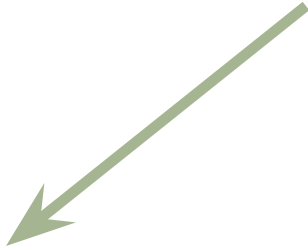


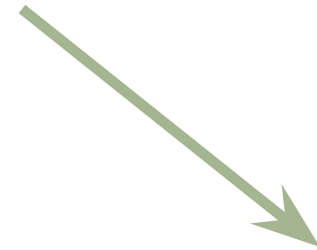
## Модуль II

# Наукові напрямки практичної реалізації принципів «Зеленої» хімії

# Основні напрями



Переробка, утилізація,  
знешкодження



Виключення  
використання/утворення  
небезпечних продуктів

# Основні наукові напрямки

1. Каталізатори.
2. Розчинники
3. Полімери
4. Матеріали з відновлюваних ресурсів
5. Біодеградація
6. Аналітичні методи – контроль в режимі реального часу
7. Альтернативні джерела енергії

# “Економні” реакції

1. Реакції приєднання, циклоприєднання.
2. Перегрупування
3. Багатокомпонентні реакції конденсації

*Класичні*

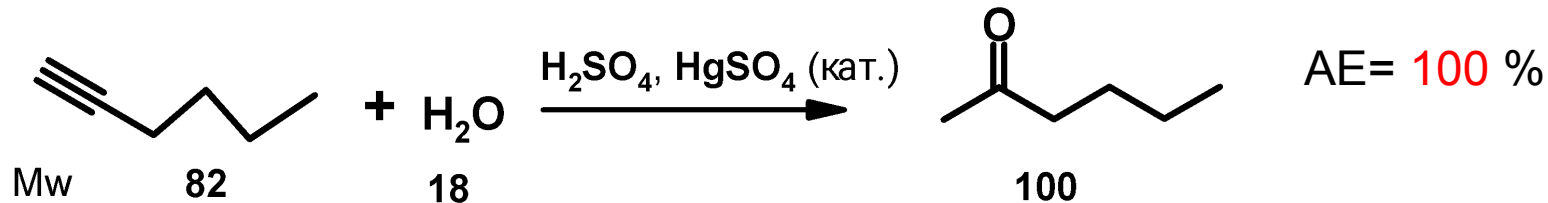
4. Каскадні реакції
5. С-Н активація
6. Метатезис
7. Ензиматичні реакції

*Новітні*

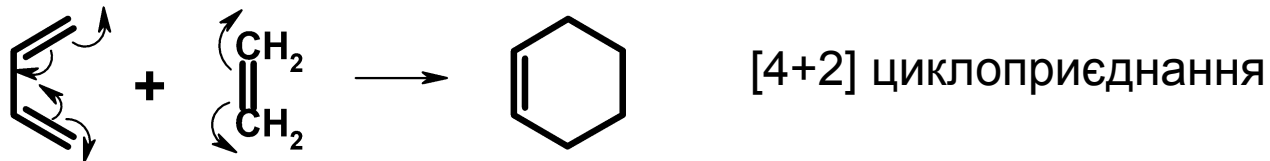
1. Заміщення.
  2. Відщеплення
  3. Реакція Віттіга
- “Неекономні” реакції**

# Реакції приєднання, циклоприєднання

1. Реакції алкінів з  $\text{H}_2\text{O}$ , каталізовані солями  $\text{Hg}^{2+}$

