

# Material powtórzeniowy do sprawdzianu - kwasy karboksylowe, estry, glicerydy - tłuszcze, mydła + przykładowe zadania z rozwiązaniami

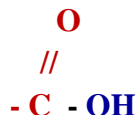
## I. Kwasy karboksylowe

### 1. Budowa i klasyfikacja kwasów karboksylowych

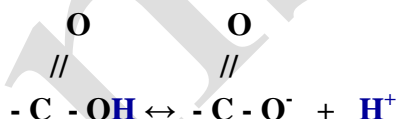
- ❖ Kwasy karboksylowe ( $R - \text{COOH}$ ;  $\text{HOOC} - R - \text{COOH}$ ;  $\text{Ar} - \text{COOH}$ ), to związki organiczne, których cząsteczki zawierają jedną lub więcej grup karboksylowych ( $-\text{COOH}$ ), które nadają tym związkom charakterystyczne właściwości fizyko-chemiczne.

- ❖ **Grupa karboksylowa** zawiera dwie grupy funkcyjne:

- karbonylową (ketonową):  $=\text{C}=\text{O}$
- hydroksylową:  $-\text{OH}$



- atomy C i O w grupie karbonylowej są na hybrydyzacji  $sp^2$ , tlen ten zwiększa polaryzację wiązania w grupie hydroksylowej  $-\text{O}-\text{H}$ , co ułatwia *rozpad heterolityczny grupy hydroksylowej* (dysocjację) z odszczepieniem kationu  $\text{H}^+$ :



### 2. Klasyfikacja kwasów karboksylowych:

- ❖ **Nasycone kwasy alifatyczne**  $\text{C}_{n-1}\text{H}_{(2n-1)} - \text{COOH}$

- $\text{H} - \text{COOH}$  - kwas metanowy (mrówkowy),
- $\text{CH}_3 - \text{COOH}$  - kwas etanowy (octowy),
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  - kwas propanowy (propionowy)
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  - kwas butanowy (masłowy),
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  - kwas pentanowy (walerianowy).

*Uwaga ; węgiel w grupie karboksylowej należy do głównego łańcucha węglowego i ma przypisany **lokant 1**.*

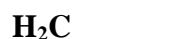
- ❖ **Nienasycone kwasy alifatyczne**

- $^3\text{CH}_2 = ^2\text{CH} - ^1\text{COOH}$  - kwas prop-**2**-enowy (akrylowy),
- $^4\text{CH}_2 = ^3\text{CH} - ^2\text{CH}_2 - ^1\text{COOH}$  - kwas but-**3**-enowy,
- $^4\text{CH} \equiv ^3\text{C} - ^2\text{CH}_2 - ^1\text{COOH}$  - kwas but-**3**-ynowy

❖ *Kwasy dikarboksylowe*

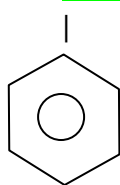
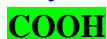


kwaz szczawiiowy (etanodiowy)

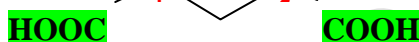
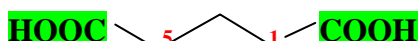


kwaz propanodiowy (malonowy)

❖ *Aromatyczne kwasy karboksylowe*



Kwas benzoesowy  
(benzenokarboksylowy)



Kwas benzeno-1,2,4,5-tetrakarboksylowy

### 3. Szereg homologiczny alifatycznych (łańcuchowych) nasyconych kwasów Monokarboksylowych

- ❖ Monokarboksylowe nasycone kwasy karboksylowe tworzą szereg homologiczny o ogólnym wzorze  $C_nH_{2n+1} - COOH$  ( $C_{n-1}H_{2n-1} - COOH$ )
- ❖ Nazwy systematyczne tworzy się dodając do słowa kwas nazwy alkanu o tej samej liczbie at. C z końcówką -owy.

#### Przykładowe zadania:

**Zad.1.** Zapisz wzory grupowe (półstrukturalne) trzech pierwszych homologów kwasów monokarboksylowych nasyconych oraz utwórz dla nich nazwy systematyczne.

#### Rozwiązanie:

- $n = 1$ ;  $H - COOH$  - kwas metanowy;
- $n = 2$ ;  $CH_3 - COOH$  - kwas etanowy;
- $n = 3$ ;  $CH_3 - CH_2 - COOH$  - kwas propanowy.

**Zad. 2.** Ustal wzór rzeczywisty monokarboksylowego kwasu alifatycznego, którego masa molowa cząsteczkowa wynosi 88u.

**Rozwiązanie:** do wzoru ogólnego  $C_{n-1}H_{2n-1} - COOH$  należy podstawić masy atomowe i obliczyć indeks stechiometryczny n:

- obliczenie n:  $(n - 1) \cdot 12u + (2n - 1) \cdot 1u + 12u + 2 \cdot 16u + 1u = 88u$

$$12n - 12 + 2n - 1 + 45 = 88$$

$$14n = 88 - 32; \quad 14n = 56; \quad n = 4$$

- Wzór grupowy kwas i nazwa systematyczna:



#### 4. Izomeria konstytucyjna - łańcuchowa (szkieletowa) kwasów monokarboksylowych

- ❖ **R - grupy węglowodorowe** kwasów karboksylowych, tak jak w przypadku alkanów mogą być proste lub rozgałęzione, nazwy tworzy się wg tych samych reguł jak w przypadku izomerów alkanów z tym, że atom węgla w grupie - **COOH** otrzymuje zawsze lokant nr 1 i jest to lokant nadrzędny w stosunku do innych lokantów

Przykład: izomery łańcuchowe kwasu butanowego

- ${}^4\text{CH}_3 - {}^3\text{CH}_2 - {}^2\text{CH}_2 - {}^1\text{COOH}$ ; kwas butanowy;
  - ${}^3\text{CH}_3 - {}^2\text{CH} - {}^1\text{COOH}$ ; kwas 2-metylopropanowy;
- |  
 $\text{CH}_3$

Przykładowe zadanie:

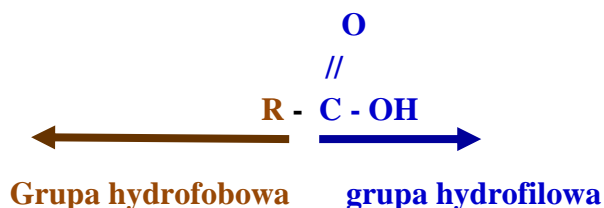
Zad.3. Zapisz wzory grupowe wszystkich możliwych izomerów kwasu pentanowego i utwórz dla nich nazwy systematyczne:

Rozwiązanie:

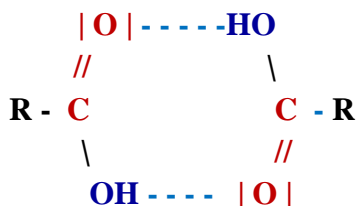
- ${}^5\text{CH}_3 - {}^4\text{CH}_2 - {}^3\text{CH}_2 - {}^2\text{CH}_2 - {}^1\text{COOH}$  - kwas pentanowy (walerianowy).
  - ${}^4\text{CH}_3 - {}^3\text{CH}_2 - {}^2\text{CH} - {}^1\text{COOH}$  - kwas 2-metylobutanowy
- |  
 $\text{CH}_3$
- ${}^4\text{CH}_3 - {}^3\text{CH} - {}^2\text{CH}_2 - {}^1\text{COOH}$  - kwas 3-metylobutanowy
- |  
 $\text{CH}_3$   
 $\text{CH}_3$
- ${}^3\text{CH}_3 - {}^2\text{C} - {}^1\text{COOH}$  - kwas 2,2-dimetylopropanowy
- |  
 $\text{CH}_3$

