

# Bioorganická chemie 3



## Plán přednášky:

### I. Deriváty uhlovodíků

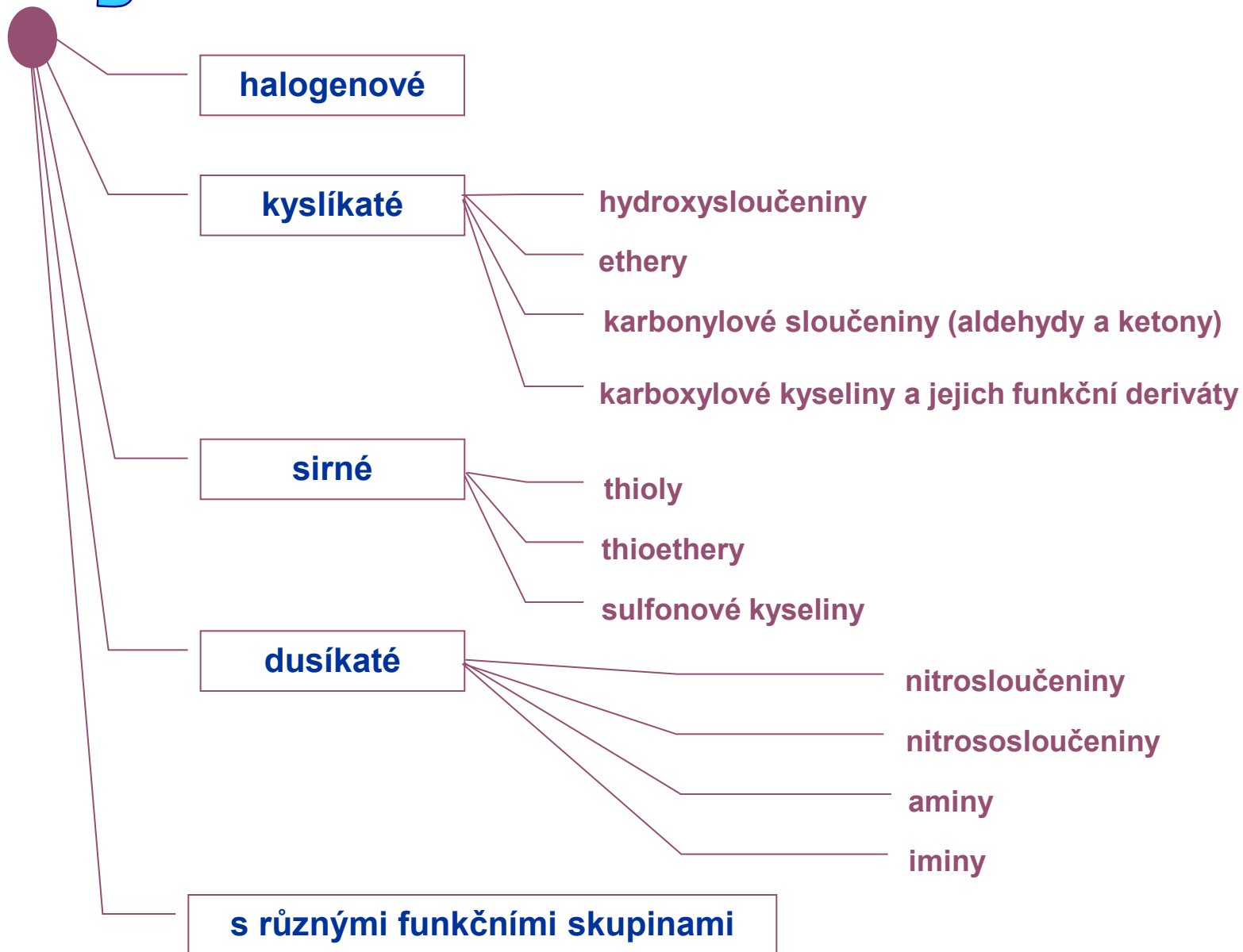
Marek Procházka, FÚ UK

s použitím materiálů z:

D.L.Nelson, M.M.Cox: Lehninger Principles of Biochemistry, W. H. Freeman & Co.

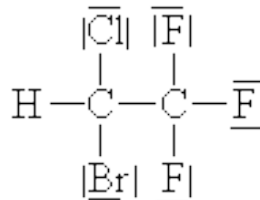


# Deriváty uhlíkaté





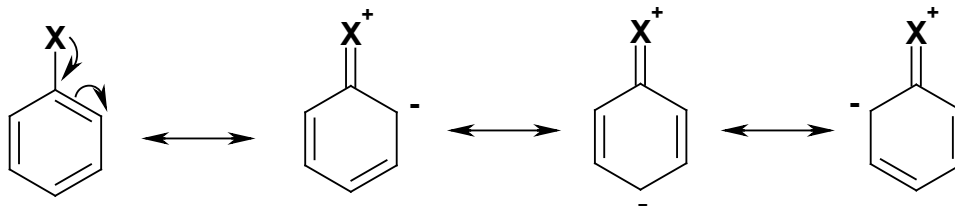
# Halogenderiváty



Deník Vědy

- **názvosloví systematické (halogen-...) x radikálové (...-halogenid)**
- **Reaktivita: F (104kcal/mol); Cl (78kcal/mol); Br (66kcal/mol); I (53kcal/mol)**
- **Nukleofilní substituce – záměna halogenu za jinou funkční skupinu účinkem nukleofilního činidla (mají volný el. pár),**
- **reaktivita v sousedství dvojné vazby – mezomerie**
  - ✓ **sloučeniny vinylového typu (X na C atomu s = vazbou) – substituce neprobíhá**
  - ✓ **sloučeniny allylového typu (nestabilní – M stabilizace kationtu) - probíhá**
  - ✓ **halogeny jsou substituenty I. třídy**

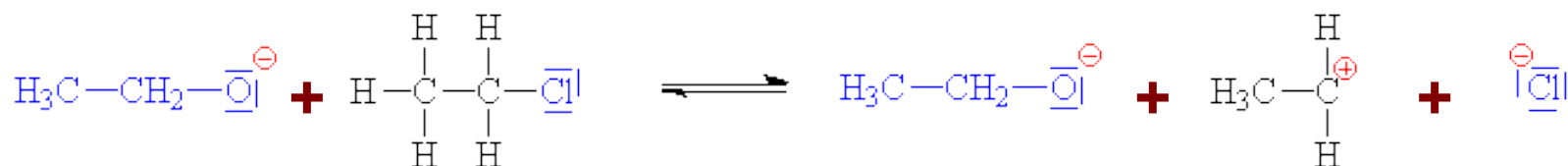
**S<sub>E</sub> do poloh ortho a para**



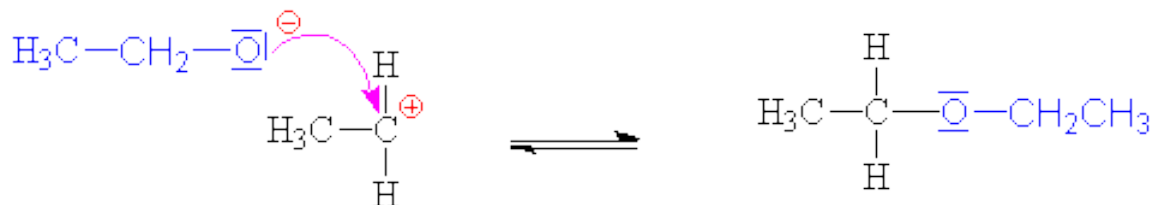


### 3. S<sub>N</sub> - alkylhalogenidy

- *monomolekulární x bimolekulární mechanismus*
- *S<sub>N1</sub> - nízká koncentrace činidla, slabší nukleofilní činidlo a polární rozpouštědlo*
- *S<sub>N2</sub> - vysoká koncentrace činidla, silné nukleofilní činidlo a nepolární rozpouštědlo.*



**S<sub>N1</sub>**





# Halogenderiváty

## ➤ důležité sloučeniny:

- ✓ chloroform  $\text{CHCl}_3$  (anestetické účinky) → fosgen  $\text{Cl}_2\text{CO}$  (světlo&kyslík)
- ✓ vinylchlorid (karcinogen) → PVC
- ✓ freony  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ,  $\text{CCl}_3\text{F}$  (velmi stabilní)
- ✓ tetrachlorethylen (chemické čištění), tetrafluorethylen (→ teflon)
- ✓ anesteze 1,1,1-trifluor-2-brom-2-chlorethan
- ✓ fungicidy, pesticidy, insekticidy

DDT (dichlorodiphenyltrichlorethane):

1874 – první příprava

1930 – ke konci třicátých let byl objeven

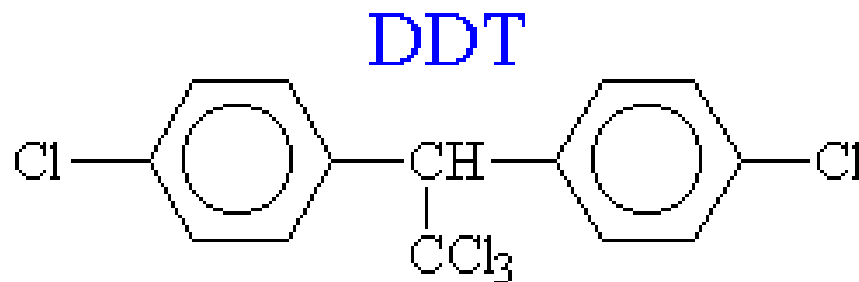
insekticidní účinek

1939 – boj proti malárii a tyfu, proti zemědělským škůdcům

rezistentní vůči biodegradaci

dospělý člověk – cca 5-10ppm DDT

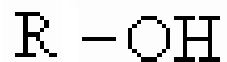
použití DDT je nyní ve většině zemí zakázáno





# Kyslíkaté deriváty

Denávyučovník

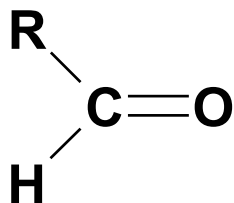


Hydroxysloučeniny:

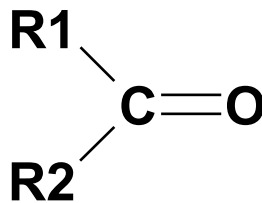
- Alkoholy, fenoly (R je aromatický)
- Jednosytné (1 OH), vícesytné (více OH)



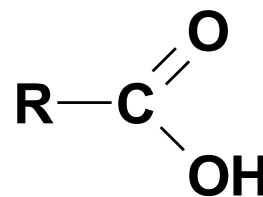
Ethery



Aldehydy



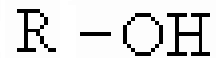
Ketony



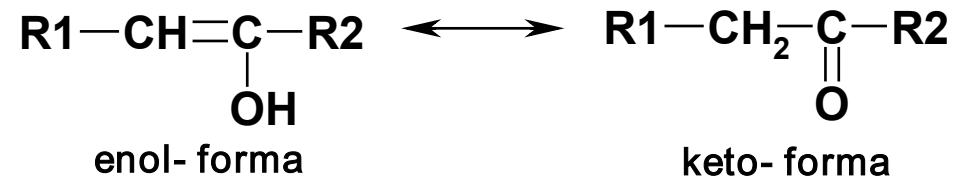
Karboxylové kyseliny



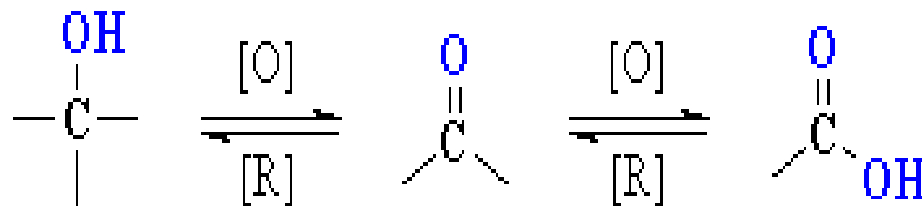
# Alkoholy



- názvosloví systematické (hydroxy-..., ...-ol) x radikálové (...alkohol)
- primární, sekundární a terciární alkoholy
- enoly, polyoly (enol-keto izomerie)



