

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE**

**ALDEHYD**

$$\begin{array}{c} R \\ | \\ C=O \\ | \\ H \end{array}$$

$$\begin{array}{c} Ar \\ | \\ C=O \\ | \\ H \end{array}$$

↑

**KETON**

$$\begin{array}{c} R \\ | \\ C=O \\ | \\ R' \end{array}$$

$$\begin{array}{c} Ar \\ | \\ C=O \\ | \\ R \end{array}$$

$$\begin{array}{c} Ar \\ | \\ C=O \\ | \\ Ar' \end{array}$$

❖ bardziej reaktywne niż ketony

❖ łatwiej utleniają się niż ketony

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE – NOMENKLATURA**

**ALDEHYD –**

*fac.* 'ALcohol **DEHYDrogenatus**' ('otrzymany przez odwodnienie alkoholu')

**NOMENKLATURA SYSTEMATYCZNA IUPAC ALDEHYDÓW**

- Najdłuższy łańcuch zawierający grupę –CHO decyduje o rdzeniu nazwy; dodaje się końcówkę **-al**

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE – NOMENKLATURA**

**NOMENKLATURA SYSTEMATYCZNA IUPAC ALDEHYDÓW**

- Najdłuższy łańcuch zawierający grupę –CHO decyduje o rdzeniu nazwy; dodaje się końcówkę **-al**
- Atom węgla grupy –CHO otrzymuje lokant **1** nie uwzględnia się go w nazwie

$\begin{array}{c} H \\ | \\ C=O \\ | \\ H \end{array}$ 

metanal

$\begin{array}{c} H_3C \\ | \\ C=O \\ | \\ H \end{array}$ 

etanal

$\text{C}_6\text{H}_5\text{---CH}_2\text{---C}(=\text{O})\text{H}$ 

fenyletanal

$\text{C}_6\text{H}_5\text{---C}(=\text{O})\text{H}$ 

benzaldehyd

**ALE**

aldehyd mrówkowy    aldehyd octowy    aldehyd fenylaoctowy    aldehyd benzoowy

formaldehyd    acetaldehyd    benzaldehyd

$\text{Cl---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{---C}(=\text{O})\text{H}$ 

$\delta \quad \gamma \quad \beta \quad \alpha$   
 $5 \quad 4 \quad 3 \quad 2 \quad 1$

5-chloropentanal    **ALE**    aldehyd  $\delta$ -chlorowalerianowy

**PODSTAWNIK**

$\text{---C}(=\text{O})\text{H}$ 

**FORMYL**

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE – NOMENKLATURA**  
**NOMENKLATURA SYSTEMATYCZNA IUPAC KETONÓW**

1. Ustala się najdłuższy łańcuch zawierający grupę –CO–  
2. Do nazwy alkanu o takiej samej liczbie atomów węgla dodaje się końcówkę **-on**  
3. Przed nazwą należy podać najniższy z możliwych lokant atomu węgla karbonylowego (powiązanego z atomem tlenu)

$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$   
**propanon**  

nie ma potrzeby podawać lokantu

$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$   
**2-butanon**

$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$   
**3-metylo-2-butanon**

$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$   
**4-penten-2-on**  
~~a nie 1-penten-4-on~~

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE – NOMENKLATURA**  
**NOMENKLATURA ZWYCZAJOWA KETONÓW**

Po słowie **KETON** podaje się w kolejności alfabetycznej nazwy w formie przymiotnikowej podstawników na atomie karbonylowym węgla

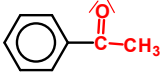
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$   
**keton dimetylowy**

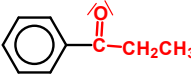
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$   
**keton etylowometylowy**

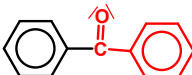
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$   
**keton izopropylowometylowy**

$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$   
**keton allilowometylowy**

ketony fenylowe – występuje w nazwie końcówka **-FENON**

  
**acetofenon**  
 1-fenyleotan  
 keton fenylowometylowy

  
**propiofenon**  
 1-fenilo-1-propanon  
 keton etylowofenylowy

  
**benzofenon**  
 difenylometanon  
 keton difenylowy

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE**  
**WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE**

**1. Temperatura wrzenia**

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  PENTAN  $M 72$   $tw 36^\circ\text{C}$

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$  BUTANAL  $M 72$   $tw 76^\circ\text{C}$

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  BUTANOL  $M 74$   $tw 118^\circ\text{C}$

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$  ETER DIETYLOWY  $M 74$   $tw 37^\circ\text{C}$

$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$  2-BUTANON  $tw 80^\circ\text{C}$

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$  KWAS PROPANOWY  $tw 141^\circ\text{C}$

TEMPERATURA WRZENIA / POLARNOŚĆ

$\angle \text{CC(O)C} \approx 120^\circ$

$\mu = 2.3 - 2.8 D$

**2. Rozpuszczalność w wodzie**

Małe związki karbonylowe ( $C \leq 5$ ) – dobrze rozpuszczalne w  $\text{H}_2\text{O}$


$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$  formaldehyd, gaz  $tw -21^\circ\text{C}$

formalina – roztwór wodny

paraformaldehyd – polimery, ciała stałe

trioxsan

$[-\text{CH}_2\text{O}-]_n$



**ZWIĄZKI KARBONYLOWE**  
**OTRZYMYWANIE**

**1. Reakcje utleniania**

reakcje utleniania alkoholi  $1^\circ$  i  $2^\circ$

$\text{R}-\text{CH}_2\text{OH}$  lub  $\text{R}-\text{CHOH}-\text{R}'$   $\xrightarrow{[\text{O}]}$   $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$  lub  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$   $\xrightarrow{[\text{O}]}$   $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$

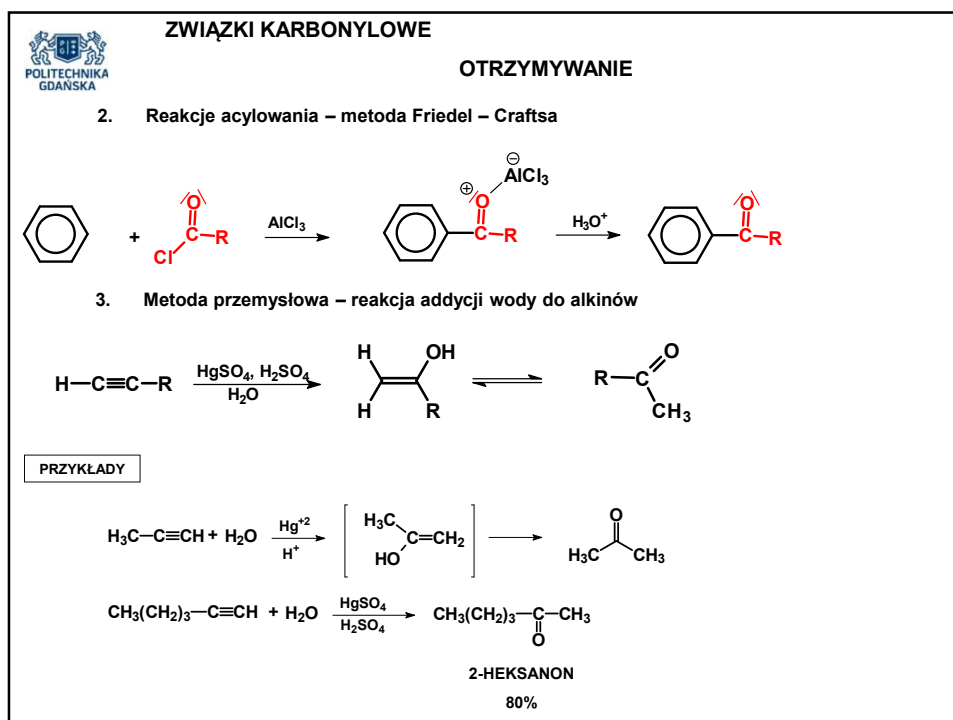
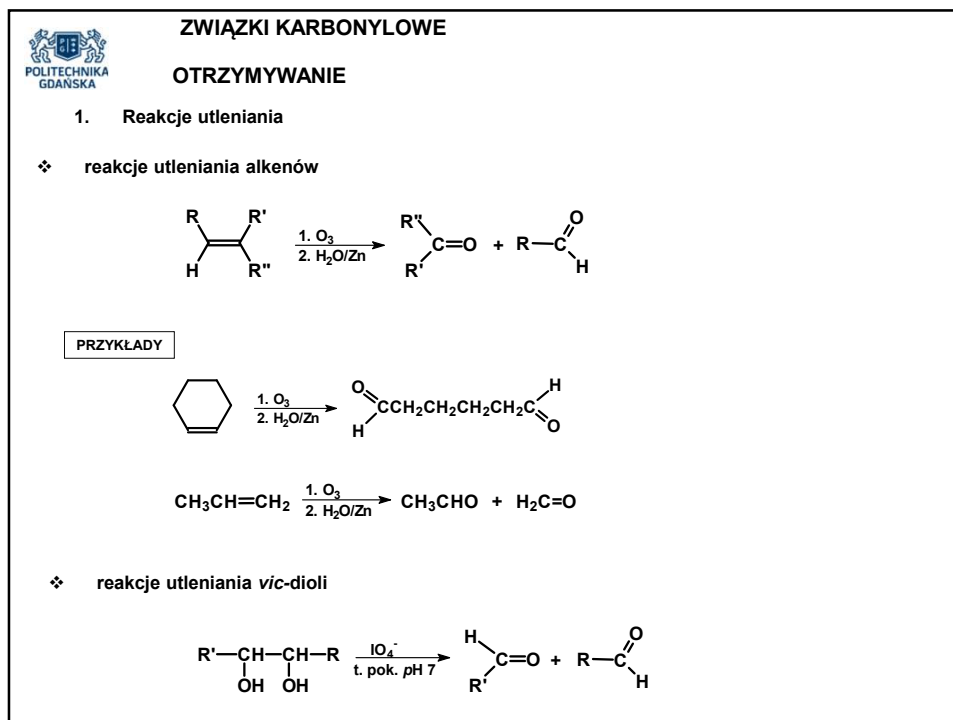
USUWANIE ALDEHYDU ZE ŚRODOWISKA REAKCJI

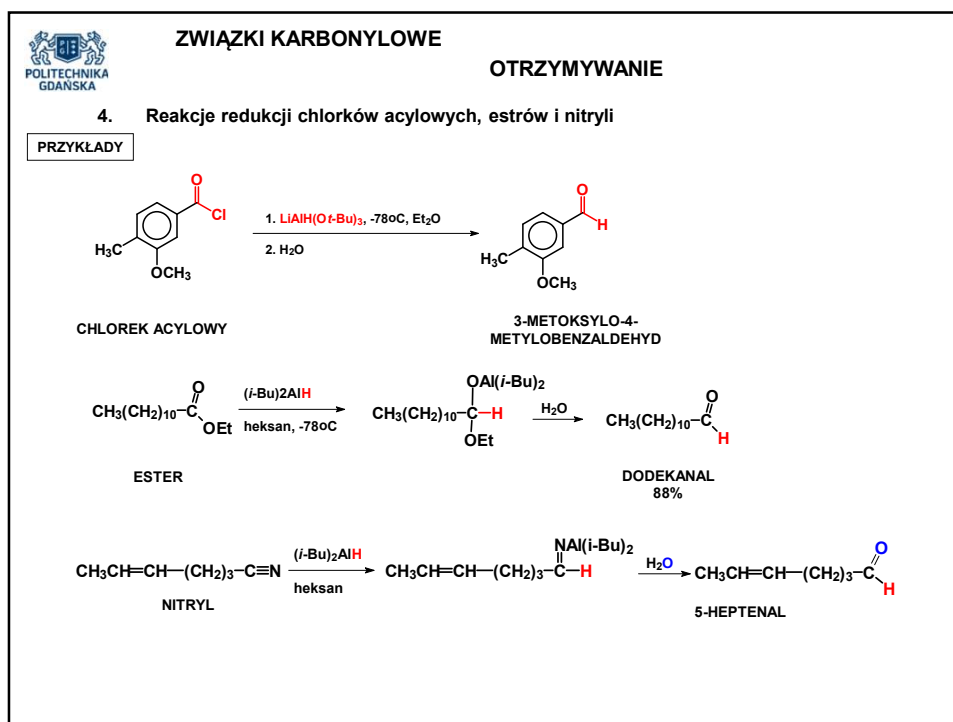
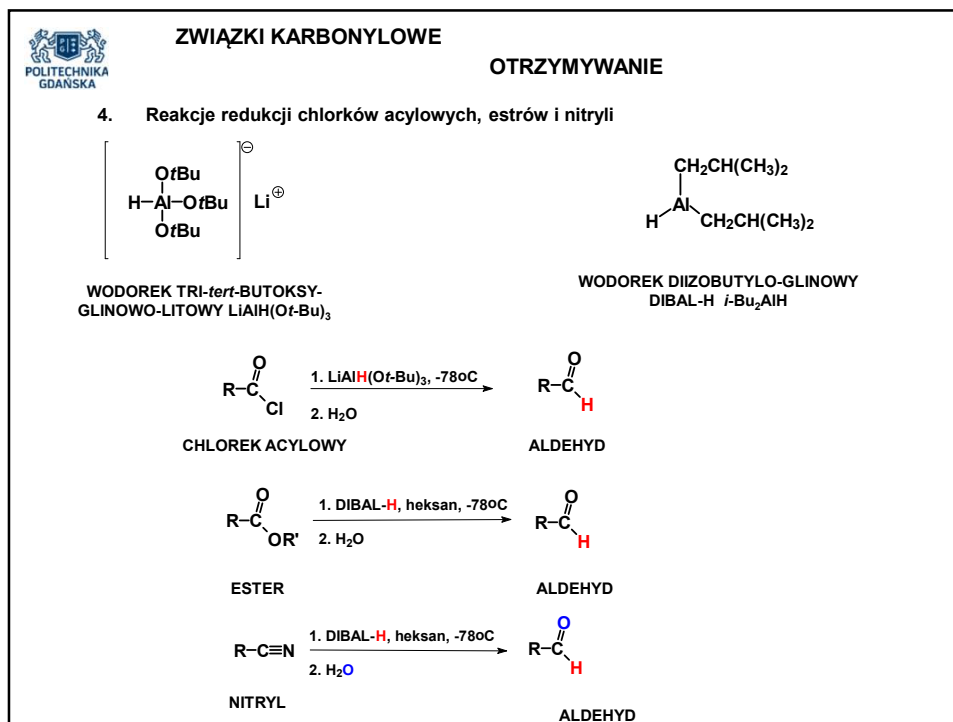
$[\text{O}]: \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\text{CrO}_3/\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$   
 $\text{CrO}_3 \times \text{Pyr} \times \text{HCl}$  (PCC)

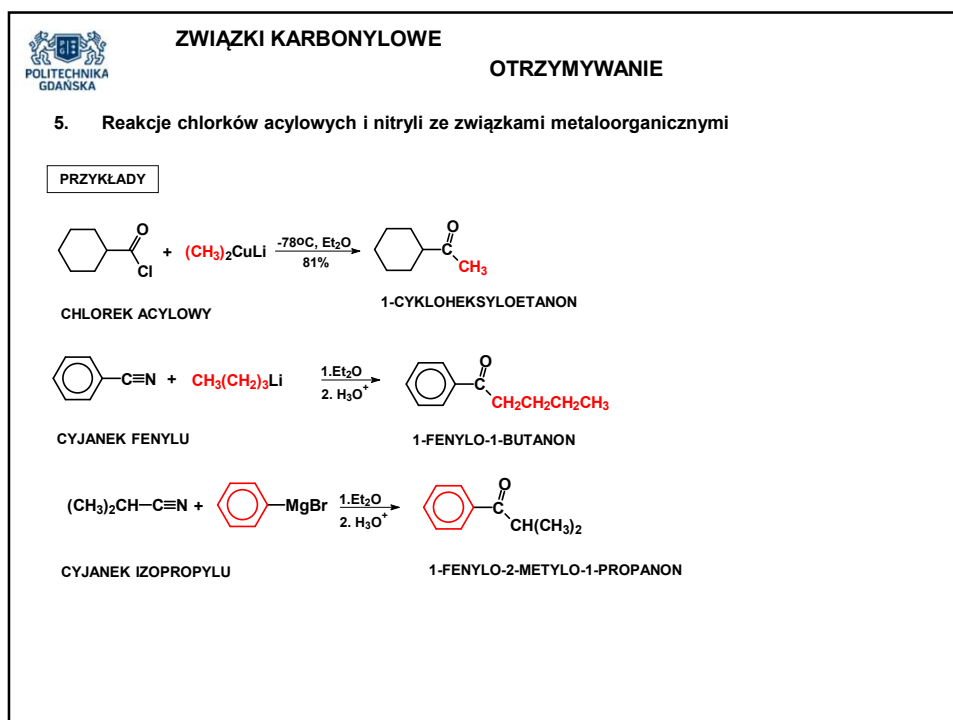
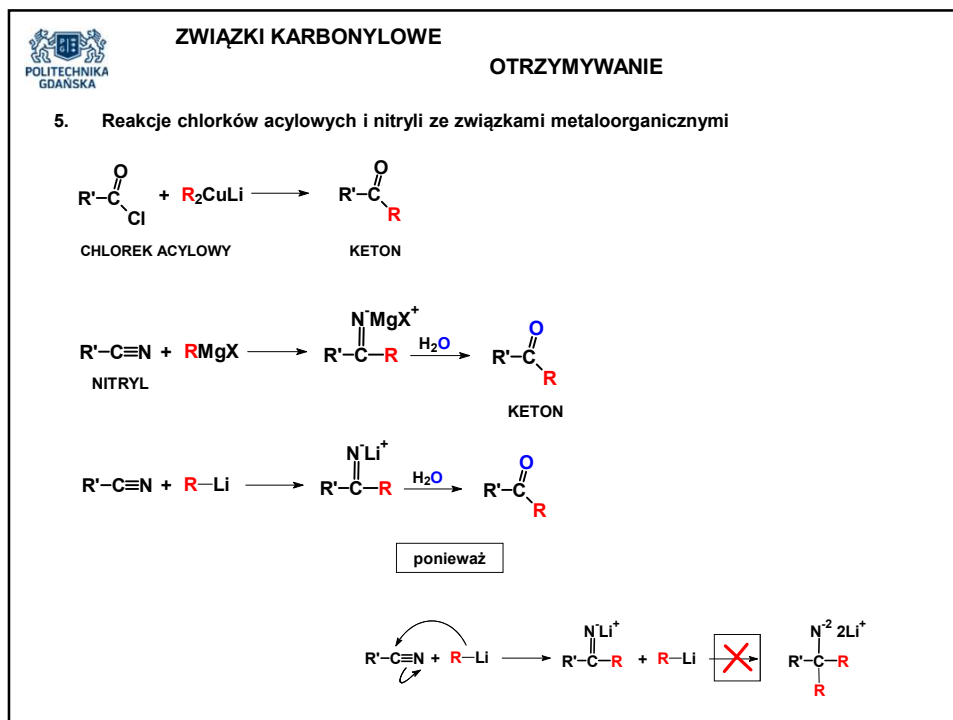
$\text{R}-\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{PCC}} \text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$

PRZYKŁADY

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2\text{OH}$  1-HEPTANOL  $\xrightarrow[\text{CH}_2\text{Cl}_2, 93\%]{\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+\text{CrO}_3\text{Cl}^- \text{ (PCC)}}$   $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{C}(=\text{O})-\text{H}$  HEPTANAL



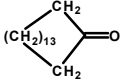




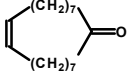
**ZWIĄZKI KARBONYLOWE** **OTRZYMYWANIE**

**6. Związki karbonylowe izolowane ze źródeł naturalnych**

- ❖ makrocykliczne ketony utrwalające zapachy – piżmo
 

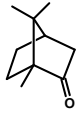


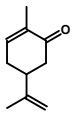
(CH<sub>2</sub>)<sub>13</sub>

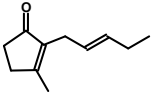


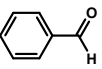
(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>

muskon
- ❖ olejki różany – 50% *n*-heptanal
- ❖ fiołki - *n*-oktanal + *n*-nonanal
- ❖ kamfora
 

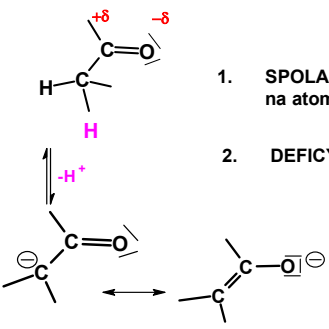

- ❖ olejki miętowy – karwon
 


- ❖ jaśmin – pochodna pochodna cyklopentenonu
 

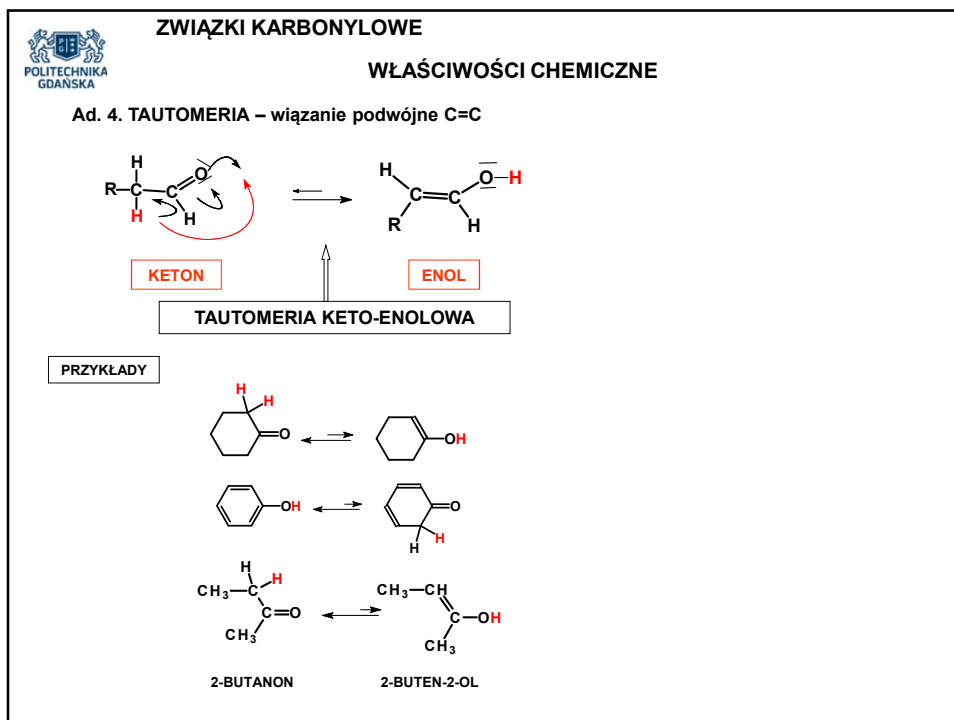
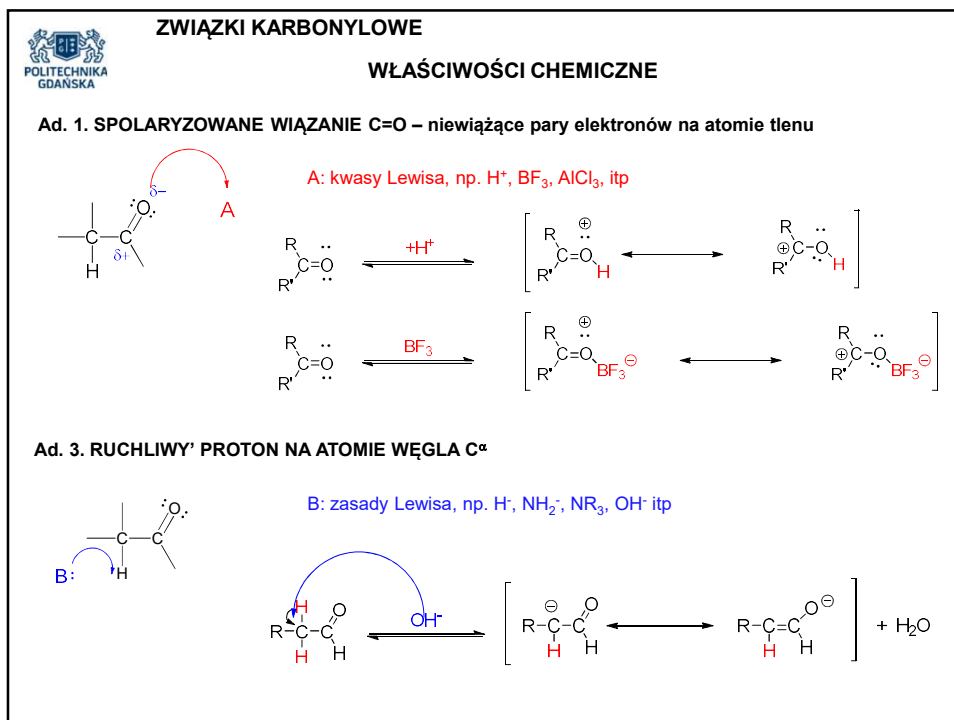

- ❖ olejki migdałowy – aldehyd benzoesowy
 



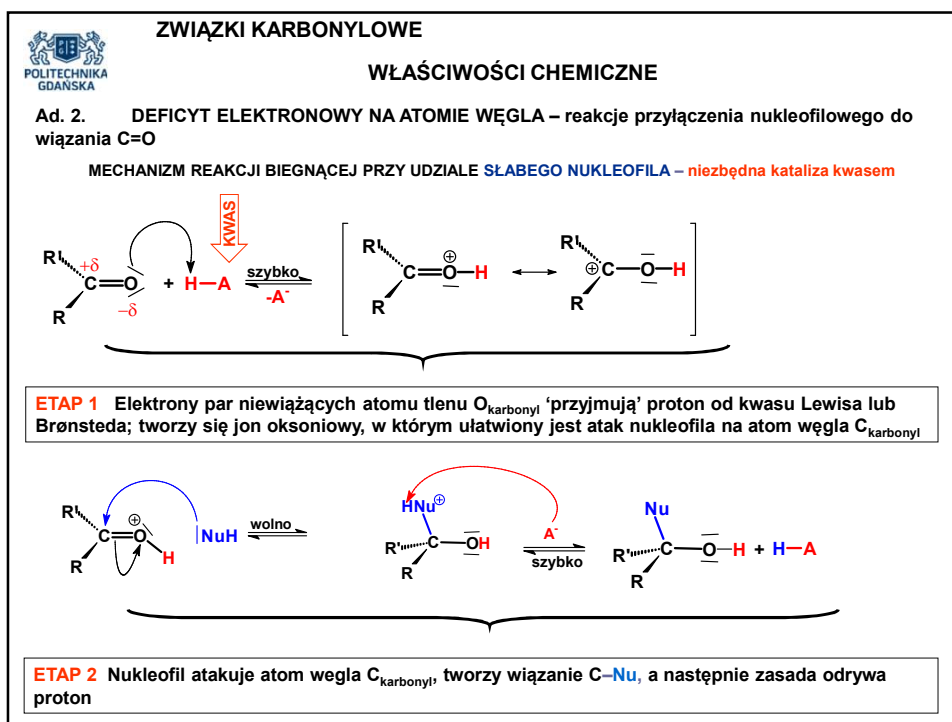
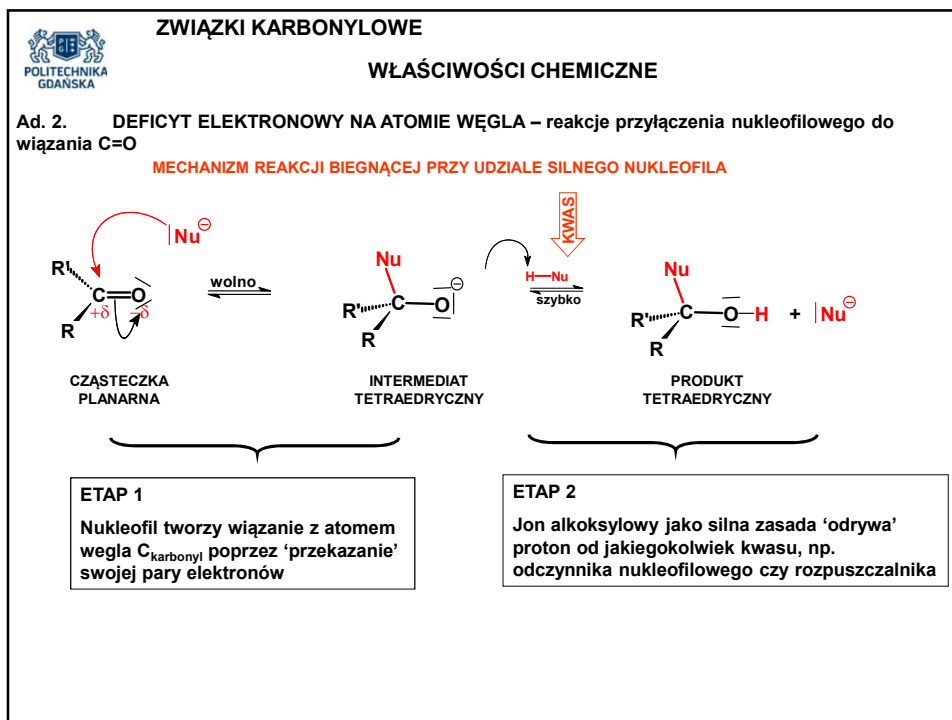
**ZWIĄZKI KARBONYLOWE** **WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE**

