

*Poznámky z*

# CHÉMIE

pre 3. ročník  
gymnází  
a stredných škôl



**Autor:** Martin Slota

**Zdroj:** <http://www.zones.sk>

Používanie materiálov zo ZONES.SK je povolené bez obmedzení iba na osobné účely a akékoľvek verejné publikovanie je bez predchádzajúceho súhlasu zakázané.

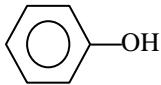
**OBSAH**

<b>OBSAH</b> .....	<b>2</b>
<b>KYSLÍKATÉ DERIVÁTY UHEOVODÍKOV</b> .....	<b>4</b>
HYDROXYDERIVÁTY (OPAKOVANIE) .....	4
<i>Alkoholy (opakovanie)</i> .....	4
<i>Aldehydy a ketóny (opakovanie)</i> .....	4
<i>Karboxylové kyseliny</i> .....	4
Fyzikálne vlastnosti .....	6
Chemické vlastnosti .....	6
Deriváty karboxylových kyselín .....	7
Funkčné deriváty karboxylových kyselín .....	7
Substitučné deriváty karboxylových kyselín.....	8
Chemické vlastnosti substitučných derivátov karboxylových kyselín .....	8
Optická izoméria .....	9
<b>MAKROMOLEKULOVÉ LÁTKY</b> .....	<b>10</b>
SYNETICKÉ POLYMÉRY .....	10
<i>Zloženie a štruktúra syntetických polymérov</i> .....	10
<i>Stereoizoméria makromolekulových látok</i> .....	11
<i>Faktory ovplyvňujúce vlastnosti makromolekulových látok</i> .....	11
<i>Syntetické polyméry vznikajúce polymerizáciou</i> .....	12
<i>Syntetické polyméry vznikajúce polykondenzáciou</i> .....	13
Polyestery .....	13
Polyamidy .....	13
Fenolformaldehydové živice (bakelity) .....	13
Močovino-formaldehydové živice .....	13
Epoxidové živice.....	13
<i>Syntetické polyméry pripravené polyadíciou</i> .....	14
<i>Prehľad polyreakcií</i> .....	14
<i>Modifikované polyméry</i> .....	14
<b>PRÍRODNÉ LÁTKY</b> .....	<b>15</b>
LIPIDY .....	15
<i>Jednoduché lipidy</i> .....	15
Tuky .....	15
Vosky .....	16
<i>Zložité lipidy</i> .....	16
TERPÉNY A STEROIDY.....	16
<i>Terpény</i> .....	16
<i>Steroidy</i> .....	17
HETEROCYKLICKÉ ZLÚČENINY .....	17
<i>Päťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s jedným heteroatómom</i> .....	18
<i>Päťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s dvoma heteroatómami</i> .....	18
<i>Šesťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s jedným heteroatómom</i> .....	18
<i>Šesťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s dvoma heteroatómami</i> .....	19
<i>Heterocyklické zlúčeniny s dvoma kondenzovanými heterocyklami</i> .....	19
<i>Alkaloidy</i> .....	19
SACHARIDY .....	20
<i>Monosacharidy</i> .....	20
Cyklické formy monosacharidov .....	21
Chemické vlastnosti monosacharidov .....	22
<i>Zložité sacharidy</i> .....	23
Disacharidy .....	23
Polysacharidy.....	25
Škrob .....	25
Glykogén.....	25
Celulóza .....	26

BIELKOVINY .....	26
<i>Aminokyseliny</i> .....	27
<i>Štruktúra bielkovín</i> .....	28
<i>Vlastnosti a klasifikácia bielkovín</i> .....	29
NUKLEOVÉ KYSELINY .....	30
<i>Mononukleotidy</i> .....	30
<i>Polynukleotidy</i> .....	30
<b>ZÁKLADY BIOCHÉMIE .....</b>	<b>32</b>
CHEMICKÉ ZNAKY ŽIVÝCH SÚSTAV .....	32
CHEMICKÉ ZLOŽENIE ŽIVÝCH SÚSTAV .....	32
<i>Biogénne prvky</i> .....	32
<i>Základné biogénne zlúčeniny</i> .....	32
FYZIKÁLNOCHEMICKÉ DEJE V ŽIVÝCH SÚSTAVÁCH.....	33
<i>Koloidný a heterogénny charakter živých sústav</i> .....	33
ENZÝMY .....	34
<i>Koenzýmy</i> .....	35
<i>Rýchlosť enzýmových reakcií</i> .....	35
<i>Názvoslovie a klasifikácia enzýmov</i> .....	35
VITAMÍNY.....	36
<i>Vitamíny rozpustné vo vode</i> .....	36
<i>Vitamíny rozpustné v tukoch</i> .....	36
OXIDOREDUKČNÉ DEJE V ŽIVÝCH SÚSTAVÁCH.....	37
ENERGETIKA BIOCHEMICKÝCH PROCESOV.....	37
KREBSOV CYKLUS .....	37
METABOLIZMUS A BIOSYNTÉZA LIPIDOV.....	38
METABOLIZMUS A BIOSYNTÉZA SACHARIDOV.....	40
METABOLIZMUS A BIOSYNTÉZA BIELKOVÍN .....	42
HORMÓNY .....	43

**KYSLÍKATÉ DERIVÁTY UHLĽOVODÍKOV*****HYDROXYDERIVÁTY (OPAKOVANIE)***

- delia sa na:

a) fenoly – obsahujú 

b) alkoholy – obsahujú v sebe skupinu hydroxyskupinu – OH

***Alkoholy (opakovanie)***

- podľa počtu hydroxyskupín ich delíme na:

a) jednosýtne

b) viacsýtne

- podľa postavenia uhlíka v reťazci:

a) primárne:  $R - CH_2 - OH$

b) sekundárne:  $\begin{array}{c} R_1 \\ \diagdown \\ CH - OH \\ \diagup \\ R_2 \end{array}$

c) terciárne:  $\begin{array}{c} R_1 \\ \diagdown \\ C - OH \\ \diagup \\ R_2 \\ \diagdown \\ R_3 \end{array}$

- reakcie:

- oxidácie:

- horenie  $\rightarrow CO_2 + H_2O$

- oxidačné činidlo ( $KMnO_4$ ,  $CrO_3$ ) – z primárnych alkoholov vznikajú aldehydy, zo sekundárnych ketóny a terciárne za normálnych okolností nereagujú

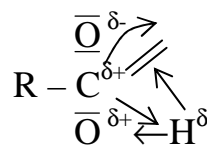
- $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH \xrightarrow{(\circ)} [CH_3 - CH_2 - CH \begin{array}{l} \swarrow OH \\ \searrow OH \end{array}] \xrightarrow{(\circ)} CH_3 - CH_2 - C \begin{array}{l} \swarrow O \\ \searrow H \end{array} \text{(propanal)} \xrightarrow{(\circ)} \\ \xrightarrow{(\circ)} CH_3 - CH_2 - C \begin{array}{l} \swarrow O \\ \searrow OH \end{array} \text{(kyselina propánová)}$

- $\begin{array}{c} OH \\ | \\ CH_3 - CH - CH_3 \\ || \quad || \quad | \\ OH \quad OH \quad O \end{array} \xrightarrow{(\circ)} \left[ CH_3 - C - CH_3 \right] \xrightarrow{(\circ)} CH_3 - CH - CH_3 \text{ (dimetylketón, acetón, propanón)}$

***Aldehydy a ketóny (opakovanie)***

- aldehydy: prípona -al,  $R - C \begin{array}{l} \swarrow O \\ \searrow H \end{array}$

- ketóny: prípona -ón,  $\begin{array}{c} R_1 \\ \diagdown \\ C = O \\ \diagup \\ R_2 \end{array}$

***Karboxylové kyseliny***

- karboxylová skupina:

- skladá sa vlastne z dvoch skupín – karbonylovej a hydroxylovej

- dva elektronegatívne kyslíky, ktoré sú viazané na karboxylový uhlík, spôsobujú vznik parciálneho kladného náboja na tomto uhlíku

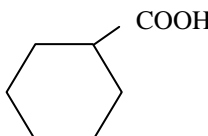
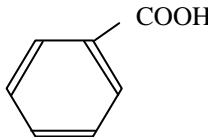
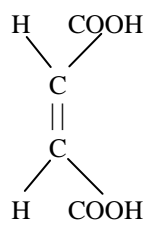
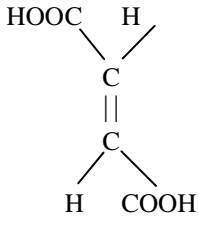
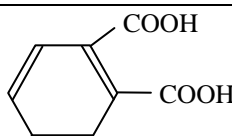
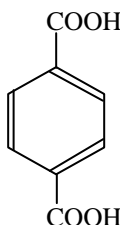
- kyslík, ktorý je viazaný na karboxylový uhlík jednou väzbou, má dva neväzbové páry, z ktorých jeden môže vstúpiť do konjugácie s  $\pi$  elektrónmi, čo spôsobuje zníženie kladného náboja na karboxylovom uhlíku (tento náboj je potom menší než na karbonylovom uhlíku)

- týmto sa zvýši polarita medzi vodíkom a kyslíkom v hydroxylovej skupine (je väčšia než u alkoholov), čoho výsledkom sú kyslé vlastnosti týchto látok

- názvy:

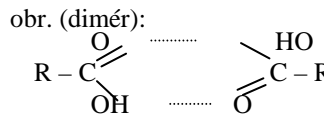
- triviálne (k. mravčia, k. citrónová, ...) – patrili k prvým objaveným látkam v prírode

- systémové (chemické)

Systémový názov	Vzorec	Triviálny názov
k. metánová	$\text{HCOOH}$	k. mravčia
k. etánová	$\text{CH}_3\text{COOH}$	k. octová
k. propánová	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	k. propiónová
k. butánová	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	k. maslová
k. hexadekánová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	k. palmitová
k. oktadekánová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	k. stearová
k. propénová	$\text{CH}_2 = \text{CHCOOH}$	k. akrylová
k. cyklohexánkarboxylová		-
k. benzénkarboxylová		k. benzoová
k. etándiová	$\text{HOOC}\text{COOH}$	k. šťaveľová
k. propándiová	$\text{HOOC}\text{CH}_2\text{COOH}$	k. malónová
k. butándiová	$\text{HOOC}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	k. jantárová
k. hexándiová	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	k. adipová
k. cisbuténdiová		k. maleínová
k. transbuténdiová		k. fumarová
k. 1,2-benzéndikarboxylová		k. ftalová
k. 1,4-benzéndikarboxylová		k. tereftalová

### Fyzikálne vlastnosti

- nižšie kyseliny (menej atómov C) sú kvapaliny, vyššie kyseliny (viac atómov C) sú kryštalické látky
- čím sú kyseliny vyššie, tým sa:
  - zvyšuje ich bod topenia a varu
  - znižuje ich rozpustnosť
- vytvárajú diméry  $\Rightarrow$  vysoké body varu



### Chemické vlastnosti

- disociácia:
  - $R-C(=O)OH + H_2O \rightarrow R-C(=O)O^- + H_3O^+$
  - $R-C(=O)O^-$

karboxylátový anión –  $\pi$  väzba je tu delokalizovaná a kyslíky sú rovnocenné
- sila karboxylových kyselín:
  - určuje ju disociačná konštanta  $K$  – čím je väčšia, tým je kyselina silnejšia  $\Rightarrow$  čím viac iónov sa disociuje, tým je kyselina silnejšia
  - čím väčšie  $pK$ , tým slabšia kyselina
  - $K = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH] \cdot [H_2O]}$
  - $K_{[H_2O]} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$
  - $K_{(A)} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$

Kyselina	K	pK (záporný desiatkový log K)
Kyselina mravčia	$2,0 \cdot 10^{-4}$	3,7
Kyselina octová	$2,0 \cdot 10^{-5}$	4,7
Kyselina chlóractová	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2,8
Kyselina dichlóractová	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1,3
Kyselina trichlóractová	$2,0 \cdot 10^{-1}$	0,7
Kyselina fluóractová	$2,7 \cdot 10^{-3}$	2,7
Kyselina brómactová	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,9
Kyselina jódoctová	$8,0 \cdot 10^{-4}$	3,1
Kyselina maslová	$1,2 \cdot 10^{-5}$	4,9
Kyselina $\alpha$ -chlórmaslová	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2,8
Kyselina $\beta$ -chlórmaslová	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
Kyselina $\gamma$ -chlórmaslová	$3,2 \cdot 10^{-5}$	4,4

- reakcie:
  - neutralizácia:
    - $CH_3COOH + NaOH \xrightleftharpoons[\text{hydrolyza}]{\text{neutralizácia}} CH_3COONa \text{ (octan sodný)} + H_2O$
    - octan sodný sa hydrolyzuje na slabú kyselinu a silnú zásadu  $\Rightarrow$   $pH > 7$
  - dekarboxylácia:
    - $HOOCCH_2COOH \xrightarrow{^\circ C} CO_2 + CH_3COOH$
    - strata uhlíka
  - esterifikácia:
    - reakcia karboxylovej kyseliny s alkoholom, pri ktorej vzniká ester a voda

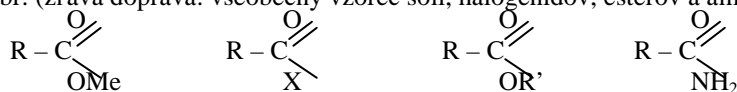
- všeobecne: 
$$R - \overset{\overset{\text{O}^-}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{\parallel}}{\text{C}}} + R' - \text{O} - \text{H} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} R - \overset{\overset{\text{O}^-}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{\parallel}}{\text{C}}} + \text{H}_2\text{O}$$
- konkrétne: 
$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 \text{ (etylexer kyseliny octovej)} + \text{H}_2\text{O}$$
- postup: 
$$R - \overset{\overset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\text{C}}} + R' - \overset{\overset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\text{C}}} - \text{H}^{\delta+} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \left[ R - \overset{\overset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\text{C}}} - \overset{\overset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}}{\text{C}}} - \text{H}^{\delta+} \right] \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} R - \overset{\overset{\text{O}^-}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{\parallel}}{\text{C}}} + R' - \overset{\overset{\text{O}^-}{\parallel}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{\parallel}}{\text{C}}}$$
- kyselina mravčia:
  - bezfarebná, leptavá, zápachajúca kvapalina
  - nachádza sa v žihľave a v telách mravcov
  - v potravinárstve sa používa na konzervovanie (ničí baktérie)
  - má redukčné vlastnosti
  - príprava: 
$$\text{CO} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{HCOONa} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{HCOOH} + \text{NaCl}$$
- kyselina octová:
  - bezfarebná, leptavá kvapalina so štipľavým zápachom
  - jej 8 %-ný vodný roztok je ocot
  - príprava: oxidácia acetaldehydu alebo kvasnou cestou z etanolu
  - octan etylový – rozpúšťadlo v priemysle
  - octan hlinitý – použitie v lekárstve
  - octan železitý, octan chromitý – farbenie tkanív
- kyselina maslová – olejovitá kvapalina silného zápachu, v pote, v podobe esteru s glycerolom sa nachádza v masle
- kyselina palmitová, kyselina stearová:
  - vyššie mastné kyseliny
  - v podobe esterov s glycerolom sa nachádzajú v tukoch a olejoch
  - zmydelňovaním týchto esterov sa vyrábajú mydlá
- kyselina šťaveľová:
  - kryštalická jedovatá látka
  - v rastlinách v podobe solí, kyslastá chuť
  - šťaveľan vápenatý – základ obličkových kameňov
- kyselina maleínová – výroba nenasýtených polyesterových živíc
- kyselina benzoová – kryštalická bezfarebná látka, používa sa v potravinárstve na konzervovanie
- kyselina ftalová – kryštalická látka, používa sa na výrobu syntetickej živice
- kyselina tereftalová – kryštalická látka, surovina na výrobu polyesterových vlákien

## Deriváty karboxylových kyselín

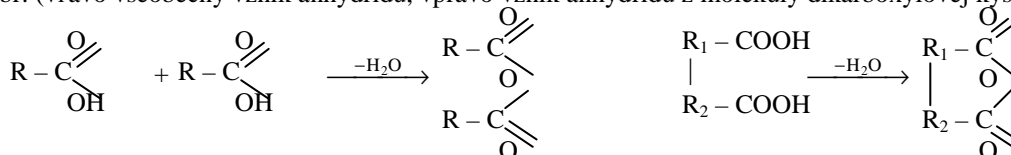
### Funkčné deriváty karboxylových kyselín

- nazývajú sa funkčné, lebo k zmene dochádza vo funkčnej skupine COOH
- solí – vodík v karboxylovej skupine sa nahradí kovom alebo amónnym kationom  $\text{NH}_4^+$
- halogenidy – hydroxylová skupina OH v karboxylovej skupine sa nahradí halogénom
- estery – vodík v karboxylovej skupine sa nahradí uhlíkovým reťazcom
- amidy – hydroxylová skupina OH v karboxylovej skupine sa nahradí aminoskupinou  $\text{NH}_2$
- anhydridy:
  - hydroxylová skupina OH v karboxylovej skupine sa nahradí skupinou OCOR
  - vzniká z dvoch molekúl tej istej kyseliny
  - môže vzniknúť aj z jednej molekuly kyseliny, ale v tom prípade musí byť kyselina dikarboxylová

obr. (zľava doprava: všeobecný vzorec solí, halogenidov, esterov a amidov):



obr. (vľavo všeobecný vznik anhydridu, vpravo vznik anhydridu z molekuly dikarboxylovej kyseliny):



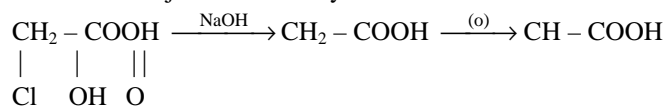




- pri určitom pH (izoelektrický bod) aminokyselina neputuje ani ku katóde ani k anóde, je v stave vnútornej soli

## 2. zachovanie pôvodných vlastností charakteristických skupín:

- pôsobením silnej kyseliny zásady sa môže halogén nahradiť hydroxylovou skupinou a hydroxylovú skupinu môžeme ďalej oxidovať na kyslík:



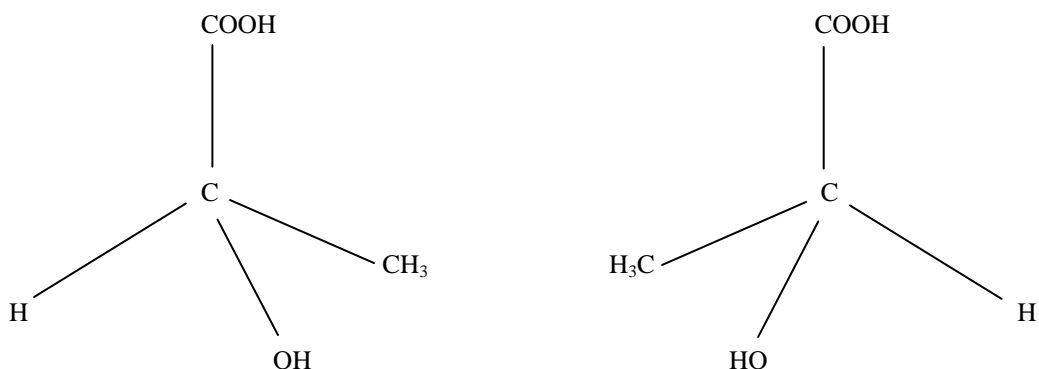
- halogénkyseliny sa nachádzajú v metabolických dráhach

### Optická izoméria

#### • izomérie:

- konštitučná izoméria ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  (etanol)  $\leftrightarrow$   $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  (dimetyléter)) – rovnaký molekulový vzorec ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ), ale rozličná konštitúcia
- priestorová izoméria (stereoizoméria):
  - cis, trans – izoméry sa líšia iba priestorovým usporiadaním (molekulový vzorec a konštitúciu majú rovnakú) – napr. cis- a trans-2-butén
- optická izoméria:
  - chirálny (asymetrický) uhlík je taký, ktorý má všetky štyri substituenty rôzne, označujeme ho  $\text{C}^*$
  - optické izoméry = optické antipódy = enantioméry sa líšia iba v správaní sa voči rovine polarizovaného svetla – jeden ju stáča doprava (+) a druhý doľava (–)
  - jeden enantiomér je zrkadlovým obrazom druhého
  - keď zmiešame 2 rovnaké diely optických antipód, dostaneme racemickú zmes (racemát), ktorá nie je opticky aktívna
  - napr. kyselina mliečna (pozri obr.)