#### 5. Właściwości fizyczne kwasów karboksylowych

- ❖ **Kwas metanowy, etanowy i propanowy** są cieczami o ostrym zapachu, dobrze rozpuszczalne w wodzie,
- ❖ **Kwasy od 4 do 9 at. C** w cząsteczce są oleistymi cieczami ich rozpuszczalność w wodzie maleje wraz ze wzrostem liczby at. C w cząsteczce, natomiast od 10 at. C są ciałami stałymi, bezwonnymi, nierozpuszczalnymi w wodzie - słabnie oddziaływanie grupy - COOH (hydrofilowej) a wzrasta oddziaływanie grupy węglowodorowej (R) - hydrofobowej:



- ❖ **Wraz ze wzrostem liczby at. C** w cząsteczce wzrasta temp. topnienia i wrzenia, temp. są wyższe niż w przypadku odpowiednich węglowodorów, ponieważ kwasy występują w postaci **dimerów**;

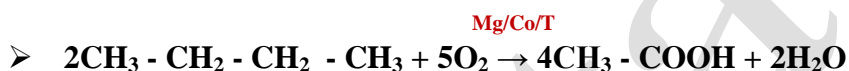


| - wolne pary elektronowe na atomie O,

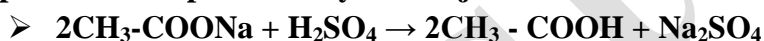
--- : wiązanie wodorowe

## 6. Otrzymywanie kwasów karboksylowych

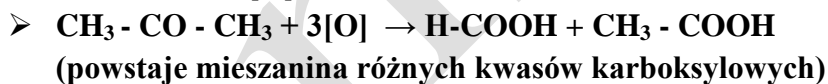
- ❖ **Utlenianie w obecności katalizatorów odpowiednich węglowodorów:**



- ❖ **z soli kwasów karboksylowych** - kwasy karboksylowe jako słabe kwasy są wypierane z soli przez kwasy mocniejsze:

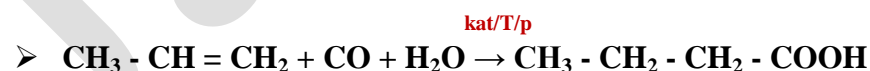


- katalityczne (KMnO<sub>4</sub>, lub K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> w środowisku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), utlenianie alkoholi 1°, aldehydów, ketonów -



- produktami utleniania aldehydów w próbie Trommera i Tollensa są również odpowiednie kwasy karboksylowe

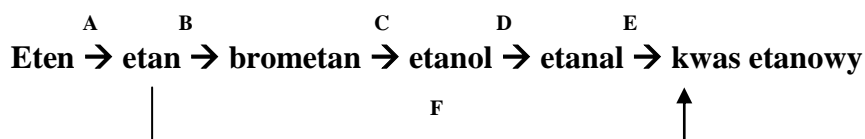
- ❖ **reakcja alkenów z CO i H<sub>2</sub>O<sub>(g)</sub>**



- ❖ **hydroliza w środowisku kwasowym tłuszczów - otrzymuje się wyższe kwasy karboksylowe.**

**Przykładowe zadanie:**

**Zad.4. Zapisz równania reakcji chemicznych przedstawionych na poniższym schemacie, dobierz konieczne substraty i warunki reakcji:**

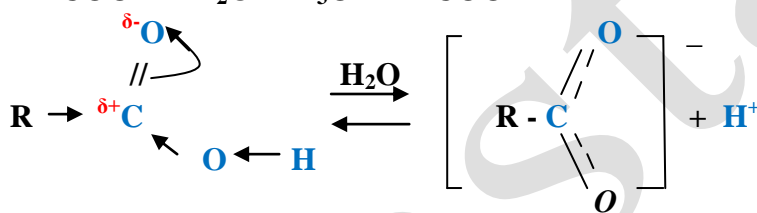
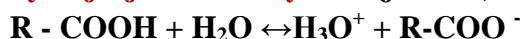


### Rozwiązanie:

- A:  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{kat.}} \text{CH}_3 - \text{CH}_3$
- B:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{uv}} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Br} + \text{HBr}$
- C:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Br} + \text{HBr} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{NaBr}$
- D:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + [\text{O}] \xrightarrow{\text{CuO/T}} \text{CH}_3 - \text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$
- E:  $\text{CH}_3 - \text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{T}} \text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$
- F:  $2\text{CH}_3 - \text{CH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Mg/T}} 2\text{CH}_3 - \text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$

## 7. Właściwości chemiczne kwasów karboksylowych

### ❖ dysocjacja elektrolityczna (jonowa)



- Moc kwasów karboksylowych maleje wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowego, w szeregu monokarboksylowych nasyconych alifatycznych kwasów najmocniejszy jest kwas metanowy (mrówkowy), kwas metanowy i etanowy są mocniejsze od kwasu węglowego.

### ❖ reakcja z metalami, tlenkami metali, wodorotlenkami, reakcje podstawiania - powstają odpowiednie sole kwasów karboksylowych:

- $2\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{CuO} \xrightarrow{\text{T}} (\text{CH}_3 - \text{COO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}, (\text{temp.})$   
Etanian (octan) miedzi(II)
- $2\text{H} - \text{COOH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{H} - \text{COONa} + \text{H}_2,$   
Metanian (mrówczan) sodu
- $2\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH} + \text{K}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOK} + \text{H}_2\text{O}.$   
Propanian potasu
- $2\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$   
Butanian (maślan) wapnia
- $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ | \\ \text{COOH} \end{array} + \text{Ca} \rightarrow \begin{array}{c} \text{COO} \\ | \\ \text{COO} \end{array} \text{Ca} + \text{H}_2 \text{ (szczawian wapnia)}$

- ❖ **Octany i mrówczany** są dobrze rozpuszczalne w wodzie, jako sole słabych kwasów i mocnych zasad ulegają hydrolizie anionowej, natomiast szczawiany wapnia i magnezu **nie są rozpuszczalne** w wodzie.

**Przykładowe zadania:**

**Zad. 5. Dokończ poniższe równania reakcji lub zapisz, że reakcja nie zachodzi:**

Kolorem niebieskim zapisano rozwiązania

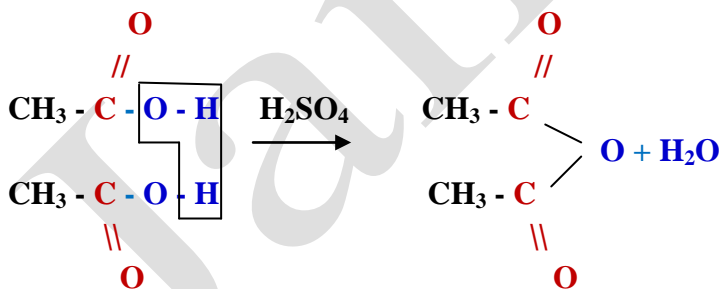
- A.  $\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3 - \text{COO}^-$
- B.  $2 \text{H} - \text{COOH} + \text{CaO} \rightarrow (\text{H}-\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$
- C.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{CH}_3 - \text{COOH} \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- D.  $\text{H} - \text{COONa} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{reakcja nie zachodzi}$
- E.  $\text{H} - \text{COONa} + \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \rightarrow \text{reakcja nie zachodzi}$
- F.  $2\text{CH}_3 - \text{COOH} + 2\text{Li} \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{COOLi} + \text{H}_2$
- G.  $\text{H} - \text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H} - \text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- H.  $\text{H} - \text{COOK} + \text{HCl} \rightarrow \text{H} - \text{COOH} + \text{KCl}$
- I.  $\text{CH}_3 - \text{COONa} + \text{H} - \text{COOH} \rightarrow \text{H} - \text{COONa} + \text{CH}_3 - \text{COOH}$

