

KARBOXYLOVÉ KYSELINY



Marie Chlubnová
Masarykova univerzita

Karboxylové kyseliny

Obsah

ÚVOD	4
Základní charakteristika	4
Klasifikace karboxylových kyselin	4
Názvosloví karboxylových kyselin	5
Názvy acylových zbytků	6
Triviální názvy	7
Řešené úkoly k procvičení	8
Úkoly k samostatnému řešení	10
Deriváty karboxylových kyselin	10
FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI	11
Otázka pro zvědavé chemiky č. 1:	11
CHEMICKÉ VLASTNOSTI	12
Otázka pro zvědavé chemiky č. 2:	13
PŘÍPRAVA KARBOXYLOVÝCH KYSELIN	13
Oxidace alkanů	13
Oxidace alkenů (nenasycených uhlovodíků)	14
Oxidace postranního řetězce aromatických uhlovodíků	14
Katalytická oxidace aromatických uhlovodíků	14
Oxidace alkoholů a aldehydů	15
Příprava karboxylových kyselin z oxidu uhlíčitého	15
Otázka pro zvědavé chemiky č. 3:	15
Řešené úkoly k procvičení	15
REAKCE KARBOXYLOVÝCH KYSELIN	17
Reakce s kovy	17
Reakce s uhlíčitany	17
Reakce s amoniakem	18
Dekarboxylace karboxylových kyselin	18
Esterifikace	18
Redukce karboxylových kyselin	19
Řešené úkoly k procvičení	20
NEJVÝZNAMNĚJŠÍ KARBOXYLOVÉ KYSELINY	22
Kyselina mravenčí	22
Kyselina octová	22
Kyselina propionová	23
Kyselina máselná	23
Kyselina palmitová, stearová a olejová	23
Kyselina šťavelová	24
Kyselina jantarová	24
Kyselina akrylová a methakrylová	25
Kyselina adipová	25
Kyselina benzoová	25
Kyselina ftalová a tereftalová	26
Shrnutí	27
Klíčová slova	27
Odpovědi na otázky pro zvědavé chemiky	28
Opakování je matkou moudrosti	29
Procvičuj	30
Názvosloví	30

Karboxylové kyseliny

Vlastnosti	30
Příprava karboxylových kyselin	31
Reakce karboxylových kyselin	31
Řešení:	32

Vysvětlivky



Řešené úkoly k procvičení. Úkoly umístěné hned za probranou látkou. Tyto úlohy obsahují postup a správné řešení.



Úkoly k samostatnému řešení. Správné výsledky úkolů jsou zobrazeny na konci daného cvičení.



Otázka pro zvědavé chemiky. Úlohy na přemýšlení, jimiž si lze prohloubit učivo středoškolské chemie. Znalost odpovědí na tyto otázky již nespadá do základních vědomostí středoškolské chemie.



Opakování matkou moudrosti. Úlohy na zopakování a osvojení si učiva z kapitoly karboxylové kyseliny. Správné odpovědi lze nalézt v učebním textu.

ÚVOD

Základní charakteristika

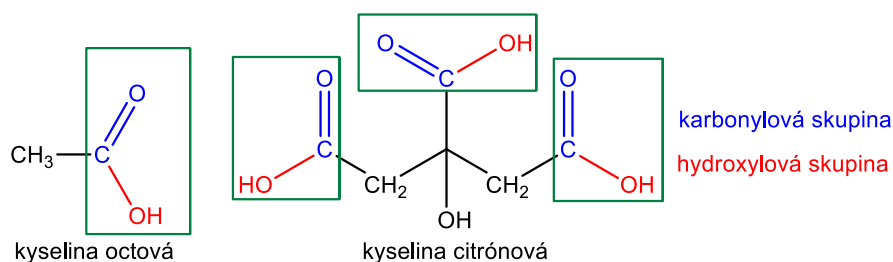
Pod pojmem karboxylové kyseliny si každý člověk může představit ledacos. Někomu přijde na mysl chemický vzorec, někomu zase chemikálie v laboratoři. Ale kde se s nimi můžeme reálně setkat? Pro odpověď nemusíme chodit nikam daleko. Stačí se podívat na potraviny, které běžně konzumujeme. Například, pokud si ke snídani připravíme chléb s máslem – objevíme v másle ester kyseliny máselné a v tuku i jiné estery mastných kyselin. Abychom měli zdravou snídani, můžeme si dát jablko obsahující kyselinou jablečnou a kyselinu citrónovou. Snídani zapijeme kupovaným džusem, kde se v informacích o složení dočteme o regulátoru kyselosti, tedy kyselině citrónové. A takto bychom mohli pokračovat přes svačinu, oběd až k večeři.

Pokud se sami podíváte na informace o složení několika potravin, které máte v kuchyni, zjistíte, že mnoho karboxylových kyselin je obsaženo v přírodních produktech, ale také se díky různým účinkům užívají jako přísady do uměle modifikovaných trvanlivých potravin.

Široká škála karboxylových kyselin je přírodního původu, o čemž svědčí jejich názvy (vinná, mravenčí, octová,...) odvozené od materiálů, ve kterých jsou kyseliny a jejich deriváty obsaženy. Proto se často využívají v potravinářském průmyslu jako aditiva pro konzervování surovin (například kyselina benzoová a kyselina sorbová), ale také i v jiných oblastech například na výrobu esterů (ester vzniká reakcí kyseliny a alkoholu) a plastů.

Z chemického hlediska je možné karboxylové kyseliny definovat jako deriváty uhlovodíků obsahující ve své molekule jednu nebo více karboxylových skupin (-COOH). Karboxylovou skupinu můžeme vnímat jako spojení skupiny hydroxylové a karbonylové. Příkladem kyseliny s jednou karboxylovou skupinou je kyselina octová. Více karboxylových skupin (tři) obsahuje například kyselina citrónová.

Chemická definice karboxylových kyselin



Klasifikace karboxylových kyselin

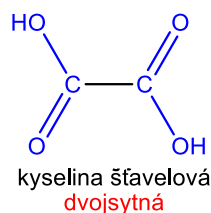
Klasifikace karboxylových kyselin

Karboxylové kyseliny lze dělit podle dvou hledisek:

a) Podle počtu karboxylových skupin je můžeme dělit na **jednosytné** (obsahující jednu karboxylovou kyselinu) a **vícesytné** (dvojsytné – obsahují dvě karboxylové skupiny, trojsytné – obsahují tři karboxylové skupiny,...) karboxylové kyseliny.

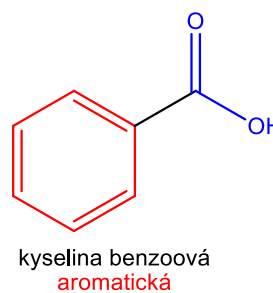
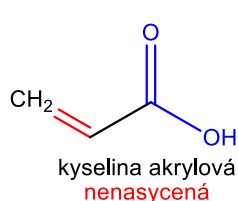
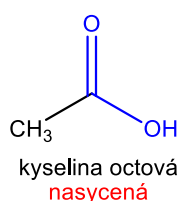
Podle počtu karboxylových skupin

Karboxylové kyseliny



b) Podle typu uhlovodíkového zbytku lze karboxylové kyseliny dělit na **nasyčené** (ke karboxylové skupině je připojen nasycený zbytek), **nenasyčené** (uhlovodíkový zbytek připojený na karboxylu je nenasyčený – tzn. molekula obsahuje násobné vazby) a **aromatické** (ke karboxylové skupině je připojeno aromatické jádro).

Podle typu
uhlovodíkového
zbytku

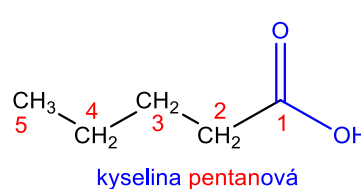
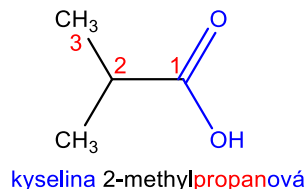
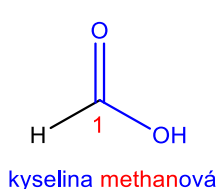


Názvosloví karboxylových kyselin

Názvosloví
karboxylových
kyselin

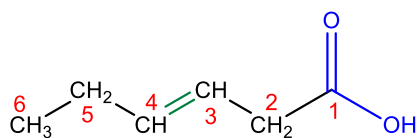
Při tvorbě názvu karboxylových kyselin postupujeme podle pravidel systematického názvosloví.

1. Název karboxylové kyseliny obsahuje podstatné jméno **kyselina** a přídavné jméno odvozené z názvu **uhlovodíku**, ke kterému je připojena přípona vyjadřující přítomnost karboxylové skupiny. Základní uhlovodík nazveme podle nejdelšího řetězce nebo cyklu, který v molekule nalezneme. Pokud započítáváme uhlík karboxylové kyseliny do základního uhlovodíku, vyjádříme přítomnost skupiny COOH příponou **-ová**. V případě cyklu tuto příponu nepoužijeme (viz níže). Řetězec číslujeme tak, aby karboxyl měl co nejnižší lokant. V případě, že jsou přítomny další substituenty na uhlovodíkovém řetězci, vyjadřujeme je předponou před kmenem názvu kyseliny.

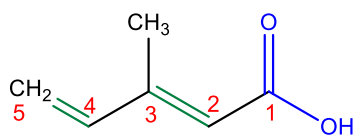


2. Pokud se v molekule vyskytuje **násobná vazba** v uhlovodíkovém řetězci, vyjádří se její přítomnost v názvu uhlovodíku, který tvoří kmen názvu kyseliny, záměnou přípony –an za příponu vyjadřující přítomnost dvojně (-en) nebo trojně vazby (-yn).

Karboxylové kyseliny

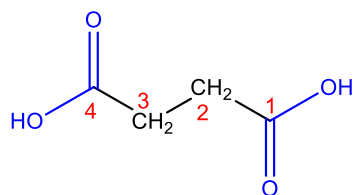


kyselina hex-4-enová

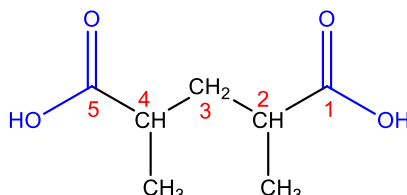


kyselina 3-methylpenta-2,4-dienová

3. Pokud je karboxylová kyselina **dvojsytná** (obsahující **dvě** funkční skupiny), vyjádří se počet karboxylových funkčních skupin násobnou předponou před příponou –ová, tedy –**diová**. Analogicky používáme násobící předpony pro vícesytné kyseliny.

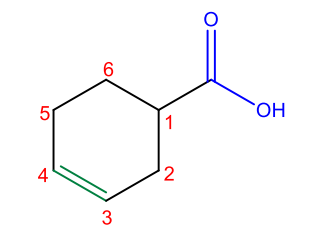


kyselina butan-1,4-diová

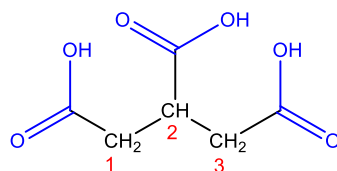


kyselina 2,4-dimethylpentan-1,5-diová

4. V případech, kdy atom uhlíku COOH skupiny není součástí základního uhlovodíku (například u cyklických sloučenin nebo některých vícesytných karboxylových kyselin), skládá se název kyseliny z názvu daného uhlovodíku a přípony –**karboxylová kyselina**. Při číslování se snažíme dosáhnout co nejnižšího lokantu či souboru lokantů pro karboxyl. U vícesytných kyselin pak použijeme příponu s příslušnou násobnou předponou.



cyklohex-3-enkarboxylová kyselina



propan-1,2,3-trikarboxylová kyselina

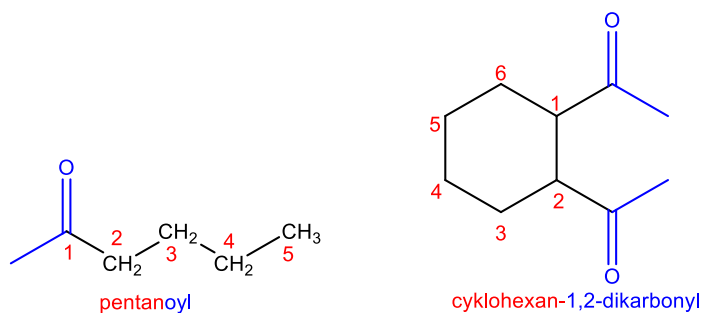
Násobící předpony:
mono-
di-
tri-
tetra-
penta-
hexa-
hepta-
okta-
nona-
deka-

Názvy acylových zbytků

Acyly jsou zbytky karboxylových kyselin, které odvodíme odtržením hydroxylové skupiny (-OH) z karboxylu. Název acylového zbytku pak může mít dvě podoby. Pokud byla -OH skupina odtržena z karboxylové kyseliny, jejíž název končí příponou –ová, bude se název acylu skládat z příslušného uhlovodíku a koncovky –**oyl**. Pokud však byl původní název kyseliny zakončen příponou –karboxylová kyselina, skládá se název acylu z příslušného uhlovodíku a přípony –**karbonyl**.