obr. (enantioméry kyseliny mliečnej):



## MAKROMOLEKULOVÉ LÁTKY

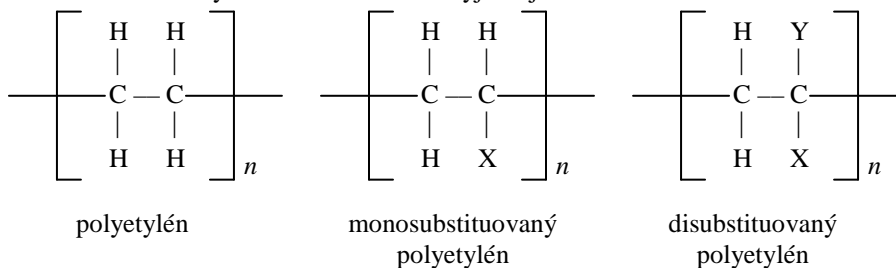
- skladajú sa z reťazcov molekúl
- štúdiom pôvodu, stavby a vlastností makromolekulových látok sa zaoberá makromolekulová chémia
- pravidelne sa opakujúca stavebná látka makromolekulovej látky sa nazýva monomér
- počet monomérov v makromolekule udáva polymerizačný stupeň  $n$ :
  - $n \leq 10 \Rightarrow$  oligoméry
  - $n > 10 \Rightarrow$  polyméry
- rozdelenie:
  - a) prírodné:
    - 1) pôvodné
    - 2) modifikované (chemicky upravené)
  - b) syntetické:
    - 1) podľa tvaru molekuly:
      1. lineárne
      2. rozvetvené
      3. sieťované
      4. priestorovo sieťované
    - 2) podľa typu reakcie, v ktorej vznikajú:
      1. polymerizáciou
      2. polykondenzáciou
      3. polyadíciou
    - 3) podľa správania sa voči zvýšenej teplote:
      1. termosety (strácajú plasticosť)
      2. termoplasty (ne strácajú vlastnosti, sú plastické)

## *SYNTETICKÉ POLYMÉRY*

### *Zloženie a štruktúra syntetických polymérov*

- hlavný reťazec syntetických polymérov tvoria hlavne atómy C, ale aj atómy O, S a N
- silikón – skladá sa iba z väzieb Si – O
- pravidelne sa opakujúca stavebná látka makromolekulovej látky sa nazýva monomér
- štruktúrna jednotka – najjednoduchšie usporiadanie stavebných jednotiek v štruktúre molekuly:
  - $n \text{ CH}_2 = \text{CH}_2 \rightarrow \{ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \}_n$  – štruktúrna a stavebná jednotka sú rovnaké
  - $n \text{ H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2 + n \text{ HOOC}-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH} \rightarrow \text{H}-\underbrace{\{ \text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{OC}-(\text{CH}_2)_6-\text{CO} \}_n}_{\text{stavebná jednotka}}-\text{OH} + (2n-1) \text{ H}_2\text{O}$   

}
stavebná jednotka
- lineárne:
  - atómy v hlavnom reťazci sú usporiadané za sebou v jednom smere štruktúrna jednotka
  - najjednoduchší – polyetylén, od neho možno odvodiť ďalšie polyméry nahradením atómu (atómov) vodíka jedným alebo viacerými rovnakými, ale i rozdielnymi substituentmi
  - polyalkény sú polyméry nenasýtených uhlíkovodíkov – alkénov
  - vinylové polyméry sú polyméry derivátov etylénu, ktorého skupina  $\text{CH}_2 = \text{CH} -$  sa nazýva vinyl
  - štruktúra lineárnych makromolekúl sa vyjadruje všeobecnou schémou:



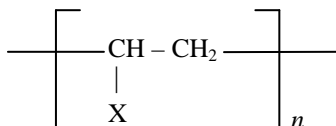
Polyalkény	polyetylén	polypropylén	polyizobutylén
substituent —X	—H	—CH <sub>3</sub>	—CH <sub>3</sub>
substituent —Y	—H	—H	—CH <sub>3</sub>

Vinylové polyméry	polyvinylchlorid	polystyrén	polyvinylacetát	polymetylmetakrylát
substituent —X	—Cl	—C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	—OCOCH <sub>3</sub>	—COOCH <sub>3</sub>
substituent —Y	—H	—H	—H	—CH <sub>3</sub>

- rozvetvené – niektoré časti lineárnych reťazcov sú pospájané priečnymi väzbami
- sieťované – všetky reťazce sú priečne pospájané
- priestorovo sieťované – stavebné jednotky vytvárajú priestorovú sieť

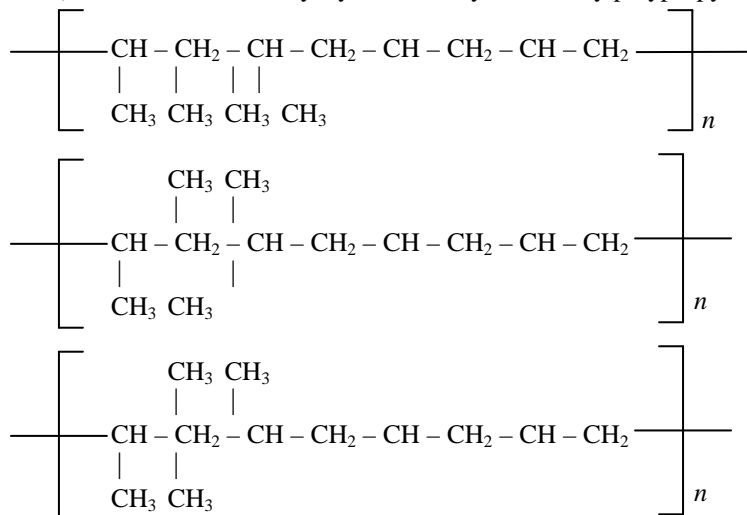
### *Stereoizoméria makromolekulových látok*

- z hľadiska štruktúry polymérov sú významné stereoizoméry, ktoré možno odvodiť od polyméru typu:



- tieto izoméry možno podľa usporiadania substituentov v lineárnom reťazci rozdeliť na:
  - a) izotaktické – substituenty sa nachádzajú na jednej strane od roviny reťazca
  - b) syndiotaktické – substituenty sa pravidelne striedajú po obidvoch stranách reťazca
  - c) ataktické – substituenty majú nepravidelné usporiadanie vzhľadom na rovinu reťazca

obr. (zhora nadol izotaktický, syndiotaktický a ataktický polypropylén):



### *Faktory ovplyvňujúce vlastnosti makromolekulových látok*

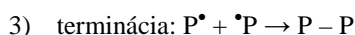
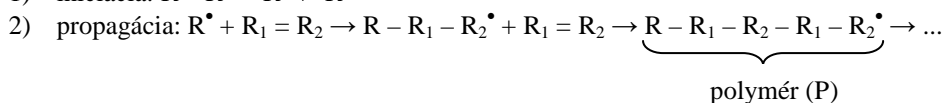
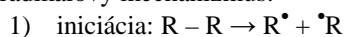
1. Veľkosť makromolekúl:
  - závisí od  $n$  (makromolekulové látky sú zmesou makromolekúl s rôznymi  $n$ )
  - nízky  $n \Rightarrow$  kvapalné, rozpustné v organických rozpúšťadlách
  - vysoký  $n \Rightarrow$  pevné, nerozpustné v organických rozpúšťadlách
2. Tvar makromolekuly:
  - lineárne  $\Rightarrow$  rozpustné, termoplastické
  - priestorovo sieťované  $\Rightarrow$  nerozpustné, termosety
  - lineárne polyméry sa skladajú z dvoch oblastí:
    - 1) pravidelná (kryštalická) oblasť (lineárne reťazce sú rovnobežne usporiadané) – dodáva látke pevnosť
    - 2) amorfná oblasť (lineárne reťazce sú zamotané) – dodáva látke vláčnosť a pružnosť
  - na výrobu vlákien sa dajú využiť len izotaktické stereoizoméry
3. Energia chemickej väzby:
  - vysoká  $\Rightarrow$  stabilnejšia väzba  $\Rightarrow$  stabilnejšia molekula
  - nízka  $\Rightarrow$  menej stabilná väzba  $\Rightarrow$  menej stabilná molekula
  - napr. väzba C – C má energiu 368 kJ a väzba Si – O má energiu 444 kJ  $\Rightarrow$  silikón bude stabilnejší než polyetylén
4. Typ väzby:
  - kovalentná:

- 1) polárna → klesá stabilita a elektroizolačné vlastnosti
  - 2) nepolárna → zvyšuje sa stabilita makromolekuly
  - medzimolekulové väzby – vodíkové mostíky (v polyamidoch) – zvyšujú pevnosť, vláknovitnosť, teplotu topenia a odolnosť voči rozpúšťadlám
5. Veľkosť substituovaných atómov – keď nahradíme v polyetyléne atómy vodíka objemnejšími atómami fluóru, ktoré vyplňajú priestor pri uhlíkoch oveľa lepšie, vzniká odolnejší, menej ohybný a nerozpustný polytetrafluóretylén (teflón)

### Syntetické polyméry vznikajúce polymerizáciou

- polymerizácia je polyreakcia, pri ktorej reagujú monoméry za vzniku polymérov, pričom nevznikajú žiadne vedľajšie produkty
- 1. kopolymerizácia – monoméry sú odlišné
- 2. homopolymerizácia – monoméry sú rovnaké (reaguje len jedna látka)
- polymerizácia je exotermická reakcia (uvoľňuje sa pri nej energia)
- mechanizmy:

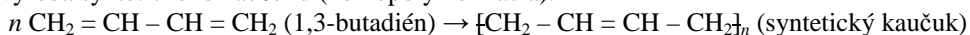
a) radikálový mechanizmus:



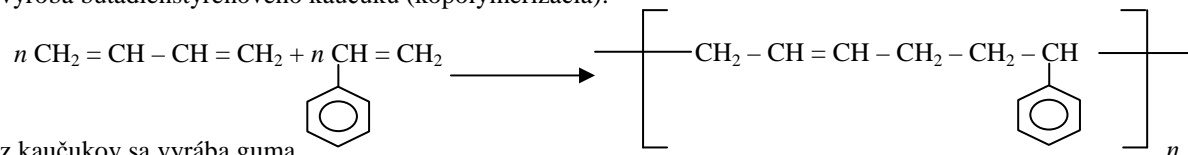
b) iónový mechanizmus – podobný ako radikálový, len sa namiesto radikálov používajú ióny

- lineárne termoplasty: polyetylén (PE), polypropylén (PP)
- polyvinylchlorid (PVC), polystyrén (PS), polymetylmakrylát (PMMA), polytetrafluóretylén (teflón; PTFE)
- kaučuk:

• výroba syntetického kaučuku (homopolymerizácia):

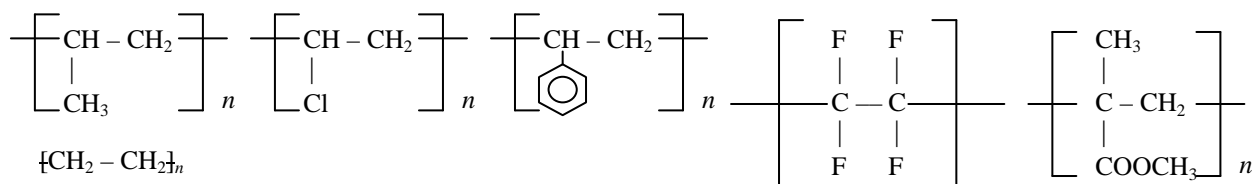


• výroba butadiénstyrénového kaučuku (kopolymerizácia):



- z kaučukov sa vyrába guma
- pridávajú sa do nich rôzne látky: sadze, antioxidanty, farbivá
- zosieťovanie reťazcov kaučuku pomocou síry sa nazýva vulkanizácia
- polyetylén:
  - je mrazuvzdorný, tepluvzdorný, odolný proti chemikáliám
  - vyrábajú sa z neho fólie, potrubia a fľaše na chemikálie
- polypropylén – výroba fólií, textilné vlákna a zdravotnícke potreby, ktoré sa dajú sterilizovať
- polyvinylchlorid:
  - výroba lepidiel a lakov
  - mäkkčený (novoplast) – pršiplášte, obrusy, hadice, podlahoviny
  - nemäkkčený (novodur) – nábytkárstvo
- polystyrén:
  - výroba úžitkových predmetov (misky, pohárik, ...)
  - penová forma – výborné izolačné vlastnosti
- polytetrafluóretylén (teflón) – povrchová úprava kuchynského riadu a lyží
- polymetylmakrylát (plexisklo) – výroba kontaktných šošoviek a zubných protéz, využitie v klbovej chirurgii

obr. (zľava doprava polypropylén, polyvinylchlorid, polystyrén, polytetrafluóretylén, polymetylmakrylát a dole polyetylén):

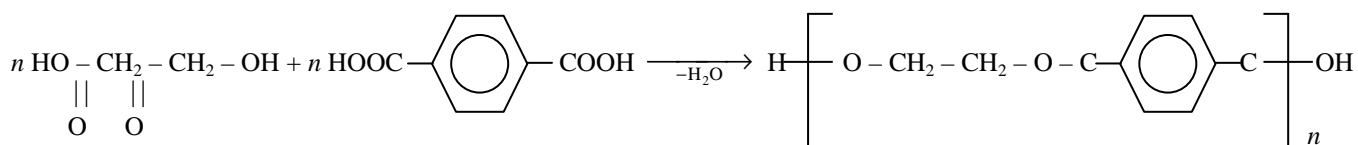


## Syntetické polyméry vznikajúce polykondenzáciou

- polykondenzácia je polyreakcia, pri ktorej reagujú 2 odlišné monoméry, ktoré majú najmenej 2 reaktívne skupiny
- pri polykondenzácii vzniká hlavný produkt (polykondenzát) a vedľajší produkt (najčastejšie nízkomolekulová látka – napr. H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, HCl)
- polykondenzácia má stupňovitý priebeh, je to endotermická a vratná (⇒ je dôležité odoberanie produktov) reakcia

### Polyestery

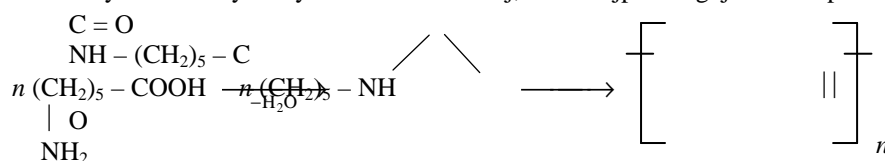
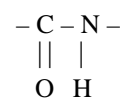
- používajú sa na výrobu textilných vlákien, náterových látok a živíc
- tesilové vlákno – vzniká úpravou textilných vlákien s vlnenými vláknami a je veľmi pevné, pružné a trvanlivé
- polyesterové živice – spolu so sklenenými vláknami vytvárajú polyesterové sklenené lamináty
- polyetylénglykotereftalát (polyester) – vyrába sa z 1,2-etándiolu (etylénglykolu) a kyseliny 1,4-benzéndikarboxylovej (kyseliny tereftalovej):



### Polyamidy

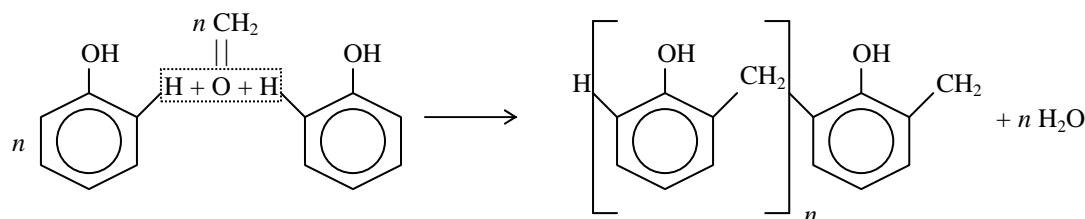
- obsahujú peptidovú väzbu v molekule
- sú tvrdé, pevné, málo opotrebovateľné ⇒ vyrábajú sa z nich ložiská a ozubené kolesá
- zvlákňovaním polyamidov sa pripravujú lesklé textilné vlákna
- výhody oblečenia vyrobené zo syntetických vlákien – nekrčivé, pružné, ľahko schnú
- nevýhody oblečenia vyrobené zo syntetických vlákien – horľavé, sú nevzdušné (⇒ kožné choroby), statická elektrina
- silon – vyrába sa z kyseliny 6-aminohexánovej, ktorá najprv reaguje na 6-kaprolaktám a potom na silon:

obr. (peptidová väzba):



### Fenolformaldehydové živice (bakelity)

- novolak (prvá pripravená makromolekula) – vzniká polykondenzáciou fenolu a metanálu:



- keď sa na polyreakcii zúčastňujú monoméry s tromi alebo viacerými funkčnými skupinami, nastáva rozvetvenie reťazca a vzniká trojrozmerný polymér – napr. rezoly vznikajúce v zásaditom prostredí
- zohrievaním rezolov vznikajú rezity, ktoré majú priestorovo sieťovanú štruktúru a sú to termosety
- pridaním plnidiel (piliny, BaSO<sub>4</sub>, ...) sa z rezolov pripravujú látky vhodné na lisovanie, z ktorých sa vyrábajú rozmanité výlisky, ktoré sa používajú v elektrotechnike, v chemickom, stavebnom a spotrebnom priemysle

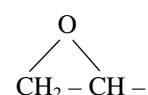
### Močovino-formaldehydové živice

- vznikajú polykondenzáciou močoviny (diamidu kyseliny uhličitej) alebo jej derivátov s metanálom
- sú bezfarebné ⇒ farbšia sa a používajú ako dekoračné, izolačné a náterové látky a lepidlá

### Epoxidové živice

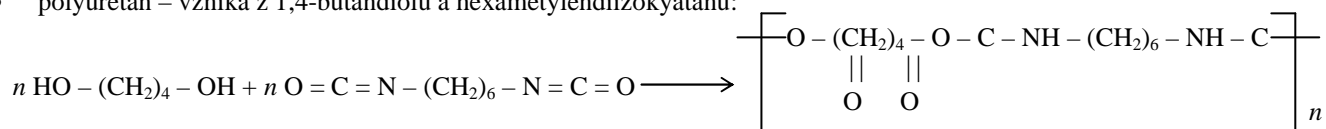
- prpravujú sa polykondenzáciou viacštrých fenolov a zlúčenín, ktoré obsahujú v molekule etylénoxidovú (epoxidovú) skupinu

obr. (epoxidová skupina):



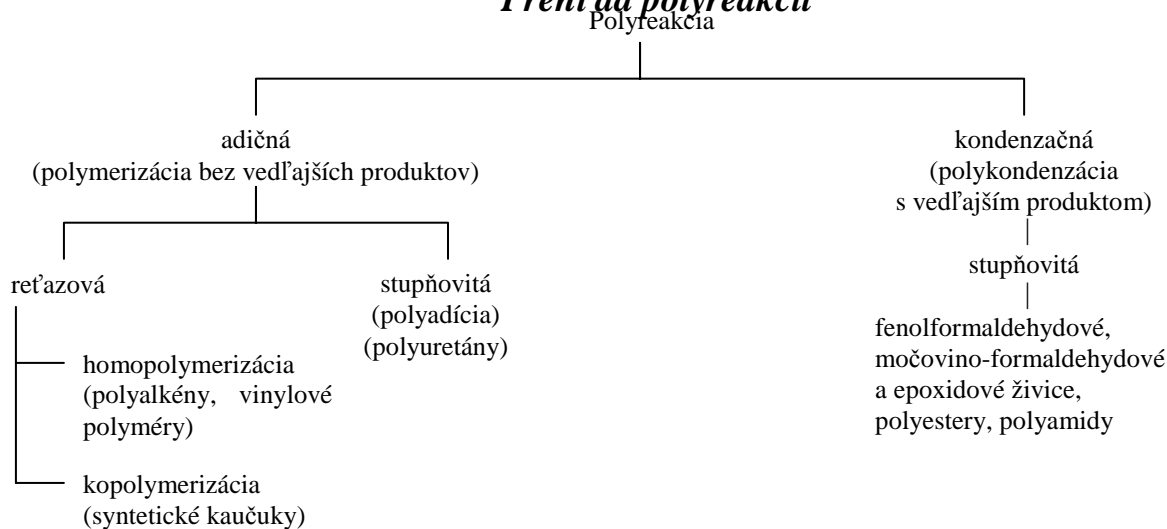
### Syntetické polyméry pripravené polyadíciou