- rozpustnost: do C(3) ve vodě, od C(4) v nepolárních rozpouštědlech
- $T_B > T_B$  uhlovodíků (H-můstky), OH rozdíl elektronegativit 1,4  
propan (-42°C), propanol (97°C), 1,2-propandiol (187°C), 1,2,3-propantriol (290°C)
- $-OH \uparrow \Rightarrow T_B \uparrow$  a rozpustnost v polárních rozpouštědlech  $\uparrow$
- optická izomerie (př. 2-butanol)
- nestálost: dvě  $-OH$  na jednom C ( $\rightarrow$  aldehyd či keton; tři  $\rightarrow$  karboxykyselina)





# Alkoholy-kyselost

anorganické  
kyseliny

>1

organické  
kyseliny

$10^{-5}$

kyselina  
uhličitá

$10^{-7}$

fenoly

$10^{-10}$

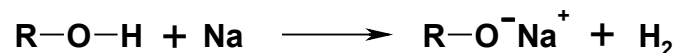
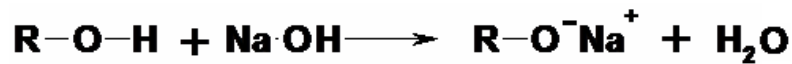
voda

$10^{-14}$

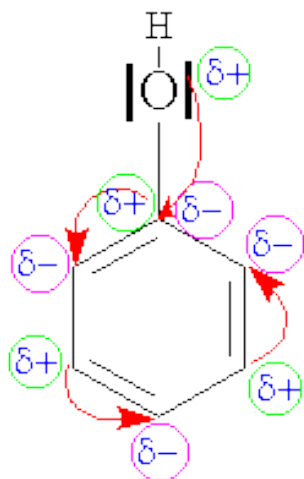
alkoholy

$10^{-16}$

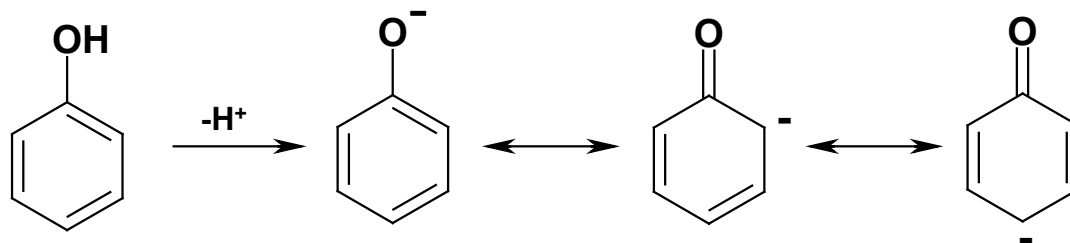
alkoholy jsou slabší kyseliny než voda, reagují jen s nejsilnějšími zásadami



fenoly jsou silnější kyseliny, fenolátový aniont je stabilizován díky mezomerii

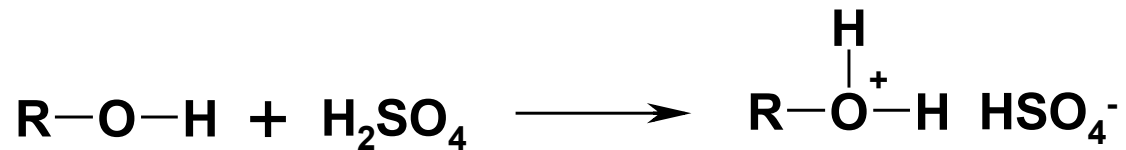


(+M & -I efekt)





**hydroxyderiváty jsou amfoterní**  
**díky párům volných elektronů mohou vázat vodíkový kationt (bazické chování)**



➤ **důležité sloučeniny:**

✓ **methanol** (prudce jedovatý) –  $T_B=65^\circ\text{C}$

✓ **ethanol** (opojný účinek) –  $T_B=78^\circ\text{C}$

✓ **1-butanol** – změkčovaadlo plastů, repelenty

✓ **glycerol (glycerin; 1,2,3-propantriol)**

**glyceroltrinitrát** (nitroglycerin, dynamit; 1,2,3-propantrioltrinitrát) – angina pectoris

**ethylenglykol (fridex; 1,2-ethandiol)**

✓ **nitráty** (výbušné), **sulfáty** (alkylační činidla), **fosfáty** (pesticidy, bio)

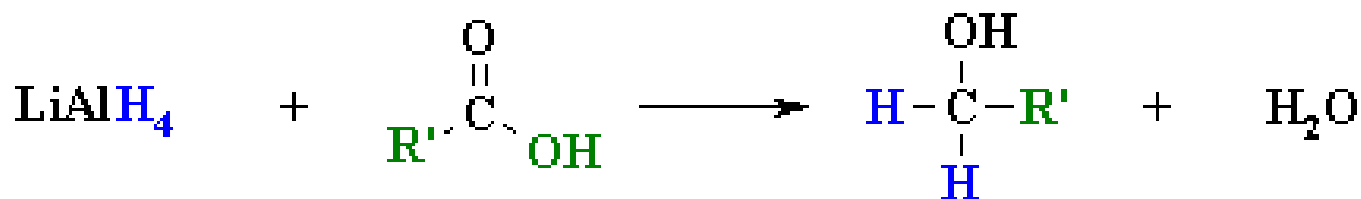
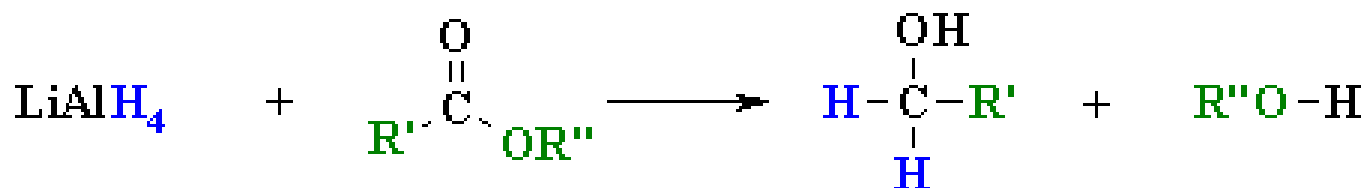
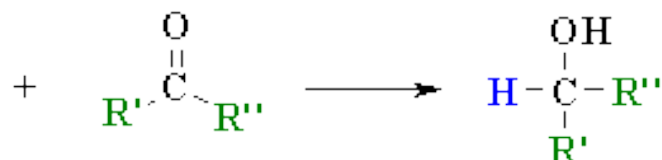
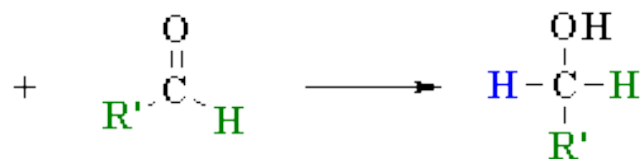
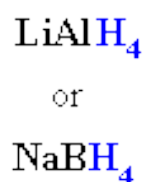


# Alkoholy – příprava

➤ hydrogenace aldehydů a ketonů

➤ hydratace alkenů

➤ hydrolýza halogenidů a esterů

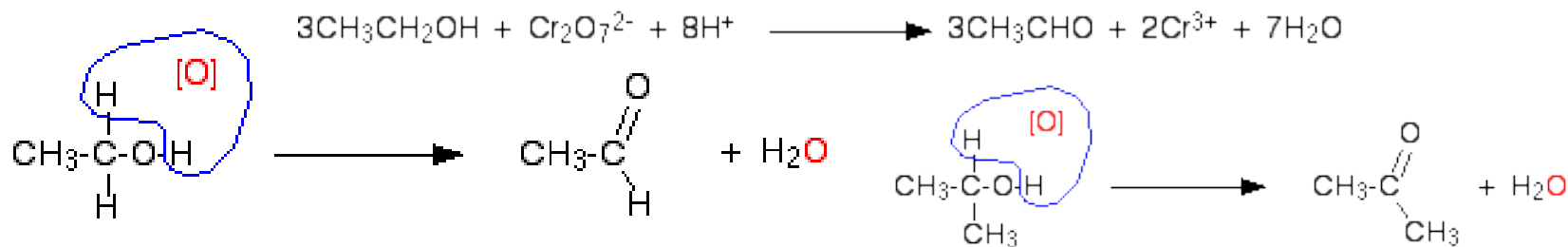




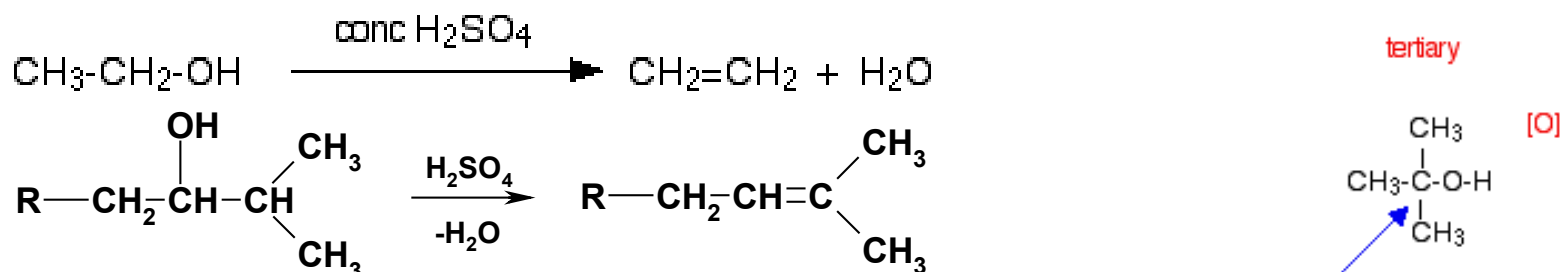
# Alkoholy – chemické reakce (S<sub>N</sub>, E)

## Chemické reakce (S<sub>N</sub>, E):

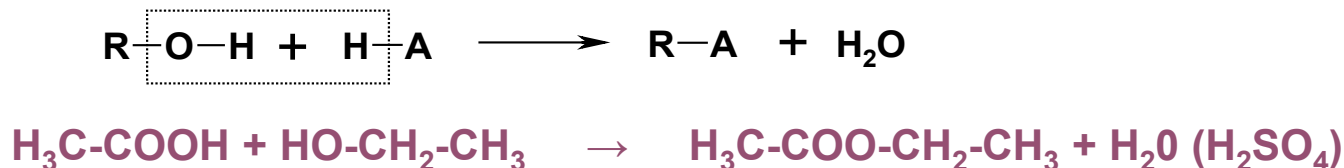
### ➤ oxidace



### ➤ dehydratace

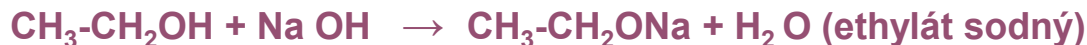


### ➤ esterifikace (S<sub>N</sub>)



s anorg.kyselinami (nitráty, sulfáty a fosfáty)

### ➤ kyselost – tvorba alkoholátů:



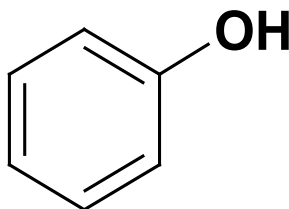


# Hydroxysloučeniny – fenoly

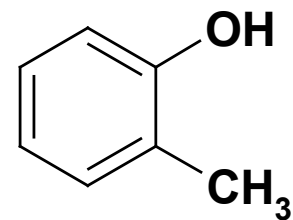
➤ názvosloví systematické (hydroxy-..., ...-ol)

➤ triviální názvosloví

➤ fenol x benzylalkohol



benzenol  
(fenol)

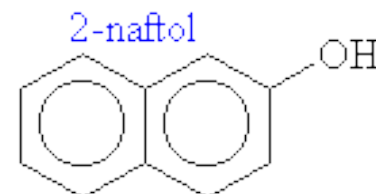
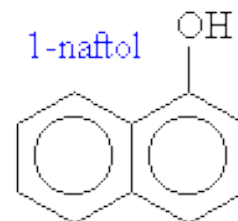


hydroxytoluen  
(kresol)

➤ rozpustné ve vodě

➤ vysoké  $T_B \Rightarrow$  pevné látky

➤ kyselejší než alkoholy  $\Leftarrow$  stabilizace aniontu mezomerií



➤ důležité sloučeniny:

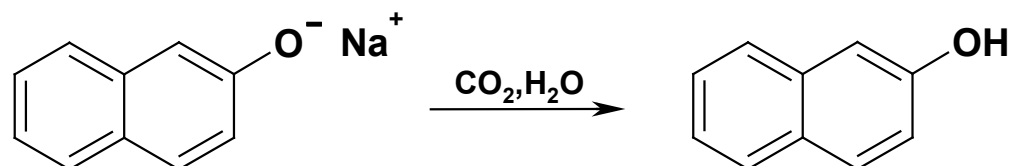
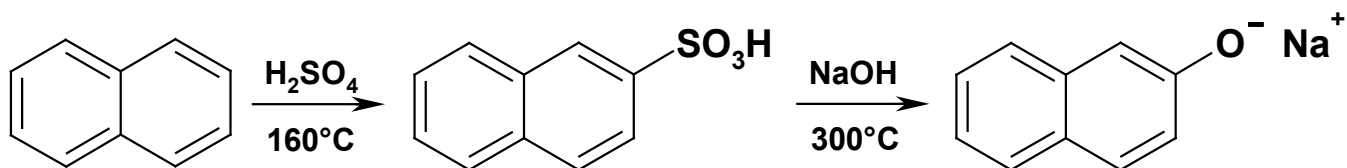
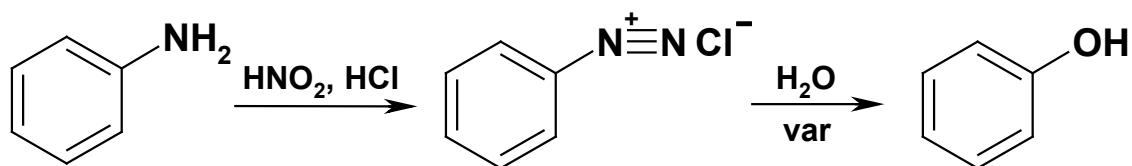
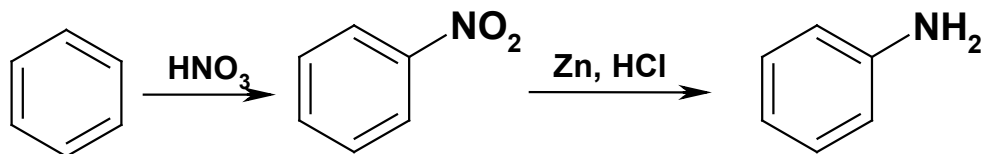
- ✓ fenol – bezbarvá krystalická látka, široké průmyslové použití – výroba plastů
- ✓ o-, m-, p-kresol (hydroxytoluen) – dezinfekční účinky
- ✓ 1-naftol, 2-naftol – barviva
- ✓ resorcin (1,3 - benzendiol) – jeho 4-hydroxylderivát je antiseptikum, dermatologie
- ✓ pentachlorfenol (ochrana dřeva proti houbám)
- ✓ kyselina pikrová (2,4,6-trinitrofenol) - výbušnina
- ✓ hydrochinony – barviva, fotografické vývojky



# Fenoly

## ➤ příprava:

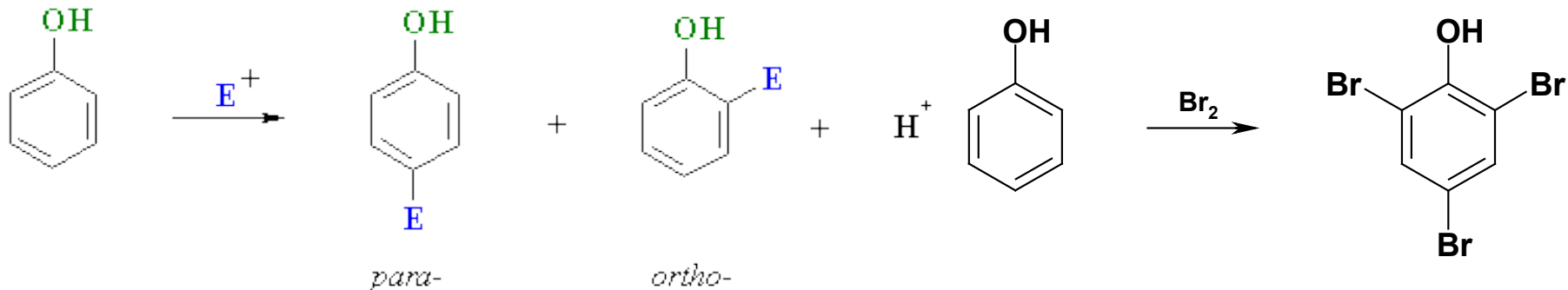
skupinu OH nelze zavést na aromatické jádro přímo elektrofilní substitucí  
syntézy se provádí přes skupiny, které lze za OH zaměnit





# Fenoly

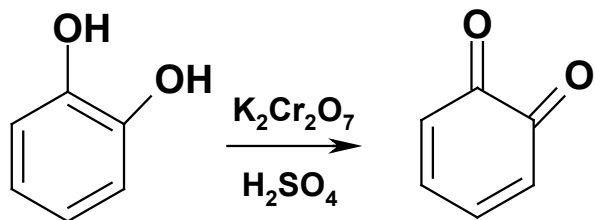
➤ reaktivita ( $S_E$  – substituent 1.řádu):



✓ tvorba fenolátů

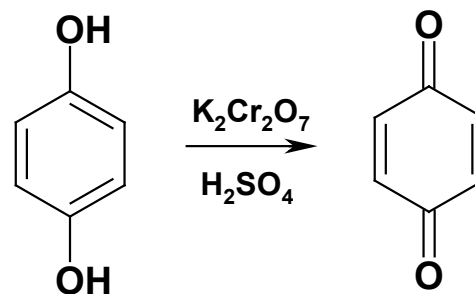


✓ oxidace ( $\rightarrow$  chinony)



pyrokatechol  
1,2-benzendiol  
*o* - benzendiol

1,2-benzochinon  
červený



hydrochinon  
1,4-benzendiol  
*p* - benzendiol

1,4-benzochinon  
žlutý

1,3 NE



# Ethers



- názvosloví systematické (alkoxy-...) x radikálové (...ether)
- radikálové reakce s kyslíkem (vzduch & světlo → výbušné peroxidy)
- O – konjugace s aromatickým jádrem (dioxany)

## ➤ důležité sloučeniny:

✓ **diethylether** (ether) – narkotikum

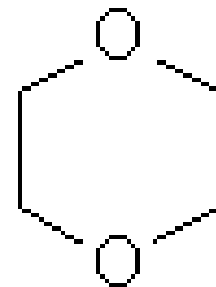
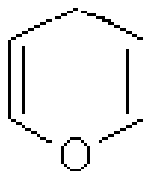
✓ dioxan (rozpouštědlo), jedovatý

✓ ethylenoxid - plyn, (karcinogen)

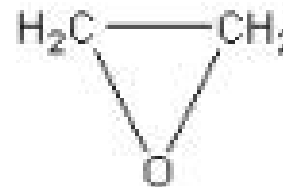
✓ furan



✓ pyran



1,4-dioxan



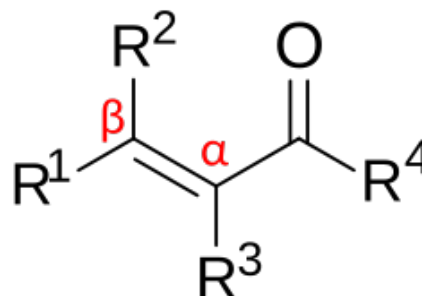
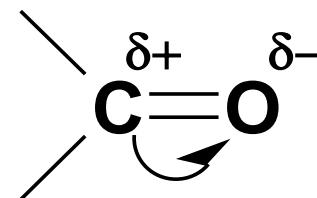
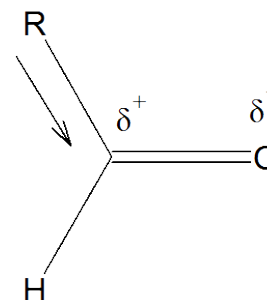
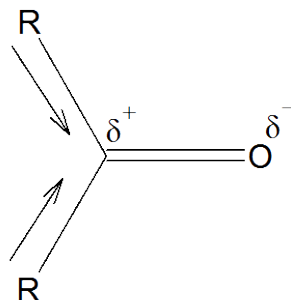
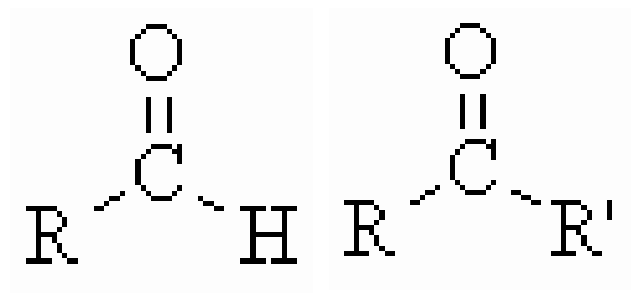
ethylenoxid



# Karboonylové sloučeniny

➤ aldehydy x ketony

➤ názvosloví systematické (oxo-..., ...-al, -on) x radikálové (...aldehyd, ...keton)

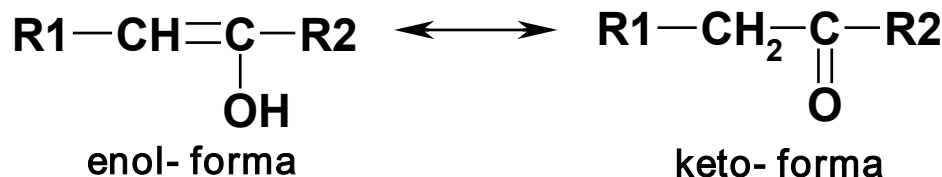


➤ kladný indukční efekt – aldehydy jsou reaktivnější než ketony, kyselost – α-uhlík je kyselý

➤ rozpustnost: do C(2) v polárních, od C(3) v nepolárních rozpouštědlech

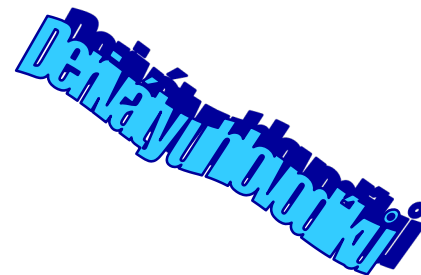
➤  $T_B < T_B$  alkoholů

➤ keto-enol izomerie (tautomerie)





# Karboonylové sloučeniny



## ➤ důležité sloučeniny:

- ✓ methanal (**formaldehyd**, 40% vodný roztok - formalin) – dezinfekce, konzervace biomateriálu, plasty
- ✓ methanal → hexamethylenetriamin (urotropin, hexa, pevný líc,  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ ) – výroba hexagenu
- ✓ acetaldehyd (ethanal), akrylaldehyd (propenal)
- ✓ benzaldehyd (benzenkarbaldehyd) – syntéza barviv a léčiv, mandlový olej
- ✓ aceton (propanon) – rozpouštědlo
- ✓ cyklohexanon – příprava jeho oximu a kyseliny adipové → výroba silonu a nylonu