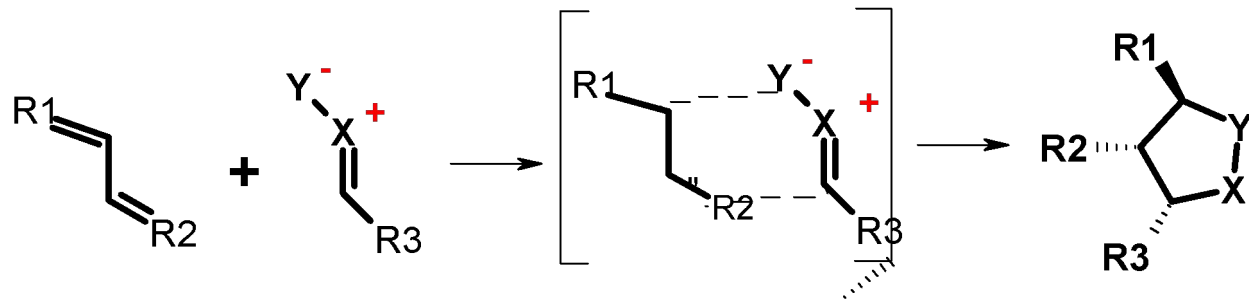


2. Реакція Дільса-Альдера



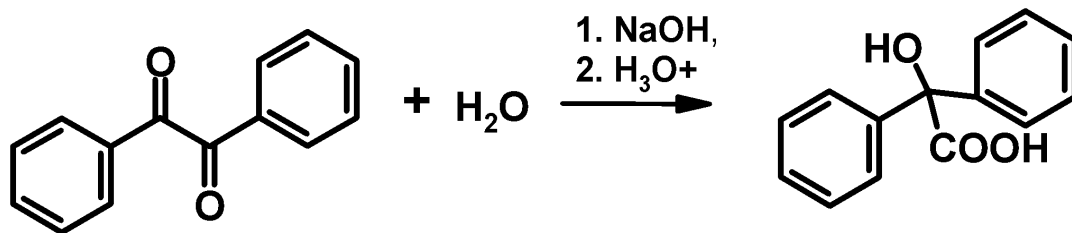
# Реакції приєднання, циклоприєднання

## 3. 1,3-циклоприєднання



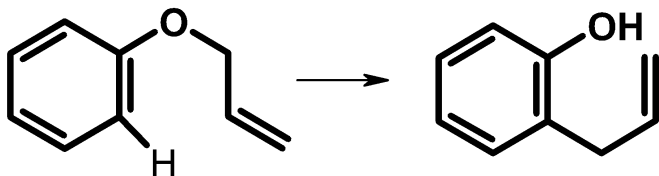
# Реакції перегрупування

## 1. Benzilic acid

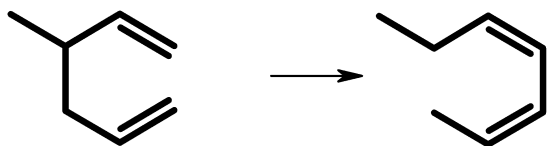


AE= 100 %

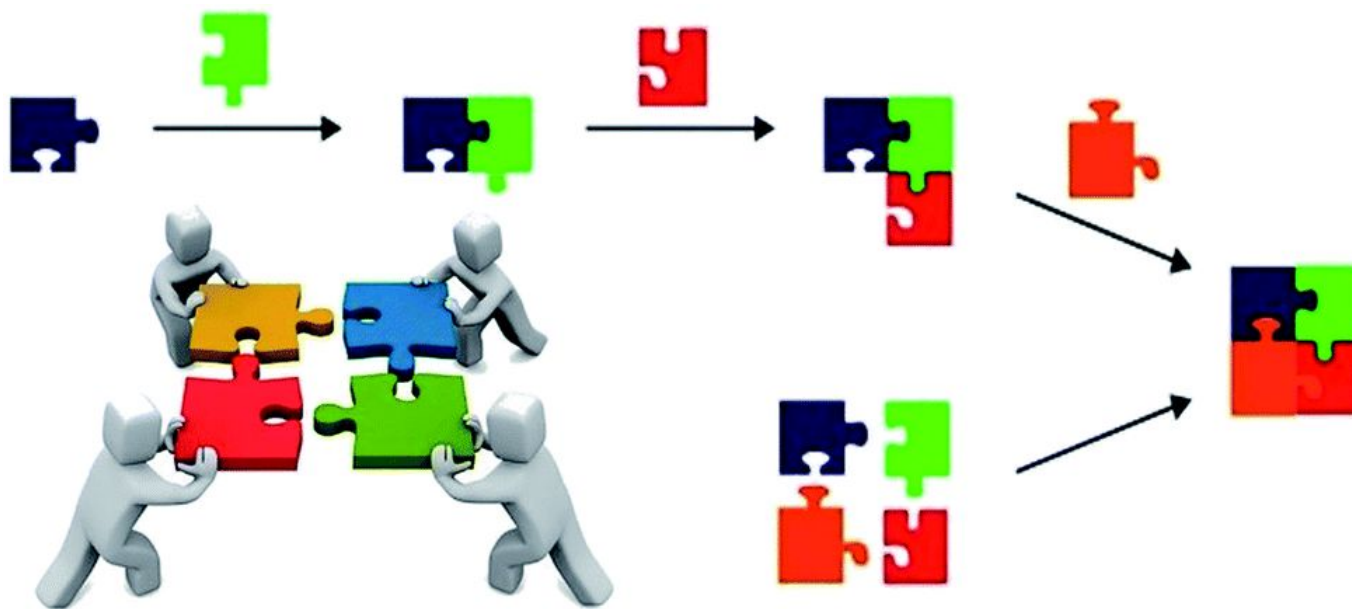
## 2. Перегрупування Кляйзена



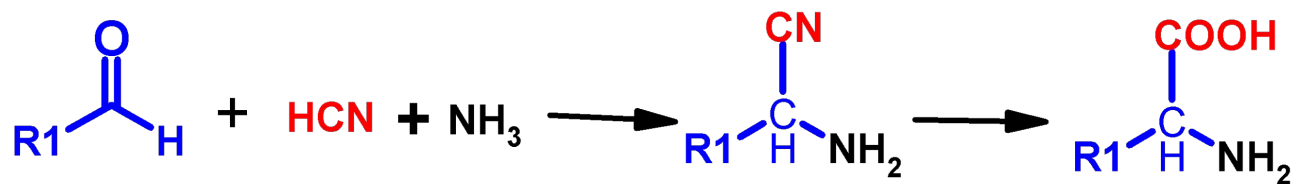
## 3. Перегрупування Коупа



# Багатокомпонентні реакції конденсації



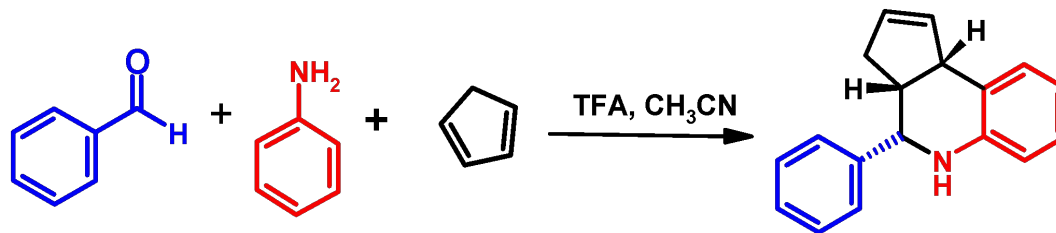
Штрекер, 1850 – синтез  $\alpha$ -амінокислот



