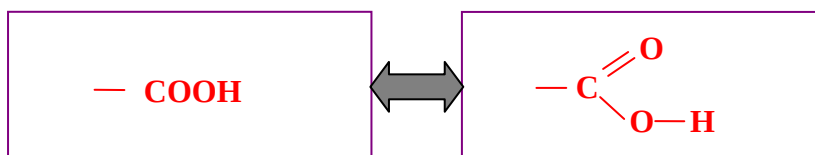


KARBOXYLOVÉ KYSELINY

- kyslíkaté deriváty uhlovodíků v jejichž molekulách se vyskytuje jedna nebo více **karboxylových skupin** – **COOH**



- karboxylová** skupina vzniká spojením **karbo**nylové >C=O a **hydroxylové** skupiny —O—H
- rozlišujeme: jednosytné karboxylové kyseliny ... 1 x COOH = MONOKARBOXYLOVÉ
vícesytné karboxylové kyseliny..... 2 a více x COOH = DIKARBOXYLOVÉ,
TRIKARBOXYLOVÉ,
..., POLYKARBOXYLOVÉ
- vyšší monokarboxylové kyseliny** označujeme jako **vyšší mastné** (jsou **součástí tuků a olejů**)

Názvosloví karboxylových kyselin:

1) Systematické:

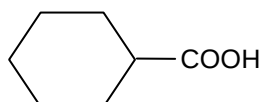
a) **název základního uhlovodíku** + „- **ová**“ + „**kyselina**“

C skupiny **COOH** se počítá do hlavního uhlíkatého řetězce (číslování uhlíkatého řetězce začíná u **C** karboxylu – má číslo 1)

HCOOH	methanová kyselina
CH ₃ COOH	ethanová kyselina
CH ₃ CH ₂ COOH	propanová kyselina
CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH	heptanová kyselina

b) „**kyselina**“ + **název základního uhlovodíku** + „- **karboxylová**“

C skupiny **COOH** se nepočítá do hlavního uhlíkatého řetězce; používá se zvláště, je-li skupina **COOH** vázána na cyklický řetězec nebo v případě vícesytných karboxylových kyselin s rozvětveným řetězcem (číslování uhlíkatého řetězce začíná uhlíkem sousedícím s karboxylem – má číslo 1)



kyselina cyklohexankarboxylová

2) Triviální (vžitě):

HCOOH	kyselina mravenčí
CH ₃ COOH	kyselina octová
CH ₃ CH ₂ COOH	kyselina propionová

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poznámka:

Vyskytují-li se ve vzorci karboxylové kyseliny

dvě karboxylových skupiny $\Rightarrow$ zakončení názvu kyseliny je „-diová“, příp. „-dikarboxylová“

tři karboxylové skupiny $\Rightarrow$ zakončení názvu kyseliny je „-triová“, příp. „-trikarboxylová“

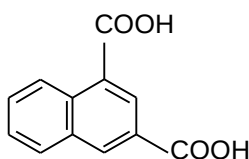
Příklady názvů některých vybraných karboxylových kyselin^{***}:

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ hexanová kyselina

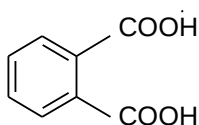
$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$ oktandiová kyselina

$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ propenová kyselina

$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ hex-4-enová kyselina



kyselina naftalen-1,3-dikarboxylová



kyselina benzen-1,2-dikarboxylová

Přehled nejvýznamnějších nasycených acyklických monokarboxylových kyselin:

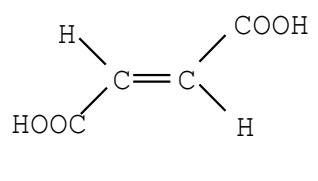
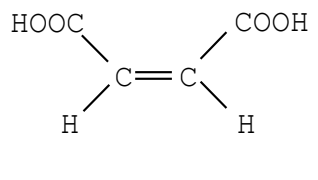
Racionální vzorec	Souhrnný vzorec	Systematický název	Vžitý název
HCOOH	neuvádí se	methanová	mravenčí
CH_3COOH	neuvádí se	ethanová	octová
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$	propanová	propionová
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$	butanová	máselná
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}^{***}$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}^{***}$	pentanová ^{***}	valerová^{***}
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}^{***}$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}^{***}$	hexanová ^{***}	kapronová^{***}
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}^{***}$	$\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}^{***}$	dodekanová ^{***}	laurová^{***}
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	hexadekanová	palmitová
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	oktadekanová	stearová