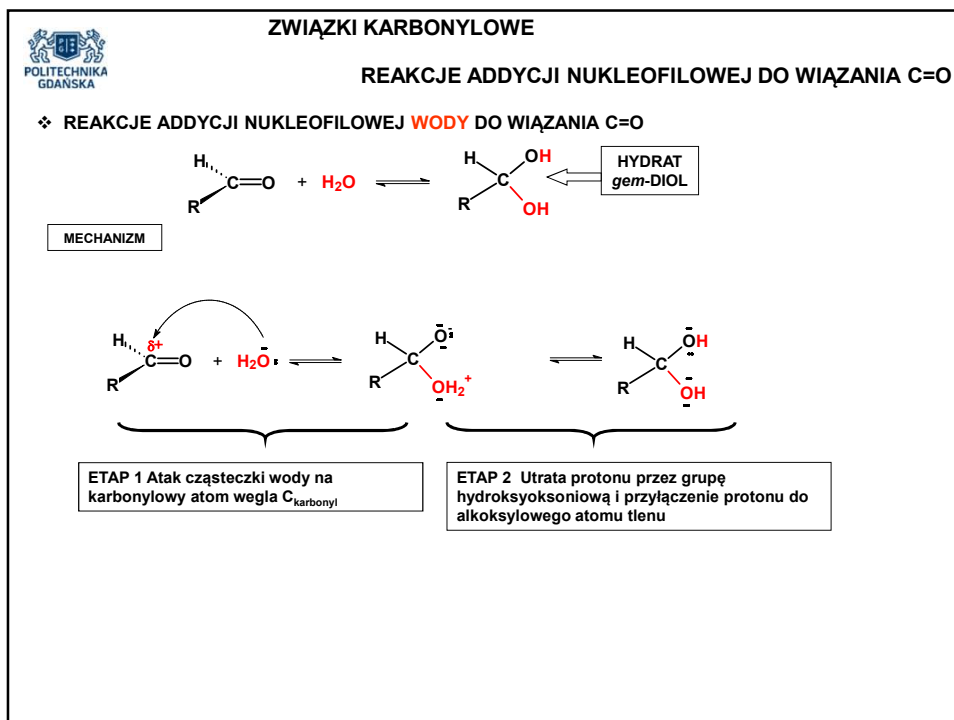
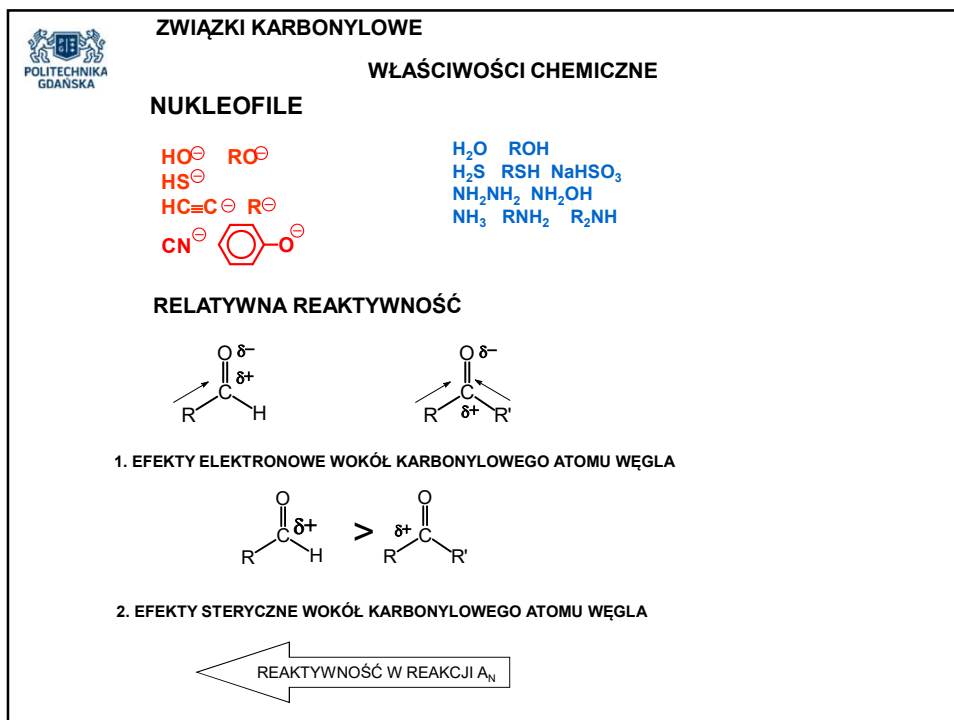


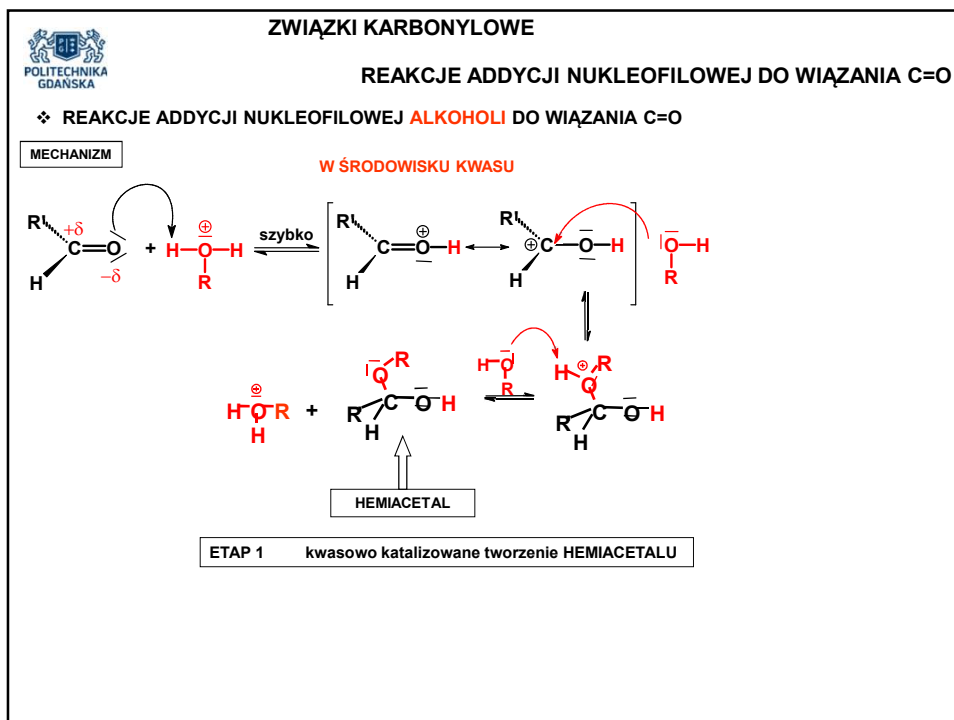
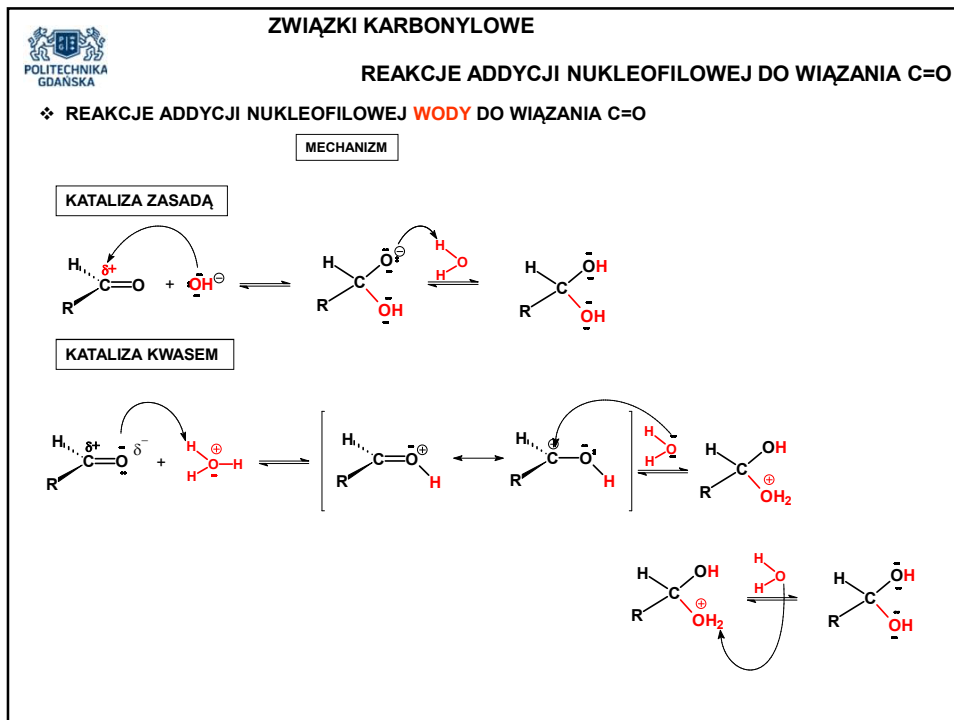
1. SPOLARYZOWANE WIĄZANIE C=O – niewiążące pary elektronów na atomie tlenu
2. DEFICYT ELEKTRONOWY NA ATOMIE WĘGLA
3. 'RUCHLIWY' PROTON NA ATOMIE WĘGLA C<sup>α</sup>
4. TAUTOMERIA – wiązanie podwójne C=C

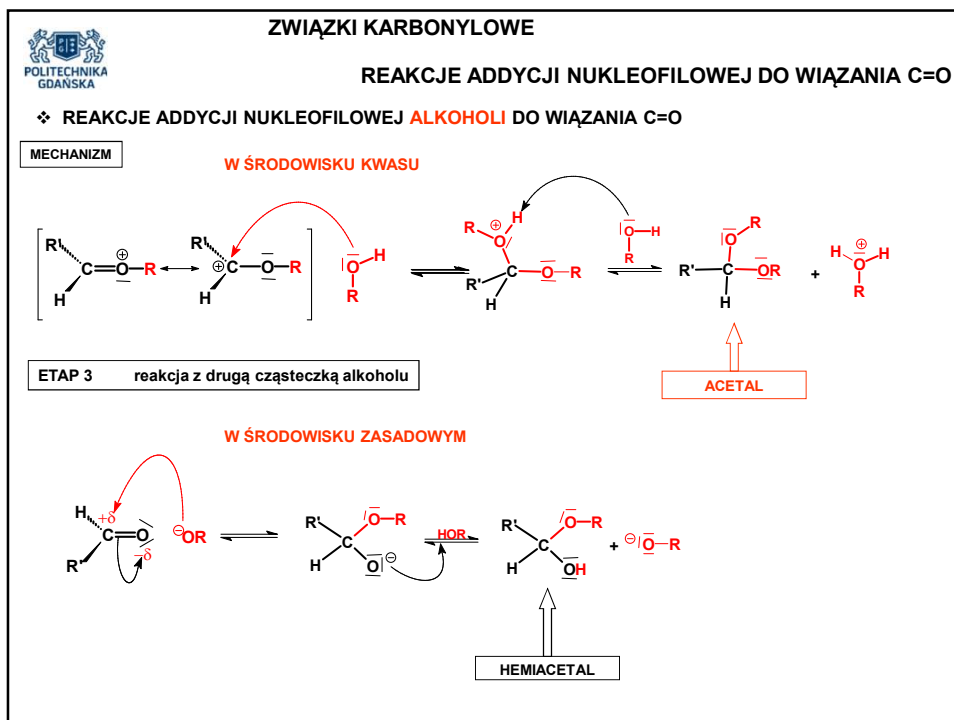
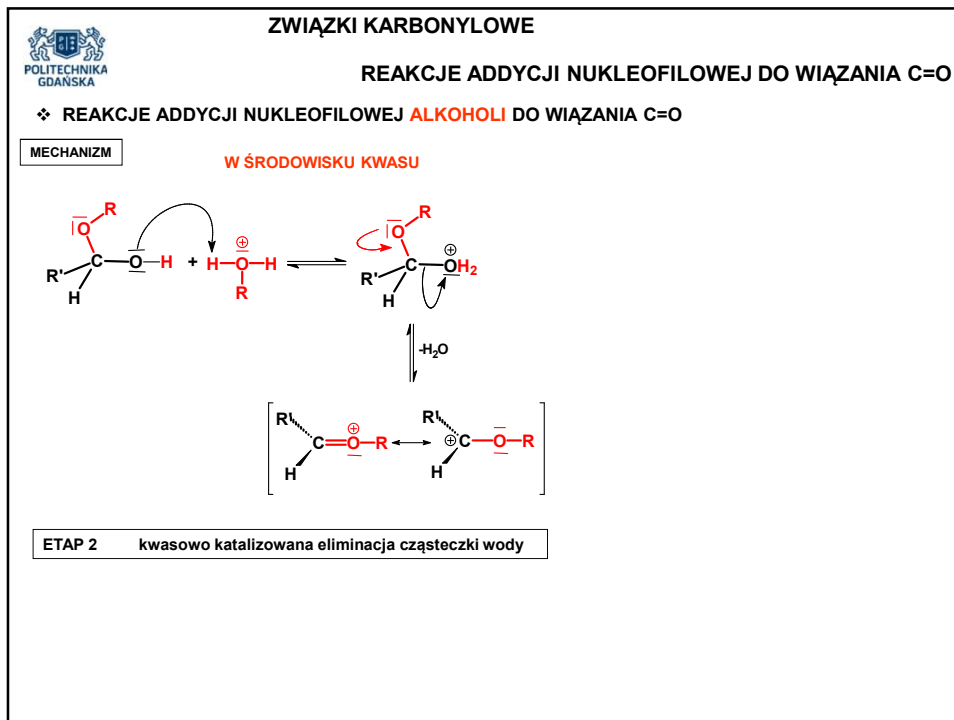


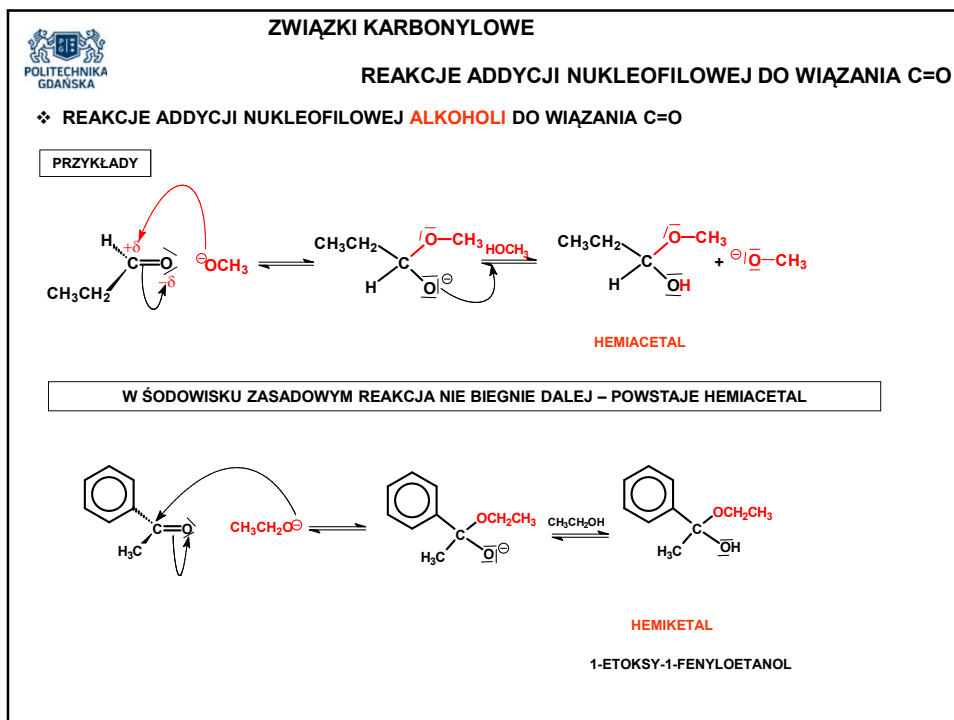
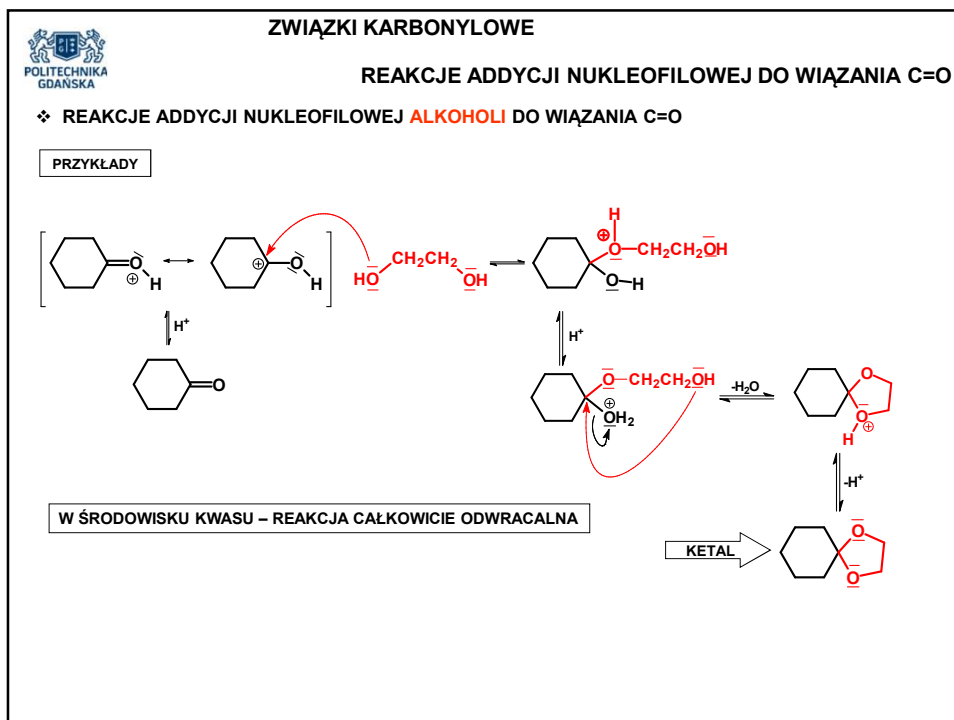


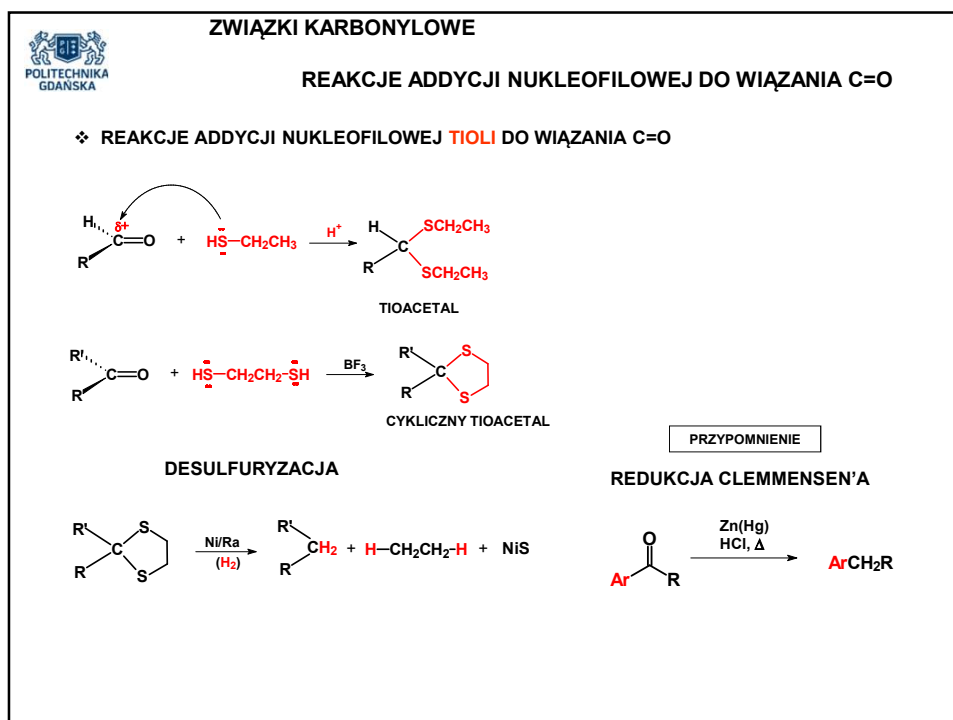
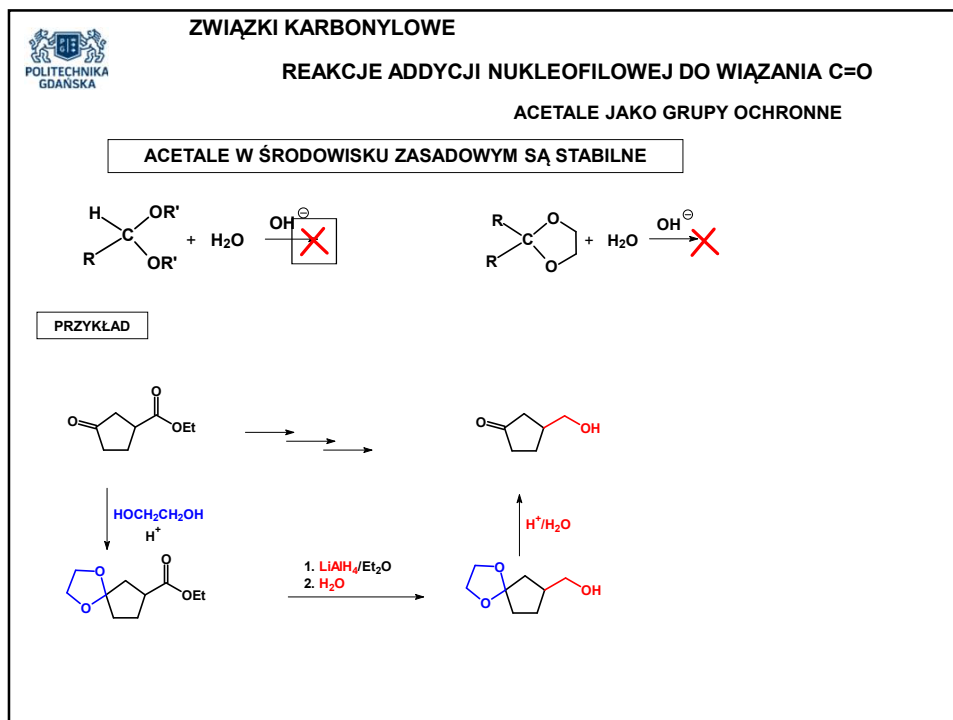


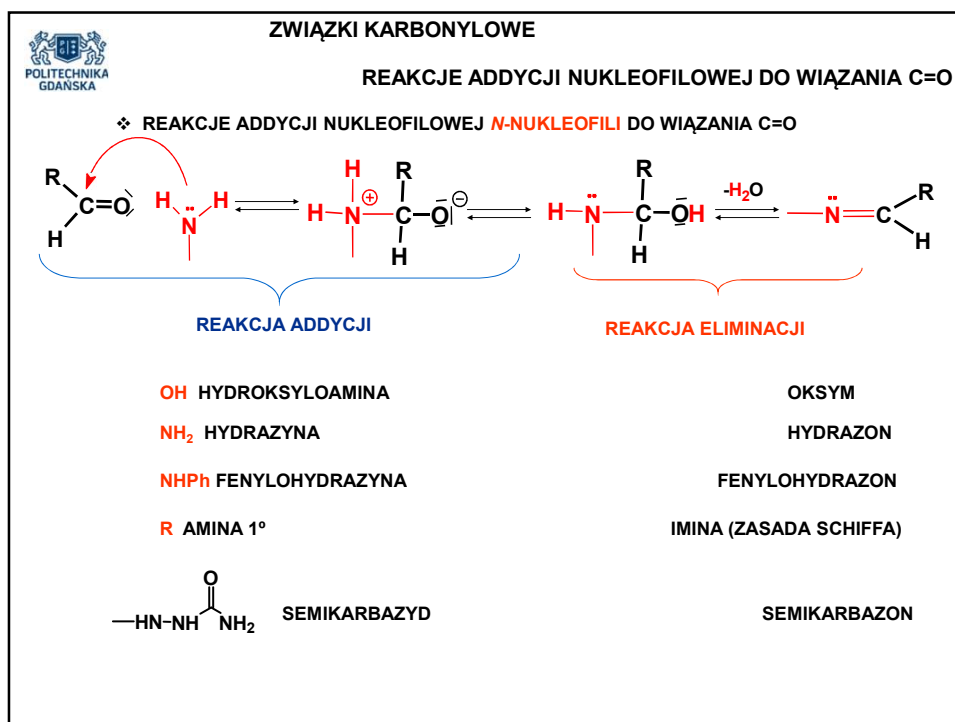
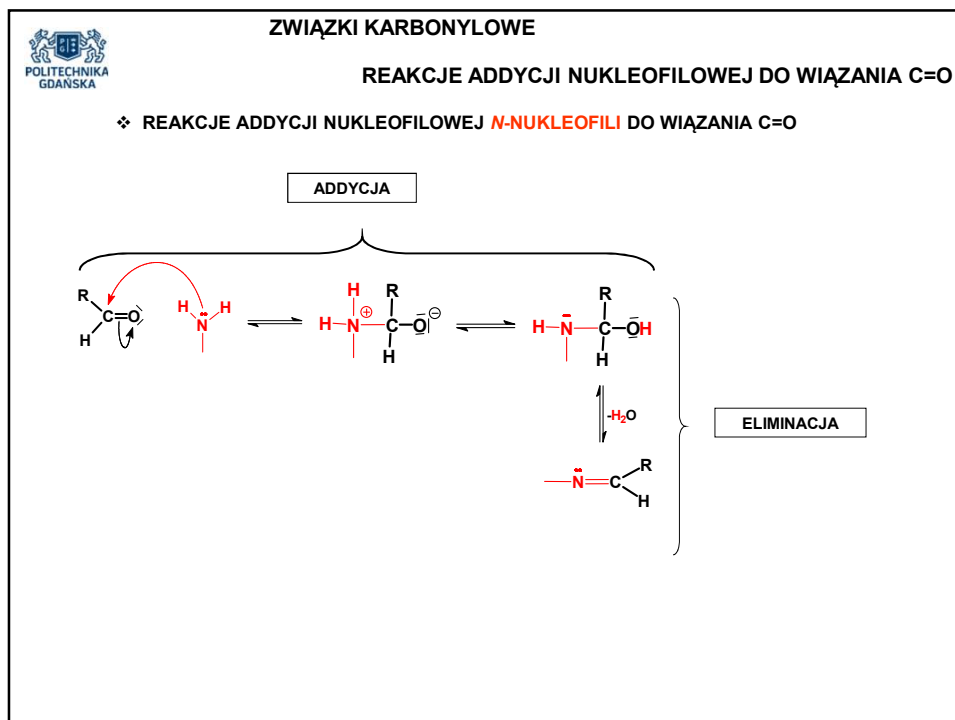


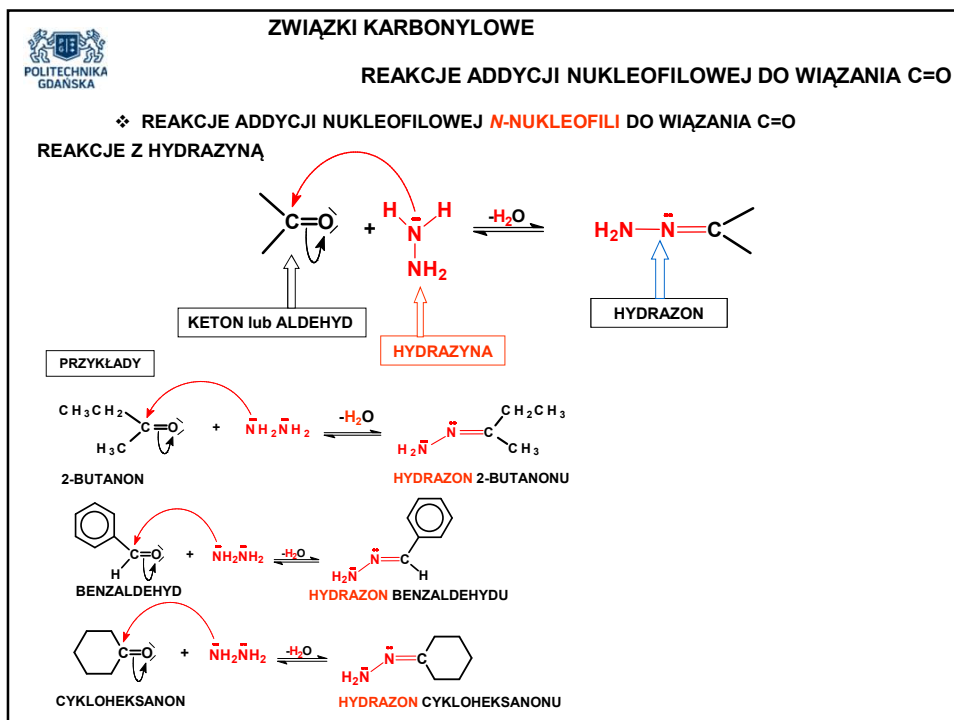
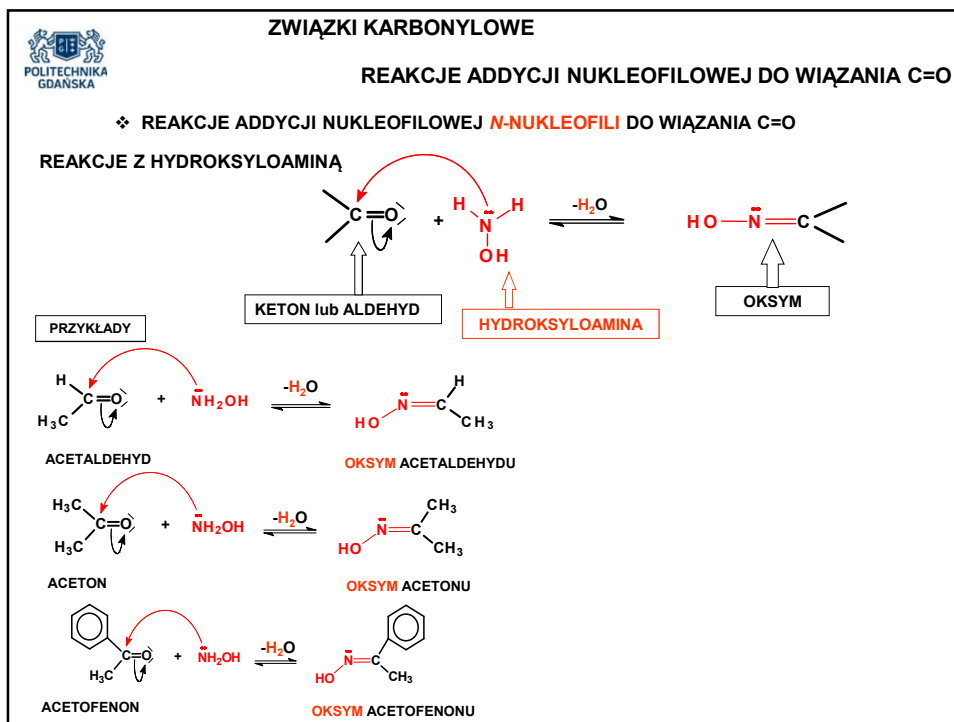