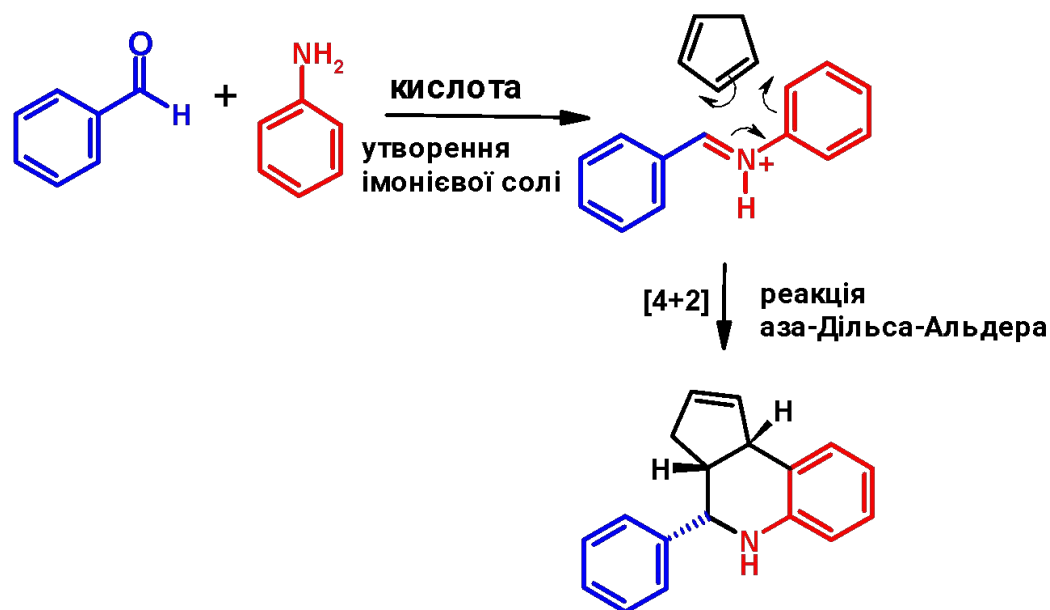


# Багатокомпонентні реакції конденсації

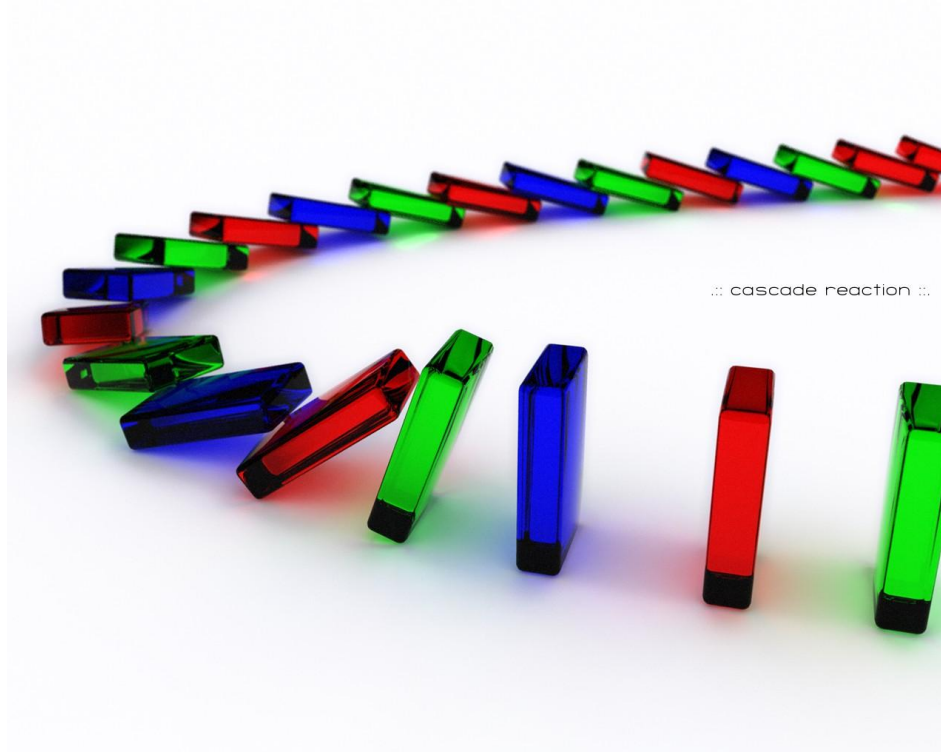
Реакція Грієсо