Přehled nejvýznamnějších nasycených acyklických dikarboxylových kyselin:

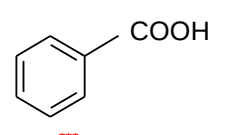
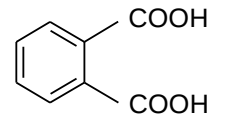
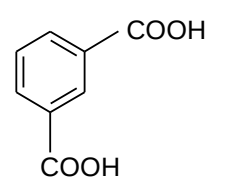
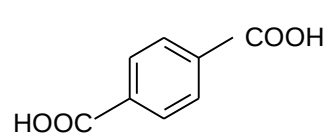
Racionální vzorec	Systematický název	Vžitý název
$\text{HOOC}-\text{COOH}$	ethan-1,2-diová	šťavelová
$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}^{***}$	propan-1,3-diová ^{***}	malonová^{***}
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}^{***}$	butan-1,4-diová ^{***}	jantarová^{***}
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}^{***}$	pentan-1,5-diová ^{***}	glutarová^{***}
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}^{***}$	hexan-1,6-diová ^{***}	adipová^{***}

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

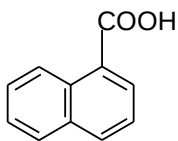
Přehled některých nenasyčených karboxylových kyselin

Vzorec	Vžitý název
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$ $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}^{***}$	akrylová olejová sorbová^{***}
 ***	fumarová^{***}
 ***	maleinová^{***}

Přehled některých aromatických karboxylových kyselin

Vzorec	Systematický název	Vžitý název
 ***	benzenkarboxylová	benzoová
 ***	benzen-1,2-dikarboxylová ^{***}	ftalová^{***}
 ***	benzen-1,3-dikarboxylová ^{***}	isoftalová^{***}
	benzen-1,4-dikarboxylová ^{***}	tereftalová^{***}

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

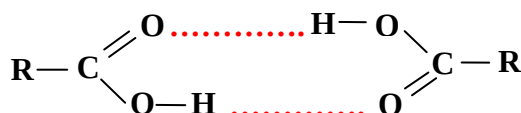
	naftalen-1-karboxylová ^{***}	1-naftoová^{***}
---	---------------------------------------	---------------------------------

Výskyt:

- **volné** se v přírodě vyskytují **jen zřídka** (kyselina mravenčí, octová, šťavelová)
- **většinou** přítomny **ve formě solí a esterů** (vyšší nasycené – kyselina palmitová, stearová; i nenasycené kyseliny – kyselina olejová, linolová, linolenová – **součástí tuků a olejů**; dále pak **vosků**) – viz. učivo lipidů

Fyzikální vlastnosti:

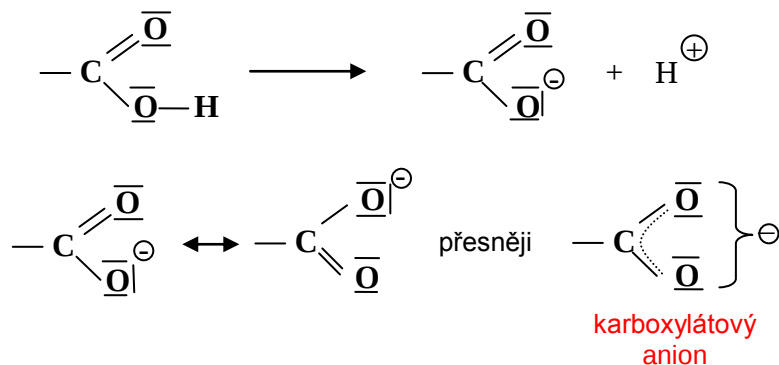
- s rostoucí délkou řetězce **klesá rozpustnost ve vodě a roste rozpustnost v nepolárních organických rozpouštědlech** (např. v benzenu)
- nižší monokarboxylové kyseliny (C₁ – C₃) - kapaliny pronikavého zápachu, mísitelné s vodou
- vyšší monokarboxylové kyseliny:
C ≥ 4 – nepříjemně páchnoucí olejovité kapaliny, méně rozpustné ve vodě
C ≥ 10 – pevné, bílé, šupinaté, voskovité látky, méně nebo zcela nerozpustné ve vodě
- ^{***} dvojsytné a aromatické kyseliny – pevné krystalické látky
- ^{***} v kapalném stavu vznikají mezi molekulami kyseliny **vodíkové můstky** (.....) ⇒ jejich teploty varu jsou poměrně vysoké