**Zad.6. Dobierz substraty z zapisz równania reakcji otrzymywania octanu (etanianu) sodu czterema różnymi metodami.**

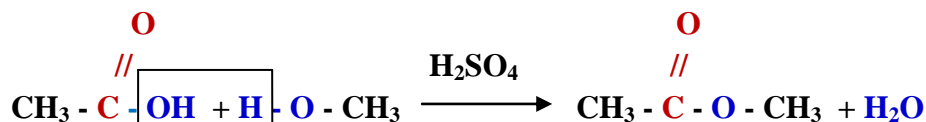
**Rozwiązanie:**

- ✓ Kwas + metal:  $2\text{CH}_3 - \text{COOH} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{COONa} + \text{H}_2$
- ✓ Kwas + tlenek wodorotlenek:  $\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- ✓ Kwas + wodorotlenek:  $2\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- ✓ Kwas + sól:  $2\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

- ❖ tworzenie bezwodników kwasowych (w obecności substancji silnie odwadniających, np.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )



- ❖ reakcje w alkoholami i fenolami w obecności  $\text{H}^+$  - reakcje estryfikacji

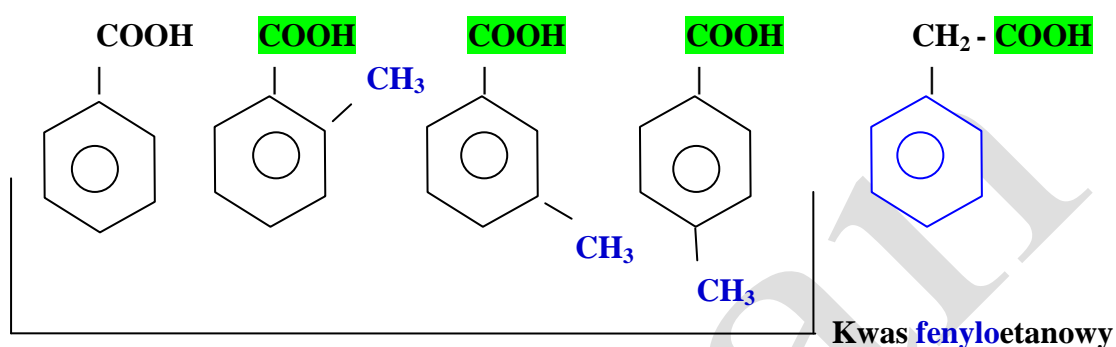


## 8. Właściwości kwasów kwasu metanowego i etanowego:

- kwas metanowy jest kwasem najsilniejszym w szeregu homologicznym nasyconych kwasów alifatycznych,

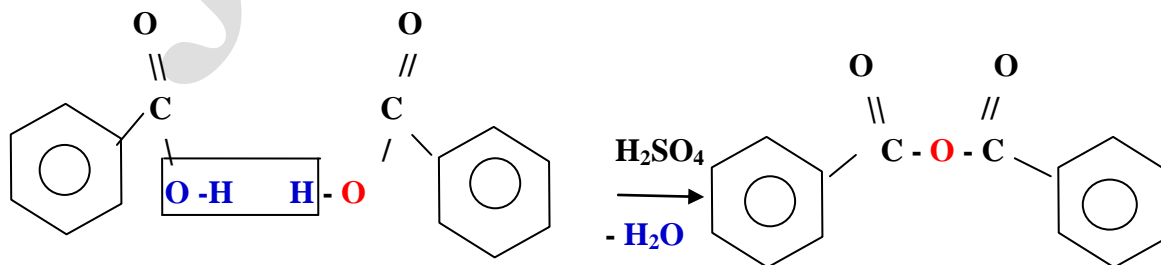
- cząsteczka **kwasu metanowego zawiera grupę aldehydową** i w odróżnieniu od pozostałych kwasów karboksylowych **daje pozytywną** próbę **Tollenasa** i **Trommera**,
- pozostałe właściwości są bardzo do siebie zbliżone: związki palne, bezbarwne ciecze o ostrej charakterystycznej woni, bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie.

## 9. Aromatyczne kwasy karboksylowe



### Kwasy aromatyczne

- Benzoesowy,
- **o-metylo**benzoesowy,
- **m-metylo**benzoesowy,
- **p-metylo**benzoesowy
- kwasy są ciałami stałymi, słabo lub nierozpuszczalnymi w wodzie, kwas benzoesowy dobrze rozpuszcza się w gorącej wodzie,
- kwasy aromatyczne są kwasami silniejszymi od kwasów alifatycznych, ponieważ w ich cząsteczkach występuje silniejsza polaryzacja wiązania O - H w grupie hydroksylowej w wyniku oddziaływania pierścienia  $\pi$
- wchodzi w reakcje z metalami, wodorotlenkami i tlenkami metali tworząc odpowiednie sole, reagują z alkoholami tworząc estry,
- kwas benzoesowy ma właściwości bakteriobójcze, benzoesan sodu jest stosowany do konserwacji przetworów mięsno-warzywnych, jako sól słabego kwasu i silnej zasady ulega hydrolizie anionowej,
- tworzą bezwodniki, tak jak kwasy alifatyczne:



Kwas benzoesowy

bezwodnik kwasu benzoesowego

- otrzymywanie kwasu benzoesowego
  - \* katalityczne utlenienie toluenu (metylobenzenu):
- $$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3 + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOK} + 2\text{MnO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$$
- $$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOK} + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5 - \text{COOH} + \text{KCl}$$

## 10. Kwas szczawiowy - kwas etanodiowy (dikarboksylowy)

- substancja stała, krystaliczna, rozpuszczalna w wodzie, jest kwasem silniejszym niż kwasy monokarboksylowe,
- otrzymywanie - katalityczne utlenianie glikolu (etano-1,2-diolu)  
$$\begin{array}{ccccc} \text{CH}_2 - \text{OH} & & \text{CHO} & & \text{COOH} \\ | & + 2[\text{O}] \rightarrow & | & + 2[\text{O}] \rightarrow & | \\ \text{CH}_2 - \text{OH} & & \text{CHO} & & \text{COOH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$$
- kwas szczawiowy ma zastosowanie do bielenia tkanin, usuwania rdzy, kamienia kotłowego, w przemyśle farbiarskim i skórzanym, przeróbce drewna.

