Bischlera (wariant zmodyfikowany)
- 4. *Pierścienie pięcioczłonowe z dwoma heteroatomami, imidazole, tiazole, oksazole***

## Związki heterocykliczne – synteza i wykorzystanie w chemii medycznej (2016/2017)

- 4.1. Imidazole, tiazole i oksazole - budowa i przykłady związków pochodzenia naturalnego
- 4.2. Imidazole, tiazole i oksazole - właściwości zasadowe, tautomeria imidazoli
- 4.3. Imidazole, tiazole i oksazole - synteza imidazoli, metoda najczęściej stosowana
- 4.4. Imidazole, tiazole i oksazole - synteza tiazoli, metoda Hantzsch
- 4.5. Imidazole, tiazole i oksazole - synteza oksazoli, synteza Robinsona-Gabriela, dyskonekcja
  - 4.5.1. Imidazole, tiazole i oksazole - synteza oksazoli, synteza Robinsona-Gabriela, przebieg reakcji
  - 4.5.2. Imidazole, tiazole i oksazole - synteza oksazoli, synteza Robinsona-Gabriela, przykład
- 4.6. Imidazole, tiazole i oksazole - substytucja elektrofilowa
- 4.7. Imidazole, tiazole i oksazole – deprotonowanie i chemia anionów
- 4.8. Imidazole, tiazole i oksazole - aromatyczna substytucja nukleofilowa
- 4.9. Imidazole, tiazole i oksazole - przykłady
- 4.10. Synteza etomidatu, reakcja Marckwalda
  - 4.10.1. Synteza etomidatu, przebieg reakcji Marckwalda
- 5. *Pierścienie pięciocłonowe z dwoma heteroatomami, pirazole, izotiazole, izoksazole***
  - 5.1. Pirazole, izotiazole i izoksazole - budowa, tautomeria pirazoli
  - 5.2. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza pirazoli i izoksazoli, kondensacja 1,3-diketonów z  $\text{NH}_2\text{NH}_2$  lub  $\text{NH}_2\text{OH}$ 
    - 5.2.1. Pirazole, izotiazole i izoksazole – synteza pirazoli i izoksazoli, kondensacja 1,3-diketonów z  $\text{NH}_2\text{NH}_2$  lub  $\text{NH}_2\text{OH}$ , przykłady
  - 5.3. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza izoksazoli, [2+3] cykloaddycja tlenków nitryli do alkinów lub ich ekwiwalentów
  - 5.4. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza izotiazoli, utlenianie 3-imidotioamidów
  - 5.5. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza izotiazoli, cyklokondensacja 3-chloropropenali i izotiocyjanu amonu
  - 5.6. Pirazole, izotiazole i izoksazole - substytucja elektrofilowa
  - 5.7. Pirazole, izotiazole i izoksazole - reaktywność anionów generowanych z izotiazoli i *N*-podstawionych pirazoli
  - 5.8. Pirazole, izotiazole i izoksazole - reaktywność anionów generowanych z 5-metyloizoksazoli
  - 5.9. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza izokarboksazydu
    - 5.9.1. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza izokarboksazydu, przebieg syntezy Claisena
    - 5.9.2. Pirazole, izotiazole i izoksazole - synteza izokarboksazydu, przebieg cyklizacji  $\beta$ -okso-oksymu
- 6. *Pierścienie pięciocłonowe z trzema lub czterema heteroatomami***
  - 6.1. Azole - przykłady
  - 6.2. Azole - otrzymywanie 1,2,4-oksadiazoli, dyskonekcja
    - 6.2.1. Azole - otrzymywanie 1,2,4-oksadiazoli, przykład
  - 6.3. Azole - otrzymywanie 1,2,3-triazoli, 1,3-dipolarna cykloaddycja azydków do alkinów