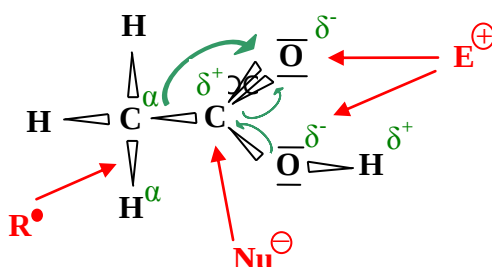
- ^{***} **poznámka**: dikarboxylové kyseliny se ve vodě rozpouští lépe než monokarboxylové se stejným počtem atomů C, protože je u nich větší možnost vzniku vodíkových vazeb mezi molekulami kyseliny a vody

Charakteristika vazby^{***} :

- karboxylová skupina má **kyselý charakter** (velmi snadno odštěpuje H⁺ - již účinkem vody)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

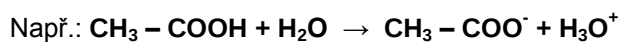


Kyslík karbonylu přitahuje elektrony π vazby více než uhlík $\Rightarrow$ dochází k posunu vazebných elektronů a tím k oslabení vazby $O-H \Rightarrow$ karboxylové kyseliny snadno odštěpují H^+ ve vodném roztoku $\Rightarrow$
reagují kyselé: $R-COOH + H_2O \rightarrow R-COO^- + H_3O^+$

Síla kyseliny závisí na uhlovodíkovém zbytku vázanému na karboxyl. Uplatňuje se $+I$ -efekt tohoto zbytku (tento efekt, jakoby zpětně dodává elektrony ke karboxylu, tedy působí opačným směrem než je vyznačeno u hydroxylové skupiny a umožňuje větší poutání H na hydroxylu. $\Rightarrow$ Čím je zbytek větší a rozvětvenější, tím je jeho $+I$ -efekt větší $\Rightarrow$ kyselost kyseliny je menší $\Rightarrow$ **HOOC je nejsilnější; CH_3COOH je slabší; atd.** Karboxylové kyseliny patří mezi kyseliny slabé až středně silné. Acidita α -vodíků je rovněž slabá.

Chemické vlastnosti:

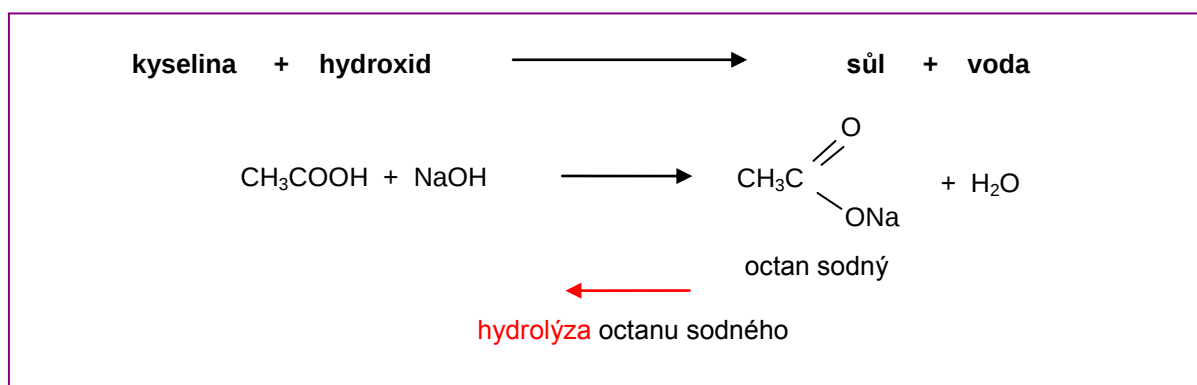
- Ve vodných roztocích **reagují kyselé** (noselem kyselé povahy je karboxylová skupina, která snadno odštěpuje vodíkový kation a vzniká karboxylátový anion)



(dochází k ionizaci karboxylové skupiny kyseliny, takže její vodný roztok obsahuje oxoniové kationy H_3O^+)