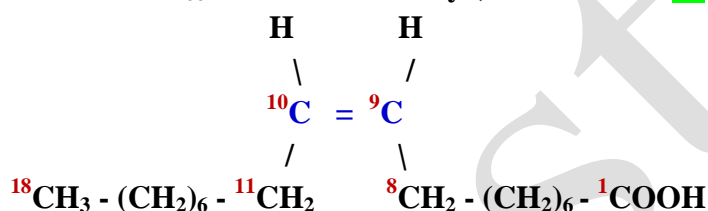
## 11. Wyższe kwasy karboksylowe:

### ❖ nasycone kwasy karboksylowe

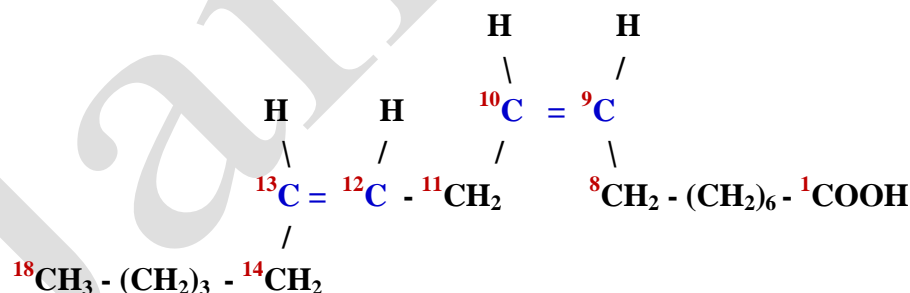
- $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{-COOH}$  - palmitynowy (heksadekanowy),
- $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{-COOH}$  - stearynowy (oktadekanowy),
- $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-COOH}$  - heptadekanowy.

### ❖ Nienasycone kwasy karboksylowe:

- $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{-COOH}$  - oleinowy (cis-oktadec-9-enowy),



- $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{-COOH}$  - linolowy (cis,cis-oktadeka-9,12-dienowy)



- $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{-COOH}$  - linolenowy (cis, cis, cis - 9,12,15-trienowy).

### ❖ Właściwości

- Kwas stearynowy i palmitynowy - ciała stałe barwy białej, nierozpuszczalne w wodzie, temp topnienia  $T_t > 60^\circ\text{C}$ , palą się żółtym płomieniem, ulega reakcjom wynikających z występowania grupy karboksylowej i nasyconej grupy węglowodorowej,
- Kwas oleinowy - oleista ciecz barwy jasnożółtej, palna,  $T_t = 13,4^\circ\text{C}$ , odbarwia wodę bromową i wodny roztwór  $\text{KMnO}_4$ , ulega reakcjom wynikających z obecności grupy karboksylowej i nienasyconej grupy węglowodorowej (r. addycji - przyłączenia wodoru w obecności katalizatora, addycji halogenów i halogenowodorów).



## II. Mydła

### 1. Budowa mydeł

- ❖ **Mydła** - sole sodowe lub potasowe wyższych kwasów karboksylowych - głównie stearynowego i palmitynowego
  - Mydło sodowe - białe, twarde, rozpuszczalne w wodzie, odczyn wodnego roztworu mydła zasadowy (produkcja mydeł toaletowych)
  - Mydło potasowe - miękkie (maziste) szare, rozpuszczalne w wodzie, odczyn wodnego roztworu zasadowy (produkcja past BHP, środków czyszczących i piorących)
  - Uwaga: mydła metali (Ca, Mg, Al) są nierozpuszczalne w wodzie, stosowane są do impregnacji przeciwwodnej tkanin oraz produkcji smarów.



Część niepolarna cząsteczki mydła  
- hydrofobowa - lipofilowa -  
z powinowactwem do tłuszczów

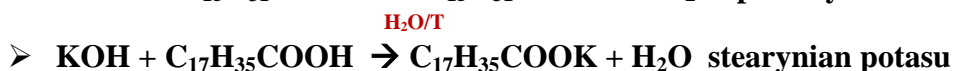
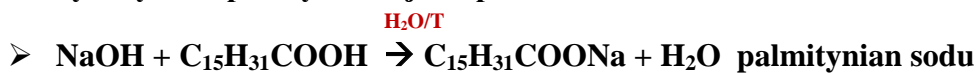
Część polarna cząsteczki mydła  
- hydrofilowa - lipofobowa -  
z powinowactwem do wody

### 2. Właściwości:

- ❖ **Rozpuszczanie w wodzie** - dysocjacja elektrolityczna (jonowa)
  - $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK} \leftrightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{K}^+$
  - $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa} \leftrightarrow \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO}^- + \text{Na}^+$
- ❖ **Hydroliza anionowa mydeł**
  - $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{K}^+ + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{K}^+ + \text{OH}^-$
  - $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{OH}^-$
  - $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
  - $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH} + \text{OH}^-$
- ❖ **Zmiękczenie wody** (wytrącania kationów wapnia i magnezu nadającej wodzie twardość)
  - $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \leftrightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{KHCO}_3$
  - $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + 2\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{K}^+ + 2\text{HCO}_3^-$
  - $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}$
- ❖ **Obniżanie napięcia powierzchniowego wody.**

### 3. Otrzymywanie mydeł

- ❖ **Hydroliza tłuszczów** w środowisku zasadowym (patrz tłuszcze)
- ❖ **Reakcja zobojętniania** wodnych roztworów zasad wyższymi kwasami karboksylowymi w podwyższonej temp.



### Przykładowe zadanie

**Zad.7. Zapisz równanie reakcji (cząsteczkowe, jonowe, skrócone) wytrącania z roztworu wodnego kationów magnezu pochodzących z  $\text{MgCl}_2$  z użyciem stearynianu potasu**

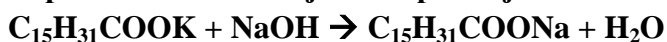
#### Rozwiązanie:

- $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + \text{MgCl}_2 \rightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Mg} + 2\text{NaCl}$
- $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + 2\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Mg} + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$
- $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Mg}$

**Zad.8. Oblicz, ile gramów kwasu palmitynowego można zobojętnić 50g 40% roztworu NaOH.**

#### Rozwiązanie:

- Masy molowe:  $M_{\text{NaOH}} = 40\text{g/mol}$ ;  $M_{\text{kwasu}} = 256\text{g/mol}$
- Zapis równania reakcji i interpretacja:



$$1 \text{ mol} \quad + 1 \text{ mol} \rightarrow 1 \text{ mol} \quad + 1 \text{ mol}$$

$$256\text{g} \quad + 40\text{g} \rightarrow 1 \text{ mol} \quad + 1 \text{ mol}$$

- Obliczenie liczby gramów NaOH w roztworze

$$\checkmark \quad 100\text{g roztworu} \text{ ----- } 40\text{g NaOH}$$

$$50\text{g} \quad \text{-----} \quad x$$

$$x = 20\text{g}$$

- Obliczenie liczby gramów kwasu

$$\checkmark \quad 256\text{g kwasu} \text{ ----- } 40\text{g NaOH}$$

$$x \quad \text{-----} \quad 20\text{g NaOH}$$

$$x = 128\text{g}$$

**Zad.9. Oblicz, ile gramów stearynianu sodu należy użyć aby całkowicie wytrącić kationy wapnia w  $3\text{dm}^3$  wody, w której stężenie kationów wapniowych wynosi  $0,005\text{mol/dm}^3$ .**

#### Rozwiązanie:

- Masa molowa mydła:  $M = 306\text{g/mol}$
- Zapis równania reakcji i interpretacja:
  - ✓  $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \downarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{Na}^+$
  - $2\text{mol} \quad + 1\text{mol} \rightarrow 1 \text{ mol} \quad + 2 \text{ mol}$
  - $2 \cdot 306\text{g} \quad + 1\text{mol} \rightarrow 1\text{mol} \quad + 2 \text{ mol}$