## Związki heterocykliczne – synteza i wykorzystanie w chemii medycznej (2016/2017)

- 6.3.1. Azole - otrzymywanie 1,2,3-triazoli, 1,3-dipolarna cykloaddycja azydków do alkinów w warunkach Sharplessa, mechanizm
- 6.3.2. Azole - otrzymywanie 1,2,3-triazoli, 1,3-dipolarna cykloaddycja azydków do alkinów w warunkach Sharplessa, przykłady
- 6.4. Azole - otrzymywanie tetrazoli, 1,3-dipolarna cykloaddycja azydków do nitrylów
- 6.4.1. Azole - otrzymywanie tetrazoli, 1,3-dipolarna cykloaddycja azydków do nitrylów, przykłady
- 6.5. Azole - substytucja nukleofilowa
- 6.6. Azole - reaktywność anionów
- 6.7. Azole – reaktywność *NH*-1,2,3-triazoli, reakcja *N*-alkilowania lub *N*-acylowania
- 6.7.1. Azole - reaktywność *NH*-1,2,3-triazoli, reakcja *N*-alkilowania lub *N*-acylowania, przykłady
- 6.8. Azole - reaktywność tetrazoli, reakcja *N*-alkilowania 5-podstawionych tetrazoli
- 7. *Pierścienie sześciocłonowe z jednym heteroatomem, pirydyny***
- 7.1. Pirydyny - reakcje pirydyny z udziałem atomu azotu
- 7.2. Pirydyny - analiza dyskonekcyjna
- 7.3. Pirydyny - synteza, przebieg syntezy Hantzsch 1,4-dihydropirydyn
- 7.3.1. Pirydyny - synteza 1,4-dihydropirydyn, przykłady związków otrzymanych metodą Hantzsch
- 7.4. Pirydyny - synteza 1,4-dihydropirydyn, wariant dwuetapowy - schemat reakcji
- 7.4.1. Pirydyny - synteza 1,4-dihydropirydyn, wariant dwuetapowy - przebieg reakcji
- 7.5. Pirydyny - substytucja elektrofilowa zdeaktywowanej pirydyny
- 7.6. Pirydyny - substytucja elektrofilowa *N*-tlenku pirydyny, nitrowanie
- 7.7. Pirydyny - substytucja elektrofilowa 4-alkilo-*N*-tlenków pirydyny, chlorowanie
- 7.8. Pirydyny - substytucja elektrofilowa 2- lub 4-pirydonów
- 7.9. Pirydyny - substytucja elektrofilowa, reakcja Chichibabina
- 7.10. Pirydyny - substytucja nukleofilowa chloropirydyn
- 7.11. Pirydyny - reaktywność anionów generowanych z 2- lub 4-metylopirydyn
- 7.12. Pirydyny - reaktywność anionów generowanych z aminopirydyn
- 7.13. Pirydyny - przykład syntezy złożonej pochodnej pirydyny
- 8. *Pierścienie sześciocłonowe z jednym heteroatomem, chinoliny i izochinoliny***
- 8.1. Chinoliny i izochinoliny, zasadowość
- 8.2. Chinoliny i izochinoliny - synteza chinolin metodą Skraupa, przebieg reakcji
- 8.2.1. Chinoliny i izochinoliny - synteza chinolin metodą Skraupa, przykłady
- 8.3. Chinoliny i izochinoliny - synteza izochinolin z  $\beta$ -fenyloetyloamin, metoda Bischlera-Napieralskiego
- 8.4. Chinoliny i izochinoliny - synteza izochinolin z  $\beta$ -fenyloetyloamin, metoda Picteta-Spenglera
- 8.5. Chinoliny i izochinoliny - substytucja elektrofilowa, nitrowanie lub sulfonowanie
- 8.5.1. Chinoliny i izochinoliny - substytucja elektrofilowa, nitrowanie lub sulfonowanie, przykłady