Názvy acylových zbytků

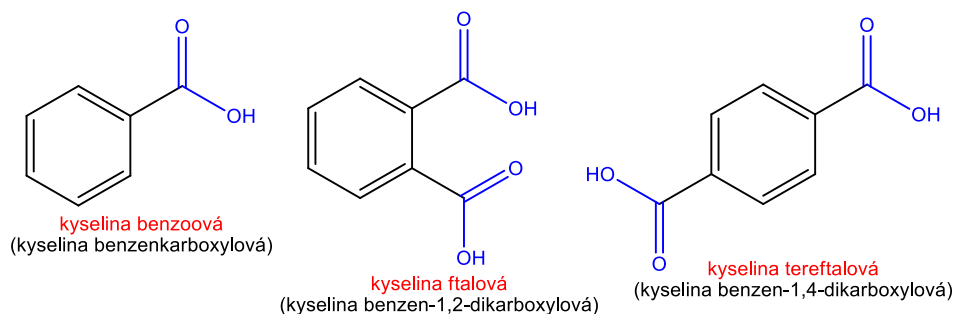
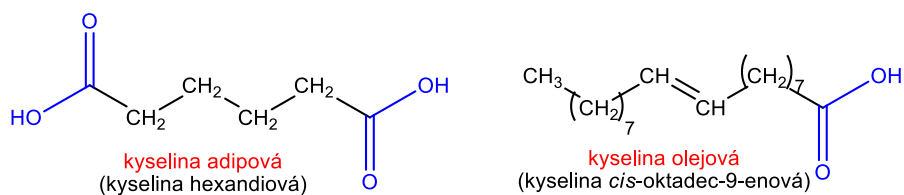
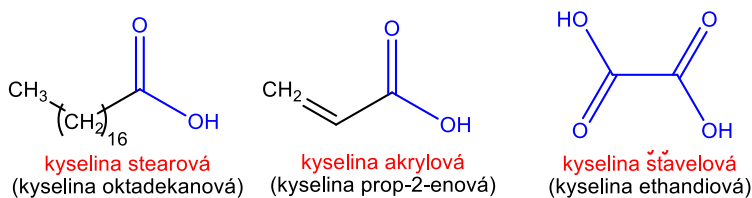
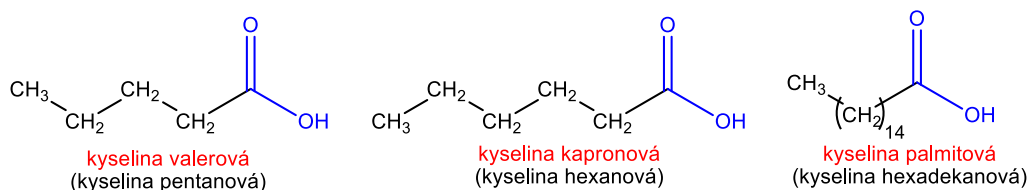
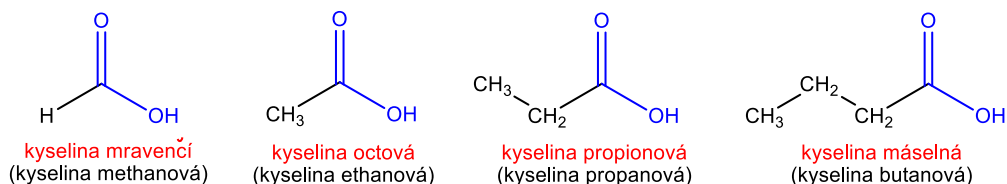
Karboxylové kyseliny



Triviální názvy

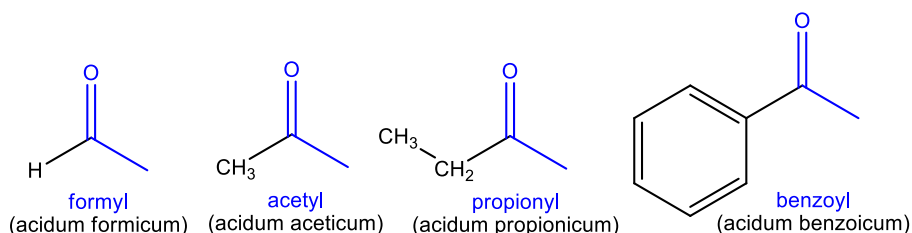
Pro většinu karboxylových kyselin se kromě systematického názvosloví používají názvy triviální. Tyto názvy jsou povětšinou odvozeny od materiálů, ve kterých jsou dané karboxylové kyseliny obsaženy. (V závorkách jsou uvedeny systematické názvy.)

Triviální názvy
karboxylových
kyselin



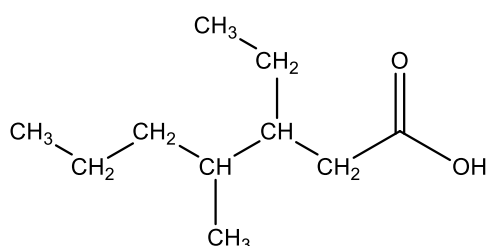
Karboxylové kyseliny

Triviální názvy se také někdy užívají pro acylové zbytky. Pojmenování takových acylů často vychází z latinského názvu kyseliny, který je uveden v závorkách.

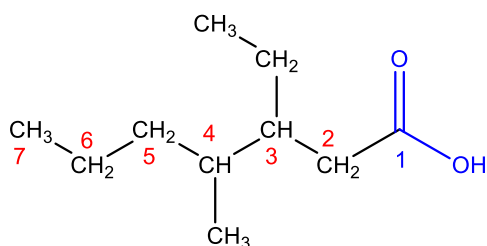


Řešené úkoly k procvičení

1. Systematicky pojmenuj následující sloučeninu:



- Nejprve nalezneme všechny funkční skupiny v molekule: nacházíme pouze jednu karboxylovou skupinu. Z pravidel systematického názvosloví víme, že karboxylová funkční skupina může být v tomto případě vyjádřena pouze příponou -ová, protože atom uhlíku je součástí karboxylové skupiny (karboxylová kyselina není vícesytná ani cyklická).
- Nalezneme nejdelší uhlíkatý řetězec. V našem případě má nejdelší řetězec sedm atomů uhlíku, tedy základem názvu molekuly bude heptan.
- Nejdelší řetězec očíslováme tak, aby atom uhlíku karboxylové kyseliny měl nejnižší lokant.
- Poté vyjádříme pozici substituentů na zvoleném uhlíkatém řetězci pomocí příslušných lokantů. Zjišťujeme, že se jedná o uhlovodíkové zbytky, které vyjadřujeme předponou jako alkyly. V našem případě je na atomu uhlíku 3 substituent ethyl a uhlíku 4 substituent methyl.
- Předpony píšeme podle abecedního pořadí před základ názvu.

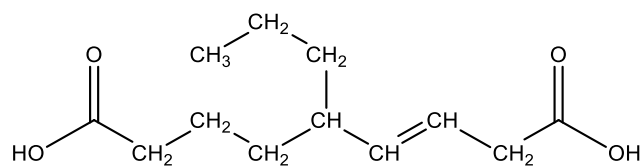


3-ethyl-4-methylheptanová kyselina

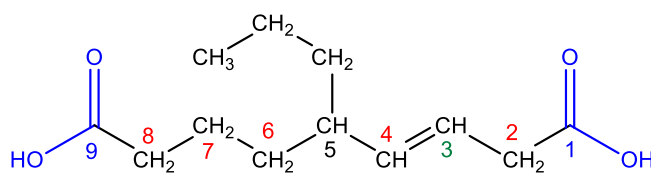


Karboxylové kyseliny

2. Systematicky pojmenuj následující sloučeninu:

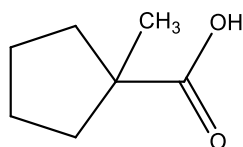


- Nejprve nalezneme všechny funkční skupiny v molekule: nacházíme dvě karboxylové skupiny.
- Poté najdeme nejdelší uhlíkatý řetězec, který obsahuje všechny karboxylové skupiny, maximální počet násobných vazeb a nese největší počet substituentů. V našem případě má nejdelší řetězec devět uhlíků.
- Podle pravidel pro číslování základní struktury mají násobné vazby přednost před substituenty pojmenovanými předponami, proto budou mít nejnižší lokanty. V našem případě bude mít násobná vazba lokant 3 a substituent propyl lokant 5.

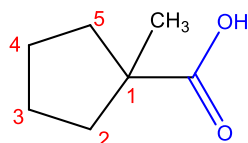


5-propylnon-3-en-1,9-diová kyselina

3. Systematicky pojmenuj následující sloučeninu:



- Nejprve nalezneme všechny funkční skupiny v molekule: nacházíme jednu karboxylovou skupinu.
- Nalezneme nejdelší uhlíkatý řetězec. V našem případě má nejdelší řetězec (cyklus) 5 uhlíků, tedy základem názvu molekuly bude cyklopentan. Víme, že pokud je základem karboxylové sloučeniny cyklická molekula, atom uhlíku karboxylové funkční skupiny není součástí základního uhlovodíku, a proto se do uhlovodíkového řetězce nezapočítává. Název kyseliny se v našem případě skládá z daného uhlovodíku a přípony –karboxylová kyselina.
- Uhlovodíkové zbytky vyjadřujeme předponou jako alkyly.



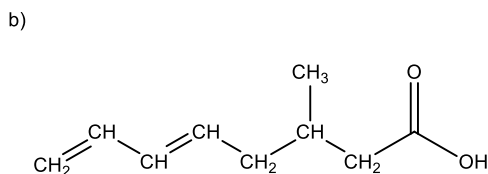
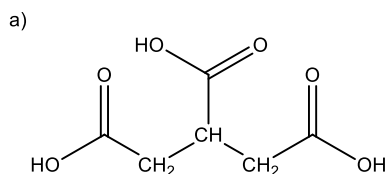
1-methylcyklopentankarboxylová kyselina



Karboxylové kyseliny

Úkoly k samostatnému řešení

1. Nalezni a očísľuj základní uhlovodík a systematicky pojmenuj následující sloučeninu:



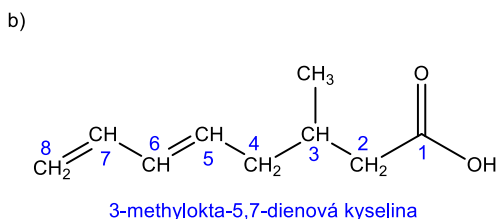
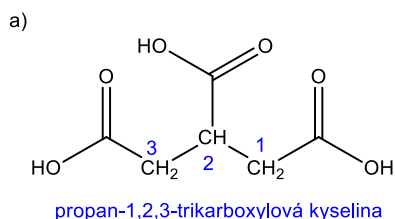
2. Napiš strukturní vzorec látky nebo zbytku, které mají název:

a) prop-2-en-1-oyl

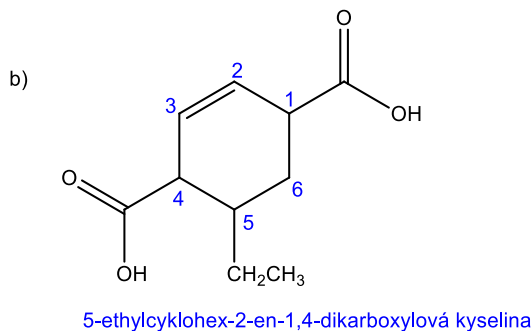
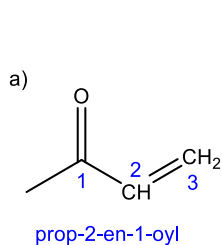
b) 5-ethylcyklohex-2-en-1,4-dikarboxylová kyselina

Řešení:

1.



2.



Deriváty karboxylových kyselin

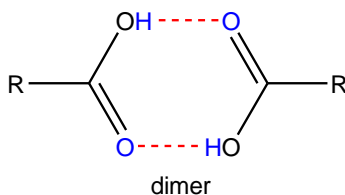
Od karboxylových kyselin se odvozují **substituční** a **funkční** deriváty, podle toho v jakém místě karboxylové kyseliny dochází k substituci. Pokud je modifikována přímo karboxylová skupina, jedná se o funkční deriváty (soli, halogenidy, estery, anhydridy, amidy, nitrily,...). Dochází-li však ke změně na uhlovodíkovém skeletu karboxylové kyseliny jedná se o substituční deriváty (hydroxykyseliny, halogenkarboxylové kyseliny, oxokyseliny,...). O těchto derivátech se více dozvíte v dalších kapitolách o derivátech karboxylových kyselin.