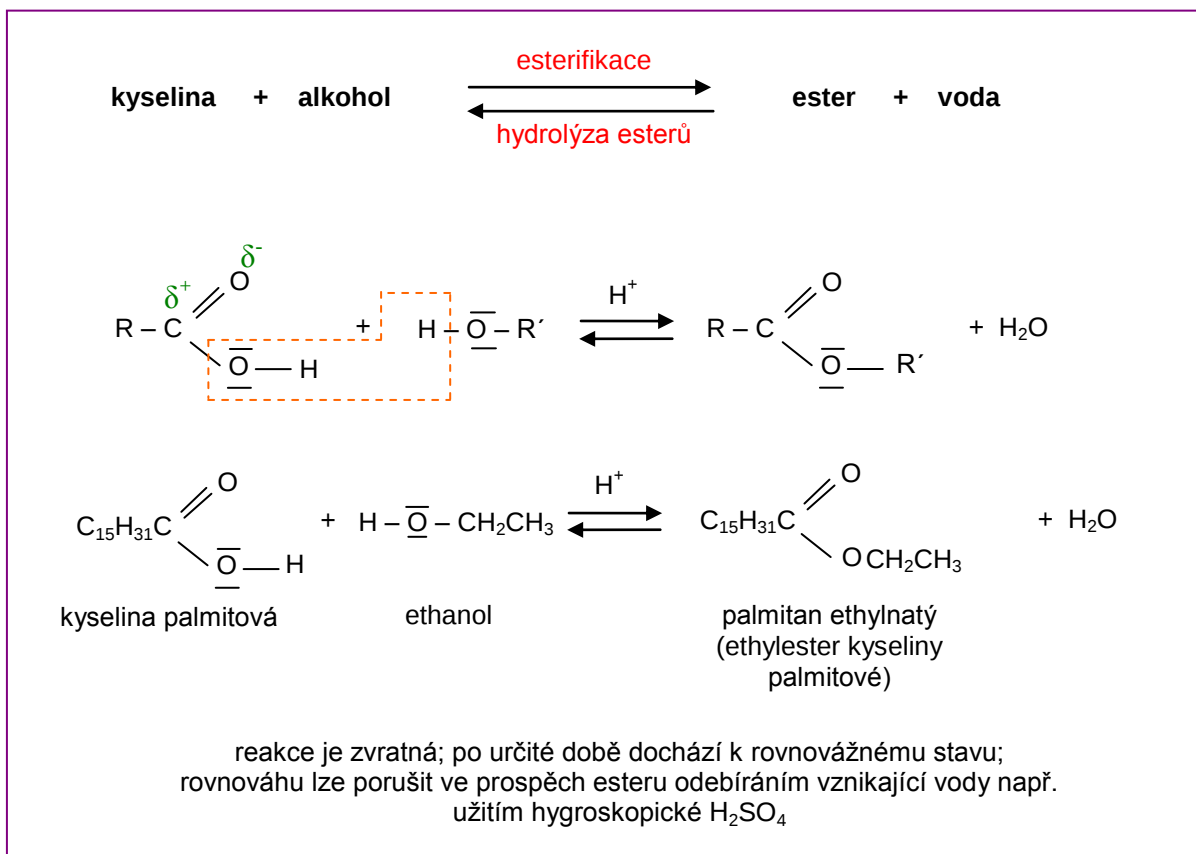
Poznámka: Dikarboxylové kyseliny jsou silnějšími kyselinami než monokarboxylové (vliv dvou $-COOH$ skupin)

- Zahříváním některých karboxylových kyselin dochází k jejich **dekarboxylaci** (odštěpení CO_2) $\Rightarrow$ zánik karboxylové skupiny. Např.: kyselina malonová se dekarboxylací mění v kyselinu octovou.
- Mezi významné reakce patří **neutralizace** – reakce karboxylové kyseliny s hydroxidy, při které **vzniká sůl a voda**.

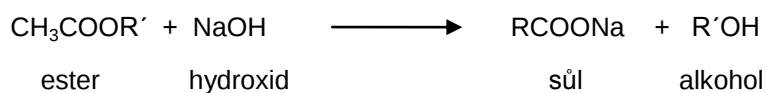


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Další významnou reakcí je **esterifikace** – reakce karboxylové kyseliny a alkoholu (kyselá katalyzovaná), přičemž **vzniká ester a voda**. (Jedná se o nukleofilní adici molekuly alkoholu prostřednictvím jednoho z volných elektronových párů kyslíkového atomu na částečně kladně nabitý uhlíkový atom karboxylu a následné odštěpením molekuly vody.)