# Karboonylové sloučeniny

## příprava:

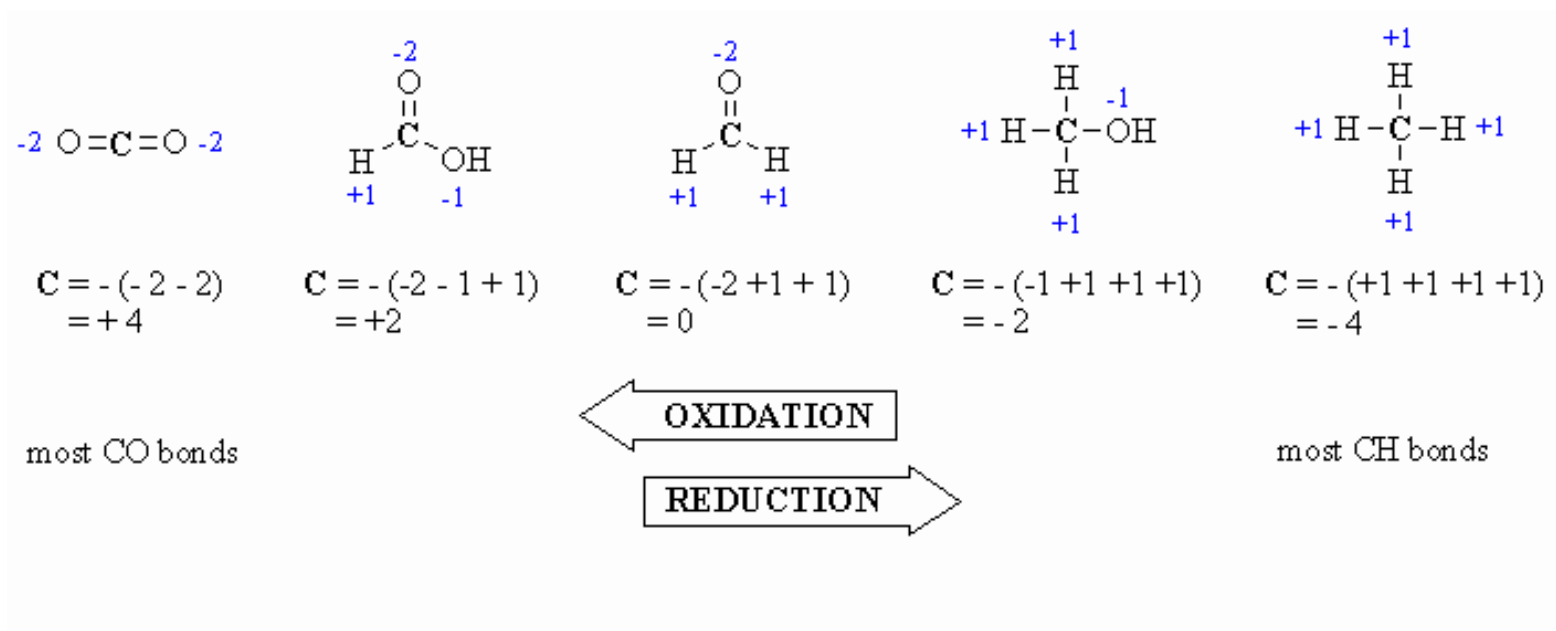
- redukce chloridů karboxylových kyselin (aldehydy):  $\text{R-COCl} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{R-CHO}$
- zahřívání Ca či Ba solí karboxykyselin:  $(\text{CH}_3\text{-COO})_2\text{Ca} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CO-CH}_3 + \text{CaCO}_3$
- oxidace primárních, resp. sekundárních alkoholů

## chemické reakce (aldehydy):

### ➤ oxidace

### ➤ redukce

### ➤ $A_N$

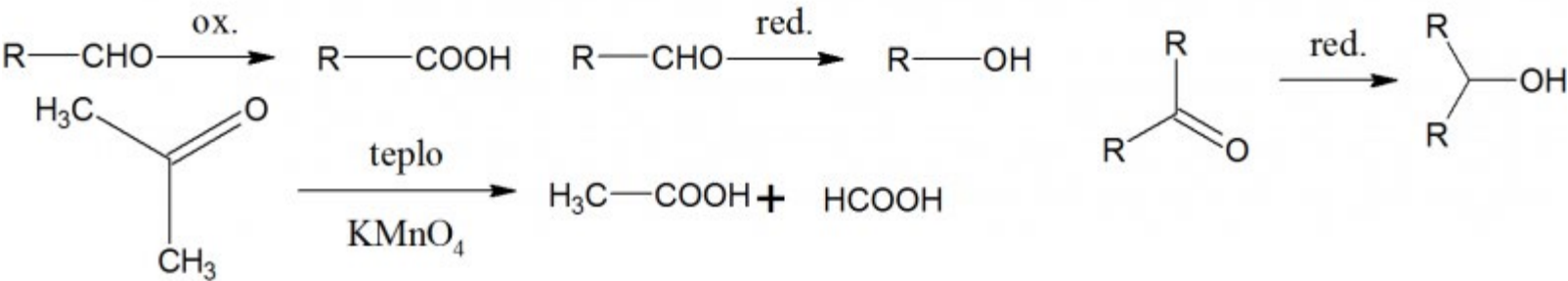
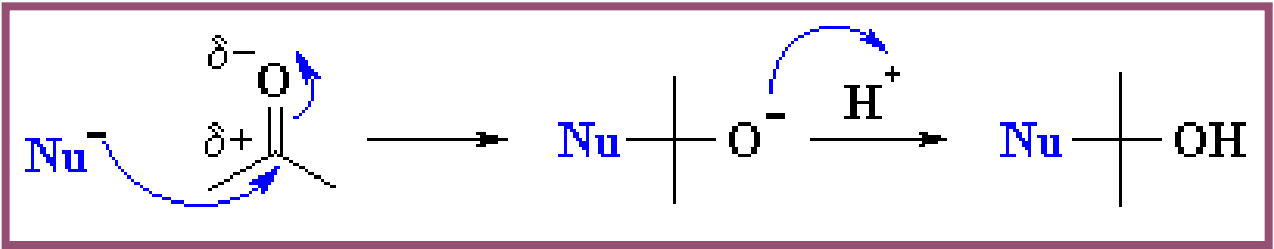




# Karbonylové sloučeniny

## chemické reakce:

- schopnost adice klesá od formaldehydu přes ostatní aldehydy ke ketonům (delší zbytky snižují kladným indukčním efektem parciální kladný náboj na karbonylovém uhlíku, u ketonů je efekt dvojnásobný)
- oxidace u aldehydů probíhá snadno i se slabými oxidačními činidly, u ketonů hůře a jenom silnými oxidačními činidly ( $\text{HNO}_3$ ) nebo vůbec
- redukce – z aldehydu vzniká primární alkohol, z ketonu sekundární alkohol

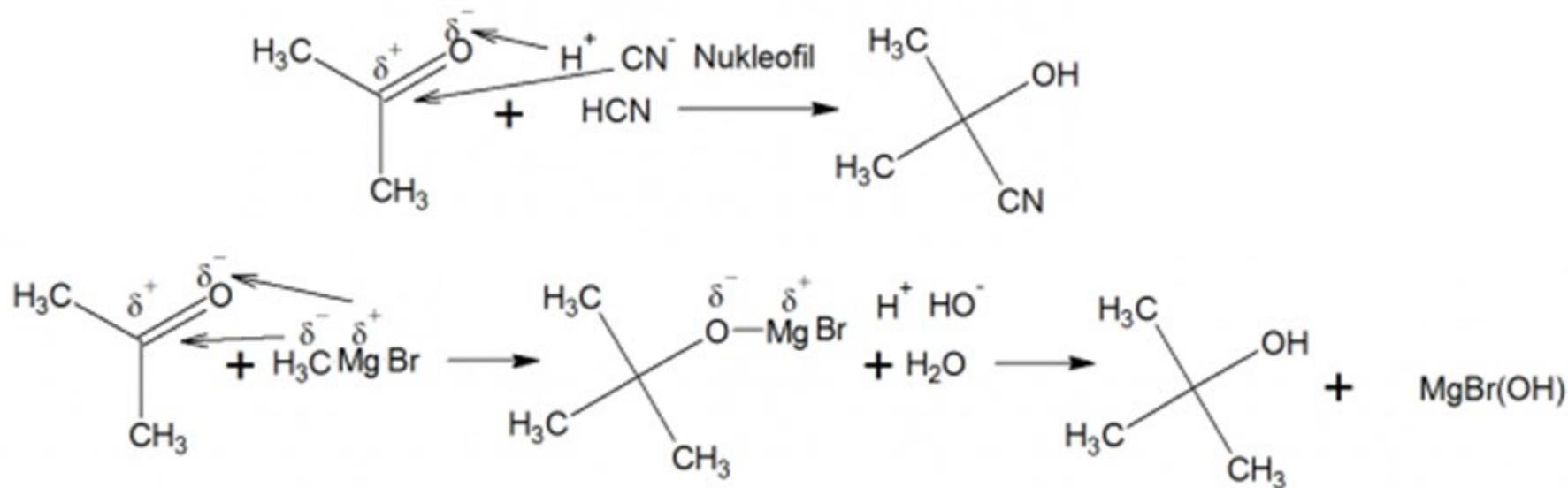




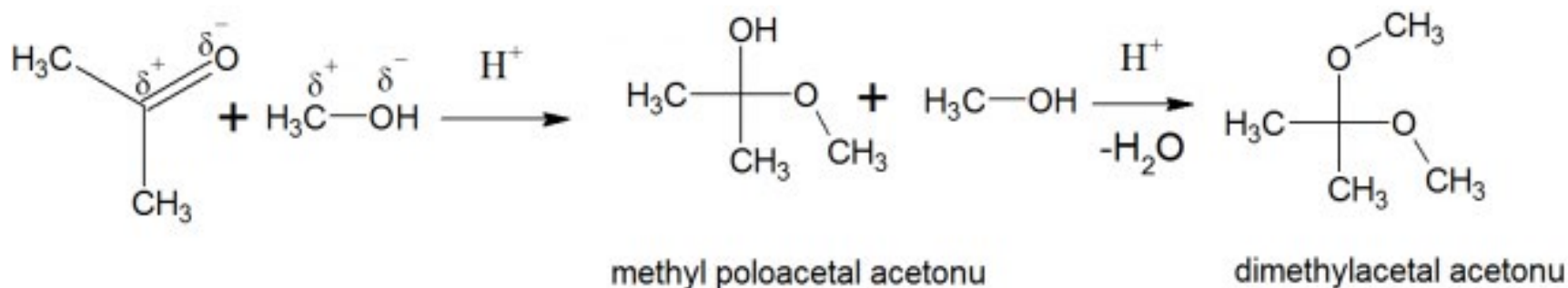
# Karbonylové sloučeniny – A<sub>N</sub>

Dochází k navázání záporně nabitého iontu (př. CN<sup>-</sup>) na uhlík a k zániku dvojné vazby na kyslík.

Příkladem nukleofilní adice jsou i reakce s Grygnardovými sloučeninami.