*Deriváty
karboxylových
kyselin*

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Karboxylové kyseliny se vyskytují většinou jako kapaliny nebo pevné látky. Kapalně skupenství je typické pro nižší alifatické kyseliny obsahující pouze jednu karboxylovou skupinu. Vyšší karboxylové kyseliny, aromatické nebo vícesytné kyseliny jsou typicky tuhé krystalické látky. Ve všech skupenstvích dochází ke spojování dvou molekul karboxylových kyselin vodíkovými vazbami a tvorbě dimerů. Důsledkem jsou pak výrazně vyšší teploty tání a varu než u alkoholů se stejným počtem atomů uhlíku. Například srovnajte kyselinu ethanovou (b.v. 118 °C) a ethanol (b.v. 78 °C).

Skupenství



Body varu karboxylových kyselin obsahujících pouze jednu karboxylovou funkční skupinu stoupají s rostoucí relativní molekulovou hmotností, jak můžete vidět v tabulce 1. Podobný trend pozorujeme i u teplot tání. Alifatické karboxylové a dikarboxylové kyseliny, které mají sudý počet uhlíkových atomů, mají vyšší body tání, než nejbližší karboxylové kyseliny s lichým počtem uhlíkových atomů. (To jsou takové karboxylové kyseliny, které mají o jeden atom uhlíku více nebo méně.)

Body tání a varu

Tab. 1: Body tání a body varu některých kyselin.

Název karboxylové kyseliny	Bod tání (°C)	Bod varu (°C)
Mravenčí (methanová) kyselina	8,3	100,5
Octová (ethanová) kyselina	16,6	118
Propionová (propanová) kyselina	-20,7	141
Máselná (butanová) kyselina	-5,2	163,3
Valerová (pentanová) kyselina	-33,7	186

Nejlépe rozpustné ve vodě jsou nižší alifatické kyseliny, obsahující jednu nebo dvě karboxylové skupiny. Neomezeně mísitelné s vodou jsou například kyseliny mravenčí a octová. Naopak vyšší alifatické karboxylové kyseliny a kyseliny s aromatickým kruhem se ve vodě rozpouštějí velmi obtížně.

Rozpustnost

Otázka pro zvědavé chemiky č. 1:

Karboxylové kyseliny s dlouhým alifatickým řetězcem mají amfifilní (hydrofilní i hydrofobní) vlastnosti. Co toto tvrzení vlastně znamená? V jaké oblasti se dají tyto vlastnosti využít?

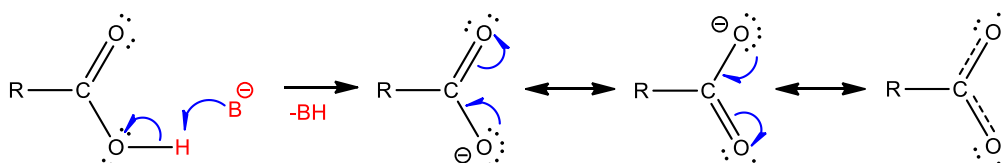


CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Chemické vlastnosti karboxylových kyselin vycházejí ze struktury karboxylové funkční skupiny. Karboxylová skupina je vlastně spojení karbonylu a hydroxylové skupiny, což znamená, že karboxylové kyseliny se také odlišují chemickými vlastnostmi od alkoholů a ketonů (či aldehydů).

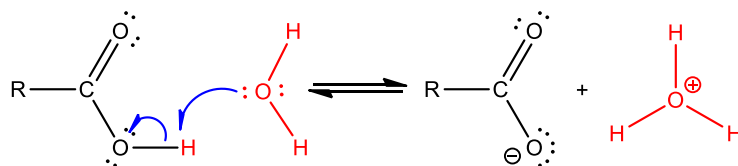
Atom vodíku hydroxylové skupiny v karboxylu je kyselejší než atom vodíku v alkoholech. To je dáno působením karbonylové skupiny, která efektivně stabilizuje konjugací záporný náboj karboxylátového aniontu, konjugované báze karboxylové kyseliny. Snadno tak působením báze dochází k odštěpení protonu za vzniku stabilního karboxylátového aniontu. Stabilita tohoto aniontu je dána rovnoměrným rozložením elektronové hustoty mezi oba kyslíkové atomy, jak je možné vidět na rezonančních strukturách.

Kyselost vodíku v karboxylové skupině.



Reakce karboxylové kyseliny sází

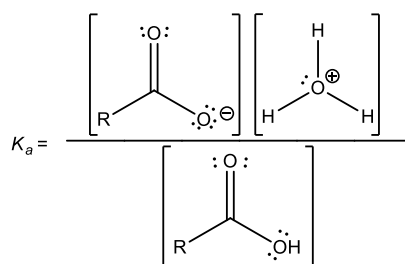
Pokud je karboxylová kyselina ve vodném roztoku, dochází k její reakci s vodou (H_2O je slabá báze) za vzniku hydroxoniových iontů H_3O^+ a karboxylátového aniontu, nazýváme tento děj disociací.



Disociace karboxylové kyseliny ve vodném roztoku

Pozici rovnováhy a tím i sílu kyseliny vyjadřuje disociační konstanta (K_a), která udává aciditu (kyselost) neboli sílu kyseliny. Ta je v tomto případě vyjádřena následovně:

Disociační konstanta je závislá na teplotě a druhu rozpouštědla



Síla kyseliny je větší, pokud je výsledná hodnota disociační konstanty (K_a) vyšší. Hodnoty K_a se u většiny monokarboxylových kyselin pohybují v rozmezích 10^{-4} a 10^{-5} .

Někdy je také disociační konstanta uváděna ve tvaru pK_a . Jedná se o záporný dekadický logaritmus disociační konstanty. Hodnoty pK_a monokarboxylových kyselin se proto nejčastěji pohybují v rozmezích od 4 do 5. Zde naopak platí, že čím vyšší je hodnota pK_a , tím menší je síla kyseliny.

$$pK_a = -\log K_a$$

Karboxylové kyseliny

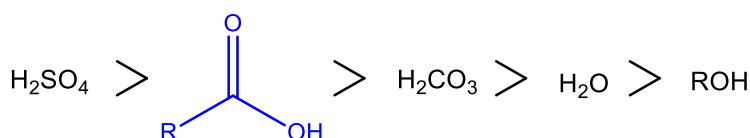
Tab. 2: Hodnoty disociačních konstant karboxylových kyselin.

Vzorec	Kyselina	pK_a (při 25 °C)	K_a (při 25 °C)
HCOOH	mravenčí	3,75	$1,77 \cdot 10^{-4}$
CH ₃ COOH	octová	4,76	$1,75 \cdot 10^{-5}$
CH ₃ CH ₂ COOH	propionová	4,87	$1,33 \cdot 10^{-5}$
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	máslná	4,82	$1,51 \cdot 10^{-5}$
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ COOH	valerová	4,82	$1,51 \cdot 10^{-5}$

Sílu kyseliny také ovlivňuje délka uhlovodíkové zbytku. Čím větší je uhlovodíkový zbytek, tím je karboxylová kyselina slabší kyselinou (její kyselost je menší). Mezi silnější kyseliny lze také řadit takové kyseliny, které mají v blízkosti karboxylové skupiny násobnou vazbu, či aromatické jádro.

Síla karboxylové kyseliny

V porovnání kyselosti OH skupin karboxylových kyselin se silnými minerálními anorganickými kyselinami je většina karboxylových kyselin slabší, ale kyselější než kyselina uhličitá, voda a alkoholy.



Otázka pro zvědavé chemiky č. 2:

Pokuste se vysvětlit, proč jsou některé karboxylové kyseliny neomezeně mísitelné s vodou. O jaké karboxylové kyseliny se jedná?



PŘÍPRAVA KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

Karboxylové kyseliny se připravují různými metodami. Mezi něž lze zahrnout oxidace alkanů, alkenů, aromátů, alkoholů a aldehydů. Nebo také reakce spojené s přeměnami funkčních derivátů (hydrolyza esterů) či adice organokovu na oxid uhličitý.

Oxidace alkanů

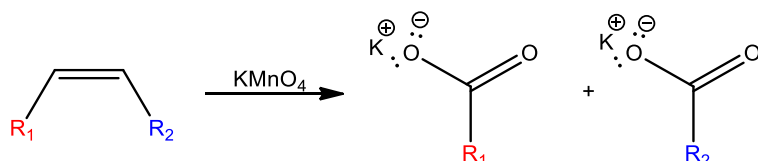
Příprava karboxylových kyselin z alkanů se provádí působením vzdušného kyslíku na *n*-alkany o 20 až 30 atomech uhlíku. Tento způsob není ideální, protože vznikají nejen kyseliny, ale také alkoholy a ketony. Karboxylové kyseliny je nejprve nutné izolovat ve formě svých solí a poté okyselením převést na volné kyseliny. Tento způsob se využívá spíše pro průmyslovou výrobu než pro laboratorní přípravu.

Oxidace alkanů

Karboxylové kyseliny

Oxidace alkenů (nenasycených uhlovdíků)

Karboxylové kyseliny lze připravit oxidací alkenů silným oxidačním činidlem – manganistanem draselným. Principem reakce je rozštěpení uhlíkatého řetězce v místě násobné vazby, přičemž uhlíkové atomy, které byly zapojeny do násobné vazby, jsou zoxidovány až na draselné soli karboxylových kyselin. Při mírnější oxidaci alkenů manganistanem draselným by došlo pouze ke vzniku diolů.



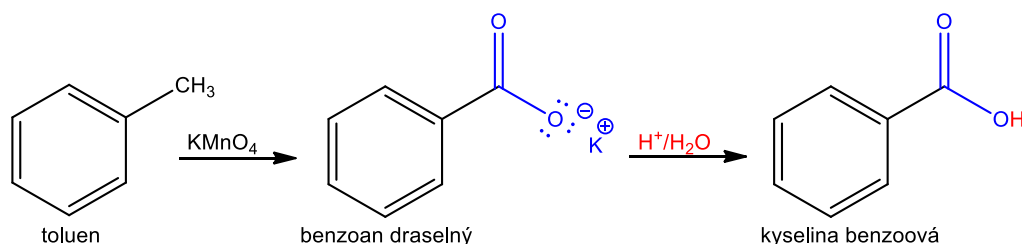
Oxidace nenasycených uhlovdíků

Sůl se tvoří působením KOH, který vzniká rozkladem $KMnO_4$

Oxidace postranního řetězce aromatických uhlovdíků

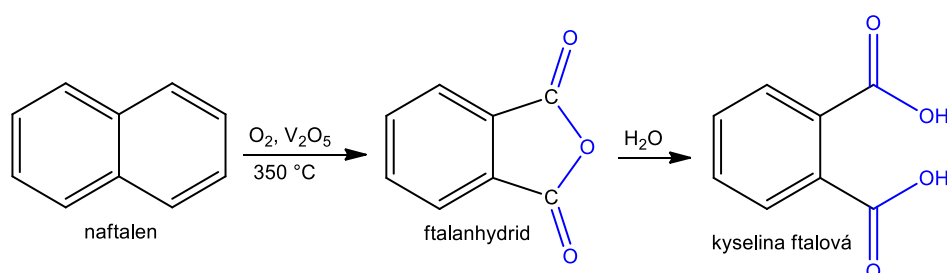
Roztok silného oxidačního činidla (manganistanu draselného) lze použít i v tomto případě pro oxidaci postranního řetězce aromatického uhlovdíku v kyselém prostředí. Přitom nezávisí na délce a struktuře řetězce, oxidace končí vždy jeho přeměnou na COOH skupinu. Typickým příkladem je dříve užívaná průmyslová výroba kyseliny benzoové z toluenu. Nejprve opět vzniká sůl, která okyselením přechází na příslušnou kyselinu. Reakce poskytuje vysoké chemické výtěžky kyseliny benzoové.

Oxidace postranního řetězce aromatických uhlovdíků



Katalytická oxidace aromatických uhlovdíků

Oxidovat aromatické uhlovdíky lze samozřejmě přímo, avšak jedná se o obtížnou reakci z důvodu velmi malé reaktivity aromatického cyklu vůči oxidaci, případně nízké selektivity reakce, když se zvolí energičtější podmínky. Proto se využívá katalyzátor, který průběh reakce usnadní. Příkladem je průmyslová výroba anhydridu kyseliny ftalové: katalytická oxidace naftalenu kyslíkem při zvýšené teplotě za užití oxidu vanadičného jako katalyzátoru. Během reakcí vzniká anhydrid kyseliny ftalové (ftalanhydrid), který po následné reakci s vodou (hydrolyze) poskytuje kyselinu ftalovou.



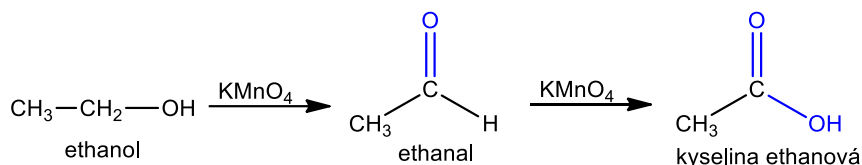
Anhydrid vzniká spojením dvou karboxylových skupin za odštěpení molekuly vody.