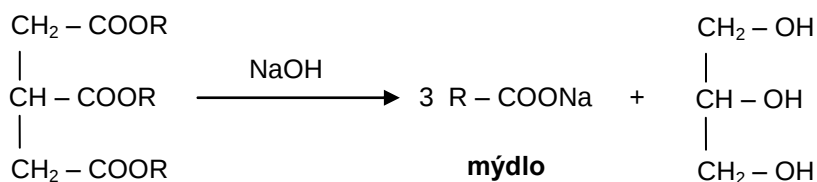
- **Opačný proces k esterifikaci** označujeme hydrolyza esterů. Ta může probíhat dvojím způsobem:
 - za kyselých katalýzy (katalýza kyselinou) ⇒ vzniká karboxylová kyselina a alkohol
(viz výše – zpětná reakce např. palmitanu ethylnatého s vodou)
 - za alkalické katalýzy (katalýza zásadou) ⇒ hovoříme o zmýdlnění esterů ⇒
⇒ vzniká sůl karboxylové kyseliny a alkohol (**VÝROBA MÝDEL**)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- *** Výroba mýdel:

Mýdla – soli vyšších mastných kyselin (zejména soli kyseliny palmitové a stearové), vznikající alkalickou hydrolýzou rostlinných a živočišných tuků a olejů. (Tuky a oleje jsou estery vyšších nasycených nebo nenasycených karboxylových kyselin s trojsytným alkoholem glycerolem.)



Při použití hydroxidu sodného vzniká sodná sůl, která tvoří tuhá jádrová mýdla.
Při použití hydroxidu draselného vzniká draselná sůl, která tvoří polotekutá mazlavá mýdla.
Sodná a draselná mýdla jsou ve vodě rozpustná, jejich roztoky reagují slabě zásaditě.

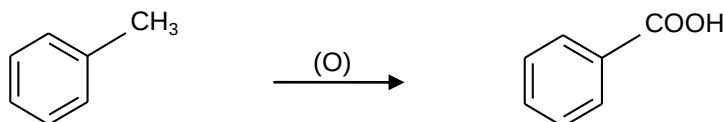
Příprava karboxylových kyselin:

Např.:

- oxidací primárních alkoholů a aldehydů



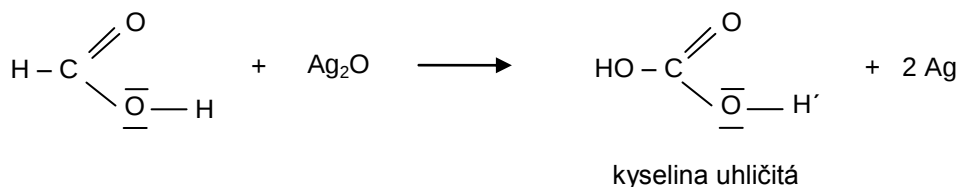
- oxidací arenů



Vybraní zástupci:

Kyselina mravenčí HCOOH

- bezbarvá, leptavá, ostře páchnoucí kapalina, rozpustná ve vodě
- přítomna v tělech mravenců, komárů, včelím jedu (žihadlech), kopřivách, potu, svalech apod.
- má redukční účinky:

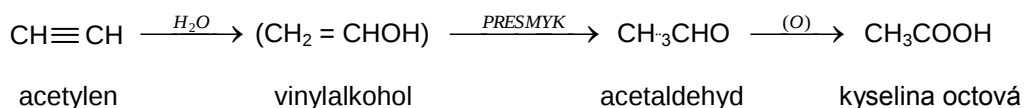


- vyrábí se např.: oxidací methanolu: $\text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{-\text{H}_2} \text{HCHO} \xrightarrow{(\text{O})} \text{HCOOH}$
- užití: ke konzervování potravin, dezinfekci, v kožním lékařství, textilnictví, k výrobě esterů

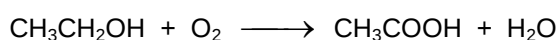
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kyselina octová CH_3COOH

- bezbarvá kapalina štiplavého zápachu
- vyrábí se:
 - oxidací acetylenu, acetaldehydu, ethanolu:



b) octovým kvašením cukerných roztoků (biochemická oxidace) $\rightarrow$ ethanolu:



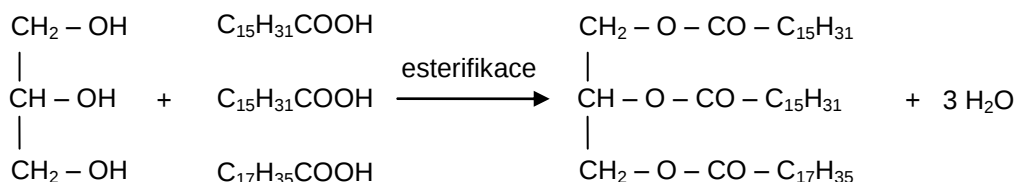
- užití: rozpouštědlo, výroba octa (5 – 8 % roztok CH_3COOH), acetonu; lékařství (acylpyrin, octan hlinitý), konzervářství; výroba esterů (rozpuštědla), plastů
- POZOR!** Bezvodá tuhne při teplotě cca 17°C na látku podobnou ledu (ledová kyselina octová). Koncentrované roztoky kyseliny octové a 100%ní kyselina octová (tzv. ledová kyselina octová) jsou žíraviny!

Kyselina máselná $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

- olejovitá kapalina
- přítomna v potu (čistá); vzniká ve žluklém másle (ve formě esteru s glycerolem)

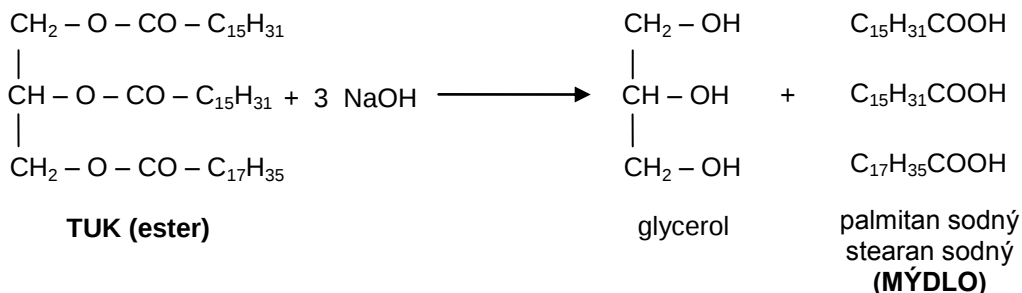
Kyselina palmitová a stearová $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ a $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$

- pevné bílé látky
- ve formě esterů s glycerolem přítomny v tucích



TUK (ester)

- opakem esterifikace je kyselá hydrolýza tuků (esterů) $\rightarrow$ vzniká příslušná kyselina a alkohol
- alkalickou hydrolýzou tuků vznikají mýdla (hovoříme o zmýdelnění) = soli mastných kyselin



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

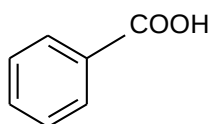
Kyselina olejová*** $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$

- součást rostlinných olejů
- hydrogenací se mění v nasycenou kyselinu stearovou (podstata ztužování tuků)
- užití: textilní průmysl, výroba mazlavého mýdla

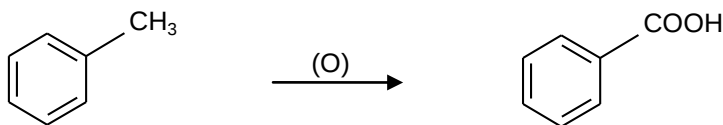
Kyselina šťavelová*** $\text{HOOC} - \text{COOH}$

- bílá jedovatá krystalická látka (v lidském organismu váže vápenaté ionty do nerozpustné vápenaté soli), má leptavé účinky, ve vodě dobře rozpustná
- přítomna v rostlinách ve formě solí (rebarbora, špenát, šťovík)
- šťavelan vápenatý $\text{CaCOO} - \text{COOCa}$ přítomen v šupinách cibule; je složkou ledvinových kamenů

Kyselina benzoová***

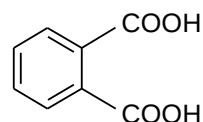


- bílá šupinatá krystalická látka
- vyrábí se oxidací toluenu:

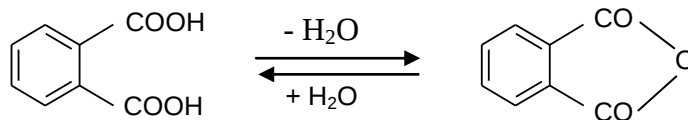


- užití: potravinářství – antioxidant (ochrana proti plísním a kvasinkám), konzervárenství; kožní lékařství – antiseptikum; výroba barviv