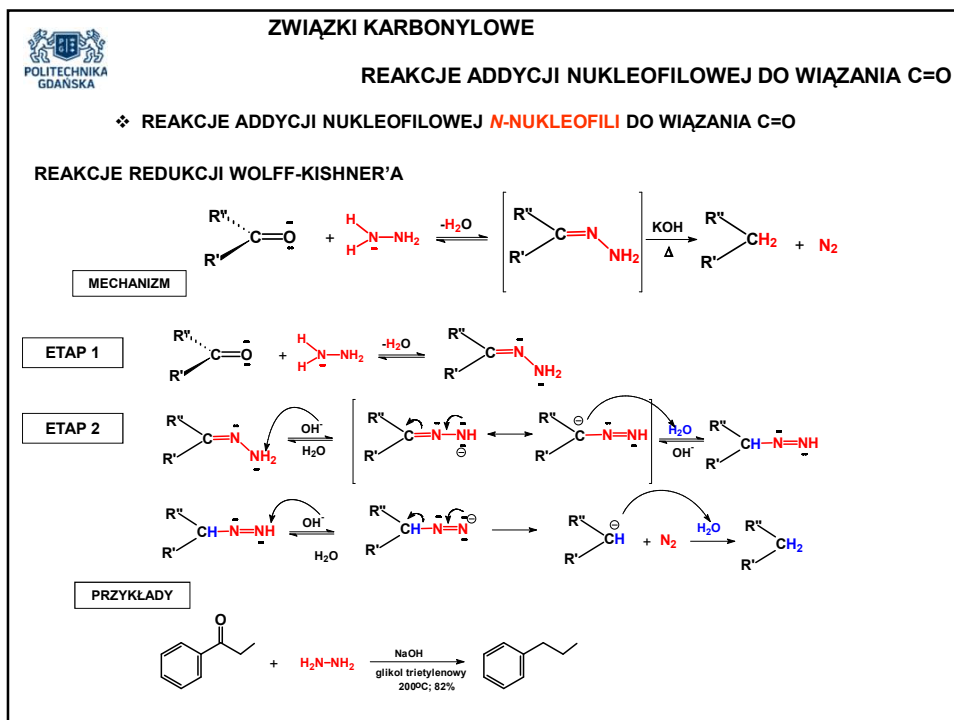
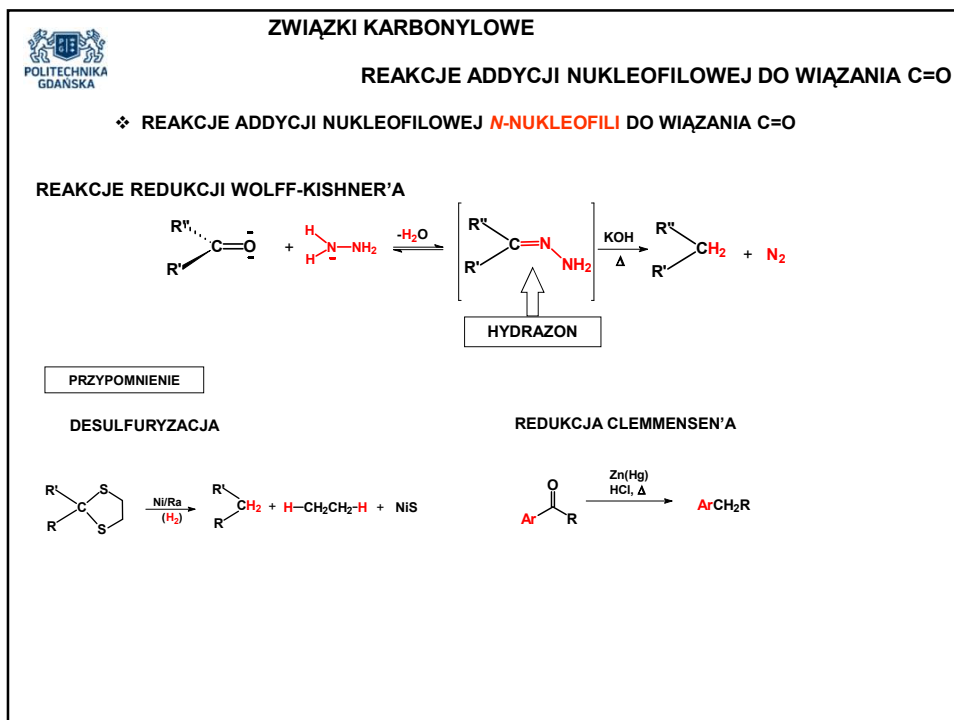


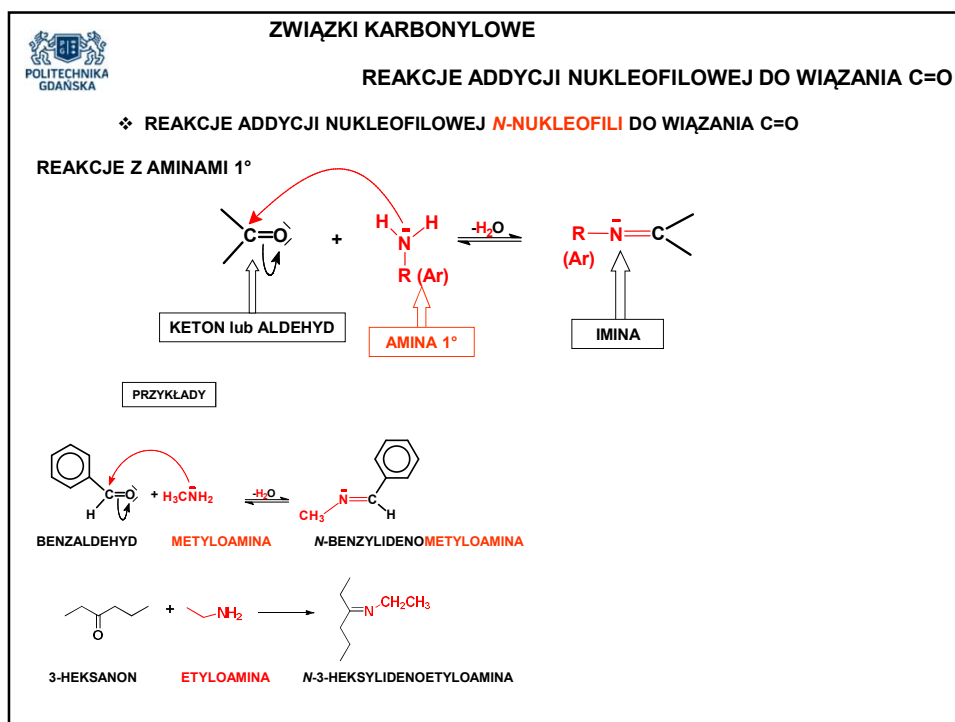
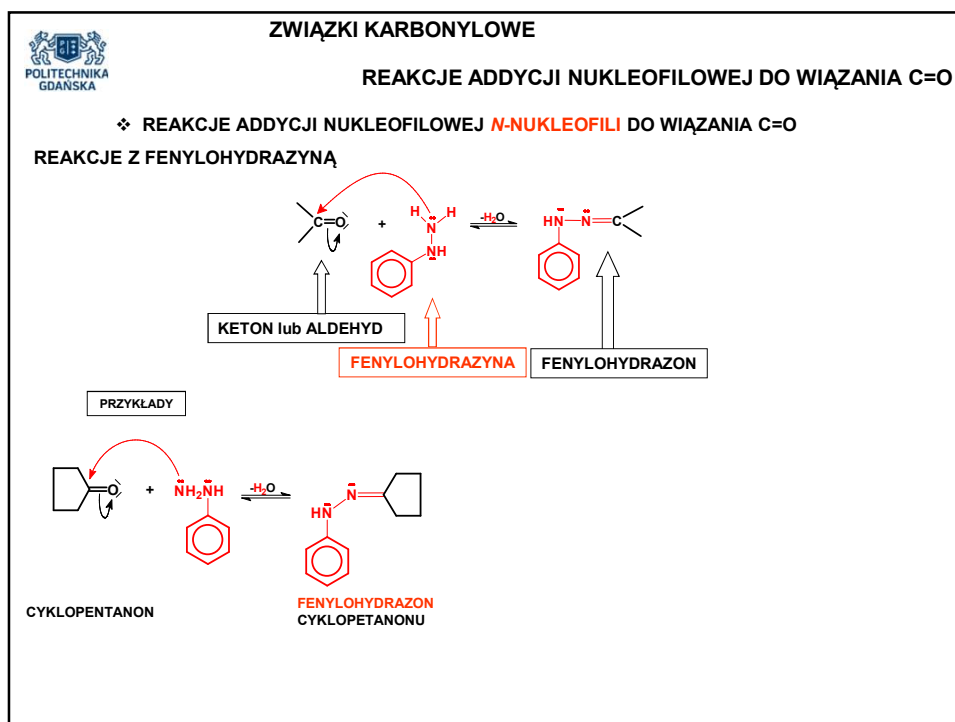


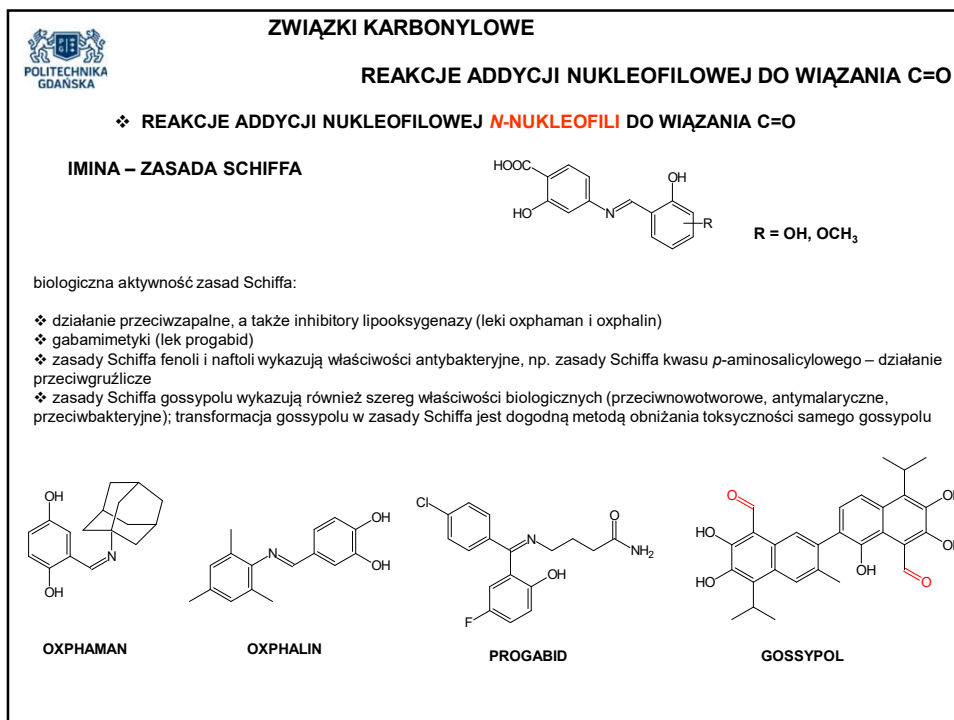
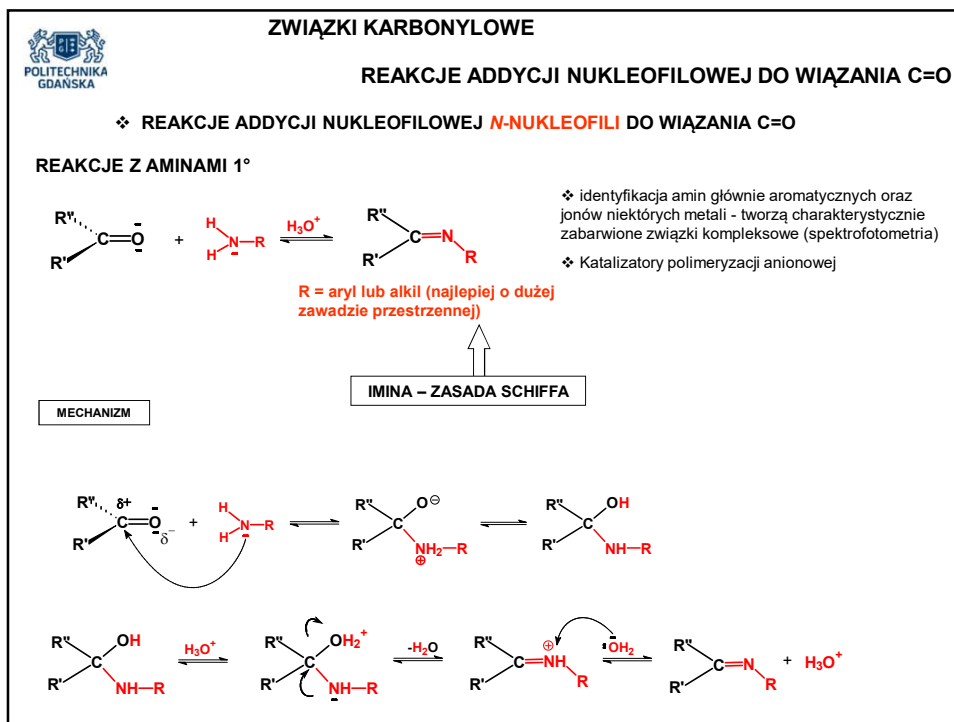








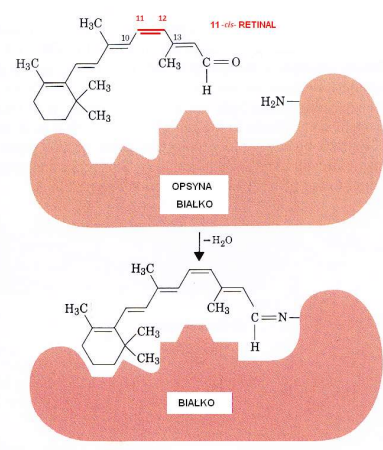




**ZWIĄZKI KARBONYLOWE**

**REAKCJE ADDYCJI NUKLEOFILOWEJ DO WIĄZANIA C=O**

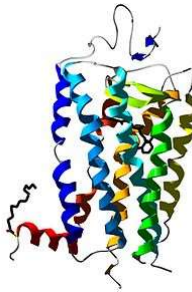
**IMINA – ZASADA SCHIFFA**



OPSZYNA BIAŁKO

BIALKO

RODOPSZYNA



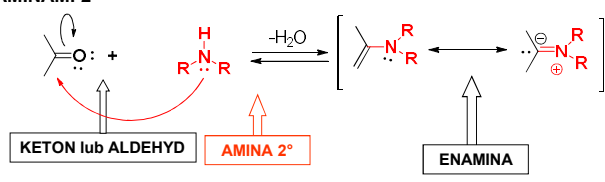
Rodopsyna jest białkiem transbłonkowym złożonym z 7 helikalnych łańcuchów; zmiana konformacyjna rodopsyny, powoduje aktywację związanego z nią białka G - transducyny, a następnie inicjację sygnału komórkowego.

**ZWIĄZKI KARBONYLOWE**

**REAKCJE ADDYCJI NUKLEOFILOWEJ DO WIĄZANIA C=O**

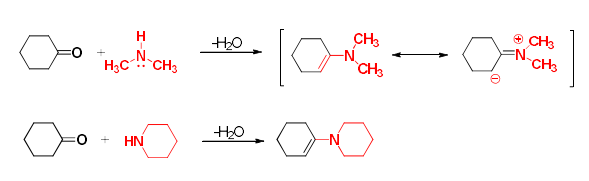
❖ REAKCJE ADDYCJI NUKLEOFILOWEJ **N-NUKLEOFILI** DO WIĄZANIA C=O

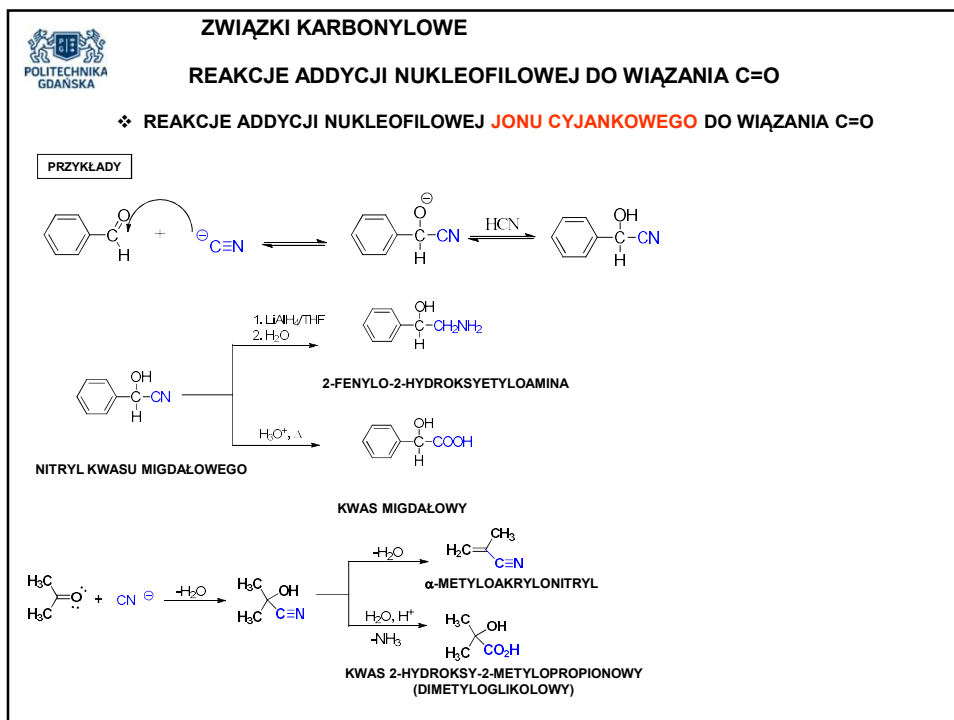
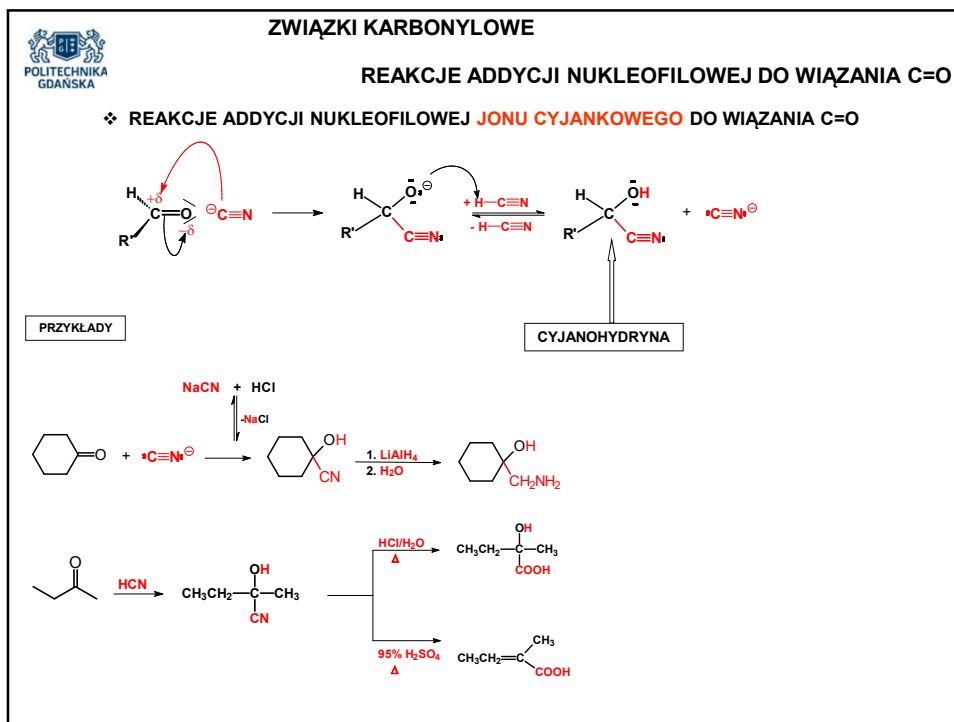
**REAKCJE Z AMINAMI 2°**

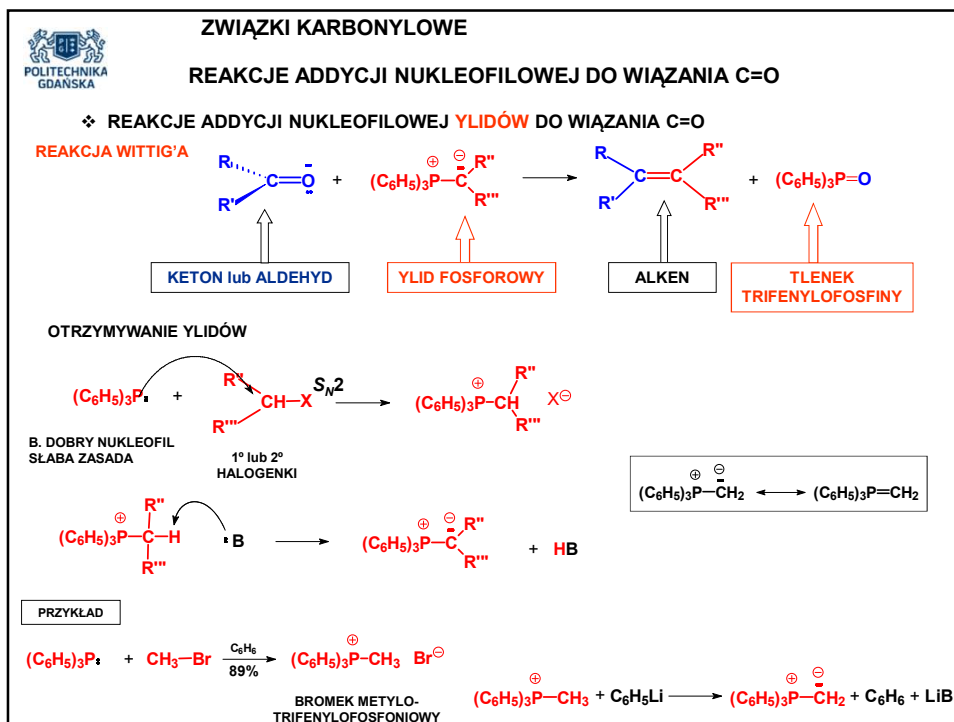
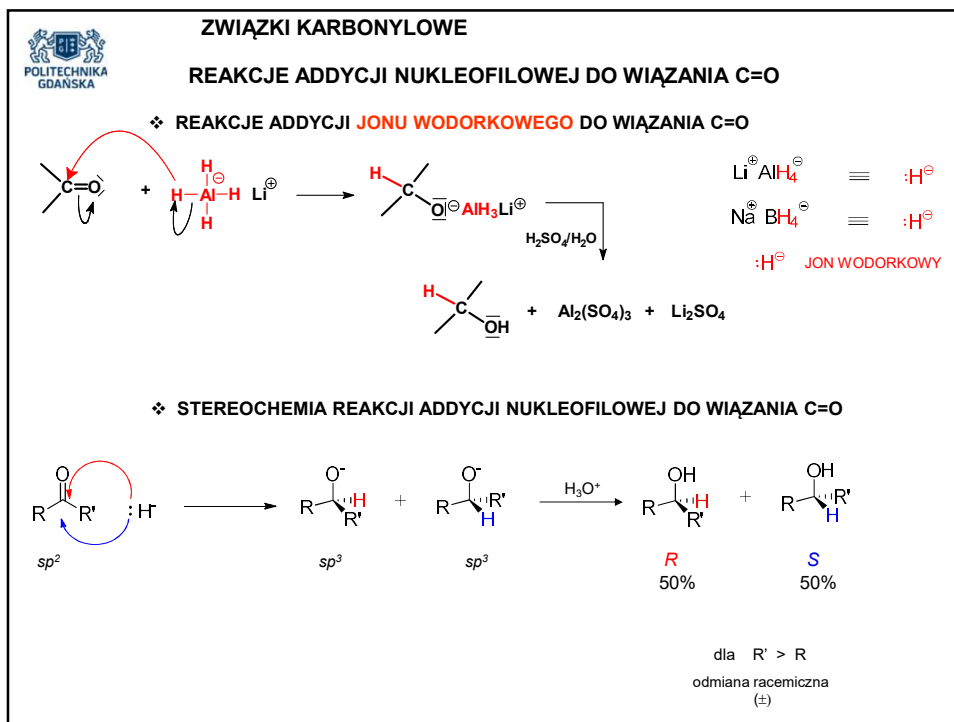


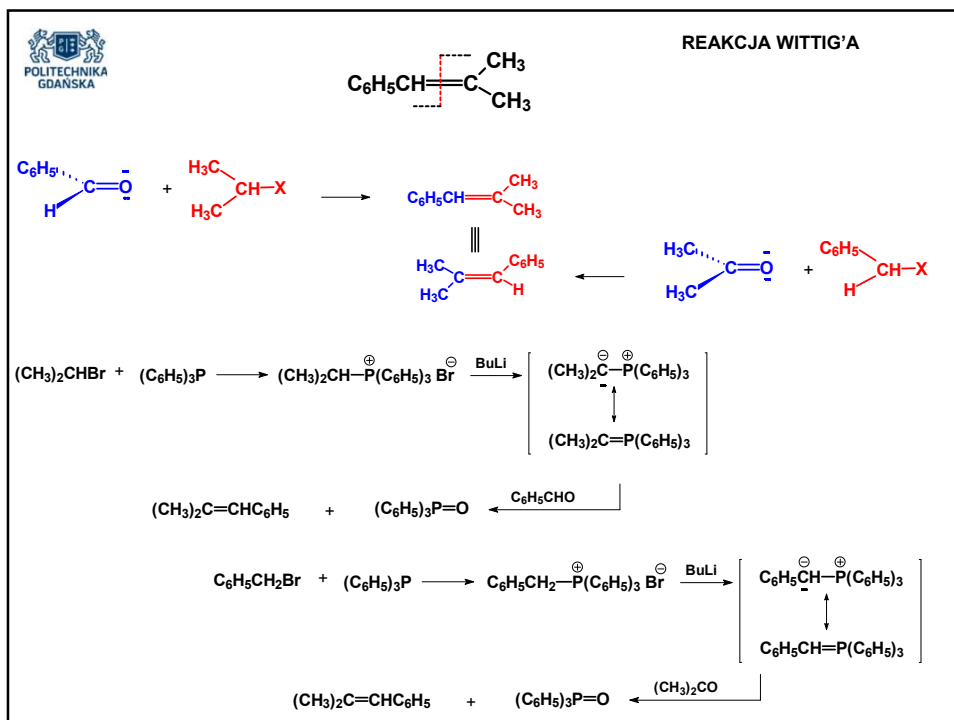
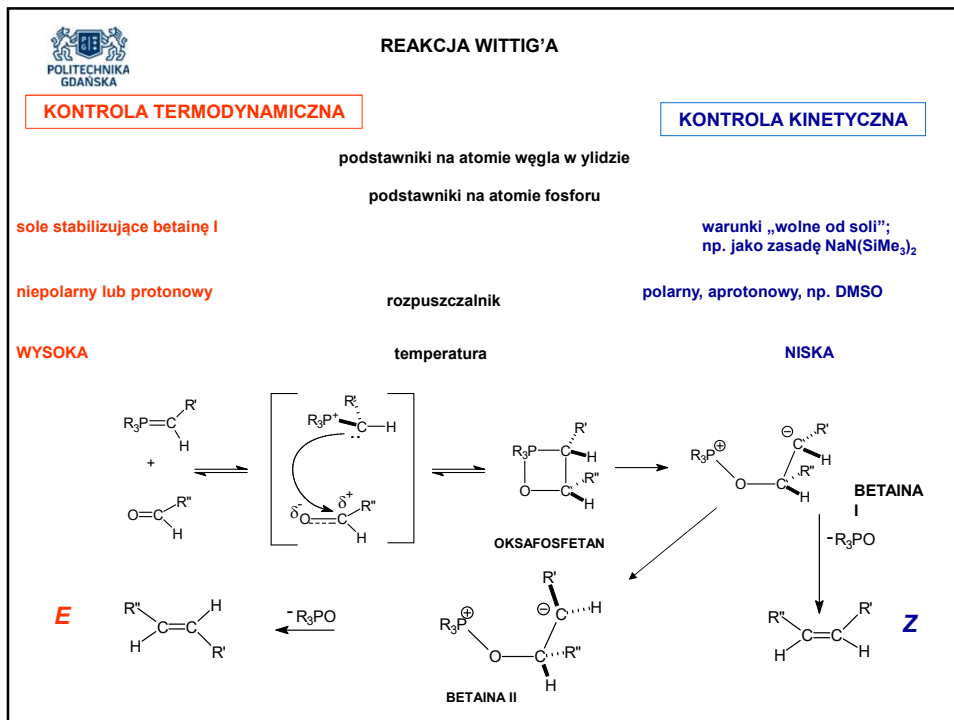
KETON lub ALDEHYD      AMINA 2°      ENAMINA