Karboxylové kyseliny

Oxidace alkoholů a aldehydů

Karboxylové kyseliny se připravují oxidací primárních alkoholů přes stádium aldehydu. Jako oxidační činidlo lze opět použít manganistan draselný nebo také dichroman či chroman v kyselém prostředí. Na karboxylovou kyselinu lze rovněž oxidovat aldehyd.

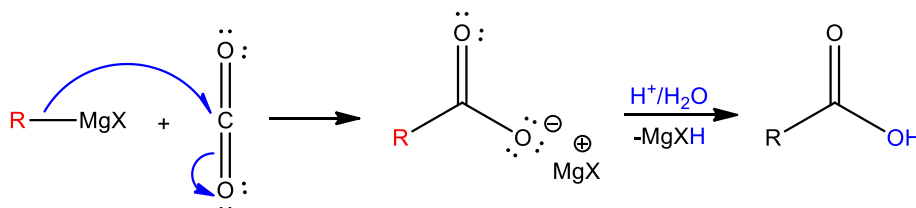
Oxidace alkoholů a aldehydů



Příprava karboxylových kyselin z oxidu uhličitého

Karboxylové kyseliny se připravují adicí Grignardových činidel na karbonylovou skupinu oxidu uhličitého. Při reakci vznikají soli karboxylových kyselin, které po okyselení (vytěsnění slabší kyseliny ze soli silnější kyselinou) poskytují karboxylovou kyselinu.

Příprava karboxylových kyselin pomocí Grignardových činidel



Otázka pro zvědavé chemiky č. 3:

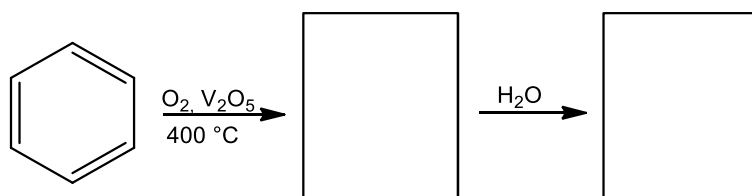
Na základě znalosti uvedených metod přípravy karboxylových kyselin se pokuste navrhnout způsob přípravy kyseliny tereftalové.



Řešené úkoly k procvičení

Doplň reakční rovnice a urči typ reakce:

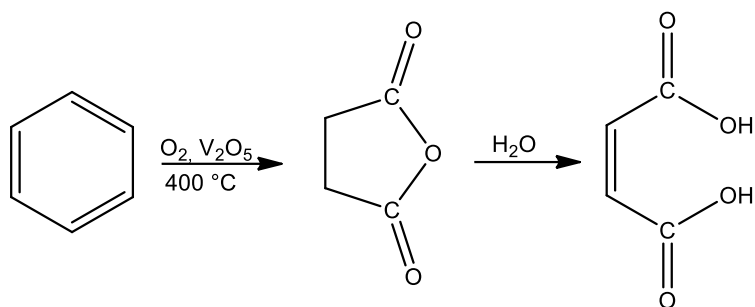
1)



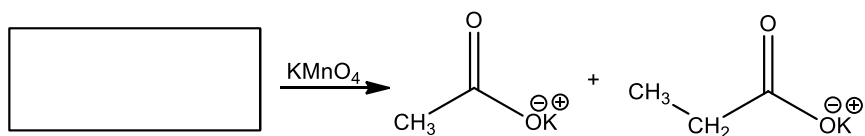
Řešení: Z podmínek reakce a výchozího aromátu je jasné, že se jedná o katalytickou oxidaci aromatického uhlovodíku. Benzen je oxidován vzdušným kyslíkem za katalýzy oxidem vanadičným. Nejprve vzniká anhydrid kyseliny maleinové (maleinanhydrid) a poté jeho hydrolyzou kyselina maleinová.



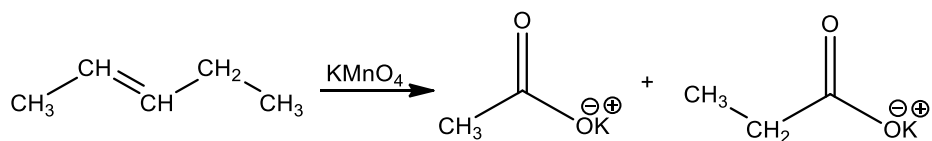
Karboxylové kyseliny



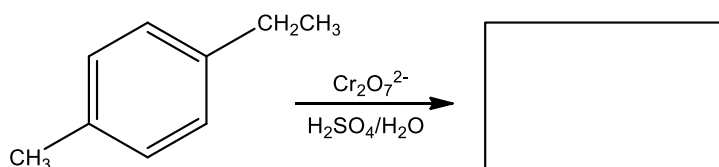
2)



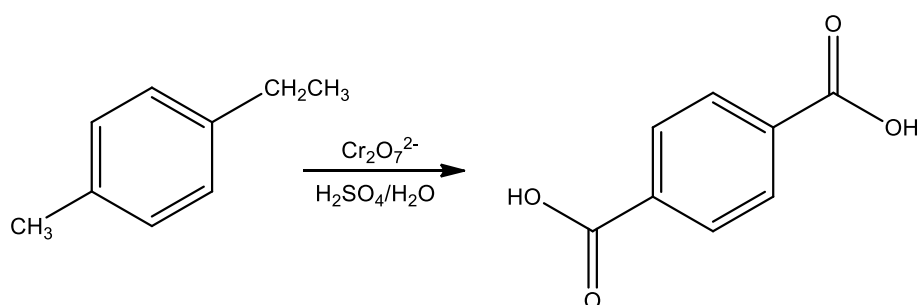
Řešení: Podle uvedeného schématu, kde z jedné výchozí sloučeniny vznikají dva produkty – dvě draselné soli karboxylové kyseliny, je jasné, že se jedná o oxidaci alkenů silným oxidačním činidlem. Při reakci dochází k rozštěpení násobné vazby a k oxidaci uhlíkových atomů, které tuto vazbu tvořily. Následkem je vznik dvou karboxylových solí.



3)

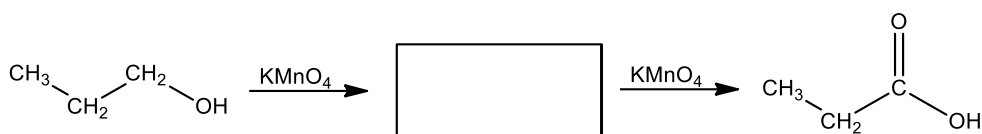


Řešení: Při oxidaci postranního řetězce aromatické sloučeniny nemusí být vždy nutně použito pouze manganistan draselný, ale mohou zde být i jiná silná oxidační činidla. Alkylové substituenty na benzenovém jádře jsou vždy oxidovány na karboxylovou skupinu –COOH bez ohledu na jejich délku. Proto v tomto případě je výsledkem oxidace benzen-1,4-dikarboxylová kyselina. (S touto informací jste se již setkali v kapitole areny.)

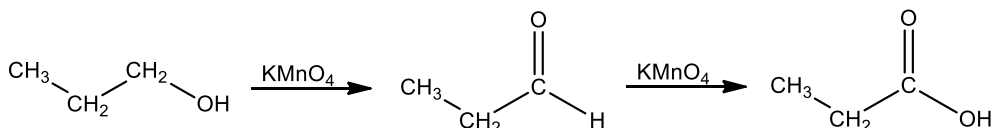


Karboxylové kyseliny

4)



Řešení: V tomto případě je výchozí látkou alkohol propanol a konečným produktem kyselina propanová. Z reakčních podmínek je uveden manganistan draselný – jedná se tedy o oxidaci primárního alkoholu na karboxylovou kyselinu přes meziprodukt, kterým je aldehyd (propanal).



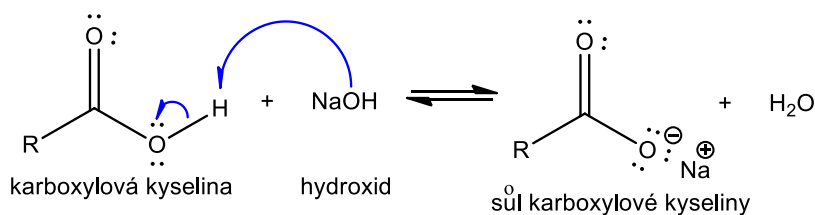
REAKCE KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

Karboxylové kyseliny vzhledem k povaze své funkční skupiny, která představuje kombinaci OH a karbonylu, mohou podléhat rozmanitým reakcím. Mezi důležité reakce těchto organických kyselin patří neutralizace, dekarboxylace a esterifikace.

Reakce s kovy

Jedná se o reakci karboxylových kyselin s hydroxidy za vzniku solí karboxylových kyselin. V tomto případě hydroxid sodný (velmi silná báze) odejme karboxylové kyselině jeden proton za vzniku její sodné soli. Rovnováha reakce je posunuta ve prospěch produktů.

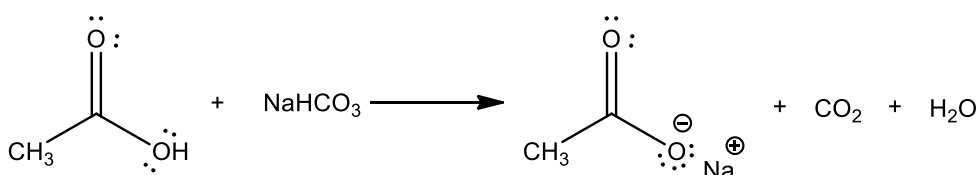
*Reakce s kovy
Neutralizace*



Reakce s uhličitany

Reakcí karboxylových kyselin s uhličitany či hydrogenuhličitany (solemi slabších kyselin) vznikají soli karboxylových kyselin a kyselina uhličitá, která se rozkládá na oxid uhličitý a vodu.

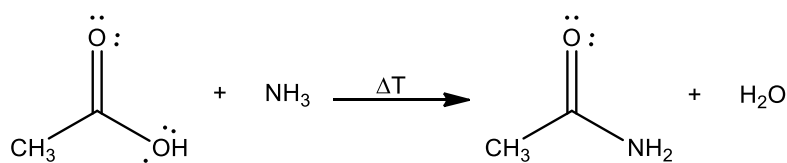
Reakce s uhličitany



Karboxylové kyseliny

Reakce s amoniakem

Reakcí karboxylové kyseliny s amoniakem vzniká amonná sůl, ze které se termickým rozkladem získává amid karboxylové kyseliny.

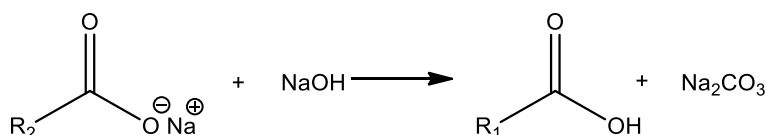


Reakce s amoniakem

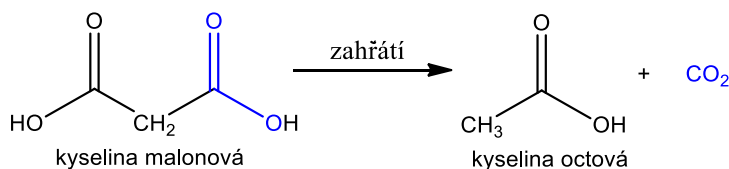
Dekarboxylace karboxylových kyselin

Karboxylové kyseliny mohou při vysokých teplotách odštěpovat oxid uhličitý. Popsaný děj se nazývá dekarboxylace, dochází při něm k zániku karboxylové funkční skupiny. Avšak ne všechny karboxylové kyseliny dekarboxylují snadno. Zahříváním alkan- a aren- karboxylových kyselin s alkalickým hydroxidem vznikají karboxylové soli. Ty se pak dále zahřívají například s NaOH a vzniká uhličitán sodný a uhlovodík, který má **o jeden atom uhlíku méně**. Produkt dekarboxylace závisí na povaze kationtu a druhu kyseliny. Někdy mohou vznikat ketony.

Snadnost dekarboxylace závisí na struktuře karboxylové kyseliny.

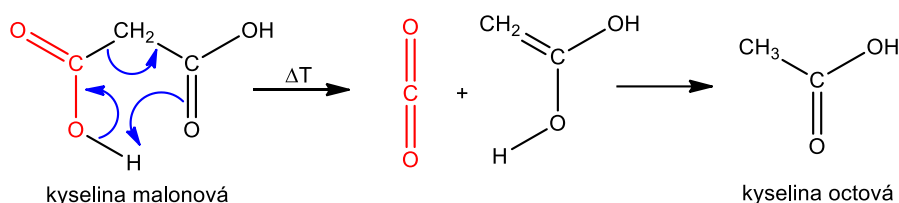


Naopak kyseliny malonovou, alkyl- či dialkyl- malonovou lze dekarboxylovat jen zahřátím většinou nad jejich body tání.



Tato dekarboxylace probíhá u kyselin, které mají alespoň dvě karboxylové skupiny a více jak dva uhlíky v alifatickém řetězci.