Kyselina ftalová***

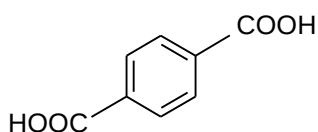


- bílá krystalická látka
- vyrábí se oxidací naftalenu nebo o-xyleny
- zahříváním ztrácí vodu → ftalanhydrid → výroba laků, barviv, plastů



ftalanhydrid
vzniká oxidací naftalenu a o-xyleny

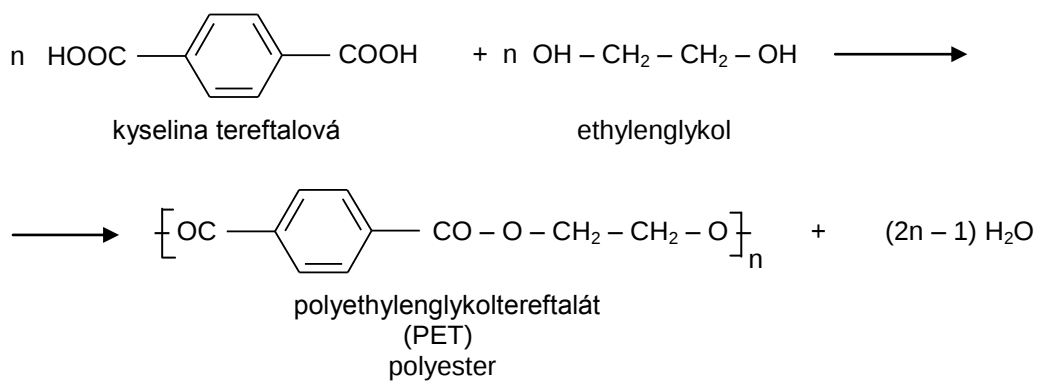
Kyselina tereftalová***



- bílá krystalická látka

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- vzniká oxidací p-xylenů
- nevytváří anhydrid
- užití: výroba umělých polyesterových vláken (tesil) - polykondenzační reakce



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

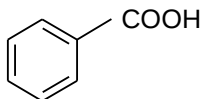
Pracovní list – Karboxylové kyseliny

1) Objašněte následující pojmy !

- a) karboxyl:
 b) karboxylové kyseliny:
 c) neutralizace:
 d) esterifikace:
 e) hydrolýza esterů:
 f) mýdla***:

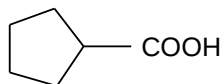
2) Uveďte systematické a triviální názvy následujících karboxylových kyselin !

- a) HCOOH
 b) $\text{CH}_3 - \text{COOH}$
 c) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
 d) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
 e) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
 f) $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
 g) $\text{HOOC} - \text{COOH}$
 h) $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ ***
 i)

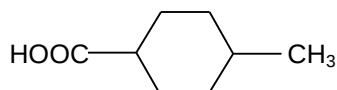


3) Uveďte možné názvy pro tyto karboxylové kyseliny !

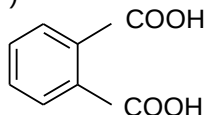
a)



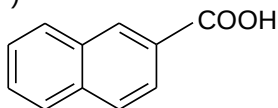
b***)



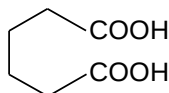
c***)



d***)



e)





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4) Napište vzorce těchto kyselin !

a) kyselina máselná

b) kyselina octová

c) hexanová kyselina

d) pentandiová kyselina

e) kyselina cyklopropankarboxylová

f) kyselina tereftalová***

g) hex – 3 – enová kyselina***

h) 3 – methylheptanová kyselina***

i) 4 – ethylbenzoová kyselina***

j) kyselina cyklopentan – 1,2 – dikarboxylová***

k) kyselina naftalen – 1,3 – dikarboxylová ***

5***) Která z kyselin je rozpustnější ve vodě: butanová nebo oktanová ?

6***) Která z kyselin je méně rozpustná ve vodě: máselná nebo jantarová ?

7***) K obkladům po zhmožděninách se používá roztok vzniklý rozmícháním octanu olovnatého a síranu hlinitého ve vodě. V roztoku vzniká bílá sraženina. Vysvětlete chemický průběh tohoto děje !