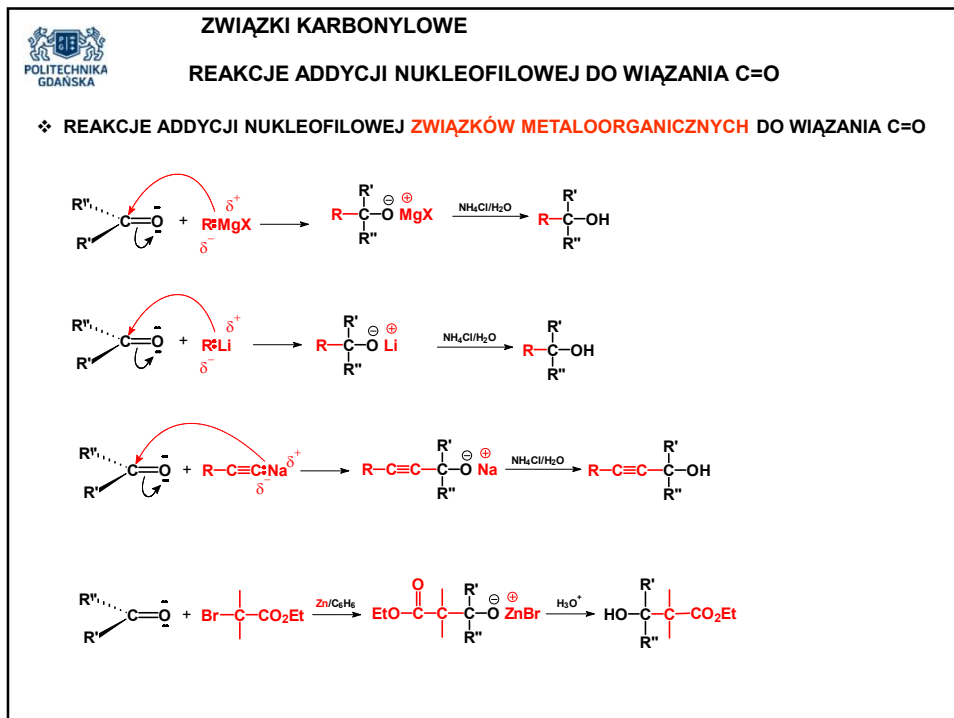
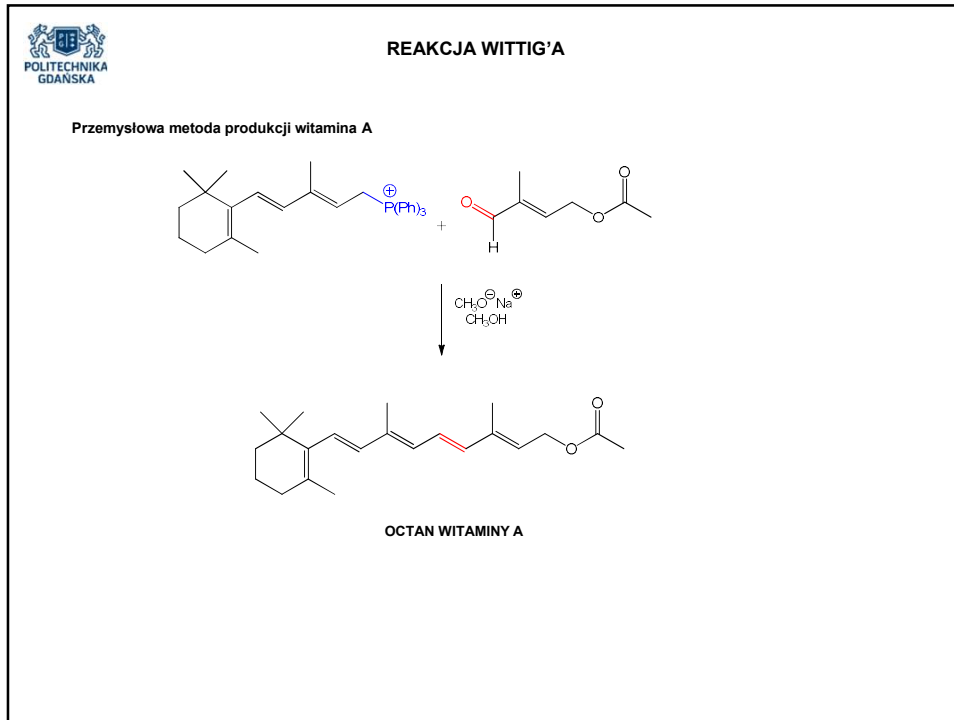
PRZYKŁADY



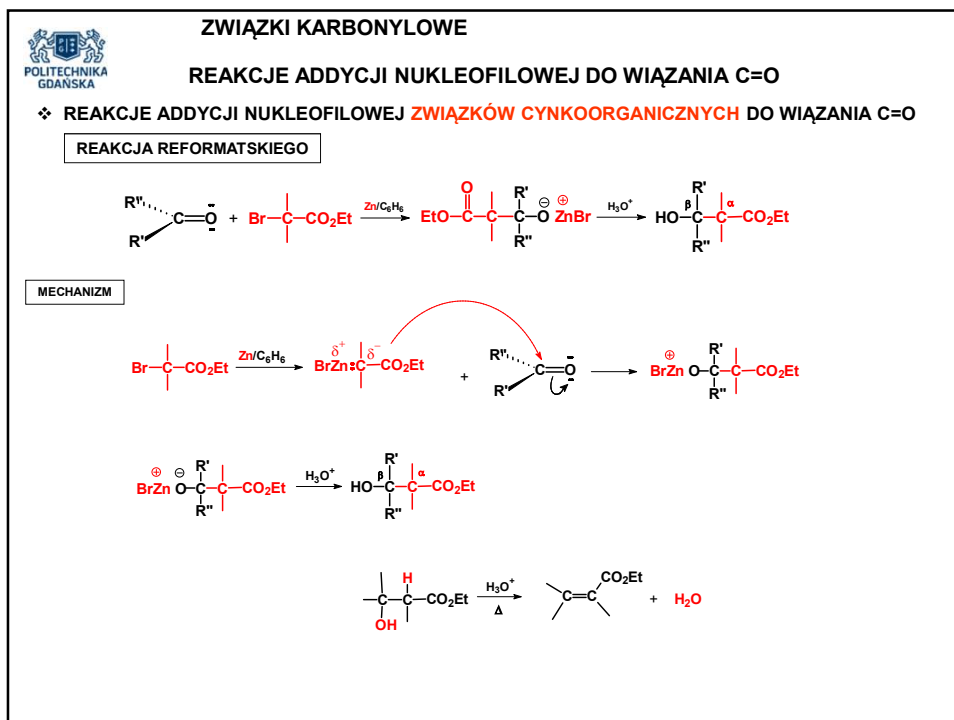
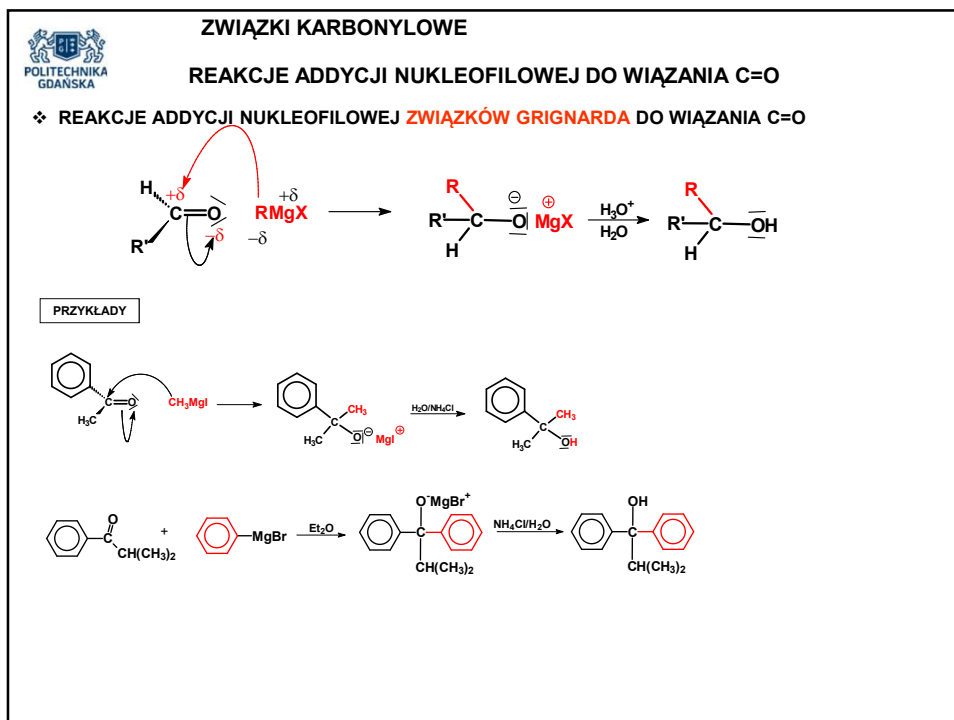


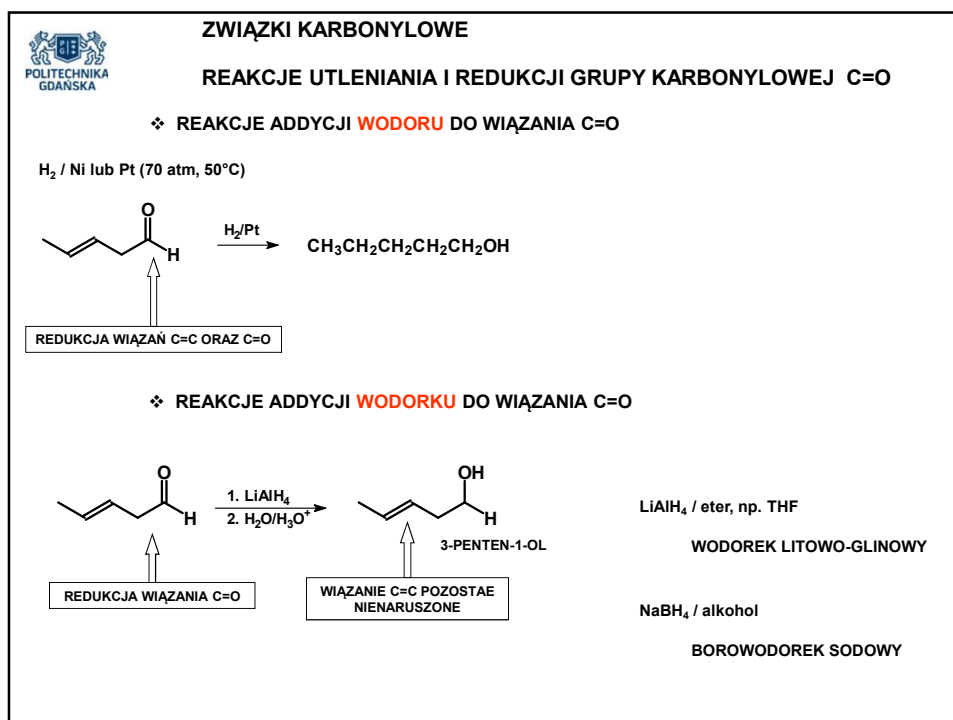
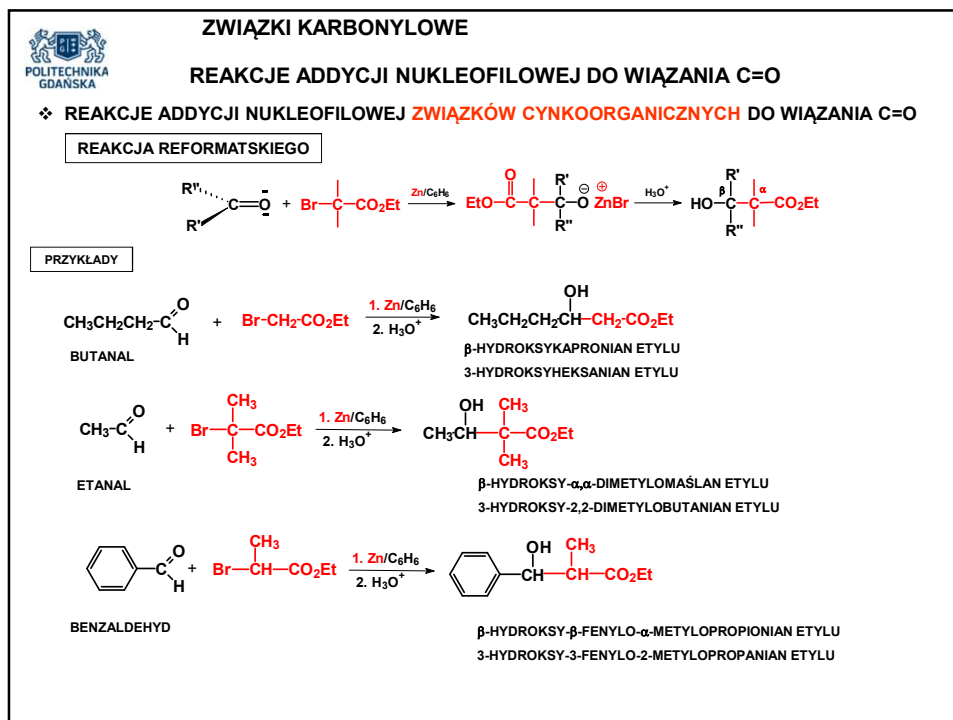


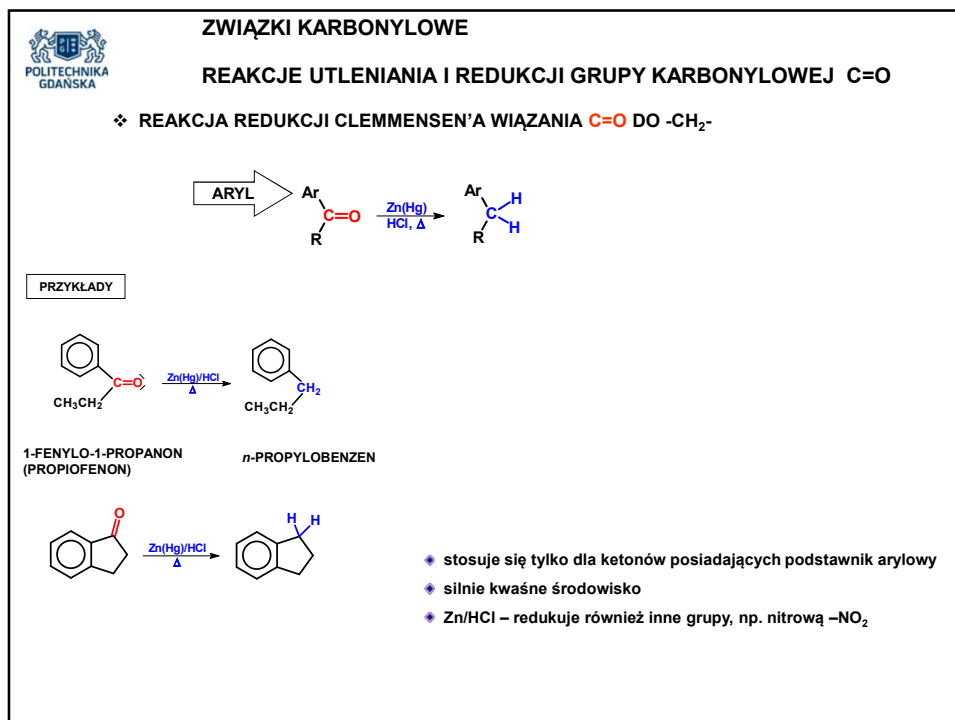
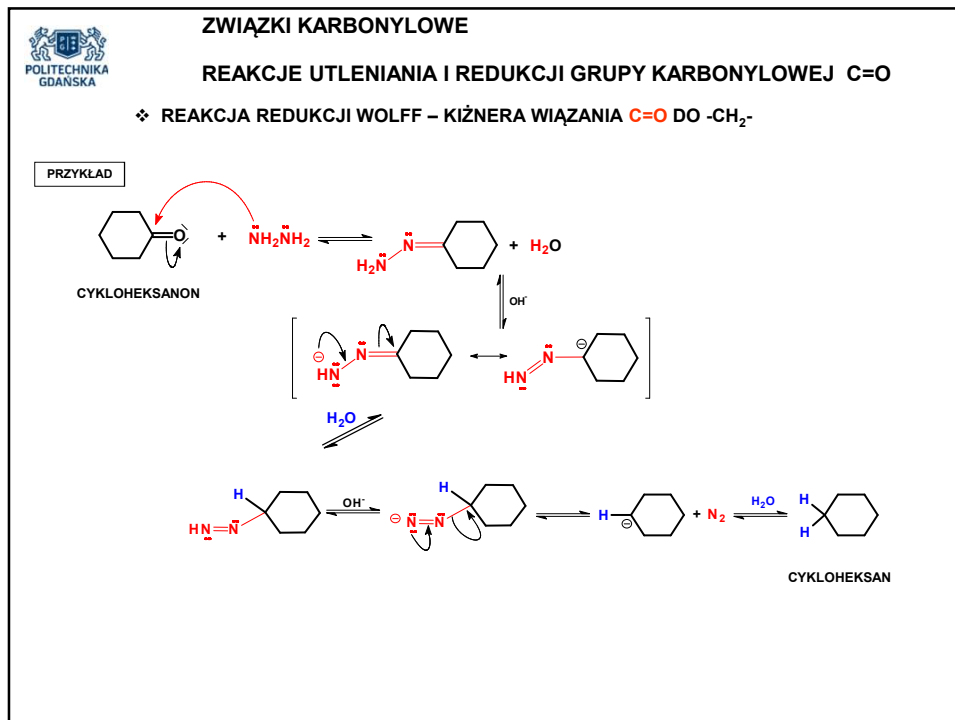


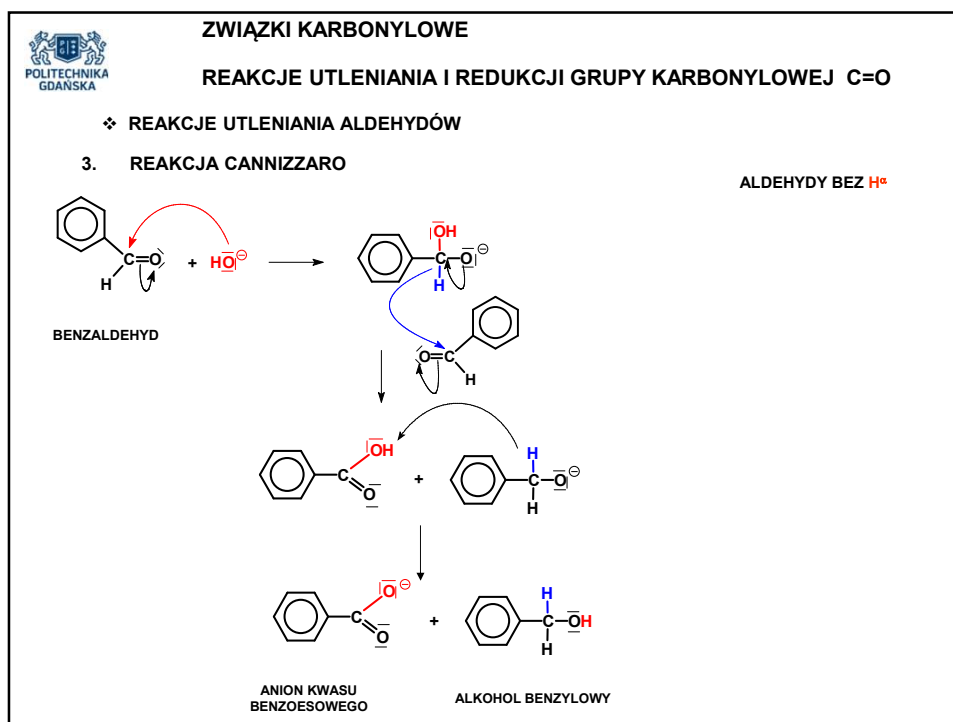
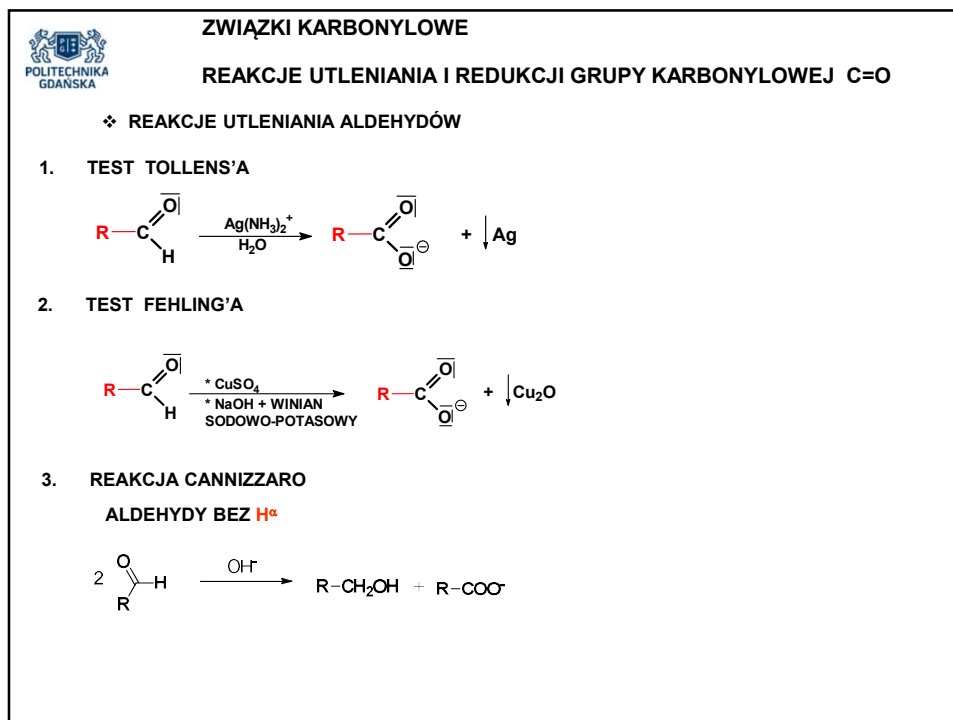


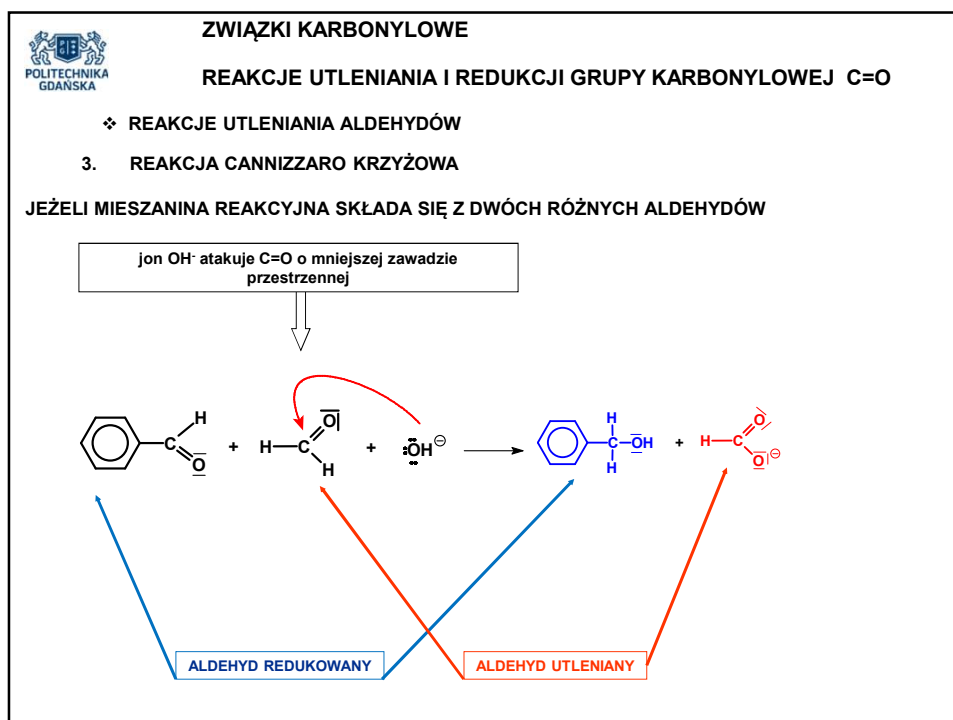
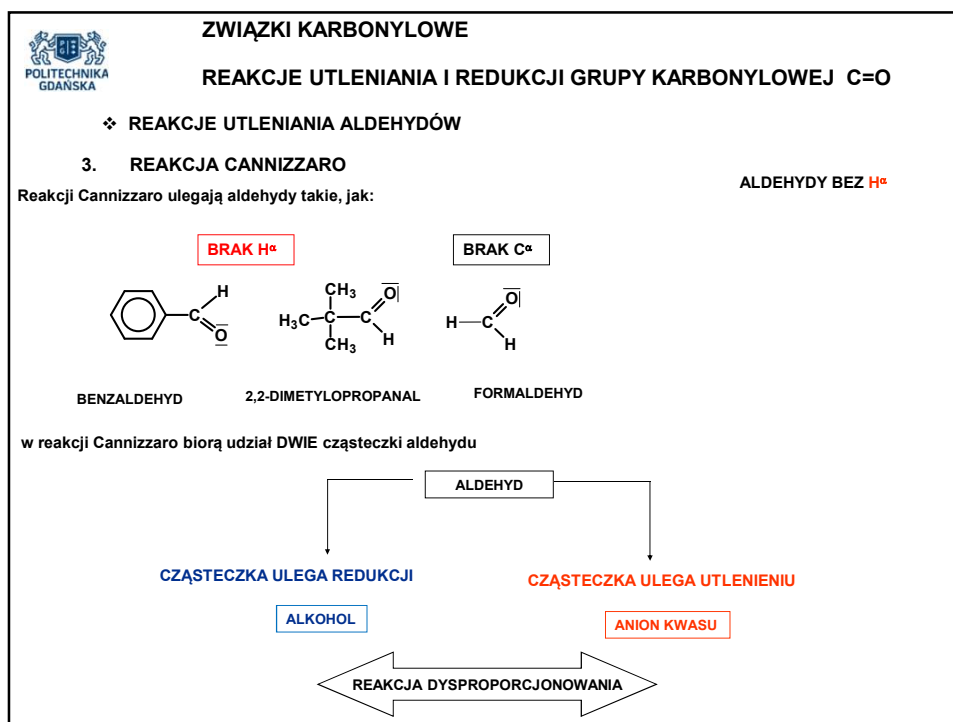


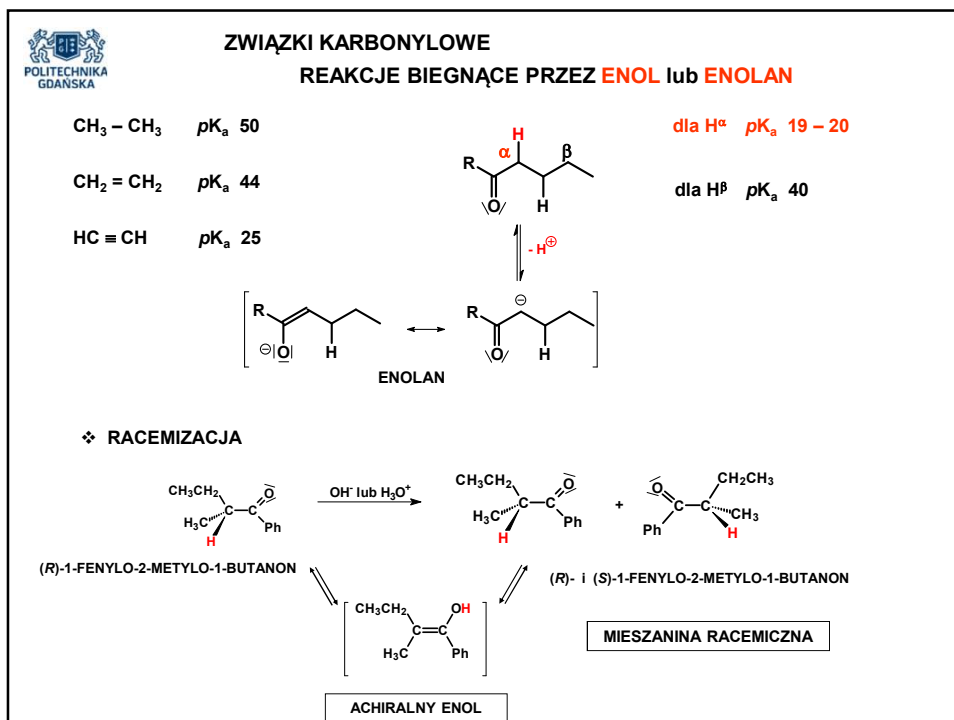
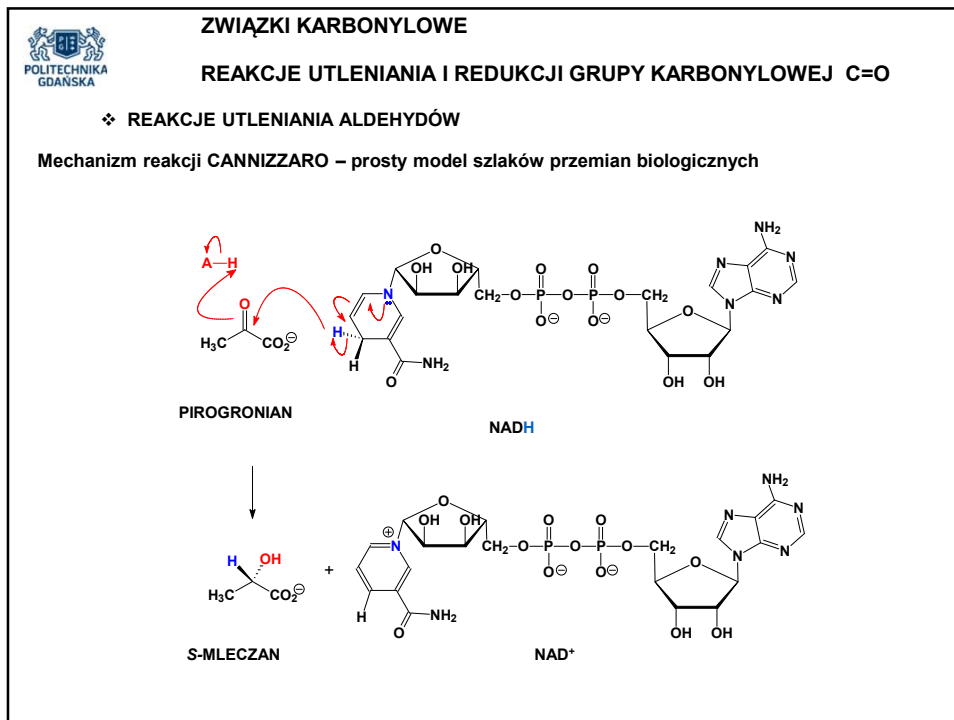