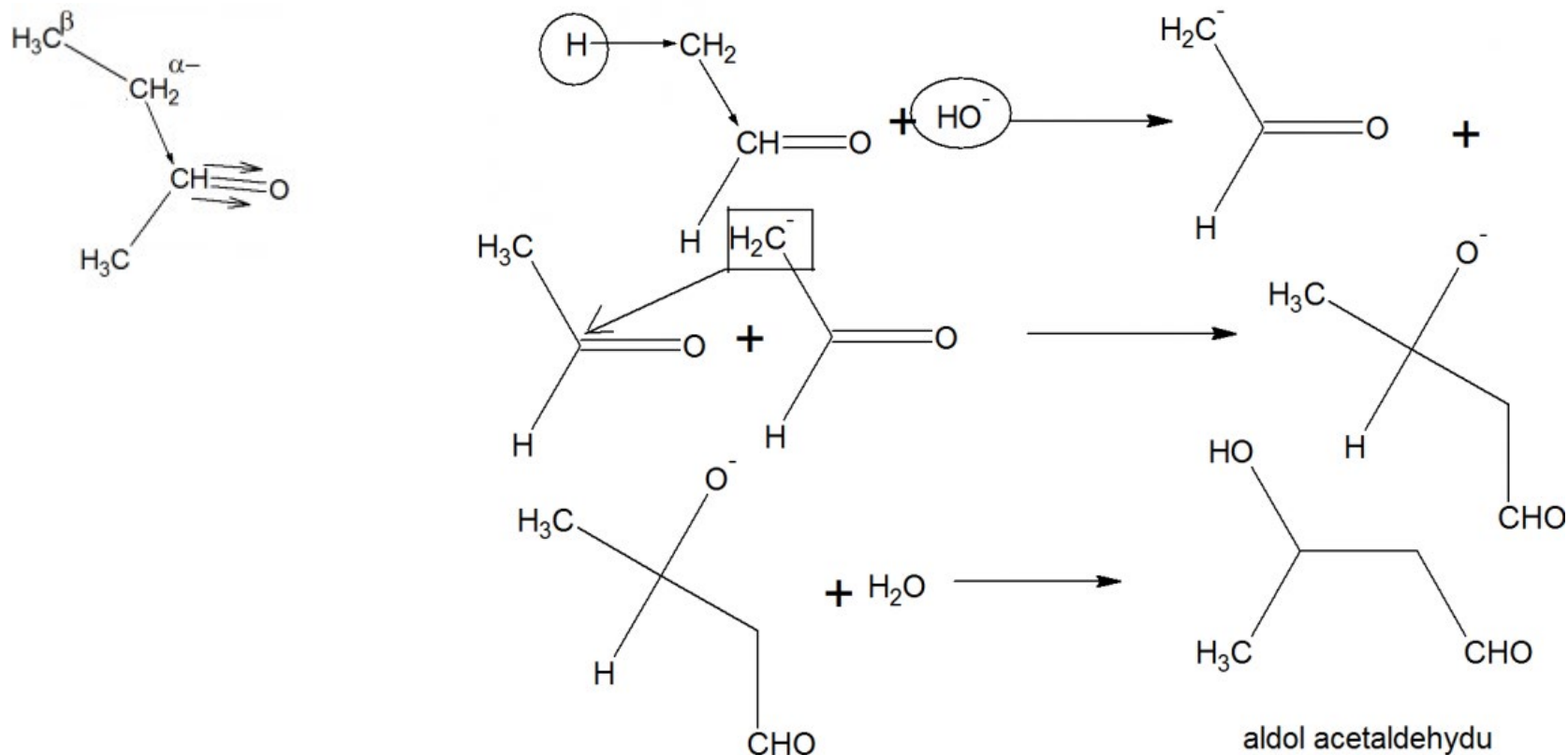
tvorba (polo)acetalů





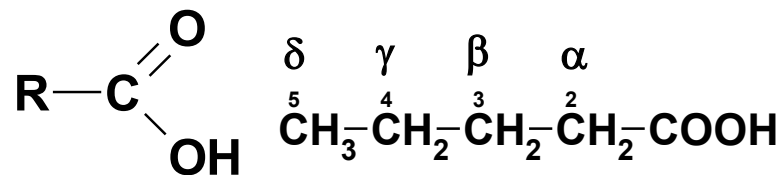
# Karboonylové sloučeniny - A<sub>N</sub>

aldolová kondenzace – A<sub>N</sub>: jedna molekula aldehydu účinkem báze odštěpí  $\alpha$ -proton (kyselý) a vzniklý karbaniont se aduje na druhou molekulu aldehydu.





# Karboxylové kyseliny



➤ **názvosloví systematické (...-ová kyselina, ...-karboxylová kyselina) x triviální**

➤ **acyly**

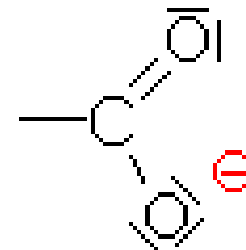
➤ **nasycené, nenasyčené, aromatické, vícesytné, funkční a substituční deriváty**

**rozpustnost: do C(2) v polárních, od C(3) v nepolárních rozpouštědlech**

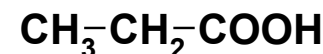
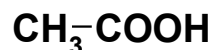
➤  **$T_B \gg T_B$  alkoholů (vícesytné a aromatické – krystalické látky)**

➤ **kyselost –  $pK = -\log(K_a)$  –  $pK \sim 5$**

➤ **stabilizace aniontu rezonancí – delokalizace náboje mezi oběma kyslíky**



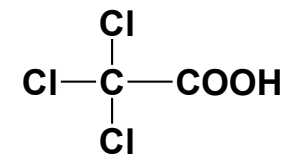
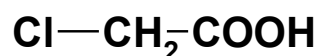
**substituenty dodávající elektrony (+I efekt)**



4,75

4,80

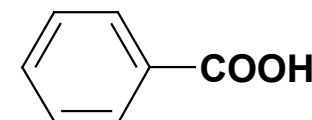
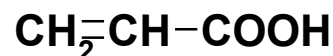
**substituenty odčerpávající elektrony (-I efekt)**



2,81

0,08

**násobné vazby nebo aromatický systém**



**(M efekt, -COOH je substituent II. třídy)**

4,26

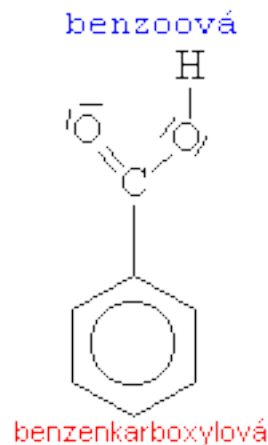
4,17



# Karboxylové kyseliny

## ➤ důležité karboxylové kyseliny:

- ✓ C1 – kyselina mravenčí – formyl – formiát
- ✓ C2 – octová – acetyl – acetát (octan)
- ✓ C3 – propionová – propionyl – propionát
- ✓ C4 – máselná – butyryl – butyrát
- ✓ C5 – valerová – valeryl – valerát
- ✓ C6 – kapronová – kaproyl - kapronát
- ✓ C12 – laurová
- ✓ C14 – myristová
- ✓ C16 – palmitová – palmityl – palmitát
- ✓ C18 – stearová – stearyl – stearát (stearan)
- ✓ kyselina akrylová (propenová)
- ✓ kyselina methakrylová (2-methylpropenová)
- ✓ kyselina krotonová (cis/trans 2-butenová)
- ✓ kyselina benzoová – benzoyl – benzoát (benzoan)





# Karboxylové kyseliny

## ➤ důležité dikarboxylové kyseliny:

✓ C2 – šťavelová, oxalová – oxalyl – oxalát (šťavelan)

✓ C3 – malonová – malonyl – malonát

✓ C4 – jantarová – sukcinyl – sukcinát

✓ C5 – glutarová – glutaryl – glutarát

✓ C6 – adipová – adipyl – adipát

✓ kyselina maleinová (cis-butendiová)

✓ kyselina fumarová (trans-butendiová)

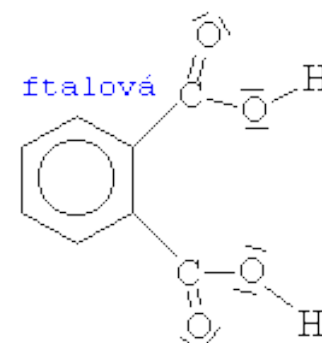
✓ olejová, linolová, linolenová

## ➤ důležité sloučeniny :

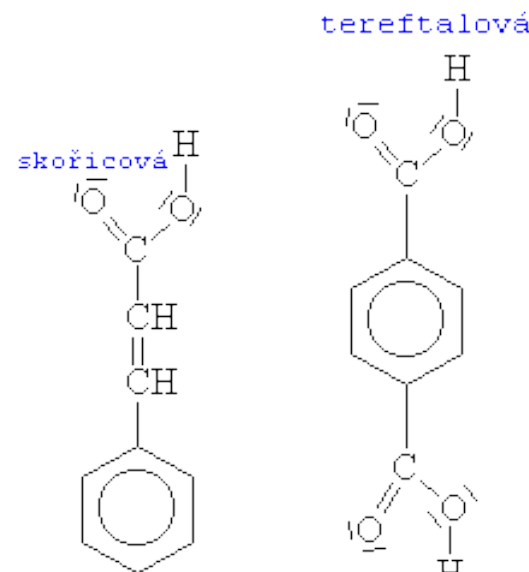
✓ kyselina mravenčí – konzervant

✓ kyselina octová – nejdůležitější – estery příjemné vůně

✓ ostatní široké použití v průmyslu



ftalová  
1,2-benzendikarboxylová

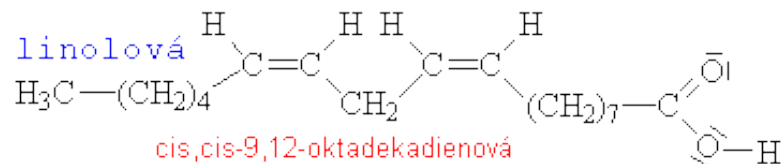
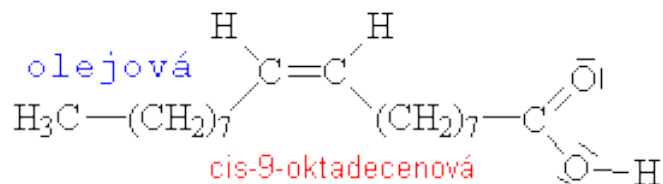


skořicová  
3-fenylpropenová

tereftalová  
1,4-benzendikarboxylová



# Karboxylové kyseliny



## Příprava karboxylových kyselin:

- ozonolýza alkynů a alkenů
- hydrolýza nitrilů
- oxidace alkoholů, aldehydů
- oxidace uhlovodíků
- hydrolýza esterů



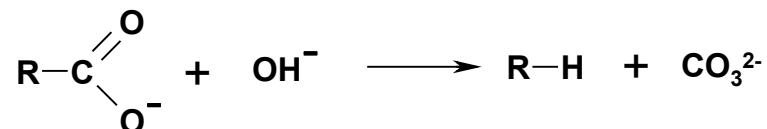
# Karboxylové kyseliny

chemické reakce ( $S_N$ ):

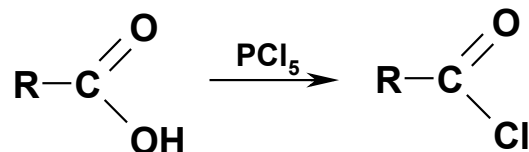
➤ neutralizace (kyselost – tvorba soli)  $\text{R-COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{R-COONa}$

➤ redukce (nesnadno):  $\text{R-COOH} \rightarrow \text{R-CHO}$

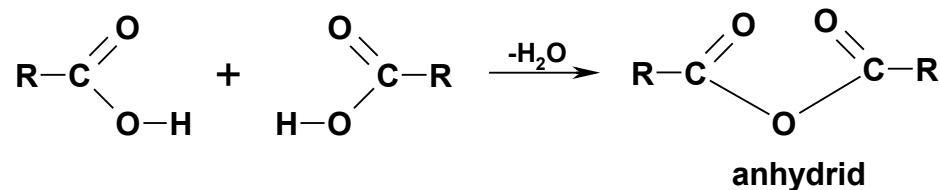
➤ dekarboxylace:



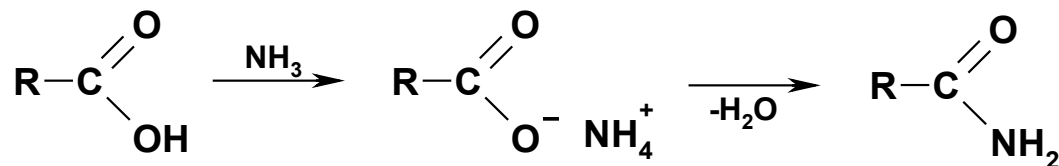
➤ tvorba acylhalogenidů



➤ tvorba anhydridů



➤ tvorba amidů





chemické reakce ( $S_N$ ):