8***) Proč je kyselina mravenčí silnější kyselinou než kyselina octová ?

9***) Může vzniknout kyselina ftalová oxidací o-xyleny ?



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

10***) Tvoří kyselina tereftalová cyklický anhydrid podobně jako kyselina ftalová ?

11***) K odstraňování pevného povlaku ze stěn nádob, v nichž se vaří voda, se doporučuje použít ocet. Vysvětlete, v čem spočívá jeho účinek a napište rovnici reakce !

12***) Která kyselina vzniká oxidací 1-butanolu ? Napište rovnici reakce !

13***) Napište vzorec produktu reakce kyseliny benzoové a ethanolu v přítomnosti kyselého katalyzátoru !

14***) Jak lze připravit kyselinu octovou z ethanolu nebo acetaldehydu ?

V dalších úlohách vyberte správnou odpověď !

15) Která z následujících kyselin vzniká oxidací acetaldehydu ?

- a) kyselina máselná
- b) HCOOH
- c) kyselina akrylová
- d) $\text{CH}_3 - \text{COOH}$

16) Která reakce je neutralizace ?

- a) $\text{HCOOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HCOONa} + \text{H}_2\text{O}$
- b) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_3$
- c) $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

17) Které tvrzení o reakci je správné ? $2 \text{HCOOH} + \text{CaO} \rightarrow (\text{HCOO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$

- a) vzniká vápenatá sůl kyseliny mravenčí
- b) výchozí látkou je dvojsytná karboxylová kyselina
- c) reagují spolu stejná látková množství HCOOH a CaO
- d) výchozí látky se nazývají kyselina mravenčí a hydroxid vápenatý

18) Esterifikace je reakce:

- a) karboxylové kyseliny s alkoholem
- b) dvou alkoholů
- c) alkoholu se sodíkem
- d) esteru s hydroxidem sodným

19) Mezi mastné kyseliny patří:

- a) kyselina sírová
- b) kyselina mravenčí
- c) kyselina stearová
- d) kyselina benzoová

20***) V rostlinných olejích jsou vázány výživově hodnotné kyseliny, například:

- a) kyselina mravenčí
- b) kyselina šťavelová
- c) kyselina mléčná
- d) kyselina linolová

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

21) Označte správné tvrzení o esterifikaci !

- a) je to reakce esteru s vodou
- b) touto reakcí vzniká octan sodný
- c) je to reakce alkoholu a KOH
- d) touto reakcí vzniká palmitan ethylnatý

22***) Do skupiny vyšších mastných kyselin náleží:

- a) kyselina octová
- b) kyselina palmitová
- c) kyselina kapronová
- d) kyselina máselná

23) Reakcí ethanolu s kyselinou octovou v přítomnosti katalyzátoru (konc. kyselina sírová) vzniká:

- a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
- b) $\text{HCOOCH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
- c) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
- d) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$

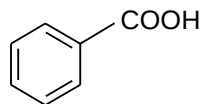
24) Z uvedených kyselin je nejsilnější kyselina:

- a) mravenčí
- b) máselná
- c) octová
- d) propionová

25) Vytvořte odpovídající dvojice:

- 1. kyselina šťavelová
- 2. kyselina máselná
- 3. kyselina palmitová
- 4. kyselina benzoová

- a) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{COOH}$
- b) $\text{HOOC} - \text{COOH}$
- c) $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$
- d)



- 5. kyselina akrylová

- e) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$

26) Které z uvedených názvů pro sloučeninu $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ jsou správné ?

- | | |
|-------------------------------|---------|
| A. butanová kyselina | a) A, D |
| B. butylkyselina | b) A, C |
| C. kyselina máselná | c) B, C |
| D. kyselina propankarboxylová | d) B, E |
| E. kyselina propylkarboxylová | |

27***) Jaký je systematický název sloučeniny: $\text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH} - \text{COOH}$



- a) 2 – methylbut – 2 – enová kyselina
- b) 2 – methylbut – 3 – enová kyselina
- c) 3 – methylbut – 2 – enová kyselina
- d) 3 – methylbut – 3 – enová kyselina

Výsledky: 15) d, 16) a, 17) a, 18) a, 19) c, 20) d, 21) d, 22) b, 23) c, 24) a, 25) 1b, 2c, 3e, 4d, 5a, 26) b, 27) c