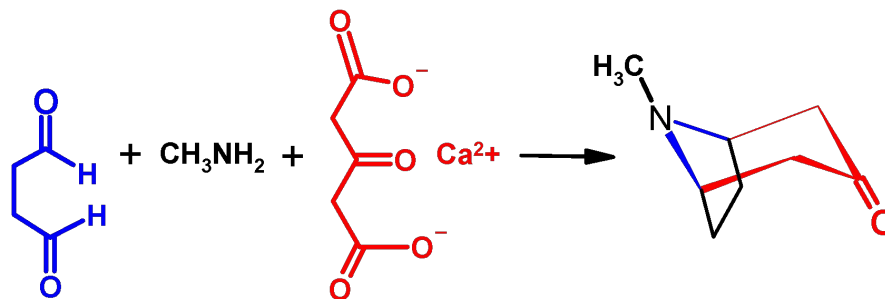
Механізм



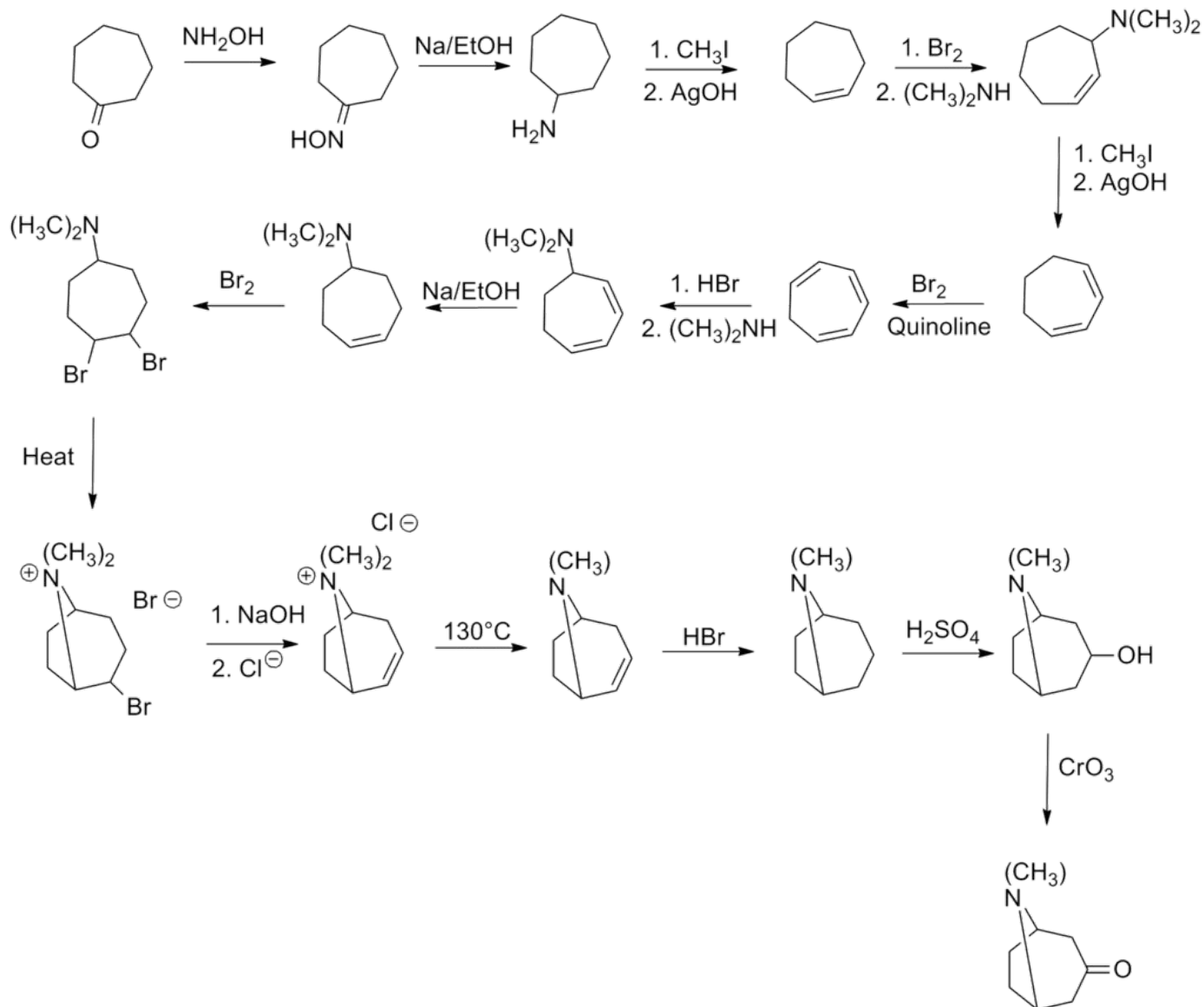
# Каскадні (тандемні, “доміно”) реакції