- Obliczenie liczby moli kationów  $\text{Ca}^{2+}$ :

$$\checkmark \quad 1\text{dm}^3 \text{ ----- } 0,005 \text{ mola } \text{Ca}^{2+}$$

$$3\text{dm}^3 \text{ ----- } x$$

$$x = 0,015\text{mol}$$

- Obliczenie liczby gramów mydła:

$$\checkmark \quad 612\text{g mydła} \text{ ----- } 1\text{mol } \text{Ca}^{2+}$$

$$x \quad \text{-----} \quad 0,015 \text{ mol}$$

$$x = 9,18\text{g}$$

### III. Estry

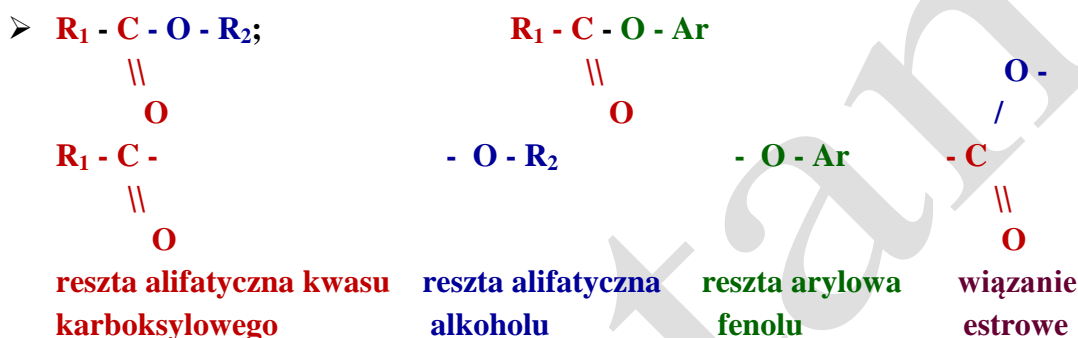
#### 1. Budowa i nazewnictwo estrów

- ❖ **Związki organiczne** powstające w reakcji kwasów karboksylowych i alkoholi (również fenoli) o ogólnym wzorze:  $R_1 - C(=O) - O - R_2$ ;  $R_1 - C(=O) - O - Ar$



- ❖ Estry powstające z nasyconych alifatycznych kwasów monokarboksylowych karboksylowych i alifatycznych nasyconych alkoholi monohydroksylowych można opisać wzorem sumarycznym  $C_nH_{2n}O_2$

#### ❖ Budowa estrów



- ❖ **Nazewnictwo** - nazwy systematyczne wywodzi się od kwasu karboksylowego (tak jak w przypadku soli tych kwasów) dodając nazwę grupy alkilowej alkoholu lub arylowej fenolu:

- Kwas etanowy (octowy) + metanol → etanian (octan) metylu
- Kwas metanowy (mrówkowy) + fenol → metanian (mrówczan) fenylu
- Kwas benzoesowy + etanol → benzoesan etylu

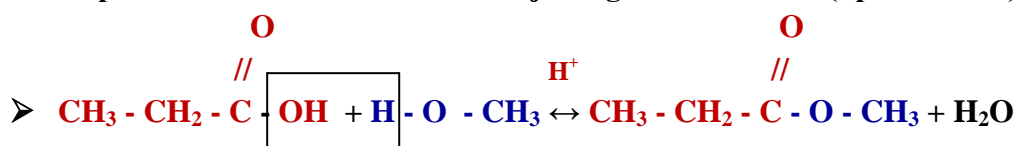
#### 2. Przykładowe estry:

- $H - CO - O - CH_2 - CH_3$ ; **mrówczan (metanian) etylu** - zapach rumu,
- $CH_3 - CO - O - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ ; **etanian (octan) pentylu** - zapach gruszek,
- $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO - O - CH_2 - CH_3$ ; **butanian (maślan) etylu** - zapach ananasów,
- $CH_3 - CO - O - C_6H_5$ ; **etanian (octan) fenylu** - zapach jaśminowca,
- $CH_3 - CO - O - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ ; **etanian (octan) butylu** - zapach bananów
- $CH_3 - CO - O - CH_2 - CH_3$ ; **etanian (octan) etylu** - zapach zmywacza do paznokci

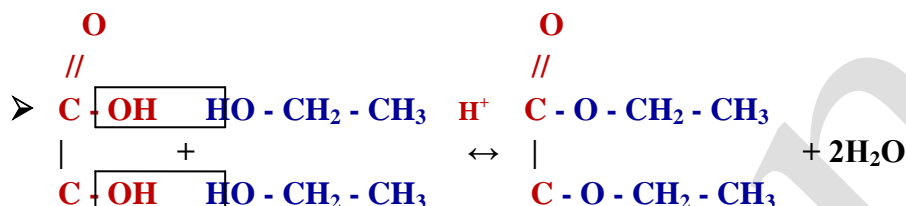
#### 3. Otrzymywanie estrów

- ❖ reakcja estryfikacji kwasów karboksylowych z alkoholami
- ❖ reakcja przebiega w obecności kationów wodorowych jako katalizatora [stężony kwas siarkowy(VI) o dodatkowo wiąże powstającą wodę]
- ❖ reakcja przebiega etapowo z udziałem karbokationu jako niestrawnego produktu pośredniego

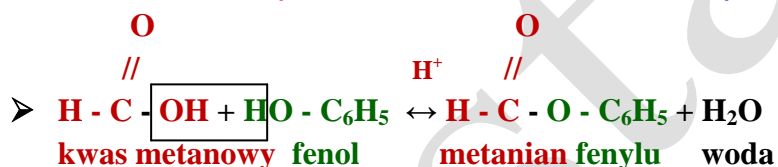
- ❖ reakcja estryfikacji jest reakcją odwracalną (ester pod wpływem wody ulega hydrolizie na kwas i alkohol), stan równowagi można przesunąć w kierunku produktu (estru) przez usuwanie produktu z układu lub dodanie jednego z substratów (np. alkoholu)



kwas propanowy      metanol      propanian metylu      woda



kwas szczawiowy      etanol      szczawian etylu      woda



Przykładowe zadanie:

**Zad.10.** Kwasy karboksylowe i estry o identycznej liczbie atomów węgla o ogólnym wzorze sumarycznym  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  są wobec siebie izomerami funkcjonalnymi (mają różne grupy funkcyjne: kwasy karboksylowe - grupa karboksylowa, estry - grupa estrowa). Zapisz wzory grupowe trzech różnych estrów będących izomerami kwasu butanowego  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  i nadaj im nazwy sygnatyczne.

Rozwiązanie:

- Kwas butanowy  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
- Izomery
  - ✓  $\text{H} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ; metanian propylu
  - ✓  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ; etanian etylu
  - ✓  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_3$ ; propanian metylu

**Zad.11.** Zapisz wszystkie możliwe wzory grupowe estru o masie cząsteczkowej 74u powstałego w reakcji nasyconego alifatycznego kwasu monokarboksylowego i monohydroksylowego alkanolu.

Rozwiązanie:

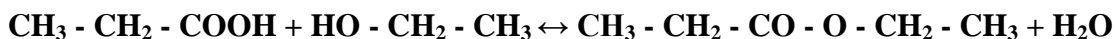
- Obliczenie wartości n z ogólnego wzoru  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ 
  - ✓  $n \cdot 12u + 2n \cdot 1u + 2 \cdot 16u = 74u$
  - $14n = 74 - 32 = 42$        **$n = 3$**
- Sumaryczny wzór estru:  **$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$**
- Izomery estrów:
  - ✓  **$\text{H} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$** ; metanian etylu
  - ✓  **$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_3$** ; etanian metylu

**Zad. 12. Dobierz substraty i warunki reakcji oraz zapisz równanie reakcji prowadzące do otrzymania propanianu etylu.**

**Rozwiązanie:**

➤ Substraty: kwas propanowy i etanol

➤ Równanie reakcji:  $\text{H}^+$

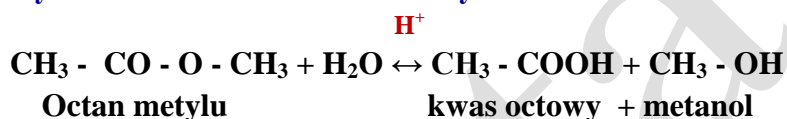


#### 4. Właściwości estrów

❖ **Lotne ciecze** (lub **ciała stałe - woski** - estry wyższych kwasów tłuszczowych i wyższych alkoholi), palne, z reguły o bardzo przyjemnej woni kwiatów lub owoców, z reguły trudno rozpuszczalne w wodzie, wyczuwalne w bardzo małych stężeniach,

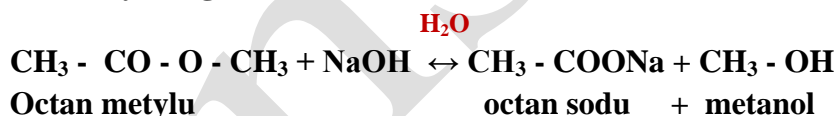
❖ **Hydroliza estrów**

➤ **Hydroliza w środowisku kwasowym** → alkohol + kwas karboksylowy



✓ zapach po hydrolizie: wynikający z mieszaniny zapachów kwasu octowego i metanolu, hydroliza odwracalna

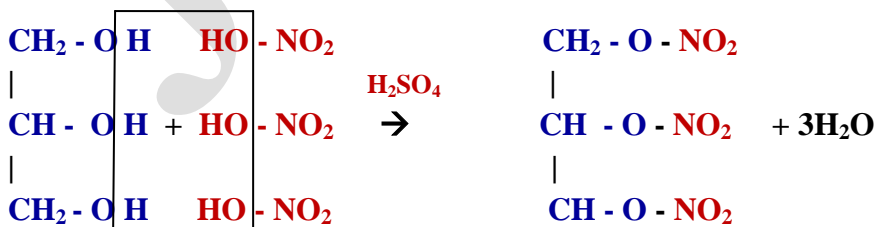
➤ **Hydroliza w środowisku zasadowym** → alkohol + sól kwasu karboksylowego



✓ Zapach po hydrolizie: metanolu, hydroliza nieodwracalna

#### 5. Estry kwasów nieorganicznych - triazotan(V) glicerolu

❖ Otrzymuje się w reakcji glicerolu (propano-1,2,3-triolu) z mieszaniną nitrującą ( $\text{HNO}_3(\text{stęż.}) + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{stęż.}) \rightarrow \text{NO}_2^+ + 2\text{HSO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$ )



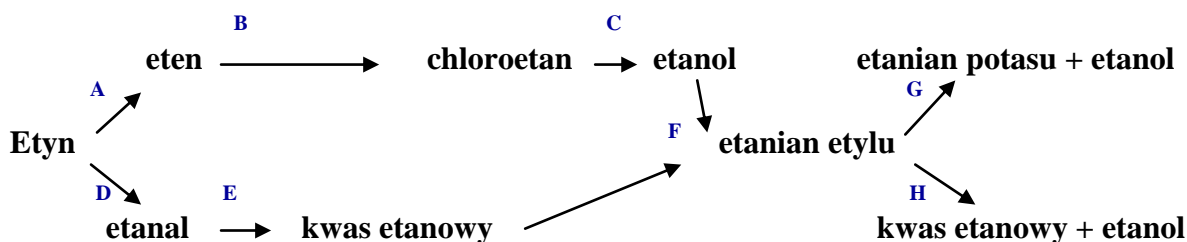
❖ Właściwości triazotanu(V) glicerolu

➤ Oleista, żółtawa ciecz, wrażliwa na wstrząsy - ulega rozkładowi z wydzielaniem produktów gazowych:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ .

➤ Nasączona w/w związkiem ziemia okrzemkowa - to dynamit, jest stosowana również jako lek rozszerzający naczynia krwionośne.

### Przykładowe zadania.

**Zad. 13.** Stosując wzory grupowe zapisz równania reakcji przemian chemicznych przedstawionych na schemacie, dobierając substrat i warunki reakcji:



### Rozwiązanie:

- A.  $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{kat.}} \text{CH}_2 = \text{CH}_2$
- B.  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Cl}$
- C.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{NaCl}$
- D.  $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}/\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{OH} \xrightarrow{\text{izomeryzacja}} \text{CH}_3 - \text{CHO}$
- E.  $\text{CH}_3 - \text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{T}} \text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$
- F.  $\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \xleftrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- G.  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{KOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3 - \text{COOK} + \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- H.  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xleftrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

## IV. Tłuszcze - glicerydy - lipidy

### 1. Budowa tłuszczów

- ❖ **Tłuszcze - estry** wyższych kwasów karboksylowych (tłuszczowych) oraz glicerolu (gliceryny propano-1,2,3-triolu)
- ❖ **Kwasy tłuszczowe:**

Nasycone kwasy tłuszczowe	Nienasycone kwasy tłuszczowe
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{-COOH}$ ; kwas palmitynowy (heksadekanowy), $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{-COOH}$ ; kwas stearynowy (oktadekanowy), $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-COOH}$ ; kwas heptadekanowy.	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{-COOH}$ ; kwas oleinowy (cis-oktadec-9-enowy), $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{-COOH}$ ; kwas linolowy (cis,cis- oktadeka-9,12-dienowy) $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{-COOH}$ ; kwas linolenowy (cis, cis, cis - 9,12,15-trienowy).

❖ **Ogólny wzór cząsteczki tłuszczu**

Ogólny wzór	Wzór grupowy: 2-palmitynino-1,3-distearynianu glicerolu
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_1 \\    \\  \text{O} \\  // \\  \text{CH} - \text{O} - \text{C} - \text{R}_2 \\    \\  \text{O} \\  // \\  \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_3  \end{array}  $ <p> <math>\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3</math>    lub    <math>\text{R}_1 \neq \text{R}_2 \neq \text{R}_3</math>  - kolor czerwony: reszty kwasów tłuszczowych;  - kolor niebieski - reszta glicerolu </p>	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  {}^1\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{35} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^2\text{CH} - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{15}\text{H}_{31} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{35}  \end{array}  $

- ❖ Kolejność reszt kwasowych połączonych z poszczególnymi lokantami węgla w reszcie glicerolu decyduje o rodzaju tłuszczu - tłuszcze te różnią się właściwościami fizykochemicznymi

**Przykładowe zadanie**

**Zad.14.** Zapisz wzory grupowe wszystkich możliwych cząsteczek tłuszczów wiedząc, że w jego składzie oprócz reszty glicerolu wchodzi reszty następujących kwasów tłuszczowych: stearynowego, palmitynowego i oleinowego . Da cząsteczek utwórz nazwy systematyczne.

**Rozwiązanie:**

$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  {}^3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{35} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^2\text{CH} - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{15}\text{H}_{31} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^1\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{33}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  {}^3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{15}\text{H}_{31} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^2\text{CH} - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{35} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^1\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{33}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  {}^3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{35} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^2\text{CH} - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{17}\text{H}_{33} \\    \\  \text{O} \\  // \\  {}^1\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{C}_{15}\text{H}_{31}  \end{array}  $
1-oleiniano-2-palmityniano-3-stearynian glicerolu	1-oleiniano-3-palmityniano-2-stearynian glicerolu	2-oleiniano-1-palmityniano-3-stearynian glicerolu

**Zad.15. Ile różnych cząsteczek tłuszczów może powstać, jeżeli w mieszaninie reakcyjnej znajduje się glicerol i kwasy tłuszczowe: A, B i C?**

**Rozwiązanie:**

- A - A - A;    B - B - B;    C - C - C;
- A - B - C;    A - C - B;    B - A - C
- A - A - B;    A - B - A;    ➤ B - B - C;    B - C - B;
- A - A - C;    A - C - A;    ➤ C - C - A;    C - A - C;
- A - B - B;    B - A - B;    ➤ C - C - B;    C - B - A;
- A - C - C;    C - A - C;

**Odp. 20 różnych cząsteczek tłuszczów.**

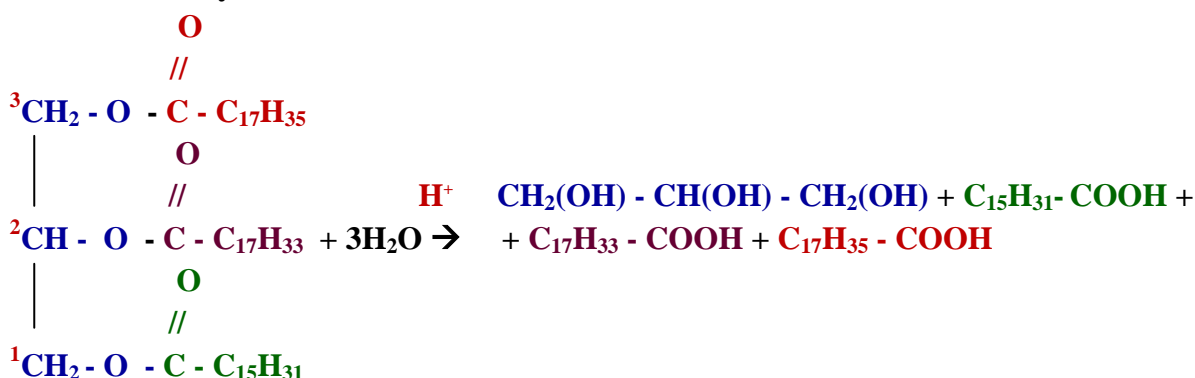
## 2. Właściwości fizyczne tłuszczów

❖ Tłuszcze naturalne są mieszaniną estrów glicerolu i kwasów karboksylowych (różnych tłuszczów)

	Tłuszcze zwierzęce	Tłuszcze roślinne
Stan skupienia	stały	ciekły
Wyjątki w stanie skupienia	ciekle - tran,	stały - masło kakaowe i palmowe
Ważniejsze tłuszcze	masło, smalec, słonina, tran	olej rzepakowy, słonecznikowy, sojowy, lniany, olej z oliwek, masło kakaowe, palmowe
Kwasy tłuszczowe	nasycone kwasy tłuszczowe - stearynowy i palmitynowy, w maśle krowim ok. 3% kwas butanowy (masłowy)	Nienasycone kwasy tłuszczowe - oleinowy, linolowy, linolenowy
Rozpuszczalność	nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych (np. w benzynie)	nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych (np. w benzynie)
Gęstość	mniejsza od gęstości wody	mniejsza od gęstości wody
Temp. topnienia	Stosunkowo niskie (np. masło 30-36°C)	Niskie

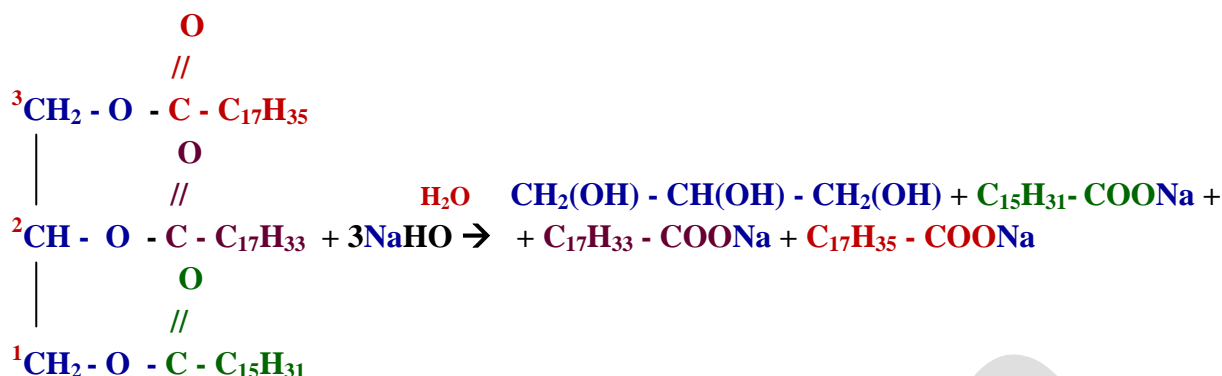
## 3. Właściwości chemiczne

❖ **Hydroliza w środowisku kwasowym** → produktami jest glicerol i kwas(y) karboksylowe:





- ❖ **Hydroliza w środowisku zasadowym** → produktami jest glicerol i mydła (zmydlanie tłuszczów)



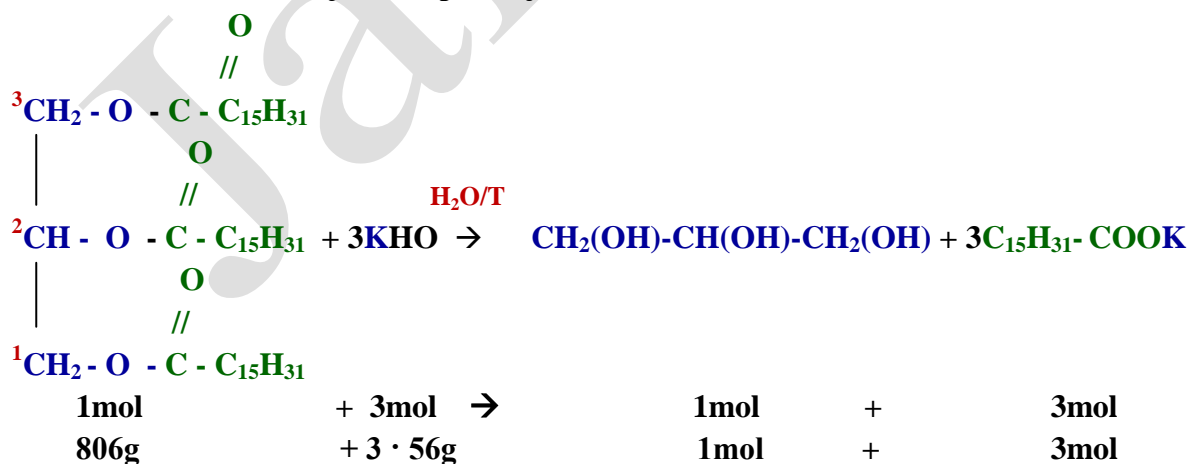
- ❖ Reakcja addycji wynikające z nienasyconego charakteru reszty węglowodorowej nienasyconych kwasów tłuszczowych (addycja wodoru w obecności katalizatora Ni lub Pt - reakcja wykorzystywana w produkcji masła roślinnego i margaryn z olejów roślinnych - proces utwardzania), addycja bromu (odbarwianie wody bromowej).

### Przykładowe zadania

**Zad.16. Liczba zmydlenia** - jest to liczba mg KOH niezbędna do całkowitego zobojętnia kwasów tłuszczowych po hydrolizie 1g określonego tłuszczu. Oblicz liczbę mydlenia dla tripalmitynianu glicerolu.

#### Rozwiązanie:

- ❖ Masy molowe:  $M_{\text{KOH}} = 56\text{g/mol}$ ,  $M_{\text{tłuszczu}} = 806\text{g/mol}$
- ❖ Równanie reakcji i interpretacja



- ❖ Obliczenie liczb mg KOH

$$\begin{array}{rcl}
 \checkmark & 806\text{g} & \text{-----} 168\text{g} \\
 & 1\text{g} & \text{-----} x
 \end{array}$$

$$x = 0,2084\text{g} = 208,4\text{mg KOH}$$

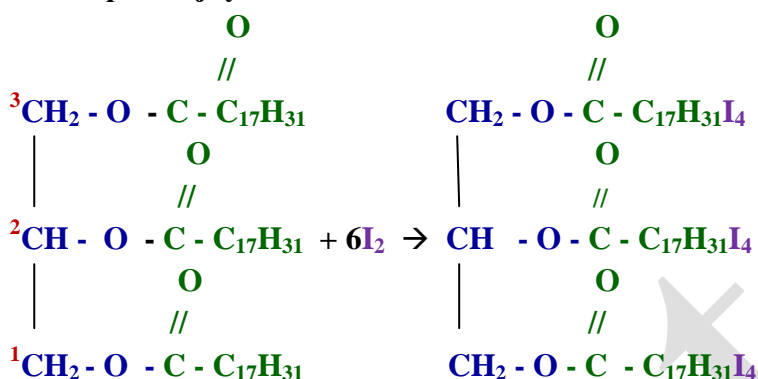
**Zad.17. Liczba jodowa - liczba gramów jodu przyłączonego przez 100g tłuszczu w procesie wysycania wiązań podwójnych w resztach kwasowych nienasyconych kwasów karboksylowych w tłuszczu. Oblicz liczbę jodową dla trilinolanu glicerolu.**

**Rozwiązanie:**

❖ Masy molowe:  $M_{I_2} = 254\text{g/mol}$ ;  $M_{\text{tłuszczu}} = 878\text{g/mol}$

❖ Równanie reakcji i interpretacja

W 1 molu tłuszczu znajdują się 3 mole reszt kwasu linolowego, w każdym molu reszty znajdują się 2 mole wiązań podwójnych, stąd łącznie 6 moli wiązań podwójnych:



$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ mol} & + 6 \text{ moli} \rightarrow & 1 \text{ mol} \\
 878\text{g} & + 6 \cdot 254\text{g} \rightarrow & 1 \text{ mol}
 \end{array}$$

❖ Obliczenie liczby gram jodu

$$\begin{array}{rcl}
 \checkmark & 878\text{g} & \text{-----} 1524\text{g jodu} \\
 & 100\text{g} & \text{-----} x \\
 & & \text{-----}
 \end{array}$$

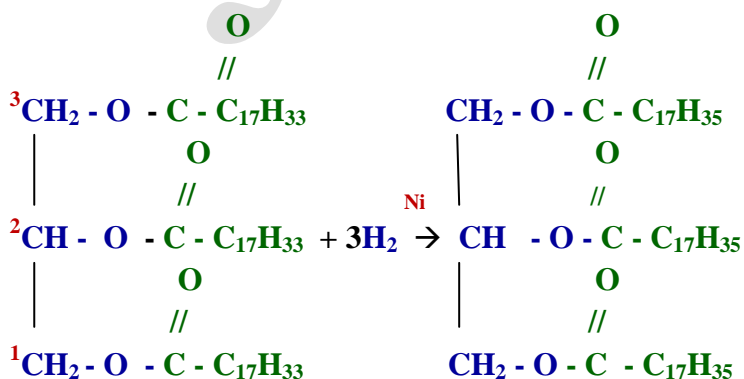
$$x = 173,58\text{g jodu}$$

**Zad. 18. Oblicz, jaką objętość w warunkach normalnych zajmie wodór niezbędny do całkowitego wysycenia (utwardzenia) 1kg trioleinianu glicerolu.**

**Rozwiązanie:**

❖ Masa molowa:  $M_{\text{tłuszczu}} = 884\text{g/mol}$

❖ Równanie reakcji i interpretacja ( 3 mole wiązań podwójnych)



$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ mol} & + 3 \text{ mole} \rightarrow & 1 \text{ mol} \\
 884\text{g} & + 3 \cdot 22,4\text{dm}^3 \rightarrow & 1 \text{ mol}
 \end{array}$$

❖ Obliczenie objętości wodoru

$$\begin{array}{rcl} \checkmark & 884\text{g} & \text{-----} 67,2\text{dm}^3 \text{ wodoru} \\ & 1000\text{g} & \text{-----} x \\ & \text{-----} & \end{array}$$

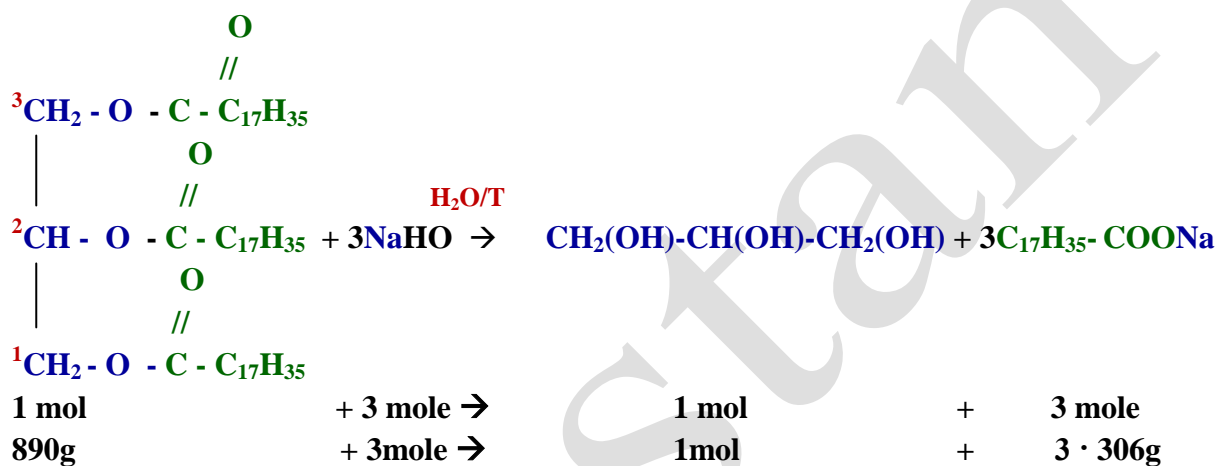
$$x = 76,02\text{dm}^3 \text{ wodoru}$$

**Zad. 19. Oblicz, ile gramów mydła sodowego powstanie w reakcji zmydlania 1kg tristéarynianu glicerolu.**

**Rozwiązanie:**

❖ Masy molowe:  $M_{\text{tłuszczu}} = 890\text{g/mol}$ ;  $M_{\text{mydła}} = 306\text{g/mol}$

❖ Równanie reakcji i interpretacja



❖ Obliczenie liczby gramów mydła

$$\begin{array}{rcl} \checkmark & 890\text{g} & \text{-----} 918\text{g mydła} \\ & 1000\text{g} & \text{-----} x \\ & \text{-----} & \end{array}$$

$$x = 1031,5\text{g mydła}$$