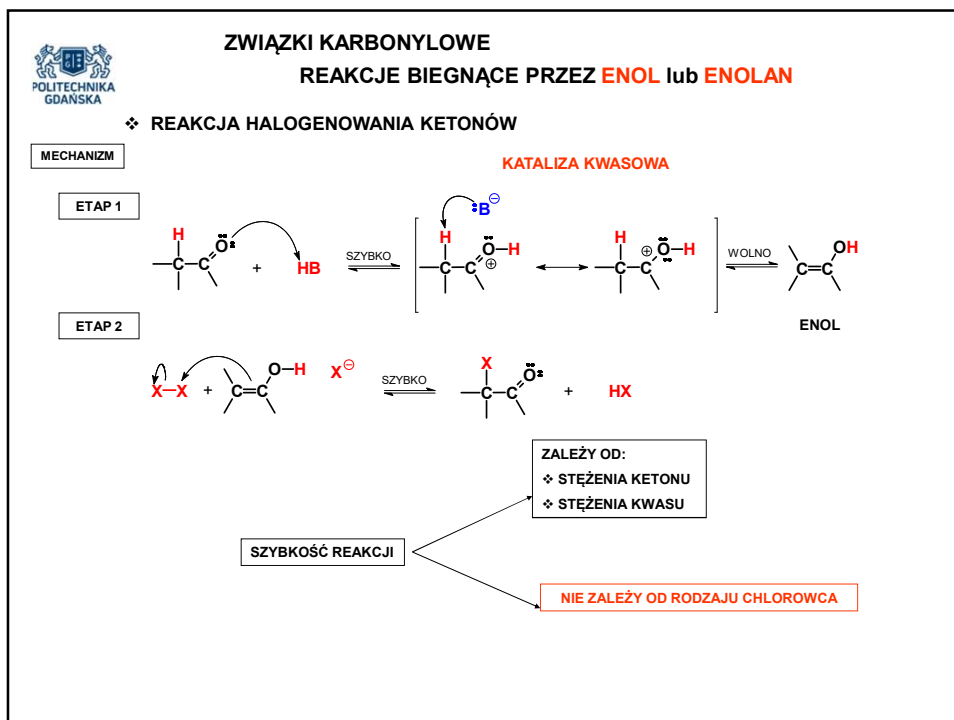
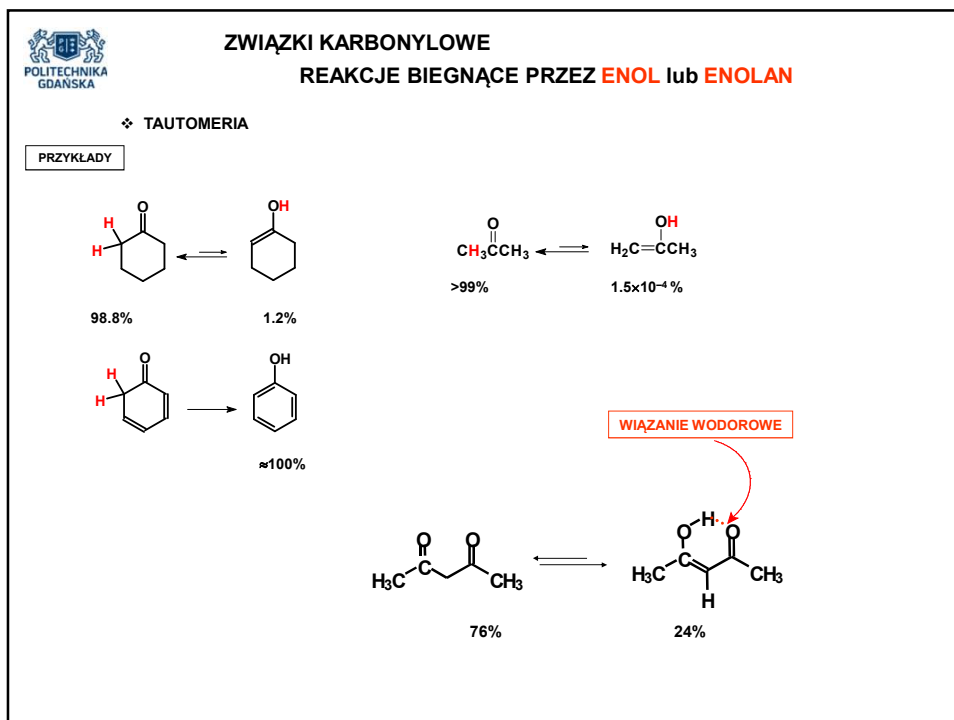


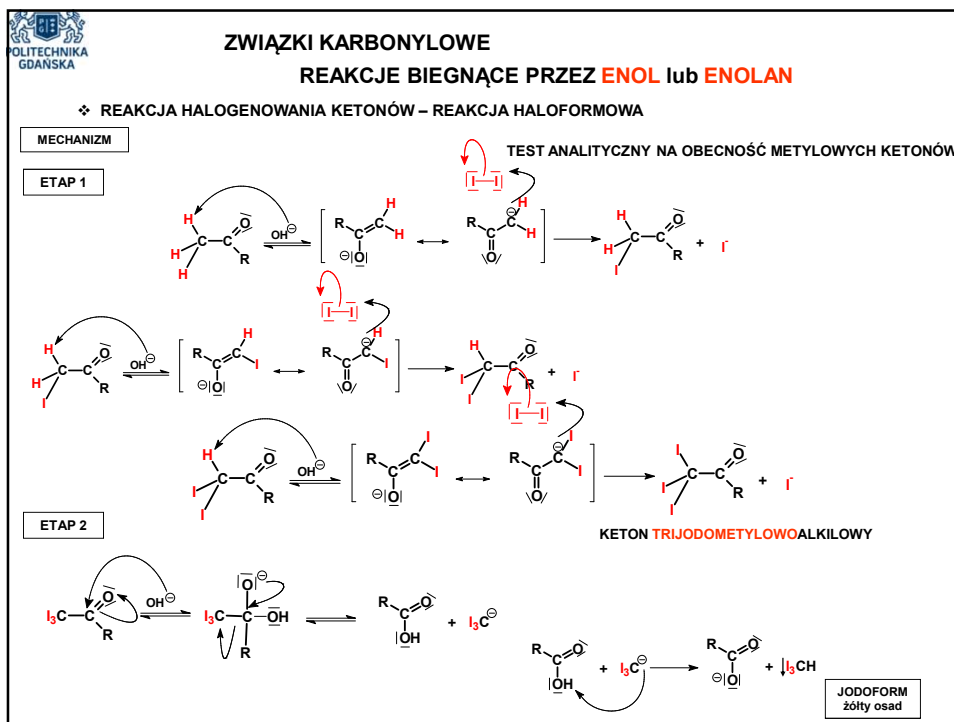
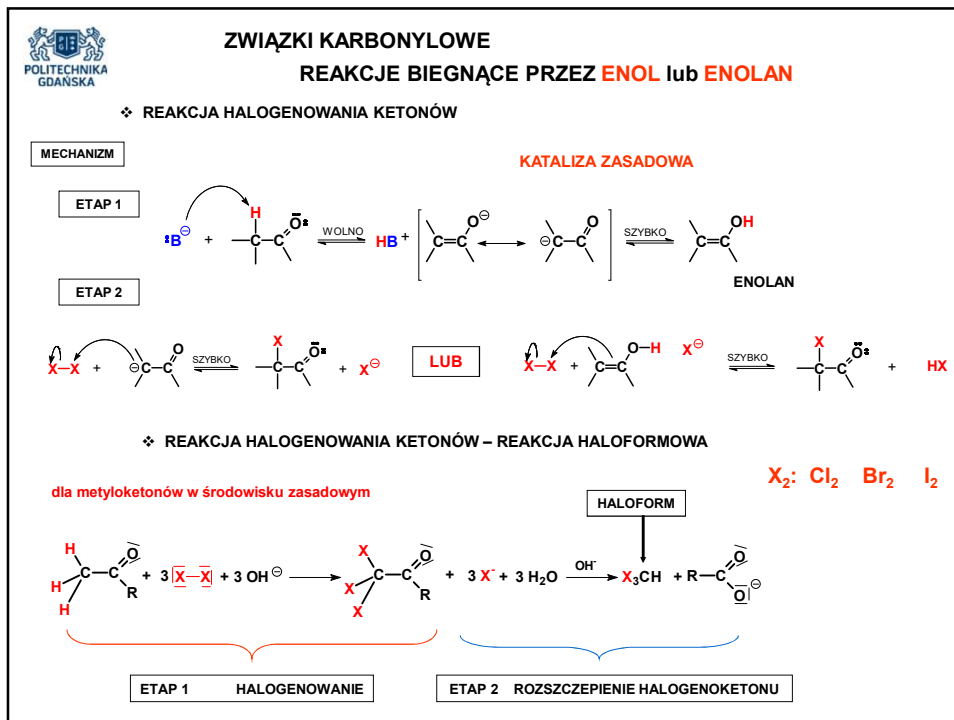




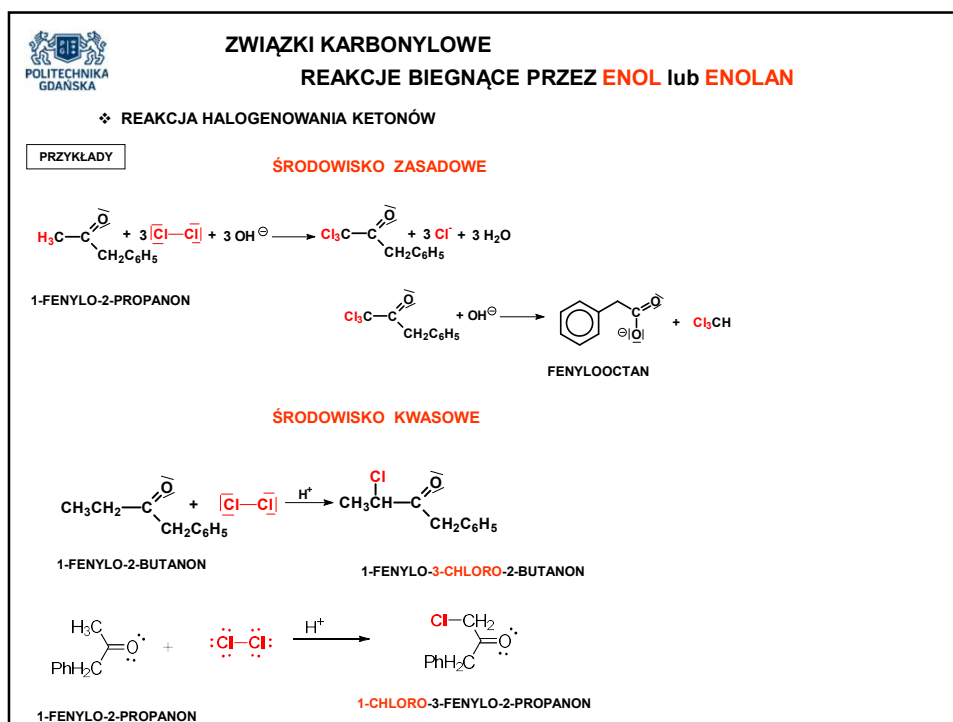
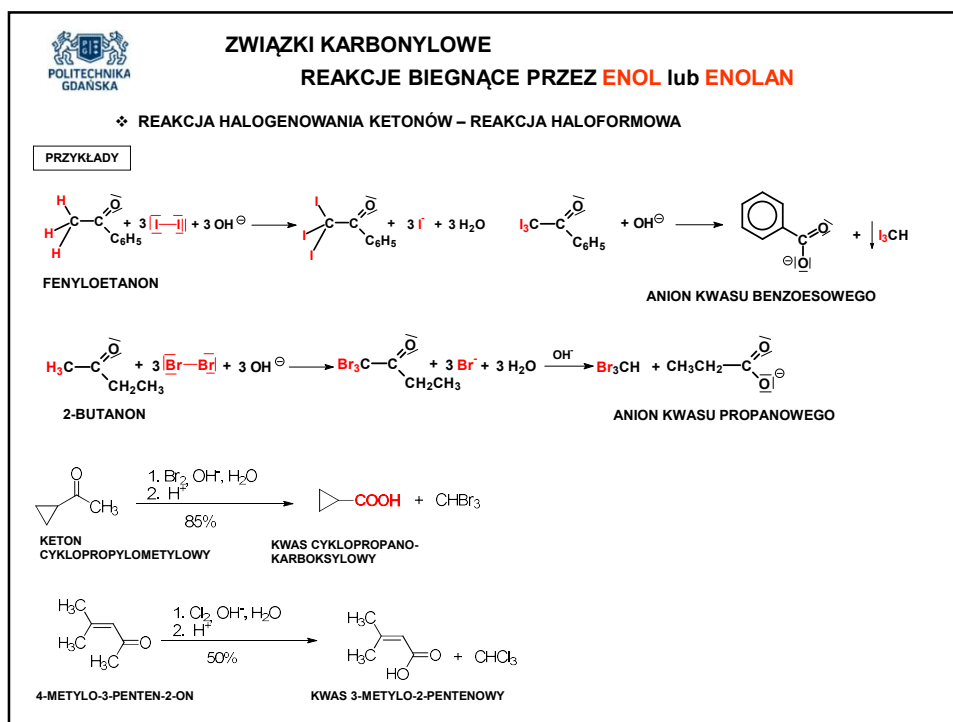


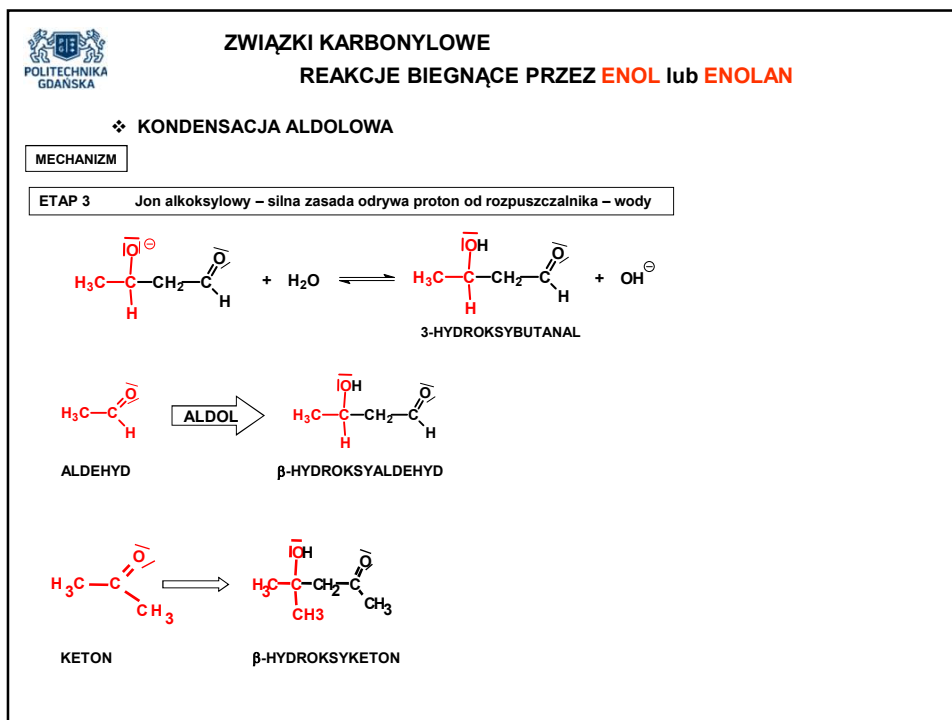
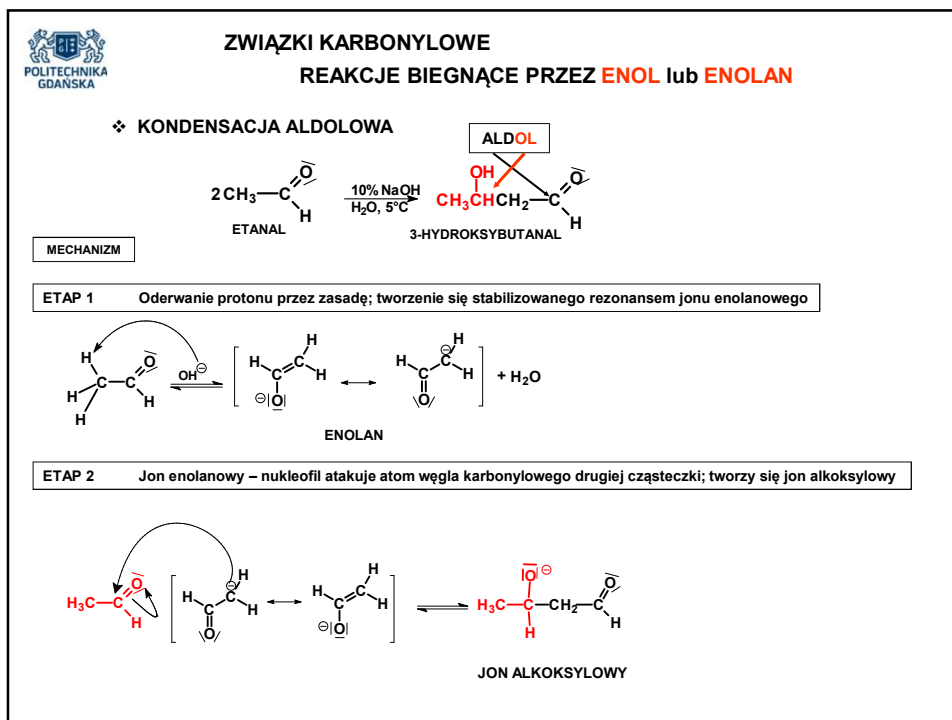


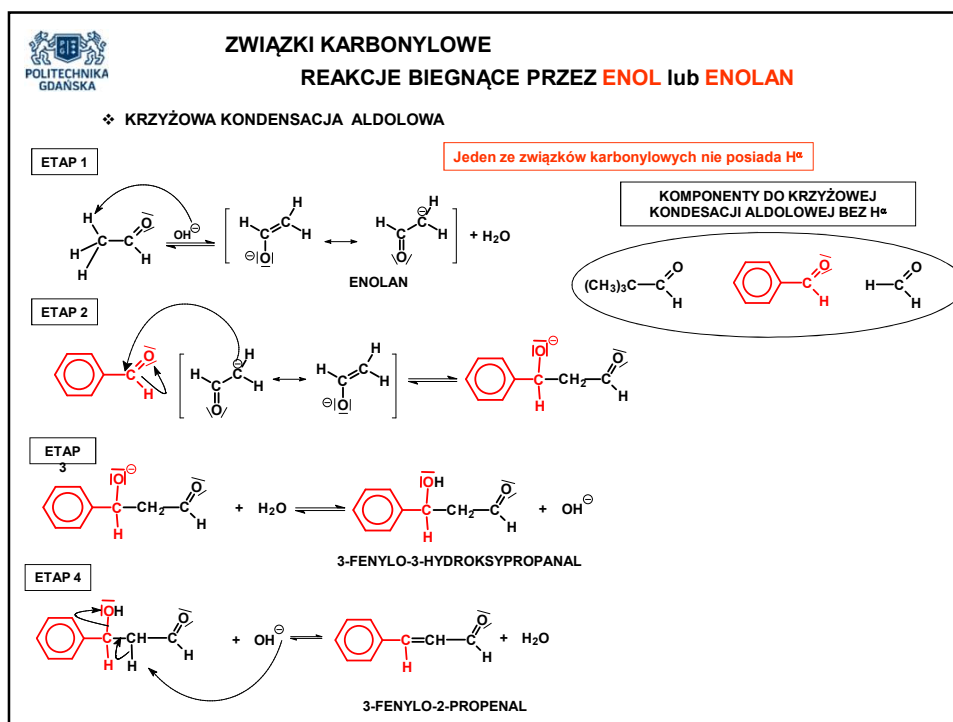
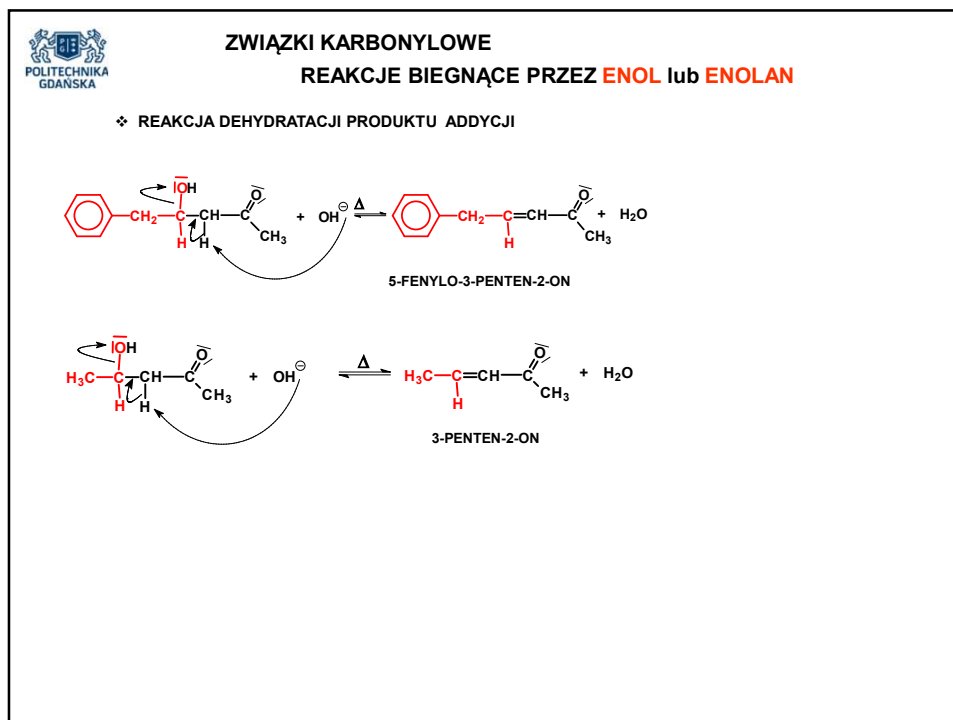


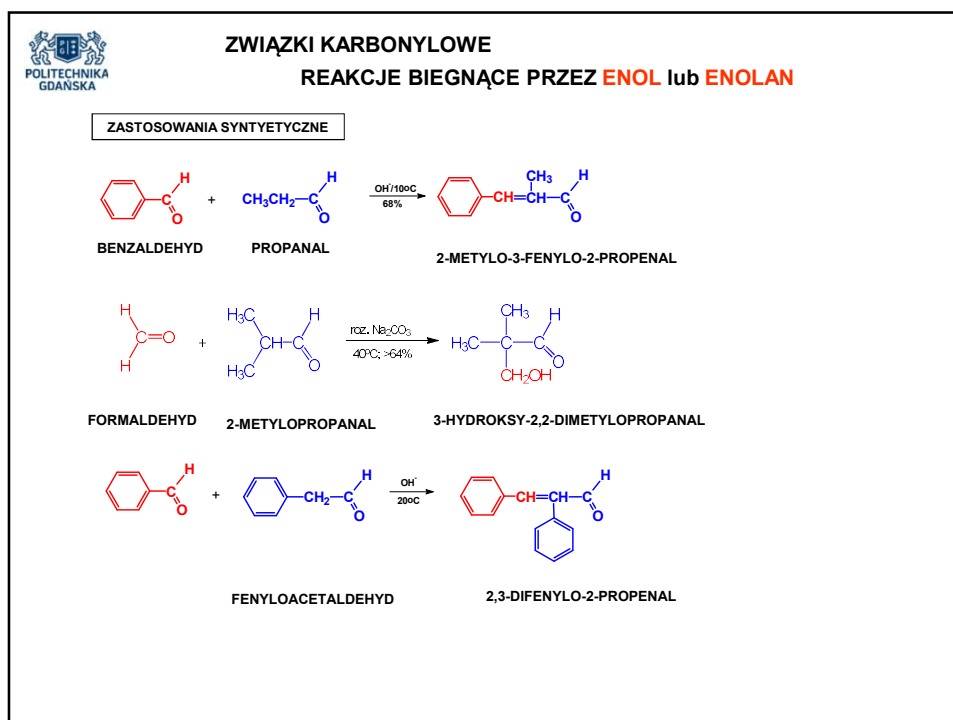
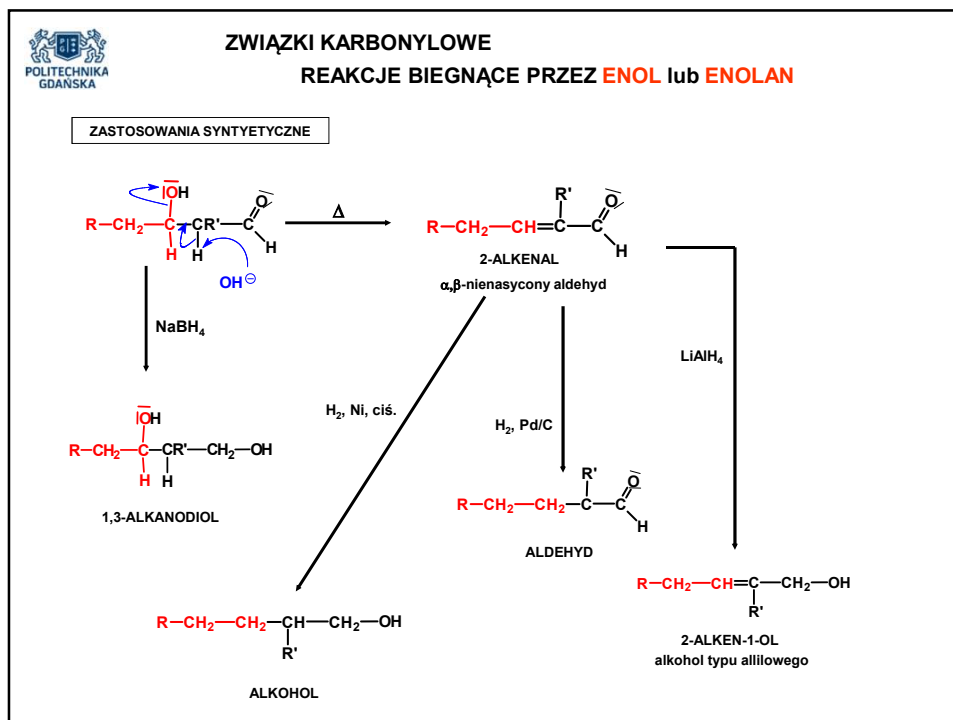


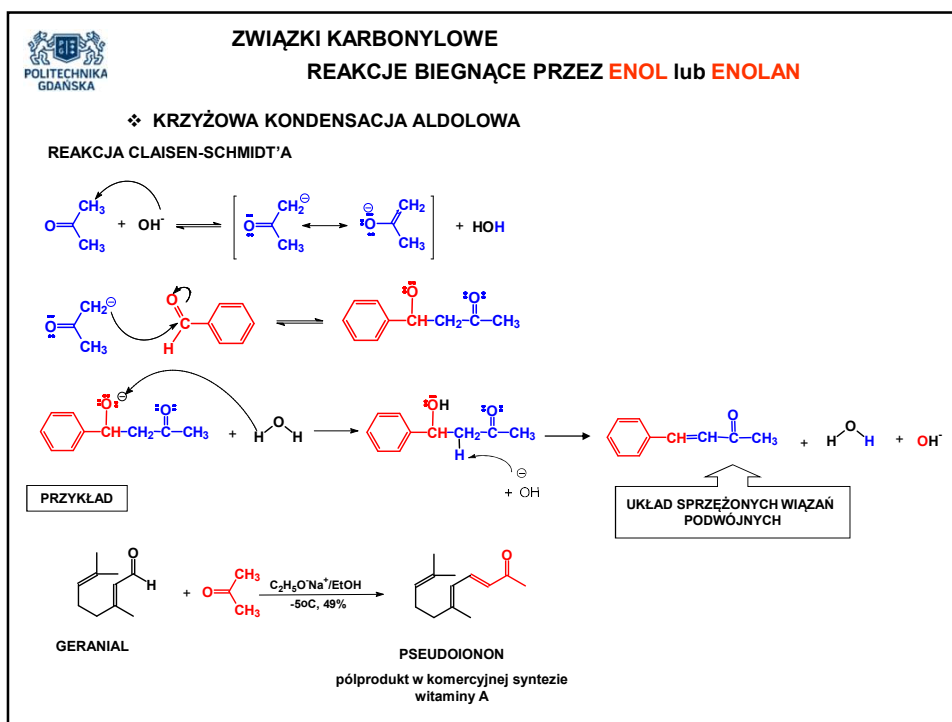
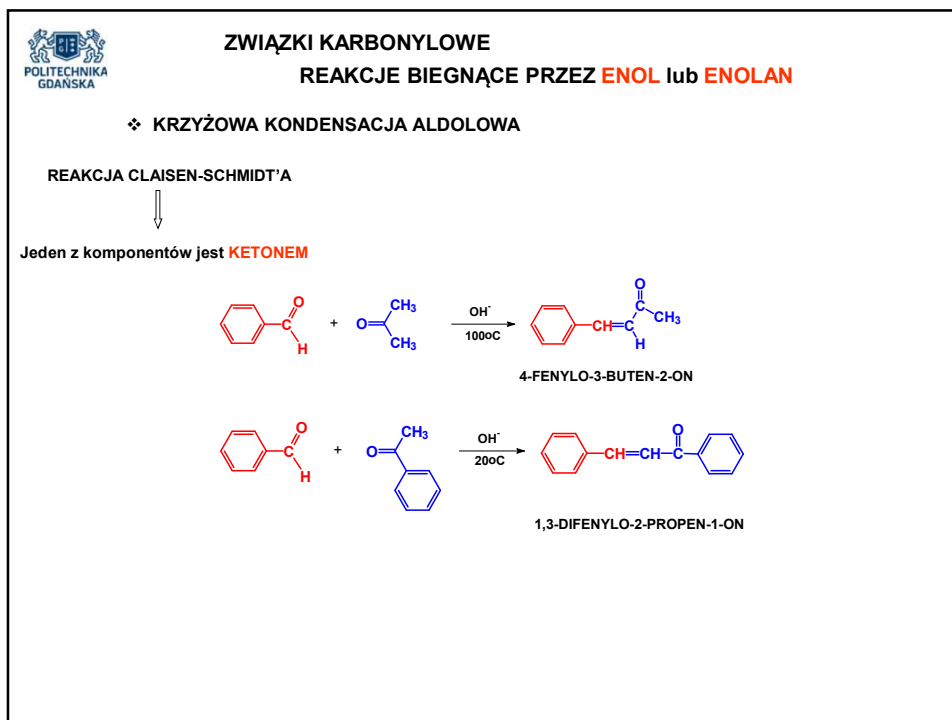