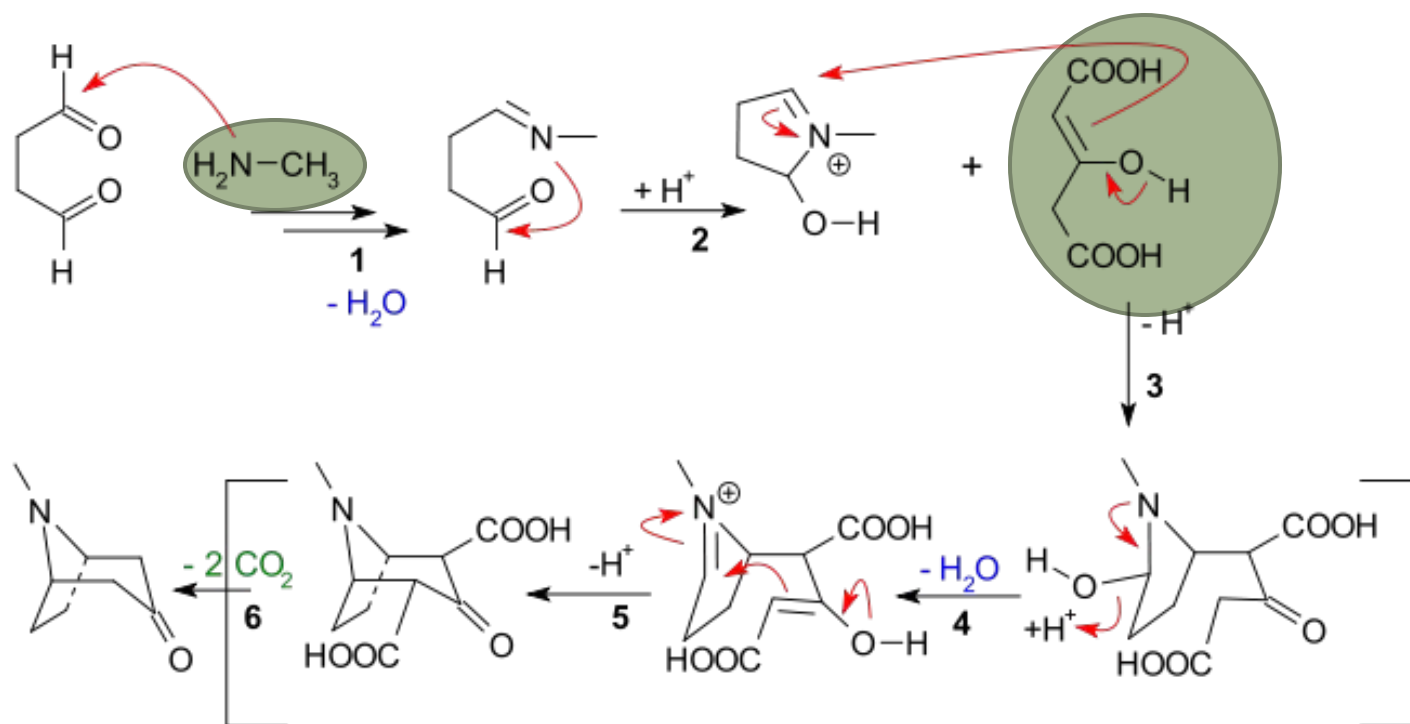
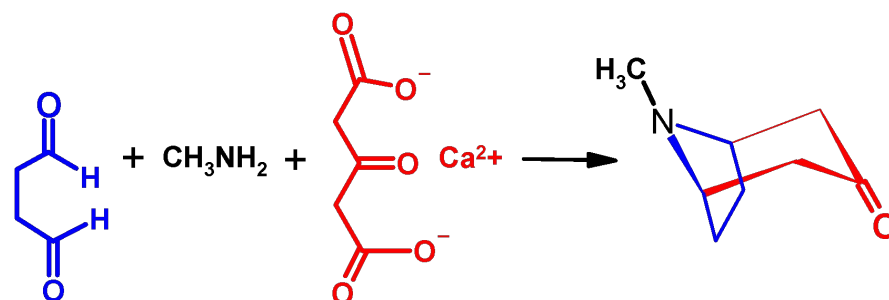
Робінсон, 1917 – синтез природного алкалоїда *тропінона*