Dekarboxylace této kyseliny probíhá přes cyklický tranzitní stav podle mechanismu:

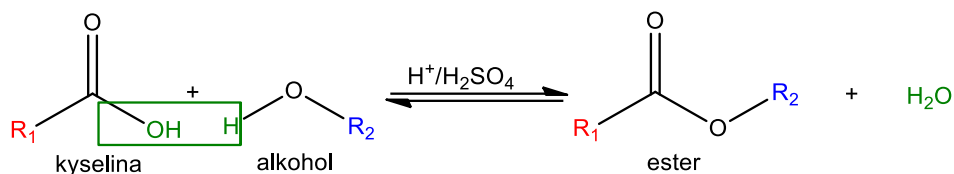


Esterifikace

Kyselcatalyzovaná reakce karboxylové kyseliny a alkoholu za vzniku esteru a vody se nazývá esterifikace. Katalyzátorem reakce je silná (anorganická) kyselina, např. H₂SO₄.

Esterifikace

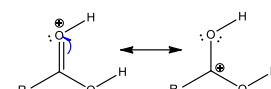
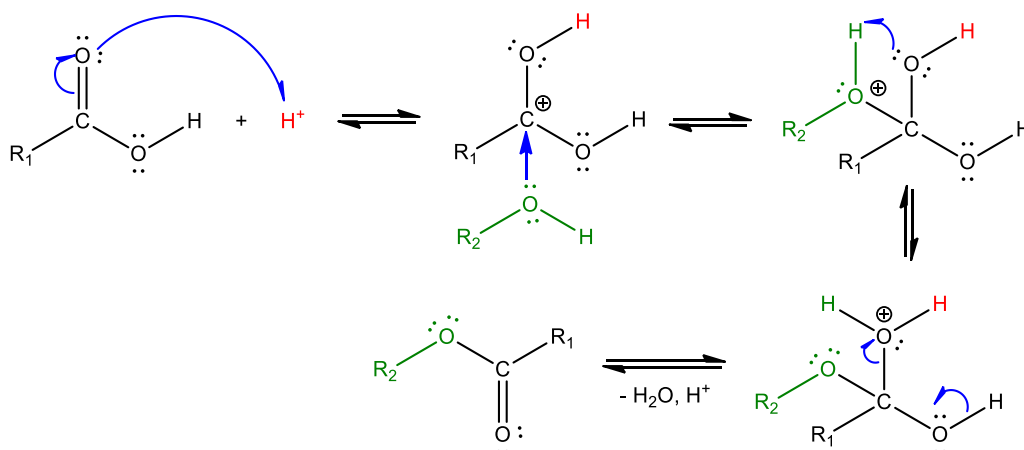
Karboxylové kyseliny



Ze schématu je patrné, že voda pocházející z esterifikace vznikla z OH skupiny karboxylové kyseliny a atomu vodíku z hydroxylové skupiny alkoholu. Výsledný ester jednoduchých kyselin a alkoholů obsahuje ve své struktuře kyslíkový atom, který je původně z alkoholu. Mechanismů esterifikace karboxylových kyselin je více, tento mechanismus je pozorován pro jednoduché stericky nebráněné karboxylové kyseliny a nevětvené alkoholy.

Při kyselé katalyzované esterifikaci nejprve dochází k protonaci atomu kyslíku v karboxylové skupině kyseliny. Zdrojem protonu je například kyselina sírová. Tímto dojde ke snížení elektronové hustoty na atomu uhlíku karbonylu (vznik většího parciálního kladného náboje) a snadnějšímu přístupu molekuly alkoholu (nukleofilu) na daný atom uhlíku. Po adici alkoholu dojde k přeskočení protonu z OH skupiny alkoholu na atom kyslíku -OH skupiny, která pochází z karboxylové skupiny karboxylu. Posledním krokem je odtržení molekuly vody, odštěpení protonu a vznik esteru.

Alkohol v této reakci vystupuje jako nukleofil.



Dvě mezomerní formy protonované kyseliny

Opačným procesem k esterifikaci je **hydrolýza esterů**, která může probíhat buďto v kyselém nebo zásaditém prostředí. Při kyselé hydrolýze se tvoří opět příslušná kyselina a alkohol – je to obrácená reakce esterifikace. Zásaditá hydrolýza, také jinak přezdívaná jako zmýdelnění esterů, má za následek vznik alkoholu a soli karboxylové kyseliny (karboxylátu). O těchto reakcích se bližší informace dozvíte v kapitole o funkčních derivátech karboxylových kyselin nebo v kapitole estery.

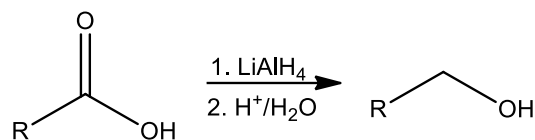
Hydrolýza esterů

Redukce karboxylových kyselin

Karboxylové kyseliny lze redukovat poměrně obtížně. Avšak za použití silného redukčního činidla, jako je LiAlH_4 (tetrahydridohlinitan lithný) může redukce proběhnout až na primární alkoholy. V prvním kroku vzniká lithnohlinitá sůl, dalším působením LiAlH_4 směs alkoholátů, ze kterých se reakcí s vodou uvolní primární alkohol.

Redukce karboxylových kyselin

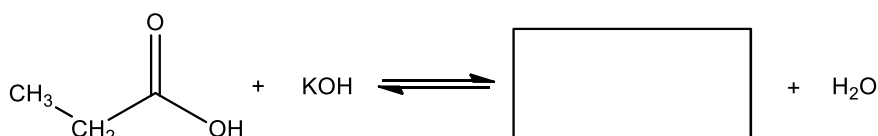
Karboxylové kyseliny



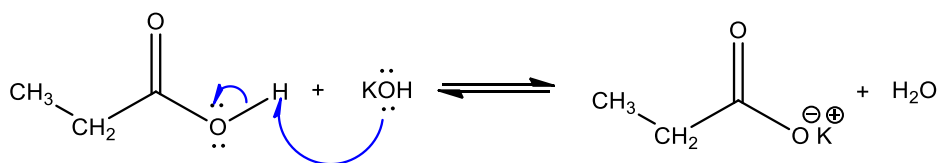
Řešené úkoly k procvičení

Doplň reakční rovnici a urči typ reakce:

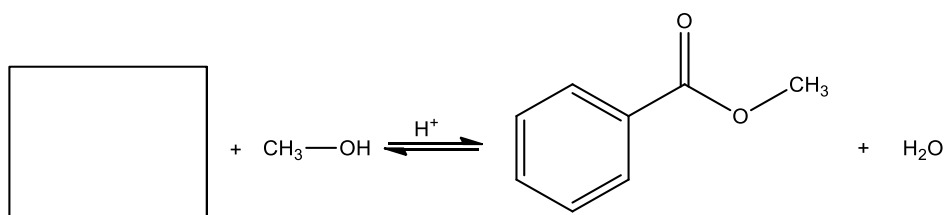
1)



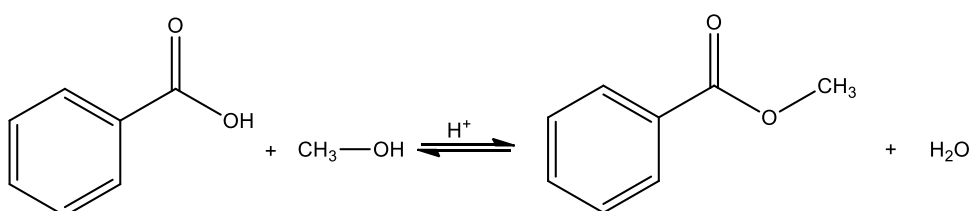
Řešení: Výchozími látkami jsou kyselina a hydroxid, jedním z produktů je voda. Jedná se tedy o neutralizaci (reakci kyseliny a hydroxidu), při níž vzniká sůl příslušné kyseliny a voda. V tomto případě hydroxid draselný odejme proton propanové kyselině z OH skupiny a odštěpí se voda za vzniku propanoátu draselného.



2)

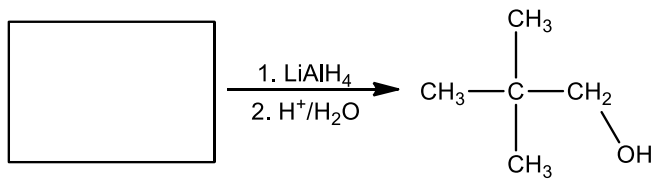


Řešení: Pokud se blíže podíváme na produkty, zjistíme, že vzniká ester a voda. To jsou látky charakteristické pro esterifikaci, tedy reakci alkoholu a kyseliny v kyselém prostředí za vzniku těchto produktů. Výchozí látkou je tedy karboxylová kyselina, v tomto případě kyselina benzoová. Reakce probíhá typicky mechanismem esterifikace, kdy nejprve dochází k protonaci atomu kyslíku v karboxylové skupině kyseliny, poté k navázání alkoholu a nakonec k odštěpení molekuly vody a deprotonaci za vzniku esteru.

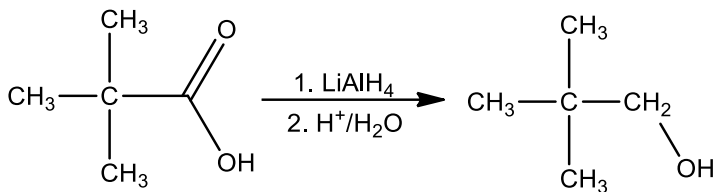


Karboxylové kyseliny

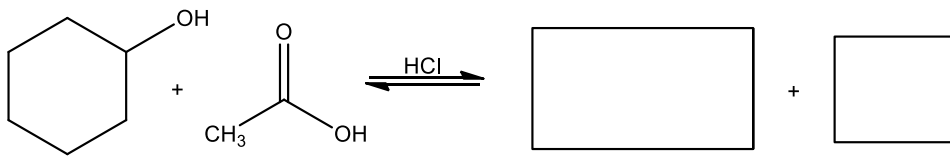
3)



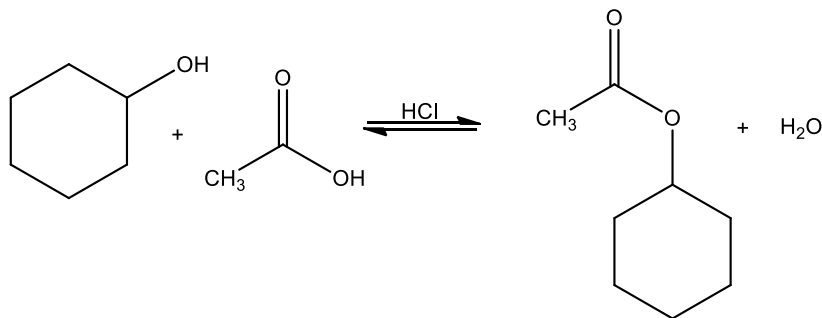
Řešení: V tomto schématu je určující informací přítomnost redukčního činidla tetrahydridohlinitanu lithného a produktu alkoholu. Jedná se tedy o redukcí karboxylové kyseliny na alkohol.



4)



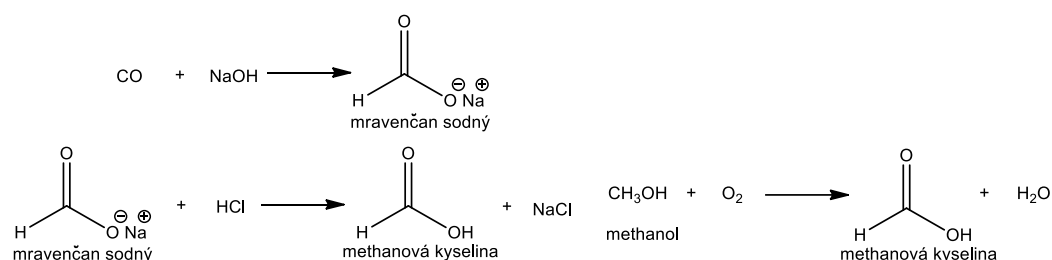
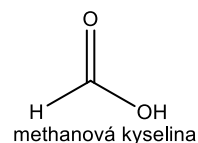
Řešení: Podle výchozích látek a reakčních podmínek lze odvodit, že se jedná o reakci karboxylové kyseliny s alkoholem za kyselé katalýzy (HCl), tedy o esterifikaci. Při této reakci vzniká ester a voda.



NEJVÝZNAMNĚJŠÍ KARBOXYLOVÉ KYSELINY

Kyselina mravenčí

Kyselina mravenčí (methanová) je bezbarvou, ostře páchnoucí kyselinou, která má leptavé a redukční účinky. Vyskytuje se v přírodě v tělech některých druhů mravenců, jako obranná látka před nebezpečím, ve včelím jedu nebo v žahavých částech kopřiv. Průmyslově se vyrábí dvěma způsoby. Buďto reakcí hydroxidu sodného s oxidem uhelnatým při vysoké teplotě a tlaku za vzniku mravenčanu sodného, z něhož se posléze uvolní kyselina mravenčí, nebo oxidací methanolu.