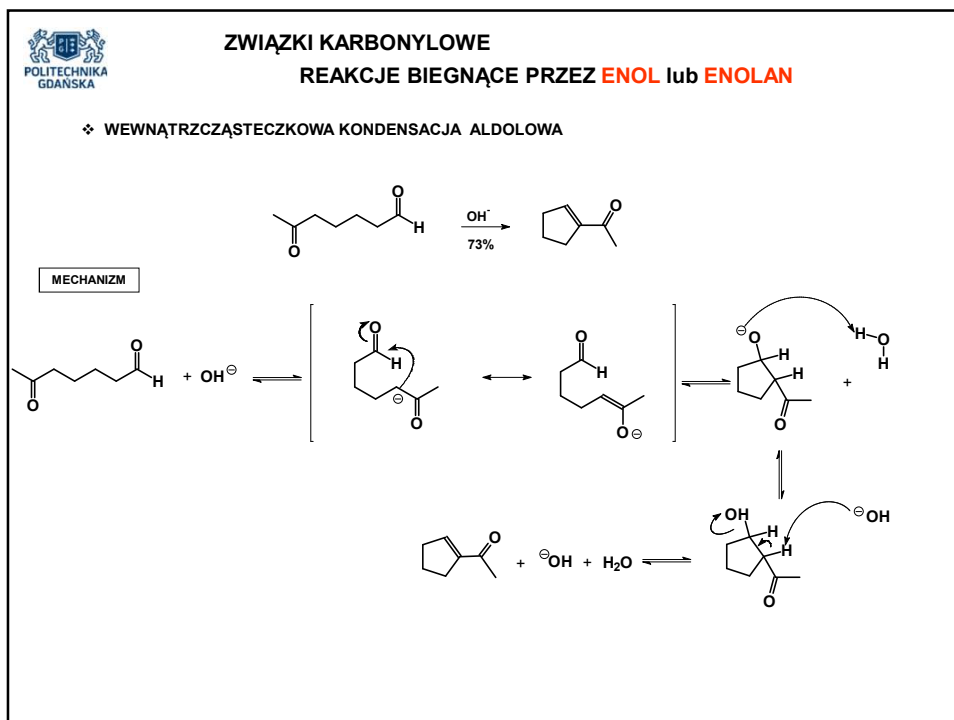
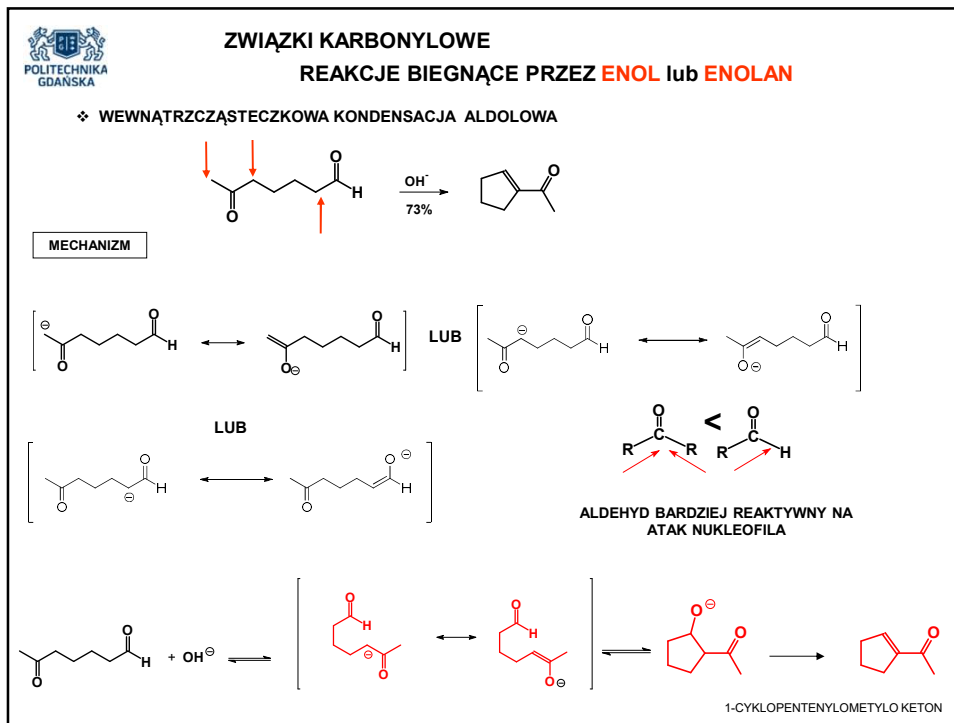


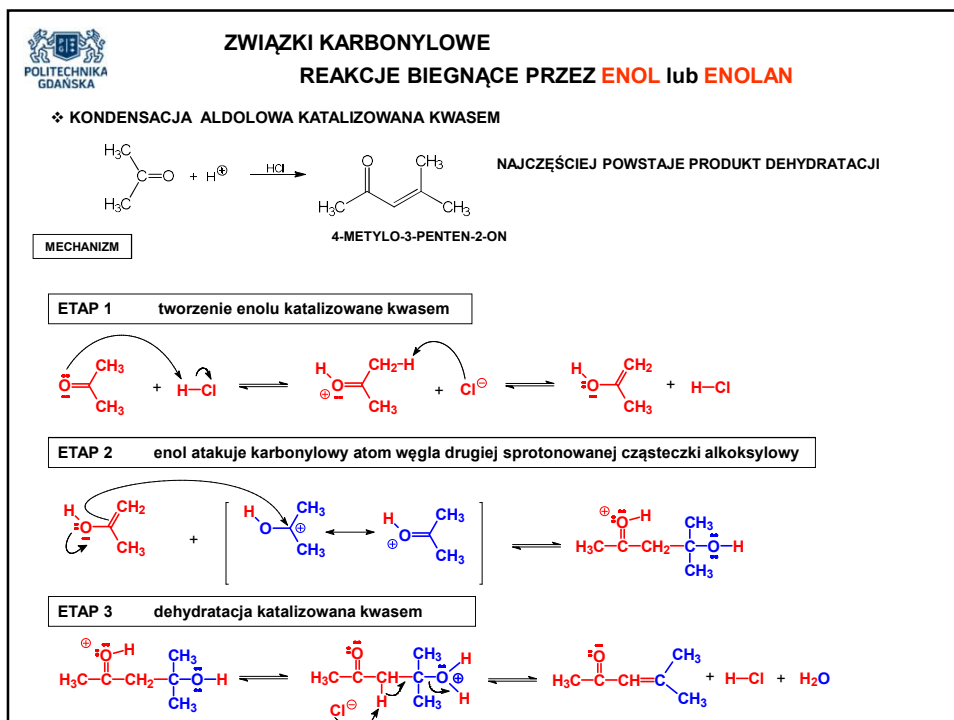
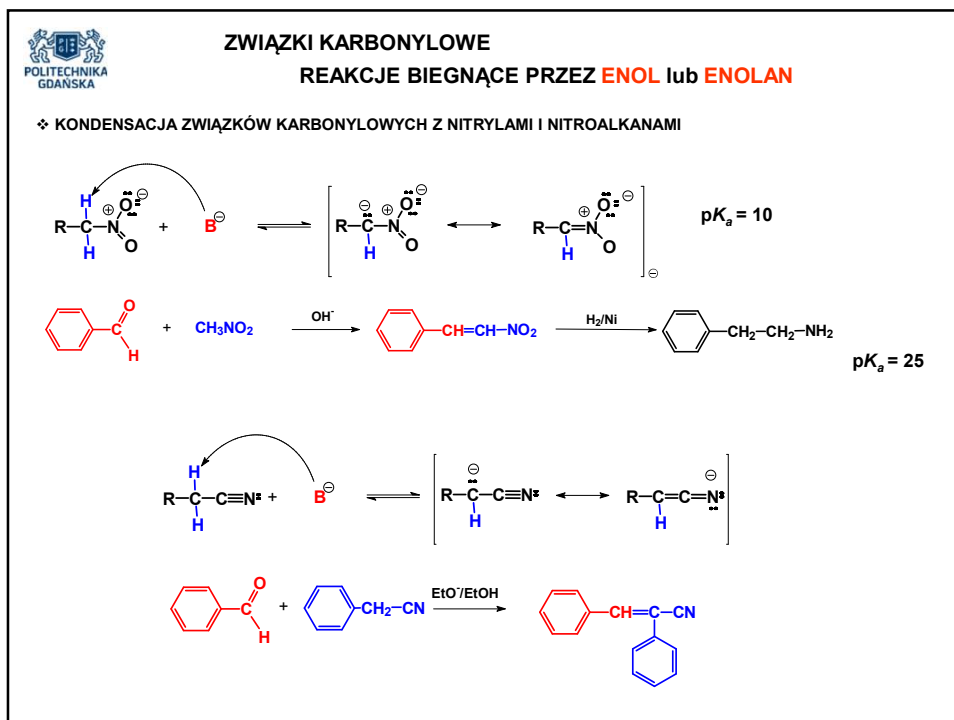














## REAKCJA KONDENSACJI ALDOLOWEJ

### PODSUMOWANIE

ALDEHYDY POSIADAJĄCE WODORY  $\alpha$  W ŚRODOWISKU ALKALICZNYM ULEGAJĄ

KONDENSACJI ALDOLOWEJ

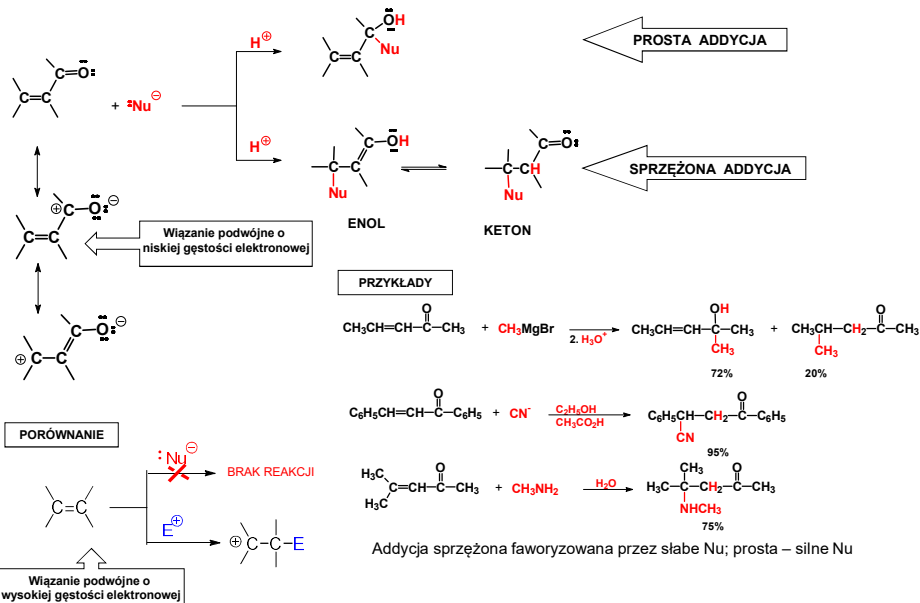
ALDEHYDY NIE POSIADAJĄCE WODORÓW  $\alpha$  W ŚRODOWISKU ALKALICZNYM ULEGAJĄ

REAKCJI CANNIZZARO

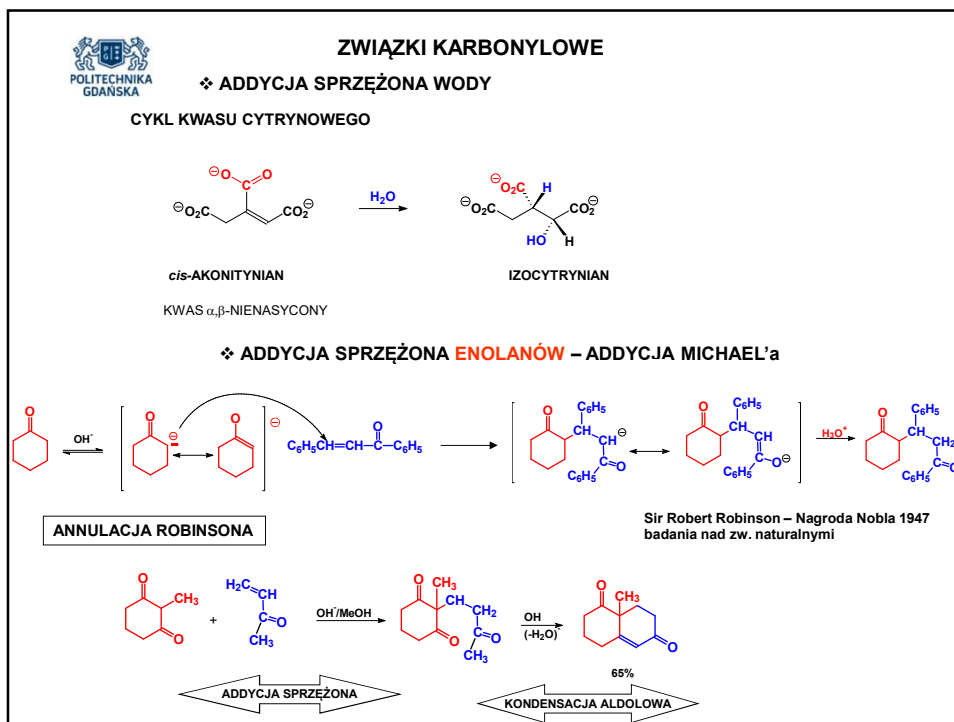
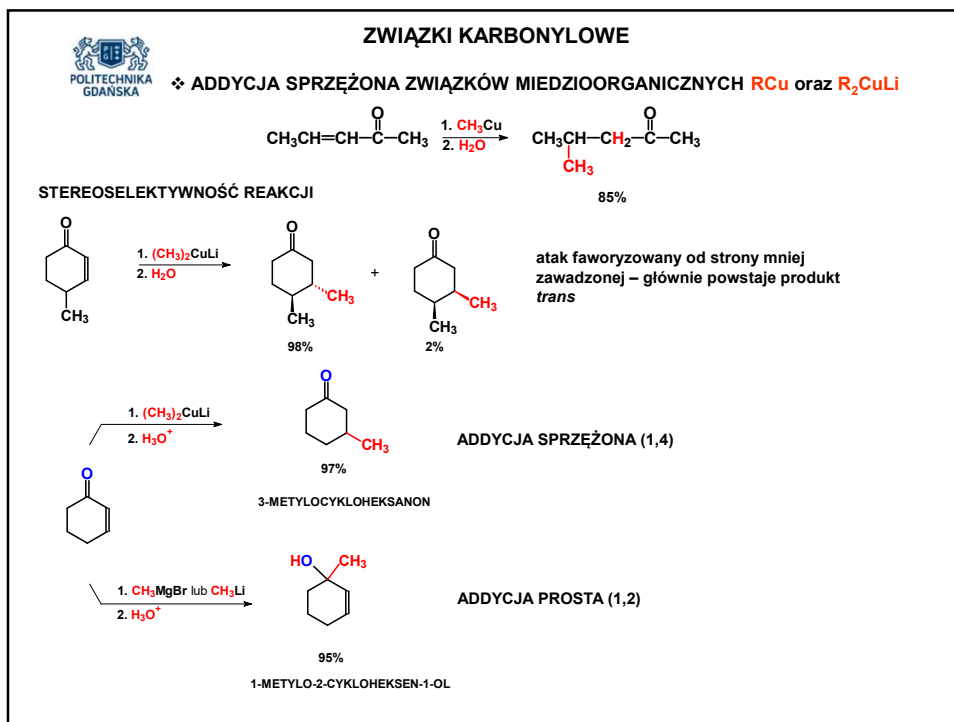


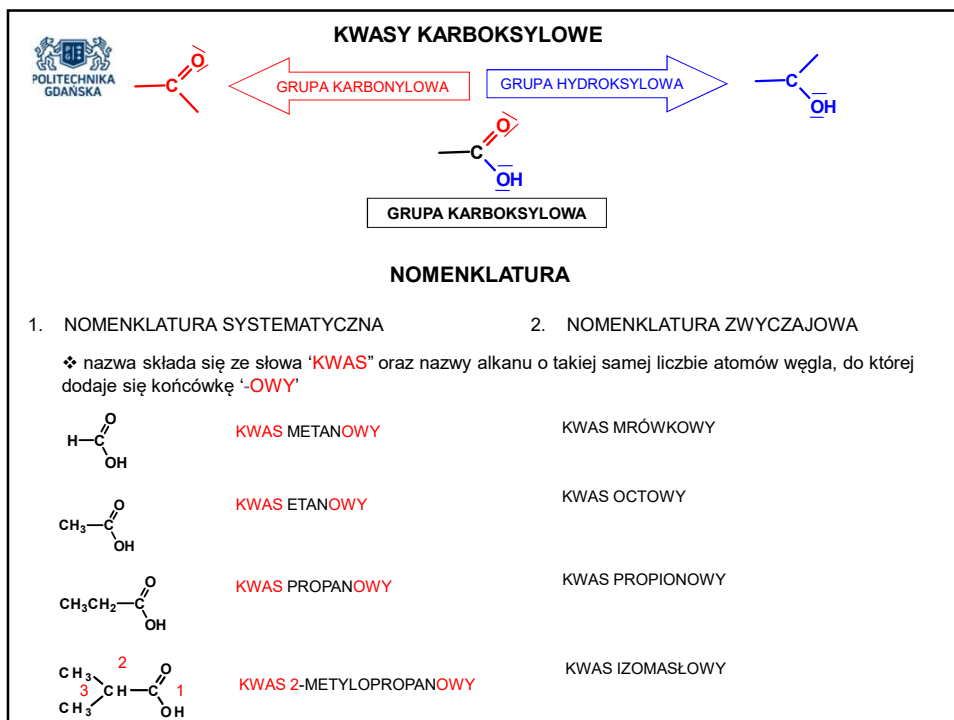
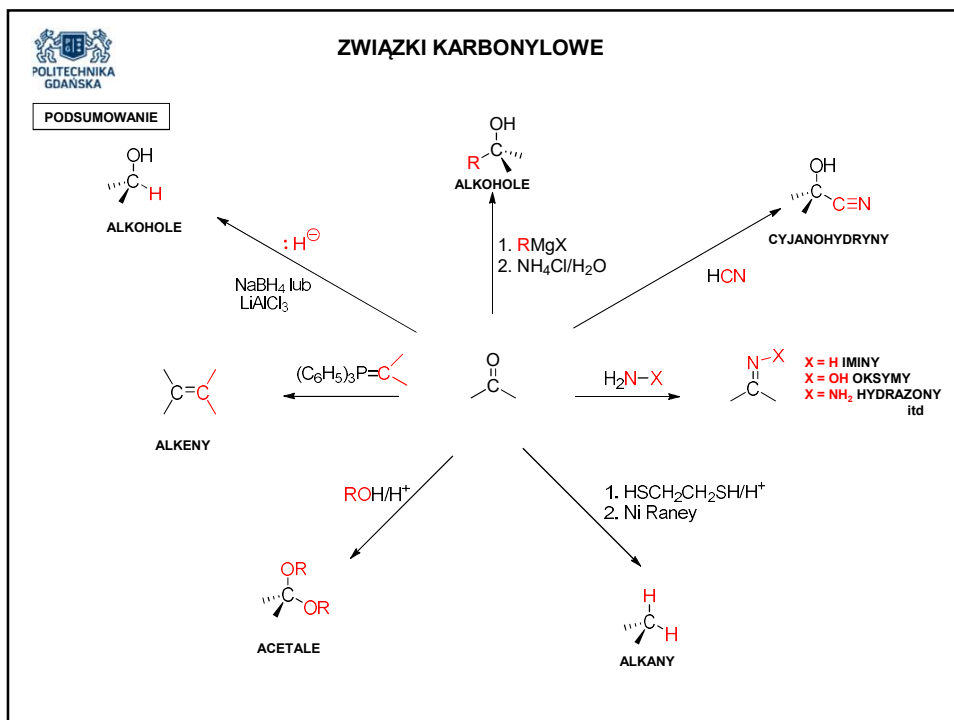
## ZWIĄZKI KARBONYLOWE

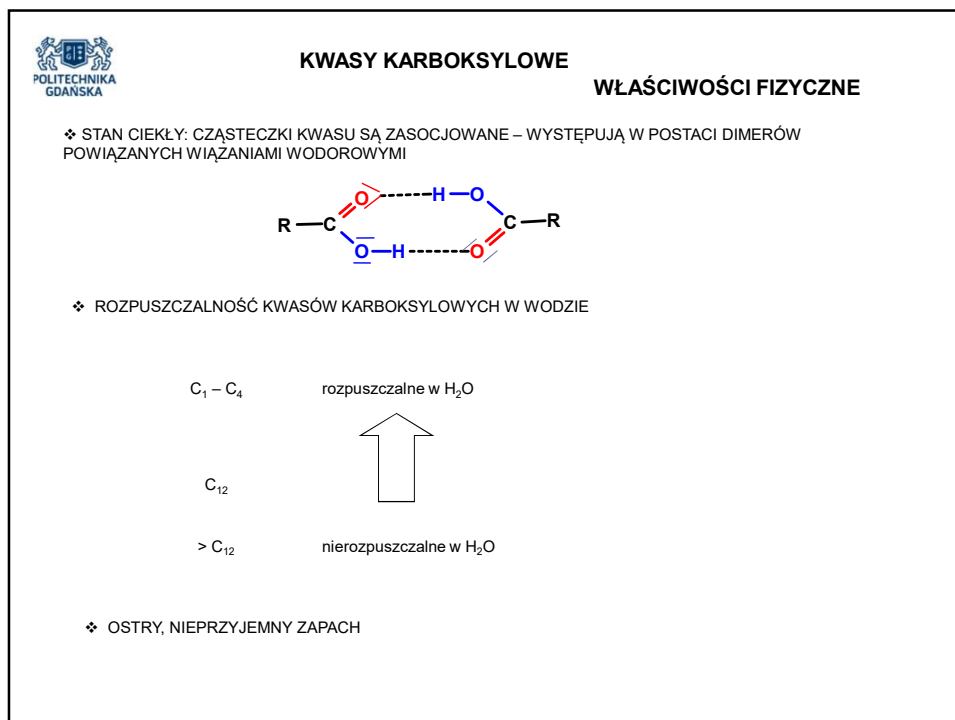
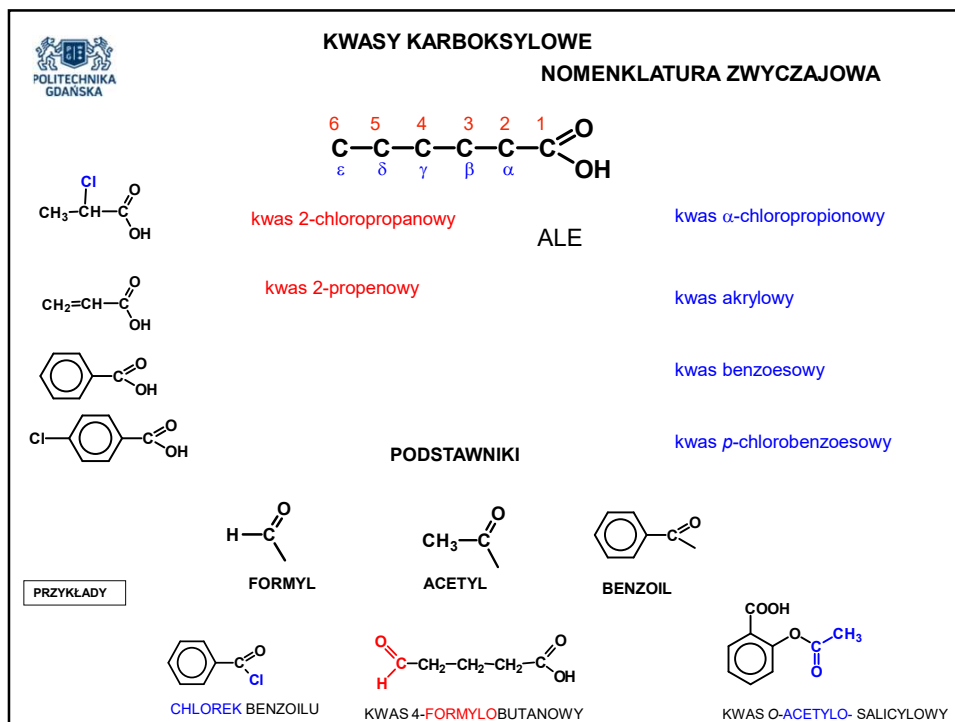
### ❖ ADDYCJA DO $\alpha,\beta$ -NIENASYCONYCH ZWIĄZKÓW KARBONYLOWYCH

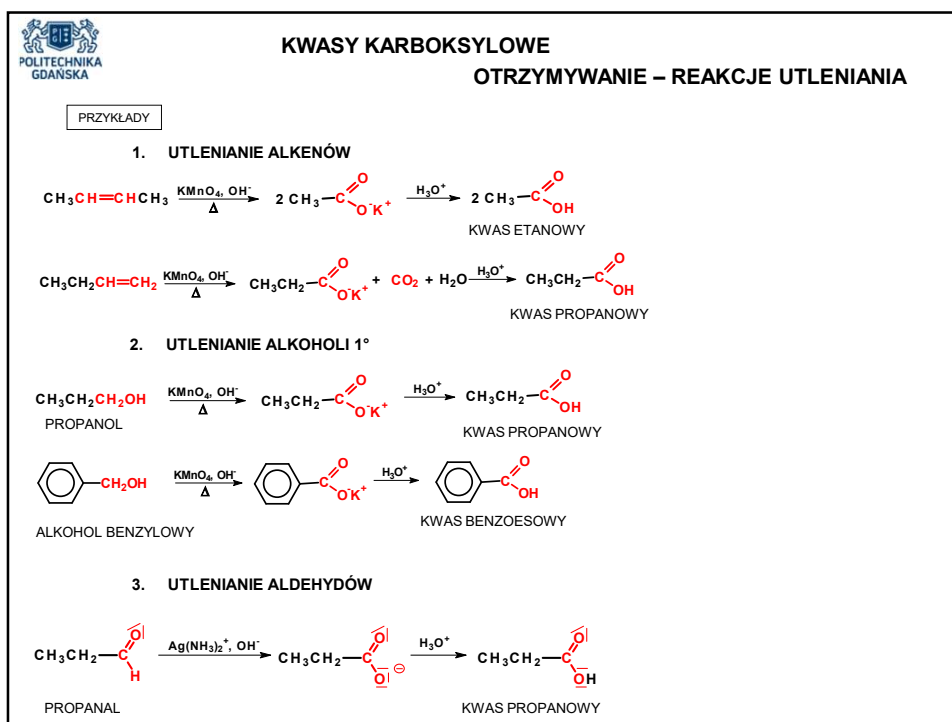
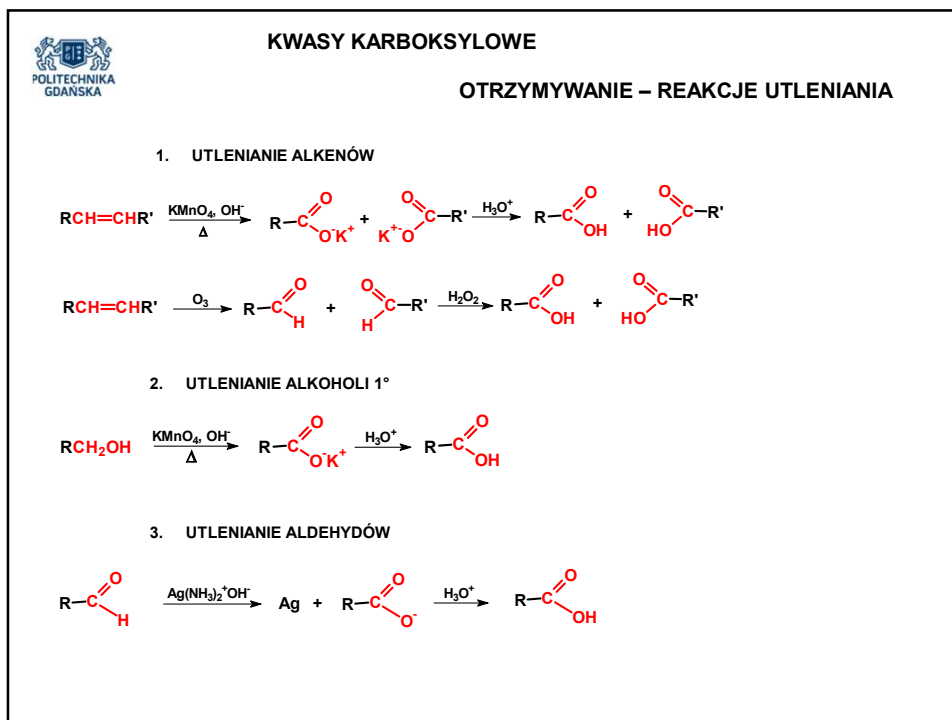


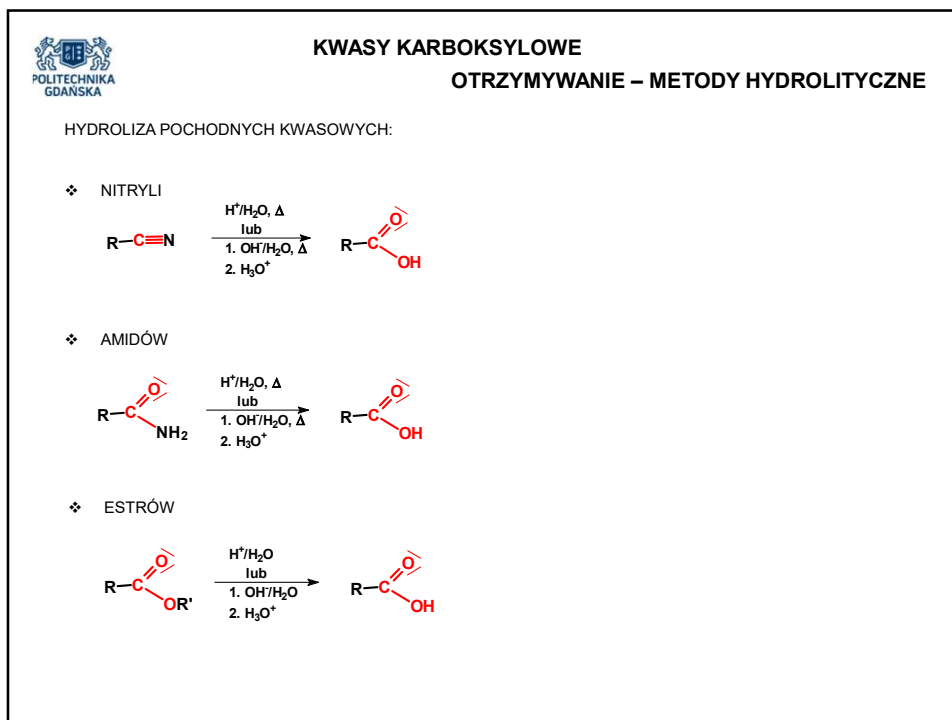
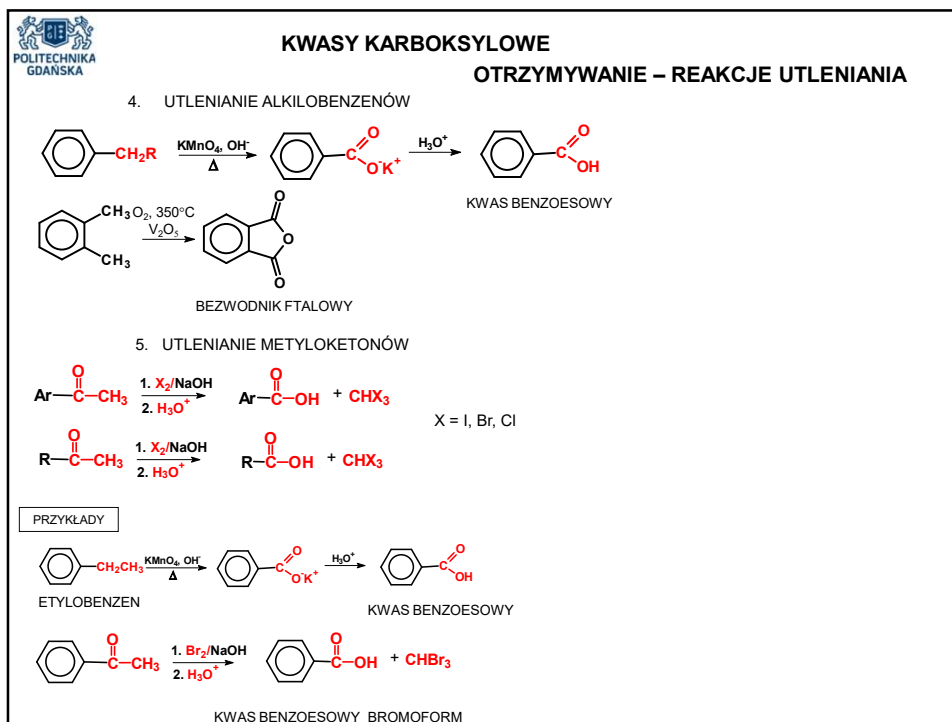


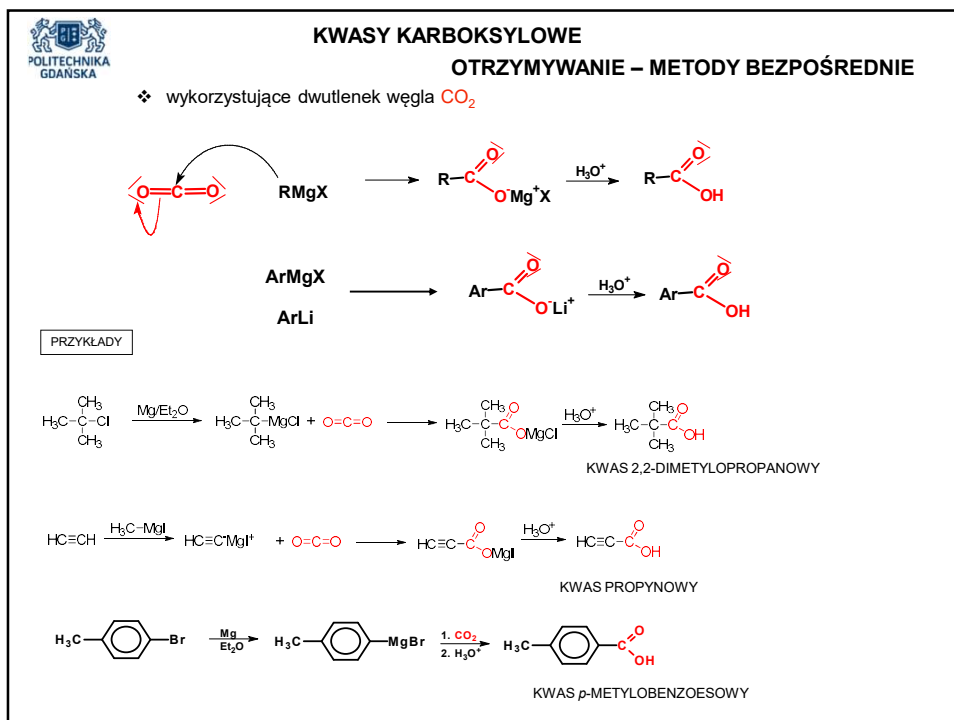
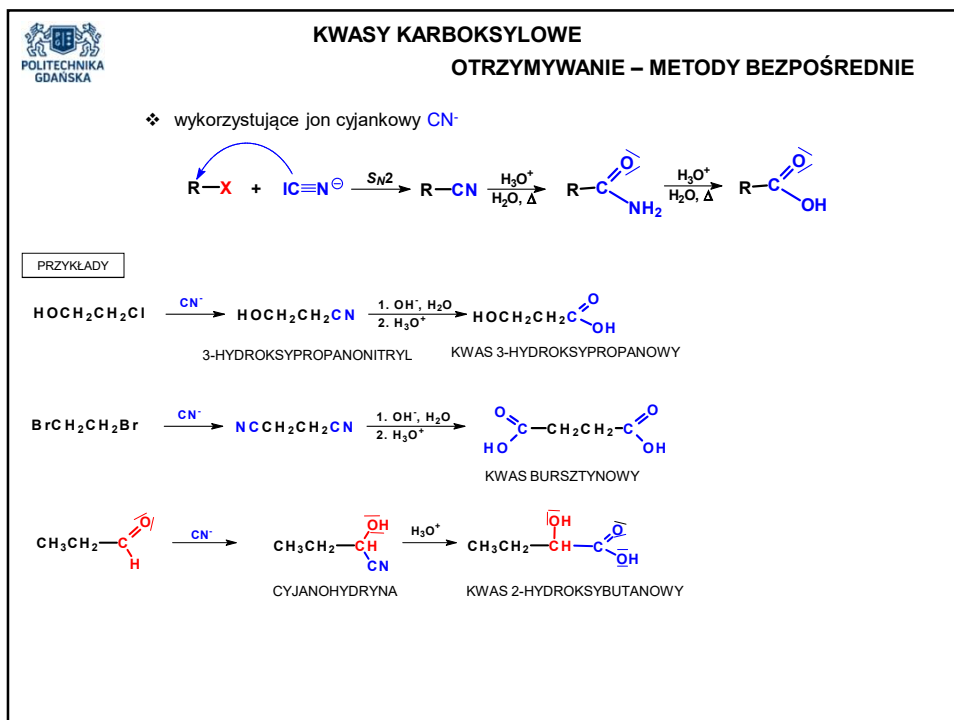


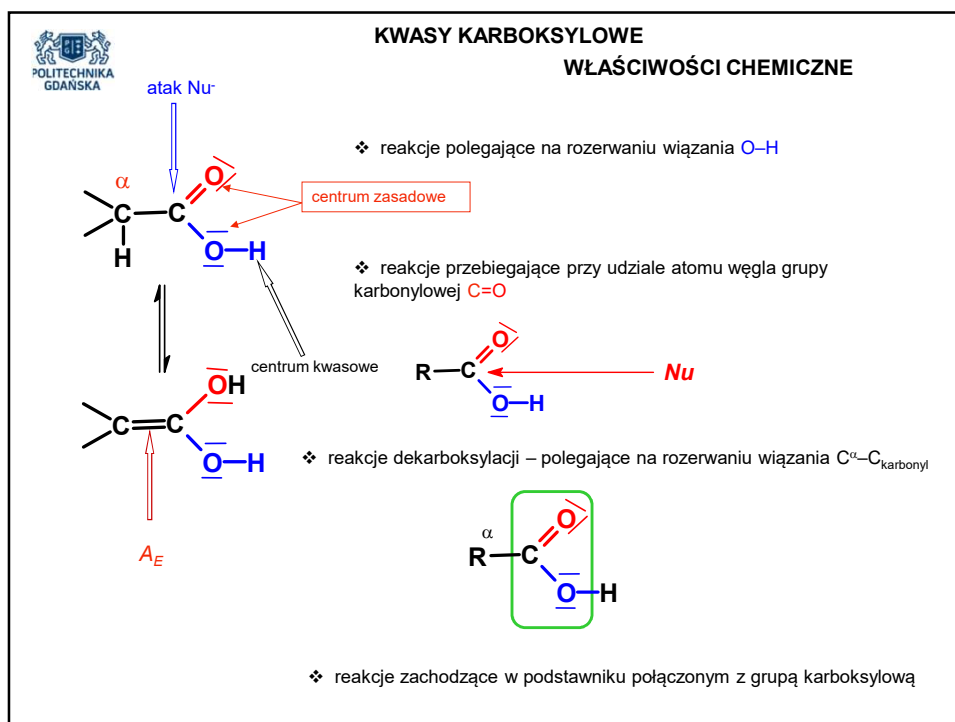
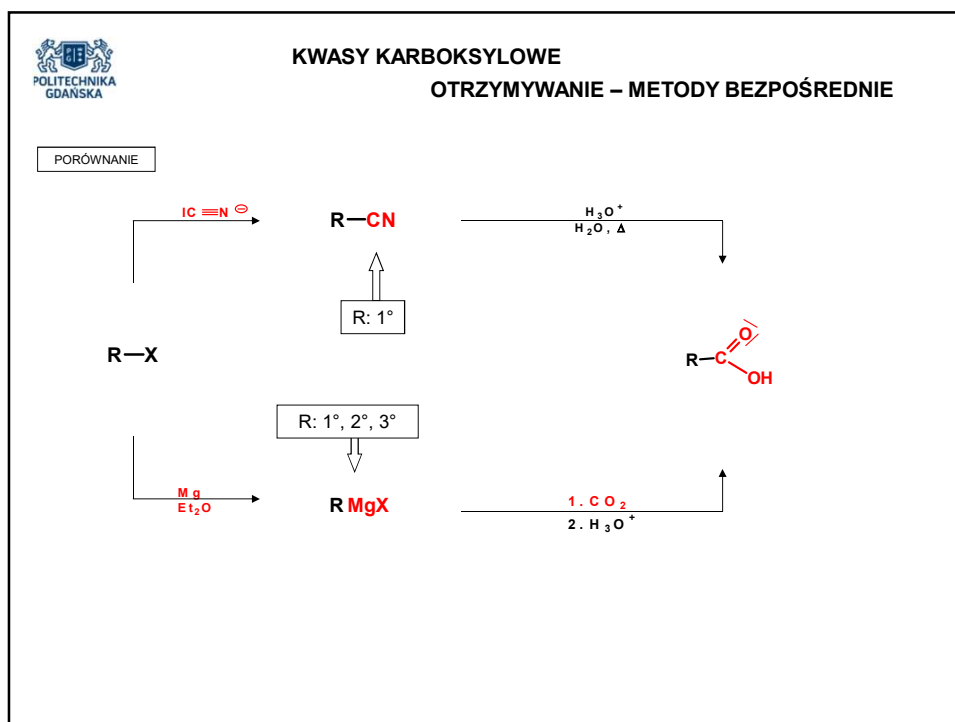












**KWASY KARBOKSYLOWE**  
**WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE – KWASOWOŚĆ KWASÓW**

❖ DYSOCJACJA KWASÓW

$$R-COOH + H_2O \xrightleftharpoons{K_a} R-COO^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[RCOO^-][H_3O^+]}{[RCOOH]} \quad \text{dla } CH_3COOH \quad K_a = 1.75 \times 10^{-5} \quad pK_a = 4.75$$

❖ TWORZENIE SOLI

c1ccccc1C(=O)O + NaOH  $\xrightarrow{H_2O}$  c1ccccc1C(=O)[O-][Na+] + H<sub>2</sub>O  
c1ccccc1C(=O)O + NaHCO<sub>3</sub>  $\xrightarrow{H_2O}$  c1ccccc1C(=O)[O-][Na+] + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>

c1ccccc1C(=O)O > H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > c1ccccc1O > R-OH

PORÓWNANIE

**KWASY KARBOKSYLOWE**  
**WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE – KWASOWOŚĆ KWASÓW**

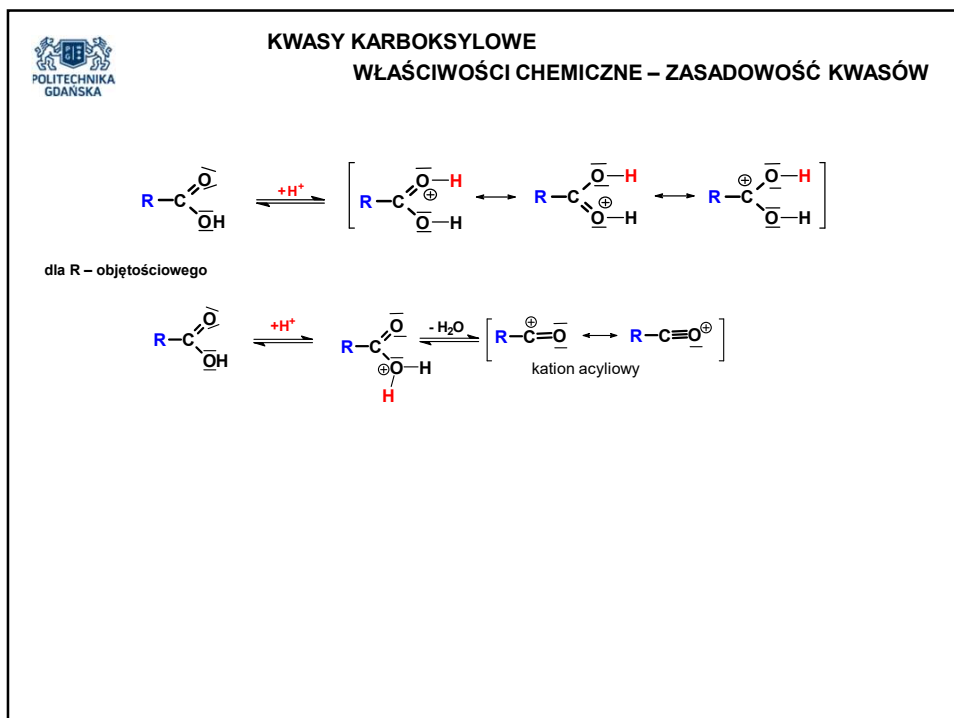
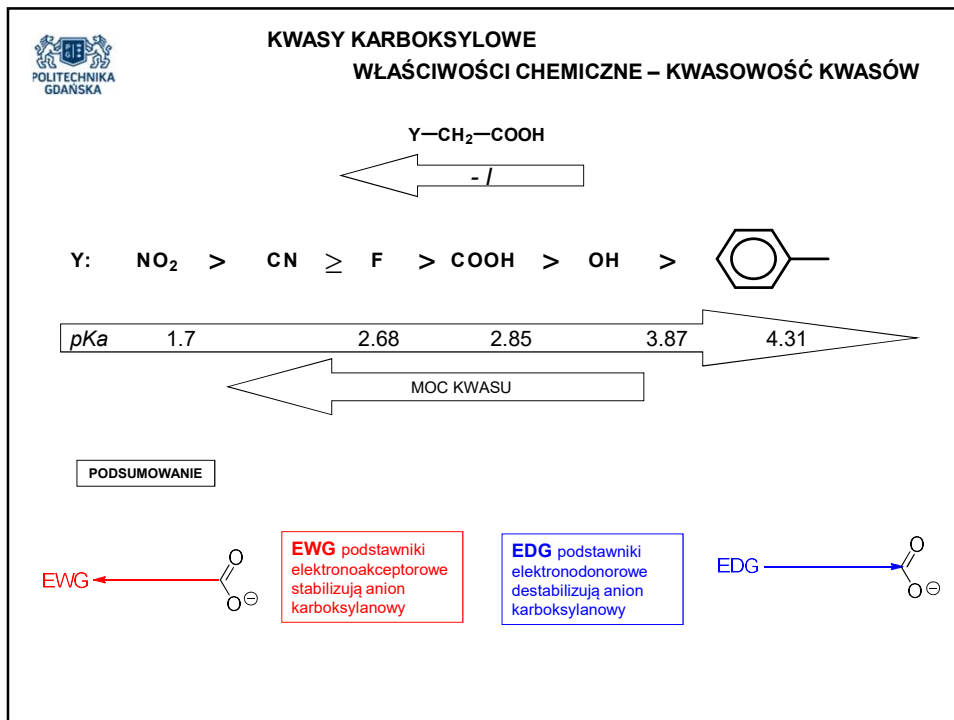
ClC(Cl)(Cl)C(=O)O > ClC(Cl)C(=O)O > ClCC(=O)O > CC(=O)O  
*pKa* 0.70 1.48 2.86 4.75

CC(Cl)C(=O)O > CC(C)C(=O)O > CCC(=O)O  
*pKa* 2.86 4.05 4.50

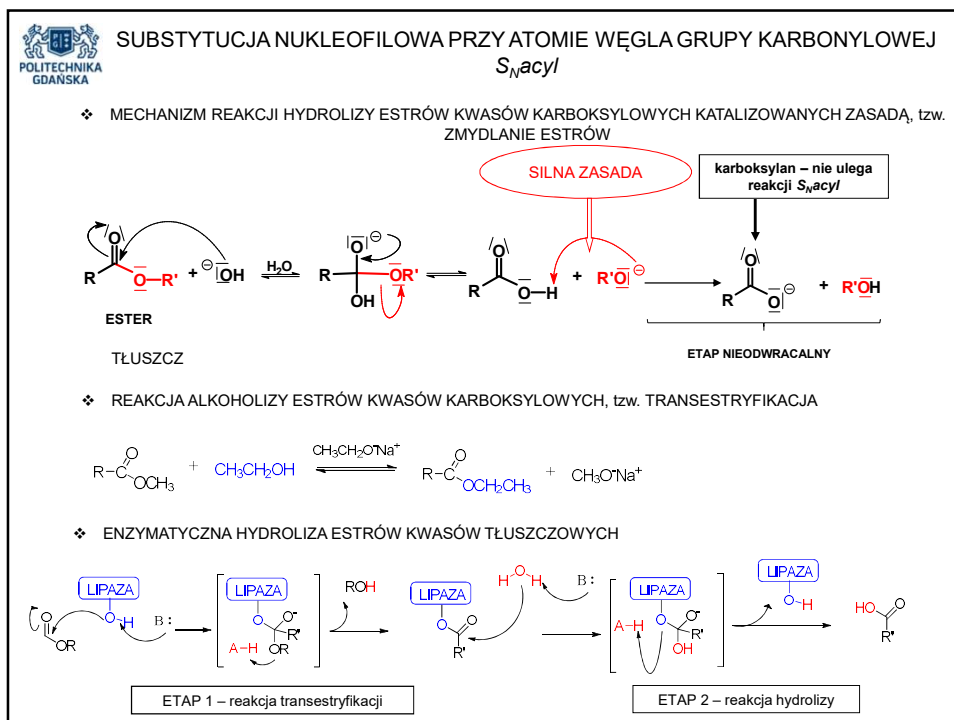
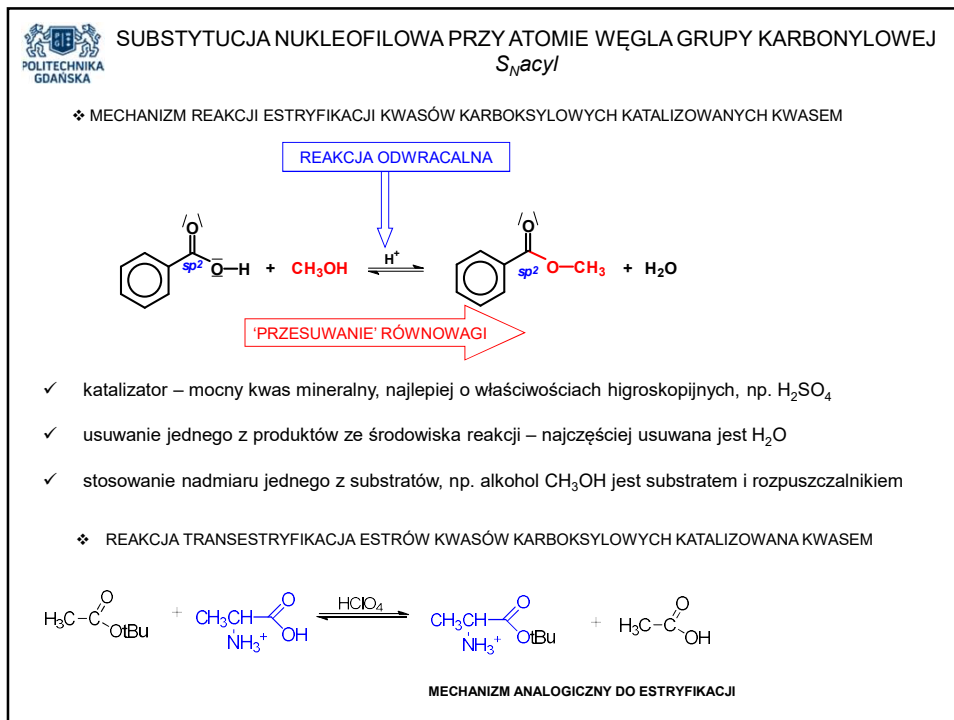
<b>+I</b>	<i>pKa</i>		<b>-I</b>	<i>pKa</i>	<b>MOC KWASU</b>
H-COOH	3.75	↑ MOC KWASU	H-CH <sub>2</sub> -COOH	4.7	↓ MOC KWASU
CH <sub>3</sub> -COOH			I-CH <sub>2</sub> -COOH		
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -COOH			Br-CH <sub>2</sub> -COOH		
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH-COOH	4.85		Cl-CH <sub>2</sub> -COOH	2.68	
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C-COOH			F-CH <sub>2</sub> -COOH		

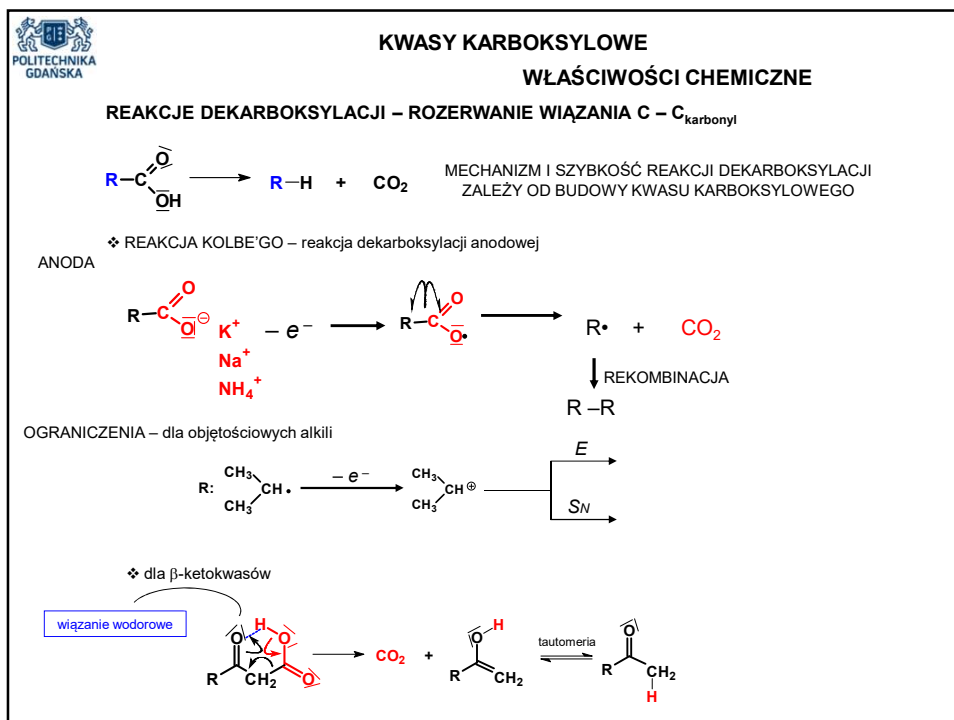
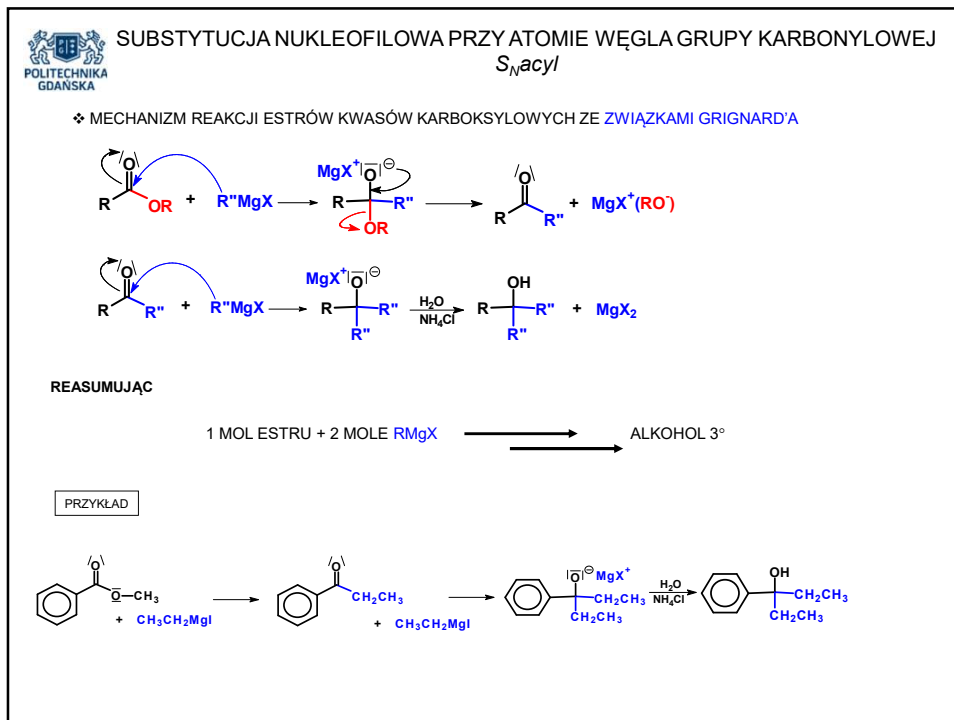
CC(C)C(=O)[O-] ← destabilizacja anionu → ClCC(=O)[O-] ← stabilizacja anionu