# Традиційна схема синтезу

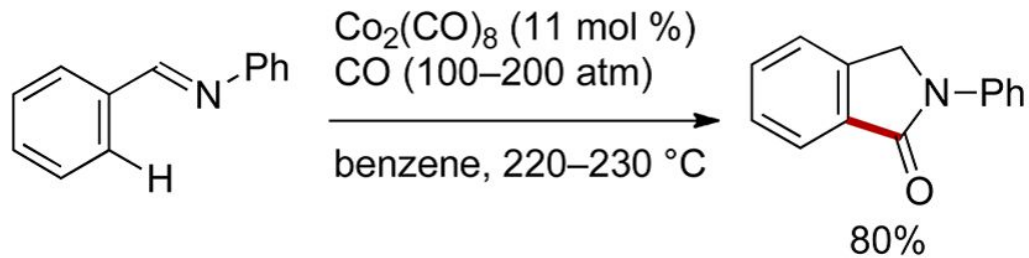


# Механізм каскадного синтезу тропінона

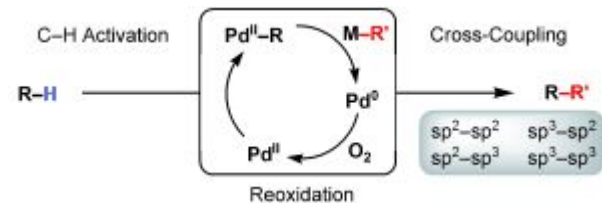
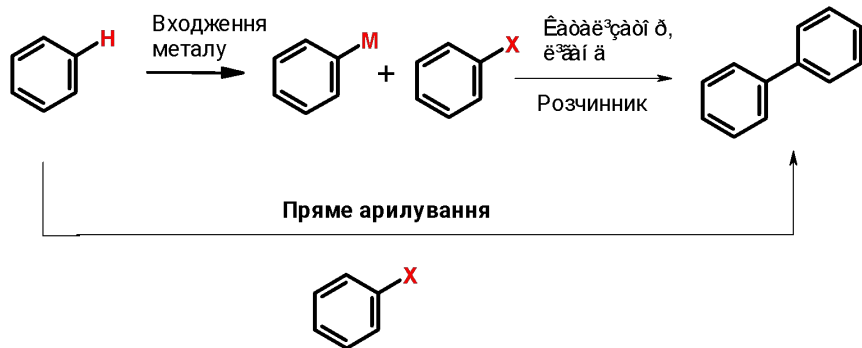