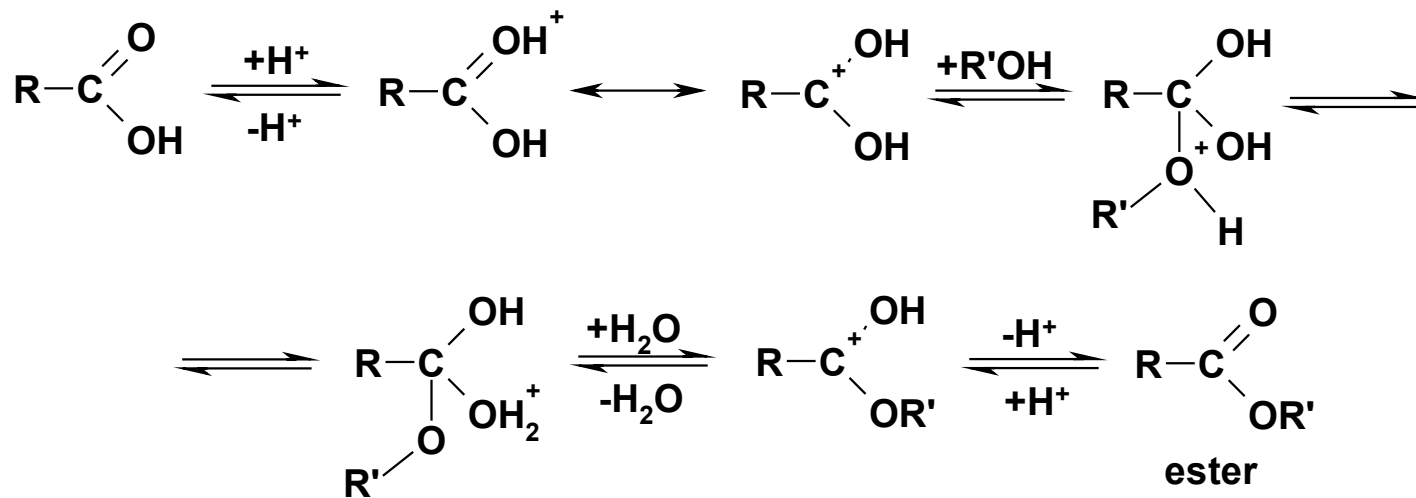
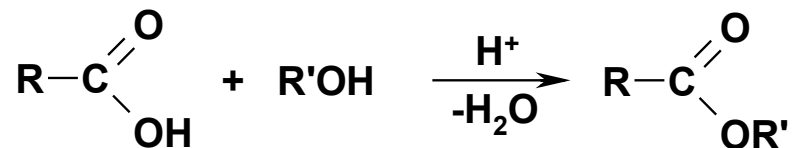
esterifikace - reakce kyselin s alkoholy za vzniku esterů

- bez katalýzy kyselinami probíhá pomalu

- snadnost esterifikace klesá v řadě

primární > sekundární > terciární alkoholy

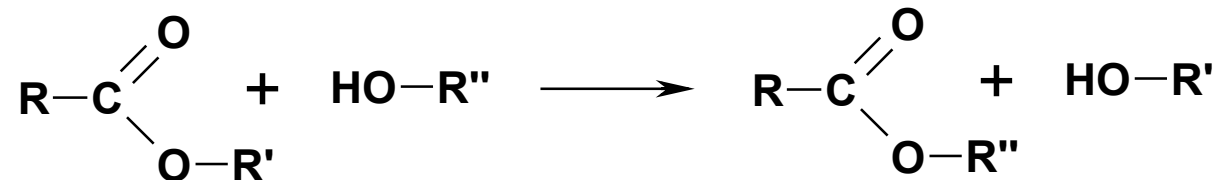
- fenoly přímo esterifikovat nelze





chemické reakce ( $S_N$ ):

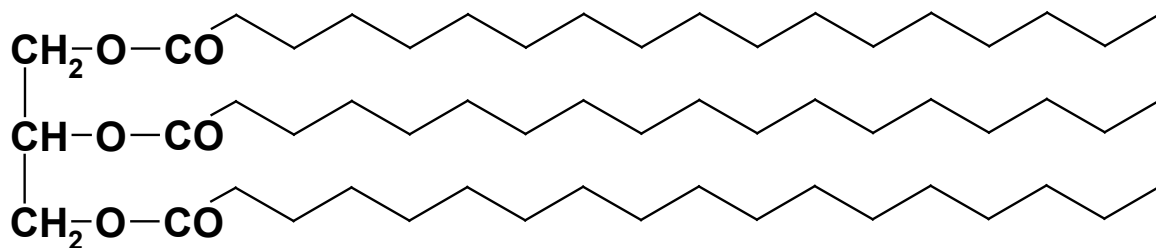
➤ reesterifikace



➤ ESTERY:

nižší body varu než kyseliny (nemají vodíkové můstky)

- některé příjemně voní (feromony)
- estery vyšších mastných kyselin s glycerolem jsou tuky a oleje

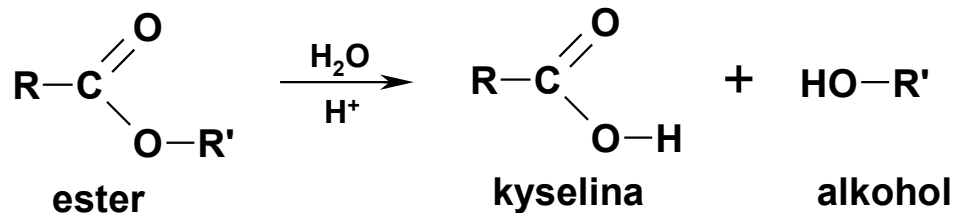




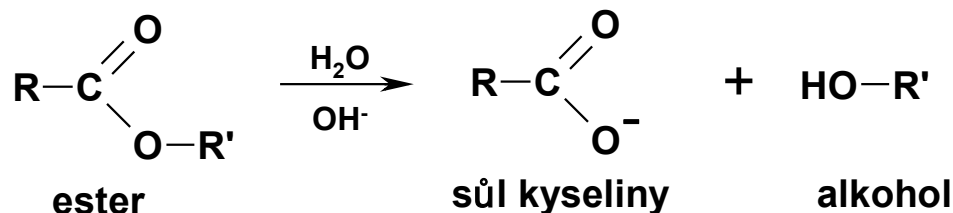
## chemické reakce (S<sub>N</sub>):

### ➤ esterifikace

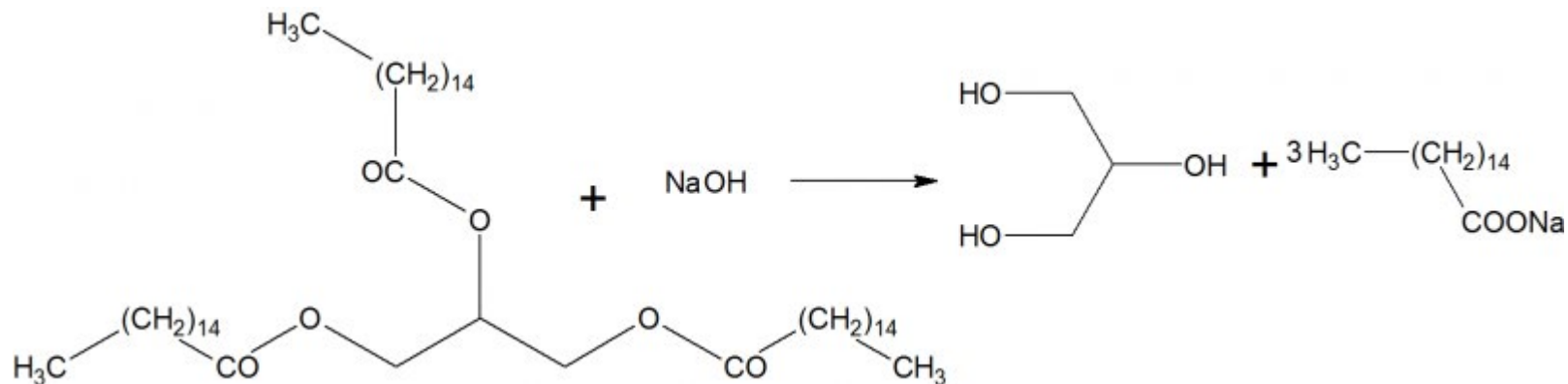
✓ kyselá hydrolýza esterů



✓ alkalická hydrolýza esterů (zmýdelnění)



Mýdla jsou sodné nebo draselné soli vyšších karboxylových kyselin

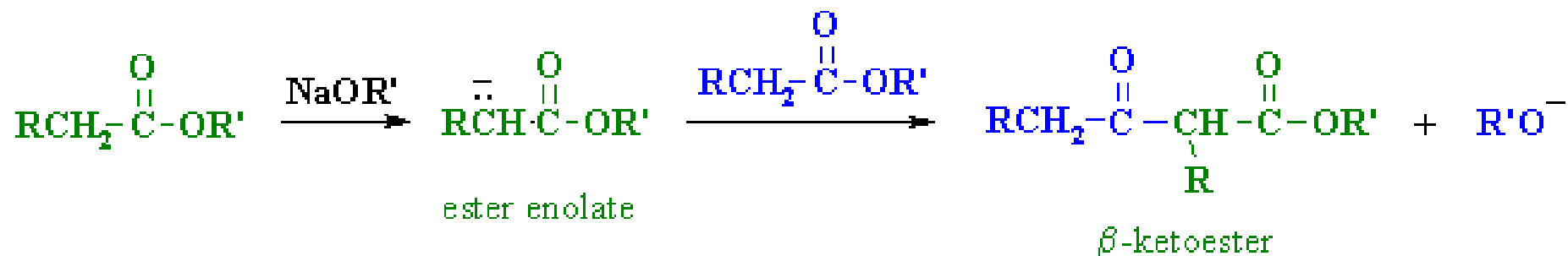
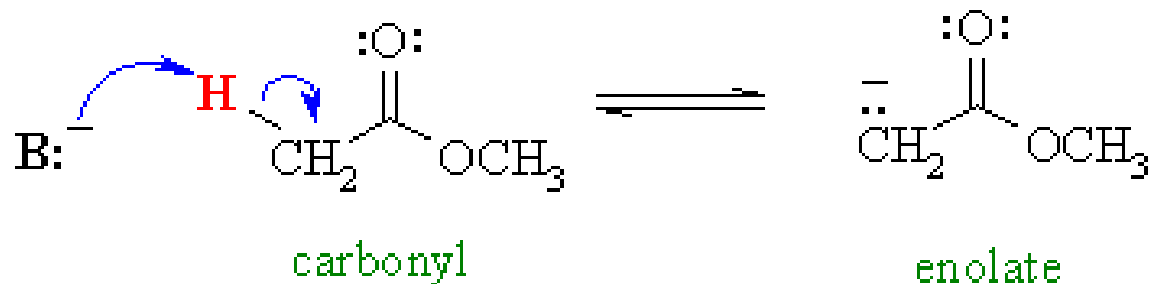




chemické reakce (S<sub>N</sub>):

➤ Claisenova kondenzace

(analog. aldolová kondenzace)





# Látky s více funkčními skupinami

- **funkční x substituční deriváty**
- **funkční deriváty karboxylových kyselin:**
  - ✓ **acylhalogenidy**
  - ✓ **estery**
  - ✓ **laktony (vnitřní estery)**
  - ✓ **anhydridy**
  - ✓ **amidy**
  - ✓ **nitrily**
  - ✓ **laktamy**
  - ✓ **imidy ...**
- **funkční deriváty karbonylových sloučenin:**
  - ✓ **iminy**             $\text{R-CH=NH}$
  - ✓ **oximy**             $\text{R-CH=NH-OH}$
  - ✓ **hydrazony**       $\text{R-CH=NH-NH}_2$



# Látky s více funkčními skupinami

## ➤ substituční deriváty:

- ✓ ketokyseliny ( $\alpha$ -keto  $\Rightarrow$  dekarboxylace)



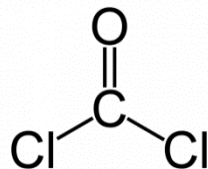
- ✓ halogenkyseliny ( $-I$  efekt  $\Rightarrow$  kyselost)

- ✓ aminokyseliny ( $\alpha$ -amino, amfionty)

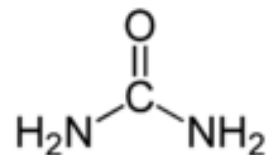
- ✓ hydroxykyseliny ( $\gamma$ - či  $\delta$ -laktony)

- ✓ hydroxyderiváty karbonylových sloučenin ( $\gamma$ - či  $\delta$ -cyklické hemiacetály)

- ✓ deriváty kyseliny uhličitě : fosgen



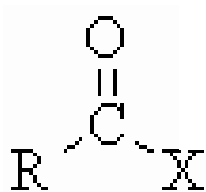
- močovina





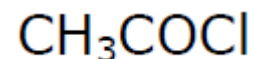
# Funkční deriváty karboxylových kyselin