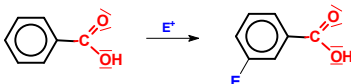




 **KWASY KARBOKSYLOWE**  
**WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE**

**REAKCJE ZACHODZĄCE W PODSTAWNIKU POŁĄCZONYM Z GRUPĄ KARBOKSYLOWĄ**

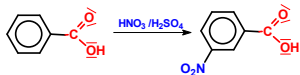
❖ dla aromatycznych kwasów karboksylowych




grupa  $-\text{COOH}$  efekt  $-I$  ZMNIEJSZANIE GĘSTOŚCI ELEKTRONOWEJ W PIERŚCIENIU

grupa  $-\text{COOH}$  efekt  $-M$  KIERUJE PODSTAWNIK W POZYCJĘ *meta*-

PRZYKŁADY



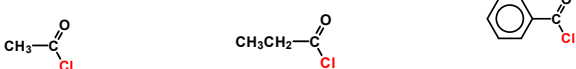
KWAS BENZOESOWY      KWAS *m*-NITROBENZOESOWY

 **ACYLOWE POCHODNE KWASOWE**       $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}$  ACYL

zawierają w swojej strukturze ugrupowanie acylowe; ulegają reakcji hydrolizy, której produktem jest kwas karboksylowy

$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{X}$       X: Cl, Br

**HALOGENKI KWASOWE**




CHLOREK ACETYLU      CHLOREK PROPANOILU      CHLOREK BENZOILU

❖ w nazwie kwasu wymienia się końcówkę  $-\text{owy}$  na  $-\text{oilu}$  i dodaje słowo 'chlorek'

KWAS BUTANOWY       $\longrightarrow$       CHLOREK BUTANOILU

$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}$

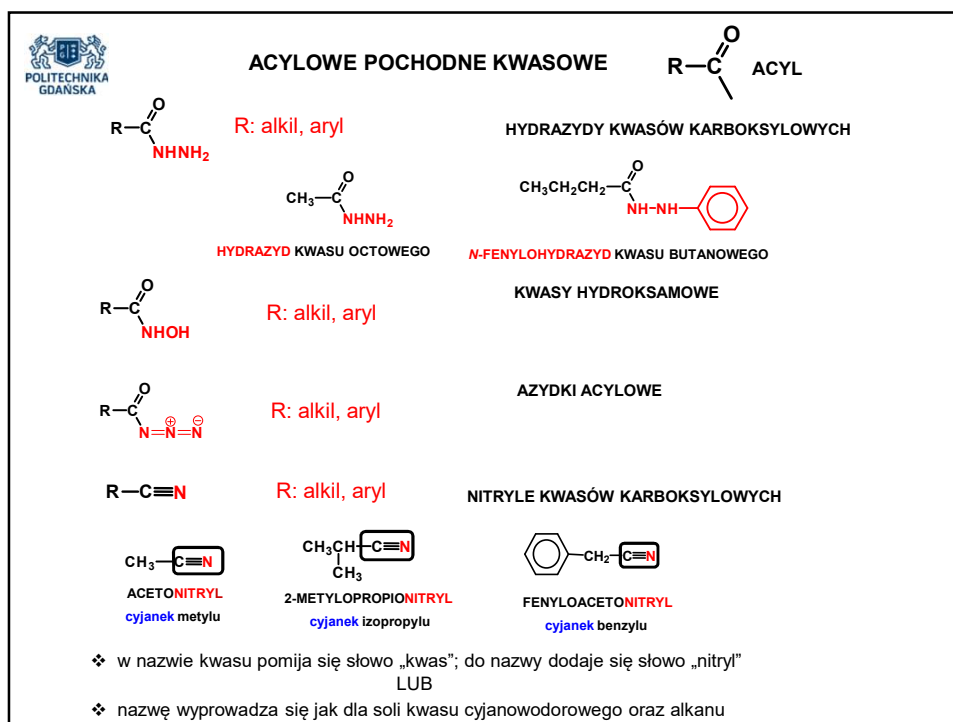
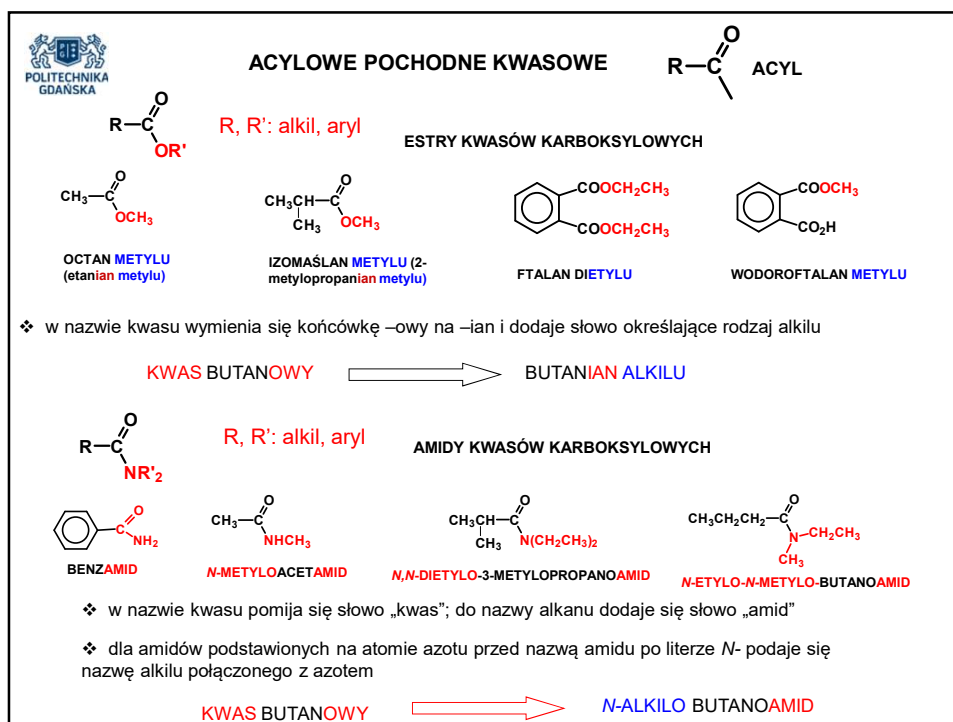
**BEZWODNIKI KWASOWE**

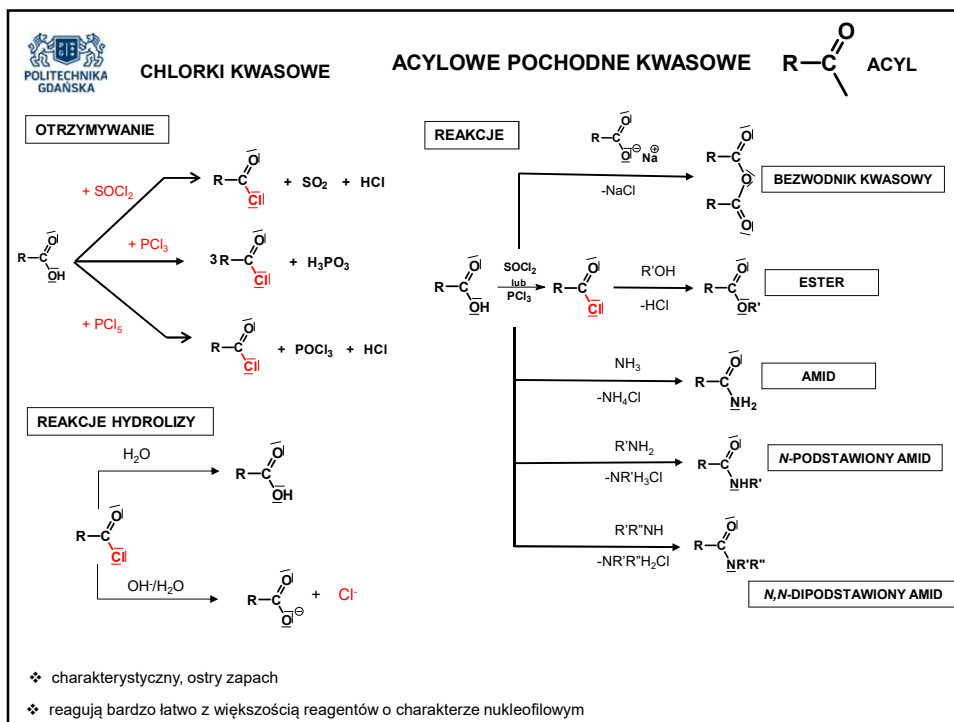
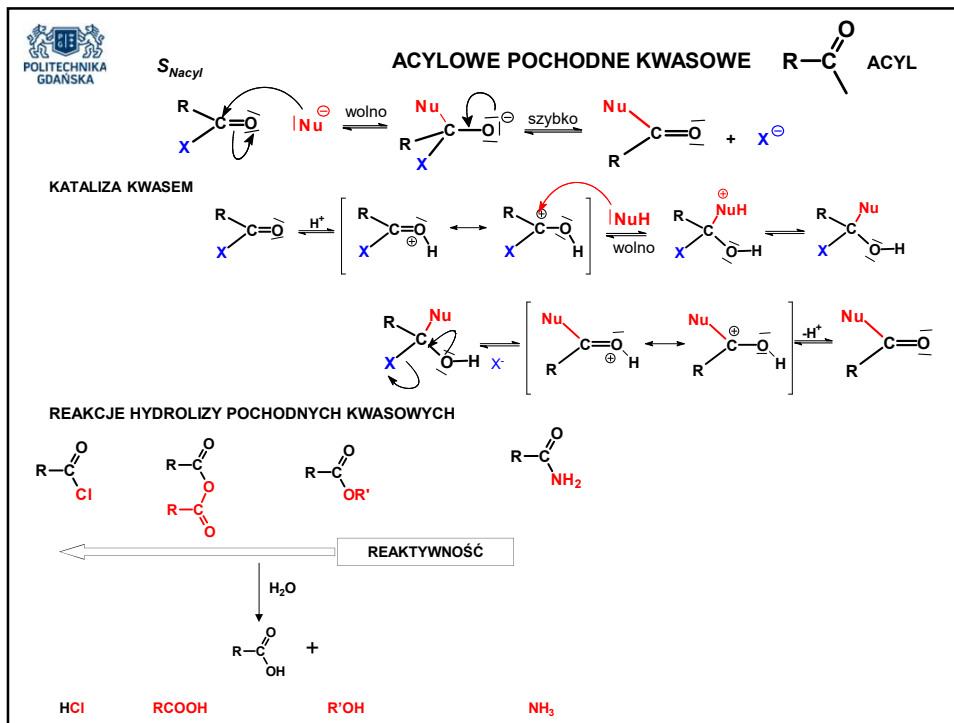


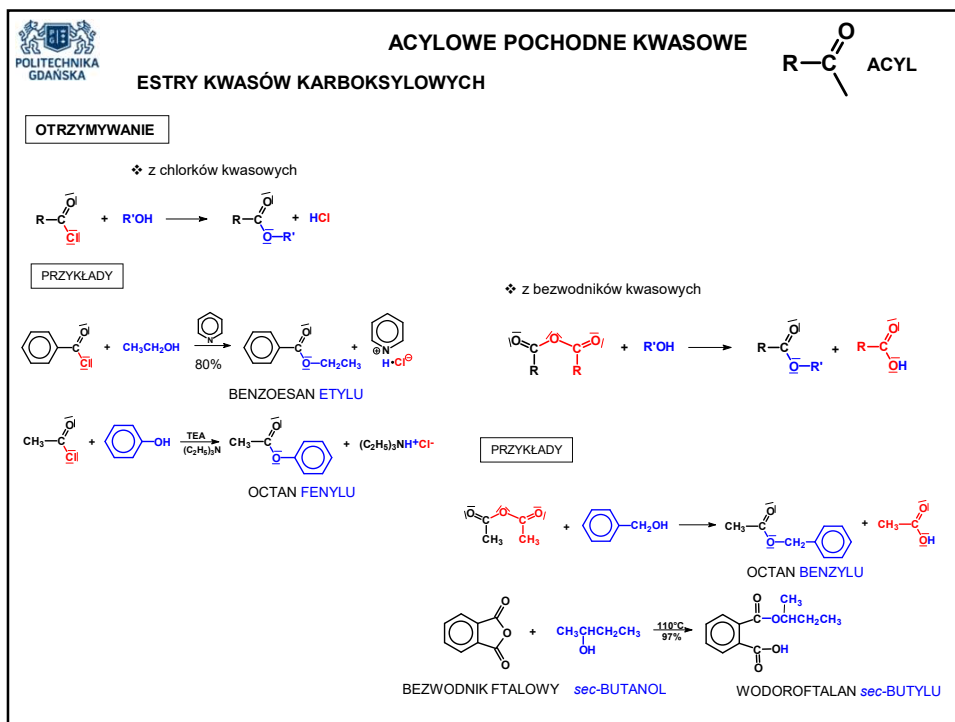
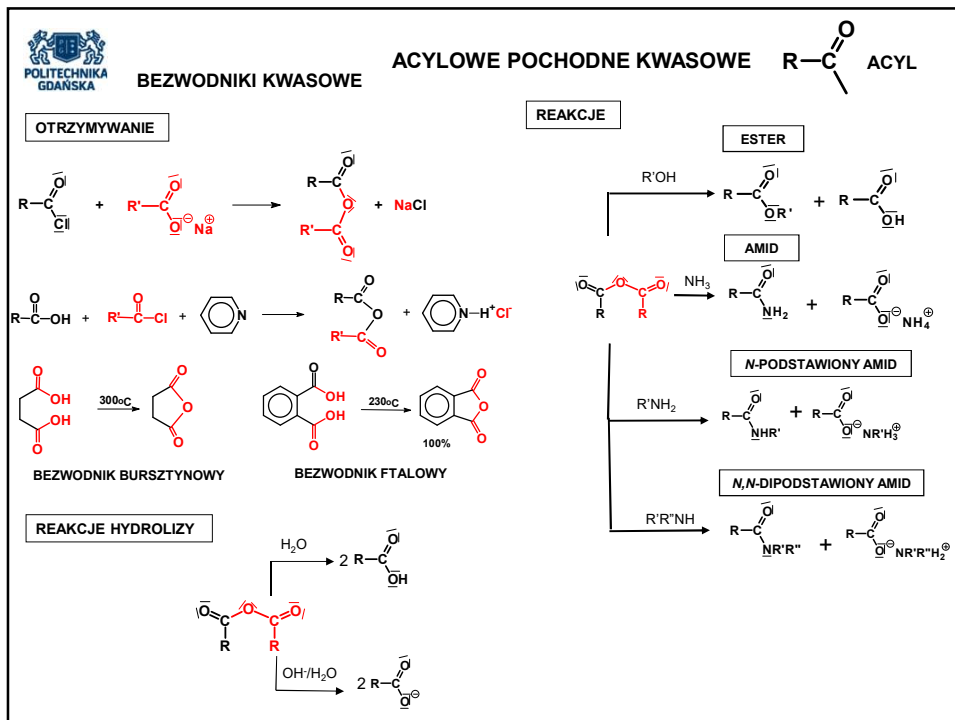
BEZWODNIK OCTOWY (bezwodnik etanowy)      BEZWODNIK FTALOWY      BEZWODNIK BURSZTYNOWY      BEZWODNIK MALEINOWY

❖ w nazwie kwasu wymienia się słowo „kwas” na „bezwodnik”

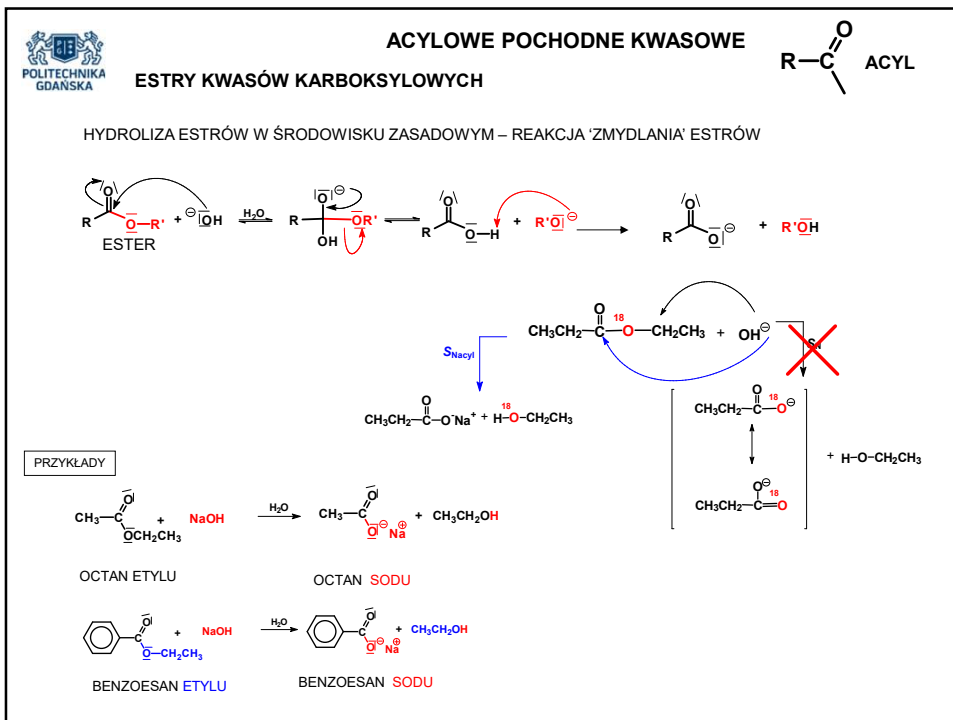
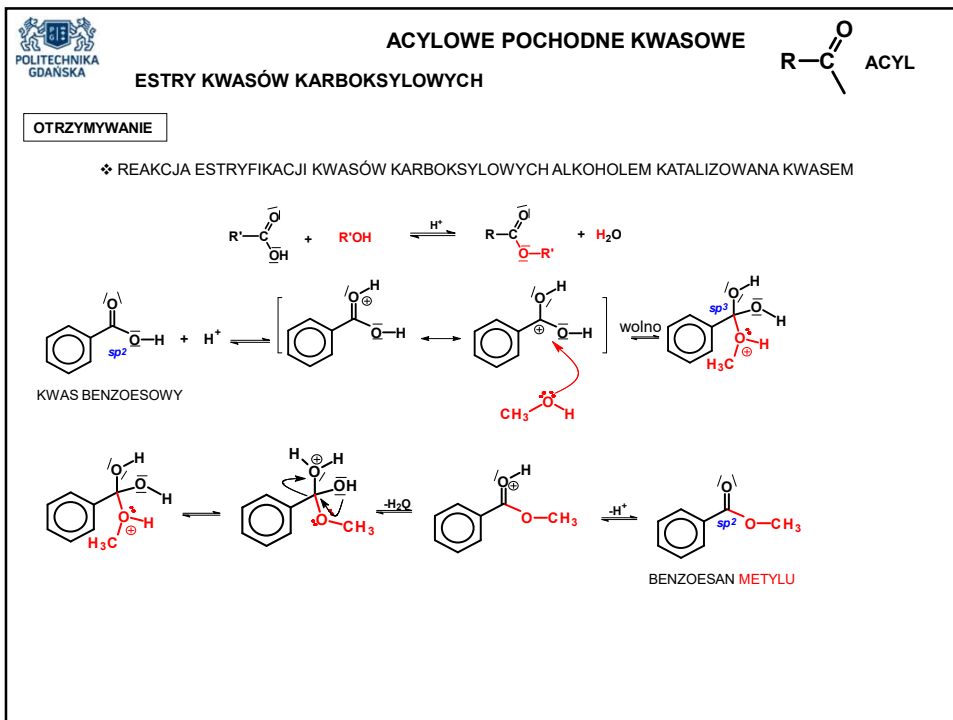
KWAS BUTANOWY       $\longrightarrow$       BEZWODNIK BUTANOWY

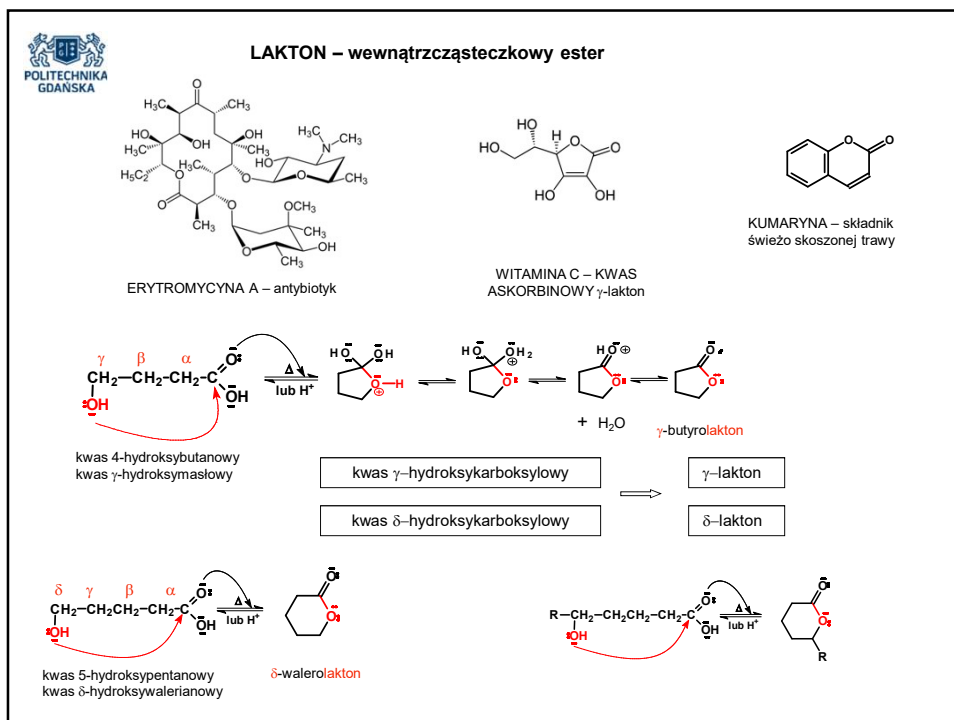
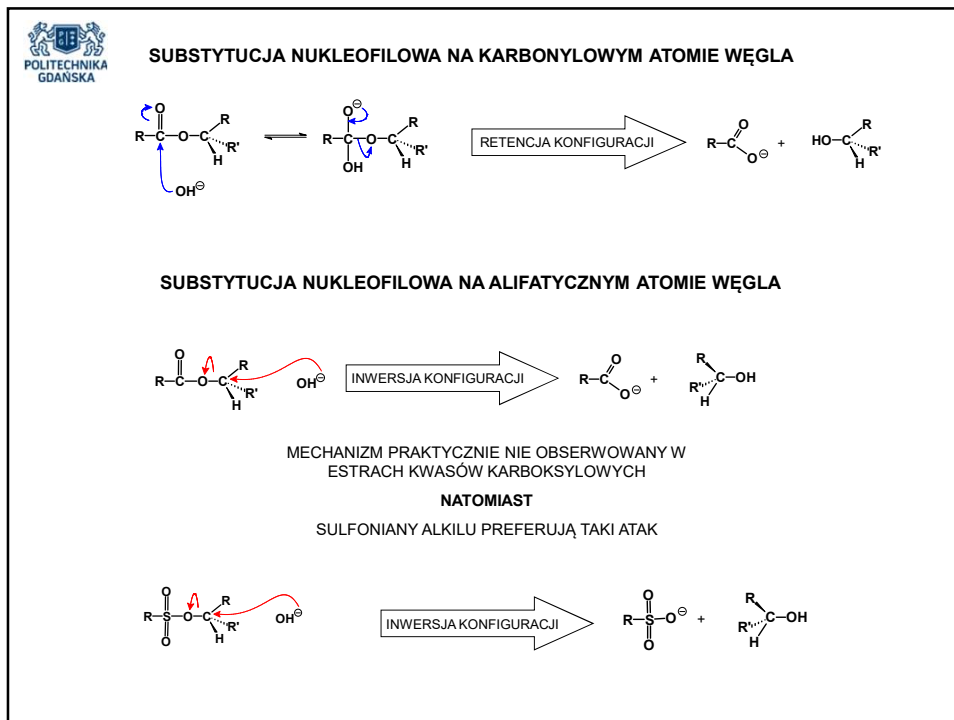


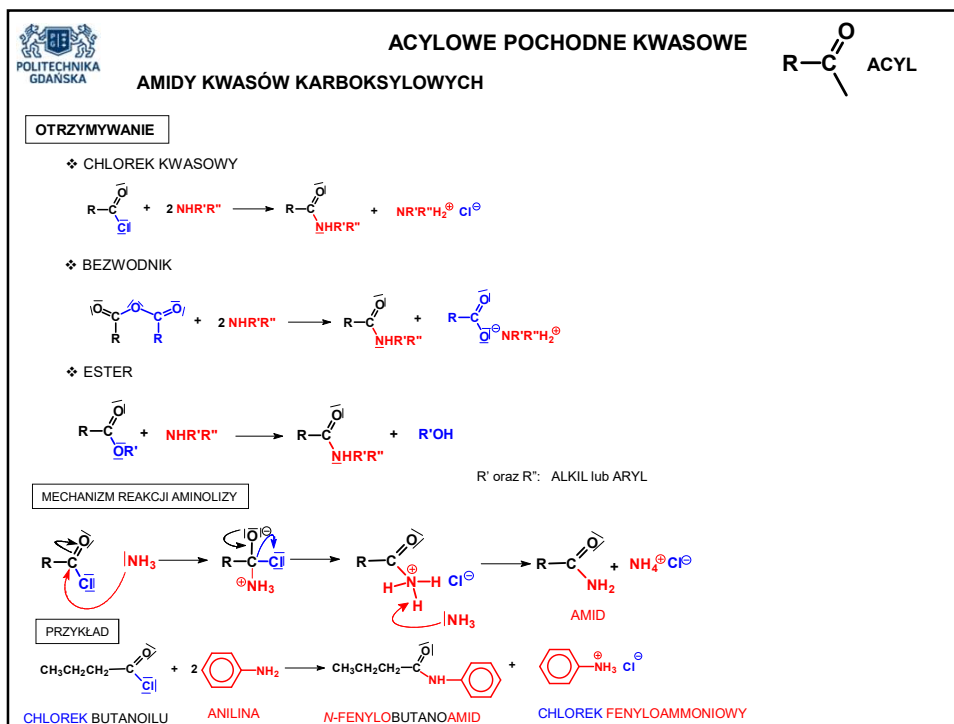
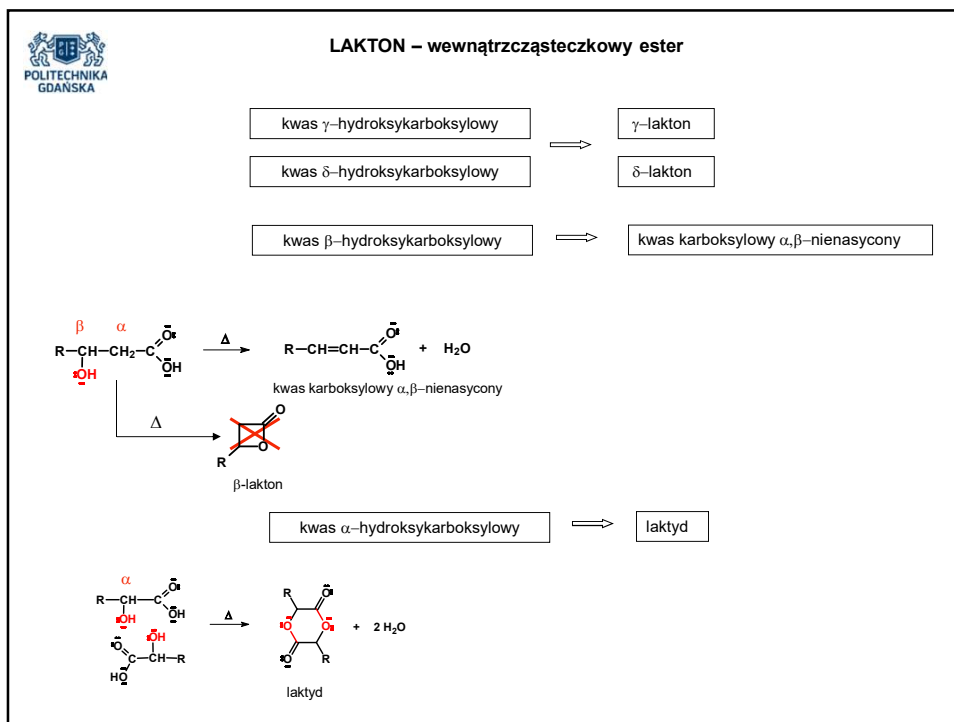












**ACYLOWE POCHODNE KWASOWE**  $R-C(=O)$  ACYL

**AMIDY KWASÓW KARBOKSYLOWYCH**

**OTRZYMYWANIE**

❖ OTRZYMYWANIE AMIDÓW 1°

$$R-C(=O)OH + NH_3 \rightleftharpoons R-C(=O)O^- NH_4^+ \xrightarrow{\Delta} R-C(=O)NH_2 + H_2O$$

KWAS KARBOKSYLOWY AMID  
 KARBOKSYLAN – stan stały

**PRZYKŁADY**

$$CH_3-C(=O)OH + NH_3 \rightleftharpoons CH_3-C(=O)O^- NH_4^+ \xrightarrow{\Delta, -H_2O} CH_3-C(=O)NH_2$$

ACETAMID

$$C_6H_5-C(=O)OH + NH_3 \rightleftharpoons C_6H_5-C(=O)O^- NH_4^+ \xrightarrow{\Delta, -H_2O} C_6H_5-C(=O)NH_2$$

BENZAMID

**ACYLOWE POCHODNE KWASOWE**  $R-C(=O)$  ACYL

**AMIDY KWASÓW KARBOKSYLOWYCH**

**REAKCJE HYDROLIZY**

❖ HYDROLIZA AMIDÓW KATALIZOWANA KWASEM – MECHANIZM

❖ HYDROLIZA AMIDÓW KATALIZOWANA ZASADĄ

❖ ENZYMATYCZNA HYDROLIZA AMIDÓW

BIAŁKO ACYLOWANY ENZYM BIAŁKO-KRÓTSZE O 1 AMINOKWAS