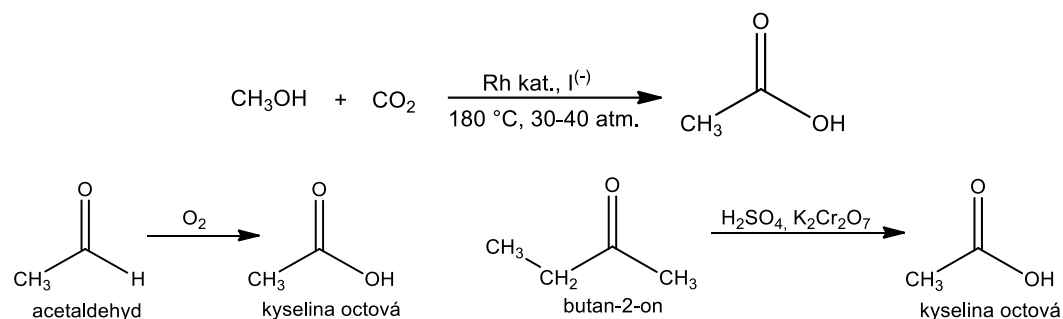
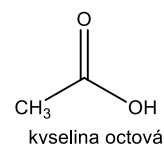
Kyselina mravenčí se používá jako desinfekční prostředek, protože disponuje baktericidními účinky. Toho se využívá i v konzervářství – na obalech se značí pod kódem E236. Dále se uplatňuje v textilním a kožedělném průmyslu.

Věděli jste, že se kyselina mravenčí využívá jako prostředek proti roztočům, kteří včelám způsobují infekční onemocnění zvané varroóza? Tato nemoc může způsobit úhyn celého včelstva.



Kyselina octová

Kyselina octová (ethanová) je bezbarvou kapalinou se štiplavým zápachem. Je produktem kvašení alkoholických roztoků (octového kvašení), které je známo již dlouhá léta. Kvašení neboli fermentace je proces oxidace alkoholu na kyselinu octovou prostřednictvím některých druhů bakterií. Průmyslově se kyselina octová vyrábí katalytickou karbonylací methanolu (např. proces Monsanto) a pro potravinářství kvašením lihu. Lze ji také připravit oxidací acetaldehydu vzdušným kyslíkem nebo oxidací butan-2-onu směsí dichromanu draselného a koncentrované kyseliny sírové.



Věděli jste, že kyselinu octovou můžete použít na odstranění vodního kamene z varné konvice? Stačí pouze nalít do konvice její 8% roztok, který běžně koupíte, a konvici zapnout. Po nějaké chvíli se vodní kámen „rozpustí“.

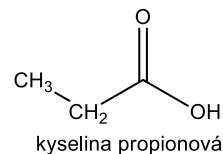
Kyselina octová se využívá pro výrobu léčiv (například acylpyrinu), výrobu acetátového hedvábí, které je sice lehčí, než přírodní hedvábí, ale na omak prakticky stejné. Tato kyselina má také využití v konzervářství a v potravinářském průmyslu (na obalech produktů se značí pod kódem E260). Její 8% vodný roztok se běžně prodává jako

Karboxylové kyseliny

ocet, který slouží především jako dochucovadlo potravin. Můžete se také setkat s ledovou kyselinou octovou. Takto se přezdívá jejímu koncentrovanému roztoku tuhnoucímu již při 17 °C.

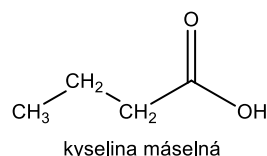
Kyselina propionová

Kyselina propionová (propanová) je bezbarvá kapalina s nepříjemným zápachem. Název kyseliny je odvozen z řeckých slov *protós* (první) a *pión* (tučný, mastný), a to proto, že se jedná o nejjednodušší karboxylovou kyselinu, která vykazuje vlastnosti mastných kyselin. Je obsažena v tucích a olejích. Používá se jako konzervant potravin (hlavně v pečivu), kde často ve formě solí působí proti bakteriím a plísním. Dále se využívá pro výrobu polymerů (například termoplastů), pesticidů a léčiv.



Kyselina máselná

Kyselina máselná (butanová) je olejová kapalina. Patří mezi nižší mastné kyseliny. Podílí se na vůni másla nebo například parmezánu. Uvolňuje se při žluknutí másla. Tedy v situaci, kdy máslo ztrácí svou kvalitu tím, že podléhá oxidaci dvojných vazeb nenasyčených mastných kyselin za vzniku nižších nepříjemně zapáchajících mastných kyselin. Její zápach je tak intenzivní, že stačí pouze malá koncentrace ve vzduchu a zvířata ji hned ucítí. Tohoto poznatku využívají myslivci, kteří kyselinou máselnou značí území ve snaze ochránit ho před škůdci (například ochrana lesa před řáděním divokých prasat). Na druhou stranu je tato kyselina atraktivní pro ryby, proto se používá jako složka rybářských návnad. V posledních letech se objevují zprávy o tom, že může působit jako ochrana před rakovinou tlustého střeva. V místě svého vzniku (ve střevech) podporuje vyrovnanou stavbu buněk střevní sliznice, a tím snižuje riziko tvorby nádorů. Jejím zdrojem jsou například vajíčka, banány či brambory.



Věděli jste, že kyselinu máselnou můžeme cítit, když se potíme? Kožní bakterie jsou totiž schopné rozkládat dlouhé řetězce mastných kyselin na kratší kyseliny, mezi nimiž je i kyselina máselná.

Kyselina palmitová, stearová a olejová

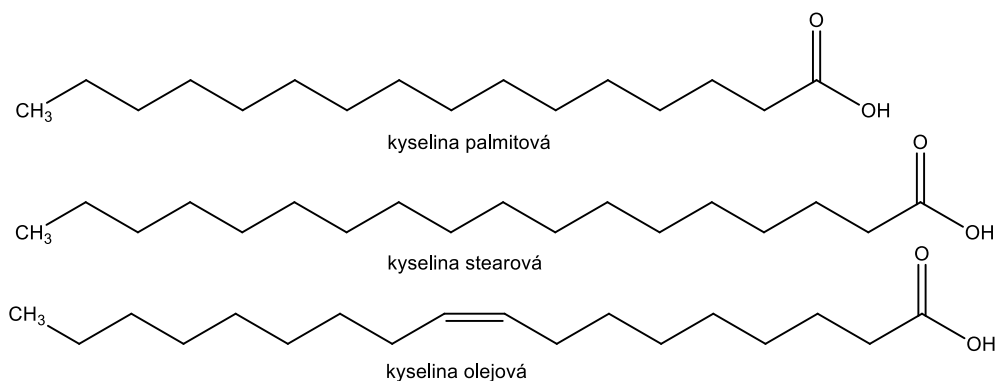
Kyselina palmitová (C₁₅H₃₁COOH) a kyselina stearová (C₁₇H₃₅COOH) patří mezi vyšší mastné kyseliny s lineárním uhlovodíkovým řetězcem. Tyto bílé pevné látky se nacházejí v přírodě ve formě různých typů esterů – jako například vosky nebo ve spojení s glycerolem jako rostlinné či živočišné tuky. Pokud jsou tyto tuky podrobeny alkalické hydrolýze, vznikají sodné nebo draselné soli, komerčně užívané jako mýdla. Kyseliny palmitová a stearová tvoří směs zvanou stearin, která se používá na výrobu mýdla a svíček. Tato směs tak může ekologicky nahradit svíčky z parafínu, vedlejšího produktu při zpracování ropy.



Stearin

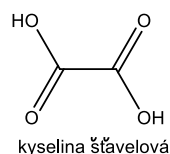
Další vyšší mastnou kyselinou je kyselina olejová (C₁₇H₃₃COOH, kyselina *cis*-oktadec-9-enová), která se také nachází v rostlinných nebo živočišných tucích. Od palmitové a stearové se liší přítomností nenasyčené vazby v uhlovodíkovém řetězci. Je součástí téměř všech kapalných tuků, například hroznového nebo olivového oleje.

Karboxylové kyseliny

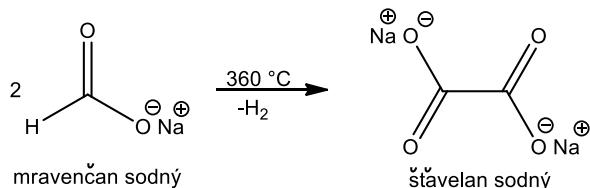


Kyselina šťavelová

Kyselina šťavelová (ethandiová) je krystalická, jedovatá dikarboxylová kyselina. Ve formě soli se vyskytuje v rostlinách, například ve špenátu, šťovíku, rebarboře, jahodách, ale i dalším ovoci a zelenině, kde je jednou ze složek způsobujících jejich kyselost. Průmyslově se kyselina šťavelová vyrábí z kyseliny mravenčí tepelným rozkladem bezvodého mravenčanu sodného na šťavelan sodný. Ten se převádí na nerozpustný šťavelan vápenatý, na který se působí kyselinou sírovou. Po odsátí nerozpustné soli a krystalizaci se získá dihydrát kyseliny šťavelové.



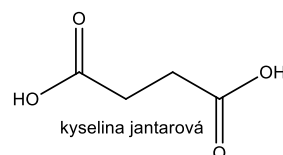
Věděli jste, že soli kyseliny šťavelové obsažené v rostlinách dokážou vázat v lidském těle vápník a tvořit tak krystaly šťavelanu vápenatého, tzv. ledvinové kameny?



Kyselina šťavelová se používá k přípravě mořidel a v analytické chemii jako standardní roztok pro stanovení roztoku hydroxidu sodného.

Kyselina jantarová

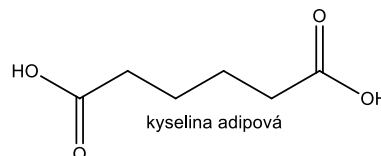
Kyselina jantarová (butandiová) je bílá, krystalická látka, dobře rozpustná ve vodě, patří mezi dikarboxylové kyseliny. Vyskytuje se v ovoci, medu, víně, cukrové řepě a dalších přírodních produktech. Používá se v potravinářském průmyslu jako regulátor kyselosti pod označením E363, který dodává potravinám kyselou chuť. Kyselina jantarová, respektive její sůl (sukcinát), se také vyskytuje jako meziprodukt v Krebsově cyklu, kde se účastní metabolismu například sacharidů. Další využití má při výrobě barviv, léčiv či změkčovadel plastů.



Karboxylové kyseliny

Kyselina adipová

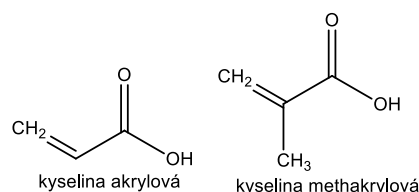
Kyselina adipová je bílá krystalická látka, která se vyrábí katalytickou oxidací cyklohexanu. Používá se hlavně k výrobě Nylonu 66, syntetického polymeru. Vyrábějí se z něj hlavně vlákna na dámské punčochy, tzv. nylonky. Vyrábí se polykondenzací kyseliny adipové a hexamethylendiaminu. Kyselina adipová se pak dále ještě používá jako surovina pro výrobu plastů a pryskyřic nebo v potravinářství, kde dodává pochutinám kyselou až trpkou chuť. Nalezneme ji pod označením E355.



Věděli jste, že Nylon má označení 66, protože kyselina adipová a hexamethylendiamin mají každý po šesti atomech uhlíku?

Kyselina akrylová a methakrylová

Kyselina akrylová (prop-2-enová) je nejjednodušší nenasycená karboxylová kyselina štiplavého zápachu. Tato bezbarvá kyselina reaguje s alkoholy za vzniku esterů, které mají poměrně široké využití ve výrobě lepidel, barev, plastů, gum a dalších. Běžně se v obchodech nabízí akrylové barvy, které jsou podobné olejovým barvám, ale stejně jako kyselina akrylová se dobře rozpouštějí ve vodě, proto se při jejich užívání nemusí používat žádná ředidla.

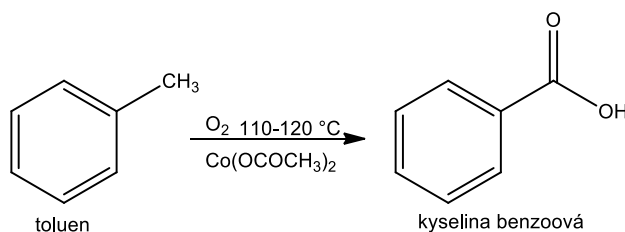
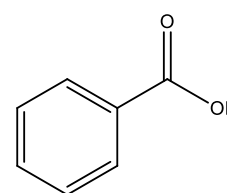


Akrylové barvy

Další nenasycenou kyselinou je kyselina methakrylová, jejíž estery se užívají na výrobu různých polymerů, organických skel (plexiskla), kontaktních čoček (zde ve formě HEMA – polyhydroxyethylmethakrylát), methakrylátových podlah či jiných výplňových materiálů.