## ➤ acylhalogenidy



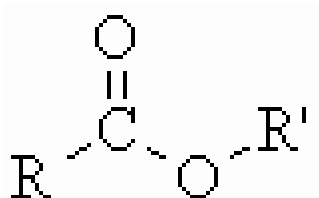
ad. 1. uhlovodík + *oylhalogenid*

ad. 2. uhlovodík + *karbonylhalogenid*



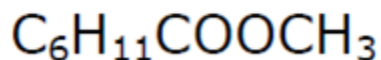
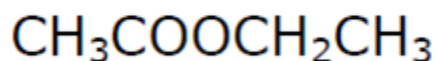
ethanoylchlorid nebo acetylchlorid

## ➤ estery



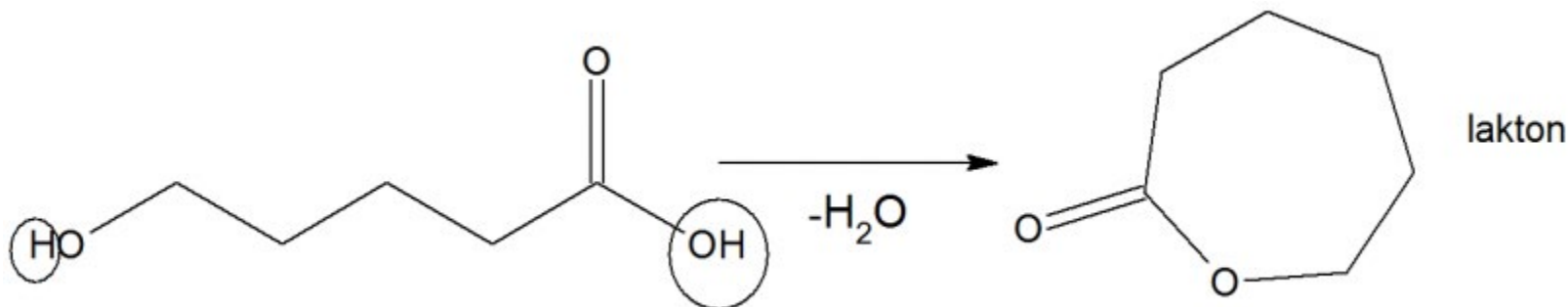
ad. 1. radikál – uhlovodík + *oát*

ad. 2. radikál – uhlovodík + *karboxylát*



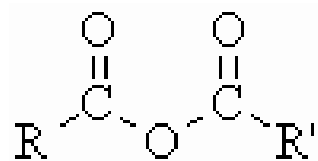
ethyl-ethanoát nebo ethyl-acetát

methyl-cyklohexankarboxylát



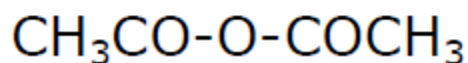


## ➤ anhydridy



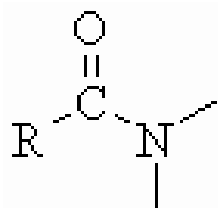
uhlovodík + *anhydrid*

uhlovodík + *karboxanhydrid*



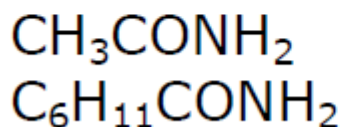
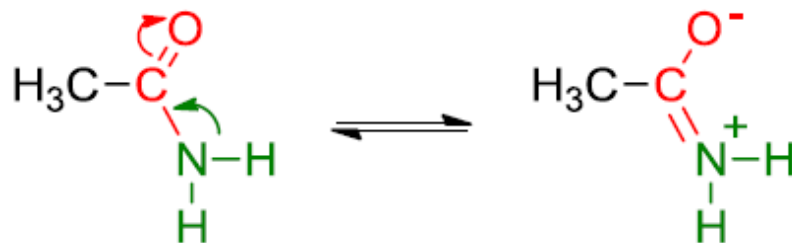
ethananhydrid nebo acetanhydrid

## ➤ amidy



ad. 1. uhlovodík + *amid*

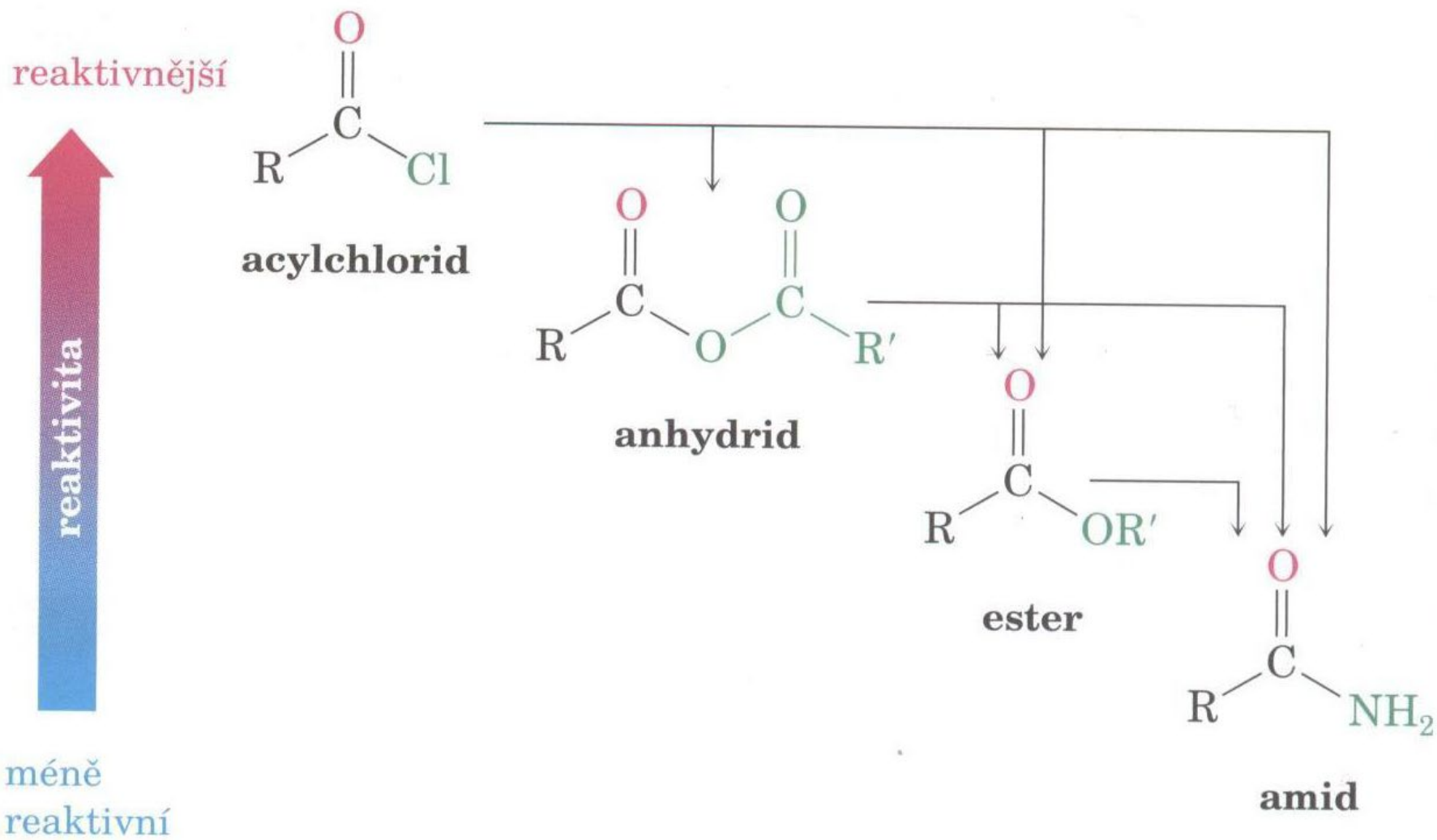
ad. 2. uhlovodík + *karboxamid*



ethanamid nebo acetamid  
cyklohexankarboxamid

kapalné nebo krystalické látky, s vysokými body tání a varu, díky tvorbě vodíkových můstků. Reagují s nukleofily (hydrolýza na karboxylové kyseliny). Amidy je možné redukovat na aminy.

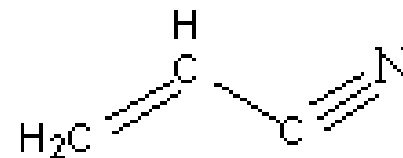
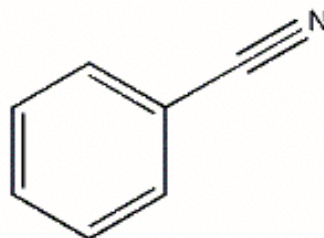






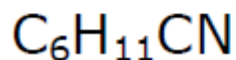
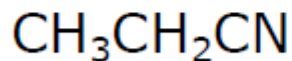
# Funkční deriváty karboxylových kyselin

## Nitrily



➤ funkční skupina **-C≡N**

➤ názvosloví     ad. 1. uhlovodík + *nitril*  
                      ad. 2. uhlovodík + *karbonitril*

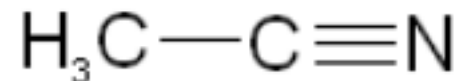


propannitril

cyklohexankarbonitril

➤ dehydratace amidů

➤ hydratace (+H<sub>2</sub>O):  $\text{R-CN} \rightarrow \text{R-CONH}_2 \rightarrow \text{R-COOH}$



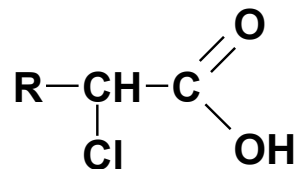
➤ silně polární charakter

➤ nejvýznamnější akrylonitril, acetonitril, benzonitril

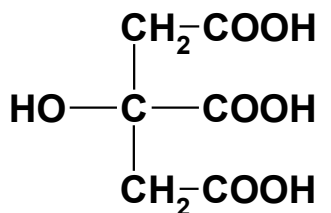
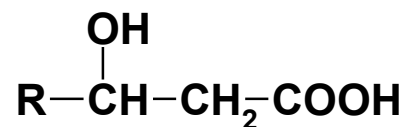


# Substituční deriváty karboxylových kyselin

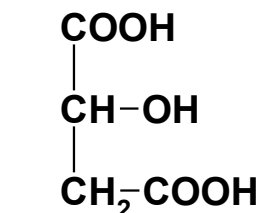
## ➤ halogenkyseliny



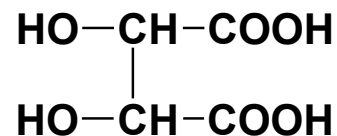
## ➤ hydroxykyseliny



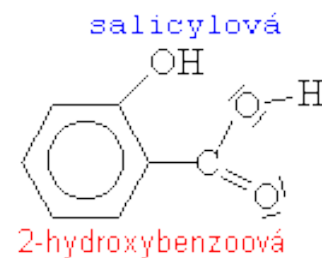
kys. citronová



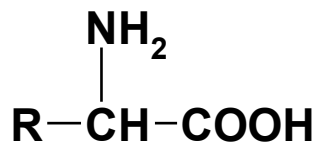
kys. jablečná



kys. vinná



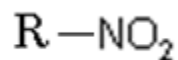
## ➤ aminokyseliny





# Dusíkaté deriváty-Nitrosloučeniny

- názvosloví systematické (nitro-...)



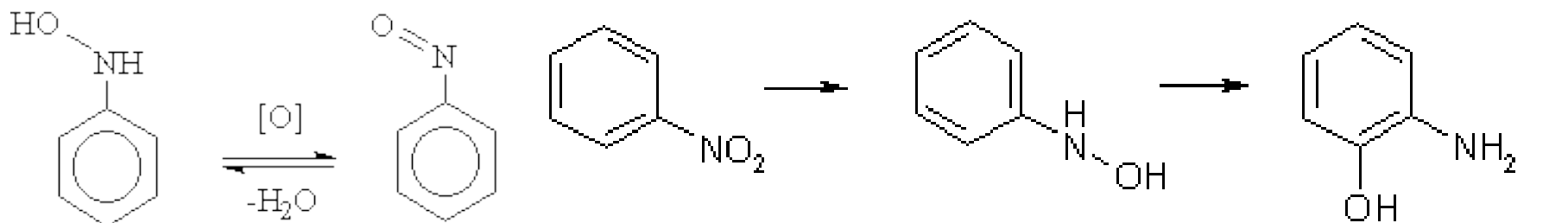
primární, sekundární, terciární

- silně polární character, záporný indukční efekt, záporný mezomerní efekt
- aromatické nitrosloučeniny – vysokovroucí kapaliny či tuhé látky příjemné vůně
- příprava - nitrace benzenu nitrační směsí (substituent 2.řádu)

- chemické reakce:

- $S_E$

- redukce (amin, hydroxylamin)



- důležité sloučeniny:

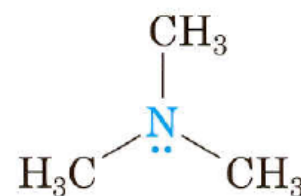
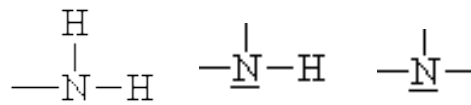
- ✓ nitrobenzen – rozpouštědlo, výroba anilinu
- ✓ 2,4,6-trinitrotoluen – tritol – TNT



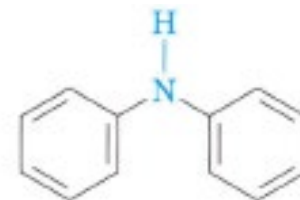
# Dusíkaté deriváty - Aminy

➤ názvosloví systematické (amino-..., ...-amin) x radikálové (...-amin) x triviální

➤ deriváty amoniaku – primární, sekundární a terciární



trimethylamin



difenylamin

➤ nukleofilní, bazický charakter,

➤ záporný indukční efekt, kladný mezomerní efekt

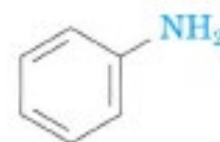
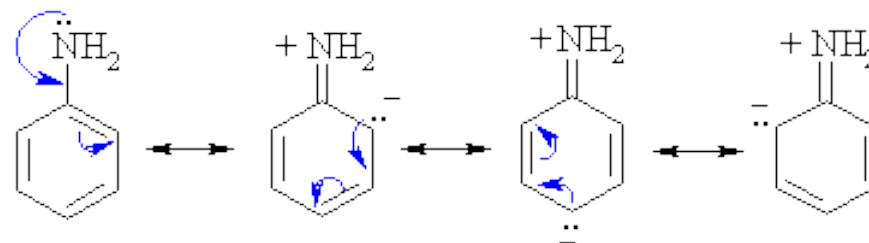
➤ rozpustné ve vodě do C(6),  $T_B > T_B(\text{alkan})$ , vodíkové můstky

➤ příprava:

✓  $\text{NH}_3 + \text{R-Cl} \rightarrow \text{R-NH}_2 + \text{HCl}$

✓ redukce nitro- a nitroso-sloučenin

✓ redukce nitrilů



anilin

➤ důležité sloučeniny:

✓ anilin – barviva, léky, krémy na boty

✓ 1,4-benzendiamin (p-fenylendiamin) - vývojky

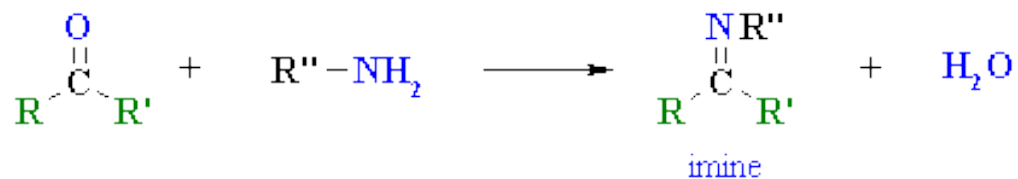
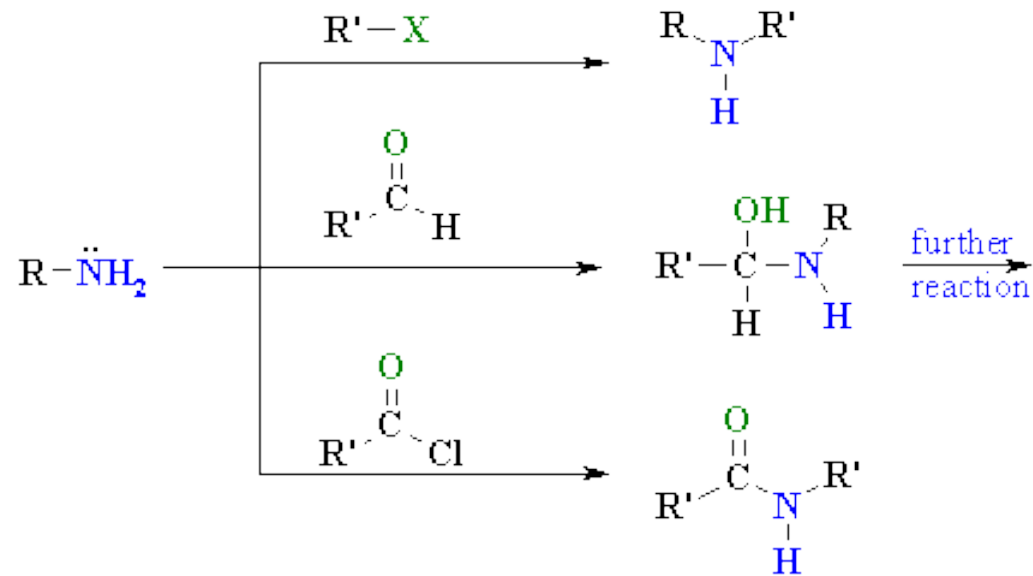


# Dusíkaté deriváty - Aminy

chemické reakce (substituent 1.řádu):

✓  $A_N$

✓  $S_N$

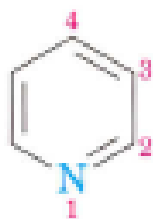




# Dusíkaté deriváty - Aminy

chemické reakce ( $A_N$ ,  $S_N$ ,  $E$ , substituent 1.řádu):

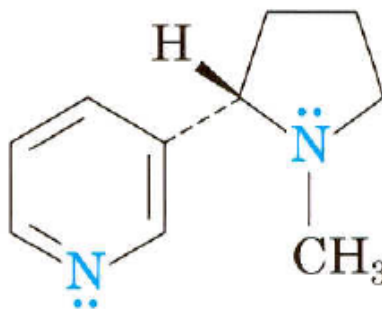
- ✓ oxidace:  $R-NH_2 \rightarrow R-NHOH \rightarrow R-NO \rightarrow R-NO_2$
- ✓ diazotace – diazoniové soli (prim.aminů – nestabilní  $\rightarrow N_2$ , arylaminů – stabilní)
- ✓ tvorba solí – kvarterní amoniové soli:  $(CH_3)_4N^+Cl^- + AgOH \rightarrow$  kvarterní amoniová base  $(CH_3)_4N^+OH^-$



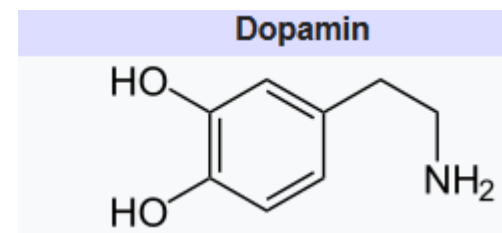
pyridin



pyrrol



nikotin





# Amidy versus Aminy

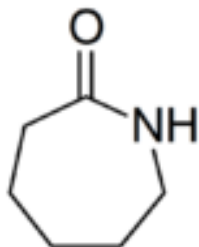
➤ amidy funkční deriváty karboxykyselin

➤ amidy x aminy

- ✓ oxidace: NE x ANO
- ✓ redukce: ANO x NE
- ✓  $T_B$ :  $\uparrow$ (krystal.) x  $\downarrow$
- ✓ rozpustnost ve vodě:  $\uparrow$  x  $\downarrow$
- ✓ neutrální x basické

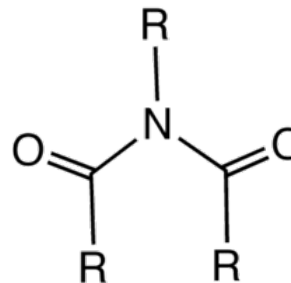
➤ amidy x imidy x laktamy x AMINY

Laktam-vnitřní amid



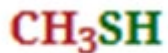
kaprolaktam

Imid





# Sirné deriváty



methanthiol

methylmerkaptan

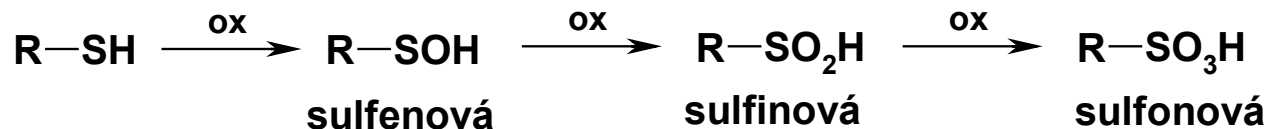
➤ analogie s kyslíkatými deriváty – thio-

➤ thioly – thioalkoholy (merkaptany) - ...-thiol, merkapto-... / ...-hydrosulfid

–SH (nižší  $T_B$  než alkoholy, ethanthiol  $35^\circ\text{C}$ , kyselejší než alkoholy)

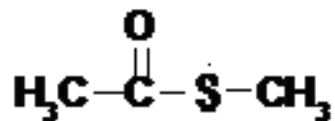
Skunk vylučuje směs dvou thiolů, které silně zapáchají...

- silnou oxidací ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ) vzniká řada kyselin



➤ thioethery – ...-sulfid –S–

➤ thioestery



➤ disulfidy (x peroxidy) –S–S–

➤ sulfonové kyseliny (nejkyselejší org. kyseliny) – $\text{SO}_3\text{H}$



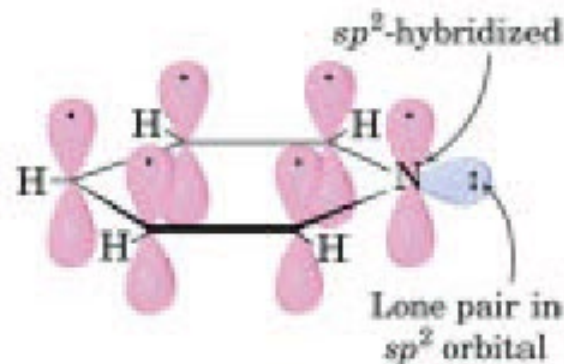
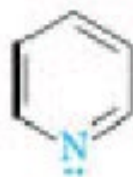
# Heterocyklické sloučeniny

## ➤ biologická důležitost:

- ✓ DNA & RNA
- ✓ proteiny
- ✓ enzymy, koenzymy

## ➤ léčiva

## ➤ aromatický charakter



Chemie heterocyklických sloučenin zahrnuje téměř polovinu všech sdělení v odborném tisku v oblasti organické chemie. Příčinou tohoto rozmachu není jen **přítomnost různých heterocyklických systémů v živočišných** (např. v nukleových kyselinách, bílkovinách, enzymech) **a rostlinných organismech** (např. alkaloidy, barviva), kde mohou hrát významnou roli v celé řadě důležitých biochemických transformací, ale mnohdy i jejich **široký biologický účinek**. Ten našel uplatnění v celé řadě aplikací jako jsou **léčiva, pesticidy, fungicidy, herbicidy, aj.** Rozmanitost struktur heterocyklických sloučenin umožnila připravovat i nové typy materiálů, které našly uplatnění v elektronice jako **vodivé polymery, světlo emitující diody, kapalně krystaly, atd.**



# Heterocyklické sloučeniny

*common azoles - five-membered aromatic nitrogen heterocycles*



furan



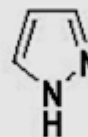
thiophene



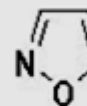
pyrrole



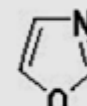
imidazole



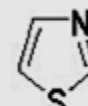
pyrazole



isoxazole

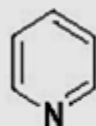


oxazole

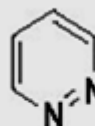


thiazole

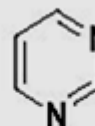
*common azines - six-membered aromatic nitrogen heterocycles*



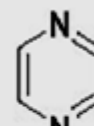
pyridine



pyridazine



pyrimidine  
(DNA/RNA base)



pyrazine