## Związki heterocykliczne – synteza i wykorzystanie w chemii medycznej (2016/2017)

- 8.6. Chinoliny i izochinoliny - substytucja nukleofilowa, aminowanie
- 8.7. Chinoliny i izochinoliny - substytucja nukleofilowa w chloropochodnych
- 8.8. Chinoliny i izochinoliny - reaktywność karboanionów
- 8.9. Chinoliny i izochinoliny - synteza chinolonów metodą Goulda-Jacobsona, przykład
- 8.10. Chinoliny i izochinoliny - synteza wybranego alkaloidu, przykład
- 9. *Pierścienie sześciocłonowe z jednym heteroatomem, kationy piryliowe i pirony***
- 9.1. Kationy piryliowe i pirony - przykłady
- 9.2. Kationy piryliowe i pirony – trwałość kationu piryliowego, tautomeria pironów
- 9.3. Kationy piryliowe i pirony - otrzymywanie kationów piryliowych, przykład
- 9.3. Kationy piryliowe i pirony - otrzymywanie kumaryn
- 9.4. Kationy piryliowe i pirony - reakcje z nukleofilami, substytucja nukleofilowa w kationach piryliowych
- 9.5. Kationy piryliowe i pirony - otrzymywanie chromonów
- 9.6. Kationy piryliowe i pirony - reakcje z nukleofilami, wymiana endocyklicznego atomu tlenu na atom azotu
- 9.7. Kationy piryliowe i pirony - reakcje z nukleofilami, otwierania benzopironów
- 9.8. Kationy piryliowe i pirony - metyloaminowanie benzopironów, reakcja Mannicha
- 10. *Pierścienie sześciocłonowe z dwoma lub trzema heteroatomami, pirymidyny***
- 10.1. Pirymidyny – zasady nukleinowe
- 10.2. Pirymidyny - występowanie w kwasach nukleinowych, przykłady
- 10.3. Pirymidyny - analiza dyskonekcyjna, przykłady wykorzystania
- 10.4. Pirymidyny – otrzymywanie przez cyklokondensację
- 10.4.1. Pirymidyny – otrzymywanie przez cyklokondensację, cytozyna
- 10.5. Pirymidyny - substytucja elektrofilowa, bromowanie, sprzęganie z  $\text{ArN}_2^+$
- 10.6. Pirymidyny - substytucja elektrofilowa, nitrowanie
- 10.6. Pirymidyny - substytucja nukleofilowa w chloropirymidynach, wykorzystanie w syntezie organicznej, przykład (1)
- 10.7. Pirymidyny - substytucja nukleofilowa w chloropirymidynach, wykorzystanie w syntezie organicznej, przykład (2)
- 10.8. Pirymidyny - substytucja nukleofilowa w chloropirymidynach, wykorzystanie w syntezie organicznej, przykład (3)
- 10.9. Pirymidyny - substytucja nukleofilowa w chloropirymidynach, wykorzystanie w syntezie organicznej, przykład (4)
- 10.10. Pirymidyny - w roli nukleofila, reakcja Mannicha
- 11. *Związki heterocykliczne w codziennym życiu***
- 11.1. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne  $\alpha$ -amino kwasy, przykłady
- 11.1.1. Związki heterocykliczne w codziennym życiu-heterocykliczne -  $\alpha$ -amino kwasy, trawienie białek
- 11.2. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne witaminy
- 11.2.1. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne witaminy
- 11.3. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne koenzymy

## Związki heterocykliczne – synteza i wykorzystanie w chemii medycznej (2016/2017)

- 11.3.1. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne koenzymy
- 11.3.2. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne koenzymy
- 11.3.3. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - heterocykliczne koenzymy
- 11.4. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - „barwniki życia”
- 11.5. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - kwasy nukleinowe
- 11.5.1. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - kwasy nukleinowe
- 11.6. Związki heterocykliczne w codziennym - insektycydy
- 11.7. Związki heterocykliczne w codziennym - toksyny
- 11.8. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - mechanizm działania wybranego leku
- 11.9. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - mechanizm działania wybranego leku
- 11.10. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - w kuchni
- 11.10.1. Związki heterocykliczne w codziennym życiu - w kuchni