Kyselina benzoová

Kyselina benzoová je bezbarvá, krystalická, nejjednodušší aromatická karboxylová kyselina. Nachází se v přírodě vázaná ve formě esterů v různých typech pryskyřic, ale i volně například v brusinkách, borůvkách, malinách atd. Průmyslově se vyrábí oxidací toluenu za přítomnosti katalyzátoru. Má poměrně pestrou škálu užití. Pro své konzervační a antioxidační účinky se často užívá v potravinářství, kde působí proti šíření bakterií a plísní. V informacích na obalu ji můžeme nalézt pod kódem E210. Jako výchozí surovina je kyselina benzoová důležitá pro syntézu barviv nebo léčiv. V lékárenském průmyslu tvoří součást přípravků vhodných pro léčbu akné, či jiných kožních infekcí.

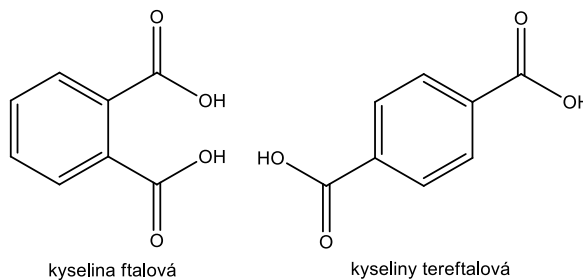


Karboxylové kyseliny

Kyselina ftalová a tereftalová

Kyseliny ftalová a tereftalová jsou bílé krystalické látky. Kyselina ftalová patří mezi nejjednodušší dikarboxylové kyseliny obsahující aromatické jádro. Průmyslově se vyrábí oxidací naftalenu (viz strana 14). Při jejím zahřívání dochází ke ztrátě vody a následné přeměně na ftalanhydrid, který je důležitou surovinou pro výrobu barviv, plastů a indikátorů.

Nezanedbatelnými deriváty kyseliny ftalové jsou její estery, tzv. ftaláty (dialkyl- či alkylarylestery kyseliny ftalové), které se uplatňují jako změkčovadla plastických hmot a lze je vedle plastů nalézt v kosmetice, barvivech či pesticidech. Tyto estery jsou škodlivé, avšak samotná kyselina ftalová škodlivá není. Izomerem kyseliny ftalové je tereftalová. Ta se využívá především pro výrobu polyethylentereftalátu neboli PET (označení, které můžete nalézt na většině plastových lahvích).



Věděli jste, že některé ftaláty jsou pro člověka nebezpečné, protože poškozují reprodukční a hormonální systém?

Shrnutí

Karboxylové kyseliny jsou deriváty uhlovodíků vyznačující se přítomností jedné nebo více karboxylových skupin (-COOH). Lze je dělit podle počtu karboxylových skupin a podle povahy uhlovodíkového zbytku. Nižší alifatické kyseliny obsahující pouze jednu karboxylovou skupinu mají kapalné skupenství. Vyšší karboxylové kyseliny jsou tuhé. Aromatické a karboxylové kyseliny obsahující více karboxylových skupin jsou krystalické. Ve všech skupenstvích dochází ke spojování dvou molekul karboxylových kyselin vodíkovými vazbami a tvorbě dimerů. Důsledkem jsou pak výrazně vyšší teploty tání a varu než u alkoholů se stejným počtem atomů uhlíku. Karboxylové kyseliny se liší i svými body tání a varu. Body varu karboxylových kyselin obsahujících pouze jednu karboxylovou funkční skupinu stoupají s rostoucí relativní molekulovou hmotností. S vodou neomezeně mísitelné jsou nižší alifatické kyseliny, obsahující jednu nebo dvě karboxylové skupiny. Naopak méně rozpustné jsou vyšší alifatické karboxylové kyseliny a kyseliny s aromatickým kruhem. Chemické vlastnosti karboxylových kyselin jsou dány přítomností kyselého vodíku ve funkční skupině a její schopností disociovat ve vodném roztoku. Působením báze dochází k odštěpení protonu za vzniku stabilního karboxylátového aniontu. Stabilita tohoto aniontu je dána rovnoměrným rozložením elektronové hustoty mezi oba kyslíkové atomy. Síla kyseliny je také ovlivněna délkou uhlovodíkového zbytku. Čím větší je uhlovodíkový zbytek karboxylové kyseliny, tím menší je síla kyseliny. Karboxylové kyseliny lze připravit oxidací alkanů, alkenů, aromatů, alkoholů a aldehydů. Nebo také reakcemi spojenými s hydrolýzou esterů či adicí organokovu na oxid uhličitý. Karboxylové kyseliny, díky přítomnosti karboxylové a hydroxylové skupiny, podléhají rozmanité škále reakcí, mezi něž patří například neutralizace, dekarboxylace (zánik karboxylové skupiny při vysokých teplotách), redukce a esterifikace (kyselá katalyzovaná reakce karboxylové kyseliny a alkoholu za vzniku esteru a vody).

Klíčová slova

Karboxylové kyseliny, síla kyseliny, disociační konstanta, neutralizace, esterifikace, dekarboxylace, kyselina mravenčí (methanová), kyselina octová (ethanová), kyselina máselná (butanová), kyselina stearová, kyselina palmitová, kyselina olejová, kyselina šťavelová (ethandiová), kyselina propionová, kyselina jantarová (butandiová), kyselina akrylová, kyselina methakrylová, kyselina adipová, kyselina benzoová, kyselina ftalová, kyselina tereftalová.

Odpovědi na otázky pro zvědavé chemiky

1. Karboxylové kyseliny s dlouhým alifatických řetězcem mají amfifilní (hydrofilní i hydrofobní) vlastnosti. Co toto tvrzení vlastně znamená? V jaké oblasti se dají tyto vlastnosti využít?

Karboxylové kyseliny s dlouhým alifatickým řetězcem mají amfifilní vlastnosti, to znamená, že jsou zároveň hydrofilní i hydrofobní. Hydrofilní část kyseliny tvoří karboxylová skupina (polární část se váže na molekulu vody), hydrofobní vlastnosti pak propůjčuje dlouhý uhlodíkový řetězec (nepolární část se váže na nepolární částice, tedy ne na vodu). Výsledkem těchto vlastností je, že se daná kyselina chová jako tenzid, tedy povrchově aktivní látka, která snižuje mezifázové napětí. Může pak být využita jako detergent – směs tenzidů, který převádí nečistoty z pevného povrchu do vody (prací prášky).

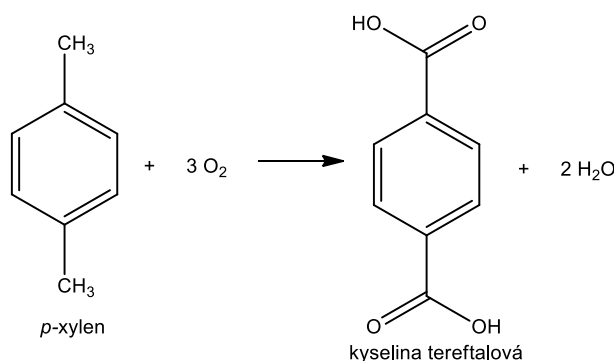


2. Pokuste se vysvětlit, proč jsou některé karboxylové kyseliny neomezeně mísitelné s vodou. O jaké karboxylové kyseliny se jedná?

Neomezeně mísitelné s vodou jsou nižší karboxylové kyseliny, protože se vyskytují podobně jako voda v kapalném skupenství a díky krátkému řetězci uhlodíků (nepolární část) převažuje polarita karboxylové skupiny nad vlivem uhlodíkového zbytku molekuly a schopnost tvořit vodíkové vazby s molekulami vody. Voda je polární rozpouštědlo a podle pravidla „podobné se rozpouští v podobném“, jsou tyto karboxylové kyseliny s vodou neomezeně mísitelné. Jedná se například o kyselinu mravenčí a kyselinu octovou. S rostoucím počtem atomů uhlíku v karboxylové kyselině se snižuje její rozpustnost ve vodě. (Roste podíl uhlodíkového zbytku, který dává molekule hydrofobní vlastnosti.) Například kyselina valerová již neomezeně mísitelná s vodou není.

3. Na základě znalosti uvedených metod přípravy karboxylových kyselin se pokuste navrhnout způsob přípravy kyseliny tereftalové.

Kyselina tereftalová neboli benzen-1,4-dikarboxylová kyselina by se podle uvedených příprav karboxylových kyselin dala nejlépe připravit oxidací *p*-xyleny. Fakticky se tak průmyslově vyrábí oxidací *p*-xyleny vzdušným kyslíkem v roztoku kyseliny octové a za užití-katalyzátorů například Co^{2+} .

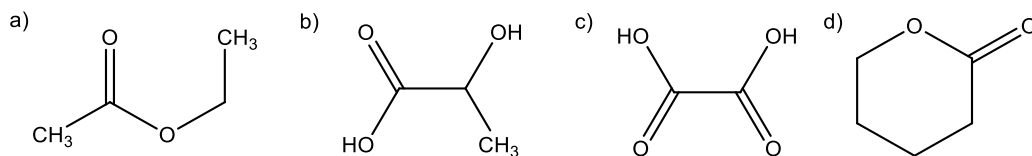


Opakování je matkou moudrosti

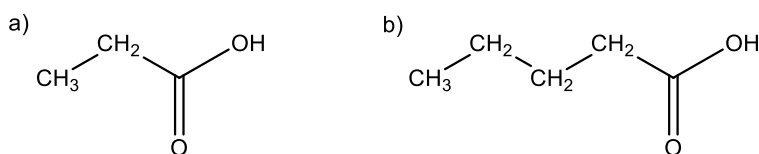
Společně jsme se seznámili s karboxylovými kyselinami. Pokud jsi této učební látce dobře porozuměl, neměly by ti následující otázky dělat problém. Pokud si však nebudeš vědět s odpovědí rady, nic se neděje. Náповědu ke správnému zodpovězení nalezeš v předchozím textu.



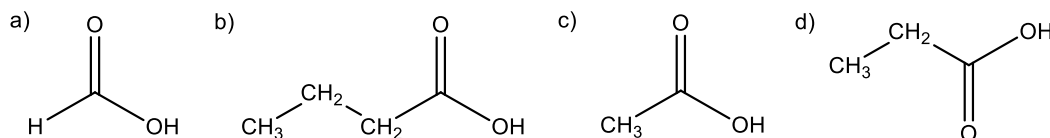
1) Urči, která z následujících sloučenin je karboxylová kyselina, substituční derivát karboxylové kyseliny a funkční derivát karboxylové kyseliny.



2) Která kyselina má vyšší hodnotu pK_a ? Co vyšší hodnota pK_a o kyselině vypovídá?



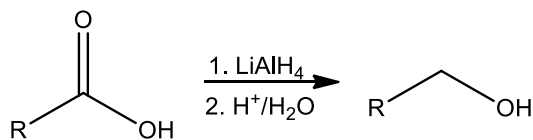
3) Seřaď následující kyseliny podle rostoucího bodu varu.



4) Které z těchto karboxylových kyselin lze řadit také mezi mastné kyseliny?

- a) kyselina adipová b) kyselina stearová
c) kyselina máselná d) kyselina ftalová

5) Uvedená reakce je?