# C-H активація

Shunsuke Murahashi, 1955

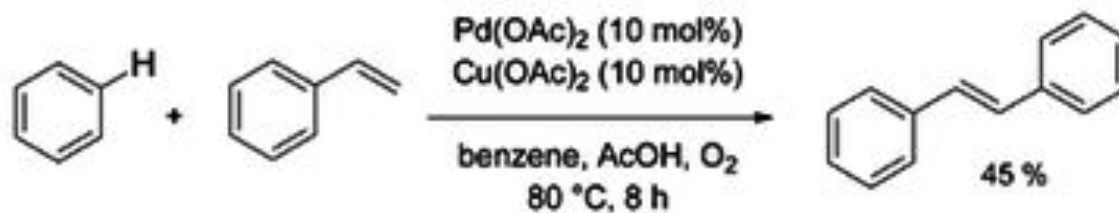
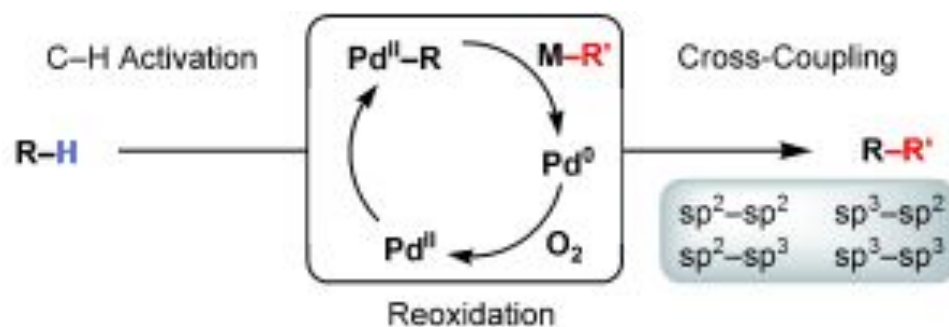
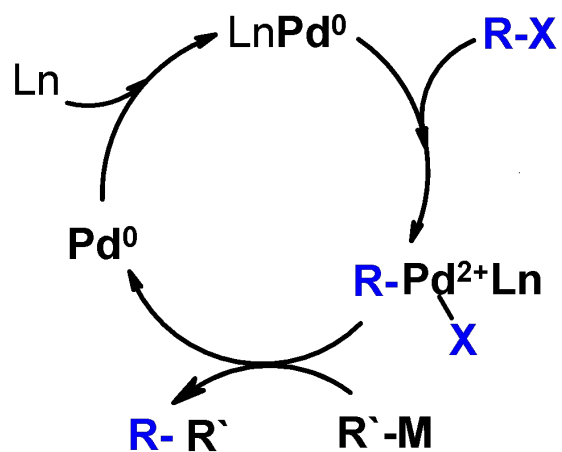


3.



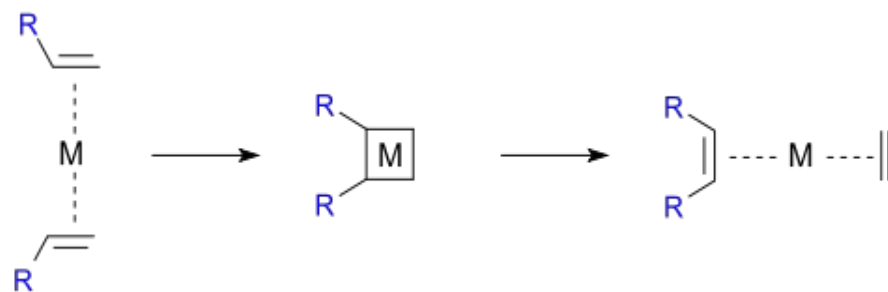
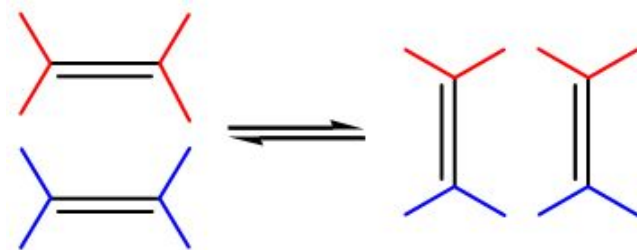
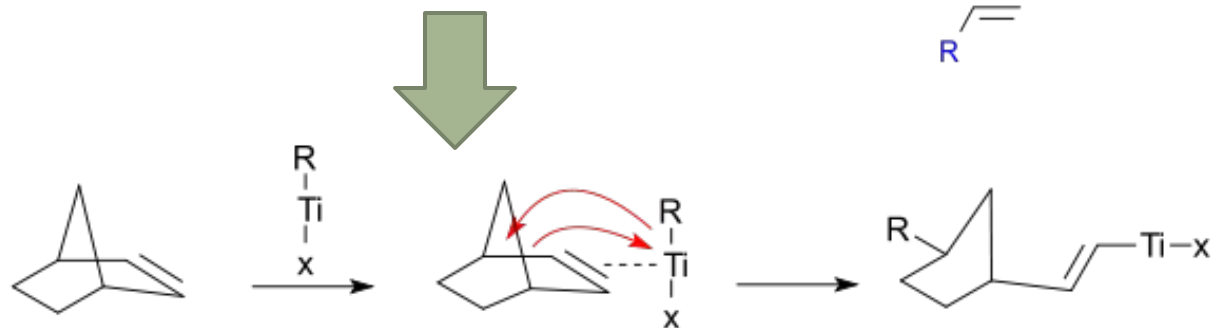
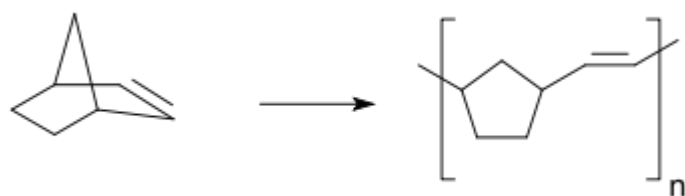
# C-H активация

## Механізм

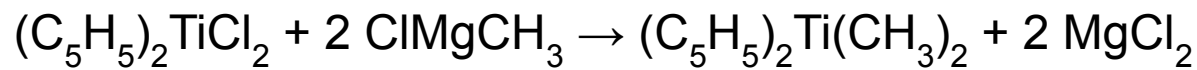


# Metathesis

Патент Du Pont, 1955



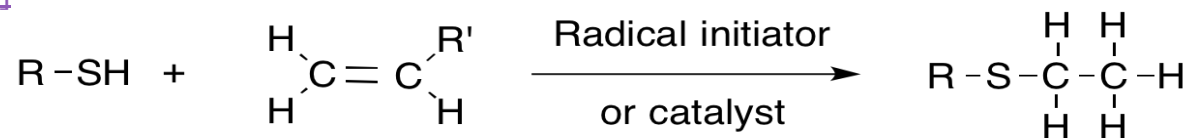
Salt metathesis reactions



# Клік-реакції

- [3+2] cycloadditions, such as the Huisgen 1,3-dipolar cycloaddition, in particular the Cu(I)-catalyzed stepwise variant,<sup>[3]</sup> are often referred to simply as Click reactions

- Thiol-ene reaction<sup>[4][5]</sup>

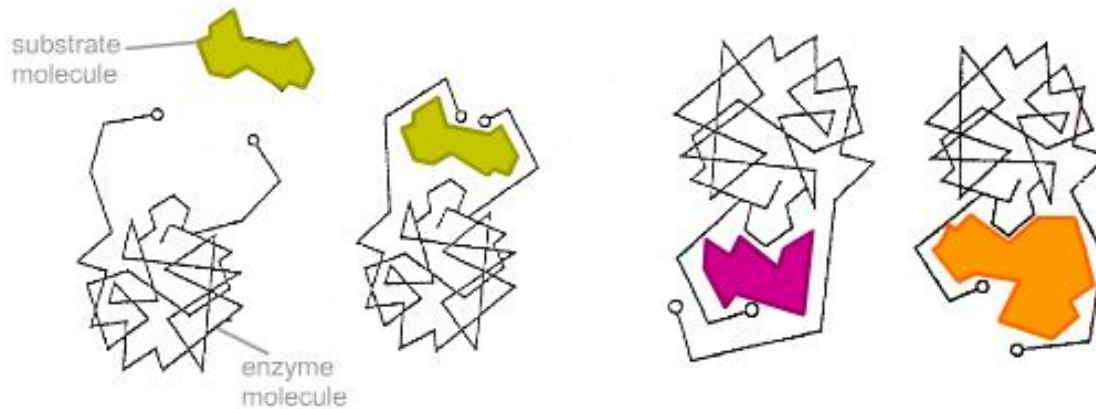
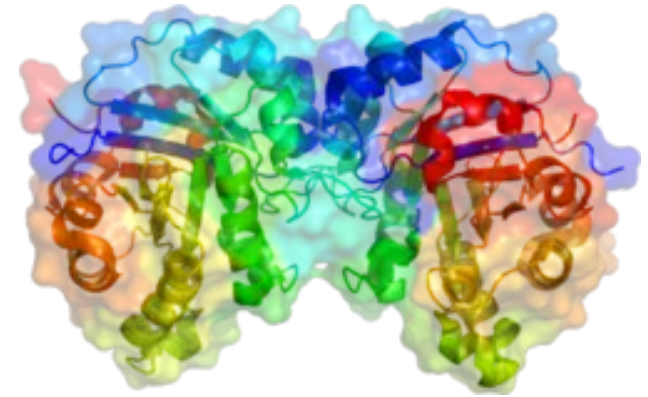


- Diels-Alder reaction and inverse electron demand Diels-Alder reaction<sup>[6]</sup>
- [4+1] cycloadditions between isonitriles (isocyanides) and tetrazines<sup>[7]</sup>
- nucleophilic substitution especially to small strained rings like epoxy<sup>[8]</sup> and aziridine compounds
- carbonyl-chemistry-like formation of ureas but not reactions of the aldol type due to low thermodynamic driving force.
- addition reactions to carbon-carbon double bonds like dihydroxylation or the alkynes in the thiol-yne reaction.



# Реакції, каталізовані ензимами

**Ферменти** або **ензими** — органічні каталізатори білкової або РНК природи, які утворюються в живих організмах, здатних прискорювати перебіг хімічних реакцій в організмі.



«неправильні» субстрати дуже великі або дуже маленькі та не підходять до активного центру

# Реакції, каталізовані ензимами

Pig liver esterase (PLE) – асиметричний гідроліз