- polyadícia je polyreakcia stupňovitého charakteru, pri ktorej väčšinou nevzniká vedľajší produkt
- pre polyadíciu je typické premiestňovanie atómu vodíka
- polyuretán – vzniká z 1,4-butándiolu a hexametyléndiizokyanátu:



- polyuretány sa využívajú na výrobu syntetických vlákien a koží, elastických penových látok (molitan) a lepidiel, majú uplatnenie v nábytkárstve, stavebníctve, pri výrobe obuvi a ako textilné vlákna

### Prehľad polyreakcií



### Modifikované polyméry

- šatstvo vyrobené iba zo syntetických vlákien spôsobuje veľa kožných chorôb (je málo vzdušné)
- v dreve sa nachádza polysacharid celulóza (buničina), ktorý sa dá využiť na výrobu viskózy a viskózových vlákien, ktoré sú už prírodného pôvodu a vhodnejšie na výrobu šatstva:
  - celulózu treba rozvlákniť a znova zvlákniť
  - celulóza je priamo nerozpustná, ale rozpustný je jej ester
  - drevo  $\rightarrow$  celulóza  $\xrightarrow{\text{NaOH (W=17-20\%), CS}_2 \text{ (sírouhľik)}}$  xantogenán celulózy  $\xrightarrow{\text{NaOH (W=4\%)}}$  viskóza  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$  viskózové vlákno
  - z viskózy sa vyrába aj celofán
- esterifikáciou celulózy vzniká acetát celulózy, ktorý sa používa na výrobu acetátového hodvábu trikotovej bielizne, nehorľavých filmov a rozličných predmetov

## PRÍRODNÉ LÁTKY

- sú to lipidy, sacharidy, bielkoviny a nukleové kyseliny
- majú živočíšny alebo rastlinný (prírodný) pôvod

### *LIPIDY*

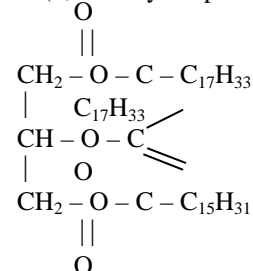
- delíme ich na:
    - a) tuky – sú to estery vyšších mastných kyselín a glycerolu
    - b) vosky – estery vyšších mastných kyselín a vyšších alkoholov
  - význam:
    - a) zdroj energie
    - b) zásobné látky
    - c) hydrofóbne vlastnosti, ale rozpúšťajú látky vo vode nerozpustné (vitamíny, hormóny, alkaloidy = drogy)
    - d) majú ochranný charakter (tvoria ochranný obal tela)
    - e) sú súčasťou bunkových membrán
  - vyššie mastné kyseliny:
    - kyselina palmitová  $C_{15}H_{31}COOH$
    - kyselina stearová  $C_{17}H_{35}COOH$
    - kyselina olejová  $C_{17}H_{33}COOH$
    - kyselina linolová  $C_{17}H_{31}COOH$
    - kyselina linolenová  $C_{17}H_{29}COOH$
- } nenasýtené kyseliny

### *Jednoduché lipidy*

#### Tuky

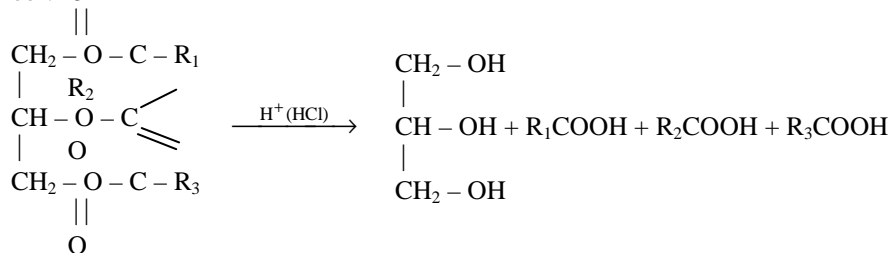
- pokiaľ sú na glycerol naviazané iba rovnaké kyselinové zvyšky, je tuk jednoduchý (tieto tuky sú aj kvalitnejšie), pokiaľ sú kyselinové zvyšky rôzne, tuk je zložený
- ak v tuku prevládajú nenasýtené kyselinové zvyšky, je tuk kvapalný, pokiaľ v ňom prevládajú nasýtené kyselinové zvyšky, je tuk pevný
- pokiaľ sa v tuku nachádza viac ako jedna násobná väzba, je tuk esenciálny, tzn. živé organizmy ich musia prijímať v potrave, lebo sú dôležité pre ich život a nedokážu si ich sami syntetizovať
- hodnota tukov sa určuje podľa obsahu týchto esenciálnych tukov
- teplota topenia tukov sa znižuje so zvyšujúcim sa počtom nenasýtených väzieb v tuku a so skracujúcim sa reťazcom tuku
- živočíšne tuky sú prevažne nasýtené a rastlinné tuky sú prevažne nenasýtené
- vznik:
 
$$\begin{array}{ccc}
 \text{CH}_2 - \text{OH} & & \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R} \\
 | & & | \quad || \\
 \text{CH} - \text{OH} + 2 \text{R} - \text{COOH} & \rightarrow & \text{CH} - \text{OH} \quad \text{O} \quad (1,3\text{-diacylglycerol}) \\
 | & & | \\
 \text{CH}_2 - \text{OH} & & \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R} \\
 & & ||
 \end{array}$$
- vlastností tukov:
  - keď sú tuky čisté, sú bezfarebné a bez zápachu
  - tuky podliehajú oxidácii (žltnú, smrdia), ktorá prebieha na nenasýtených väzbách; z tukov vznikajú aldehydy a ketóny
- stužovanie tukov:
  - je to vlastne katalytická hydrogenácia olejov (adícia)
  - prebieha za prítomnosti platiny a násobné väzby sa v nej premieňajú na jednoduché ( $\rightarrow$  tuky sú tuhé)
  - stužené tuky – napr. Rama, Veto, ... – sú lepšie než napr. bravčová masť, lebo obsahujú viac esenciálnych tukov a sú stálejšie
- z menej kvalitných tukov a olejov sa vyrábajú fermézie – náterové látky
- názvoslovie – zvyšky po kyselinách ( $\text{R} - \text{CO} -$ ) nazývame:
  - kyselina palmitová  $\rightarrow$  palmitoyl
  - kyselina stearová  $\rightarrow$  stearyl
  - kyselina olejová  $\rightarrow$  oleoyl
  - kyselina linolová  $\rightarrow$  linoyl
  - kyselina linolenová  $\rightarrow$  linolenoyl

obr. (1,2-dioleoyl-3-palmitoylglycerol):

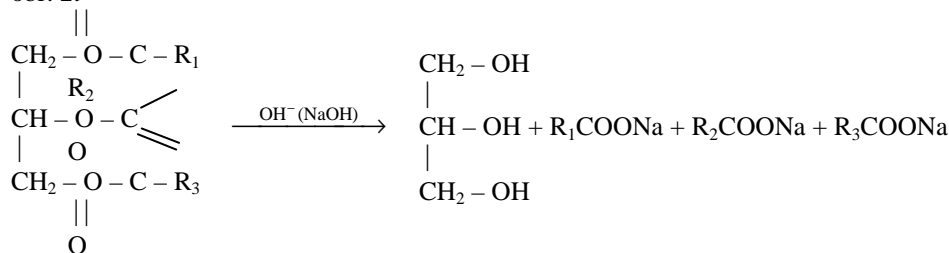


- hydrolyza:
  - môže sa uskutočniť pomocou:
    - silných minerálnych kyselín → vzniká glycerol a masťná kyselina (obr. 1)
    - alkalických hydroxidov → vzniká glycerol a mydlo (sodná alebo draselná soľ masťnej kyseliny) (obr. 2)

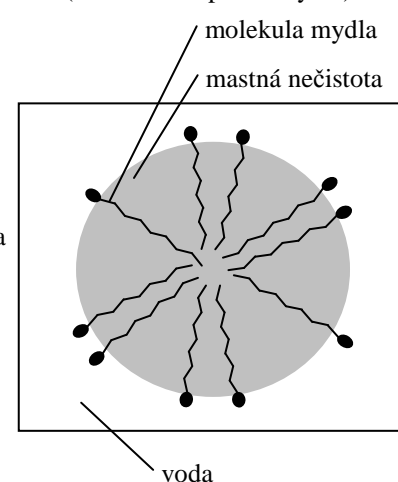
obr. 10



obr. 20



obr. (čistiaca schopnosť mydla)



- mydlá:
  - sodné a draselné soli masťných kyselín, ktoré sa vyrábajú z tukov
  - najkvalitnejšie – z jednoduchých tukov
  - čistiace účinky:
    - súvisia s emulgačnými schopnosťami, ktoré vyplývajú zo vzájomného vzťahu nepolárnych látok k nepolárnym (hydrofóbnym) a polárnym (hydrofilným)
    - nepolárny uhlíkovitý reťazec karboxylovej kyseliny sa na základe uvedeného vzťahu orientuje dovnútra nepolárnej masťnej nečistoty, kým polárna karboxylová skupina smeruje do vodnej fázy (obr.) – tým sa umožní rozptýlenie nečistoty do polárneho vodného prostredia (emulgácia)

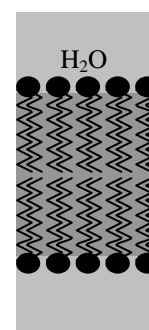
## Vosky

- vyššie alkoholy:
  - cetylalkohol  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{OH}$
  - stearylalkohol  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{OH}$
  - myricylalkohol  $\text{C}_{22}\text{H}_{45}\text{OH}$
- živočíšny (včely, vorvane) aj rastlinný (tvoria ochranné povlaky na listoch) pôvod
- využitie – zdravotníctvo, kozmetika (výroba masťí a krémov) a na výrobu sviečok

## Zložité lipidy

- obsahujú okrem karboxylovej kyseliny a alkoholu aj ďalšiu zložku (napr. fosfolipidy obsahujú estericky viazanú kyselinu fosforečnú, glykolipidy majú sacharidovú zložku – glukózu alebo galaktózu)
- vyskytujú sa vo všetkých rastlinných a živočíšnych bunkách, najmä v biologicky najaktívnejších tkanivách a orgánoch (mozog, miecha, srdce)
- sú dôležitou zložkou bunkových membrán – zabezpečujú heterogénnosť prostredia v bunke
- majú polárnu (hydrofilnú) aj nepolárnu (hydrofóbnu – lipoidnú) časť, čo je dôležité pri vysvetlení stavby bunkových membrán (obr.)

obr. (bunková membrána):

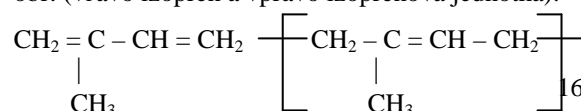


## TERPÉNY A STEROIDY

### Terpény

- sú to prírodné zlúčeniny prevažne rastlinného pôvodu

obr. (vľavo izoprén a vpravo izoprénová jednotka):



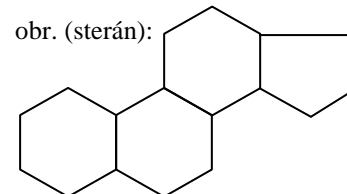


- majú vo svojich molekulách dve alebo viac izoprénových jednotiek (izoprén je 2-metyl-1,3-butadién a izoprénová jednotka je polymér od neho odvodený)
- tvoria podstatu rastlinných silíc a živíc
- silice – voňavé prchavé látky, ktoré sa nachádzajú v kvetoch, listoch a plodoch
- živice:
  - tuhé, lepkavé, vo vode nerozpustné látky
  - so zvýšením teploty mäknú
  - sú oxidačnými produktmi silíc
- balzam – zmes živice a silice (napr. ihličnaté stromy)
- terpénové oleje – vznikajú destiláciou živíc a silíc
- podľa počtu izoprénových jednotiek v molekule sa terpény rozdeľujú do skupín (tab.)
- monoterpény:
  - limonén – v cyprusových plodoch
  - mentol – mäta pieporná
  - gáfor, pinény – použitie v kozmetike a lekárstve
- diterpény:
  - fytol ( $C_{20}H_{39}OH$ ) – nachádza sa v chlorofyle
  - betakarotén – provitámín vitamínu A (dôležitý pre správnu funkciu zrakového ústroja)
- polyterpény – napr. prírodný kaučuk

Názov skupiny terpénov	Počet izoprénových jednotiek v molekule
monoterpény	2
seskviterpény	3
diterpény	4
triterpény	6
tetraterpény	8
polyterpény	$n$

## *Steroidy*

- prírodné látky, zvyčajne fyziologicky veľmi účinné
- patria k nim niektoré vitamíny, žľčové kyseliny, steroidné hormóny, alkaloidy atď.
- obsahujú sterán (cyklopentánoperhydrofenantrén)
- steroly:
  - sú to steroidy s hydroxylovou skupinou
  - rastlinné – fytosteroly, živočíšne – zoosteroly
  - najznámejší zo zoosterolov – cholesterol:
    - prítomný vo všetkých tkanivách buď voľný, alebo estericky viazaný s vyššou karboxylovou kyselinou
    - voľný cholesterol sa zúčastňuje na stavbe bunkových stien a spôsobuje ich polopriepustnosť a má vplyv na vstrebávanie tukov
    - esterifikovaný aj voľný cholesterol sa nachádza v živočíšnych tukoch; nadmerný príjem týchto tukov znamená zvýšený príjem cholesterolu a jeho škodlivé hromadenie v krvi a v niektorých orgánoch
  - ergosterol (fytoosterol) – provitámín vitamínu D
- žľčové kyseliny:
  - zúčastňujú sa na trávení a vstrebávaní tukov do organizmu
  - kyselina cholová
- steroidné hormóny – ženské i mužské pohlavné hormóny (testosterón, progesterón) a hormóny kôry nadobličiek

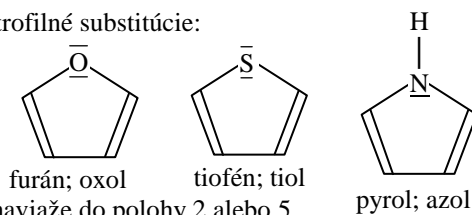


## *HETEROCYKLICKÉ ZLÚČENINY*

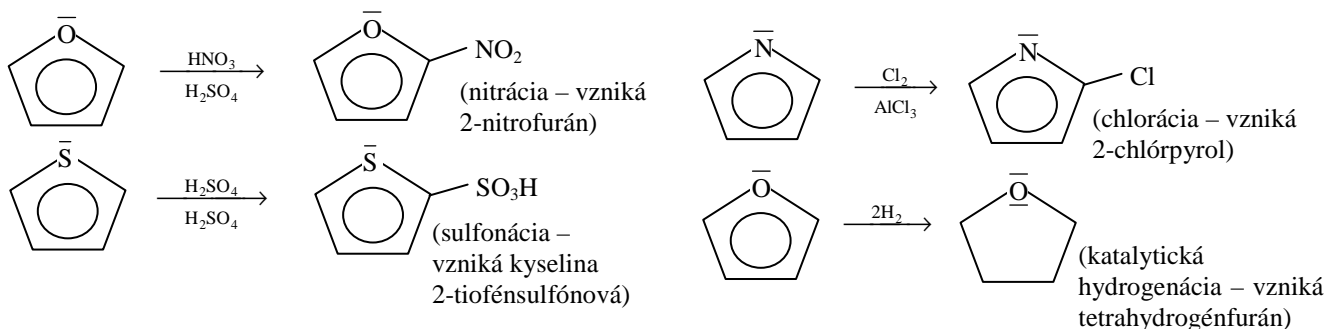
- cyklické zlúčeniny, ktoré majú v reťazci naviazané okrem atómov uhlíka aj atómy iných prvkov (heteroatómy), najčastejšie kyslíka, síry a dusíka
- podľa počtu článkov môžu byť:
  - a) 5-článkové (1 a viac heteroatómov)
  - b) 6-článkové (1 a viac heteroatómov)
  - c) kondenzované
- názvoslovie:
  - 5-článkové heterocyklické zlúčeniny majú príponu –ol
  - 6-článkové heterocyklické zlúčeniny majú príponu –ín
  - heteroatóm je O  $\Rightarrow$  predpona ox-
  - heteroatóm je S  $\Rightarrow$  predpona ti-
  - heteroatóm je N  $\Rightarrow$  predpona az-
  - číslujeme od heteroatómu, ktorý sa nachádza čo najvyššie v skupine s čo najväčším číslom (O, S, N) tak, aby mali heteroatómy čo najmenšie čísla

### ***Päťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s jedným heteroatómom***

- furán, tiofén, pyrol
- majú aromatický charakter, ktorý je spôsobený prítomnosťou neväzbových párov na heteroatómoch, ktoré sa dostávajú do konjugácie s  $\pi$ -elektrónmi
- aromatický charakter stúpa spolu s klesajúcou elektronegativitou heteroatómu (menej potom k sebe ťahá elektróny)  $\Rightarrow$  smerom od kyslíka cez dusík k síre (O, N, S)
- sú aromatické  $\Rightarrow$  správajú sa ako nasýtené  $\Rightarrow$  reakcie – elektrofilné substitúcie:
  - a) nitrácia ( $-\text{NO}_2^+$ )
  - b) halogenácia ( $-\text{X}^+$ )
  - c) sulfonácia ( $-\text{SO}_3\text{H}^+$ )
  - d) alkylácia ( $\text{R} - \text{CH}_2^+$ )
  - e) acylácia ( $\text{R} - \text{C}^+\text{O}-$ )
- heteroatóm k sebe priťahuje elektróny  $\Rightarrow$  elektrofil sa naviaže do polohy 2 alebo 5
- môže na nich prebiehať aj katalytická hydrogenácia
- pyrol:
  - bezfarebná, toxická látka, zápachom sa podobá chloroformu
  - nachádza sa v čierouhoľnom dechte
  - vo forme porfínu (cyklické usporiadanie štyroch pyrolových jadier) sa nachádza vo farbivách – chlorofyle, hemoglobíne, myoglobíne a bilirubíne (žlté žlčové farbivo)

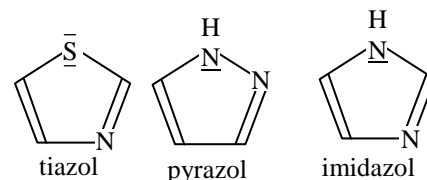


obr. (príklady reakcií 5-článkových heterocyklických zlúčenín s jedným heteroatómom):



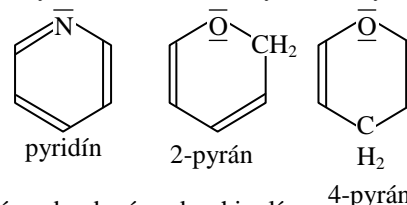
### ***Päťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s dvoma heteroatómami***

- patrí sem pyrazol (1,2-diazol), imidazol (1,3-diazol) a tiazol (1-tio-3-azol)
- od pyrazolu sú odvodené niektoré liečivá, napr. antipyrín, amidopyrín, sulfatiazol, penicilín, vitamín B<sub>1</sub>
- imidazol tvorí súčasť molekuly mnohých prírodných látok, napr. aminokyseliny histidínu

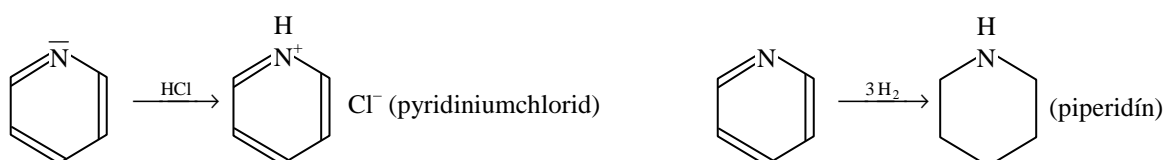


### ***Šesťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s jedným heteroatómom***

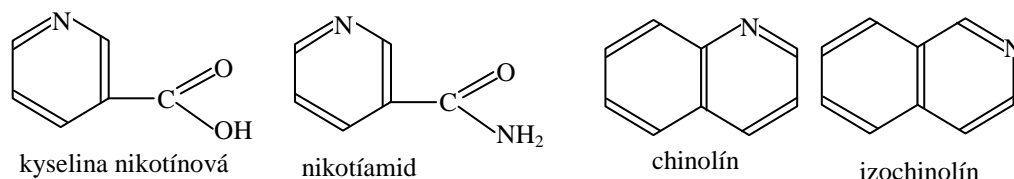
- patria sem pyridín (azín) a navzájom izomérmne 2-pyrán a 4-pyrán
- pyridín:
  - rovnaká elektrónová štruktúra ako benzén, neväzbový elektrónový pár sa nezapája do konjugácie s  $\pi$ -elektrónmi
  - najstabilnejšia heterocyklická zlúčenina, najviac prejavuje svoj aromatický charakter
  - keďže na dusíku zostáva voľný elektrónový pár, zlúčenina má zásaditý charakter a teda vytvára s kyselinami pyridiniové soli
  - môže prebiehať aj katalytická hydrogenácia pyridínu
- deriváty pyridínu:
  - kyselina nikotínová (kyselina 3-pyridínkarboxylová) a jej amid (nikotínamid) sú súčasťou niacínu (vitamínu PP)
  - deriváty nikotínamidu sú niektoré liečivá
  - niektoré alkaloidy (drogy), napr. chinín, morfín, papaverín sú odvodené od chinolínu a izochinolínu, čo sú izomérmne štruktúry pyridínu kondenzované s benzénom



obr. (vľavo vznik pyridiniovéj soli a vpravo katalytická hydrogenácia pyridínu):



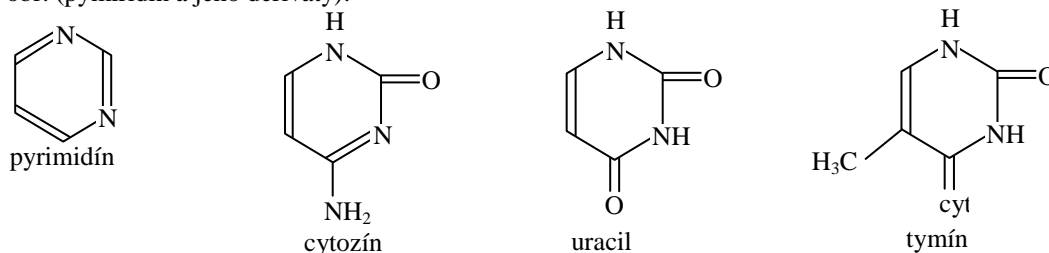
obr. (deriváty pyridínu):



### Šesťčlánkové heterocyklické zlúčeniny s dvoma heteroatómami

- patrí sem pyrimidín, od ktorého sa odvodzujú deriváty cytozín, tymín a uracil, ktoré tvoria stavebné zložky nukleových kyselín

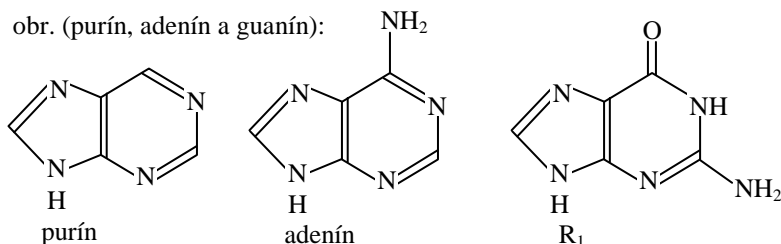
obr. (pyrimidín a jeho deriváty):



### Heterocyklické zlúčeniny s dvoma kondenzovanými heterocyklami

- patrí sem purín, ktorý sa v prírode voľne nevyskytuje
- od purínu sú odvodené biologicky významné zlúčeniny adenín a guanín, ktoré tvoria stavebné zložky nukleových kyselín

obr. (purín, adenín a guanín):



### Alkaloidy

- látky rastlinného pôvodu, majú spravidla dusíkatý charakter
- vplývajú výrazne na organizmus, patria medzi ne i drogy, v malých množstvách sa používajú ako lieky
- vyrábajú sa vylisovaním kvapalín z rastlín, vydestilovaním za prítomnosti vodnej pary a hydroxidov
- podľa pôvodu ich delíme na:
  - piridínové a piperidínové:
    - nikotín – stimuluje centrálny nervový systém a dýchaciu sústavu, má karcinogénne účinky
    - lobelín – stimuluje krátkodobé dýchanie, používa sa pri odvykaní od fajčenia
  - tropánové:
    - atropín – má protikŕčovité účinky, v malých dávkach sa používa na rozširovanie zreníc
    - skopolamín – podobná štruktúra ako atropín, ovplyvňuje centrálnu nervovú sústavu, spôsobuje ľahostajnosť a útlm (droga)
    - kokaín:
      - získava sa z listov koky
      - má anestetické (znecitlivujúce) účinky
      - povzbudzuje kostrové svaly
      - vo väčších dávkach utlmuje hlad a pocit únavy, spôsobuje výbušné správanie, vo veľmi veľkých dávkach spôsobuje triašku, poruchy koordinácie pohybov a paralýzou dýchacích orgánov smrť
      - v lekárstve sa už nevyužíva, nahradený prokaínom
  - fenantrénové:

- morfín – získava sa z ópia (vysušená šťava z nedozretých makovíc), spôsobuje ospalosť, dobrú náladu, vo väčších dávkach bezvedomie
- deriváty morfínu – heroín (prudká závislosť), kodeín (v menších dávkach utlmuje kašeľ)
- d) chinolínové a izochinolínové:
  - chinolínové – chinín – používa sa na určité štádiá malárie a na zníženie teploty
  - izochinolínové – papaverín – utlmuje bolesti žlčníka a zažívacích orgánov
- e) indolové
  - strychnín – zvyšuje nervovú dráždivosť, kŕče svalstva, akustické vnímanie, stimuluje vylučovanie žalúdočnej šťavy
  - reserpín – používa sa na liečenie vysokého krvného tlaku a nervových a duševných porúch
  - lysergid (LSD) – spôsobuje potenie, zvracanie, závrate, depresie, psychické poruchy
- f) purínové:
  - kofeín, teobromín, teofylín – stimulujú CNS bez toho, aby ovplyvňovali psychické funkcie
  - kofeín – zlepšuje náladu, odstraňuje pocit únavy a ospalosti, stimuluje srdcovú činnosť

## **SACHARIDY**

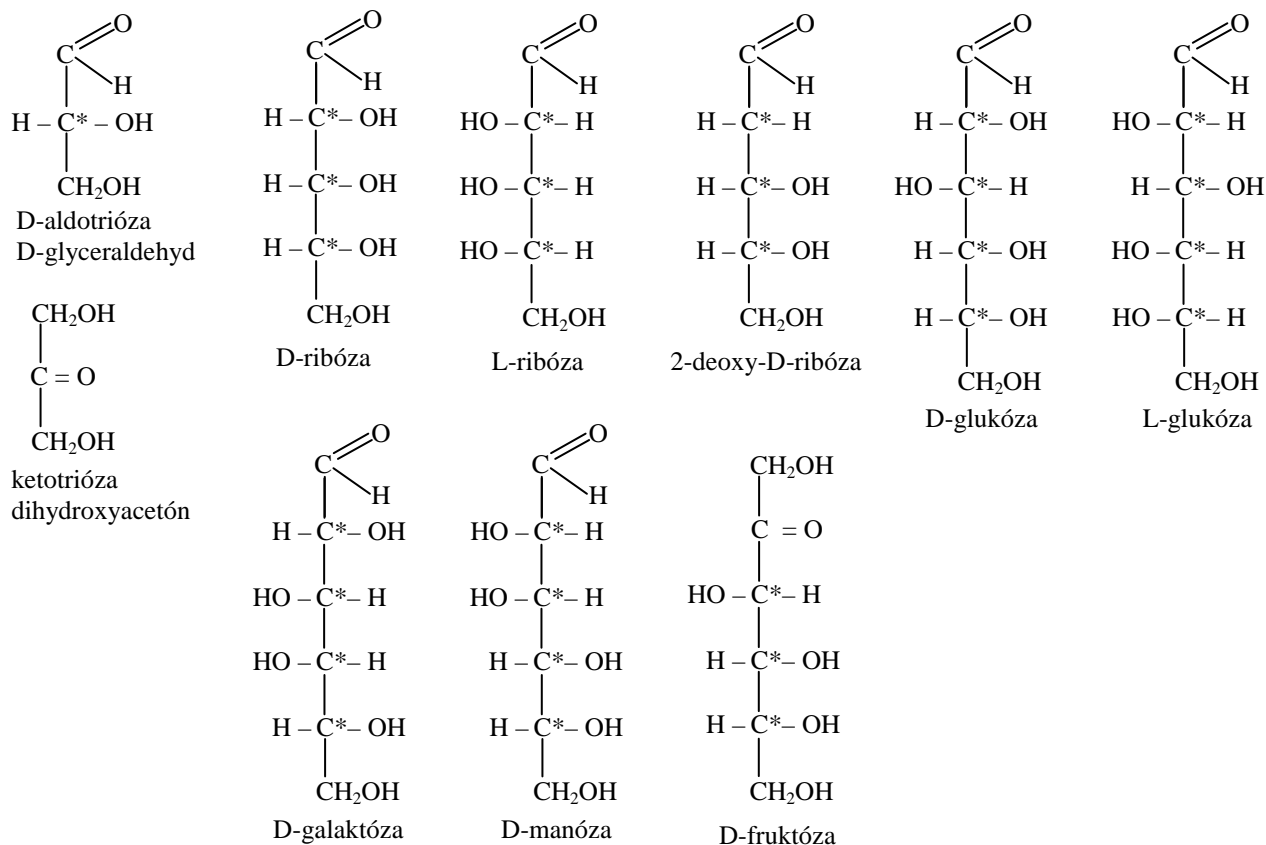
- ich názov pochádza z gréckeho slova sacharón (cukor, sladkosť)
- iné názvy: glycidy (glykis = sladký), karbohydráty, uhl'ohydráty, uhl'ovodany (posledné tri by sa nemali používať)
- zďaleka nie všetky sú sladké (škrob, buničina, ...)
- u rastlín sú stavebnou jednotkou (buničina) a u živočíchov tvoria bunkové steny a glykogén (nachádza sa v pečeni)
- fotosyntéza:  $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{chlorofyl}]{\text{sl. E}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- molekuly jednoduchých sacharidov sa kondenzačne spájajú do makromolekúl polysacharidov:  $n \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + (n-1) \text{ H}_2\text{O}$  (škrob, celulóza)
- glukoneogenéza – proces syntetizovania sacharidov z aminokyselín (z bielkovín) alebo z glycerolu (z tukov) (nastáva, keď v potrave nie je dostatok sacharidov)
- význam:
  - a) zdroj energie
  - b) stavebná funkcia (rast organizmu)
  - c) zásobná funkcia (živočíšny škrob)
  - d) podieľajú sa na syntéze lipidov a bielkovín (aminokyselín)
- klasifikácia:
  - a) jednoduché (monosacharidy) – nedajú sa hydrolýzou rozložiť na jednoduchšie:
    - 1) triózy
    - 2) tetrózy
    - 3) pentózy
    - 4) hexózy
      - sladké
  - b) zložené – dajú sa hydrolýzou rozložiť na jednoduchšie:
    - 1) oligosacharidy – sladké, majú 2 – 10 monosacharidových jednotiek
    - 2) polysacharidy – nie sú sladké, majú viac než 10 monosacharidových jednotiek

## **Monosacharidy**

- dvojfunkčné zlúčeniny
- prípona –óza
- hydroxyaldehydy – aldózy – obsahujú hydroxylovú a aldehydickú skupinu
- hydroxyketóny – ketózy – obsahujú hydroxylovú skupinu a ketoskupinu
- aldózy i vyššie ketózy tvoria optické izoméry:
  - optická izoméria sa vyskytuje u zlúčenín obsahujúcich chirálny uhlík (uhlík so štyrmi rôznymi substituentami)
  - označenie chirálneho uhlíka: C\*
  - optické izoméry otáčajú rovinu polarizovaného svetla buď doprava (+) alebo doľava (–)
  - enantioméry – optické izoméry, jeden je „zrkadlovým obrazom“ druhého
  - podľa umiestnenia OH-skupiny na najvzdialenejšom chirálnom uhlíku od uhlíka aldoskupiny (resp. ketoskupiny) sa aldózy (resp. ketózy) delia na D-aldózy (resp. D-ketózy) (OH-skupina je vpravo) a na L-aldózy (resp. L-ketózy) (OH-skupina je vľavo)
  - D- aj L-aldózy (resp. ketózy) môžu byť ľavotočivé aj pravotočivé

- keď zmiešame rovnaký diel pravotočivého a ľavotočivého enantioméru, dostaneme racemickú zmes (racemát), ktorá je opticky inaktívna
- v prírode sa nachádzajú poväčšine iba D-monosacharidy, boli už objavené aj L-formy v prírode
- najjednoduchšie monosacharidy – ketotrióza (dihydroxyacetón) a aldotrióza (glyceraldehyd)
- ribóza (pozri obr.):
  - dva z ôsmich optických izomérov aldopentózy (má 3 chirálne uhlíky  $\Rightarrow$  počet izomérov =  $2^3 = 8$ )
  - D- a L- ribóza sú enantioméry (optické antipódy)
  - nachádza sa v nukleových kyselinách
  - 2-deoxyribóza (pozri obr.) – nachádza sa v DNA
- glukóza (pozri obr.):
  - dva zo šestnástich optických izomérov aldohexózy (má 4 chirálne uhlíky  $\Rightarrow$  počet izomérov =  $2^4 = 16$ )
  - nachádza sa v ovocí, krvi (rýchly zdroj energie), mede
- fruktóza (pozri obr.): dva z ôsmich optických izomérov ketohexózy (má 3 chirálne uhlíky  $\Rightarrow$  počet izomérov =  $2^3 = 8$ )

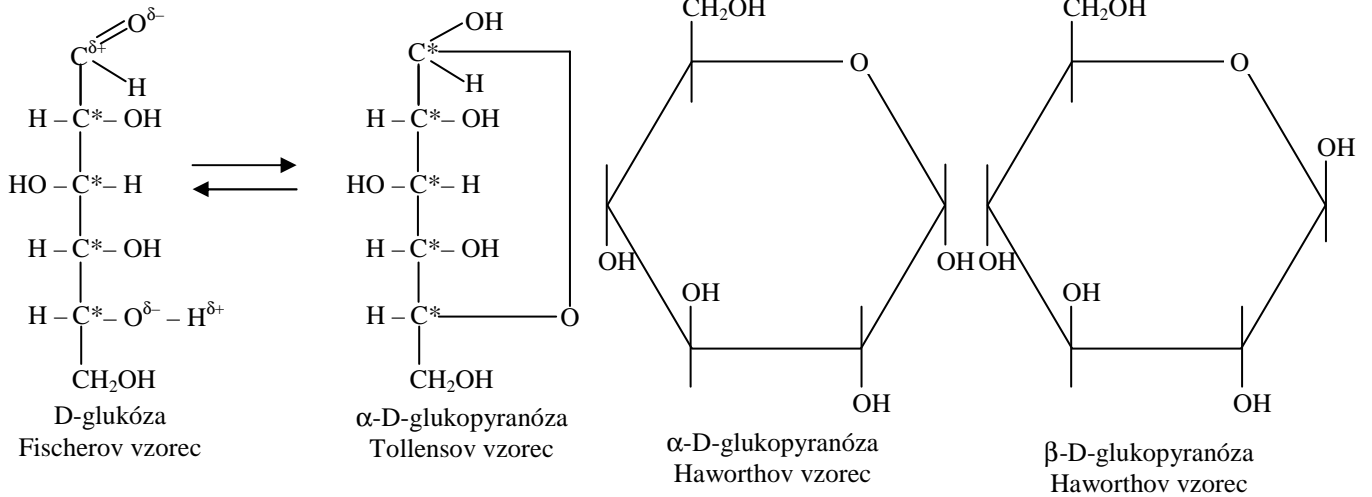
obr. (niektoré sacharidy):



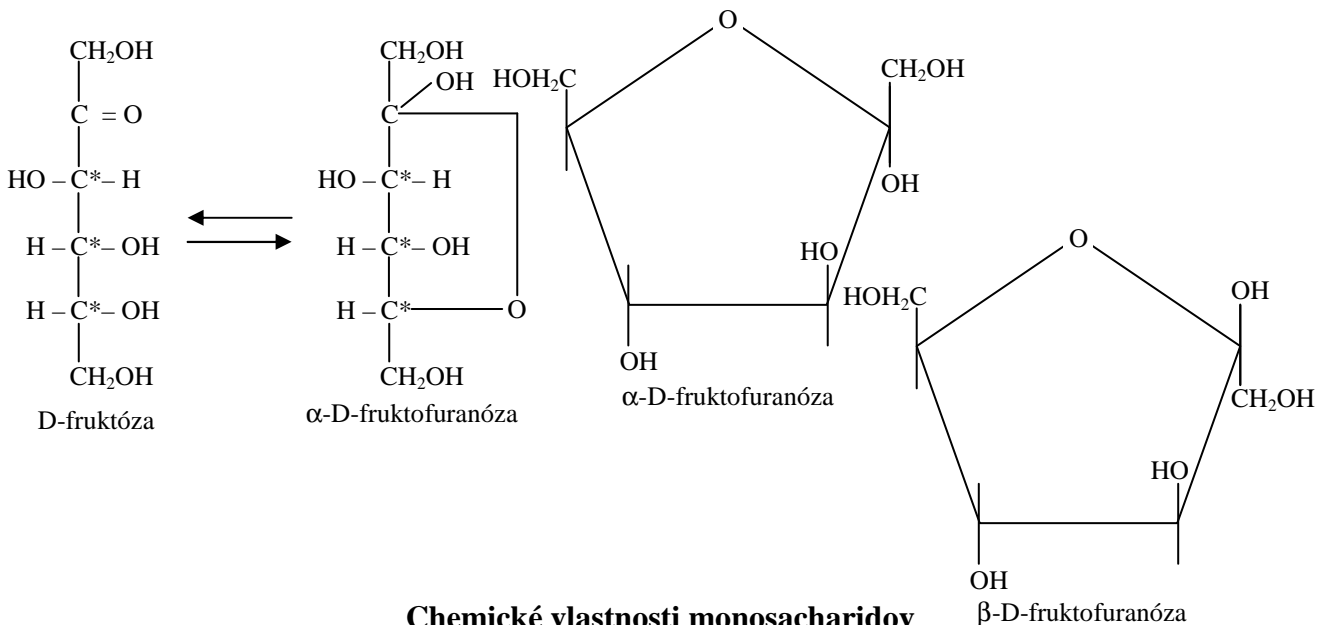
### Cyklické formy monosacharidov

- aldehydickej skupiny sa ľahko oxidujú: 
$$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \xrightarrow{(\text{o})} \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$$
- pri reakcii aldehydov s hydroxidmi vznikajú poloacetály: 
$$\text{R}-\overset{\text{O}^{\delta-}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + \text{R}'-\text{O}^{\delta-}\text{H}^{\delta+} \rightarrow \text{R}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{OR}'}{\text{C}}}-\text{H}$$

- premena acyklickej formy sacharidu na cyklickú prebieha podobne ako posledná reakcia, lenže reagujú dve funkčné skupiny v rámci jednej molekuly
- v Haworthovom vzorci sa hydroxylové skupiny, ktoré sú v Tollensovom vzorci napravo, dávajú pod rovinu cyklu a hydroxylové skupiny, ktoré sú v Tollensovom vzorci naľavo, dávajú nad rovinu cyklu (pozri obr.)
- glukóza:
  - cyklická forma sa nazýva glukopyranóza (podľa podobnosti s pyránom) a vyjadruje sa Tollensovým alebo Haworthovým vzorcom
  - v  $\alpha$ -glukopyranóze sa acetalová hydroxylová skupina nachádza napravo (pod úrovňou cyklu)
  - v  $\beta$ -glukopyranóze sa acetalová hydroxylová skupina nachádza naľavo (nad úrovňou cyklu)



- fruktóza:
  - cyklická forma sa nazýva fruktofuranóza (podľa podobnosti s furánom) a vyjadruje sa Tollensovým alebo Haworthovým vzorcom

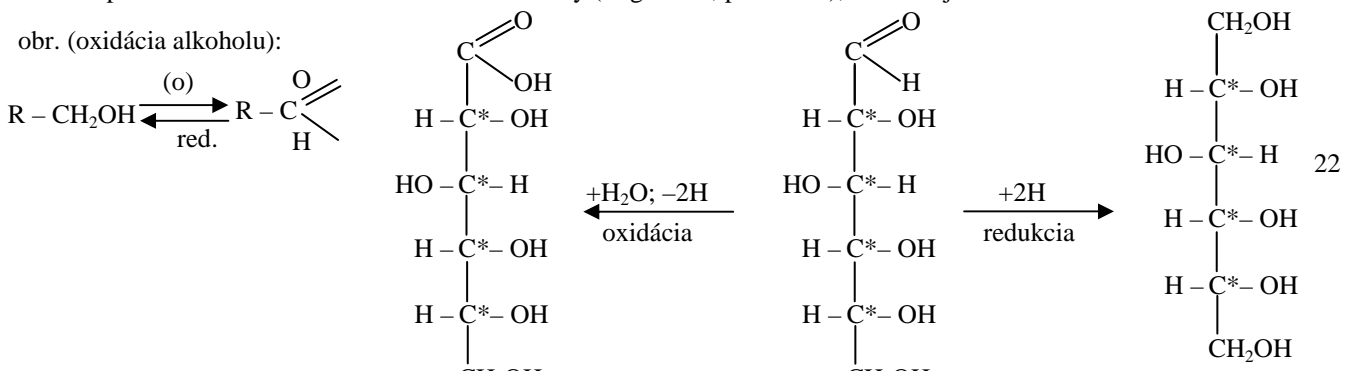


### Chemické vlastnosti monosacharidov

#### 1. oxidačno-redukčné reakcie:

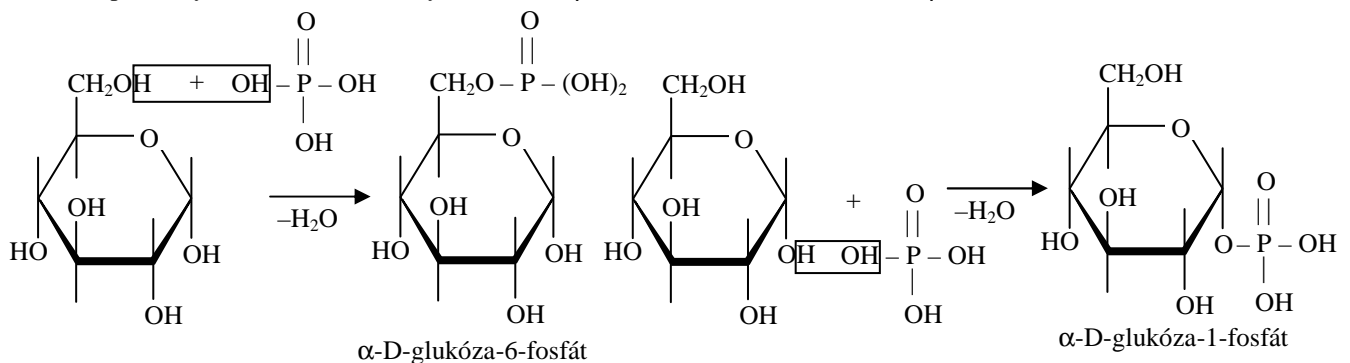
- schopnosť oxidácie a redukcie monosacharidov vyplýva najmä z prítomnosti aldehydovej skupiny v molekule aldóz
- produktom oxidácie sú hydroxykarboxylové kyseliny (kyselina D-glukónová, pozri obr.)
- produktom redukcie sú sacharidové alkoholy (D-glucitol, pozri obr.), ktoré majú koncovku -itol

obr. (oxidácia alkoholu):



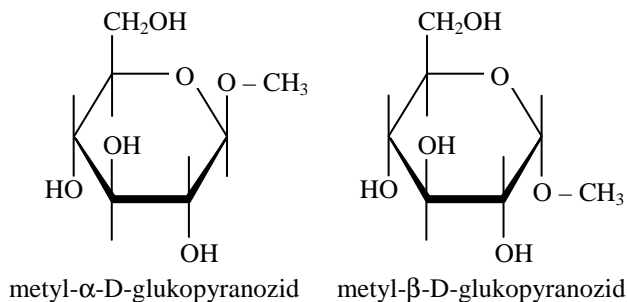
## 2. estery monosacharidov:

- hydroxylové skupiny môžu reagovať s kyselinami za vzniku esterov, pričom biologicky najvýznamnejšími esterami sú estery kyseliny trihydrogénfosforečnej, ktoré vznikajú pri metabolických premenách sacharidov
- v molekule glukózy sa esterifikuje poloacetálový hydroxyl a primárny hydroxyl na poslednom atóme uhlíka
- produkty esterifikácie glukózy sú  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -D-glukóza-1-fosfát a  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -D-glukóza-6-fosfát
- produkty esterifikácie fruktózy sú  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -D-fruktóza-6-fosfát a  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -D-fruktóza-1,6-bisfosfát



## 3. glykozidy:

- cyklické formy monosacharidov s alkoholmi poloacetálovou hydroxylovou skupinou
- reakciou sa uvoľňuje molekula vody a zvyšky reagujúcich molekúl sa spájajú do  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -glykozidov
- v názvoch majú glykozidy príponu -ozid

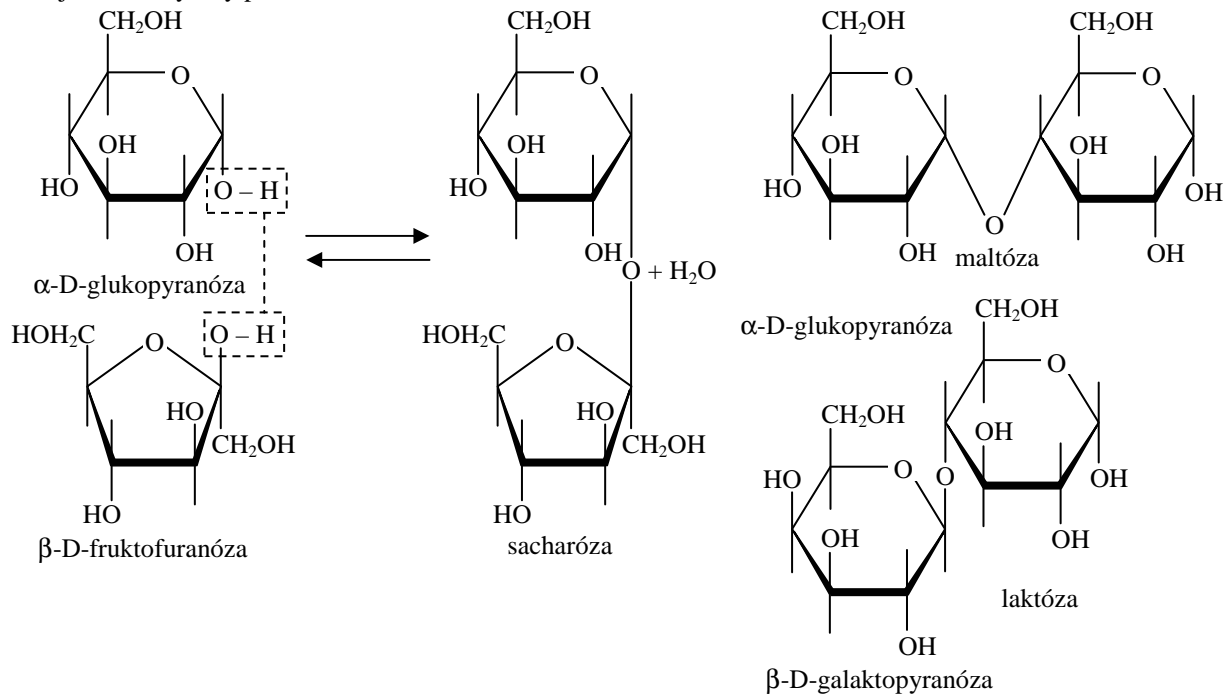
**Zložité sacharidy**

- patria sem oligosacharidy (medzi nimi aj disacharidy) a polysacharidy

**Disacharidy**

- medzi najdôležitejšie disacharidy patrí sacharóza, laktóza a maltóza
- sacharóza (repný cukor):
  - molekulu sacharózy možno odvodiť odštiepením vody od molekúl  $\alpha$ -D-glukopyranózy a  $\beta$ -D-fruktofuranózy
  - na väzbe dvoch sacharidových jadier sa zúčastňujú poloacetálové hydroxyly oboch molekúl  $\Rightarrow$  sacharóza nemá voľný poloacetálový hydroxyl a nemá ani redukčné účinky – je neredukujúci disacharid
  - nachádza sa vo všetkých rastlinách, jej najbohatším zdrojom je cukrová repa a cukrová trstina
  - tvorí bezfarebné kryštáliky dobre rozpustné vo vode, zahrievaním hnedne a mení sa na karamel
- laktóza (mliečny cukor):

- skladá sa z monosacharidov  $\alpha$ -D-glukopyranózy (hydroxyl na 4. uhlíku) a  $\beta$ -D-galaktopyranózy (poloacetálový hydroxyl)
- je to redukujúci disacharid, lebo má ešte jeden voľný poloacetálový hydroxyl
- hydrolýzou sa štiepi na glukózu a galaktózu
- nachádza sa v mlieku cicavcov, pripravuje sa zo srvátky (zvyšok po výrobe tvarohu z mlieka)
- maltóza (sladový cukor):
  - skladá sa z dvoch molekúl  $\alpha$ -D-glukopyranózy (poloacetálový hydroxyl a hydroxyl na 4. uhlíku)
  - je to redukujúci disacharid
  - hydrolýzou sa štiepi na dve molekuly glukózy
  - vzniká enzýmovou hydrolýzou škrobu, príslušný enzým sa nachádza v klíčkoch semien
  - enzým maltáza, ktorý sa nachádza v naklíčenom sladovníckom jačmeni, štiepi maltózu na skvasiteľnú glukózu, čo je základ výroby piva





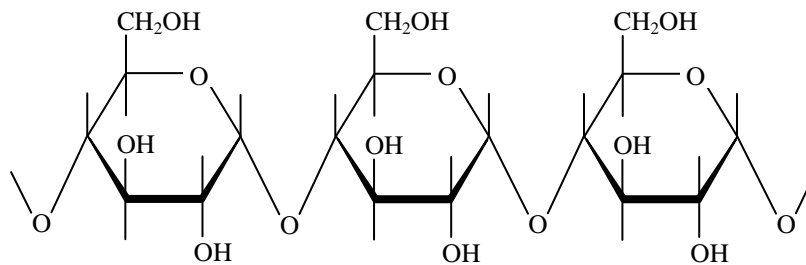
## Polysacharidy

- vznikajú glykozidovým spojením veľkého počtu monosacharidových jednotiek (až niekoľko tisíc)
- zvyčajne sa nerozpúšťajú vo vode (prípadne v nej len napučávajú)
- nemajú sladkú príchuť
- pre organizmy sú to zásobné alebo stavebné látky
- najvýznamnejšie: škrob, celulóza, glykogén

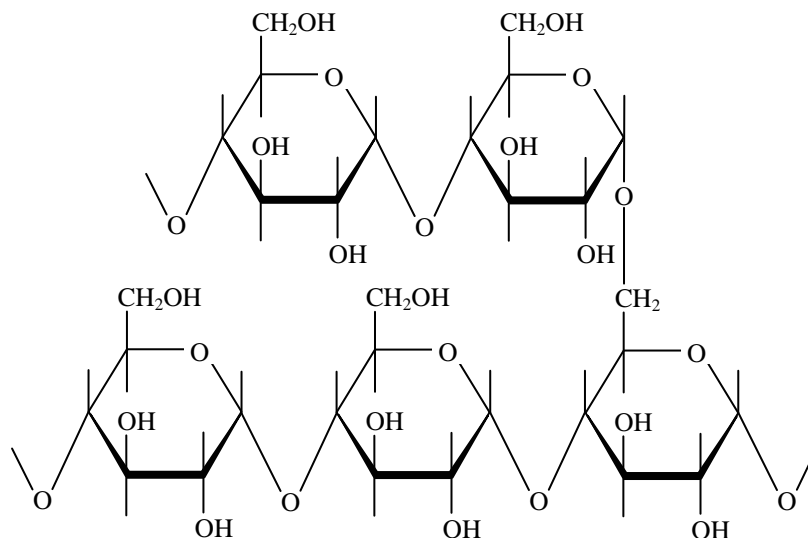
### Škrob

- skladá sa z amyulózy a amylopektínu, ktorých stavebnou jednotkou je  $\alpha$ -D-glukopyranóza
- amyulóza:
  - glykozidová väzba tu vzniká reakciou poloacetálového hydroxylylu jednej molekuly a hydroxylovej skupiny na štvrtom atóme uhlíka nasledujúcej molekuly D-glukózy
  - stáča sa do závitnice, čo umožňuje dôkaz škrobu pomocou jódu (keď sa do vnútornej dutiny dostanú molekuly jódu, zníži sa schopnosť molekuly pohlcovať svetlo a roztok sa sfarbí na modro)
- amylopektín – sú tu okrem glykozidových väzieb  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  aj glykozidové väzby  $\alpha(1 \rightarrow 6)$ , t.j. medzi poloacetálovým hydroxylylom a primárnou hydroxylovou skupinou na šiestom atóme nasledujúcej molekuly D-glukózy
- čiastočnou hydrolyzou (kyselinami alebo enzýmami) sa štiepi makromolekulam škrobu na **dextríny**:
  - sú to polysacharidy s nižšou relatívnou molekulovou hmotnosťou
  - používajú sa ako technické lepidlá
- pokračujúcou hydrolyzou vzniká maltóza a napokon D-glukóza
- je základnou zložkou potravy, nachádza sa hlavne v rastlinách (napr. zemiaky)

obr. (amyulóza):



obr. (amylopektín):



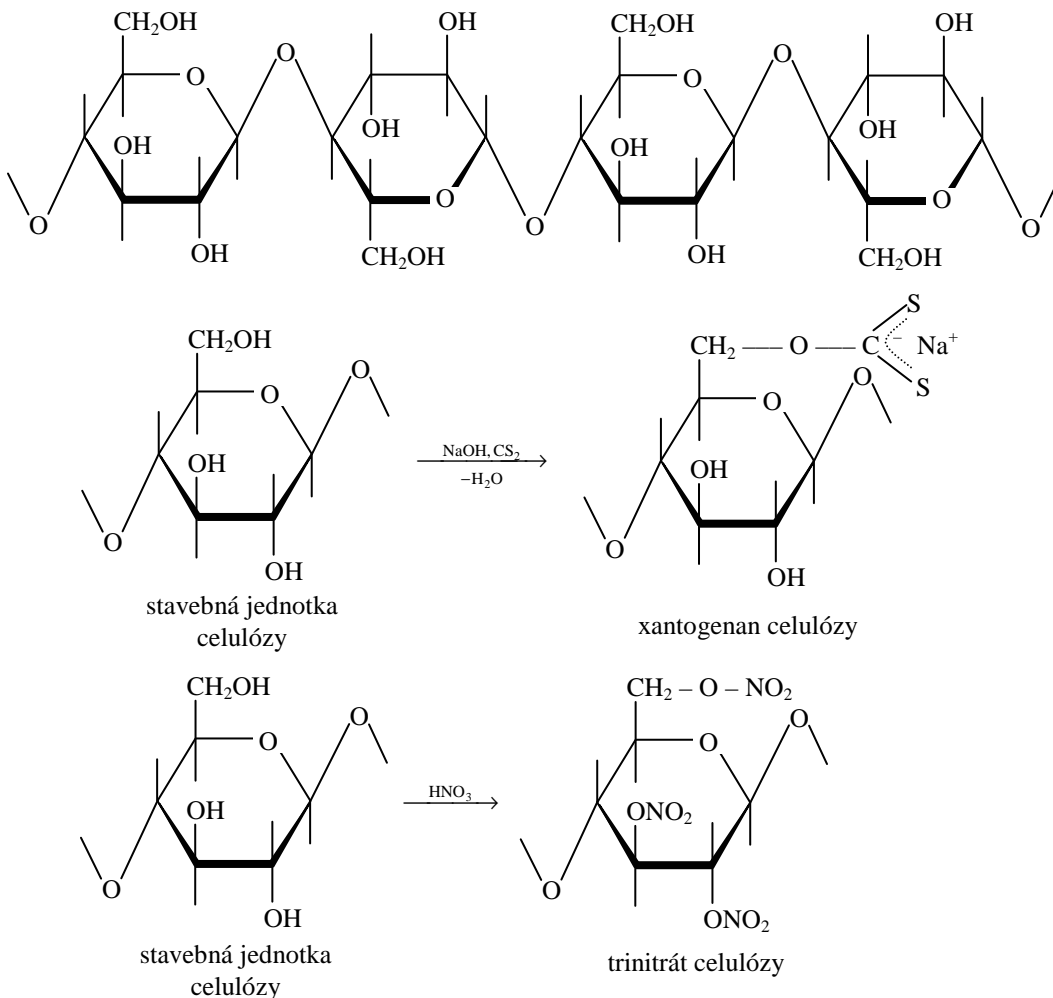
### Glykogén

- zásobný polysacharid živočíchov
- jeho štruktúra pripomína amylopektín, ale je viac rozvetvená glykozidovými väzbami  $\alpha(1 \rightarrow 6)$
- v bunke sa z neho odštiepuje D-glukóza vo forme fosforečného esteru  $\beta$ -D-glukóza-1-fosfátu a ten sa ďalej premieňa na viaceré produkty

### Celulóza

- najrozšírenejšia organická látka v prírode, hlavná živina pre bylinožravce
- na rozdiel od škrobu a glykogénu je tu  $\beta$ -glykozidová väzba
- nerozpustná látka
- jej reťazec má v prírodnom materiále charakter vlákna
- v niektorých rastlinách sa tvorí čistá celulóza (bavlna), inde je sprevádzaná inými látkami (drevo)
- na spôsobe odstránenia týchto iných látok je založená výroba celulózy z dreva
- xantogenan celulózy – medziprodukt na výrobu viskózy:
  - drevo  $\rightarrow$  celulóza  $\xrightarrow{\text{NaOH (W=17-20\%), CS}_2 \text{ (sírouhľik)}}$  xantogenan celulózy  $\xrightarrow{\text{NaOH (W=4\%)}}$  viskóza  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$  viskózové vlákno
  - vyrába sa z nej aj celofán
- (mono-, di, tri-) nitráty celulózy – rozpustné v alkohole, éteri, acetóne, dá sa z nich pripraviť kolódium, celuloid a strelná bavlna
- používa sa na výrobu papiera, obalového materiálu, hygienických potrieb

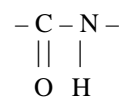
obr. (celulóza):



### **BIELKOVINY**

- bielkoviny sú makromolekulové látky zložené z aminokyselín, ktoré sú pospájané do makromolekulového reťazca peptidovou väzbou
- sú základom živých organizmov
- zloženie: 50 % C, 18 % N, 24 % O, 6 % H, zvyšok je síra a iné
- biologické funkcie:
  - a) stavebná (u živočíchov, skleroproteíny)
  - b) katalytická (enzýmy)

obr. (peptidová väzba):


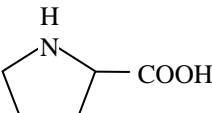
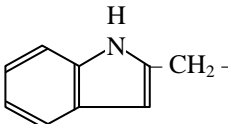
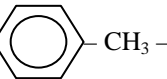


- c) transportná (hemoglobín, transferín)
- d) regulačná (hormóny)
- e) obranná (protilátky)
- u živočíchov sú viac zastúpené než u rastlín – tvoria asi 80 % tela
- rastliny si ich môžu syntetizovať, živočchy ich prijímajú v potrave, za pomoci enzýmov ich rozkladajú a syntetizujú si vlastné
- základnými stavebnými jednotkami bielkovín sú aminokyseliny
- bielkoviny majú pomerne veľké molekuly (5 – 100 nm)

### *Aminokyseliny*

- sú to substitučné deriváty karboxylových kyselín
- ich všeobecný vzorec je:
 
$$\begin{array}{c} \text{R} - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
- ak aminokyselina obsahuje jednu aminoskupinu a jednu karboxylovú skupinu, je **neutrálna**
- ak aminokyselina obsahuje väčší počet aminoskupín, je **zásaditá**
- ak aminokyselina obsahuje väčší počet karboxylových skupín, je **kyslá**
- existuje asi 300 aminokyselín, iba 20 z nich je proteínogénnych (zúčastňujú sa na stavbe bielkovín)

Aminokyseliny nachádzajúce sa v bielkovinách:

Aminokyselina	Skratka názvu	$\begin{array}{c} \text{R} - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
glycín	Gly	H –
alanín	Ala	CH <sub>3</sub> –
valín	Val	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
leucín	Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
izoleucín	Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
fenylalanín	Phe	 – CH <sub>2</sub> –
prolín	Pro	
metionín	Met	CH <sub>3</sub> – S – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> –
serín	Ser	HO – CH <sub>2</sub> –
treonín	Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \\   \\ \text{OH} \end{array}$
cysteín	Cys	HS – CH <sub>2</sub> –
tryptofán	Trp	 – CH <sub>2</sub> –
tyrozín	Tyr	HO –  – CH <sub>3</sub> –
asparagín	Asn	NH <sub>2</sub> – CO – CH <sub>2</sub> –
glutamín	Gln	NH <sub>2</sub> – CO – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> –

nepolárne R skupiny

polárne, ale neutrálne R skupiny



- terciárna štruktúra – definitívny priestorový tvar  $\alpha$ -helixu alebo skladaného listu, ktorý môže byť:
  - a) fibrilárny (vláknitý) – keď sa utvoria vodíkové väzby medzi rôznymi polypeptidovými reťazcami
  - b) globulárny – keď sa utvoria vodíkové väzby medzi časťami toho istého reťazca
- terciárna štruktúra sa tvorí pomocou vodíkových väzieb, ale aj iónovou väzbou, disulfidovými väzbami a nepolárnymi van der Waalsovými silami
- kvartérna štruktúra:
  - charakterizuje spôsob prepojenia niekoľkých polypeptidových reťazcov (protomérov)
  - uplatňuje sa u bielkovín, ktoré sa skladajú z viacerých podjednotiek (hemoglobín, niektoré enzýmy)
  - na jej tvorbe sa zúčastňujú slabé hydrofóbne interakcie

### ***Vlastnosti a klasifikácia bielkovín***

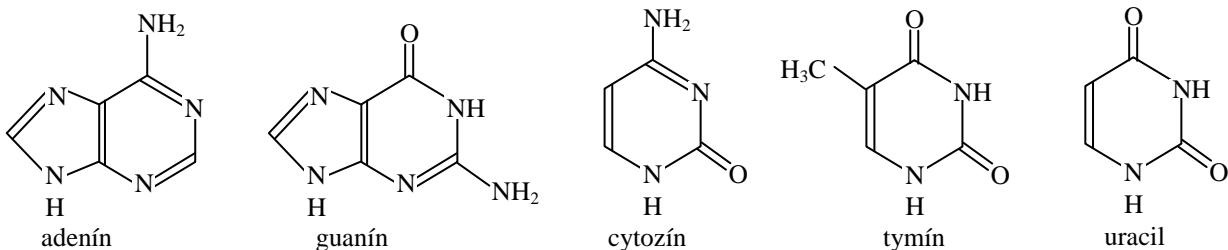
- denaturácia:
  - porušenie pôvodnej štruktúry bielkovín
  - môže byť spôsobená rôznymi fyzikálnymi faktormi (teplo, extrémne pH, vysoký tlak, rôzne druhy žiarenia), chemickými činidlami (močovina, soli ťažkých kovov), mechanicky (silné trepanie)
  - môže byť vratná (reverzibilná, potom dochádza k renaturácii – obnoveniu pôvodnej štruktúry) alebo nevratná (ireverzibilná)
  - denaturované bielkoviny sú ľahšie stráviteľné
- bielkoviny dokazujeme:
  - a) biuretovou reakciou – porovnávame reakciu Fehlingovho činidla s bielkovinou a s močovinou (tým dokážeme, že aj v bielkovinách sa nachádza peptidová väzba, ktorá sa nachádza aj v biurete  $\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CO} - \text{NH}_2$  vznikajúcom z močoviny pri zahriatí)
  - b) xantoproteínovou reakciou – do bielkoviny pridáme  $\text{HNO}_3$  a  $\text{NH}_3$  (reakcia prebieha iba v zásaditom prostredí), výsledkom je vyzrážanie (koagulácia) bielkoviny a jej nanitrovanie, čo sa prejaví žltým sfarbením (xantos)
- bielkoviny delíme:
  - a) podľa tvaru molekuly (terciárna štruktúra) na:
    - 1) fibrilárne (skleroproteíny):
      - tieto bielkoviny sú nerozpustné vo vode
      - majú v bunke stavebnú funkciu
      - patrí sem kolagén (kosti, koža; v zásaditom prostredí sa z neho získava glej alebo želatina), keratín (vlasy, nechty, perie), fibroín (prírodný hodváb)
    - 2) globulárne (sféroproteíny):
      - tieto bielkoviny majú tvar klobka
      - nachádzajú sa v tkanivách, majú rôzne funkcie (enzýmy, protilátky)
      - rozpustné vo vode – albumíny (mlieko, krvné sérum, bielok; získavajú sa z neho aminokyseliny), históny (v jadrách buniek), fibrinogén (v krvi a lymfe, vzniká z neho vláknitý fibrín (zrážanie krvi))
      - rozpustné v zriedených roztokoch solí (glubulíny – mlieko, krvné sérum, bielok)
  - b) podľa rozpustnosti na:
    - 1) albumíny (rozpustné vo vode)
    - 2) globulíny (rozpustné v zriedených roztokoch solí)
  - c) z chemického hľadiska na:
    - 1) jednoduché – poskytujú hydrolyzou len aminokyseliny
    - 2) konjugované (zložené) – okrem aminokyselín sú ich súčasťou aj tzv. nebielkovinové prostetické skupiny viazané na bielkovinovú zložku (apoproteín) kovalentne:
      1. lipoproteíny – lipidová nebielkovinová zložka, zúčastňujú sa na stavbe membrán
      2. glykoproteíny – polysacharidová nebielkovinová zložka, vo vode sa rozpúšťajú na viskózný roztok, nachádzajú sa v bielku, v slinách, chránia žalúdočnú stenu pred enzýmami
      3. fosfoproteíny – obsahujú esterovo viazanú  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , nachádzajú sa v mlieku (kazeín – poskytuje organizmu vápnik)
      4. hemoproteíny – obsahujú hem, patrí sem hemoglobín (transport  $\text{O}_2$  v krvi), myoglobín (transport  $\text{O}_2$  vo svaloch) a cytochrómy (katalyzujú oxidačné procesy)
      5. metaloproteíny – obsahujú ióny kovov, ich funkciou je ich prenos, napr. transferín (prenáša ióny Fe), feritín
      6. nukleoproteíny

## NUKLEOVÉ KYSELINY

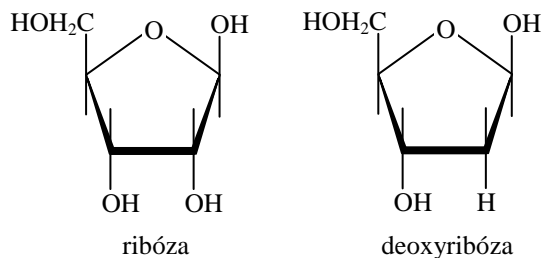
### Mononukleotidy

- biomakromolekulové zlúčeniny, ktorých úlohou je uchovávať a prenášať genetickú informáciu v bunke
- nachádzajú sa v jadrách (mitochondrie, chloroplasty ich syntetizujú)
- RNA, DNA
- zloženie:
  - zvyšok  $H_3PO_4$
  - 5-uhlíkatý cukor –  $\beta$ -D-ribóza alebo 2-deoxy- $\beta$ -D-ribóza
  - dusíkatá báza – purínová (adenín, guanín) alebo pyrimidínová (cytozín, tymín, uracil)
- spoločne utvárajú jednotlivé zložky vzájomnou kondenzáciou (uvoľnením molekúl vody) **nukleotid**, ktorý tvorí stavebnú jednotku nukleových kyselín
- zásada sa v nukleotide viaže **N-glykozidovou väzbou** na prvý atóm uhlíka sacharidu
- sacharid sa **estericky viaže** s kyselinou trihydrogénfosforečnou
- odštiepením kyseliny trihydrogénfosforečnej sa z nukleotidu utvorí **nukleozid**
- podľa druhu zásad, ktoré sa nachádzajú v nukleotidoch, poznáme adenínové (A), guanínové (G), cytozínové (C), tymínové (T) a uracilové (U) nukleotidy
- podobne rozlišujeme aj nukleozidy – adenzín, guanozín, cytidín, uridín, tymidín
- ATP (kyselina adenzíntrifosforečná) – biologický zdroj energie, pri štiepení jeho makroergických väzieb (~) sa uvoľňuje veľa energie a vzniká ADP, neskôr AMP

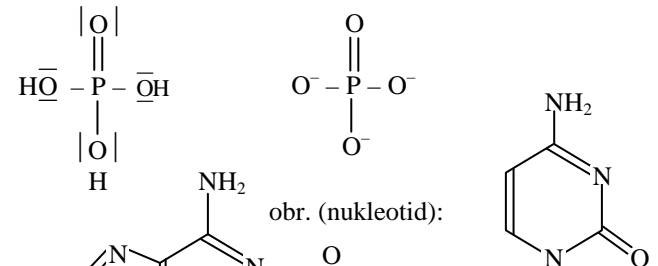
obr. (dusíkaté bázy):



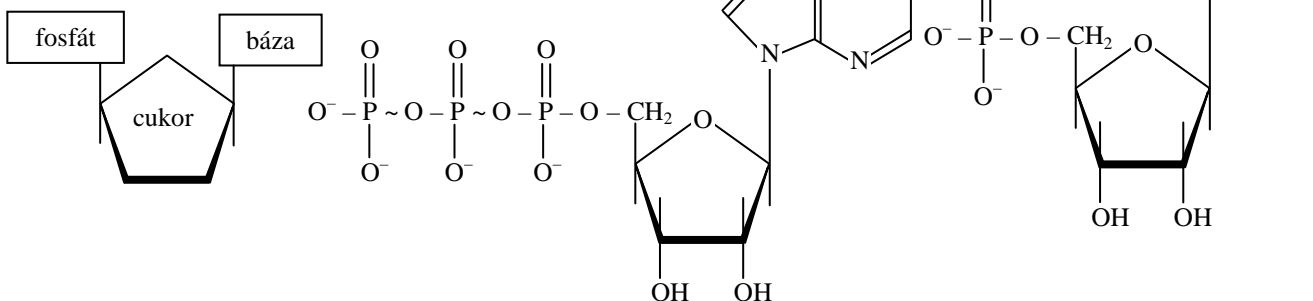
obr. (ribóza a deoxyribóza):



obr. (kyselina trihydrogénfosforečná a jej zvyšok):



obr. (všeobecný vzorec nukleotidu):



obr. (ATP):

### Polynukleotidy

- vznikajú chemickým spojením nukleotidov (zúčastňuje sa na ňom zvyšok  $H_3PO_4$  a OH-skupina na treťom uhlíku sacharidu ďalšieho nukleotidu  $\Rightarrow$  je to esterová väzba)

- polynukleotidy tvoria základ zložitej štruktúry nukleovej kyseliny
- podľa sacharidovej zložky, ktorá je súčasťou nukleotidov rozlišujeme nukleové kyseliny na kyseliny ribonukleové (RNA) a kyseliny deoxyribonukleové (DNA)
- komplementarita (doplňkovosť) dusíkatých báz – viaže sa iba:
  - guanín s cytozínom
  - adenín s tymínom
  - adenín s uracilom
- primárna štruktúra – sled jednotlivých nukleotidov v nukleovej kyseline
- DNA:
  - obsahuje iba adenínové, guanínové, cytozínové a tymínové nukleotidy
  - poradie nukleotidov je základom genetickej informácie v bunke (reprezentujú ju gény)
  - sekundárna štruktúra – dvojité pravotočivá závitnica (tvoria ju dva proti sebe prebiehajúce polynukleotidové reťazce, ktorých dusíkaté bázy sa navzájom viažu vodíkovými väzbami)
  - replikácia – vznik dvoch dcérskych molekúl DNA z jednej materskej – najprv sa materská molekula rozvinie zo svojej dvojzávitnicovej štruktúry, potom sa na každý nukleotid naviaže ďalší, ktorý sa naň hodí (komplementarita báz) a nakoniec sa reťazec v strede „roztrhne“)
  - transkripciou DNA vzniká mRNA
- RNA:
  - obsahuje iba adenínové, guanínové, cytozínové a uracilové nukleotidy
  - tvorí sa v bunke prepisom poradia nukleotidov určitého úseku molekuly DNA
  - zabezpečuje proteosyntézu (syntézu bielkovín)
  - mediátorová (mRNA) – obsahuje prepis informácie z DNA o primárnej štruktúre (poradí aminokyselín) bielkovinových molekúl, ktoré sa v bunke syntetizujú
  - transferová (prenosová; tRNA) – prináša na miesto syntézy bielkovín aminokyseliny
  - ribozómová (rRNA) – súčasť ribozómov – bunkových častí, na ktorých prebieha syntéza bielkovín
  - transláciou mRNA vznikajú bielkoviny

Štruktúra	DNA	RNA
Primárna	sled jednotlivých nukleotidov v nukleovej kyseline	
Sekundárna	dvojité pravotočivá závitnica (tvoria ju dva proti sebe prebiehajúce polynukleotidové reťazce, ktorých dusíkaté bázy sa navzájom viažu vodíkovými väzbami)	jednoduchý polynukleotidový reťazec, nachádzajú sa tu však úseky jednoduchého a zdvojeného reťazca, mRNA má jednoduchý reťazec)
Terciárna	dvojité závitnica ( $\alpha$ -helix) nukleových kyselín môže byť priestorovo stočená do tzv. superhelixu – vtedy hovoríme o terciárnej štruktúre nukleových kyselín	

## ZÁKLADY BIOCHÉMIE

- biochémia sleduje štruktúru a vlastnosti látok, ktoré sa zúčastňujú na stavbe živých sústav
- napomáha rozvoju biológie – na základe svojich poznatkov vysvetľuje biologické funkcie látok
- preto vznikli aj nové vedné odbory – molekulová biológia, génové inžinierstvo, biotechnológia

### *CHEMICKÉ ZNAKY ŽIVÝCH SÚSTAV*

- látkový metabolizmus – súbor všetkých biologických procesov, ktoré prebiehajú v živých sústavách
1. jednotný chemický základ – tvorený sacharidmi, lipidmi, bielkovinami, nukleovými kyselinami, minerálnymi látkami, vodou
  2. látkový metabolizmus – uvoľňovanie energie, biosyntéza bielkovín, nukleových kyselín, ...
  3. enzýmový charakter chemických dejov:
    - enzýmy sú makromolekulové biokatalyzátory
    - priebeh reakcie môže byť lineárny alebo cyklický (pozri obr.)
    - látky, ktoré vstupujú do biochemických dejov sa nazývajú substráty
  4. otvorený systém – neustála výmena látok a energie s okolitým prostredím
  5. vieme ukladať a vyberať energiu z ATP
  6. rozmnožovanie
  7. dráždivosť (reakcia na vonkajšie podráždenie)

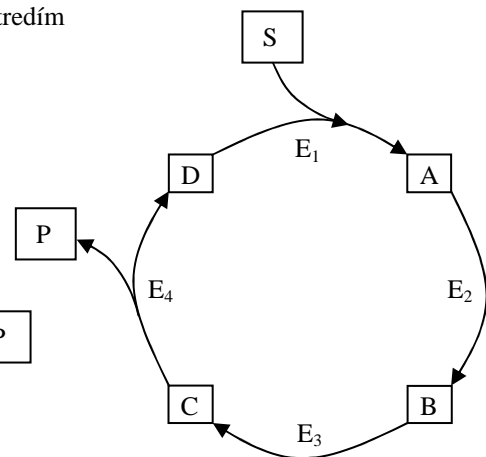
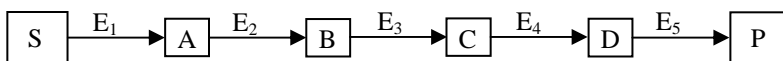
obr. (vľavo lineárny, vpravo cyklický priebeh biochemickej reakcie):

S – substrát

P – produkt

A – D – medziprodukty

E<sub>1</sub> – E<sub>5</sub> - enzýmy



### *CHEMICKÉ ZLOŽENIE ŽIVÝCH SÚSTAV*

#### *Biogénne prvky*

- prvky nachádzajúce sa v biosfére, ktoré sú potrebné na stavbu a životnú činnosť organizmov, sa nazývajú biogénne prvky
- prvú skupinu biogénnych prvkov tvoria makroprvky:
  - majú v organizme väčšie zastúpenie ako 0,005 % hmotnosti organizmu
  - prvých päť (C, O, H, N, P) tvorí až 98 % hmotnosti organizmu, nazývajú sa základné biogénne prvky
  - makroprvky, ktoré nie sú základné: S, Ca (kosti, membrány), Mg (chlorofyl), Na, Cl, K, Fe (krv)
- ostatné biogénne prvky sú mikroprvkami (tvoria menej než 0,005 % hmotnosti organizmu), patrí sem Zn, Mn, Cu, I (štitná žľaza), Co, B, F, Br, Se, As, Si, Li, Al, Ti, V

#### *Základné biogénne zlúčeniny*

- sú to voda, amoniak a oxid uhličitý
- autotrofné organizmy sú schopné syntetizovať si z nich glukózu:  $12 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2 \xrightarrow[\text{chlorofyl}]{\text{sln. E}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- voda (H<sub>2</sub>O):
  - tvorí 60 – 90 % hmotnosti tela organizmov (u medúz dokonca viac)
  - tvorí prostredie pre dôležité fyzikálne a chemické procesy, účastní sa na mnohých reakciách
  - ionizuje organické i anorganické látky
  - je to aktívna zložka bunkových štruktúr a štruktúr makromolekúl
  - reguluje teplotu organizmu
  - pri biosyntéze vody sa uvoľňuje veľa energie (až 237 kJ · mol<sup>-1</sup>), ktorá sa ukladá do ATP
  - pre autotrofné organizmy je východiskovou látkou (v podstate živinou)
  - pre heterotrofné organizmy je produktom premeny redoxných dejov
- amoniak (NH<sub>3</sub>):



- východisková látka biosyntézy, konečný produkt látkových premien dusíkatých organických zlúčenín
- má významné postavenie v procese premeny vzdušného dusíka na organickú formu
- autotrofné organizmy ho využívajú na syntézu aminokyselín a napokon bielkovín a nukleových kyselín
- oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>):
  - východisková látka pri fotosyntéze sacharidov (živina autotrofných organizmov, ktoré ho získavajú zo vzduchu)
  - konečný produkt biologickej oxidácie organických zlúčenín (takto v prírode prebieha nepretržitý cyklický proces biosyntézy a rozkladu uhľíkatých zlúčenín)

## ***FYZIKÁLNOCHEMICKÉ DEJE V ŽIVÝCH SÚSTAVÁCH***

- difúzia:
  - prirodzený dej na vyrovnávanie koncentrácie látky v sústave
  - nastáva pri nej prechod častíc z miesta s vyššou koncentráciou na miesta s nižšou koncentráciou
  - deje sa v smere koncentračného spádu
  - znamená hnaciu silu pre pohyb iónov a molekúl plynnom a kvapalnom prostredí
- uľahčený transport – pohyb častíc pomocou prenášačov – látok schopných uľahčovať difúziu cez biologické membrány
- aktívny transport:
  - pohyb častíc proti koncentračnému spádu
  - umožňuje ho zložitá štruktúra biomembrán a účasť špecifických enzýmov
  - vyžaduje energiu, ktorá sa získava z ATP
  - je ako „pumpa“
- osmóza:
  - samovoľný prechod molekúl rozpúšťadla cez polopriepustnú (semipermeabilnú) membránu (táto membrána prepúšťa iba molekuly rozpúšťadla)
  - pri prechode molekúl rozpúšťadla do roztoku, zníži sa koncentrácia roztoku a zväčší sa jeho objem
  - osmotický tlak:
    - tlak, pod ktorým prebiehajú molekuly rozpúšťadla do roztoku
    - je priamo úmerný koncentrácii roztoku a teplote
    - je kvantitatívnou mierou osmózy
    - možno ho vyjadriť aj výškou stĺpca vytlačenej kvapaliny alebo tlakom, ktorým musíme pôsobiť na povrch roztoku, aby sa zabránilo zväčšovaniu jeho objemu, t.j. aby sa zabránilo osmóze

## ***Koloidný a heterogénny charakter živých sústav***

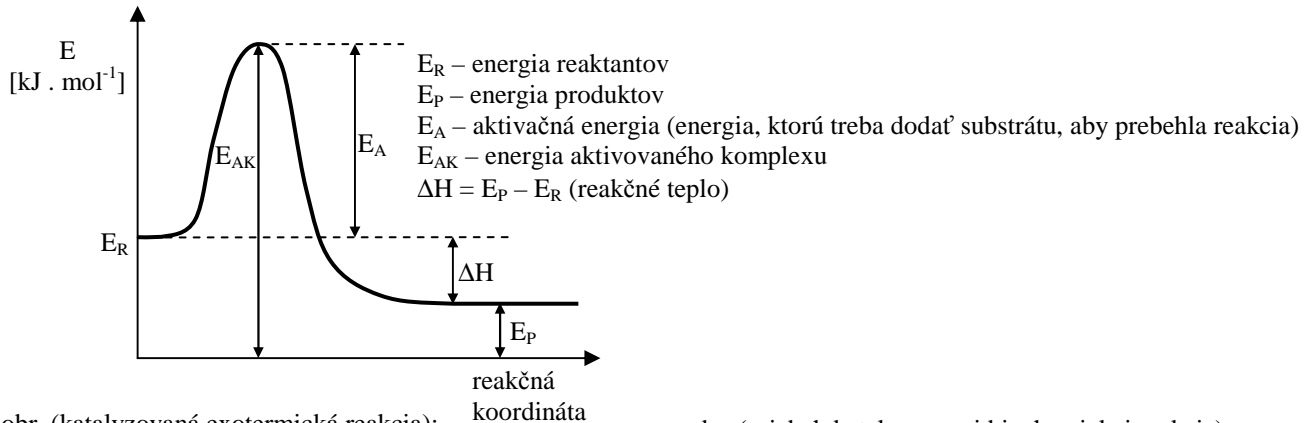
- roztoky:
  - homogénne – polomer častíc je menší než 10<sup>-9</sup> m
  - heterogénne – polomer častíc je väčší než 10<sup>-7</sup> m
  - koloidné – polomer častíc je medzi 10<sup>-7</sup> a 10<sup>-9</sup> m (1 – 100 nm) (napr. roztok bielka vajčička)
- micely – vznikajú zgrupovaním (agregáciou) častíc (fosfolipidov, mydiel, steroidov) do väčších celkov
- bunka – zložitý koloidný a heterogénny systém, ktorý vytvára vhodné podmienky pre metabolické deje a pre potrebné rozdelenie prítomných látok)
- biologické membrány:
  - sú tvorené micelárnymi koloidmi vznikajúcich orientovaním sa polárnych častí fosfolipidov k vode a nepolárnych častí od nej
  - oddeľujú bunku od okolitého prostredia a utvárajú vnútornú heterogénnu štruktúru bunky
- koloidné roztoky:
  - sa od pravých (homogénnych) roztokov odlišujú tým, že:
    - spôsobujú Tyndalov jav (pri prechode svetelného lúča roztokom vidíme jeho hrúbku, zatiaľ čo pri prechode lúča homogénnym roztokom tento jav sledovať nemôžeme)
    - zvyčajne majú jemný, bežnou filtráciou neoddeliteľný zákal
  - na ich stabilitu vplyva najmä elektrický náboj na povrchu ich častíc zabraňujúci odpudivými elektrostatickými silami grupovaniu (agregácii), a tým zlučovaniu koloidov v roztoku
  - náboj koloidných častíc vzniká:
    - 1) ionizáciou polárnych skupín (napr. skupín COOH (→ COO<sup>-</sup>) a SO<sub>3</sub>H (→ SO<sub>3</sub><sup>-</sup>))
    - 2) protonizáciou zásaditých skupín (napr. NH<sub>2</sub> (→ NH<sub>3</sub><sup>+</sup>))
    - 3) adsorpciou katiónov alebo aniónov z prostredia na povrchu koloidných častíc (napr. Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>)

- významný vplyv na stabilitu koloidov má aj solvatačný obal koloidných častíc (obal tvorený molekulami rozpúšťadla) – v živých sústavách ho tvoria molekuly vody, ktoré sa na koloidné častice pútajú elektrostatickými silami, keďže voda má polárny charakter
- stratou elektrického náboja alebo narušením solvatačného obalu strácajú koloidy svoju stabilitu, koloidy vytvárajú agregáty, ktoré sa vylučujú z roztoku
- koloidy môžeme narušiť extrémnym pH, soľami ťažkých kovov, organickými rozpúšťadlami (pre ľudský organizmus sú toto všetko jedy)

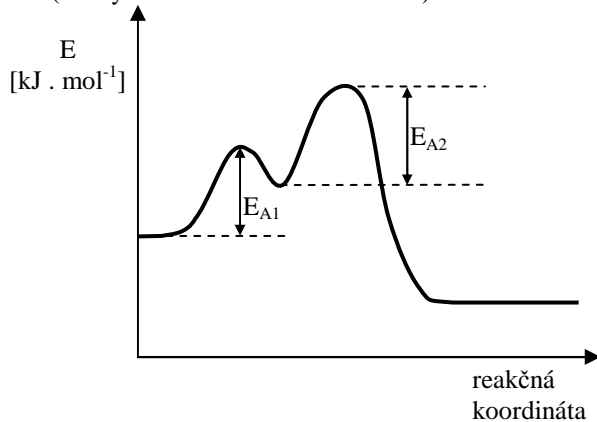
## *ENZÝMY*

- katalyzátory biochemických reakcií
- umožňujú a ovplyvňujú metabolizmus
- porovnanie s katalyzátormi v anorganickej chémii:
  - enzýmy sú makromolekulové látky bielkovinového charakteru (čiže sú väčšie než substráty a produkty reakcie, ktorú katalyzujú)
  - majú špecifický charakter a špecifický katalytický účinok – dokážu katalyzovať iba jednu konkrétnu reakciu
  - nielen urýchľujú, ale aj regulujú chemickú reakciu
- účinky si zachovávajú aj po uvoľnení z bunky a v určitom prostredí a v určitých podmienkach (in vitro) môžu katalyzovať tie isté chemické deje ako v živých sústavách
- anorganické katalyzátory:
  - pracujú tak, že namiesto reakcie  $A + B \rightarrow AB$  prebiehajú reakcie:
    - 1)  $A + K \rightarrow AK$
    - 2)  $AK + B \rightarrow AB + K$
  - aktivačná energia reakcie bez katalyzátora je väčšia než aktivačné energie čiastkových reakcií, čo je pre rýchlosť reakcie rozhodujúce (je menej energeticky náročné prekonať dve menšie bariéry než jednu väčšiu)
- organické katalyzátory pracujú podobne, ale priebeh reakcie je cyklický (pozri obr.)
- enzým má aktívne miesto, na ktoré sa viaže substrát

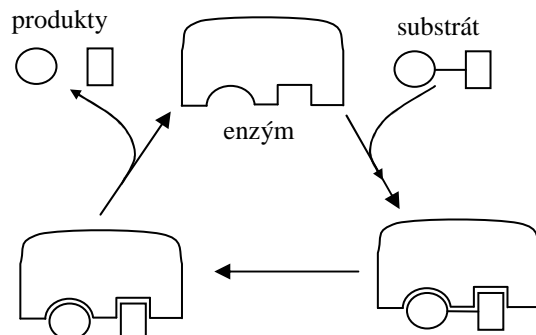
obr. (priebeh nekatalyzovanej exotermickej reakcie):



obr. (katalyzovaná exotermická reakcia):



obr. (priebeh katalyzovanej biochemickej reakcie):



## ***Koenzýmy***

- enzýmy sú zvyčajne jednoduché bielkovinové molekuly, ale niektoré sa skladajú z viacerých bielkovinových podjednotiek
- mnohé enzýmy vyžadujú pre svoju katalytickú činnosť aj ďalšiu, nebielkovinovú zložku – koenzým
- koenzým sa:
  - a) pevne viaže na molekulu enzýmu
  - b) nachádza v bunke voľný (vtedy sa viaže na aktívne miesto enzýmu spolu so substrátom a stáva sa zložkou enzým-substrátového komplexu a priamo sa zúčastňuje chemickej reakcie)
- pri reakcii je donorom alebo akceptorom vodíkových atómov, elektrónov alebo atómových skupín
- obyčajne sú to vitamíny vo forme esteru s  $H_3PO_4$

## ***Rýchlosť enzýmových reakcií***

- rýchlosť enzýmových reakcií závisí od nasledujúcich podmienok:
  - a) množstvo substrátu – jeho zvyšovaním urýchlíme reakciu, ak je dostatok enzýmu
  - b) množstvo enzýmu – jeho zvyšovaním urýchlíme reakciu, ak je dostatok substrátu
  - c) pH prostredia – jeho vplyv závisí od konkrétnej enzýmovej reakcie (napr. pepsín funguje najlepšie pri pH 1 až 2)
  - d) teplota prostredia – jej znížením aktivita enzýmu klesá (využitie pri skladovaní potravín), jej zvyšovaním asi do 45 °C aktivita enzýmu stúpa, pri vyšších teplotách aktivita enzýmu klesá, môže nastať ich denaturácia
  - e) prítomnosť katalyzátora alebo inhibítora
- inhibícia enzýmov:
  - spomaľovanie účinku enzýmov
  - môže byť:
    - 1) kompetitívna (konkurenčná):
      - inhibítor má podobné zloženie ako substrát a dochádza súťaženiu substrátu a inhibítora o aktívne miesta enzýmov
      - je to vratný dej, môžeme ju potlačiť zvýšením koncentrácie substrátu
    - 2) nekompetitívna (nekonkurenčná):
      - inhibítor sa viaže na aktívne miesto enzýmu pevnou väzbou
      - spôsobujú ju ióny ťažkých kovov (katalyzátorové jedy)
      - nevratný dej
    - 3) alosterická – inhibítor sa viaže na enzým mimo aktívneho miesta a vyvoláva zmenu jeho terciárnej a kvartérnej štruktúry
- aktivácia enzýmov:
  - zrýchľovanie účinku enzýmov
  - nastáva tak, že sa neúčinná forma enzýmu – proenzým (alebo zymogén) – premení na jeho účinnú formu odštiepením časti reťazca molekuly proenzýmu, ktorá zabraňovala substrátu dostať sa k aktívnemu miestu
  - spôsobujú ju  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$
  - môže byť aj alosterická aktivácia enzýmov

## ***Názvoslovie a klasifikácia enzýmov***

- triviálne názvy – napr. pepsín, tripsín, ptyalín, slinná amyláza, ...
- systémové názvy:
  - končia príponou -áza
  - napr. enzým, ktorý hydrolyticky štiepi peptid glycyglycín, sa volá glycyglycínhydroláza, je napr. aj sacharáza, maltáza, ...
- klasifikácia enzýmov:
  - a) oxidoreduktázy – zabezpečujú prenos elektrónov alebo vodíkov medzi dvoma substrátmi, napr. premena  $CH_3CH_2OH$  na  $CH_3CHO$  (oxidácia a redukcia)
  - b) transferázy – zabezpečujú prenos charakteristickej skupiny medzi dvoma substrátmi, napr. utvorenie glukóza-6-fosfátu prenosom fosfátvej skupiny z ATP na glukózu
  - c) hydrolázy – zabezpečujú hydrolytické štiepenie, napr. štiepenie lipidov na karboxylové kyseliny a na glycerol alebo štiepenie bielkovín na aminokyseliny
  - d) lyázy – zabezpečujú nehydrolytické štiepenie väzieb C – C, napr. dekarboxylácia aminokyselín za vzniku amínov a  $CO_2$
  - e) izomerázy – zabezpečujú vnútramolekulové premeny substrátov, napr. premena glukózy na fruktózu
  - f) ligázy (syntetázy) – zabezpečujú zlučovanie dvoch molekúl substrátu, spotrebováva sa energia z ATP

## VITAMÍNY

- nízkomolekulové organické látky
- z chemického hľadiska to môžu byť heterocyklické zlúčeniny, sacharidy, izoprenoidy alebo steroidy
- pôsobia ako koenzýmy a ako regulačné faktory
- boli objavené ruským lekárom Luninom r. 1880, pomenoval ich Poliak Kazimír Funk
- môžu sa syntetizovať ako hotové vitamíny alebo ako provitamíny, ktoré sa ďalej syntetizujú pomocou enzymatických systémov alebo ultrafialového žiarenia na vitamíny
- nižšie heterotrofné organizmy si ich syntetizujú sami, vyššie heterotrofné organizmy ich musia prijímať potravou
- avitaminóza – úplný deficit vitamínov v organizme (v súčasnosti len veľmi zriedkavý), prejavuje sa skorbutom, šeroslepota, rachitom, ...
- hypovitaminóza – znížený prívod vitamínov do organizmu
- hypervitaminóza – zvýšený prívod vitamínov do organizmu

### *Vitamíny rozpustné vo vode*

- vitamín B<sub>1</sub> – tiamín:
  - koenzým enzýmov
  - nedostatok → ochorenie beri-beri
  - zdroje: obilniny, ryža, kvasnice, čierny chlieb
- vitamín B<sub>2</sub> – riboflavín:
  - koenzým oxidoreduktáz
  - tvorí B<sub>2</sub>-komplex, v ktorom sa nachádza aj nikotínamid
  - zdroje: mäso, mlieko, kvasnice, vajcia
- vitamín B<sub>6</sub> – pyridoxín:
  - koenzým
  - hypovitaminóza → poruchy metabolizmu a nervovej činnosti
  - zdroje: mäso, mlieko, kvasnice
- vitamín B<sub>12</sub> – kobalamín:
  - obsahuje kobalt
  - nedostatok → zhubná chudokrvnosť
  - zdroj – črevné mikroorganizmy
- vitamín C – kyselina L-askorbová:
  - sacharidový derivát (synteticky sa pripravuje z tohto sacharidu)
  - redoxný systém
  - nedostatok → poruchy metabolizmu spojivového tkaniva (skorbut)
  - zdroje: kyslá kapusta, ovocie (kiwvi), zelenina
- vitamín H – biotín – zdrojom sú črevné mikroorganizmy
- vitamín PP – niacín:
  - chemicky kyselina nikotínová, je to koenzým
  - jeho derivát je nikotínamid (nachádza sa v B<sub>2</sub>-komplexe)

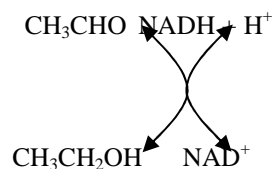
### *Vitamíny rozpustné v tukoch*

- vitamín A – retinol:
  - jeho provitamínom je β-karotén
  - nedostatok → poruchy videnia, šeroslepota
  - zdroje: rybí tuk, maslo, vajcia, mlieko
- vitamíny D – kalciferoly:
  - steroidy
  - provitamín – ergosterol
  - dôležitý pri vstrebávaní vápnika, nedostatok → rachytys
  - zdroje: rybí tuk, ožiarenie UV žiarením, mlieko, maslo
- vitamíny E – tokoferoly:
  - tvoria sa v rastlinách
  - nedostatok sa prejavuje neplodnosťou a distrofiou svalstva
  - zdroje: obilné klíčky, mikroorganizmy
- vitamíny K – fylochinóny:

- deriváty naftochinónu
- nedostatok → malá zrážanlivosť krvi
- zdroje: zelené časti rastlín, črevné mikroorganizmy

### ***OXIDOREDUKČNÉ DEJE V ŽIVÝCH SÚSTAVÁCH***

- deje v živých sústavách delíme na:
  - a) anabolické:
    - inak aj syntetické alebo asimilačné
    - z jednoduchých látok vznikajú zložitejšie (napr. premena glukózy na polysacharid, premena aminokyselín na bielkoviny)
    - treba pri nich dodávať energiu (z ATP)
  - b) katabolické:
    - zo zložitých látok vznikajú jednoduchšie (napr. vznik aminokyselín z bielkovín)
    - uvoľňuje sa pri nich energia
  - c) amfibolické:
    - dochádza k zmene štruktúry substrátu (napr. transaminácia)
    - dochádza iba k malým výmenám energie
- najvýznamnejšími dejmi v živých sústavách sú deje oxidoredukčné:
  - oxidácia – látka odovzdáva elektróny, vzniká kation; chápeme ju ako dehydrogenáciu (odovzdanie atómov vodíka)
  - redukcia – látka prijíma elektróny, vzniká anión; chápeme ju ako hydrogenáciu (přiberanie atómov vodíka)
  - oxidácia nikdy neprebíha bez redukcie ⇒ keď prebieha oxidačný dej, koenzým sa redukuje a keď prebieha redukčný dej, koenzým sa oxiduje (napr. pri premene etanolu na etanál (oxidácia) sa koenzým nikotínamidadenínindinukleotid ( $\text{NAD}^+$ ) redukuje (pozri obr.))

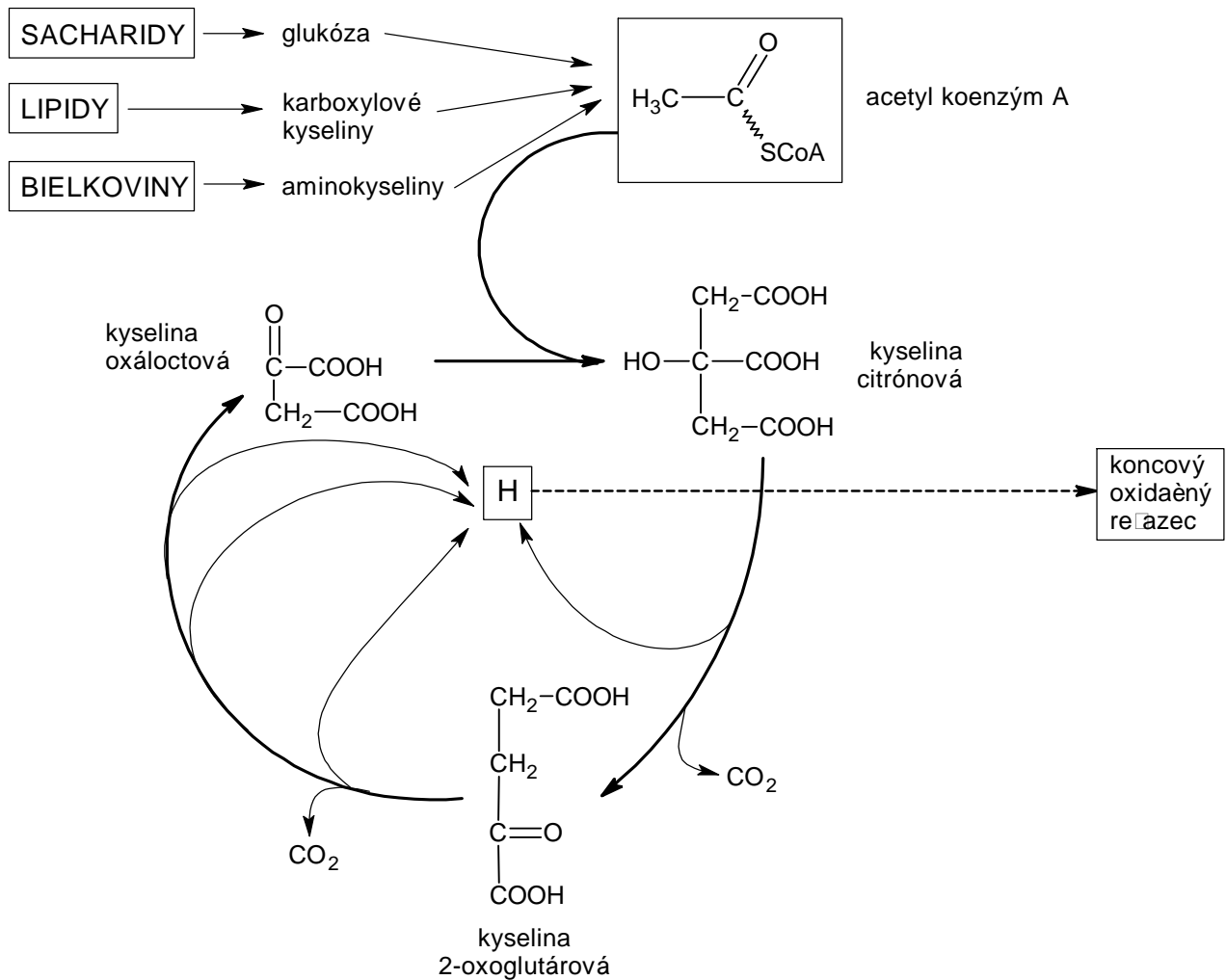


### ***ENERGETIKA BIOCHEMICKÝCH PROCESOV***

- reakcie, pri ktorých sa energia uvoľňuje, sa nazývajú exergonické (napr. katabolické reakcie)
- reakcie, pri ktorých sa energia spotrebúva, sa nazývajú endergonické (napr. anabolické reakcie)

### ***KREBSOV CYKLUS***

- inak aj citrátový cyklus alebo cyklus kyseliny citrónovej



- živiny sa v Krebsovom cykle oxidujú a koenzýmy sa redukujú:
  - FAD (flavínadenínindinukleotid)  $\rightarrow$  FADH
  - NAD (nikotínamidadenínindinukleotid)  $\rightarrow$  NADH + H
- koenzýmy prenášajú vodík vylúčený v cykle do dýchacieho reťazca (koncového oxidačného reťazca):
  - je lokalizovaný na vnútorných stranách membrán mitochondrií
  - tvorí ho niekoľko redoxných systémov – flavoproteíny a cytochrómy
  - účinnou látkou je v ňom železo v iónovej forme
  - reakcie:
    - $8 \text{ H} + 8 \text{ Fe}^{3+} \rightarrow 8 \text{ Fe}^{2+} + 8 \text{ H}^+$
    - $4 \text{ O} + 8 \text{ Fe}^{2+} \rightarrow 4 \text{ O}^{2-} + 8 \text{ Fe}^{3+}$
    - $4 \text{ O}^{2-} + 8 \text{ H}^+ \rightarrow 4 \text{ H}_2\text{O} + \text{E}$
  - vzniknutá energia sa zo 60 % spotrebováva pri endergonických reakciách, 40 % z nej sa ukladá do ATP
  - v dýchacom reťazci sa FAD a NAD oxidujú
- $\text{CO}_2$  vzniknutý v cykle sa vylučuje z tela, spracovávajú ho autotrofné organizmy

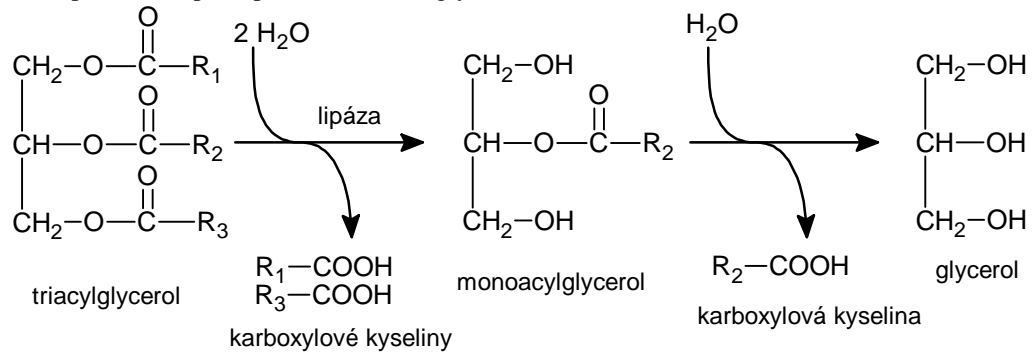
- zjednodušený zápis Krebsovho cyklu:  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{SCoA} + 3 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 8 \text{ H} + \text{HS}-\text{CoA}$
- koenzým A

- chemické názvy niektorých zlúčenín:
  - kyselina citrónová = kyselina 2-hydroxy-1,2,3-propántrikarboxylová
  - kyselina oxáloctová = kyselina ketobutándiová
  - kyselina 2-oxoglutárová = kyselina ketopentándiová

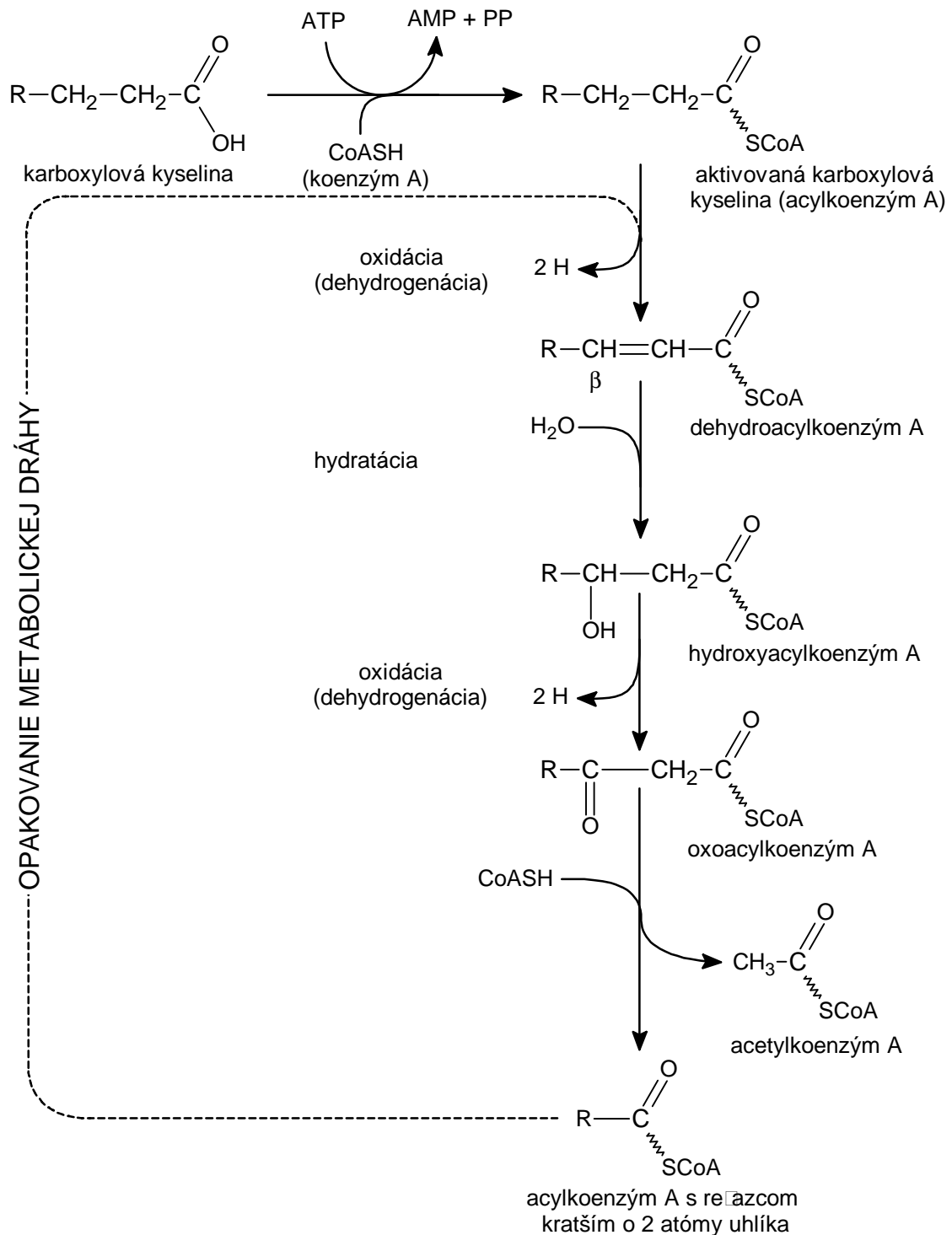
## **METABOLIZMUS A BIOSYNTÉZA LIPIDOV**

- lipidy sú kaloricky najhodnotnejšie látky (až 40 kJ z 1 g)

- pre telo nie sú však prvotným zdrojom energie (to sú cukry), slúžia najmä ako tepelná izolácia a ako rozpúšťadlá
- sú to estery vyšších karboxylových kyselín (VKK) a glycerolu
- biosyntéza lipidov – vznikajú z vyšších karboxylových kyselín a glycerolu
- metabolizmus lipidov – rozpad lipidov na VKK a glycerol nastáva takto:



- metabolizmus VKK na acetylkoenzým A (vstup pri citrátovom cykle) sa volá  $\beta$ -oxidácia a má takýto priebeh:
  - 1) na karboxylovú skupinu mastnej kyseliny (VKK) sa naviaže koenzým A (VKK sa aktivuje)
  - 2) nastáva dehydrogenácia na  $\alpha$ - a  $\beta$ -uhlíku aktivovanej karboxylovej kyseliny (FAD)
  - 3) adícia vody, OH-skupina sa naviaže na  $\beta$ -uhlík
  - 4) dehydrogenácia (NAD)
  - 5) vznik karboxylovej kyseliny kratšej o dva uhlíky, proces sa opakuje

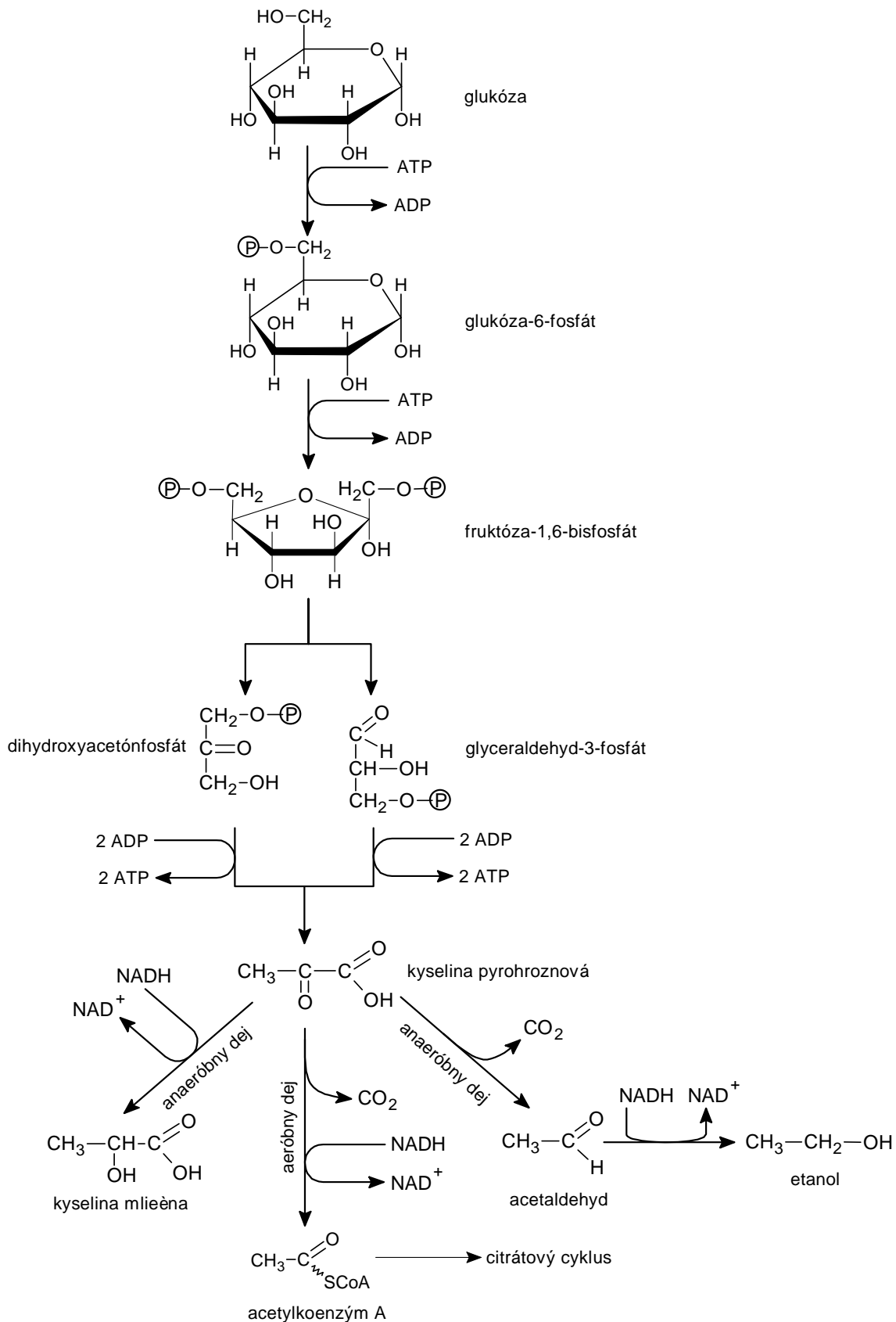


### **METABOLIZMUS A BIOSYNTÉZA SACHARIDOV**

- biosyntéza:
  - iba autotrofné organizmy si dokážu syntetizovať sacharidy (heterotrofné ich prijímajú v potrave)
  - fotosyntéza:
    - $12 H_2O + 6 CO_2 \xrightarrow[\text{chlorofyl}]{\text{sln. E}} C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 + 6 H_2O$
    - svetelná fáza:
      - fotóny slnečného žiarenia excitujú elektróny v chlorofyle, ktoré sa postupne prenášajú na koenzýmy, strácajú svoju excitačnú energiu, ktorá sa využíva na tvorbu ATP



- úbytok elektrónov chlorofylu (aby mohol plniť naďalej svoju funkciu) sa vyrovnáva oxidáciou atómu kyslíka v molekule vody za vzniku elementárneho kyslíka
- tmavá fáza – redukované koenzýmy sa využívajú na redukciu uhlíka v oxide uhličitom, zložitou metabolickou dráhou sa zo šiestich molekúl CO<sub>2</sub> tvorí glukóza, ktorej polykondenzáciou vzniká škrob
- metabolizmus glukózy (pozri obr.):
  - a) fosforylácia glukózy na glukóza-6-fosfát
  - b) izomerácia glukóza-6-fosfátu na fruktóza-6-fosfát a ďalšia fosforylácia na fruktóza-1,6-bisfosfát
  - c) štiepenie fruktóza-1,6-bisfosfátu na glyceraldehyd-3-fosfát a na dihydroxyacetónfosfát
  - d) oxidácia glyceraldehyd-3-fosfátu a dihydroxyacetónfosfátu na kyselinu pyrohroznovú
  - e) z kyseliny pyrohroznovej môže vzniknúť:
    - 1) v aeróbnom deji dekarboxyláciou a redukciou acetylkoenzým A (substrát pre cytrátový cyklus)
    - 2) v anaeróbnom deju redukciou kyselina mliečna (z nej je svalovica; hromadí sa a vzniká z nej znova glukóza)
    - 3) v anaeróbnom deji za prítomnosti kvasiniek dekarboxyláciou a redukciou etanol



### **METABOLIZMUS A BIOSYNTÉZA BIELKOVÍN**

- bielkoviny sú biomakromolekulové zložené z aminokyselín, ktoré sú v nich pospájané peptidovou väzbou

- katabolizmus (metabolizmus) bielkovín – hydrolytické štiepenie za prítomnosti proteáz (enzýmy) – produktmi sú amoniak, močovina a kyselina močová
- v rastlinnom tele – syntéza aminokyselín z  $H_2O$ ,  $CO_2$  a  $N_2$
- živočíchy získavajú polovicu aminokyselín potravou (esenciálne aminokyseliny) a polovicu aminokyselín transamináciou (neesenciálne aminokyseliny)
- anabolizmus (biosyntéza) bielkovín – proteosyntéza:
  - je to veľmi zložitý riadený proces, presnú informáciu o ňom máme zakódovanú v DNA
  - poradie nukleotidov v DNA = poradiu aminokyselín v bielkovinách
  - 2 fázy:
    - 1) transkripcia – prepis informácie o primárnej štruktúre bielkovín z DNA na mRNA
    - 2) translácia – preklad tohto zápisu do postupností aminokyselín v bielkovine
  - priebeh:
    - 1) transkripcia – z časti molekuly DNA (tzv. génu) sa účasťou polymerázy prepíše poradie jej nukleotidov, a to utvorením reťazca mRNA z doplnkových (komplementárnych) nukleotidov (namiesto adenínu v DNA je v mRNA uracil, namiesto guanínu cytozín, namiesto cytozínu guanín a namiesto tymínu adenín)
    - 2) utvorená mRNA, ktorá má tvar vlákna, sa viaže na ribozómy v bunke, pričom sa väzbou s ňou viaceré ribozómy navzájom spájajú a vzniká polyribozóm náhrdelníkového tvaru, pričom ribozómy sa v ňom po vlákne mRNA môžu pohybovať od jedného konca na druhý
    - 3) translácia:
      - keďže nukleotidy v mRNA sú len 4 a aminokyselín je 20, slúžia na zapísanie jednej aminokyseliny až 3 za sebou idúce nukleotidy (64 možností, čiže to už stačí na jednoznačné určenie aminokyseliny), tzv. nukleotidový triplet (kodón)
      - na kodóny mRNA sa viažu antikodóny tRNA zložené z doplnkových nukleotidov k nukleotidom v kodóne mRNA, ktoré do systému prinášajú aminokyseliny (každá aminokyselina má svoju špecifickú molekulu tRNA)
      - pohybom ribozómov po vlákne mRNA sa postupne viažu na ďalšie molekuly tRNA
      - molekula tRNA, ktorá sa naviaže na príslušný kodón mRNA, súčasne priberá už utvorenú časť peptidového reťazca z molekuly predchádzajúcej tRNA a viaže ho peptidovou väzbou na „svoju“ aminokyselinu
      - ukončenie tvorby bielkovinového reťazca a jeho uvoľnenie z ribozómov nastane vtedy, keď sa na vlákne mRNA objaví taký kodón (jeden zo 44), pre ktorý neexistuje komplementárny antikodón tRNA

## ***HORMÓNY***

- zabezpečujú autoreguláciu chemických procesov v organizme
- môžu dej buď inhibovať (spomaľovať) alebo aktivovať (urýchľovať)
- môžu zároveň zväčšovať alebo znižovať tvorbu enzýmov (represia a indukcia)
- buď prenikajú priamo do bunky a tam vykonávajú svoju funkciu, alebo sa dostanú na povrch bunky a pomocou receptorov odovzdávajú informáciu, čo sa má diať
- rastliny:
  - heteroauxín, gibberelíny – zrýchľujú rast, na jar
  - kyselina abscisová – spomaľuje rast, na jeseň (príprava na spánok)
- hmyz:
  - ekdyzón – vyzliekací hormón – zabezpečuje vyzliekanie pokožky u hmyzu, pôsobí spolu s juvenilným hormónom
  - feromóny – pohlavné ektohormóny, fungujú na veľkú vzdialenosť ⇒ využívajú sa na odpudenie hmyzu
- človek:
  - hormóny človeka sú bielkoviny, peptidy alebo deriváty aminokyselín
  - rozširujú sa difúziou v krvi do celého tela
  - účinok – pár minút (adrenalin) – niekoľko týždňov (tyroxín)
  - hypofýza:
    - hlavná funkcia – reguluje iné žľazy s vnútorným vylučovaním (endokrinné žľazy)
    - gonadotropíny – ovplyvňujú činnosť pohlavných žliaz
    - laktogénny hormón – reguluje produkciu mlieka v prsníkoch
    - tyreotropín – riadi činnosť štítnej žľazy
    - adrenokortikotropín – ovplyvňuje tvorbu kortikoidov v kôre nadobličiek
    - somatotropín – reguluje rast organizmus (poruchy → nanizmus, gigantizmus alebo akromegália)
    - pituitrín – reguluje vstrebávanie vody v obličkách
    - vazopresín – zabezpečuje zúženie ciev a zvýšenie tlaku, pôsobí dlhšie než adrenalin

- oxytocín – zabezpečuje sťahy svalov maternice
- štítna žľaza:
  - nefunkčnosť → kreténizmus
  - tyroxín, trijódtyronín – obsahujú jód, regulujú tvorbu oxidoreduktáz
  - kalcitonín – viaže vápnik v kostiach
  - termotyryn A, B – regulácia telesnej teploty
- prištítna telieska – parathormón – vyplavuje vápnik a fosfor z kostí
- podžalúdková žľaza (Langerhansove ostrovčeky pankreasu):
  - inzulín – znižovanie obsahu glukózy v krvi, jej premena na glykogén; nedostatok → cukrovka
  - glukagón – štiepenie glykogénu na glukózu
- nadobličky:
  - kôra – kortikoidy – ovplyvňujú metabolizmus sacharidov, bielkovín, pohyb iónov Na a K
  - dreň:
    - adrenalín – zvyšuje obsah glukózy v krvi, zvýši rytmus srdca, tlak, ...
    - noradrenalín – viac ovplyvňuje krvný obeh
- pohlavné hormóny:
  - muži – testosterón, androsterón – regulujú metabolizmus bielkovín, podporujú proteosyntézu
  - ženy – estrogény, progesterón, gestagény – regulujú menštruáciu, pripravujú maternicu ku gravidite
- detská žľaza (týmus):
  - v hrudníku
  - najväčšia v 14 – 16 rokoch, potom sa stáva tukovým väzivom
  - reguluje dospievanie, ale jej hormón ešte nebol izolovaný

# KONIEC