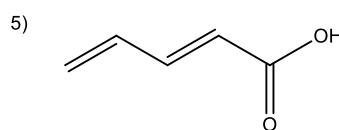
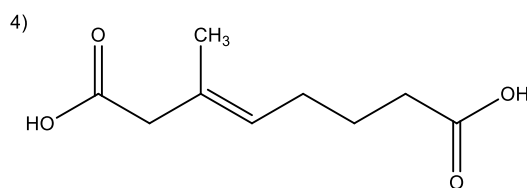
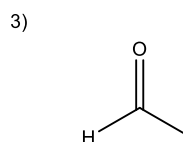
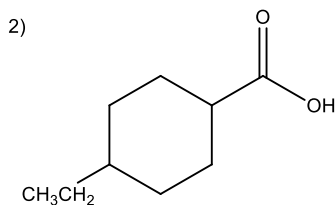
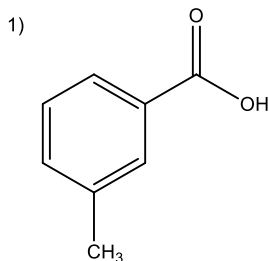


- a) neutralizace b) dekarboxylace
c) redukce d) oxidace

Procvičuj

Názvosloví

1. Systematicky pojmenuj následující sloučeniny a zbytky:



2. Nakresli vzorec následujících sloučenin a zbytků:

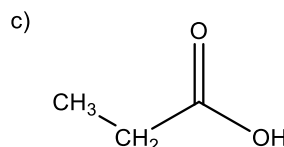
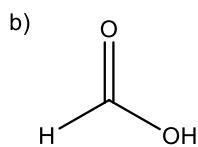
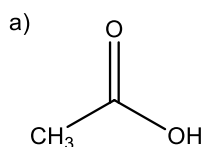
- 1) acetyl
- 2) kyselina benzen-1,2-dikarboxylová
- 3) 2,3-dimethylcyklopentankarboxylová kyselina
- 4) pentan-1,2,5-trikarboxylová kyselina
- 5) kyselina šťavelová

Vlastnosti

1. Seřad' následující karboxylové kyseliny:

a) podle rostoucích hodnot pK_a

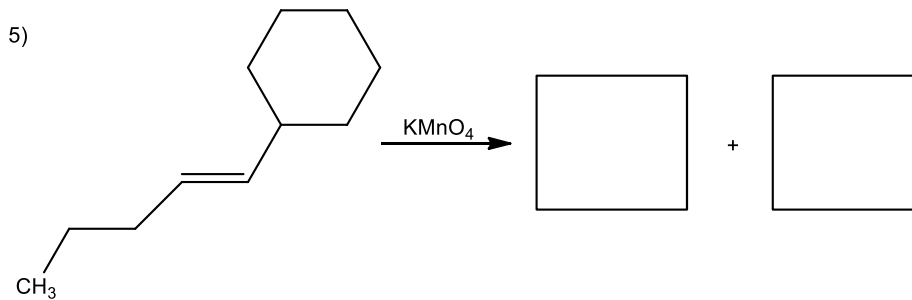
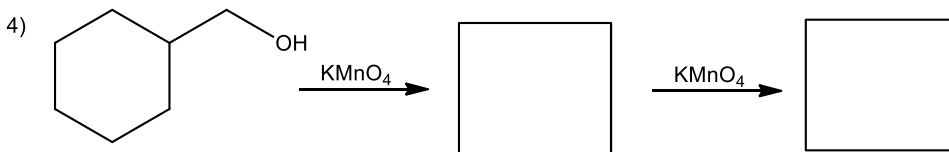
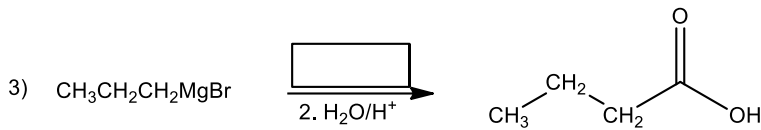
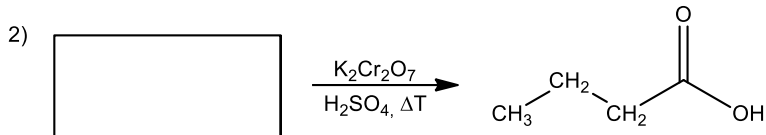
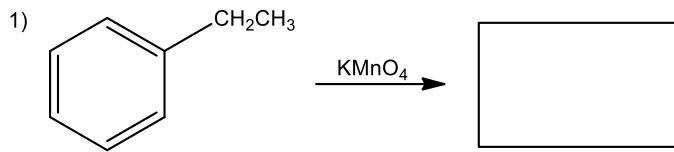
b) podle rostoucí síly kyseliny



Karboxylové kyseliny

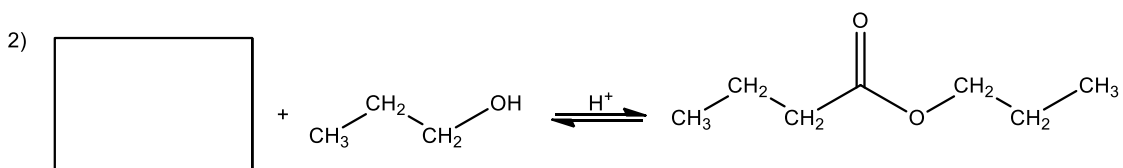
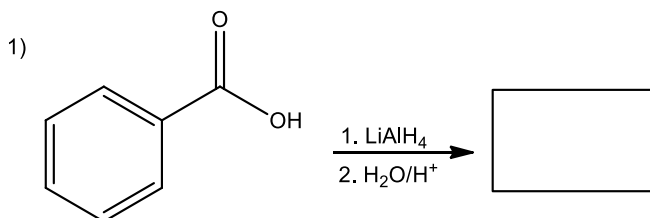
Příprava karboxylových kyselin

Doplň následující reakční schémata:

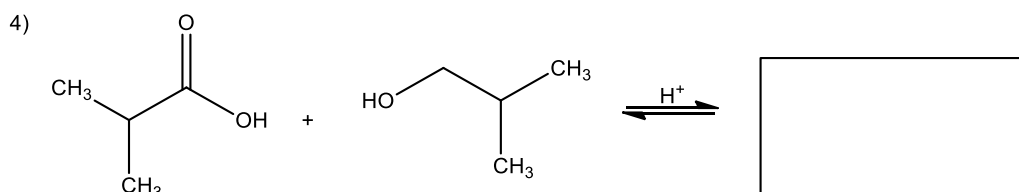
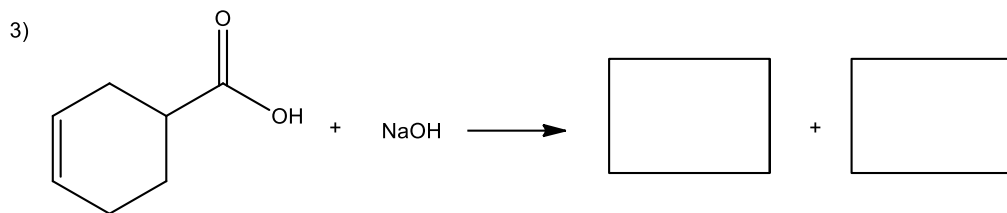


Reakce karboxylových kyselin

Doplň následující reakční schémata:



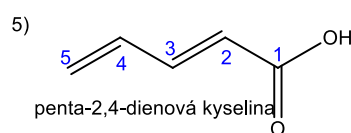
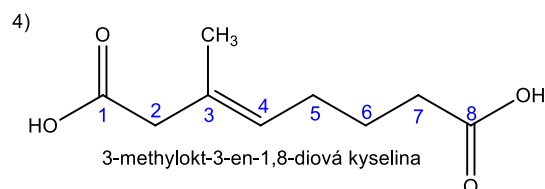
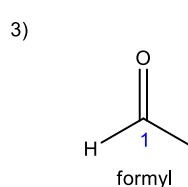
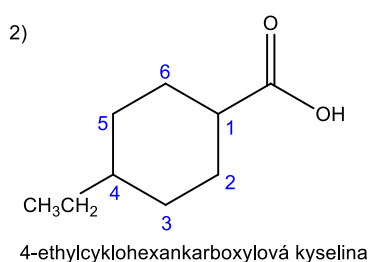
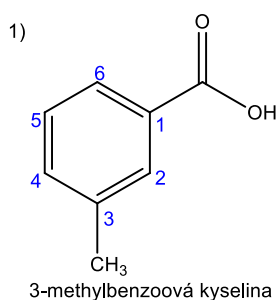
Karboxylové kyseliny



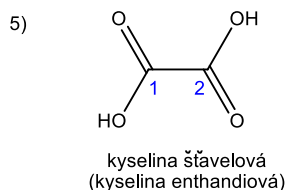
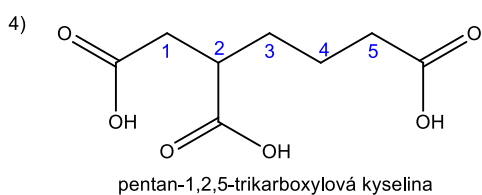
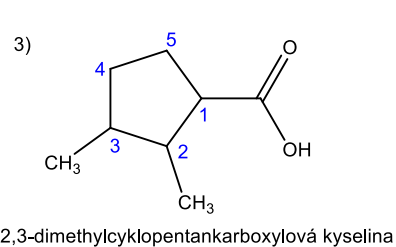
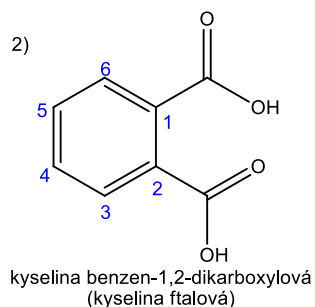
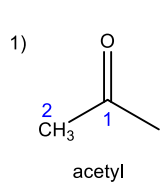
Řešení:

Názvosloví

1. Systematicky pojmenuj následující sloučeniny a zbytky:



2. Nakresli vzorec následujících sloučenin a zbytků:

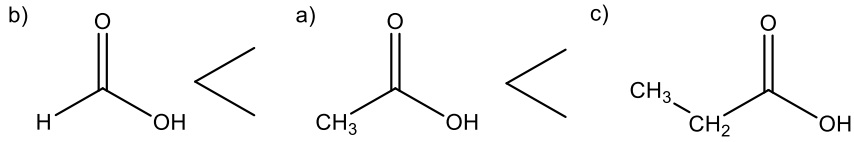


Karboxylové kyseliny

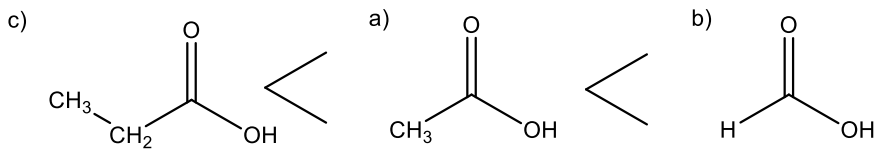
Vlastnosti

1. Seřad' následující karboxylové kyseliny:

a) podle rostoucích hodnot pK_a

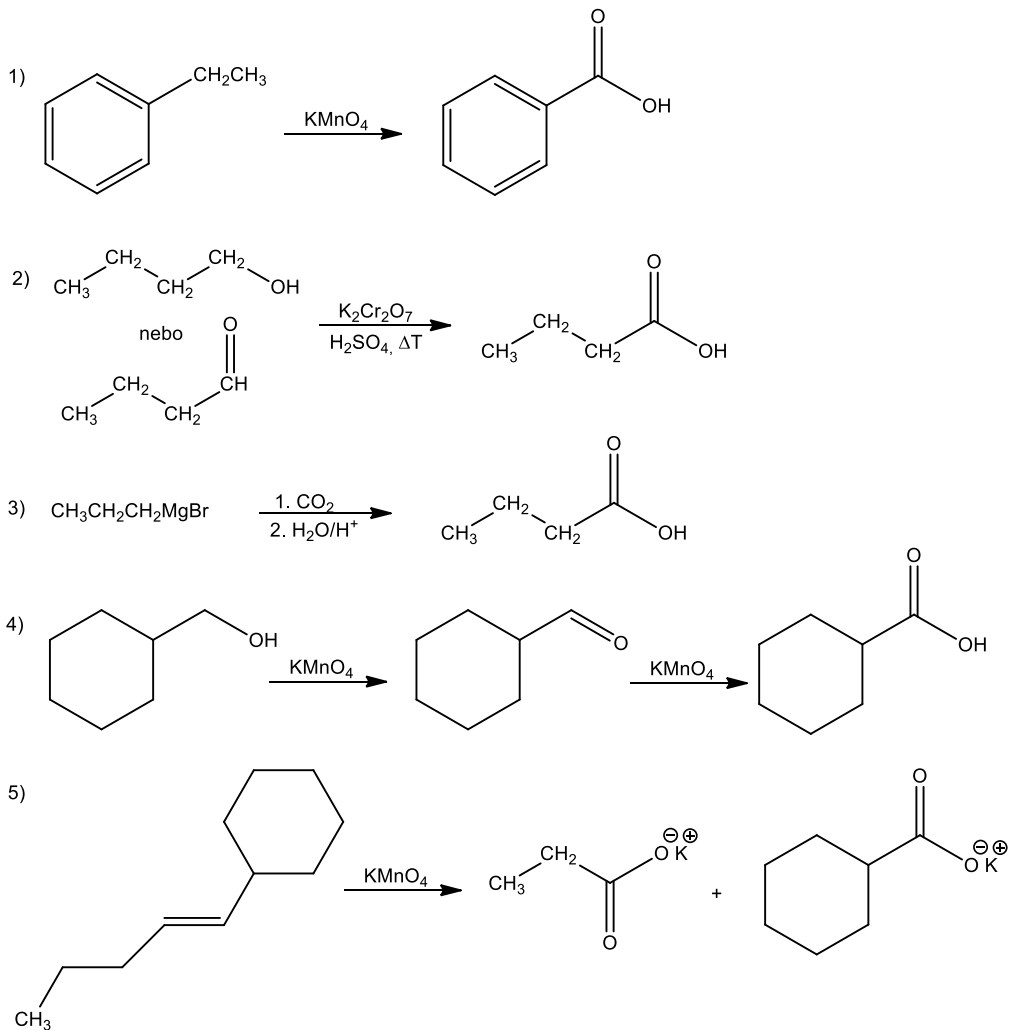


b) podle rostoucí síly kyseliny



Příprava karboxylových kyselin

Doplň následující reakční schémata:



Karboxylové kyseliny

Reakce karboxylových kyselin

Doplň následující reakční schémata:

