

---

ОРГАНСКА

# ХЕМИЈА

за трећи разред средње школе делатности личних услуга

Александра Влатковић, дипломирани хемичар

---

## СТРУКТУРА АТОМА УГЉЕНИКА

Органска хемија је хемија угљеникових једињења.

Име „органска“ је погрешно и потиче из оних дана када су хемијска једињења била подељена на неорганска и органска према њиховом пореклу. Неорганска једињења су она која су добијана из минерала, а органска су биљног и животињског порекла и добијана су из материјала који су производи живих организама.

Једињења органског порекла имају заједничку карактеристику – сва садрже угљеник. Иако њихово порекло не мора бити живи организам, већ се могу синтетисати у лабораторији, задржано је име „органски“ за описивање таквих и сличних једињења.

Многа органска једињења се и данас изолују из одговарајућег биљног и животињског материјала погодним методама, али се многа и синтетишу. Синтезе се некада изводе и из неорганских једињења (карбоната, цијанида) или из других органских једињења. Постоје два велика извора органског материјала за добијање једноставних органских једињења – нафта и угаљ. Ова једноставна једињења се користе као градивни блокови од којих се могу синтетисати већа и компликованија органска једињења.

Постоји веома велики број органских једињења, а њихови молекули могу бити врло велики и сложени. Једињења са угљеником има много више него једињења која не садрже угљеник.

Органска једињења су подељена у класе (према структури и особинама) које немају аналоге међу неорганским једињењима. Органска једињења могу садржати и хиљаде атома, а распоред атома већ и код релативно малих молекула може бити веома сложен.

### **Шта је карактеристично за атом угљеника да може да гради толико различитих једињења?**

Атоми угљеника могу се везивати међусобно на начин на који не могу атоми ниједног другог елемента. Они могу стварати ланце или прстенове свих величина који могу бити разгранати или попречно повезани. На тако везане атоме угљеника могу се везати и други атоми, углавном атоми водоника, али има и атома кисеоника, азота, сумпора, халогених елемената, фосфора и многих других.

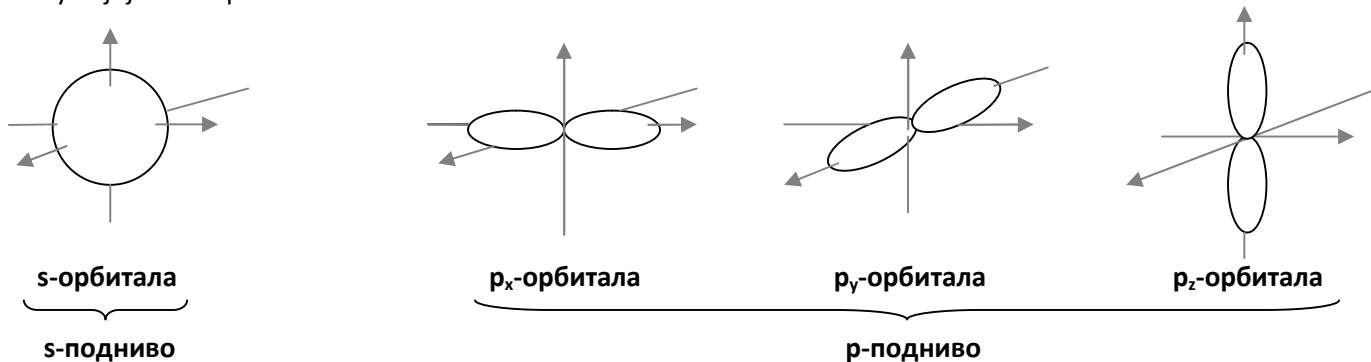
Различита једињења имају различит распоред атома, а свако једињење има карактеристичне физичке и хемијске особине. До данас је познато око милион једињења угљеника, а хиљаде нових се синтетише сваке године. Органска хемија је подручје веома важно за технологију: хемија боја, лекова, папира, мастила, пластичних маса, бензина, гуме, хране, одеће итд.

Органска хемија је од основне важности за биологију и медицину. Живи организми, су осим воде, претежно изграђени од органских једињења (биомолекула) и биолошки процеси спадају у органску хемију.

Ковалентна веза је карактеристична веза угљеникових једињења.

Ковалентна веза настаје спаривањем валентних електрона чиме настаје заједнички електронски пар и оба атома на тај начин попуњавају своје валентне нивое. Сила која повезује атоме је резултат електростатичког привлачења језгара и електрона.

Атомска орбитала је део простора око језгра у коме је највећа вероватноћа налажења електрона. Постоје различите врсте орбитала (разликују се по облику, величини и распореду око језгра). Од енергије електрона зависи у којој ће се орбитали налазити.

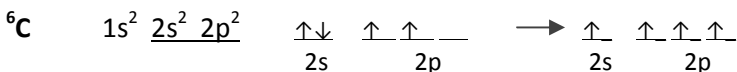
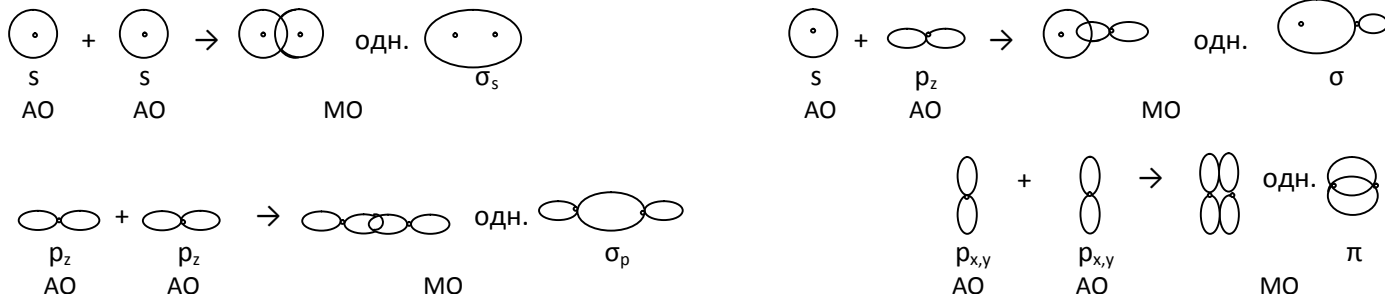


Од облика и међусобног размештаја орбитала у простору зависи међусобни распоред атома у молекулу, а тиме и његове особине.

Аналогно атомским орбиталама у молекулу постоје молекулске орбитале у којима се налазе електрони. Молекулске орбитале обухватају више језгара, а могу прекрити и цео молекул при чему је распоред језгара и електрона такав да молекул буде што стабилнији (минимум енергије).

Пошто је овакав модел веома сложен упрошћава се апроксимацијом да је заједнички електронски пар локализован између два језгра и да облици тих локализованих молекулских орбитала и њихов међусобни размештај зависе од облика и размештаја атомских орбитала од којих настају преклапањем – везивне молекулске орбитале.

Ако се два атома приближе и њихове атомске орбитале се преклопе (орбитале морају бити у повољном просторном распореду, у свакој атомској орбитали мора се налазити по један неспарени електрон и та два електрона морају бити супротног спина) настаје везивна молекулска орбитала у којој су смештена оба електрона – заједнички електронски пар (ниже енергије од атомских орбитала) и развезивна орбитала која није попуњена (више енергије од атомских орбитала).



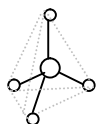
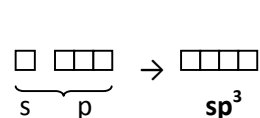
Електрон из 2s-орбитале прелази у 2p-орбиталу чиме се добијају четири неспарена електрона.

Атом угљеника би овако градио различите везе (s- и p-орбитале би градиле везе различите дужине и енергије, а биле би под углом од  $90^\circ$ ) што није случај.

Долази до **хибридизације** (мешања) **атомских орбитала**. Мешањем s- и p-орбитала у једном атому настају исте атомске хибридне орбитале које имају већи усмерен карактер чиме долази до већег преклапања са орбиталама других атома и настају јаче и стабилније везе.



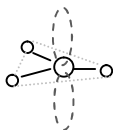
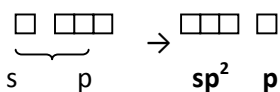
Хибридне орбитале настоје да се у простору што више удаље.



#### тетраедарска структура

углови веза су  $109^\circ$

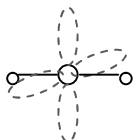
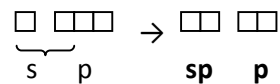
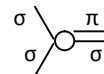
четири хибридне орбитале су усмерене ка угловима тетраедра атом гради **четири једноструке везе** са четири друга атома



#### планарна структура

углови веза су  $120^\circ$

три хибридне орбитале су у равни усмерене ка угловима једнакоугаоног троугла, а p-орбитала је нормална на раван хибридних орбитала атом гради **једну двоструку и две једноструке везе** атом се везује са три друга атома



#### линеарна структура

углови веза су  $180^\circ$

две хибридне орбитале су у линији супротно усмерене, а две p-орбитале су нормалне на линију хибридних орбитала и једна у односу на другу атом гради **једну троструку и једну једноструку везу** или

#### две двоструке везе

атом се везује са два друга атома



### Атом угљеника увек гради четири ковалентне везе.

За разлику од осталих елемената атом угљеника може да гради једноструке, двоструке и троструке везе и да се тако повезује са четири, три или два друга атома са различитим распоредом у простору чиме се може добити велики број различитих молекула са различитом структуром и особинама. Само још азот и кисеоник могу градити вишеструке везе (азот двоструку  $\text{--N=}$  и троструку  $\text{N}\equiv$ , а кисеоник двоструку  $\text{O=}$ ), али ни приближно не могу дати толико различитих молекула.

## ПОДЕЛА ОРГАНСКИХ ЈЕДИЊЕЊА

Постоји веома велики број органских једињења, а њихови молекули могу бити врло велики и сложени. Атоми угљеника се могу међусобно везивати на различите начине – могу стварати низове и прстенове свих величина који могу бити разгранати или попречно повезани. На тако везане атоме угљеника могу се везати и други атоми (N, O, S, X, P итд.). Осим тога, атоми угљеника могу градити једноструке, двоструке и троструке везе.

**Органска једињења се деле у класе (једињења сличне структуре и физичких и хемијских особина).**

### Подела органских једињења према саставу:

- угљоводоници (састоје се из C, H)
  - кисеонична једињења (осим C, H садрже и O)
  - азотна једињења (осим C, H садрже и N)
  - сумпорна једињења (осим C, H садрже и S)
- итд.

Ова подела није оштра јер многа једињења садрже више различитих атома од C и H (N и O, O и S, N, O и S итд.).

### Подела према структури угљениковог низа:

- ациклична (C-атоми граде отворене низове)
  - циклична (C-атоми граде затворене низове – прстенове)
    - \*хомоциклична (прстен је изграђен само из C-атома)
    - \*хетероциклична (прстен осим C-атома садржи и неки други атом, најчешће . N, O, S)
- Прстен може бити алицикличан или ароматичан.

### Подела према хемијским особинама:

- алифатична (ациклична или алициклична)
- ароматична.

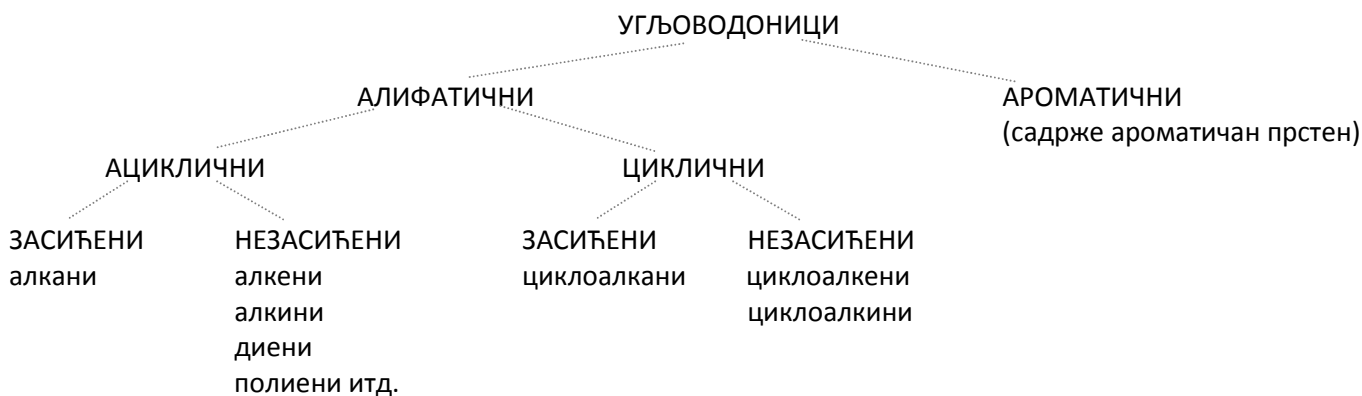
### Подела према функционалној групи:

Органска једињења деле се најчешће на класе према функционалној групи коју садрже (нпр. угљоводоници, алкохоли, алдехиди, кетони, карбоксилне киселине, амини итд.). Једињења у оквиру класе имају сличне физичке и хемијске особине.

Свака група једињења има карактеристичне и одређене особине које су последица структуре, па је ова подела и класификација према физичким и хемијским особинама.

Унутар групе постоје разлике у особинама нпр. сви чланови групе реагују са неким реагенсом на исти начин али различитом брзином. Може се десити да поједини делови молекула различито реагују што одговара промени структуре у молекулу.

**Угљоводоници су органска једињења која се састоје из два елемента C и H.** Распрострањени су у природи као природни гас и нафта. Према структури и хемијским особинама делимо их на алифатичне и ароматичне. Алифатични угљоводоници су обично чврсте или уљасте супстанце (мада има и гасовитих) које се растварају у неполарним растварачима и без мириса су. Ароматични угљоводоници су лако покретљиве и испарљиве течности јаког мириса и растварају се у поларним растварачима. Алифатични угљоводоници се даље деле на родове(алкане, алкене, алкине и њихове цикличне аналоге циклоалкане, циклоалкене, циклоалкине, затим на диене, полиене итд.).



**Питања:**

- Које подручје проучава органска хемија?
- Шта је хибридизација атомских орбитала?
- Који су типови хибридизације атомских орбитала код атома угљеника и какве везе такве хибридне орбитале могу градити?
- Колико ковалентних веза гради атом угљеника?
- Како можемо извршити поделу органских једињења?
- Како делимо органска једињења према саставу?
- Како делимо органска једињења према структури угљениковог низа?
- Како делимо органска једињења према хемијским особинама?
- Како делимо угљоводонике?

## АЛКАНИ

**Алкани** (парафини) су алифатични ациклични засићени угљоводоници. Њихова општа формула је  $C_nH_{2n+2}$ . Сви алкани чине хомологи низ – сваки следећи члан низа има  $CH_2$ -групу више од претходног члана.

C-атоми су  $sp^3$ -хибридизовани и повезани су једноструким  $\sigma$ -везама у низове који могу бити равни или рачвасте структуре. Везе су тетраедарски усмерене.

алкан	молекулска формула	структурна формула	рационална формула	
метан	$CH_4$	$\begin{array}{c} H \\   \\ H - C - H \\   \\ H \end{array}$	$CH_4$	
етан	$C_2H_6$	$\begin{array}{c} H & H \\   &   \\ H - C - & C - H \\   &   \\ H & H \end{array}$	$H_3C - CH_3$	
пропан	$C_3H_8$	$\begin{array}{c} H & H & H \\   &   &   \\ H - C - & C - & C - H \\   &   &   \\ H & H & H \end{array}$	$H_3C - CH_2 - CH_3$	
бутан	$C_4H_{10}$	$\begin{array}{c} H & H & H & H \\   &   &   &   \\ H - C - & C - & C - & C - H \\   &   &   &   \\ H & H & H & H \end{array}$	$H_3C - CH_2 - CH_2 - CH_3$	<i>n</i> -бутан
		$\begin{array}{c} H & H & H \\   &   &   \\ H - C - & C - & C - H \\   &   &   \\ H &   & H \\   &   & \\ H - C - & H & \\   & & \\ H & & \end{array}$	$H_3C - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH} - CH_3$	<i>izo</i> -бутан

**Структурни изомери су једињења која имају исту молекулску формулу и састав, а различите структуре (различит распоред атома у молекулу) због чега имају различите физичке и хемијске особине.** Код алкана изомерија се прво јавља код бутана, а затим код осталих чланова хомологог низа. Са повећањем броја C-атома расте број могућих структурних изомера.

Прва четири члана хомологог низа имају тривијална имена. Код осталих чланова имена се изводе тако што се на грчки префикс којим се означава број C-атома додаје наставка **-ан**.

пентан	$C_5H_{12}$
хексан	$C_6H_{14}$
хептан	$C_7H_{16}$
октан	$C_8H_{18}$
нонан	$C_9H_{20}$
декан	$C_{10}H_{22}$

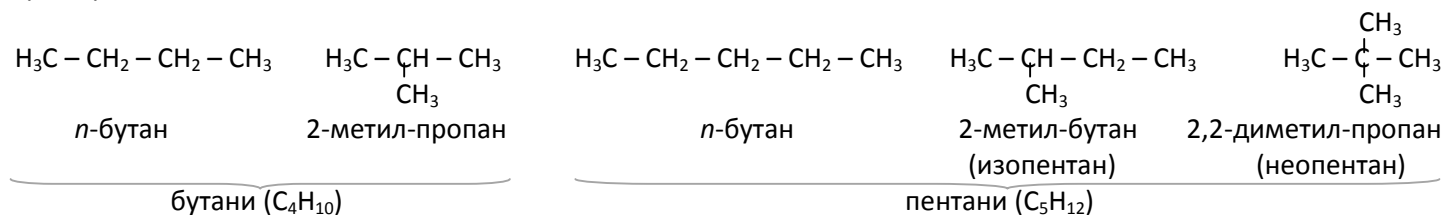
### Номенклатура:

- основни низ је најдужи непрекидни низ C-атома и према њему алкан добија име (додатком наставка -ан)
- бочни низови код рачвастих алкана су супституенти у основном низу – алкил-групе
- C-атоми у основном низу се редом обележавају бројевима и обележавање почиње са оног краја низа коме су ближи супституенти, тј. супституенти треба да буду везани за C-атоме са што мањим бројем
- име алкан добија тако што се наведе број C-атома за који је везан супституент и име супституента, на тај начин се наведу положаји и имена свих супституенета и на крају се наведе име основног низа.

**Алкил-групе** настају одвођењем једног Н-атома из молекула алкана (такав С-атом има неспарени електрон, па је алкил-група врло реактивна). Алкил-групе у имену имају наставак **-ил**.

<b>Алкан</b>		<b>алкил-група</b>	<b>(R-)</b>		
метан	CH <sub>4</sub>	<b>метил-</b>	<b>CH<sub>3</sub> –</b>		
етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	<b>етил-</b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> –</b>	( H <sub>3</sub> C – CH <sub>2</sub> – )	
пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	<b>пропил-</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> –</b>	( H <sub>3</sub> C – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – )	(примарна)
		<b>изопропил-</b>		( H <sub>3</sub> C – $\underset{ }{\text{CH}}$ – CH <sub>3</sub> )	(секундарна)
бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	<b>n-бутил-</b>	<b>C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> –</b>	( H <sub>3</sub> C – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – )	(примарна)
		<b>sek-бутил-</b>		( H <sub>3</sub> C – CH <sub>2</sub> – $\underset{ }{\text{CH}}$ – CH <sub>3</sub> )	(секундарна)
		<b>изобутил-</b>		( H <sub>3</sub> C – $\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$ – CH <sub>2</sub> – )	(примарна)
		<b>terc-бутил-</b>		( H <sub>3</sub> C – $\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} \text{ – CH}_3$ )	(терцијарна)

Примери:



Хептан има 9 структурних изомера, а декан има 75.

### **Правила за писање структурних и рационалних формула:**

Приликом писања структурних или рационалних формула прво се напише основни низ С-атома, обележе се бројевима, на одговарајуће С-атоме у основном низу се вежу одговарајући супституенти и на крају се С-атомима допише онолико Н-атома колико је потребно да сваки С-атом има четири везе.

### **Физичке особине алкана**

Алкани су супстанце без боје и мириса.

Алкани су неполярна једињења, међумолекулске силе су слабе, па имају ниске ТТ и ТК. Са повећањем броја С-атома (са повећањем M<sub>r</sub>) расте ТТ и ТК једињења. Алкани до 4 С-атома су гасовите супстанце, од 5-18 С-атома су течности, а преко 18 С-атома су чврсте супстанце. ТТ и ТК рачвастих (разгранатих) изомера су нешто ниже од ТТ и ТК *n*-алкана са истим бројем С-атома и што је већа разгранатост ниже су ТТ и ТК – са повећањем разгранатости молекула опадају ТТ и ТК једињења.

Алкани се растварају у неполарним растварачима, а течни алкани су и сами добри неполарни растварачи. Не растварају се у води и поларним растварачима.

Густина алкана је мања од густине воде и расте са порастом броја C-атома ( $0,4-0,8 \text{ g/cm}^3$ ).

### Налажење у природи, добијање и примена

Алкани су крајњи производи анаеробног разлагања органских једињења.

**Главни извор за добијање алкана су нафта и земни гас одакле се добијају фракционом дестилацијом.** У зависности од брзине повећања температуре могуће је добити различите фракције нафте.

Земни гас садржи алкане од  $C_1 - C_4$  (до 97% метана). Бутан-гас се састоји од алкана са  $C_3$  и  $C_4$ . Петролетар се састоји од алкана са  $C_5$  и  $C_6$ . Лигроин (лаки бензин) се састоји од алкана са  $C_6$  и  $C_7$ . Бензин се састоји од алкана са  $C_5 - C_{10}$  и циклоалкана (добија се при температурама  $50-200^\circ\text{C}$ ). Петролеум (петролеј, керозин – добијају се при температурама  $200-280^\circ\text{C}$ ) се састоји од алкана са  $C_{12} - C_{18}$  и ароматичних једињења. Дизел (добија се на температурама  $280-350^\circ\text{C}$ ) се састоји од алкана са  $C_{12}$  и више. Мазиво уље (мазут)(добија се на температурама  $>350^\circ\text{C}$ ) се састоје из тешко испарљивих течних супстанци дугих ланаца са цикличним структурама ( $C_{20} - C_{34}$ ). Асфалтни остатак (битумен) се састоји од неиспарљивих течних супстанци – алкана полицикличних структура и аромата. Хлађењем уља кристалише парафински восак који се пречишћава и од кога се добија вазелин.

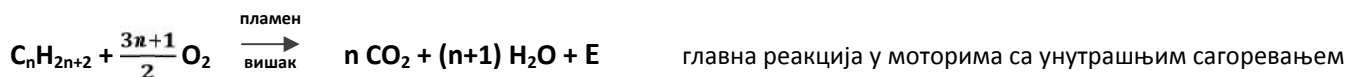
#### **Алкани се углавном користе као горива.**

Земни гас се користи као гориво. Бензин се користи као гориво за моторе и као растварач. Петролеум (петролеј, керозин) се користи као гас за осветљавање и као гориво за млазне моторе и тракторе. Дизел (гасно уље, лож уље) се користи као гориво за дизел-моторе, за чишћење машина, за ложење у бродовима и као течно гориво у домаћинствима. Мазиво уље (мазут) се користи за ложење или за подмазивање. Асфалтни остатак (битумен) се користи за производњу дуваних асфалта (битумена) или као гориво.

Угаљ и друга фосилна горива су други извори алкана одакле се добијају хидрирањем.

### Хемијске особине алкана

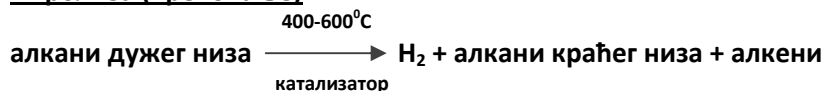
#### - Сагоревање



Сагоревањем алкана ослобађа се велика количина енергије – главни производ реакције.

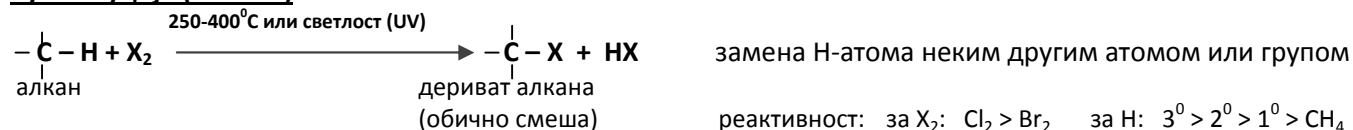
За започињање реакције потребна је висока температура, пламен или искра (енергија активације), али када започне ланчана реакција се одвија врло брзо уз ослобађање енергије.

#### - Пиролиза (крековање)



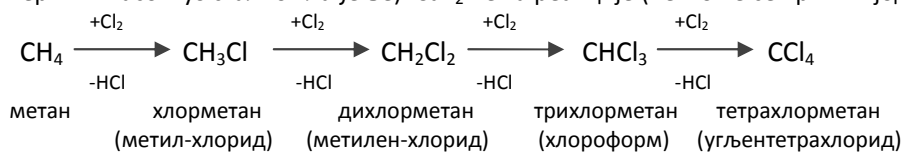
На повишеној температури без присуства кисеоника долази до цепања молекула алкана дужег низа на алкане и алкене краћег низа (pyros – топлота,ватра, liza – цепање,разлагање). Овако се индустријски из тежих фракција нафте добијају нижи алкани тј. бензинске фракције које се користе као гориво или као сировине у индустрији.

#### - Супституција (замена)



Алкани се халогеновањем преводe у халогеналкане (алкил-халогениде, халоалкане).

Са  $F_2$  реакција је веома егзотермна и мора се изводити под посебним условима (смеша мора бити разређена инертним гасом уз стално хлађење). Са  $I_2$  нема реакције (не може се вршити јодовање).





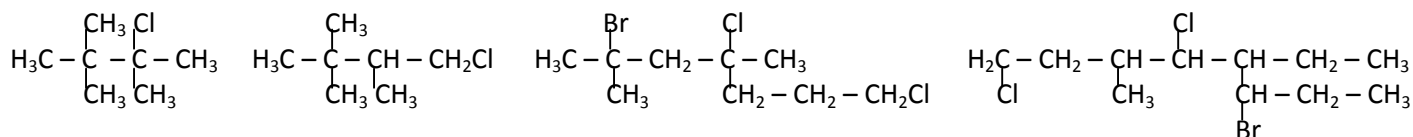
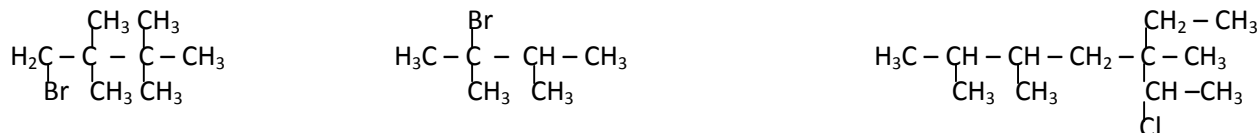
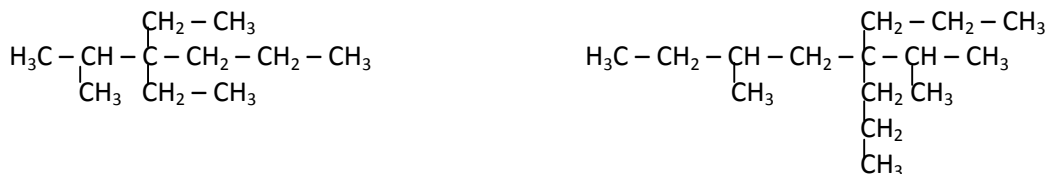
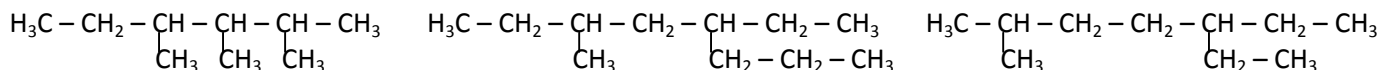
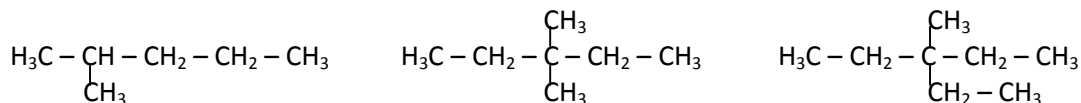
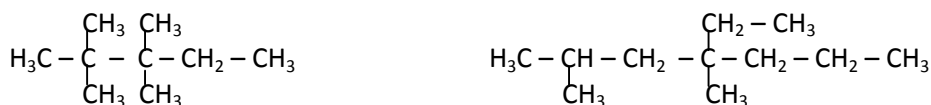
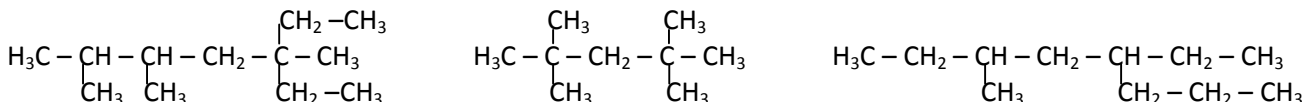


- Који су извори за добијање алкана и која им је примена?
- Какве су хемијске особине алкана (којим типовима реакција подлежу)?
- Шта је главни производ сагоревања алкана?
- Шта је пиролиза и који су производи пиролизе алкана?
- Шта је супституција?
- Који су производи халогеновања алкана?
- На ком C-атому се врши халогеновање алкана?

1. Задатак – Написати рационалне формуле следећих једињења:

4-етил-3,4-диметил-хептан, 2-метил-3-бром-пентан, 2,2,3,4-тетраметил-пентан, 2,2,4-триметил-пентан  
 3-хлор-2,2,4-триметил-пентан, 1-бром-2,2-диметил-пропан, 3-хлор-2-метил-5-етил-хептан,  
 4-хлор-3,3-диетил-2-метил-хексан, 3-бром-2-метил-3-етил-пентан, 1,1-дибром-2-метил-пропан,  
 2,2,3,3-тетраметил-пентан, 4-етил-2,4-диметил-хептан, 2,3-диметил-бутан, 2,5-диметил-хексан,  
 3,4,4,5-тетраметил-хептан, 3-етил-2-метил-пентан, 4-етил-3,4-диметил-хептан.

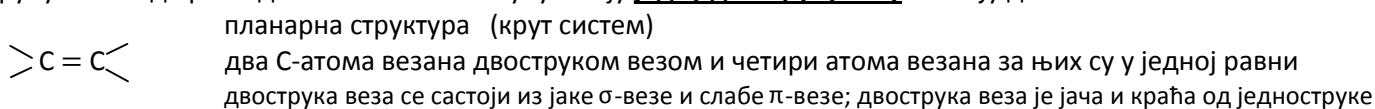
2. Задатак – Написати имена следећих једињења:



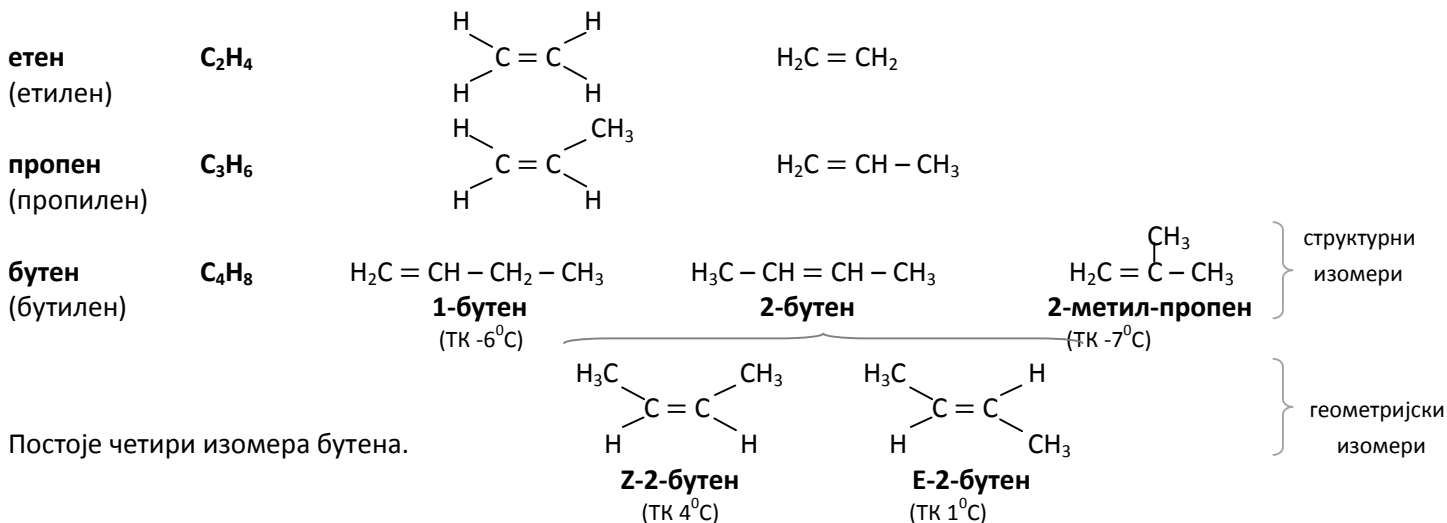
- Задатак – Написати реакцију монохлоровања 2,3-диметил-бутана, n-пентана, 2-метил-бутана, 2,2,3-триметил-бутана, 2,2,4-триметил-пентана, и називе производа.
- Задатак – Написати реакције монобромавања 2-метил-бутана, n-пентана, 2,3-диметил-бутана, 2,2-диметил-пропана и називе производа.
- Задатак – Написати реакције монобромавања 2-метил-пропана, n-пентана, 2-метил-бутана, 2,3-диметил-бутана, 2,2-диметил-пропана у присуству пероксида и називе производа.
- Написати рационалне формуле и имена свих монохлор деривата 2,2-диметил-бутана.
- Написати рационалне формуле и имена свих дихлор деривата 2-метил-пропана.

## АЛКЕНИ

**Алкени** (олефини) су алифатични незасићени угљоводоници. Њихова општа формула је  $C_nH_{2n}$  (имају два атома мање од одговарајућих алкана). Као и алкани чине хомологи низ у коме сваки следећи члан низа има  $CH_2$ -групу више од претходног члана. У молекулу имају **једну двоструку везу** између два C-атома.



Имена се изводе из имена одговарајућег алкана тако што се уместо наставка –ан ставља наставак **–ен**, а **испред имена основног низа обележава се бројем положаја двоструке везе у молекулу** (број означава иза ког C-атома се налази двострука веза). Основни низ је најдужи непрекидни низ C-атома у коме се налази двострука веза. Обележавање C-атома бројевима у основном низу почиње са оног краја низа коме је ближа двострука веза.



**Стереоизомери су изомери који се разликују само по распореду атома у простору** (сви атоми су међусобно повезани истим редоследом, али су различито усмерени у простору) – **имају исту структурну формулу**.

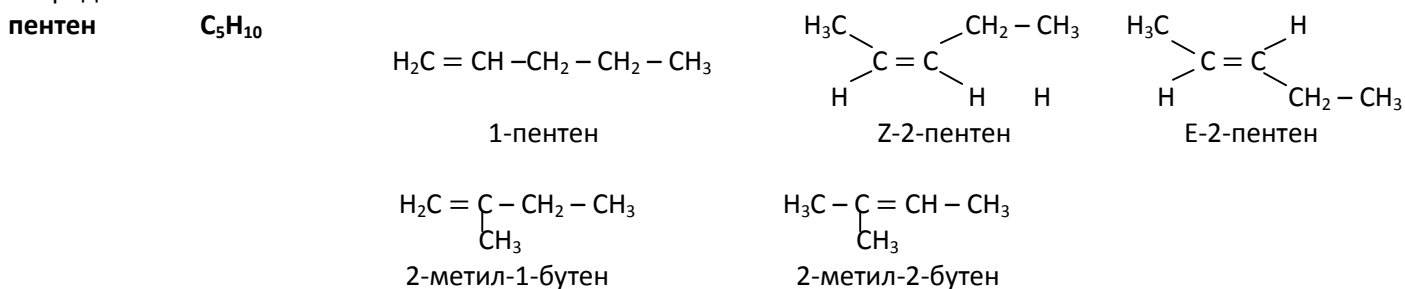
**Геометријски изомери** су диастереоизомери који се јављају због ограничене ротације око двоструке везе и **разликују се по усмерености група везаних за C-атоме повезане двоструком везом**.

Геометријска изомерија се јавља само ако су на оба двоструко везана C-атома везане различите групе.

**Z-изомер** (некада се обележавао као *cis*-) – ако су групе које имају предност **са исте стране двоструке везе**.

**E-изомер** (некада се обележавао као *trans*-) – ако су групе које имају предност **са различитих страна двоструке везе**.

**На двоструко везаном C-атому предност има атом веће масе везан за C-атом**, а ако су оба атома угљеници предност одређује следећи атом који је везан за те угљенике. Ознака геометријског изомера пише се испред имена алкена.



### Физичке особине алкена

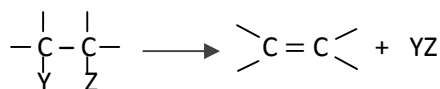
Алкени су неполарна једињења и физичке особине су сличне као код алкана. Имају ниске ТТ и ТК које расту са порастом масе одн. броја C-атома. Разгранати хомолози имају нешто ниже ТТ и ТК од оних равнoг низа.

ТТ и ТК су готово исте као код алкана са истим бројем С-атома и структуром. Код геометријских изомера Z-изомери имају нешто ниже ТТ и нешто више ТК од Е-изомера.

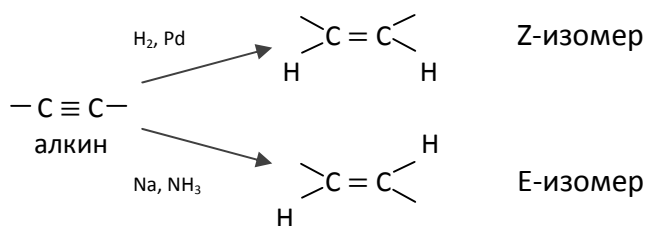
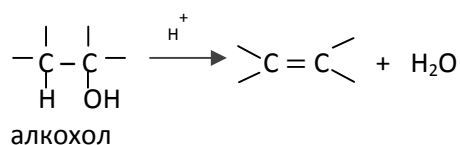
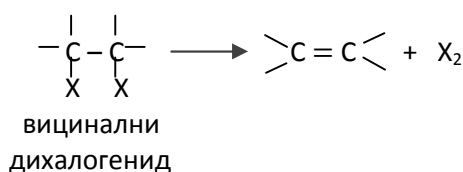
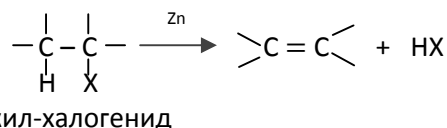
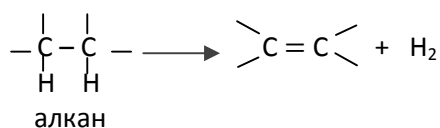
Алкени се растварају у неполарним растварачима, а не растварају се у води и поларним растварачима. Имају мању густину од воде.

### Добијање алкена

Алкени су углавном синтетички производи. У незнатним количинама се налазе у нафти, а из ње се могу добити алкени до 5 С-атома (крековањем). Добијају се процесом елиминације из алкана и њихових деривата или алкохола.



#### елиминација

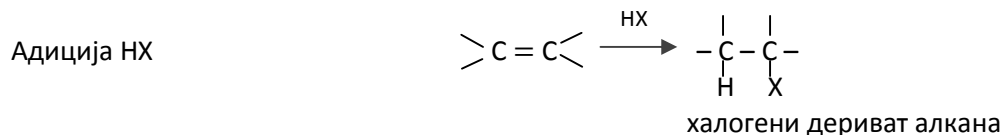
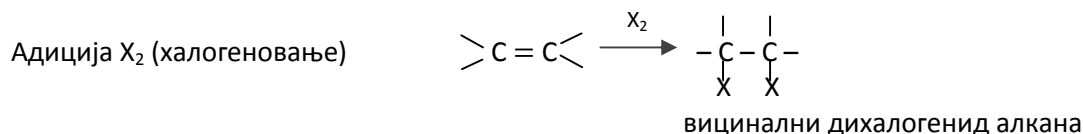
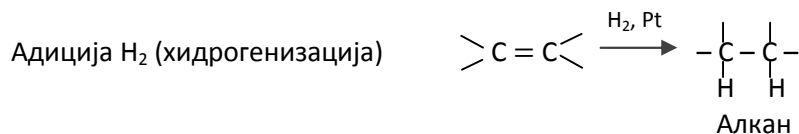
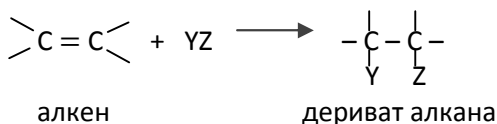


#### редукција алкина – адиција водоника

### Хемијске особине алкена

Двострука веза у молекулу алкена је њихова функционална група која подлеже карактеристичним реакцијама. Она је извор електрона и реагује са електрофилним реагенсима (киселинама) – реакције код којих долази до раскидања двоструке везе (раскида се π-веза и остаје једнострука веза између два С-атома).

- **Адиција** (два молекула реактаната се спајају у један молекул производа)





## АЛКИНИ

**Алкини** (ацетилен) су алифатични ациклични незасићени угљоводоници. Њихова општа формула је  $C_nH_{2n-2}$ . Имају два Н-атома мање од алкена одн. четири Н-атома мање од алкана са истим бројем С-атома. Имају већи степен незасићења од алкена. Као и алкани и алкени и алкини чине хомологи низ у коме сваки следећи члан низа има  $CH_2$ -групу више од претходног члана низа.

Алкини у молекулу имају једну троструку везу између два С-атома, док су остале везе једноструке. Трострука веза се састоји из једне јаке  $\sigma$ -везе и две слабе  $\pi$ -везе и јача је и краћа од једноструке и двоструке везе.



Имена добијају тако што се на име одговарајућег алкана уместо наставка –ан додаје наставак **–ин**, а испред имена основног низа бројем се обележава положај троструке везе. Обележавање С-атома бројевима врши се са оног краја основног низа коме је ближа трострука веза. Основни низ је најдужи непрекидни низ С-атома који садржи троструку везу.

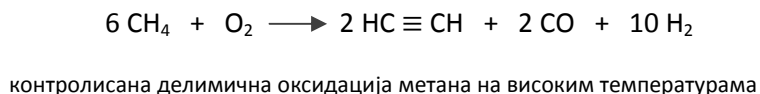
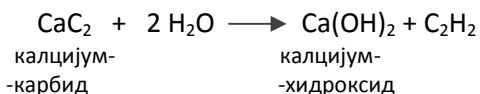
<b>етин</b> (ацетилен)	$C_2H_2$	$HC \equiv CH$			
<b>пропин</b>	$C_3H_4$	$HC \equiv C - CH_3$			
<b>бутин</b>	$C_4H_6$	$HC \equiv C - CH_2 - CH_3$ 1-бутин	$CH_3 - C \equiv C - CH_3$ 2-бутин		
<b>пентин</b>	$C_5H_8$	$HC \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$ 1-пентин	$CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$ 2-пентин	$HC \equiv C - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH} - CH_3$ 3-метил-1-бутин	
<b>хексин</b>	$C_6H_{10}$	$HC \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ 1-хексин	$CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$ 2-хексин	$HC \equiv C - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH} - CH_2 - CH_3$ 3-метил-1-пентин	
		$CH_3 - CH_2 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$ 3-хексин			
		$HC \equiv C - CH_2 - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH} - CH_3$ 4-метил-1-пентин	$CH_3 - C \equiv C - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH} - CH_3$ 4-метил-2-пентин	$HC \equiv C - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{C} - \underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH_3}$ 2,2-диметил-1-бутин	

### Физичке особине алкина

Алкини су слабо поларна једињења. Физичке особине алкина су сличне као код алкана и алкена. ТТ и ТК су скоро исте као код алкана и алкена са истим бројем С-атома и структуром. Са порастом броја С-атома расту ТТ и ТК, а са повећањем разгранатости молекула опадају.

Алкини се не растварају у води, али се прилично добро растварају у слабо поларним растварачима (лигроин, етар, бензен, ацетон, угљентетрахлорид). Мање су густине од воде.

### Индустријско добијање етина

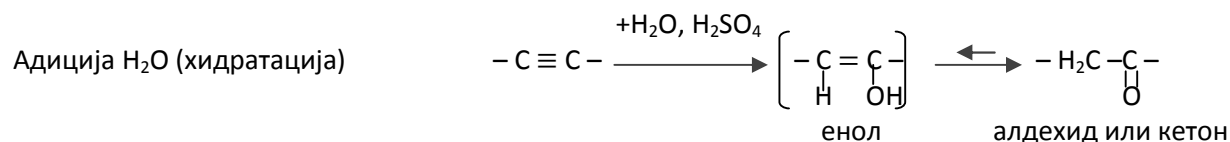
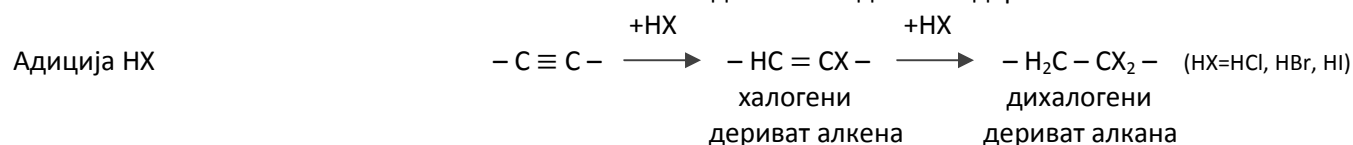
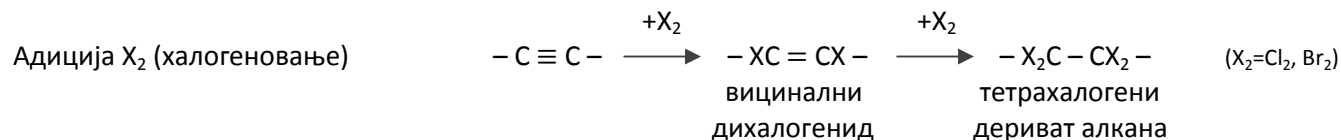
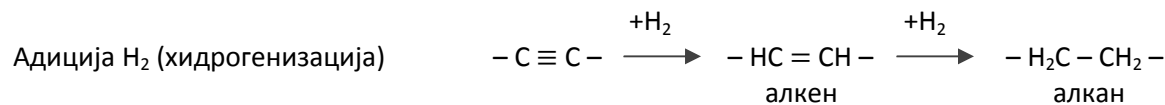
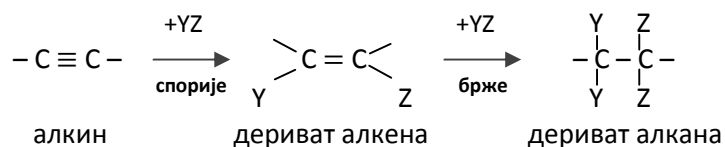


Етин (ацетилен) сабијањем експлодира, па се под притиском раствара у ацетону и пакује у боце (дису-гас). Користи се за оксиацетиленске пламенике, као сировина за многобројне органске синтезе (за добијање сирћетне киселине, етанола, незасићених једињења која су сировине за производњу пластичних маса).

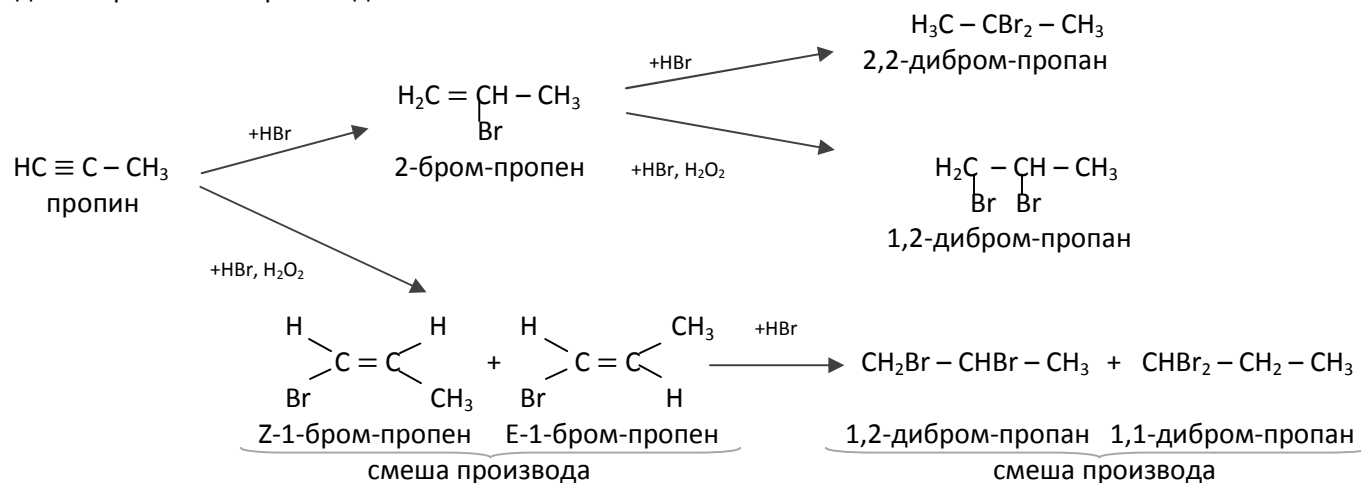
## Хемијске особине алкина

Алкини садрже троструку везу у молекулу која је функционална група и подлеже карактеристичним реакцијама. Трострука веза је мање реактивна од двоструке везе, а подлеже реакцији адиције као и двострука веза код алкена.

- **Адиција** (на троструку везу могу се адирати два мања молекула)

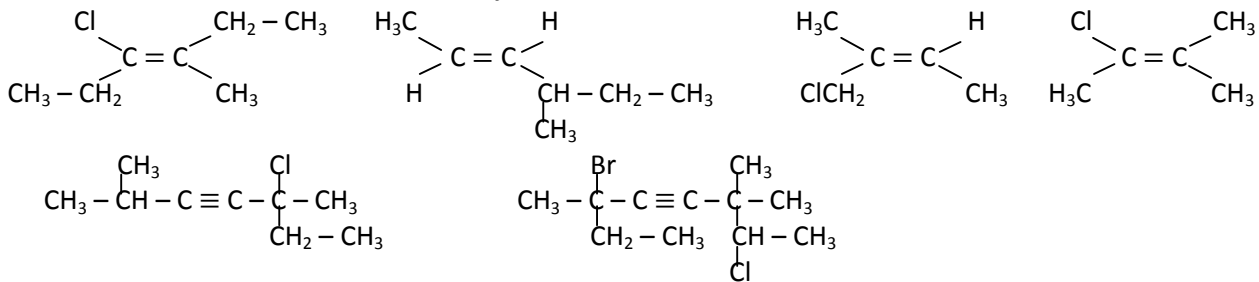


Адиција се врши према Марковниковљевом правилу. Подешавањем услова под којима се врши реакција могу се добити различити производи.



## Питања и задаци:

- Шта су алкени? Која им је општа формула?
  - Који типови изомерије се јављају код алкена?
  - Како се дају имена алкенима?
  - Какве су физичке особине алкена (какве су ТТ и ТК и како се мењају са повећањем броја С-атома, у каквим се растварачима растварају и зашто)?
  - Који су извори за добијање алкена и која им је примена?
  - Какве су хемијске особине алкена (којим типовима реакција подлежу)?
  - Какви производи се добијају адицијом на двоструку везу алкена?
  - Шта су алкини? Која им је општа формула?
  - Који тип изомерије се јавља код алкина?
  - Како се дају имена алкинима?
  - Какве су физичке особине алкина (какве су ТТ и ТК и како се мењају са повећањем броја С-атома, у каквим се растварачима растварају и зашто)?
  - Како се индустријски добија етин и која му је примена?
  - Какве су хемијске особине алкина (којим типовима реакција подлежу)?
  - Који производи се добијају адицијом на троструку везу алкина?
1. Задатак – Написати рационалне формуле следећих једињења: 2,3-диметил-2-бутена, Е-2-хлор-2-бутена, Е-3-хлор-4-метил-3-хексена, 3-метил-1-бутина, 4-метил-2-пентина.
2. Задатак – Написати имена следећих једињења:



3. Задатак – Написати следеће реакције и називе производа:
- адиције HBr на 2-метил-пропен,
  - адиције HI на 2-метил-2-бутен у присуству пероксида,
  - адиције HCl на 2-метил-1-бутен,
  - потпуне адиције Cl<sub>2</sub> на 1-бутин,
  - потпуне адиције Br<sub>2</sub> на 1-пентин,
  - потпуне адиције HI на 4-метил-1-пентин
  - потпуне адиције Cl<sub>2</sub> на 1-бутин,
  - потпуне адиције HCl на 2-бутин,
  - потпуне адиције HI на 3-метил-1-пентин,
  - потпуне адиције Br<sub>2</sub> на 3-метил-1-бутин.



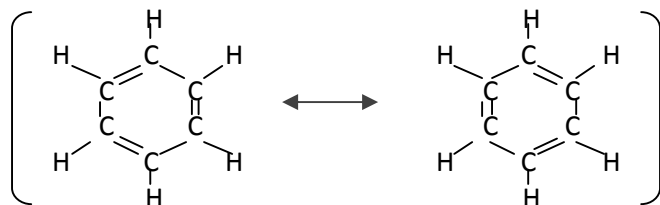
## АРЕНИ

Првобитна значења алифатичан (мастан) и ароматичан (пријатног мириса) изгубила су буквално значење. Алифатична једињења су она отвореног низа и циклична једињења слична једињењима отвореног низа. Ароматична једињења су бензен и њему слична једињења по хемијском понашању (сличност у електронској конфигурацији).

Алифатична једињења на вишеструким везама подлежу реакцијама адиције, а дуж засићеног низа реакцијама супституције (механизмом преко слободних радикала).

Ароматична једињења подлежу реакцији супституције (јонским механизмом).

**Бензен**  $C_6H_6$  основни угљоводоник у групи ароматичних једињења (структуру дао August Kekulé)



резонантне структуре

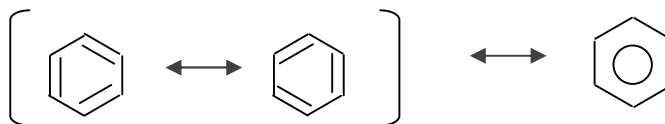
Сви С-атоми су еквивалентни, као и сви Н-атоми.  
**Све везе у прстену су исте дужине и јачине** (између једноструке и двоструке).  
**Права структура молекула је између две резонантне структуре.**

Бензеново језгро је необично стабилно и лакше подлеже реакцијама супституције него адиције. Адицијом бензен прелази у мање стабилан производ циклохексан (разара се прстен стабилизован резонанцијом).

С-атоми су  $sp^2$ -хибридизовани. Бензен је **планарне структуре** – свих шест С-атома и шест Н-атома су у **једној равни, везе су под углом од  $120^\circ$**  (молекул је планарне структуре и врло симетричан).

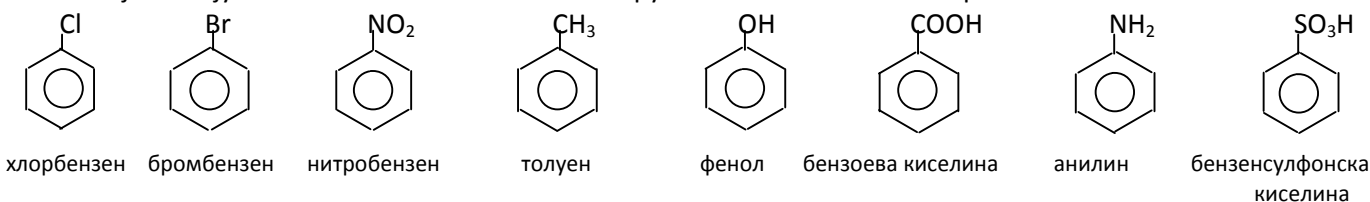
С-атоми су повезани  $\sigma$ -везама са два суседна С-атома и једним Н-атомом, а  $p$ -орбитале С-атома се међусобно бочно преклапају стварајући  $\pi$ -везу ( $p$ -орбитала једног С-атома се подједнако преклапа са обе  $p$ -орбитале суседних С-атома). Овако настаје континуирани електронски облак изнад и испод равни прстена – делокализовани  $\pi$ -електрони. На овај начин настају јаче везе, а тиме и стабилнији молекул. Последица овакве структуре су хемијске особине –  $\pi$ -електрони привлаче електрофилне реагенсе, али због стабилизације прстена услед резонанције долази до реакције супституције (задржава се ароматичан карактер бензеновог прстена).

Ради лакшег писања структурних формула бензенов молекул се означава шесточланим прстеном са кругом у средини.

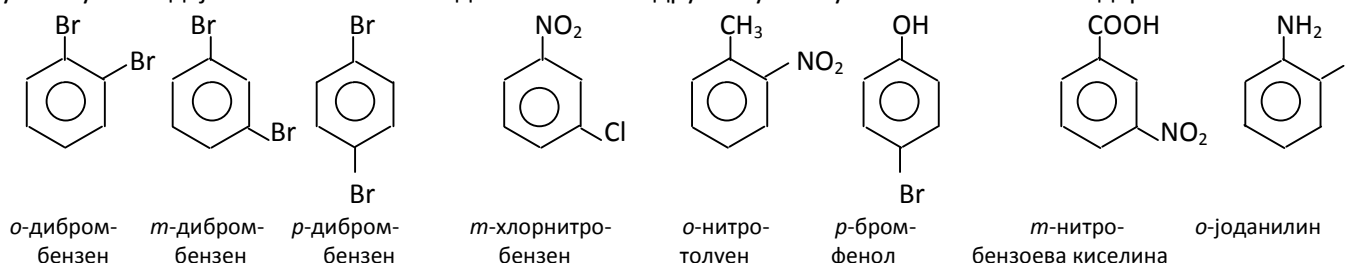


### Номенклатура деривата бензена

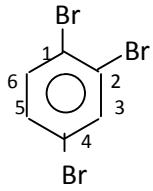
Код деривата бензена име супституента ставља се испред речи бензен. Неки деривати имају специјална имена која немају никакве сличности са именом групе везане за бензенов прстен.



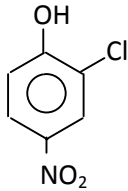
Ако је више група везано за бензенов прстен означавају се њихови релативни положаји. Ако су везана два супституента онда се њихов међусобни положај обележава са *ortho*- (*o*-), *meta*- (*m*-) или *para*- (*p*-). Ако један од супституената даје посебно име наводи се само име другог супституента и посебно име деривата бензена.



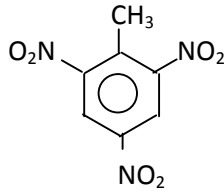
Ако су на бензенов прстен везане три или више група њихов релативни положај се обележава бројевима. Последња означена група у имену једињења налази се у положају 1 (број 1 није потребно означавати у имену), а остале групе се према њој означавају тако што се бројање С-атома врши у оном смеру да супституенти имају што мањи број. Ако један од супституената даје посебно име онда је та група у положају 1.



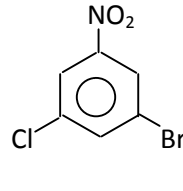
1,2,4-трибром-бензен



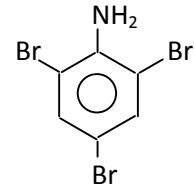
2-хлор-4-нитро-фенол



2,4,6-тринитро-толуен

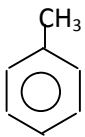


3-бром-5-хлор-нитробензен

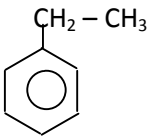


2,4,6-трибром-анилин

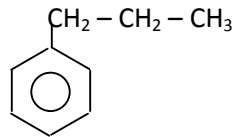
**Арени** су алифатично-ароматични угљоводоници. Оваква једињења имају особине и ароматичних и алифатичних угљоводоника, али присутност другог дела молекула модификује особине сваког дела молекула. Прстен подлеже електрофилној супституцији, а бочни низ уколико је засићен реакцији супституције преко слободних радикала, а уколико је незасићен реакцији адисије. Присуство алкил-групе олакшава супституцију у прстену и диригује је у о- и р-положаје. Халогеновање алкил-групе је олакшано и врши се на С-атому који је везан за прстен. Арени такође граде хомологи низ, а јавља се и структурна изомерија. Једињење које садржи сложени бочни ланац означава се као фенил-алкан (дериват алкана), алкен или алкин (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>- је фенил-група).



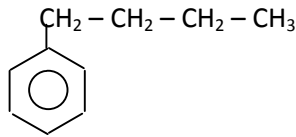
толуен



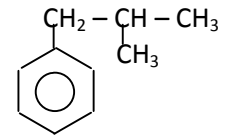
етил-бензен



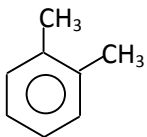
n-пропил-бензен



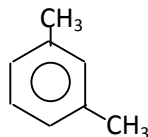
n-бутил-бензен



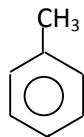
изобутил-бензен



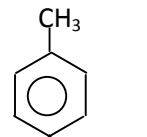
o-ксилен



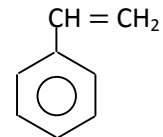
m-ксилен



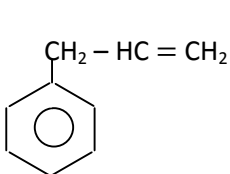
p-ксилен



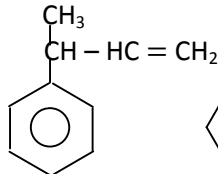
p-етил-толуен



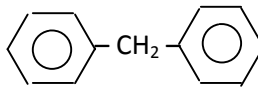
стирен



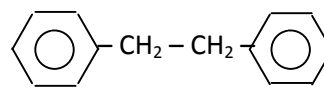
3-фенил-пропен



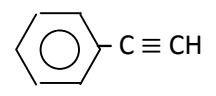
3-фенил-1-бутен



дифенил-метан



1,2-дифенил-етан



фенил-етин

### Физичке особине арена

Арени су слабо поларна једињења и имају сличне физичке особине као алифатични угљоводоници. Не растварају се у води, а добро се растварају у неполарним и слабо поларним растварачима (етар, лигроин, угљентетрахлорид). Имају мању густину од воде. Са повећањем масе расте ТК. Што је молекул симетричнији боље се уклапа у кристалну решетку и виша је ТТ, а мања растворљивост (p-изомер има највишу ТТ и најмању растворљивост).

Арени су течности или чврсте супстанце, запаљиви су и горе чањавим пламеном. Лакши су од воде. Арени су отровне и канцерогене супстанце.

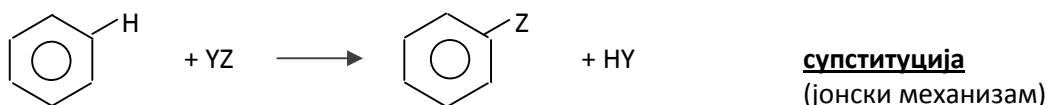
### Добијање и примена арена

Бензен и алкил-бензени (арени) су извор за сва ароматична једињења. Угаљ и нафта су главни извори за добијање ароматичних једињења (изоловање из катрана каменог угља или синтеза из алкана нафте процесом каталитичког реформинга). Велике количине бензена, толуена, ксилена добијају се из нафте и користе се као хемикалије, растварачи и гориво. Половина толуена и ксилена се користи у високооктанским бензинима (заменењују алифатична једињења која су слабије компоненте бензина).

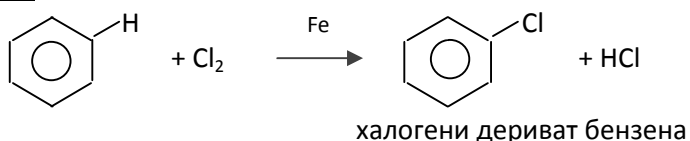
## Хемијске особине арена

Бензен има веома стабилну структуру (шест делокализованих  $\pi$ -електрона чине континуирани електронски облак изнад и испод равни прстена који чини шест C-атома за које је везано шест H-атома). Адицијом се раскидају делокализоване двоструке везе и бензен прелази у мање стабилан производ, а реакција се може извести тек при драстичним условима.

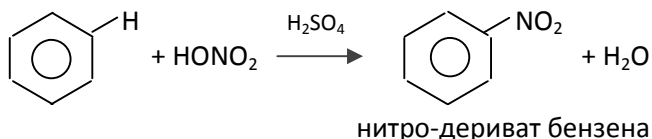
Бензен и остала ароматична једињења подлежу реакцији супституције чиме се задржава ароматичан карактер бензенског прстена.



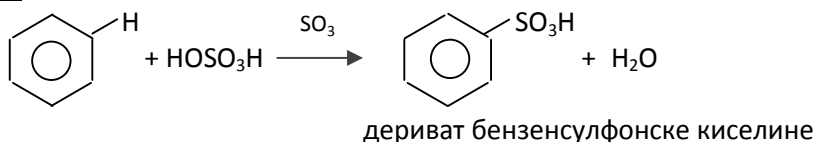
## Халогеновање



## Нитровање



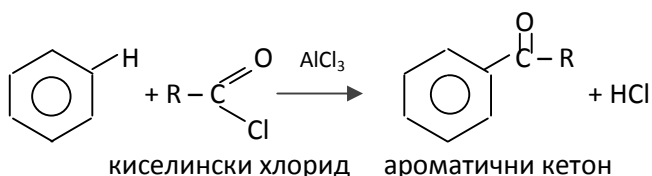
## Сулфовање



## Friedel-Crafts-ово алкиловање (добиање арена)



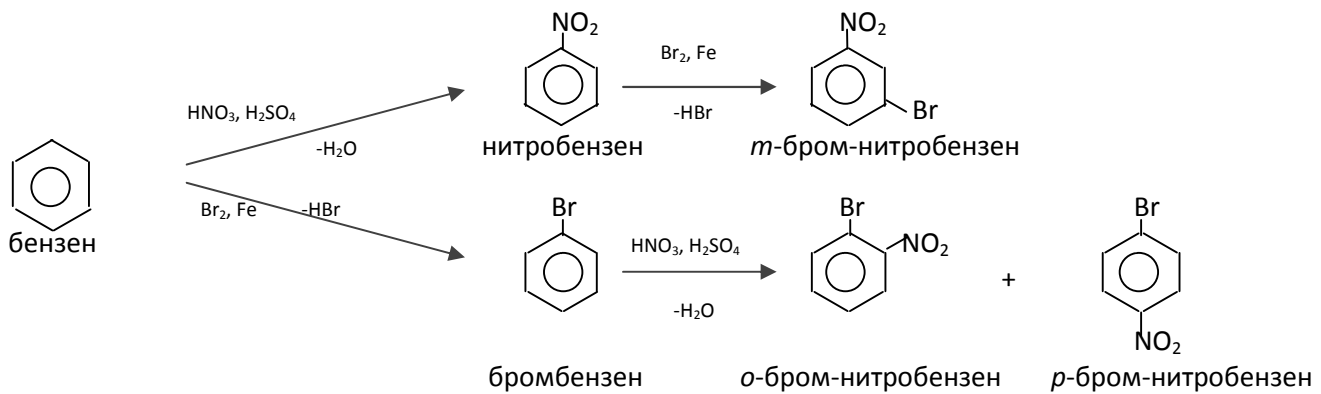
## Friedel-Crafts-ово ациловање



Супституенти везани за ароматично језгро утичу на реактивност прстена и одређују оријентацију супституције. При реакцији супституције неке групе везане за ароматичан прстен активирају прстен, а неке дезактивирају прстен (убрзавају или успоравају реакцију у односу на брзину реакције супституције бензена). Неки супституенти диригују супституцију у *ortho*- и *para*-положаје, а други у *meta*-положај.

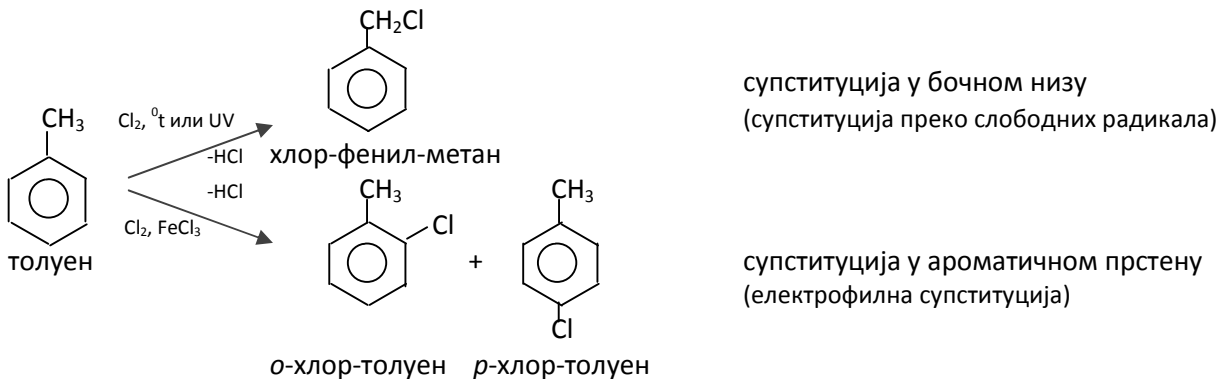
Групе које **активирају** прстен и диригују супституцију у *o*- и *p*-положаје:  $-\text{NH}_2, -\text{OH} > -\text{OR}, -\text{NHCOR} > -\text{C}_6\text{H}_5, -\text{R}$ .  
Групе које **дезактивирају** прстен и диригују супституцију у *m*-положај:  $-\text{NO}_2, -\text{NR}_3^+, -\text{CN}, -\text{COOH}, -\text{COOR}, -\text{SO}_3\text{H}, -\text{CHO}, -\text{COR}$ .

Групе које **дезактивирају** прстен и диригују супституцију у *o*- и *p*-положаје: халогени елементи (-F, -Cl, -Br, -I).  
Супституција ароматичних једињења врши се преко позитивног карбонијум-јона (јонски механизам) који је стабилизован резонанцијом (позитивно наелектрисање је распршено по прстену). Синтезу можемо извести тако да добијемо жељени производ.

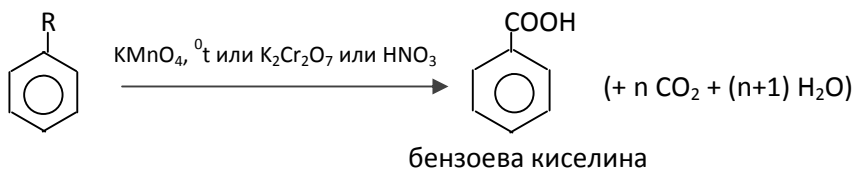


Код арена (алкил-бензена) алкил-група активира прстен и диригује супституцију у *o*- и *p*-положаје прстена. Прстен такође олакшава супституцију у бочном низу и то на С-атому који је везан за прстен (бензилни С-атом). **Супституција или адиција у бочном низу** (алкил-група) врши се преко слободних радикала, па се оваква реакција врши у **неполарној средини уз благо загревање или UV светлост**. **Супституција у прстену** врши се јонским механизмом преко карбонијум-јона, па се оваква реакција **врши уз додатак супстанце која јонизује и делује као катализатор (нпр. соли, киселине)**. Од услова реакције зависи у ком делу молекула ће се вршити реакција супституције и који ћемо производ добити.

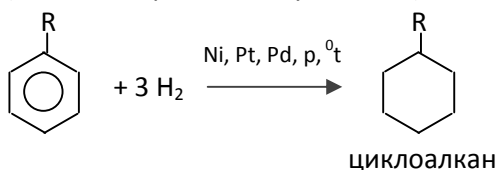
### Супституција



### Оксидација



### Хидрирање (само под драстичним условима)



### Питања и задаци:

- Шта су ароматична једињења?
- Какву структуру има бензен?
- Како се дају имена дериватима бензена?
- Шта су арени?
- Како се дају имена аренима?
- Које су физичке особине арена?

- Одакле се добијају арени и која им је примена?
  - Која је карактеристична реакција ароматичних једињења?
  - Који су главни типови супституције?
  - Којим реакцијама подлежу арени (алкил-бензени)?
  - Под којим реакционим условима ће се вршити супституција у прстену, а када у алифатичном низу?
  - Који производ се добија оксидацијом арена?
1. Задатак – Написати реакције и називе производа 3-фенил-пропена са HBr, са HBr у присуству пероксида, са Br<sub>2</sub> уз загревање, са Br<sub>2</sub> уз FeBr<sub>3</sub>.
  2. Задатак – Написати реакције и називе производа бутил-бензена са Cl<sub>2</sub>, са Cl<sub>2</sub> у присуству FeCl<sub>3</sub>, оксидације.

## ХАЛОГЕНИ ДЕРИВАТИ УГЉОВОДОНИКА

Алил-халогениди су деривати угљоводоника код којих је један или више Н-атома замењено атомима халогена.

### Добијање

- Халогеновање алкана 
$$R-H \xrightarrow[ -HX ]{ +X_2 } R-X$$
- Адиција HX на алкене 
$$>C=C< \xrightarrow{ +HX } \begin{array}{c} -C-C- \\ | \quad | \\ H \quad X \end{array}$$
- Адиција X<sub>2</sub> на алкене и алкине 
$$>C=C< \xrightarrow{ +X_2 } \begin{array}{c} | \quad | \\ -C-C- \\ | \quad | \\ X \quad X \end{array} \qquad -C\equiv C- \xrightarrow{ +2X_2 } \begin{array}{c} X \quad X \\ | \quad | \\ -C-C- \\ | \quad | \\ X \quad X \end{array}$$
- Из алкохола 
$$R-OH \xrightarrow[ \text{или } PX_3 ]{ +HX } R-X$$
- Измена халогена 
$$R-X + I^- \xrightarrow[ \text{ацетон} ]{ } R-I + X^-$$

### Физичке особине алкил-халогенида

Халогени деривати угљоводоника имају већу M<sub>r</sub> од угљоводоника са истим бројем C-атома, па имају више ТТ и ТК. Што је већа A<sub>r</sub> атома халогена то су више ТТ и ТК алкил-халогенида.

Алкил-халогениди су поларнија једињења од угљоводоника, али ни најполарнији алкил-халогениди нису растворни у води, већ се растварају у типичним органским растварачима. Алки-халогениди мање M<sub>r</sub> су добри неполярни и слабо поларни растварачи (нпр. CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CHCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub> који су течности, за разлику од гасовитог CH<sub>4</sub>). Халогени деривати угљоводоника имају већу густину од воде (јодиди, бромиди и полихлориди).

### Хемијске особине алкил-халогенида

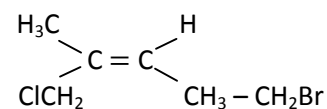
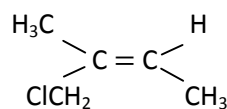
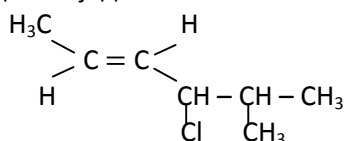
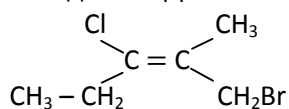
- Дехидрохалогеновање – елиминација 
$$\begin{array}{c} | \quad | \\ -C-C- \\ | \quad | \\ H \quad X \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} >C=C< \\ \text{алкен} \end{array} + HX$$
- Редукција 
$$R-X + M + H^+ \longrightarrow R-H + M^+ + X^-$$
  
алкан
- Супституција 
$$R-X + Z \longrightarrow R-Z + X^-$$
 у базној или неутралној средини  
(Z = OH<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O, -OR', CN<sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>, SH<sup>-</sup> итд.)

Органске реакције су повратне (равнотежне) и у ком смеру ће бити померена равнотежа зависи од услова реакције. У киселој средини настају алкил-халогениди, док се у базној и неутралној средини они разарају.

Алкил-халогениди су врло важне сировине за добијање великог броја органских једињења.

### Питања и задаци:

- Како се добијају алкил-халогениди?
  - Какве су физичке особине алкил-халогенида?
  - Које су хемијске реакције алкил-халогенида?
1. Задатак – Написати реакције и називе производа 2-метил-пропена са HBr без присуства и у присуству пероксида.
  2. Задатак – Написати реакције и називе производа адиције HI на 2-бутен, 2-метил-1-бутен, 2-метил-2-бутен, 3-метил-1-бутен, 2,3-диметил-1-бутен.
  3. Задатак – Написати реакције и називе производа адиције Br<sub>2</sub>, HBr и H<sub>2</sub>O у киселој средини на 1-бутин.
  4. Задатак – Написати реакције елиминације и одредити главни производ за 1-хлор-пентан, 2-хлор-пентан, 2-хлор-2-метил-бутан, 2-хлор-3-метил-бутан.
  5. Задатак - Написати реакције називе производа адиције HI у присуству пероксида на 2-бутен, 2-метил-1-бутен, 2-метил-2-бутен, 3-метил-1-бутен, 2,3-диметил-1-бутен.
  6. Задатак – Написати реакције и називе производа адиције: Cl<sub>2</sub> на 2,3-диметил-2-бутен; HCl на Е-2-хлор-2-бутен; Br<sub>2</sub> на 4-метил-2-пентин.
  7. Задатак – Дати имена следећим једињењима:



8. Задатак – Написати рационалне формуле и називе свих монохлор деривата пропена.
9. Задатак – Написати реакцију и назив производа адиције HI у присуству пероксида на 2-метил-2-бутен.
10. Задатак – Написати реакције и називе производа стирена са: HBr; HBr у присуству пероксида; Br<sub>2</sub> уз загревање, Br<sub>2</sub> уз FeBr<sub>3</sub>.
11. Задатак – Написати реакције и називе производа пропил-бензена: са Cl<sub>2</sub> уз загревање; са Cl<sub>2</sub> уз FeCl<sub>3</sub>; оксидације.

# АЛКОХОЛИ

**Алкохоли** припадају органским једињењима која садрже кисеоник.

Сви алкохоли садрже функционалну хидроксилну –ОН групу која одређује особине ове класе једињења.

**Општа формула алкохола је R–ОН.**

R-група може бити алкил- или супституисана алкил-група отвореног низа или циклична, примарна, секундарна или терцијарна, може бити засићена или незасићена, може садржати халоген или ароматичан прстен.

Промене у структури R-групе могу утицати на брзину којом алкохол подлеже реакцији, а некада може утицати и на тип реакције (механизам и крајњи производ реакције).

Алкохоли чине хомологе низове.

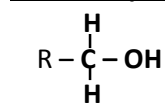
## Номенклатура алкохола

Многи алкохоли имају тривијална имена. Према IUPAC номенклатури имена алкохолима се дају на следећи начин:

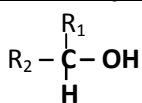
- основна структура је најдужи угљенични низ за који је везана ОН-група, а све остале групе се сматрају супституентима
- обележавање C-атома бројевима врши се са оне стране основног низа коме је ближа ОН-група тако да ОН-група има што мањи број
- **име алкохола се изводи тако што се имену одговарајућег алкана из ког је алкохол изведен додаје наставак –ол.**

## Подела алкохола

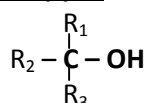
- **Подела према броју ОН-група**
  - монохидроксилни (садрже једну ОН-групу)
  - полихидроксилни (садрже више ОН-група: дихидроксилни две ОН-групе, трихидроксилни три итд.).
- **Подела према типу C-атома за који је везана ОН-група**



примарни (1<sup>0</sup>)



секундарни (2<sup>0</sup>)



терцијарни (3<sup>0</sup>)

Алкохоли различитих типова се разликују по брзини реакције или по механизму одн. току реакције. При реакцијама оксидације се разликују по производу реакције.

- **Подела према типу R-групе**
  - алифатични (R-група је алифатична група отвореног низа или циклична, засићена или незасићена, равнор или рачвастог низа)
  - ароматични (у R-групи налази се ароматичан прстен, али ОН-група није директно везана за њега).
- **Подела према броју C-атома (дужини R-групе)**
  - нижи
  - виши

**Алифатични алкохоли отвореног низа (равног и рачвастог низа – хомологи низ и структурна изомерија)**

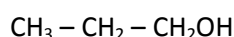
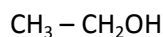
метанол       $\text{CH}_3\text{OH}$

(метил-алкохол)

етанол       $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

(етил-алкохол)

пропанол     $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$



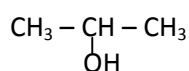
1-пропанол (1<sup>0</sup>)

(пропил-алкохол)



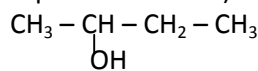
1-бутанол (1<sup>0</sup>)

(n-бутил-алкохол)



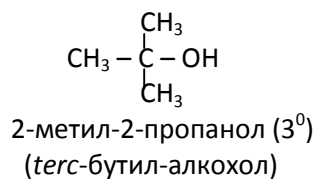
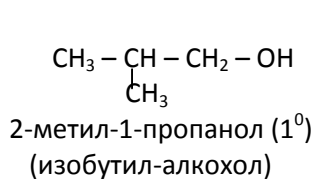
2-пропанол (2<sup>0</sup>)

(изопропил-алкохол)

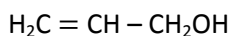


2-бутанол (2<sup>0</sup>)

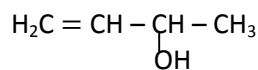
(sek-бутил-алкохол)



### Незасићени алкохоли – примери

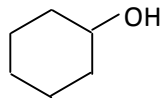


2-пропен-1-ол ( $1^0$ )  
(алил-алкохол)



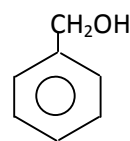
3-бутен-2-ол ( $2^0$ )

### Циклични алкохол



циклохексанол ( $2^0$ )

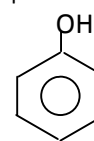
### Ароматични алкохол



бензил-алкохол ( $1^0$ )

### Фенол

(није ароматичан алкохол)



фенол

Једињења код којих је ОН-група директно везана за ароматичан прстен нису ароматични алкохоли већ феноли. Код ароматичних алкохола ОН-група је везана за алифатичну групу у бочном низу која је везана за ароматичан прстен. Ако је бочни низ ароматичних алкохола сложенији сматра се да је ароматичан прстен супституент (фенил-група) у алифатичном алкохолу.

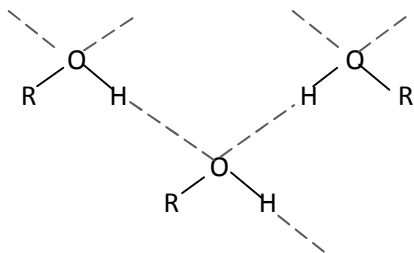
Алкохоли су веома важна једињења и могу послужити као сировине за добијање низа других једињења, а важни су и као растварачи.

**Етанол** је највише коришћен алкохол. Користи се као растварач за боје, лакове, мирисе, зачине, при процесима кристализације, као медијум за хемијске реакције, полазна сировина за разне органске синтезе, као дезинфекционо средство. Налази се у алкохолним пићима. Може се купити у трговинама као медицински алкохол (70% или 96% смеша са водом), а делује као хипнотик-успављивач. Мање је отрован од осталих алкохола. Денатурисани алкохол је смеша етанола са метанолом (шпиритус) или бензином. Етанол се добија као 96% етанол (азеотропна смеша са водом). Чист етанол (апсолутни етанол) се добија уклањањем воде на ниским температурама и адсорпционим средствима.

**Метанол** је прилично отрован. Конзумирањем у малим количинама изазива слепило, а може изазвати и смрт. Настаје у алкохолним пићима при њиховој производњи и мора се уклонити пре употребе.

### Физичке особине алкохола

Алкохоли садрже прилично поларну ОН-групу и граде водоничне везе – молекули су међусобно асосовани, а могу се повезивати и са молекулима воде.

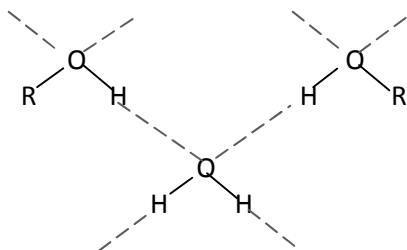


асоцијација молекула алкохола

ТТ и ТК алкохола су знатно више од ТТ и ТК одговарајућих угљоводоника.

Са повећањем броја С-атома расту ТТ и ТК, а са повећањем разгранатости низа опадају ТТ и ТК.

Са повећањем броја ОН-група у молекулу расту ТТ и ТК.



асоцијација молекула алкохола са молекулима воде

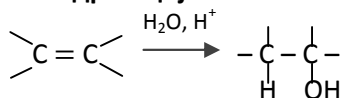
Растворљивост алкохола одражава њихову способност да граде водоничне везе.

Нижи алкохоли се растварају у води (до 4-5 С-атома), а са повећањем броја С-атома опада растворљивост у води, па виши алкохоли нису растворни у води (код нижих алкохола поларна ОН-група је знатан део молекула и у особинама молекула преовлађују њене особине, а код виших алкохола је неполарни угљоводонични низ знатан део молекула и у особинама молекула преовлађују његове особине).



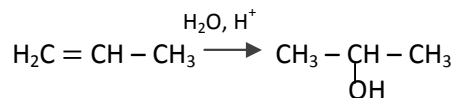
## Добијање једноставнијих алкохола

### - Хидратација алкена



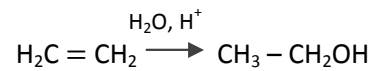
алкен

алкохол



пропен

2-пропанол (2<sup>0</sup>)



етен

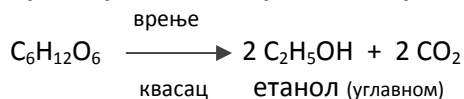
етанол (1<sup>0</sup>)

Адиција се врши према Марковниковљевој правилу. Једини примарни алкохол који се може добити на овакав начин је етанол.

### - Хидролиза алкил-халогенида



### - Врење угљених хидрата (шећера) – из меласе, шећерне трске, житарица, воћа итд.

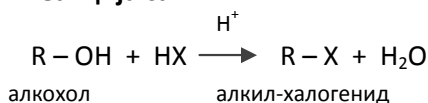


Постоје и други поступци за добијање алкохола (нпр. редукцијом једињења са карбонилном групом, карбоксилних киселина, естара и др.).

## Хемијске особине алкохола

У молекулу алкохола веза између R-групе и OH-групе (C – O веза) је сличне поларности као и O – H веза, па се при реакцијама алкохола могу раскинути једна или друга веза.

### - Реакција са HX

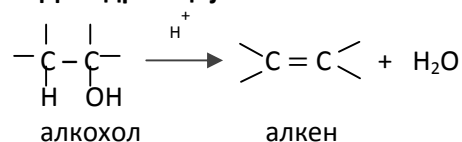


реактивност HX: HI > HBr > HCl

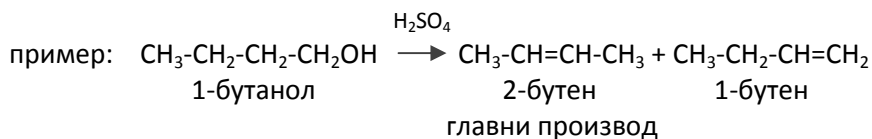
ROH: алил-, бензил- > 3<sup>0</sup> > 2<sup>0</sup> > 1<sup>0</sup>

(двострука веза и ароматичан прстен олакшавају раскидање C – O везе на суседном C-атому)

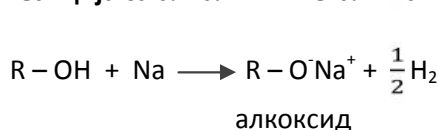
### - Дехидратација



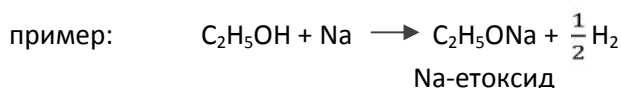
реактивност: 3<sup>0</sup> > 2<sup>0</sup> > 1<sup>0</sup> може доћи до преграђивања



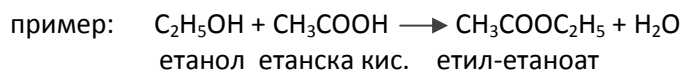
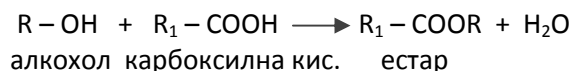
### - Реакција са алкалним металима



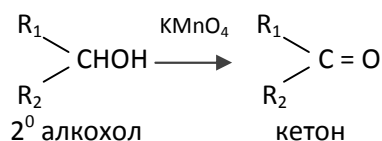
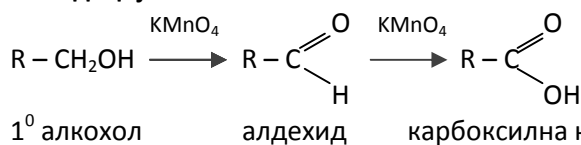
реактивност: CH<sub>3</sub>OH > 1<sup>0</sup> > 2<sup>0</sup> > 3<sup>0</sup>

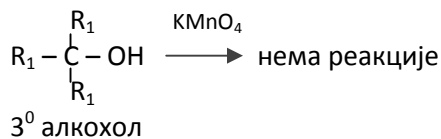


### - Грађење естара са карбоксилним киселинама – естерификација



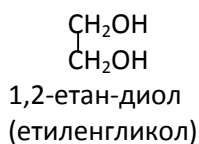
### - Оксидација



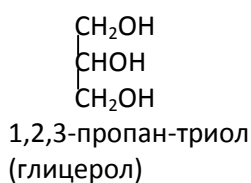


### Полихидроксилни алкохоли

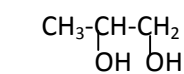
Полихидроксилни алкохоли имају више ОН-група у молекулу, поларнији су од монохидроксилних алкохола и могу да граде више водоничних веза због чега имају више ТТ и ТК од монохидроксилних алкохола са истим бројем С-атома и растворљивији су у води. Имена им се дају тако што се наведу положаји свих ОН-група, на име алкана дода се грчки префикс за број ОН-група у молекулу и наставак –ол. Дихидроксилни алкохоли се још називају гликоли.



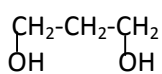
Има доста ниску ТТ и високу ТК, меша се са водом у свим односима, па се користи за прављење антифриза.



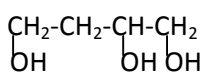
Улази у састав триглицерида (масти и уља), фосфолипида (изграђују ћелијске мембране) - додаје се у козметичке препарате (као хумектанс), а користи се зими против замрзавања брва.



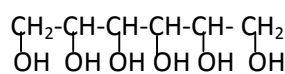
1,2-пропан-диол



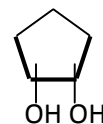
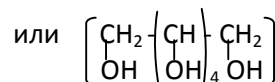
1,3-пропан-диол



1,2,4-бутан-триол



1,2,3,4,5,6-хексан-хексаол  
(сорбитол, глицитол)

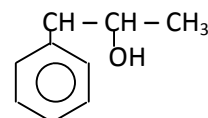
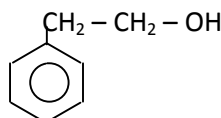
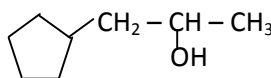
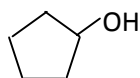
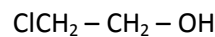
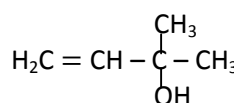
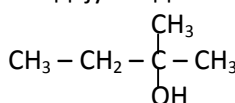
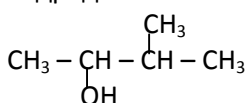
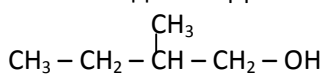


Z-1,2-циклопентан-диол

### Питања и задаци:

- Шта су алкохоли?
- Која је општа формула алкохола?
- Како можемо вршити поделу алкохола?
- Како делимо алкохоле према броју ОН-група?
- Како делимо алкохоле према типу С-атома за који је везана ОН-група?
- Како делимо алкохоле према типу R-групе?
- Каква је разлика између ароматичних алкохола и фенола?
- Какве су физичке особине алкохола и зашто?
- Који су главни поступци добијања алкохола?
- Којим хемијским реакцијама подлежу алкохоли?
- Шта знате о етанолу и метанолу?
- Шта су полихидроксилни алкохоли и какве су им особине?
- Који су најважнији представници полихидроксилних алкохола и која им је примена?

1. Задатак – Дати имена и одредити ком типу припадају следећи алкохоли:



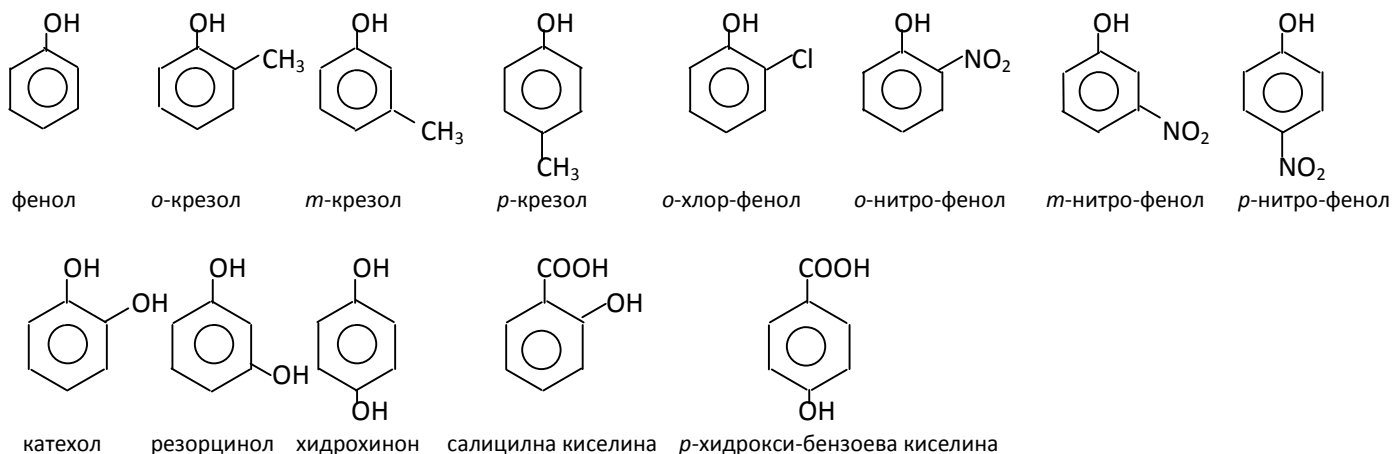
- Задатак – Написати рационалне формуле и одредити тип следећих алкохола:  
етанол, 1-пропанол, 2-пропанол, 2,2-диметил-2-бутанол, 2-бутен-1-ол, 2-пентанол, 2-фенил-1-пропанол, 2-метил-2-бутанол.  
Написати реакције оксидације ових алкохола.
- Задатак – Написати реакције и називе производа етанола са HCl, са етанском киселином и са Na.
- Задатак – Написати реакције и називе производа:  
- пропанола са метанском киселином;  
- 1-пропанола и 2-пропанола са HCl;  
- метанола и 1-пропанола са Na.
- Задатак – Написати реакције дехидратације и називе производа за следеће алкоhole:  
етанол, 1-бутанол, 2-бутанол, 1-пропанол, 2-пропанол.
- Задатак – Написати реакције хидратације и називе производа следећих алкена:  
етен, пропен, 1-бутен, 2-бутен, 1-пентена.

## ФЕНОЛИ

Општа формула фенола је **Ar-OH**. Код фенола је OH-група директно везана за ароматичан прстен (за разлику од ароматичних алкохола). Ar-група може бити фенил-, супституисана фенил- или нека друга арил-група.

### Номенклатура фенола

Феноли носе име по најједноставнијем представнику – фенолу. Метил-феноли имају посебно име – крезол. Феноли са две OH-групе везане за бензенов прстен такође имају посебна имена. Осталим дериватима имена се изводе као и свим ароматичним једињењима.



Феноли као и алкохоли имају OH-групу, па ове две класе једињења имају неке сличне особине (могу се превести у етре и естре). Међутим, знатно се разликују и по самим особинама и по добијању.

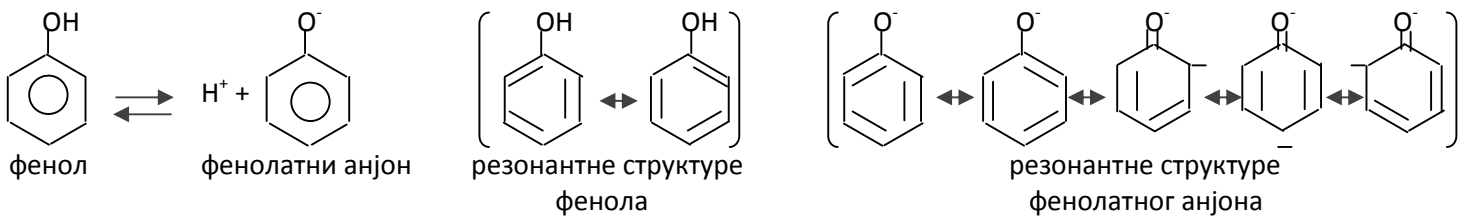
### Физичке особине фенола

Најједноставнији феноли су течности или чврсте супстанце ниске ТТ. Имају високе ТК јер су молекули међусобно повезани водоничним везама. Они изомери чији молекули граде интермолекулске водоничне везе (водоничне везе се успостављају између група унутар самог молекула), па се не могу повезивати са другим молекулима, имају ниже ТТ и ТК, испарљивији су и мање су растворни у води.

Сам фенол је делимично растворан у води (гради водоничне везе са молекулима воде). Остали феноли су углавном нерастворни у води.

Феноли су углавном безбојни, али лако подлежу оксидацији, а оксидациони производи су обично обојени (непречишћени феноли могу бити обојени).

Феноли су јаче киселине од воде и алкохола, али знатно слабије од карбоксилних киселина (многи су слабији од угљене киселине). Феноксидни анјон више је стабилизован резонанцијом од самог фенола чиме је олакшано отпуштање водониковог јона.

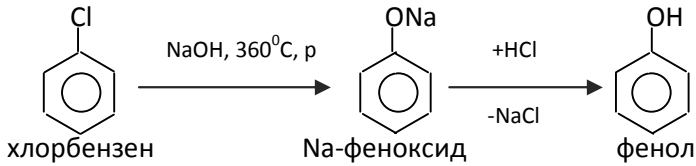


Супституенти утичу на киселост:

- групе које привлаче електроне повећавају киселост (-X, -NO<sub>2</sub>)
- групе које отпуштају електроне смањују киселост (CH<sub>3</sub>-).

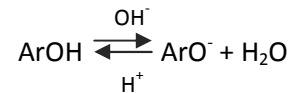
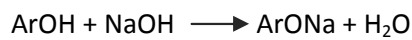
### Индустријско добијање

- Из катрана каменог угља
- Из етарских уља разних биљака – ароматичне супстанце (нпр.ванилин из ванилије, тимол из уља мајчине душице и метвице, сафрол из уља сасафраса, еуенол из мирођије, анетол из аниса).
- Синтетичко добијање

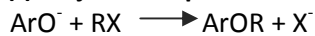


### Хемијске особине фенола

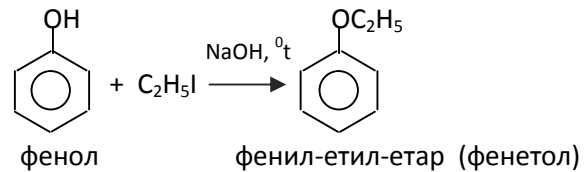
- Киселост. Настајање соли.



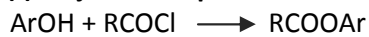
- Добијање етара



пример:

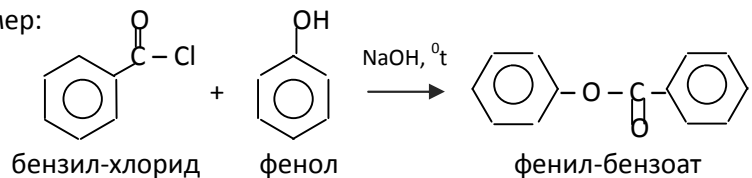


- Добијање естара

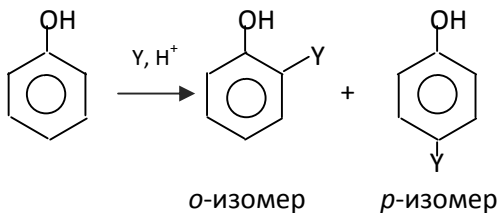


хлорид -HCl естар  
киселине

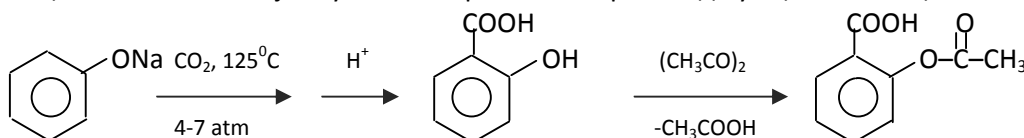
пример:



- Супституција у прстену



Постоји још низ реакција којима подлежу феноли (нпр. стварање алдехида, полимеризација итд.). Реакцијом фенола са формалдехидом долази до стварања полимера новолака, а са хлороформом до стварања салицилне киселине која служи као сировина за производњу ацетил-салицилне киселине – аспирина.



Na-феноксид

салицилна кис.

ацетил-салицилна кис. (аспирин)

Феноли се користе и као дезинфекциона средства.

## Питања и задаци:

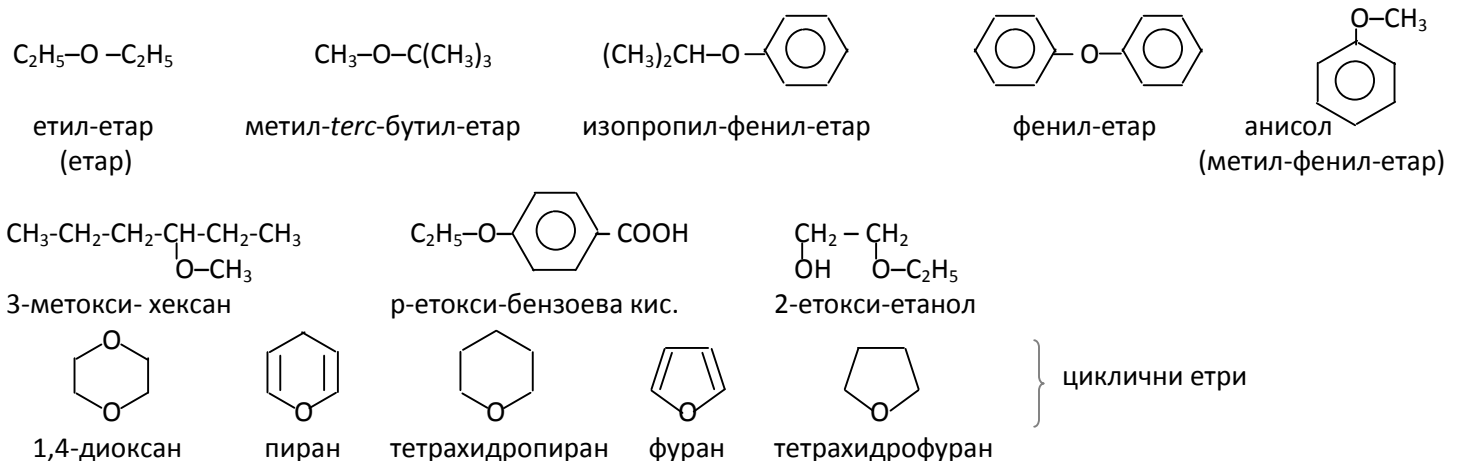
- Шта су феноли?
- Која је општа формула фенола?
- Како се дају имена фенолима?
- Какве су физичке особине фенола и зашто?
- Које су најважније реакције којима подлежу феноли? (киселост, супституција у прстену) – Написати примере.
- Која је примена фенола?
- Написати формуле фенола, m-крезола, o-хлор-фенола, p-нитро-фенола.

## ЕТРИ

Општа формула етара је  $\underline{R-O-R'}$ ,  $\underline{R-O-Ar}$ ,  $\underline{Ar-O-Ar}$ . Етри имају исту молекулску формулу као алкохоли, али различиту структуру и особине – етри и алкохоли су структурни изомери.

### Номенклатура етара

Имена се најчешће дају тако да се именима две угљоводоничне групе које су повезане преко кисеоника додаје реч етар. Уколико једна од угљоводоничних група има компликованије име етри се именују као алкоксидеривати одређеног једињења. Симетрични етри имају исте угљоводоничне групе везане преко кисеоника, а асиметрични различите. Код симетричних етара треба навести само име угљоводоничне групе и реч етар (није потребно испред имена угљоводоничне групе наводити грчки префикс „ди“ који је био обавезан по застарелој номенклатури). Ова класа једињења је добила име по најпознатијем представнику класе етил-етру (некада само етар).



### Физичке особине етара



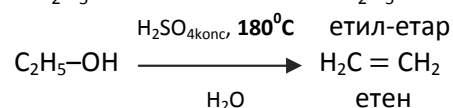
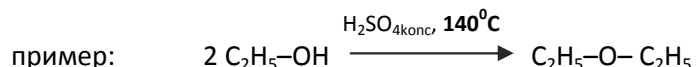
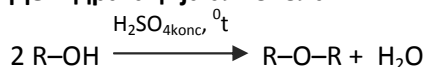
Молекули етара не могу међусобно да се повезују водоничним везама (молекули нису асосовани), па имају релативно ниске ТТ и ТК (ТК отприлике као алкани исте  $M_r$ ), знатно ниже од одговарајућх алкохола.

Растворљивост у води је слична као код алкохола исте  $M_r$  (граде водоничне везе са молекулима воде).

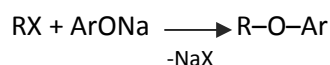
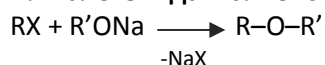
Етри су важни органски растварачи. Етил-етар је познати анестетик и важан растварач.

### Добијање етара

- Дехидратација алкохола



- Из алкил-халогенида и алкоксида

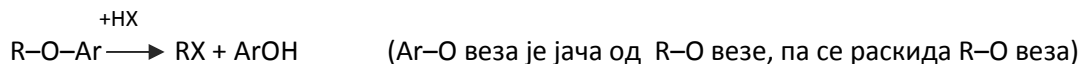
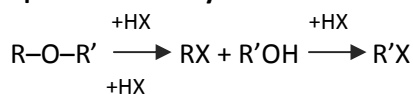


## Хемијске особине етара

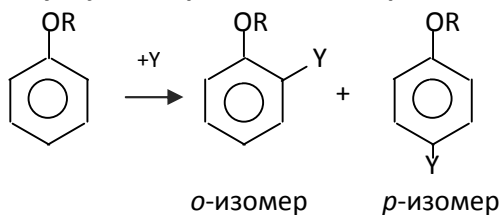
Алифатични етри на ваздуху прелазе у нестабилне пероксиде (експлозивни су чак и у малим концентрацијама).

Етри су релативно нереактивна једињења. Етарска веза је отпорна према базама и нередукујућим средствима, а подлеже једино цепању помоћу киселина.

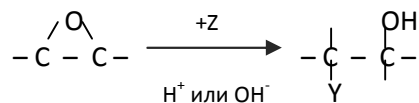
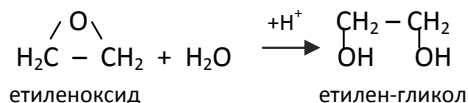
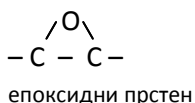
### - Цепање помоћу киселина



### - Супституција код ароматичних етара



**Епоксиди** су посебна врста цикличних етара који су врло реактивни. Садрже трочлани епоксидни прстен који лако пуца.



базно или кисело катализовано цепање

## Питања и задаци:

- Шта су етри?
- Како се дају имена етрима?
- Какве су физичке особине етара и зашто?
- Каква је примена етара?
- Како се добијају етри?
- Каква је реактивност етара? Којим хемијским реакцијама подлежу етри?
- Шта су епоксиди?
- Написати формуле етил-етра, метил-*tert*-бутил-етра, фенил-етра, метил-фенил-етра, 3-метокси-хексана, метил-етил-етра, 2-метокси-3-метил-пентана, 3-метокси-3-метил-2-хексанола, етиленоксида.

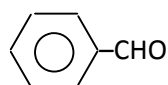
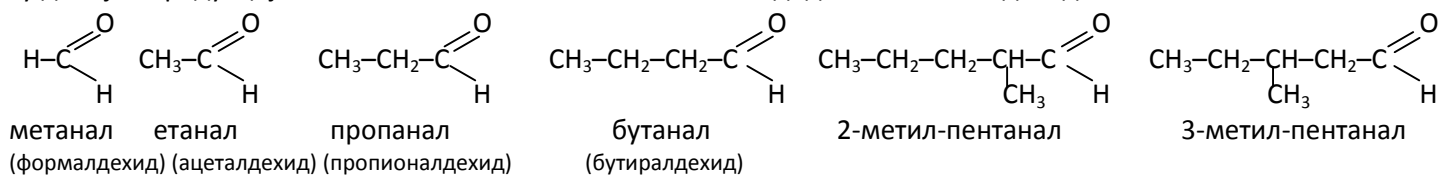
## АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ

**Алдеҳиди** и **кетони** садрже карбонилну групу  $\text{>C=O}$ , па се називају карбонилна једињења. Карбонилна група је планарне структуре (C- и O-атоми су  $sp^2$ -хибридизовани) и даје главну карактеристику овим једињењима. Већином имају сличне особине. Алдеҳиди лакше подлежу реакцији оксидације и реактивнији су од кетона (због H-атома везаног за карбонилну групу). Молекули имају велики диполни момент. Чине хомологе низове.

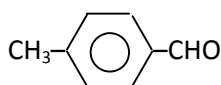
Општа формула алдеҳида је  $\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$ , а кетона  $\text{R}_1-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{R}_2 \end{matrix}$  ( $\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  могу бити алифатичне или ароматичне групе).

### Номенклатура алдеҳида и кетона

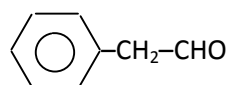
Према IUPAC номенклатури имена **алдеҳиди** добијају имена тако што се називу одговарајућег угљоводоника из кога су изведени додаје наставак **-ал**. Положаји супституената се означавају бројевима почев од карбонилног C-атома (C-1). Тривијална имена се изводе из имена одговарајуће карбоксилне киселине из које су добијени редукцијом тако што се основи имена киселине дода наставак **-алдеҳид**.



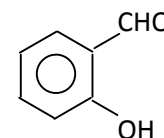
бензалдеҳид



p-толуилалдеҳид

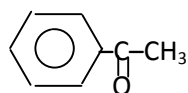
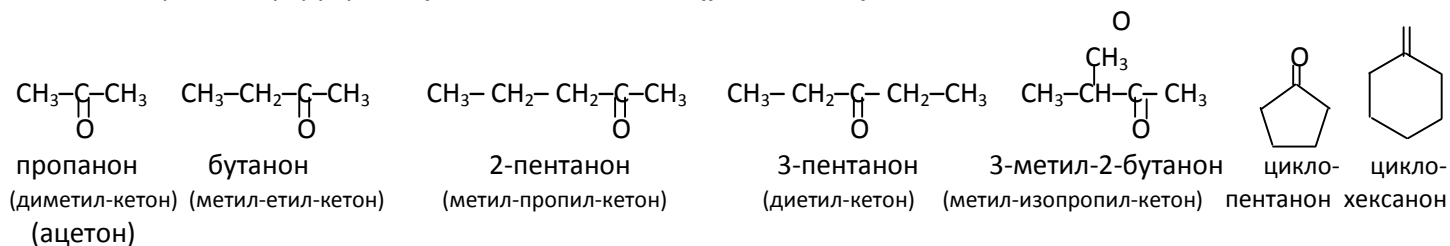


фенил-етанал

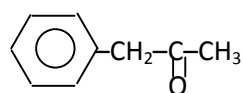


o-хидрокси-бензалдеҳид  
(салицил-алдеҳид)

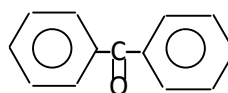
Према IUPAC номенклатури **кетони** добијају имена према најдужем низу C-атома за који је везана карбонилна група. На име угљоводоника из кога је изведен кетон додаје се наставак **-он**. Положаји супституената се означавају бројевима тако да се бројање врши са оног краја низа коме је ближа карбонилна група. Испред имена основног низа бројем се означава положај карбонилне групе. Кетон у коме је карбонилна група директно везана за бензенов прстен је **фенон**. Тривијална имена се изводе тако што се именима обе угљоводоничне групе везане за карбонилну групу додаје наставак **-кетон**. Најједноставнији кетон има посебно име ацетон.



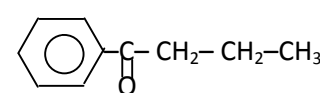
ацетофенон



1-фенил-2-пропанон



бензофенон



n-бутирофенон

### Физичке особине алдеҳида и кетона

Алдеҳиди и кетони су поларна једињења (карбонилна група је поларна). Имају релативно високе ТК у односу на неполарна једињења исте Мг. Молекули не могу међусобно да се повезују водоничним везама, па су им ТТ ниже од одговарајућих алкохола и карбоксилних киселина, али знатно више од одговарајућих угљоводоника.

Нижи алдеҳиди и кетони се добро растварају у води (успостављају се водоничне везе са молекулима воде). Једињења са 5 C-атома и више имају ограничену растворљивост у води. Добро се растварају у органским растварачима.

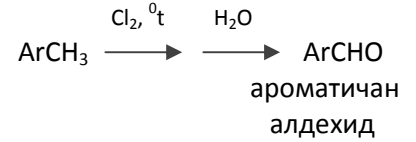
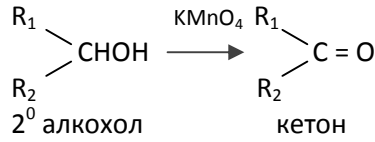
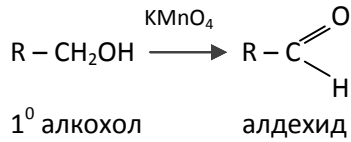
Формалдеҳид (метанал) је гас (ТК  $-21^{\circ}\text{C}$ ). На тржишту је у облику воденог раствора (формалин) или као неки од чврстих полимера (параформалдеҳид, триоксан) из којих се мономер добија загревањем. Користи се за добијање фенолформалдеҳидних смола, као растварач, за препарирање.

Ацеталдехид (етанал) је лако испарљива течност (ТК 20°C) и у облику је тримера. Мономер се добија загревањем са киселином.

Ацетон се веома много користи као растварач.

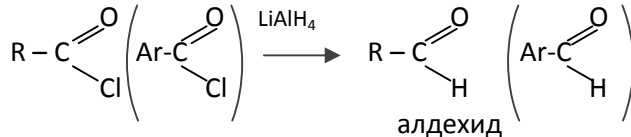
### Добијање алдехида и кетона

#### - Оксидација

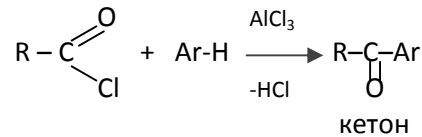


#### - Из киселинских хлорида

##### Редукција

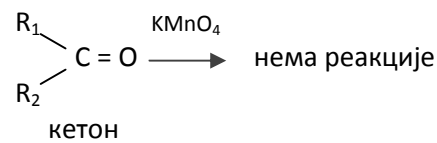
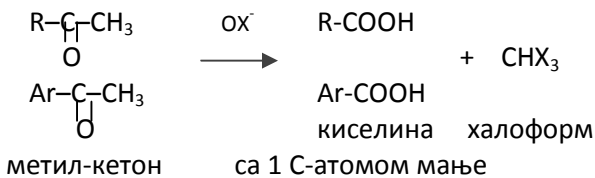
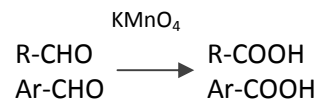
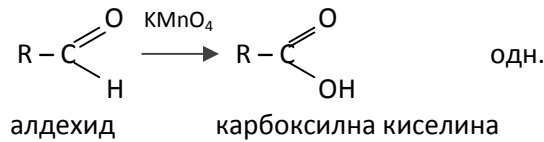


##### Friedel-Crafts-ово ациловање

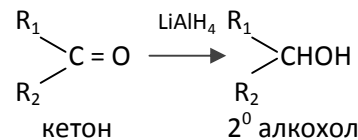
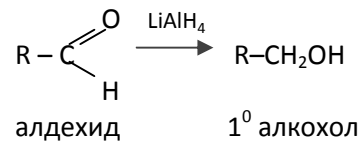
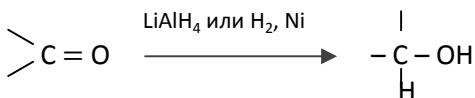


### Хемијске реакције алдехида и кетона

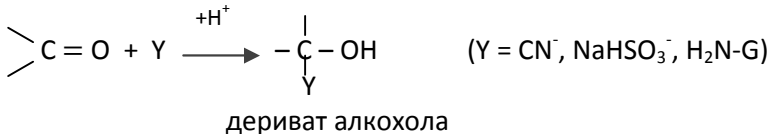
#### - Оксидација у киселине



#### - Редукција у алкоhole

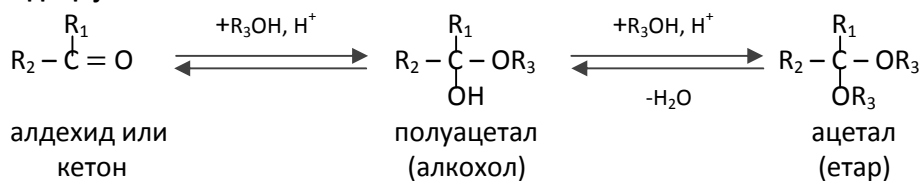


#### - Адиција на карбонилну групу



Адиција је карактеристична реакција за двоструку везу, па и за карбонилну групу.

#### - Адиција алкохола



Раскида се двострука C=O веза у карбонилном једињењу и O-H веза у алкохолу. H-атом из алкохола везује се за O-атом, а -OR<sub>3</sub> из алкохола за C-атом који потиче из карбонилне групе. Даљом реакцијом полуацетала са алкохомолм OH-група полуацетала реагује са OH-групом алкохола и гради се етарска група уз издвајање воде.



### Питања и задаци:

- Шта су алдехиди и кетони? Која им је функционална група?
  - Која је општа формула алдехида и кетона?
  - Како се дају имена алдехидима и кетонима?
  - Какве су физичке особине алдехида и кетона и зашто?
  - Како се добијају алдехиди и кетони?
  - Које су најважније хемијске реакције алдехида и кетона?
  - Шта алдехиди дају реакцијом оксидације, а шта кетони?
  - Шта алдехиди дају реакцијом редукције, а шта кетони?
  - Која је реакција карактеристична за двоструку везу?
  - Шта се добија адицијом алкохола на алдехид или кетон?
1. Задатак – Написати рационалне формуле следећих једињења: 2-хлор-етанала, 3-метил-бутанона, ацетофенона, 4-фенил-2-бутанона.
  2. Задатак – Написати реакције и називе производа оксидације 1-бутанола, 2-бутанола, толуена.
  3. Задатак – Написати реакцију и назив производа између хлорида етанске киселине и бензена у присуству  $AlCl_3$ .
  4. Задатак – Написати реакције и називе производа оксидације 2-метил-пропанала, 2,2-диметил бутанала.  
Задатак – Написати реакције и називе производа редукције етанала, 2-метил-3-пентанона, бензалдехида, 2,3-диметил-бутанала, 2,4-диметил-3-хексанона.
  5. Задатак – Написати реакције адиције метанола на бутанон.

## КАРБОКСИЛНЕ КИСЕЛИНЕ

Општа формула карбоксилних киселина је  $R - C \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$  ( $RCOOH$ ). Садрже врло поларну карбоксилну групу.

R-група може бити алифатична (засићена или незасићена) или ароматична група. Као и остале класе органских једињења и карбоксилне киселине чине хомологи низ. У молекулу могу имати једну или више карбоксилних група.

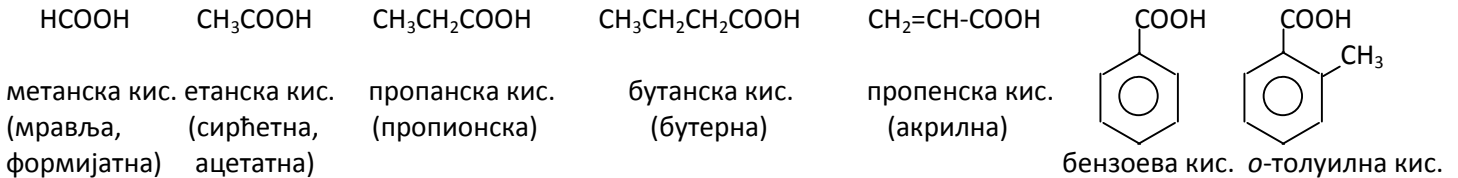
### Подела карбоксилних киселина

- Подела према типу R-остатка
  - алифатичне (засићене и незасићене)
  - ароматичне
- Подела према броју COOH-група
  - монокарбоксилне
  - поликарбоксилне (дикарбоксилне, трикарбоксилне, тетракарбоксилне итд.)
- Подела према броју C-атома (дужини R-остатка)
  - ниже (до 10 C-атома)
  - више (преко 10 C-атома – обично се називају више масне киселине и улазе у састав масти и уља)

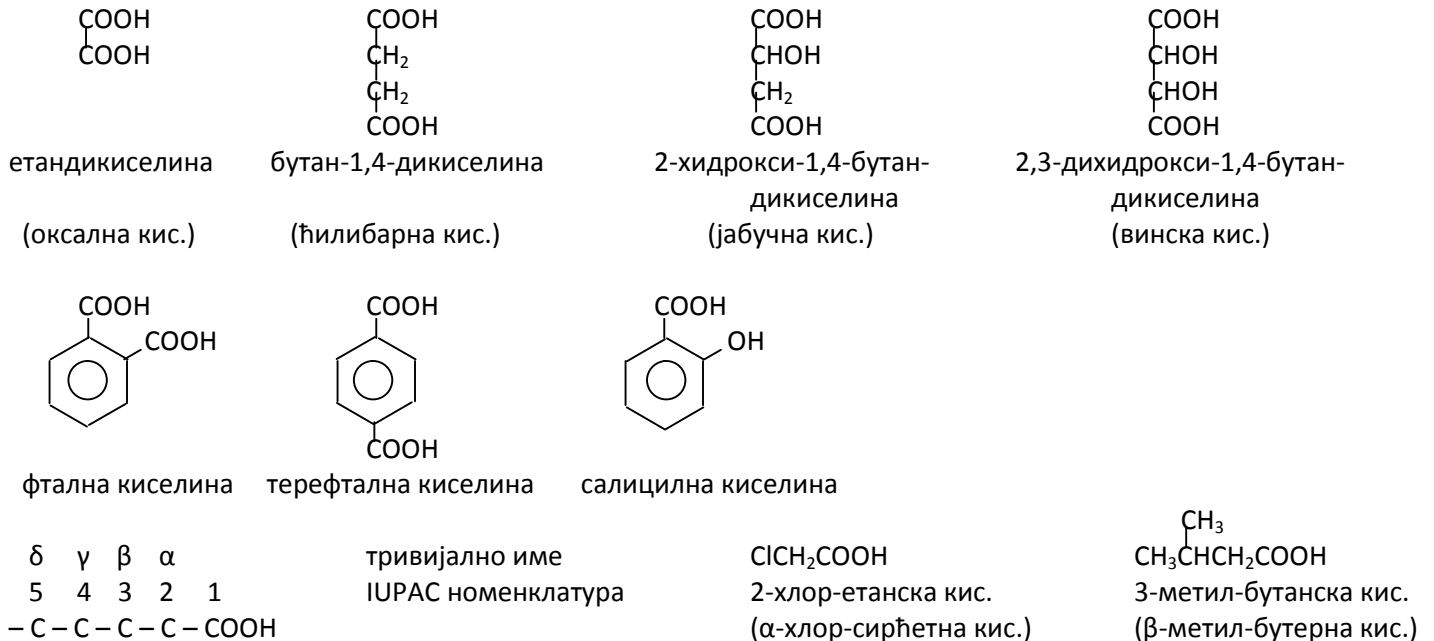
### Номенклатура карбоксилних киселина

Према IUPAC номенклатури имена киселинама се дају тако што се називу одговарајућег угљоводоника из кога је изведена дода наставка –киселина. Положај супституента се означава бројем C-атома на ком се налази, а бројање C-атома у основном низу почиње од карбоксилног C-атома (C-1). Већина карбоксилних киселина има тривијално име које нема много везе са структуром, већ је дато према извору из ког је киселина изолована. Код тривијалних назива положаји супституената се обележавају словима грчког алфабета тако што је  $\alpha$ -C-атом онај који је везан за карбоксилну групу,  $\beta$ -C-атом је следећи у низу итд.

## Монокарбоксилне киселине



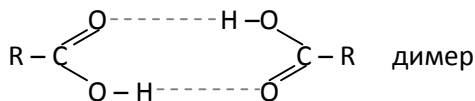
## Дикарбоксилне киселине



## Физичке особине карбоксилних киселина

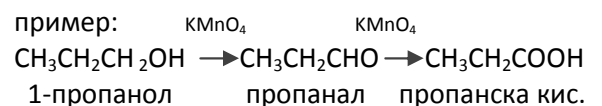
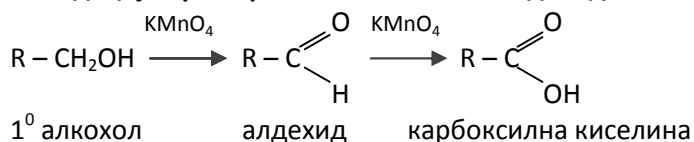
Карбоксилне киселине су поларна једињења. Молекули се асоују водоничним везама у димере, па карбоксилне киселине имају знатно више ТТ и ТК од одговарајућих угљоводоника и алкохола. Са повећањем броја С-атома расте ТТ и ТК, а са повећањем разгранатости или незасићености низа опада ТТ и ТК. Метанска (мравља) и етанска (сирћетна) киселина имају знатно више ТТ и ТК од осталих карбоксилних киселина.

Карбоксилне киселине могу да граде водоничне везе са молекулима воде, па се ниже киселине растварају у води (до 5 С-атома), а више киселине се не растварају (преовлађују особине неполарног угљоводоничног низа у молекулу).

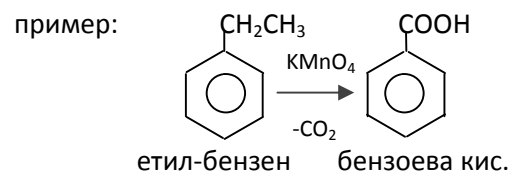
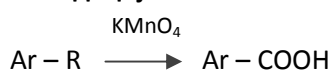


## Добијање карбоксилних киселина

### - Оксидација примарних алкохола или алдехида



### - Оксидација алкил-бензена



## Хемијске особине карбоксилних киселина

### - Киселост – стварање соли



неутрализација



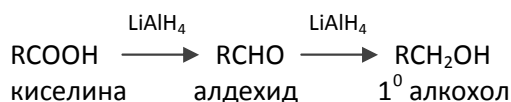
Карбоксилне киселине су слабе киселине и делимично (повратно) дисосују.

Карбоксилатни анјон је стабилнији од молекулског облика јер је више стабилизован резонанцијом.

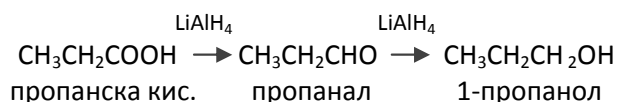
Карбоксилне киселине су знатно слабије од неорганских киселина. Метанска (мравља) и етанска (сирћетна) киселина су доста јаче од осталих карбоксилних киселина, али и оне спадају у слабе киселине. Са порастом броја С-атома опада киселост. Халогени супституент у молекулу повећава киселост и што је ближи карбоксилној групи то је киселина јача. Ефекат се губи код 5 С-атома. Већи број присутних халогених супституената повећава киселост. Алкил-супституенти смањују киселост. Код ароматичних киселина алкил-група смањује, а халоген повећава киселост уколико је у *m*- и *p*-положају у односу на СООН-групу, док је *o*-супституисана киселина знатно јача од *m*- и *p*-супституисаних и алифатичних киселина без обзира на тип супституента.

Алкалне соли (Na, K) виших масних киселина (сапуни) су растворне у води, а земноалкалне (Mg, Ca) нису.

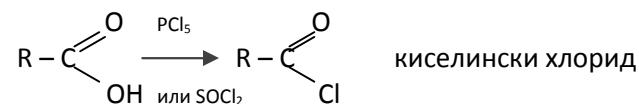
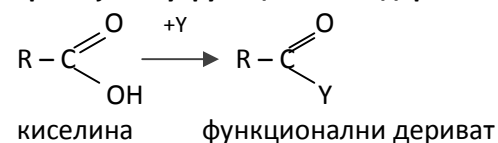
### - Редукција



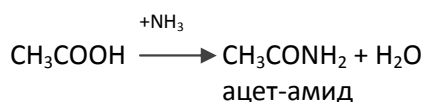
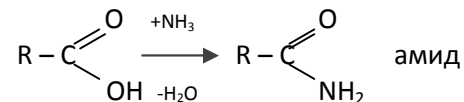
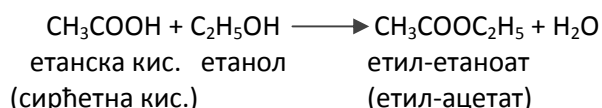
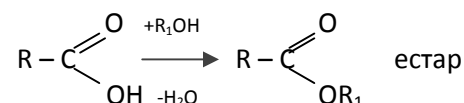
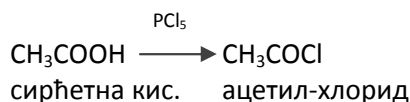
пример:



### - Превођење у функционалне деривате



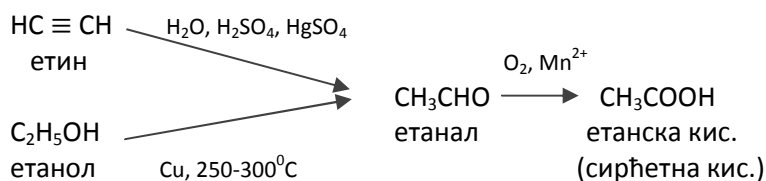
примери:



## Најпознатије карбоксилне киселине

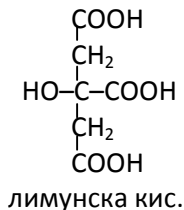
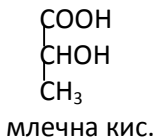
**Сирћетна киселина** је једна од најјачих карбоксилних киселина, али је знатно слабија од неорганских. Користи се у домаћинству, као растварач и као сировина у индустрији (нпр. за добијање деривата целулозе, аспирина итд.).

Индустријско добијање – каталитичка оксидација етанола или етанала (ацет-алдехида)



Оксидацијом етанола ваздухом уз ензим из микроорганизама као катализатор добија се водени раствор сирћетне киселине – винско сирће.

**Акрилна киселина** (пропенска кис.)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$  се користи као сировина за производњу пластичних маса полиакрилата.



**Млечна киселина** настаје у мишићима при напору.

**Јабучна киселина** се налази у воћу и воћним соковима.

**Винска киселина** се налази у вину.

**Лимунска киселина** се налази у јужном воћу, а у свим организмима учествује у метаболичком процесу (Кребсов циклус – метаболизам аминокиселина, шећера и липида је повезан овим циклусом).

**Бутерна киселина** се налази везана у масноћама у млеку, а слободна се налази у ужеглом бутеру.

**Више масне киселине** су више алифатичне монокарбоксилне киселине парног броја C-атома и равног низа. Налазе се у биљним и животињским мастима, фосфолипидима (изграђују ћелијске мембране), гликолипидима, восковима. Могу бити засићене или незасићене (са једном или више двоструких веза или троструком везом у молекулу). Ако масти садрже више засићених киселина на собној температури су у чврстом агрегатном стању (лој, сало, свињска маст), а ако садрже више незасићених киселина на собној температури биће у течном агрегатном стању (уља биљака). Животиње не могу синтетисати полинезасићене више масне киселине, па се оне морају уносити путем хране – есенцијалне масне киселине. Код природних полинезасићених масних киселина све двоструке везе су изоловане (прва се уводи у положају 9, друга у положају 12, трећа у положају 15 итд.) и све су Z-конфигурације. Због компликованости назива по IUPAC номенклатури користе се тривијална имена.

$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	палмитинска кис.	}	засићене
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	стеаринска кис.		
$\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{COOH}$	палмитолеинска кис. (1 двострука веза)	}	незасићене
$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	олеинска кис. (1 двострука веза)		
$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$	линолна кис. (2 двоструке везе)		
$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	линоленска кис. (3 двоструке везе)		
$\text{C}_{19}\text{H}_{31}\text{COOH}$	арахидонска кис. (4 двоструке везе)		

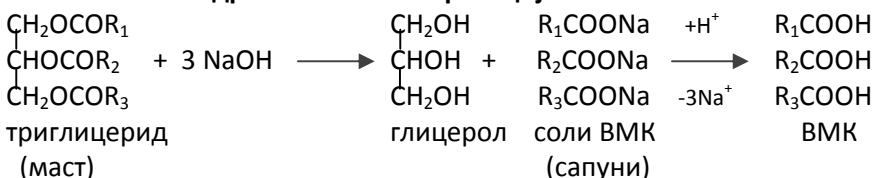
У природи су најраспрострањеније **палмитинска, стеаринска и олеинска киселина**. Ове киселине и њихови деривати (соли, естри) користе се за израду козметичких препарата.

**Линоленска киселина** се налази у ланеном уљу, лако се оксидује при чему очвршћава (сушиво уље), па се користи за израду премаза и лакова.

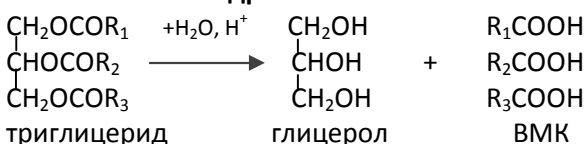
**Арахидонска киселина** је неопходна човечијем организму јер од ње настају простагландини (луче се при упалним процесима). Налази се у кикирикију и индијском ораху.

### Добијање виших масних киселина

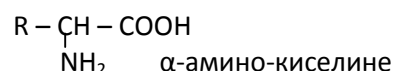
#### - Базна хидролиза – сапонификација



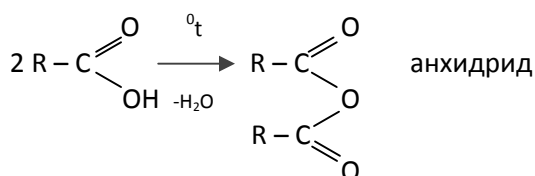
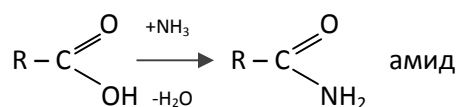
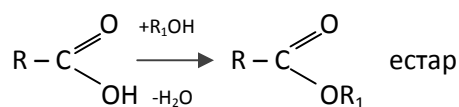
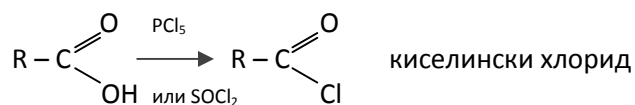
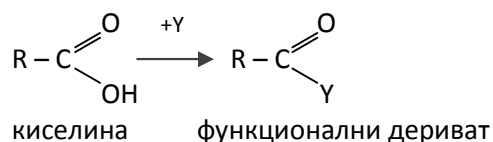
#### - Кисела хидролиза



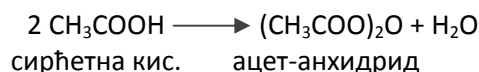
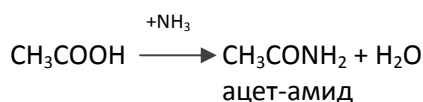
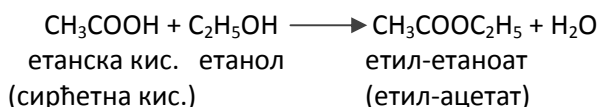
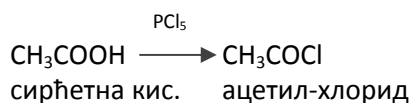
**Амино-киселине** су неопходне свакој живој ћелији – изграђују протеине.



## Деривати карбоксилних киселина



примери:



Реактивност функционалних деривата карбоксилних киселина:                  хлорид > анхидрид > естар > амид

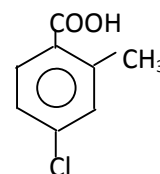
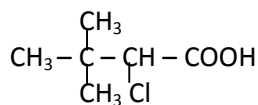
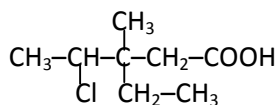
Сви деривати садрже **ацил-групу**  $\text{R}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{ } \end{array}$  и поларни су.

Хлориди и анхидриди имају приближно исте ТТ и ТК као алдехиди и кетони исте Мг. Хлориди имају оштар надражујући мирис. Амиди имају високе ТК (граде интермолекулске водоничне везе). Естри су лако испарљиви и имају карактеристичан пријатан мирис. Често су добри растварачи (нпр. етил-ацетат). Масне супстанце (масти и уља, фосфолипиди, гликолипиди, воскови) су естри виших масних киселина. Протеини су полиамидни низови. Сви деривати се једноставно преводе хидролизом у киселине или деривате који су мање реактивни. Реактивнији су од киселина, па се често киселине преводе у деривате (посебно хлориде) ради лакше даље реакције са неком другом супстанцом.

## Питања и задаци:

- Шта су карбоксилне киселине?
- Која је функционална група и општа формула карбоксилних киселина?
- Како делимо карбоксилне киселине?
- Како се дају имена карбоксилним киселинама?
- Какве су физичке особине карбоксилних киселина и зашто?
- Како се добијају карбоксилне киселине?
- Написати реакције добијања 3-хлор-бутанске киселине, оксалне киселине и *o*-хлор-бензојеве киселине.
- Које су најважније хемијске реакције којима подлежу карбоксилне киселине?
- Како карбоксилне киселине реагују са базама?
- Какве су јачине карбоксилне киселине?
- Шта дају карбоксилне киселине редукцијом?
- У које функционалне деривате можемо превести карбоксилне киселине?
- Који су најважнији деривати карбоксилних киселина?
- Какве су особине функционалних деривата карбоксилних киселина?
- Какав је значај функционалних деривата карбоксилних киселина?
- Које су најзначајније карбоксилне киселине?
- Како се индустријски добија сирћетна киселина и која јој је примена?
- Какве су особине виших масних киселина и зашто су значајне?
- Како се добијају више масне киселине?

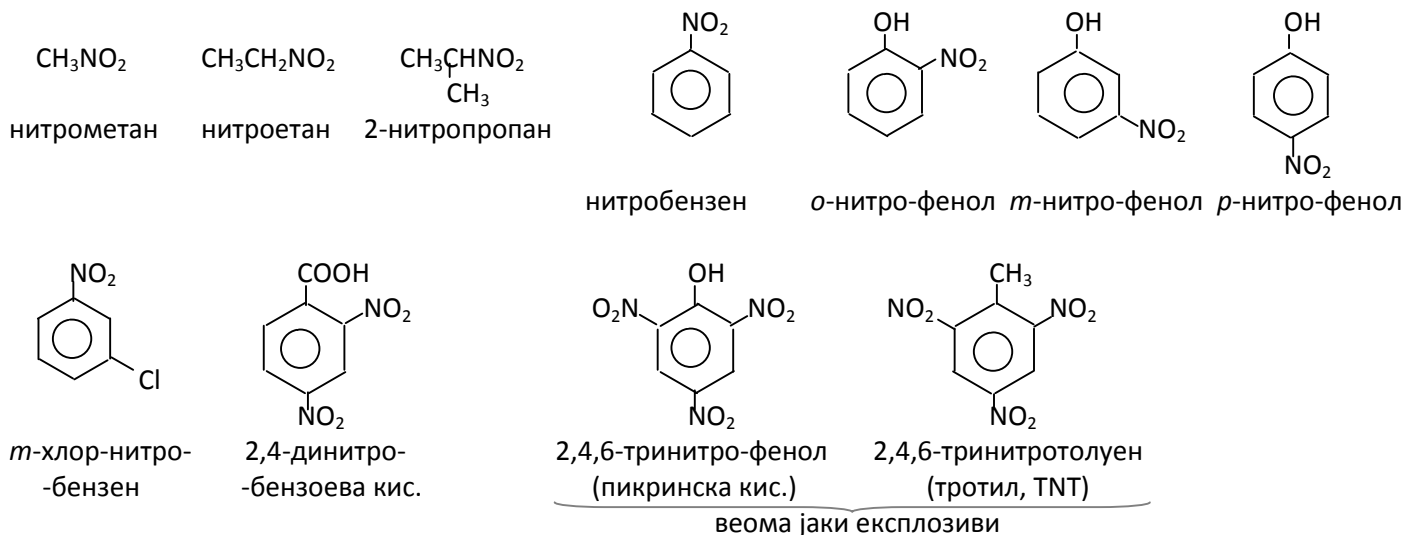
1. Задатак – Написати имена следећих једињења:



2. Задатак – Написати рационалне формуле следећих једињења:  $\alpha$ -хлор-сирћетна киселина, *m*-хлор-бензојева киселина, оксална киселина, хлорид метанске (мравље) киселине (формил-хлорид), амид пропанске киселине (пропион-амид), пропенска киселина, 3-метил-2-етил-пентанска киселина, 3-хлор-бутанска киселина, *o*-хлор-бензојева киселина.
3. Задатак – Написати реакцију и називе производа потпуне оксидације 3-метил-1-бутанола.
4. Задатак – Написати реакцију и назив производа оксидације бутил-бензена.
5. Задатак – Написати реакцију и називе производа потпуне редукције 2-хлор-пропанске киселине.
6. Задатак – Написати реакцију и назив производа потпуне редукције оксалне киселине.
7. Задатак – Написати рационалне формуле следећих једињења: 3-метил-2-хлор-хексанска киселина, 2-хлор-етанска киселина, *p*-хидрокси-бензојева киселина, хлорид етанске киселине (ацетил-хлорид).
8. Задатак – Написати реакцију и називе производа потпуне оксидације 2-метил-1-пропанола.
9. Задатак – Написати реакцију и назив производа оксидације *o*-диетил-бензена.
10. Задатак – Написати реакцију и називе производа потпуне редукције 2-метил-бутанске киселине.
11. Задатак – Написати реакцију и назив производа потпуне редукције *o*-хлор-бензојеве киселине.
12. Задатак – Написати реакцију и назив производа 2-метил-пропанске киселине са метанолом.
13. Задатак – Написати реакцију и назив производа етанске киселине са амонијаком.
14. Задатак – Написати реакцију и назив производа  $\alpha$ -хлор-сирћетне киселине са амонијаком.
15. Задатак – Написати реакцију и назив производа стеаринске киселине са NaOH.
16. Задатак – Написати реакцију добијања пропанске киселине из пропана.

## НИТРО-ЈЕДИЊЕЊА

Општа формула **нитро-једињења** је **R – NO<sub>2</sub>**. Садрже нитро-групу – **NO<sub>2</sub>**. Нитро-једињења су веома експлозивна (опасне су супстанце). R-група може бити алифатична или ароматична. Као и остала органска једињења чине хомологе низове. При номенклатури се нитро-група сматра супституентом у једињењу.

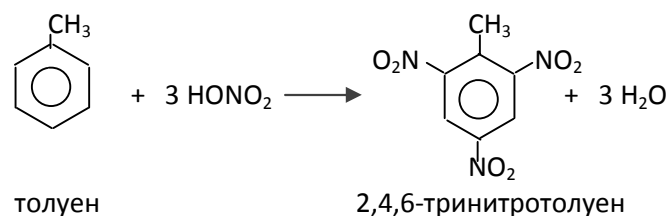
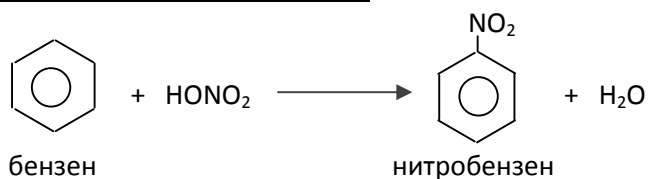


Нитро-једињења садрже поларну нитро-групу и могу градити водоничне везе. Имају више ТТ и ТК од одговарајућих угљоводоника, али ниже од одговарајућих алкохола.

Нитро-једињења су добри растварачи. Користе се као нитро-разређивачи за боје. Отровни су, лако испарљиви и удисањем изазивају мучнину и вртоглавицу.

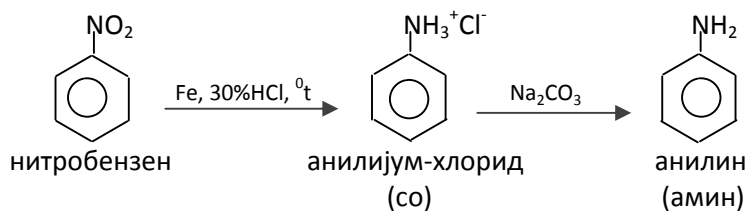
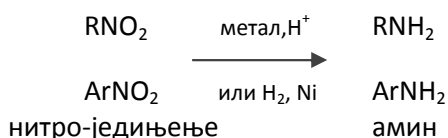
Сва нитро-једињења су веома опасне супстанце и могу експлодирати, а та опасност се повећава са порастом броја нитро-група у молекулу. Тротил је веома јак и бризантан експлозив. Некада се користио у војне сврхе, а данас углавном у техничке и индустријске сврхе. Јачина свих осталих експлозива одређује се према тротилу.

### Добијање нитро-једињења



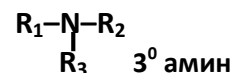
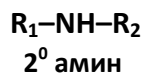
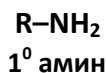
### Хемијске реакције нитро-једињења

#### - Редукција – превођење у амине



## АМИНИ

Општа формула амин је

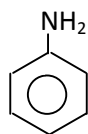
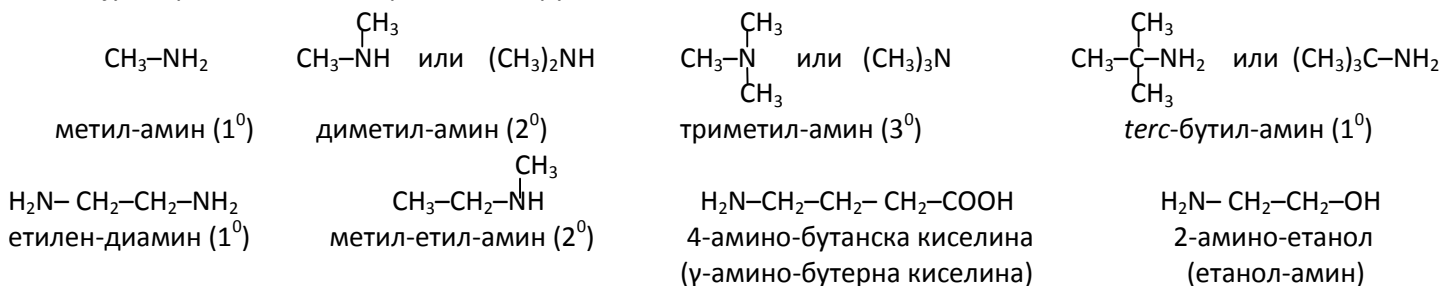


Молекул има тетраедарску структуру ( $sp^3$  хибридација N-атома). Изводе се из амонијака ( $\text{NH}_3$ ). Могу бити алифатични или ароматични. Могу садржати више амино-група у молекулу.

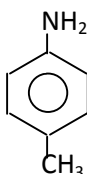
Амини су **изразито базна једињења** (боје лакмус у плаво). Алифатични амини су базни скоро као амонијак, а ароматични знатно мање.

### Номенклатура амина

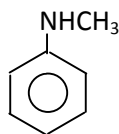
Имена аминима се изводе тако што се именима R-група додаје наставак **-амин**. Најједноставнији ароматичан амин има посебно име анилин. Уколико се у молекулу налази OH- или COOH-група амино-група се сматра супституентом у молекулу алкохола одн. карбоксилне киселине, а њен положај се одређује према положају хидроксилне одн. карбоксилне групе.



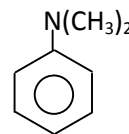
анилин  
(1<sup>0</sup>)



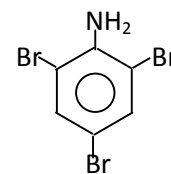
*p*-толуидин  
(1<sup>0</sup>)



N-метил-анилин  
(2<sup>0</sup>)



N,N-диметил-анилин  
(3<sup>0</sup>)



2,4,6-трибром-анилин  
(1<sup>0</sup>)

### Физичке особине амина

Амини су поларна једињења и могу да граде водоничне везе (1<sup>0</sup> и 2<sup>0</sup> амини могу градити интермолекулске и интрамолекулске водоничне везе, а 3<sup>0</sup> амини само интермолекулске).

Амини имају више ТТ и ТК од неполарних супстанци исте Мг, али знатно ниже од одговарајућих алкохола и карбоксилних киселина (1<sup>0</sup> и 2<sup>0</sup> амини имају више ТТ и ТК од 3<sup>0</sup> амина јер се молекули асосују водоничним везама, што молекули 3<sup>0</sup> амина не могу – молекули 1<sup>0</sup> амина граде две, а 2<sup>0</sup> амина једну водоничну везу).

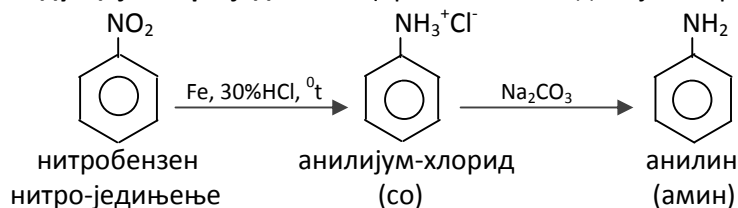
Амини су растворни у растварачима који су мање поларни од воде (етар, алкохол, бензен и сл.). Нижи амини (до 6 C-атома) се растварају у води (молекули амина успостављају водоничне везе са молекулима воде).

Метил- и етил-амин имају мирис сличан амонијаку, а неки виши амини имају непријатан мирис на рибу. Ароматични амини су често врло отровни, а могу продрети у организам и кроз кожу.

### Добијање амина

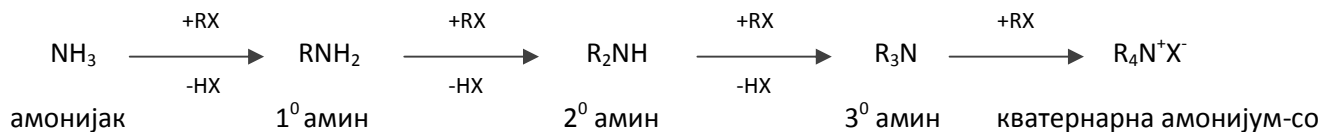
Неки једноставнији и најважнији амини индустријски се добијају поступцима који се не могу применити у лабораторији.

- **Редукција нитро-једињења** (првенствено за добијање ароматичних амина)

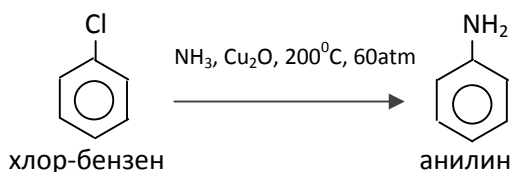
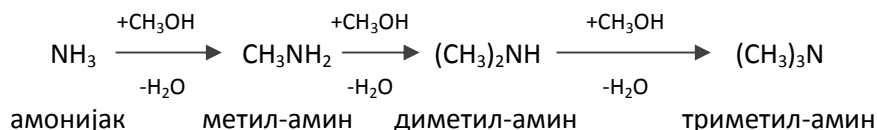
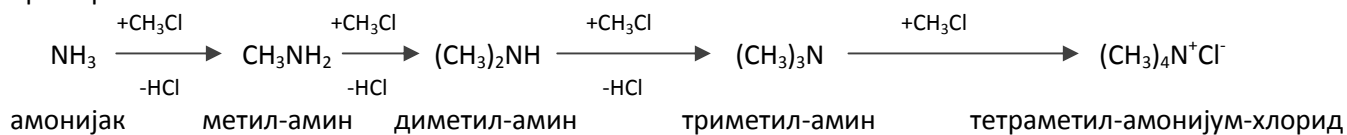




- **Алкиловање**



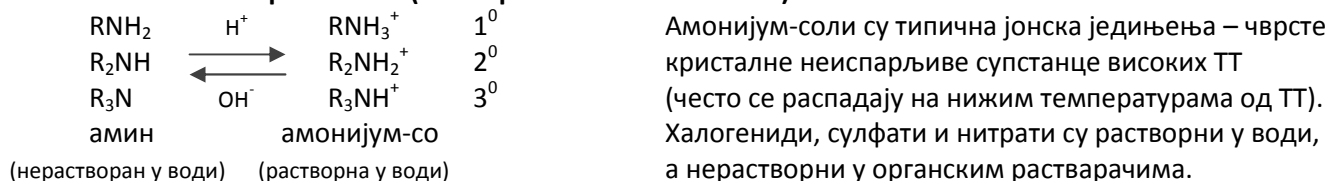
примери:



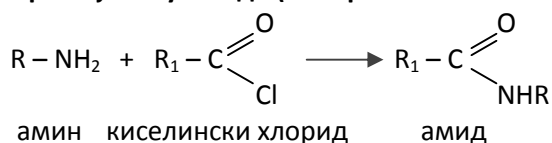
Анилин се користи као основна сировина у индустрији боја.

**Хемијске особине амина**

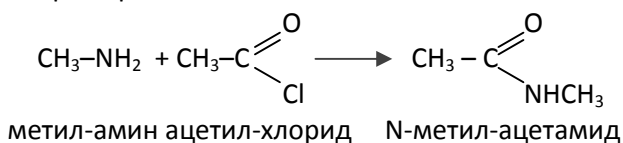
- **Базност – стварање соли (са неорганичким киселинама)**



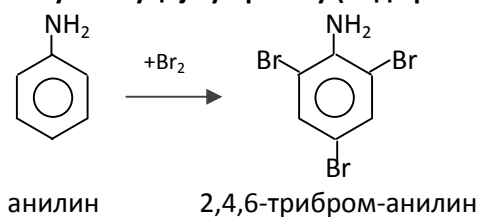
- **Превођење у амиде (са карбоксилним киселинама)**



пример:



- **Супституција у прстену (код ароматичних амина)**

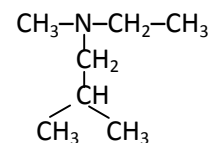
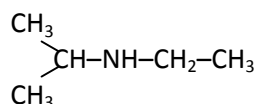
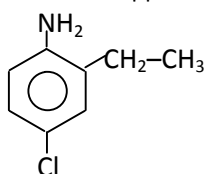
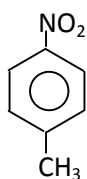


NH<sub>2</sub>-група снажно активира ароматичан прстен и диригује супституцију у *o*- и *p*-положаје.

## Питања и задаци:

- Шта су нитро-једињења?
- Која је општа формула нитро-једињења?
- Какве особине имају нитро-једињења?
- Како се добијају нитро-једињења?
- Којој хемијској реакцији подлежу нитро-једињења?
- Шта су амини?
- Која је општа формула амина?
- Како делимо аminer?
- Како се дају имена аминима?
- Какве су физичке особине амина?
- Како се добијају амини?
- Које су најважније хемијске реакције којима подлежу амини?
- Шта амини дају реакцијом са неорганским киселинама?
- Какве су особине амонијум-соли?
- Шта амини дају реакцијом са карбоксилним (органским) киселинама?
- У којим положајима се врши супституција код ароматичних амина?

1. Задатак – Написати рационалне формуле следећих једињења:  
m-хлор-нитро-бензен, етил-диметил-амин, *tert*-бутил-амин.
2. Задатак – Написати називе следећих једињења:



3. Задатак – Написати реакцију и назив производа  $\alpha$ -хлор-сирћетне киселине са метил-амином.
4. Задатак – Написати реакцију и назив производа етил-амина са пропил-хлоридом.
5. Задатак – Написати реакцију и називе производа хлоровања анилина.
6. Задатак – Написати реакцију и назив производа диетил-амина са HCl.

## **ХЕТЕРОЦИКЛИЧНА ЈЕДИЊЕЊА, АЛКАЛОИДИ И АНТИБИОТИЦИ**

Биохемија је истовремено грана биологије и органске хемије која проучава биологију на молекулском нивоу. Највећи број молекула који учествује у животним процесима (биомолекула) веће су и сложеније грађе од молекула које смо до сада сусретали. Ни њихова околина – живи организам – не може се због своје сложености упоредити са реакционим условима који постоје у реакционој смеши органског хемичара. Физичке и хемијске особине ових молекула ипак се могу извести из структуре молекула, као и особине других органских једињења. Хемија биолошких дешавања је многострана и замршена, али се проучавање биохемије мора темељити на тачном позавању основа органске хемије. Биомолекули су веома велики, па се њихова структура разматра на различитим нивоима: редослед функционалних група и конфигурација, конформација, распоред група у молекулу, ефекти који су последица међумолекулских сила које делују између молекула, између различитих делова истог молекула, између биомолекула и растварача, особине ових молекула при настајању у епрувети, јер су оне основа реакција и у живом организму, примена основних знања органске хемије на ова сложена једињења и основне биохемијске промене ради стицања увида у начин на који структура молекула утиче на биолошко понашање.

Примарни метаболити – есенцијална једињења – производе их сви организми и основа су живота. То су аминокиселине, шећери, нуклеотиди, масне киселине, стероиди и њихови полимери протеини, сахариди, нуклеинске киселине и липиди.

Секундарни метаболити – природни производи – органска једињења природног порекла карактеристична за један или више сродних организама. Они често немају већег утицаја на опстанак организма који их производи (за разлику од примарних метаболита). У највећем броју случајева њихова стварна улога није позната. Многа природна једињења имају знатно већи утицај (биолошко дејство) на организме који их не производе, већ посредним путем са њима долазе у додир. Структуре секундарних метаболита могу бити врло различите (терпени, хетероциклична једињења, лактони, лактами итд.). Помоћу њих организам комуницира са околином (са јединкама исте или различите врсте). Феромони инсеката имају низ улога: сексуални феромони, служе за обележавање територије боравка, места где се налази храна, алармирају јединке исте врсте у случају опасности, одбијају грабљивице, групишу јединке исте врсте код социјалних инсеката итд. Код низа биљака откривени су секундарни метаболити са инсектицидним и фунгицидним особинама којима се биљке штите од грабљивица и гљивичних обољења.

### **Хетероциклична једињења**

Циклична једињења чији се прстен састоји само од C-атома су хомоциклична или алициклична једињења. Хетероциклична једињења садрже прстен који се састоји од различитих атома – поред C-атома прстен садржи и неки други атом (хетероатом), најчешће N, O или S.

Хетероцикличан прстен, као и хомоцикличан, може бити различите величине (најстабилнији су петочлани и шесточлани прстенови), могу бити алифатични или ароматични. При означавању места у прстену по правилу се хетероатом означава што мањим бројем.

Хетероциклична једињења припадају различитим класама једињења нпр. могу бити циклични анхидриди, имиди, лактони, лактами, етри, ацетали итд. У биолошком свету хетероцикличних једињења има свуда – угљени хидрати, нуклеинске базе, хем у хемоглобину, реактивна места у многим ензимима тј. витамини и други коензими нпр. NAD и NADP итд. Једноставнија хетероциклична једињења су добри растварачи (нпр. фуран, пирол, пиридин, тиофен, пиран, пиридин итд.).

### **Алкалоиди**

Алкалоиди настају секундарним метаболизмом аминокиселина код биљака (само око 5% биљака производи алкалоиде). Базна су једињења – садрже азот. Различите су структуре. Имају разноврсна и углавном јака физиолошка дејства на друге организме који посредно долазе у додир са њима, а сами их не производе. Групи алкалоида припадају ефедрин, хорденин (из јечма), хигрин, никотин (из дувана), атропин или хиосцин (из бунике), кокаин (из коке), мескалин (из кактуса-врло јак халуциноген), опијумски алкалоиди-морфин, тебаин, кодеин (лабораторијским ацетиловањем морфина добија се хероин који је врло јак наркотик, док се метадон користи за лечење наркомана, јер изазива много мању зависност од морфина и хероина), стрихнин (изазива парализу мишића), лизергинска киселина (од које се лабораторијски добија јак халуциноген LSD), пиперин (љути принцип бибера и паприке, кофеин (у кафи и танинским чајевима), серотонин (неуропреносник у централном нервном систему; у слузокожи црева побуђује перисталтику) итд.

## **Антибиотици**

Антибиотици су једињења која инхибирају раст или размножавање бактерија и осталих микроорганизама. Имају велику важност у лечењу инфективних болести.

Антибиотици су гљивични метаболити који имају бактериостатско или бактерицидно дејство. Данас се могу добити и полусинтетичким или синтетичким путем.

Да би се неко једињење користило у медицинске сврхе као антибиотик потребно је да снажно делује на микроорганизме (бактерије), а да је што мање штетно за људски организам.

Антибиотици делују на различите начине:

- инхибирају функцију нуклеинских киселина бактерија (инхибирају репликацију DNK или синтезу RNK),
- инхибирају синтезу или функцију протеина бактерија (везују се за рибозоме и узрокују погрешно читање кода или се уграђују у протеин уместо неке јединице чиме се синтетише неактиван протеин),
- разарају ћелијску мембрану бактерија (изазивају лизирање ћелија бактерија),
- спречавају синтезу ћелијског зида бактерија (бактерије не могу да се заштите капсулом).

Не делују сви антибиотици на све бактерије – антибиотик има одређени спектар дејства. Бактерије лако мутирају, па могу постати резистентне на антибиотик или постати још опасније. Антибиотици не делују на вирусе.

Препарати који делују на гљивице називају се антимицотици.

Са хемијског аспекта антибиотици припадају најразличитијим врстама једињења:

- неке аминокиселине које не улазе у састав протеина и налазе се слободне или у краћим пептидима код микроорганизама (азасерин, циклосерин, хлорамфеникол одн. хлоромецетин),
- пептидни антибиотици – садрже неубичајене аминокиселине или су аминокиселине повезане на неубичајен начин (пеницилини, валиномицин, грамицидин, актиномицин),
- макролидни антибиотици – садрже велики хетероциклични прстен (еритромицин),
- тетрациклини – имају компликовану прстенасту структуру (тетрациклин, терамицин, ауреомицин),
- антибиотици који садрже ретке шећере (стрептомицин),
- сулфанил-амиди.

## **Питања:**

- Шта су биомолекули?
- Шта су примарни метаболити?
- Шта су секундарни метаболити?
- Шта су хетероциклична једињења?
- Колико су разноврсна хетероциклична једињења и какав им је значај за живи свет?
- Шта су алкалоиди и какво дејство имају?
- Шта су антибиотици и како делују?

## САХАРИДИ

Из једноставних супстанци  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  уз енергију у облику сунчеве светлости и катализатор хлорофил у листу биљке се ствара шећер глукоза. Хиљаде молекула глукозе могу се повезати у веће молекуле целулозе (потпорни скелет биљке) или скроба (храна новој биљци која расте). Скроб, а понекад и целулоза, се цепа у првобитне молекуле глукозе када их нека животиња свари, ресорбује се у цревима и крвљу стиже у јетру где се везује у гликоген („животињски скроб“) који служи као резерва хране. По потреби се гликоген цепа на молекуле глукозе која се путем крви транспортује у ткива где се оксидује у  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  уз ослобађање енергије неопходне за животне процесе – исте оне енергије која је првобитно била прихваћена као сунчева светлост. Један део глукозе се у организму прерађује у масти, а један део у аминокиселине од којих се изграђују протеини.

Сахариди сачињавају највећи део наше хране (једемо житарице, воће и поврће), хранимо њима животиње од којих добијамо месо и маст, облачимо се у целулозу (памук, лан, вискоза, вештачка свила), градимо куће и израђујемо покућство од дрвета, пишемо на хартији.

Глукоза, целулоза, скроб и гликоген припадају групи органских једињења која се називају сахариди или угљени хидрати који чине највећи део органских супстанци на земљи. Претежно су биљног порекла, али су главни саставни део хране многих животиња и човека, а испуњавају и многе друге специфичне функције (саставни су део нуклеинских киселина, служе као потпорне супстанце, улазе у састав ћелијских мембрана, изграђују ткива, служе као резерва хране итд.).

Многи сахариди садрже угљеник, водоник и кисеоник у односу  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$  и одатле потиче име угљени хидрати (што нема везе са структуром).

### Подела сахарида

- **Моносахариди** су најједноставнији шећери који се хидролизом не могу разложити на једноставније шећере. Састоје се од 3-9 C-атома, а у природи су најраспрострањенији они са 5 и 6 C-атома. Према хемијској структури су полихидрокси алдехиди (алдозе) или полихидрокси кетони (кетозе). Оптички су активне супстанце (скрећу раван поларизоване светлости).

- **Олигосахариди** су изграђени од више јединица моносахарида (од 2-10 моносахаридних јединица) међусобно повезаних гликозидним везама. Хидролизом се могу разложити на моносахариде из којих су изграђени.

Дисахариди се састоје из две моносахаридне јединице, трисахариди из три моносахаридне јединице итд. Служе као резерва хране или имају специфичне функције у организму.

- **Полисахариди** се састоје из великог броја моносахаридних јединица (чак неколико стотина или хиљада) међусобно повезаних гликозидним везама и могу се хидролизом разложити на моносахариде из којих су изграђени. Могу бити изграђени само из једне врсте моносахарида (хомополисахариди) или из више различитих моносахарида (хетерополисахариди), а могу бити и конјугована једињења (полисахарид је везан за молекул неке друге класе биомолекула нпр. гликопротеини, гликолипиди).

Веома је велика разноликост полисахарида, нарочито код биљака. Углавном имају две улоге: изграђују ћелијске зидове (структурни полисахариди) или су резервне супстанце (резервни полисахариди). И код животиња полисахариди изграђују многа ткива (нпр. хитин изграђује оклоп и кутикулу ракова и инсеката, мукополисахариди се налазе у синовијалној течности, кожи, стакластом делу ока, везивном ткиву и хрскавици итд.), а многи имају и специфичне функције (нпр. хепарин је антикоагуланс).

### Особине и номенклатура сахарида

Сахариди су поларна једињења. Моносахариди и олигосахариди су растворни у води. Полисахариди се не растварају у води (због велике масе), али при одређеним условима неки могу градити колоидне растворе (скроб) или гелове (агар, пектини у воћу служе биљкама да задрже воду).

Сви моносахариди су редукујући шећери. Већина дисахарида су редукујући шећери (што зависи од начина на који су међусобно повезане моносахаридне јединице), а остали олигосахариди и полисахариди нису редукујући сахариди.

Пошто је сама структура сахарида веома сложена били би компликовани хемијски називи према IUPAC номенклатури. Због тога се ова имена не користе, већ су у употреби тривијална имена која су много једноставнија и одавно укореења.

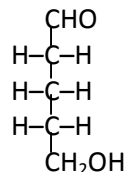
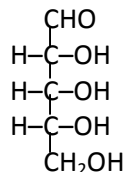
## МОНОСАХАРИДИ

Моносахариди су најједноставнији шећери који се хидролизом не могу разложити на једноставније шећере. Састоје се од 3-9 C-атома, а у природи су најраспрострањенији они са 5 и 6 C-атома. Према хемијској структури су полихидрокси алдехиди (алдозе) или полихидрокси кетони (кетозе) и њихови деривати (аминошећери, уронске киселине итд.). Поларна су једињења, растварају се у води, редукујући су шећери и оптички су активне супстанце (скрећу раван поларизоване светлости).

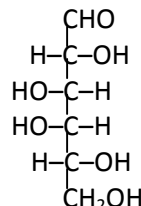
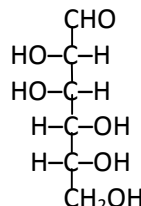
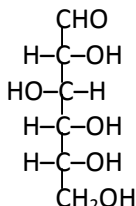
### Подела према типу карбонилне групе

- **Алдозе** су шећери са алдехидном групом (C-1) и више OH-група.
- **Кетозе** су шећери са кето-групом (најчешће C-2) и више OH-група.

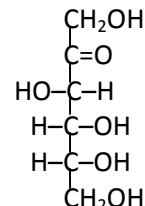
Према броју C-атома моносахариди се деле на триозе, тетрозе, пентозе (углавном  $C_5H_{10}O_5$ ), хексозе (углавном  $C_6H_{12}O_6$ ), хептозе, октозе и нонозе. У природи су најраспрострањеније пентозе и хексозе.



рибоза      дезоксирибоза  
алдопентозе

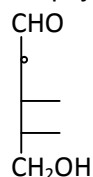
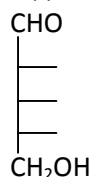


глукоза      маноза      галактоза  
алдохексозе

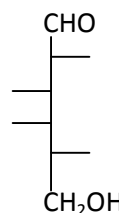
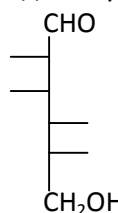
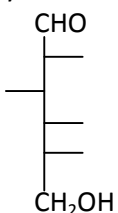


фруктоза  
кетохексоза

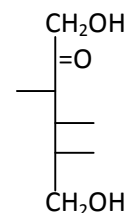
Једноставније се пројекционе формуле моносахарида могу представити шематски:



рибоза      дезоксирибоза  
диастереоизомери



глукоза      маноза      галактоза  
диастереоизомери



фруктоза

Сви моносахариди имају хиралне C-атоме – C-атоми за које су везане четири различите групе. Усмереност ових група у простору може бити различита иако је структура иста – конфигурациона изомерија. Конфигурациони изомери су диастереоизомери – различита једињења која имају различите физичке, а често и хемијске особине. Моносахариди су оптички активне супстанце – скрећу раван поларизоване светлости улево (-) или удесно (+).

Неколико пентоза и хексоза су веома распрострањене у природи и имају биолошки значај.

**Рибоза** и **дезоксирибоза** улазе у састав нуклеинских киселина које се налазе у свакој живој ћелији и сматрају се кључним молекулима живота.

Ксилоза и арабиноза су веома распрострањене у биљном свету.

Од хексоза најважнија и најраспрострањенија је **глукоза** (грожђани шећер, декстроza). Од ње су изграђени многи важни олиго- и полисахариди. Најважнија је енергетска супстанца у ћелијама. Уколико нема довољно глукозе, организам је производи из других супстанци (масти, аминокиселина – процес глуконеогенезе).

**Маноза** и **галактоза** улазе у састав олигосахарида који имају важне биолошке функције у организму (улазе у састав гликолипида и гликопротеина).

**Фруктоза** (воћни шећер, левулоза) је најважнија кетохексоза. Најраспрострањенија је у биљном свету, а има је и у меду. Улази у састав сахарозе (тршчаног шећера који користимо у исхрани).

Дезоксихексозе (нпр. фукоза, рамноза) улазе у састав олигосахарида који одређују крвне групе.

Аминошећери су једињења код којих је једна OH-група замењена  $\text{NH}_2$ -групом. У биохемији су најзначајнији глукозамин, галактозамин и неураминска киселина.

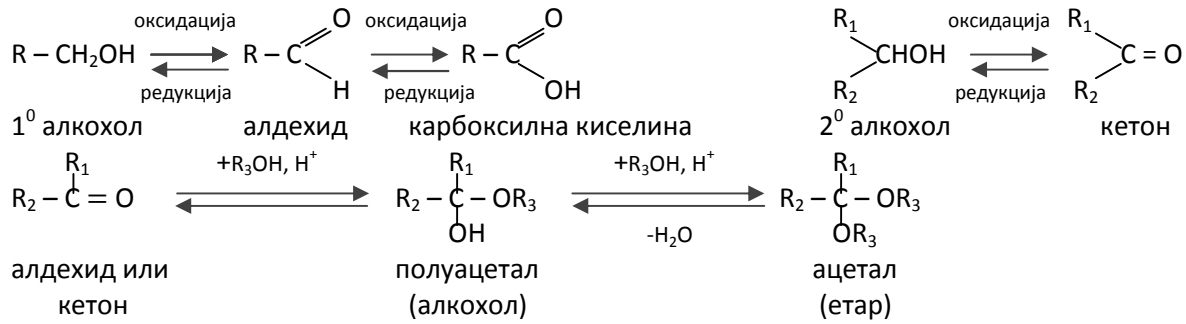
Уронске киселине (најчешће глукуронска) улазе у састав полисахарида који су важни за изградњу везивног ткива, стакластог дела ока, коже, синовијалне течности. Глукуронска киселина у јетри учествује у детоксикацији.

Кетопентоза-фосфати су значајни у метаболизму. Фосфатни естри триоза (глицералдехида, дихидроксиацетона) су међупроизводи гликолизе (разградње глукозе). Ако се гликолиза дешава у анаеробним условима настаје млечна киселина.



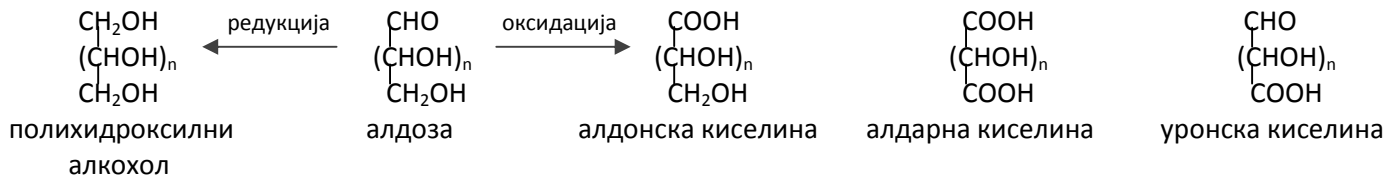
## Хемијске реакције моносахарида

Редукцијом алдехида добијају се примарни алкохоли, а редукцијом кетона секундарни алкохоли. Оксидацијом алдехида добијају се карбоксилне киселине. Адицијом алкохола на карбонилну групу добијају се поацетали, а даљом реакцијом полуацетала са алкохолом добијају се ацетали.

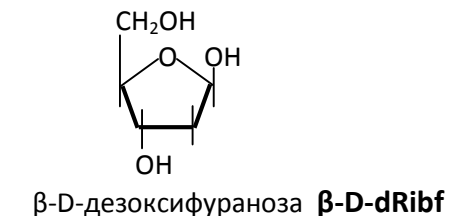
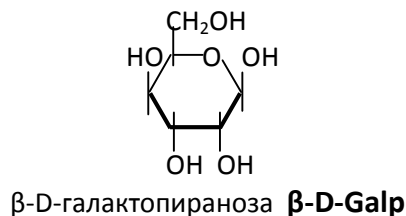
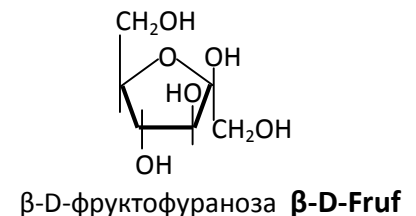
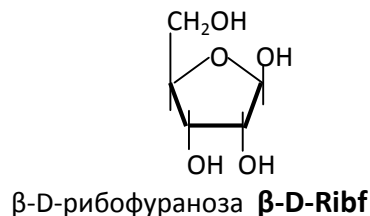
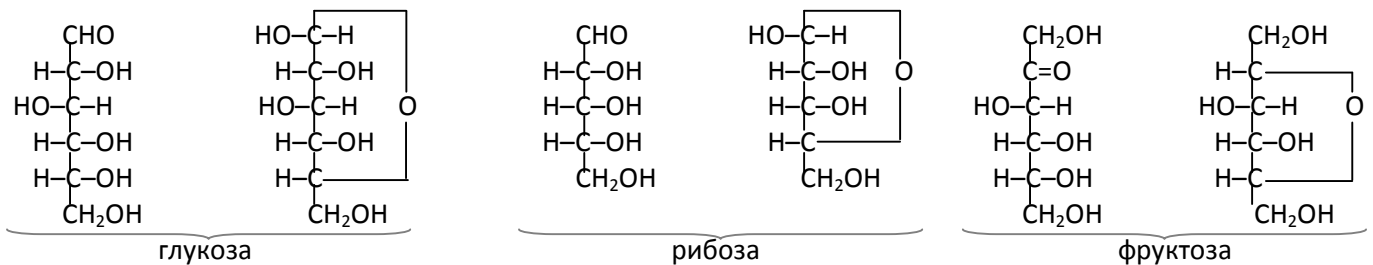


Моносахариди се могу трансформисати један у други преко ендиолног облика.

Код алдоза се може оксидовати алдеhidна група до карбоксилне, примарна алкохолна група до карбоксилне или обе ове групе. На тај начин може настати три различита типа киселина, а производ оксидације зависи од реагенса или од ензима који је катализује. Алдеhidна група се може редуктовати до примарне алкохолне групе чиме настаје полихидроксилни алкохол. Кетозе се такође под одређеним условима могу оксидовати.



Због тетраедарског распореда  $sp^3$ -хибридизованих орбитала C-атома просторни распоред група у моносахаридима је такав да се код хексоза алдеhidна група на C-1 толико приближи OH-групи на C-5 да врло лако долази до реакције и до грађења полуацетала. Тако настаје шесточлани хетероциклични прстен шећера – пиранозни прстен (пираноза). Са алдеhidном групом на C-1 може да реагује и OH-група на C-4 или са кето-групом на C-2 може реаговати OH-група на C-5 чиме настаје петочлани хетероциклични прстен – фуранозни прстен (фураноза). Пиранозни полуацетални облик углавном граде алдохексозе, а фуранозни полуацетални облик углавном граде алдопентозе и кетохексозе.

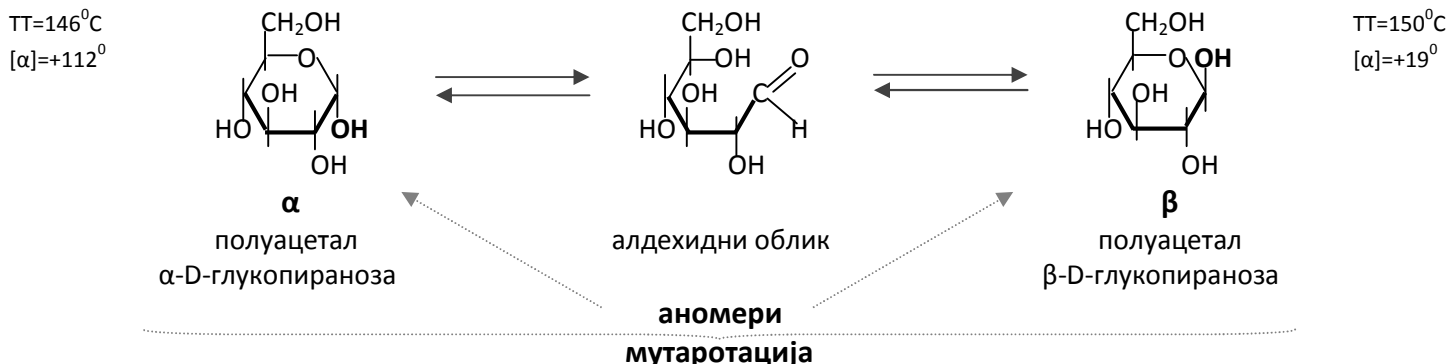




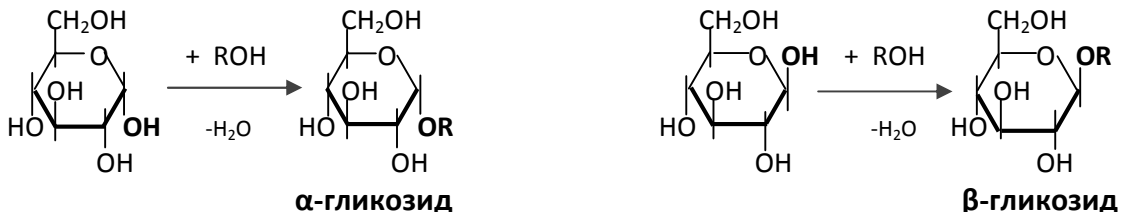
**Моносахариди се налазе у природи у облику полуацетала.**

При настајању прстена настаје нови асиметрични C-атом (C-1 код алдоза, C-2 код кетоза) и могућа су два конфигурациона изомера – аномери. Код α-облика полуацетална OH-група је испод равни прстена, а код β-облика полуацетална OH-група је изнад равни прстена.

У раствору су ова два облика у равнотежи и брзо прелазе један у други преко отвореног алдехидног облика и та равнотежна реакција је мутаротација (стално долази до отварања и затварања прстена).



Аномери имају различите ТТ и различито скрећу раван поларизоване светлости. Код глюкозе се у раствору налази у равнотежи око 64% β-облика, око 36% α-облика и око 0,35% алдехидног облика. Најстабилнији моносахарид је β-D-глюкопираноза, па је због тога и најраспрострањенији у природи.

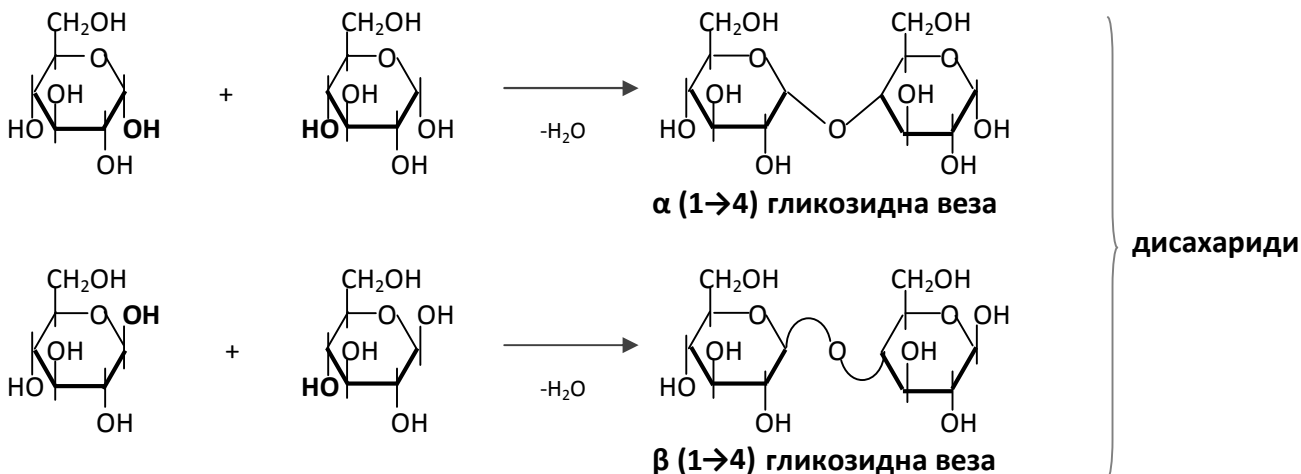


Ацетали не могу да пређу у алдехидни облик (нема слободне полуацеталне групе и прстен не може да се отвори), па α и β облици ацетала не могу да прелазе један у други – гликозиди не подлежу мутаротацији и нису редукујући шећери.

Стварање гликозида могуће је са алкохолом, фенолом, другим шећером или карбоксилном киселином (О-гликозиди) или са неком аминок-групом (N-гликозиди).

Гликозиди су веома распрострањени у природи, поготово у биљном свету.

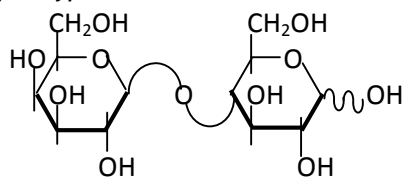
Ако уместо алкохола са полуацеталном групом реагује секундарна алкохолна група другог моносахарида настају гликозиди. Веза између два моносахарида зове се **гликозидна веза**.



Полуацетална група другог моносахарида је слободна и може прелазити у алдехидни облик – овакав дисахарид подлеже мутаротацији и редукујући је шећер (слободна полуацетална група се може оксидовати до карбоксилне групе).

## ДИСАХАРИДИ

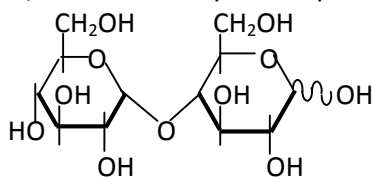
Дисахариди припадају групи олигосахарида. Дисахариди се састоје из две моносахаридне јединице међусобно повезане гликозидном везом ( $\alpha$  или  $\beta$ ). Пошто се повезују полуацетални облици моносахарида дисахариди су гликозиди. Хидролизом се могу разложити на моносахариде из којих су изграђени. Поларне су супстанце и растварају се у води. Могу бити редукујући или нередукујући шећери, што зависи од начина на који су међусобно повезане моносахаридне јединице. Углавном служе као резерва хране у организму.



Galp  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4) Glcp

### лактоза

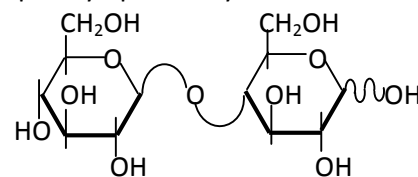
O- $\beta$ -D-галактопиранозил-  
-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза



Glcp  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4) Glcp

### малтоза

O- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-  
-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза

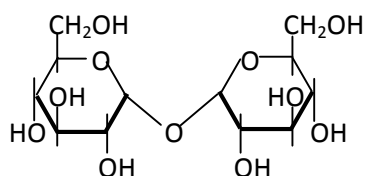


Glcp  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4) Glcp

### целобиоза

O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-  
-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза

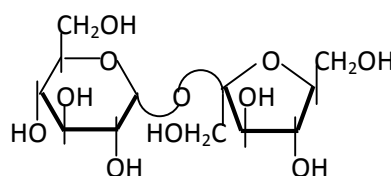
### редукујући шећери – подлежу мутаротацији



Glcp  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 1) Glcp

### трехалоза

O- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 1)- $\alpha$ -D-глюкопиранозид



Glcp  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 2) Fruf  $\beta$

### сахароза

O- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-фруктофуранозид

### нередукујући шећери – не подлежу мутаротацији

Дисахаридима се имена изводе тако што се назначи да су моносахаридне јединице повезане преко O-атома, затим се назначи енантиомер и име прве моносахаридне јединице која се сматра супституентом у другом моносахариду, па има наставак –ил, затим тип везе између моносахаридних јединица и на крају енантиомер и име друге моносахаридне јединице (ако је реаговала секундарна алкохолна група, а полуацетална остала слободна додаје се наставак –оза, а ако је полуацетална група друге моносахаридне јединице учествовала у грађењу гликозидне везе наставак је –озид).

Пошто су хемијска имена дисахарида компликована и дуга у употреби су тривијална имена.

**Лактоза (млечни шећер)** се налази у млеку (око 6% у људском, око 4,5% у крављем), у сурутки. Млеко се укисели када лактоза оксидацијом пређе у млечну киселину.

**Малтоза** је производ делимичне хидролизе скроба (међупроизвод при ферментацији скроба у алкохол). Може се потпуно хидролизовати до глукозе (кисело или ензимски катализована хидролиза нпр. малтазом из квасца).

**Целобиоза** је производ делимичне хидролизе целулозе.

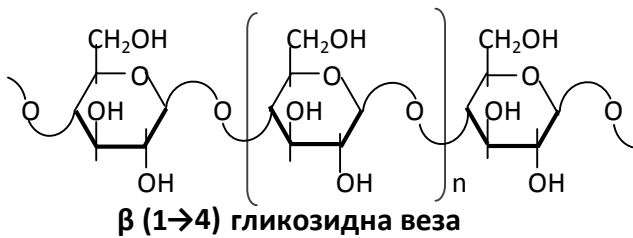
**Трахалоза** је распрострањена у биљкама, а има је и у крви инсеката.

**Сахароза (тршчани шећер)** се добија из шећерне трске или шећерне репе. У највећим количинама се производи у кристалном облику од свих органских супстанци. Може се хидролизовати ензимом инвертазом из квасца чиме се добија смеша глукозе и фруктозе у једнаким количинама – инвертан шећер. Мед је смеша инвертног шећера и сахарозе (садржи у мањим количинама и друге супстанце, као нпр. аминокиселине, олигоелементе итд.).

## ПОЛИСАХАРИДИ – СКРОБ, ЦЕЛУЛОЗА

Полисахариди се састоје из великог броја моносахаридних јединица (чак неколико стотина или хиљада) међусобно повезаних гликозидним везама ( $\alpha$  или  $\beta$ ) и могу се хидролизом разложити на моносахариде из којих су изграђени. Могу бити изграђени само из једне врсте моносахарида (хомополисахариди или хомоглигани) или из више различитих моносахарида (хетерополисахариди или хетероглигани), а могу бити и конјугована једињења (полисахарид је везан за молекул неке друге класе биомолекула нпр. гликопротеини, гликолипиди).

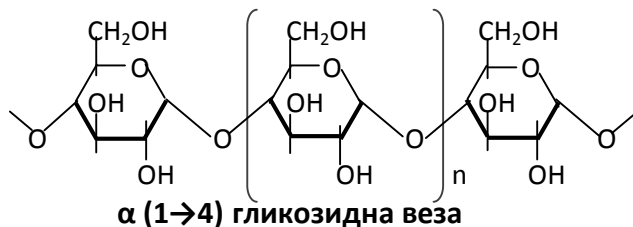
Полисахариди се не растварају у води (због велике масе), али при одређеним условима неки могу градити колоидне растворе (скроб) или гелове (агар, пектини у воћу служе биљкама да задрже воду). Нису редукујући сахариди. Веома је велика разноликост полисахарида, нарочито код биљака. Углавном имају две улоге: изграђују ћелијске зидове (структурни полисахариди) или су резервне супстанце (резервни полисахариди). И код животиња полисахариди изграђују многа ткива (нпр. хитин изграђује оклоп и кутикулу ракова и инсеката, мукополисахариди се налазе у синовијалној течности, кожи, стакластом делу ока, везивном ткиву и хрскавици итд.), а многи имају и специфичне функције (нпр. хепарин је антикоагуланс).



**целулоза**    **линеарна структура**

**Целулоза** је веома распрострањена у биљном свету. Састоји се из молекула глукозе међусобно повезаних  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидним везама. Нативна целулоза садржи око 8000-12000 јединица глукозе ( $M_r$  1300000-2000000). Ланац је дуг неколико  $\mu m$  који је неколико пута савијен (стабилизован је водоничним везама). Линеаран је молекул.

Целулоза је структурни полисахарид (изграђује ћелијске зидове биљака). Обично је повезана са осталим супстанцама за изградњу (лигнини, хемицелулозе). Скоро чиста целулоза налази се у ћелијским зидовима длачица памука. Техничка целулоза добија се најчешће из дрвета (различитим методама одстрањују се пратеће супстанце). Раствара се у Швајцеровом реагенсу и раствору  $CS_2$  у  $NaOH$ . Од целулозе се прави хартија, вискоза, рејон (вештачка свила), целофан.  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидна веза је веома отпорна на хидролизу, а људски организам нема ензим који је може хидролизovati (не можемо сварити целулозу).



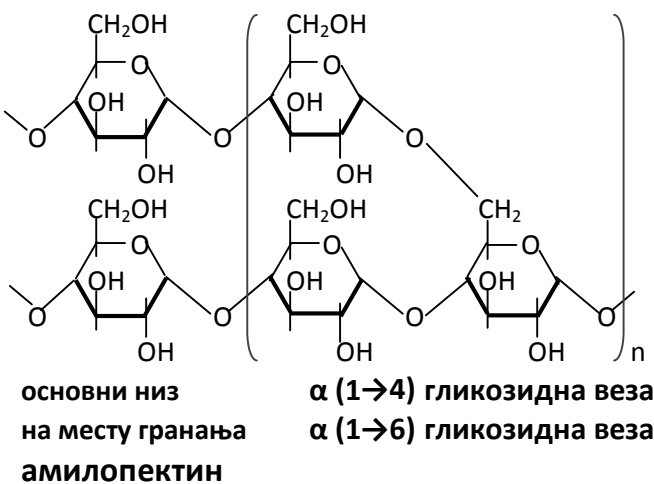
**амилоза**

**Скроб** је биљни резервни полисахарид. Посебно се скупља у семенкама (жито, кукуруз) и кртолама (кромпир) у облику скробних зрнаца (храна младој биљци). Може се раздвојити на два различита једињења – амилозу и амилопектин.

**Амилоза** чини 20-30% нативног скроба. Састоји се од 250-300 остатака глукозе међусобно повезаних  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидним везама, па је ланац увијен у облику спирале. Амилоза са  $I_2$  даје интензивно плаво обојен комплекс.

**Амилопектин** је разгранат молекул. Изграђен је од молекула глукозе повезаних  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидним везама, али на око 25 гликозидних јединица основни ланац се грана. Бочни ланци су са основним ланцем повезани  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) гликозидним везама и такође су спирално увијени.

Молекули амилозе и амилопектина су међусобно повезани водоничним везама у молекул скроба. Скроб се не раствара у хладној води, али у врућој води гради колоидни раствор (веома је вискозан) – штирак, густин, скробни лепак.  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидна веза је мање отпорна на хидролизу од  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) гликозидне везе. Људски организам има ензим који је може хидролизovati (можемо сварити скроб).



**основни низ на месту гранања**    **амилопектин**

**скроб**

**Гликоген** („животињски скроб“) је резервни полисахарид животиња (изграђен је од молекула глукозе). Нарочито га има у јетри и мишићима. Увек је везан за протеине. Има сличну структуру као амилопектин, али је много разгранатији (до гранања долази на 8-12 јединица глукозе – истовремено на много крајева може доћи до ензимског отцепљивања молекула глукозе са гликогена – инсулин, глукагон и адреналин регулишу синтезу и разградњу гликогена).

## Питања и задаци:

- Шта су сахариди?
- Како делимо сахариде?
- Шта су моносахариди?
- Шта су олигосахариди?
- Шта су полисахариди?
- Које особине имају сахариди и зашто су значајни?
- Како се дају имена сахаридима?
- Како делимо моносахариде?
- Какве особине имају моносахариди?
- Шта је хирални С-атом?
- Шта су конфигурациони изомери? Дати пример.
- Који су најзначајнији и најраспрострањенији моносахариди?
- Шта је хирални С-атом и шта је последица његовог присуства у молекулима?
- Шта су енантиомери?
- Шта су диастереоизомери?
- Које су најважније хемијске реакције моносахарида?
- Шта се добија редукцијом моносахарида?
- Шта се добија оксидацијом моносахарида?
- У ком облику се моносахариди јављају у природи?
- На који начин долази до затварања хетероцикличног прстена моносахарида?
- Шта су аномери?
- Шта је мутаротација? Објаснити на примеру глукозе.
- Какве особине имају аномери?
- Написати формуле  $\beta$ -D-Ribf,  $\beta$ -D-dRibf,  $\alpha$ -D-Galp,  $\alpha$ -D-Manp,  $\beta$ -D-Fruf,  $\alpha$ -D-Glcp,  $\beta$ -D-Glcp.
- Којој реакцији подлежу полуацетални облици моносахарида и каква једињења при томе настају?
- Како се зове веза којом се међусобно повезују полуацетални облици молекула моносахарида и који типови те везе постоје?
- Шта су дисахариди и како настају?
- Који дисахариди су редукујући шећери, а који нису и зашто?
- Како се дају имена дисахаридима?
- Који су најважнији представници дисахаридида?
- Шта је лактоза, каква јој је структура и где се налази у природи? Написати структурну формулу.
- Каква је структура малтозе и како настаје?
- Каква је структура целобиозе и како настаје?
- Каква је структура трехалозе и где се налази у природи? Написати структурну формулу.
- Шта је сахароза, каква јој је структура и где се налази у природи? Написати структурну формулу.
- Како делимо полисахариде?
- Који су најважнији представници полисахарида?
- Каква је структура целулозе? Написати структурну формулу.
- Где се целулоза налази у природи, какве су јој особине и која јој је примена?
- Каква је структура скроба? Написати структурну формулу.
- Где се скроб налази у природи, какве су му особине и која му је примена?
- Шта је гликоген, каква му је структура и улога?

## ЛИПИДИ

Липиди су велика класа органских једињења – биомолекула (примарних метаболита) који имају врло различите структуре. Заједничко им је да су неполарне супстанце (не растварају се у води, већ се растварају у слабо поларним растварачима нпр. етру, хлороформу) и у метаболизму показују велику сличност и повезаност (сви се изграђују из истог прекурсора – активирани сирћетне киселине, а у метаболизму се често релативно једноставним реакцијама могу претварати једни у друге). Многи липиди су важни састојци биолошких мембрана и одређују њихове особине, а многи су хормони.

### Подела липида на неколико главних класа:

- триглицериди (триацилглицероли – масти у ужем смислу)	}	сапонификују се (садрже више масне киселине)
- фосфолипиди		
- гликолипиди	}	не сапонификују се (не садрже више масне киселине)
- воскови		
- терпени		
- стероиди		
- простагландини		

**Више масне киселине** – више алифатичне монокарбоксилне киселине парног броја C-атома и равнoг низа. У природи има највише киселина са 16 и 18 C-атома. Налазе се у биљним и животињским мастима, фосфолипидима (изграђују ћелијске мембране), гликолипидима, восковима. Могу бити засићене или незасићене (са једном или више двоструких веза или троструком везом у молекулу). Са повећањем броја C-атома расте ТТ и ТК, а са повећањем незасићености низа опада ТТ и ТК. Животиње не могу синтетисати полинезасићене више масне киселине, па се оне морају уносити путем хране – есенцијалне масне киселине. Код природних полинезасићених масних киселина све двоструке везе су изоловане (прва се уводи у положају 9, друга у положају 12, трећа у положају 15 итд.) и све су Z-конфигурације. Због компликованости назива по IUPAC номенклатури користе се тривијална имена.

#### **Засићене масне киселине:**

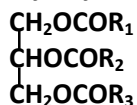
бутерна кис.	C <sub>4</sub>
капронска кис.	C <sub>6</sub>
каприлна кис.	C <sub>8</sub>
капринска кис.	C <sub>10</sub>
лауринска кис.	C <sub>12</sub>
миристинска кис.	C <sub>14</sub>
палмитинска кис.	C <sub>16</sub>
стеаринска кис.	C <sub>18</sub>
лигноцеринска	C <sub>24</sub>

#### **Незасићене масне киселине:**

палмитолеинска кис.	C <sub>16</sub>	(1 двострука веза)
олеинска кис.	C <sub>18</sub>	(1 двострука веза)
линолна кис.	C <sub>18</sub>	(2 двоструке везе)
линоленска кис.	C <sub>18</sub>	(3 двоструке везе)
арахидонска кис.	C <sub>20</sub>	(4 двоструке везе)
нервонска кис.	C <sub>24</sub>	(1 двострука веза)

**Триглицериди** (триацилглицероли – масти у ужем смислу) су главни састојци масних ћелија животиња и биљака и једна од важних резерви хране у организму – триглицериди су резервни липиди.

По хемијској структури триглицериди су естри масних киселина и трохидроксилног алкохола глицерола.



општа формула триглицерида

Триглицериди су неутрални липиди.

### Физичке особине и састав природних масти

Природне масти су увек смеша многобројних триацилглицерола. Свака маст има свој карактеристичан састав који се незнатно мења код различитих узорака. Удели појединих киселина мењају се од масти до масти. Природне масти садрже и слободне масне киселине и алкоhole у смеси.

Масти које садрже више засићених киселина на собној температури су у чврстом агрегатном стању (лој, сало, свињска маст), а оне које садрже више незасићених киселина на собној температури су у течном агрегатном стању (уља биљака).

Организам уграђује у своје триглицериде такве киселине да на температури тог организма маст буде у полужитком стању. Животиње највише уграђују палмитинску, стеаринску и олеинску киселину. Копнене животиње више уграђују засићене киселине, а водене незасићене киселине. Биљке више уграђују незасићене и полинезасићене киселине, као и киселине дужег низа. У млеку сисара налазе се ниже киселине (бутерна, капронска, каприлна). Људски организам производи масти, али их и узима из биљака и животиња храном.

Оксидативном разградњом масти ослобађа се енергија потребна за животне процесе (много већа од енергије која се добија разградњом сахараида, али је и енергија активације потребна за разградњу много већа код масти него код сахараида, па разградња масти не почиње све док у организму има резервних сахараида).

### Хемијске особине триглицерида

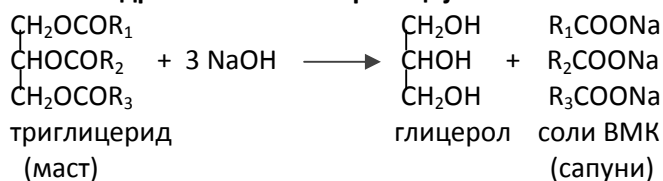
- **Хидрогенизација уља** – реакцијом адиције  $H_2$  (175-190°C, 1,5-3atm, Ni-катализатор – благи услови да се не би раскинула естарска веза) незасићене киселине се преводe у засићене, па уље прелази у чврсту маст (биљна маст, маргарин).

- **Оксидација масти** – незасићене киселине уграђене у триглицериде подлежу оксидацији са кисеоником из ваздуха чиме настају пероксиди, алдехиди, ниже лако испарљиве масне киселине које имају непријатан мирис – ужегла маст или уље, а може доћи и до полимеризације. Реакција је још бржа на повишеној температури. Хидрогенизацијом се смањује број незасићених масних киселина у триглицеридима, па је таква маст отпорнија на оксидацију са кисеоником из ваздуха и теже ће ужегнути. Животињске масти садрже мање незасићених киселина од биљних уља и отпорније су на оксидацију (поготово је важно на повишеним температурама, нпр. при пржењу хране на масноћи).

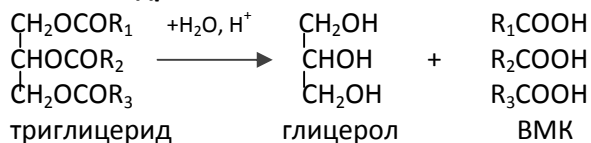
Ланено и тунгово уље садржи триглицериде са великим процентом киселина са две и три двоструке везе – сушива уља, важни састојци боја и лакова. Под утицајем  $O_2$  из ваздуха долази до оксидације и полимеризације незасићених киселина и ствара се заштитни филм на површини премазаног предмета.

- **Хидролиза масти**

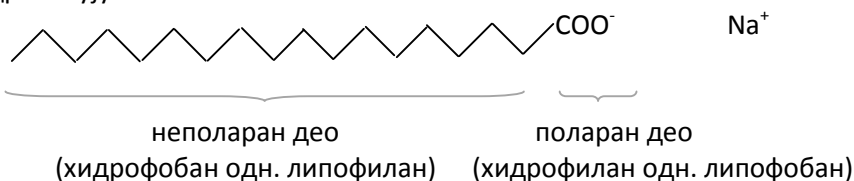
**Базна хидролиза – сапонификација**



**Кисела хидролиза**



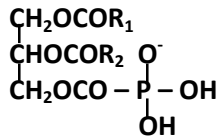
**Сапуни** су соли виших масних киселина (обично алкалних и земноалкалних метала). Сапуни алкалних метала су растворни у води (К-сапуни су меки сапуни и користе се за израду тоалетних сапуна, Na-сапуни су тврди сапуни и користе се за израду сапуна за прање), а сапуни земноалкалних метала су нерастворни у води. Сапуни у води дисосују, а киселински анјон је амфипатичан – има поларан (хидрофилан) део (-COO<sup>-</sup>) и неполаран (хидрофобан) део (дугачак угљоводонични низ) – сапуни су површински активне супстанце (емулгатори). Користе се као средства за прање и као козметичке сировине. Сапун се може растворити у води, али то није прави раствор. Стварају се дисперговане мицеле (свака може да садржи стотине јона сапуна). Неполарни крајеви јона скупљају се у средишту мицеле, а поларни крајеви су споља растворени у води. Мицеле су негативно наелектрисане и међусобно се одбијају. Пошто су сапуни соли слабих киселина и јаких база у воденом раствору хидролизују базно.



**Фосфолипиди** су естри глицерола код којих су две ОН-групе глицерола естерификоване вишим масним киселинама, а трећа ОН-група фосфорном киселином (фосфатидна киселина). У већини фосфолипида фосфорна киселина је са друге стране естерификована неким алкохолом (фосфорна киселина је повезана са два алкохола фосфодиестарским везама). Обично је прва масна киселина засићена (претежно палмитинска), а друга незасићена (олеинска, линолна или виши хомолози). Други алкохол може бити етаноламин (у кефалинима), холин (у лецитинима), инозитол. Код кардиолипина су два молекула фосфатидне киселине повезана молекулом глицерола, а масне киселине у њима су углавном незасићене (у срчаном мишићу, мембранама митохондрија).

Фосфолипиди су доста поларнији од триглицерида и амфипатични су молекули (поларан крај је део код фосфорне киселине, а неполаран део су дугачки алифатични низови виших масних киселина).

Фосфолипиди су саставни део биолошких мембрана, а имају и метаболичке функције.



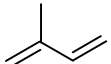
фосфатидна киселина

Ћелијске мембране одвајају ћелију од околине и омогућавају јој да одржи сталан унутрашњи састав. Изграђене су углавном од фосфолипида који стварају двоструки слој између два водена раствора (унутрашњости ћелије и спољашње средине) – неполарни делови молекула се додирују у средини двоструког слоја, а поларни делови су на површини у додиру са воденим фазама. Незасићене масне киселине јако утичу на флуидност мембране. Природне мембране садрже такву смесу липида да је на телесној температури организма мембрана у полутечном стању. У двоструки фосфолипидни слој су уграђени различити функционални протеини (транспортни, рецептори, ензими) и молекули стероида (код животиња холестерол) који доприносе одржавању полутечног стања својом крутом структуром (мембрана је полутечни мозаик – вискозни слој). Мембрана је полупропустљива у оба смера.

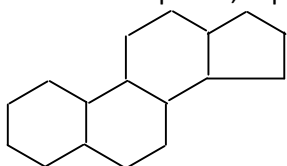
Сфинголипиди садрже виши масни алкохол сфингозин за који је амидно везана масна киселина (церамид), а ОН-група је естерификована фосфорном киселином која је са друге стране естерификована неким алкохолом (сфингомиелини се налазе у мијелинским овојницама нерава).

**Гликолипиди** садрже гликозидно везан неки моносахарид или олигосахарид и могу бити глицерогликолипиди (садрже глицерол чије су две ОН-групе естерификоване масним киселинама, а за трећу је гликозидно везан олигосахарид) и гликосфинголипиди (за сфингозин је амидно везана масна киселина, а за ОН-групу гликозидно везан олигосахарид – у ову групу спадају неутрални цереброзиди и кисели ганглиозиди који се у највећој количини налазе у сивој маси мозга, а у другим органима су углавном на површини ћелије и рецептори су за вирусе).

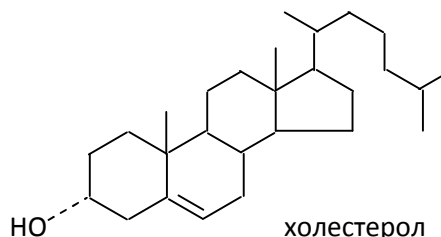
**Воскови** су естри виших масних киселина и монохидроксилних виших масних алкохола. Природни воскови осим естара у смеси садрже и слободне више масне киселине и више масне алкоhole.

**Терпени** су секундарни метаболити биљака. Настају из изопрена (2-метил-1,3-бутадиен).  Прво настају линеарни прекурсори кондензацијом молекула изопрена који се даље трансформишу реакцијама циклизације, оксидације и др. Могу имати 10, 15, 20, 25, 30 или 40 С-атома. Многи терпени се налазе у етарским уљима (нпр. камфор, ментол, цитрал), неки имају јако физиолошко дејство (нпр. природни инсектициди), неки су хормони раста биљака, неки уништавају ћелије рака, сквален (C<sub>30</sub>) је прекурсор стероида, а тетратерпени (C<sub>40</sub>) су пигменти цветова и плодова, учествују у фотосинтези са хлорофилом, каротен је провитамин А.

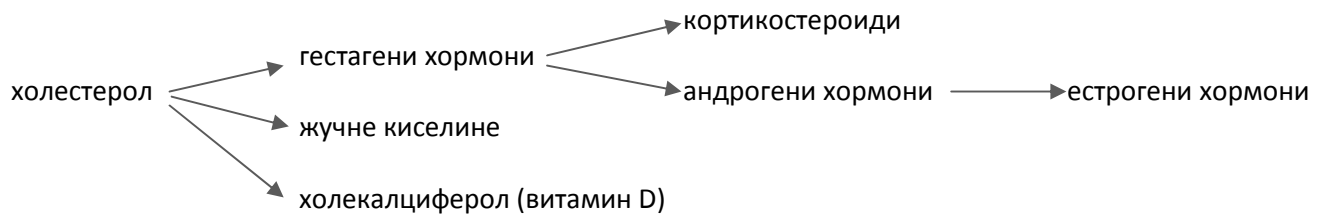
**Стероиди** су једињења од виталне важности за опстанак многих организама, нарочито животиња. Настају из сквалена. Садрже основни полициклични скелет за који су везане различите функционалне групе и угљоводонични низ. Већина стероида су стабилна дугоживећа једињења. Основна улога им је одржавање структурног интегритета већине мембрана у које су уграђени (регулишу пропустљивост мембрана за разне јоне). Све еукариоте синтетишу стероиде или их узимају путем хране. Стероли су стероидни алкоhole. Холестерол је животињског порекла, а фитостероли биљног (нпр. ергостерол).



стероидни скелет



холестерол



Од холестерола настају веома важна једињења: стероидни хормони (гестагени, кортикостероиди, андрогени, естрогени), жучне киселине, а под утицајем UV светлости у кожи настаје холекалциферол. Гестагени хормони су хормони плаценте и жutoг тела (хормони трудноће – најважнији је прогестерон). Кортикостероиди су хормони коре надбубрежне жлезде (регулишу ниво шећера и минерала у крви, појачавају разградњу масти, имају катаболичко деловање). Андрогени хормони су мушки сексуални хормони (неопходни су за сазревање спермија и деловање жлезда гениталног тракта, за секундарне мушке полне карактеристике и имају анаболичко деловање – повећавају изградњу протеина и задржавање азота; најважнији је тестостерон). Естрогени хормони су женски сексуални хормони (неопходни су за нормалан ток гениталних циклуса, смањују липиде у крви и утичу на повећање поткожних наслага масти – естрон, естрадиол и естриол). Холестерол улази у састав ћелијских мембрана.

**Простагландини** су искључиво производи животињског метаболизма и медијатори су (стварају се у различитим ткивима, шире се дифузијом и тако развијају своје локално деловање; имају везе са хормонима и неуропреносницима). Имају низ врло значајних улога у функционисању живог организма и делују као посредници код великог броја физиолошких реакција (деловање је кратко и брзо се разграђују). Учествују у регулисању крвног притиска, утичу на крвне плочице, присутни су код упалних процеса, инхибирају излучивање желудачног сока, изазивају контракцију глатких мишића, имају значајан утицај у регулацији функционисања респираторног система. Настају биосинтезом из арахидонске киселине (есенцијална масна киселина).

#### Питања и задаци:

- Шта су липиди?
- Како делимо липиде?
- Шта су триглицериди?
- Које масне киселине улазе у састав липида?
- Какве су особине природних масти и од чега зависе?
- Којим хемијским реакцијама подлежу триглицериди?
- Шта је хидрогенизација уља?
- Шта је оксидација масти и какви производи настају?
- Како се може извршити хидролиза триглицерида и који се производи добијају? Написати реакције хидролизе триглицерида.
- Шта су сапуни и какве су им особине?
- Шта су фосфолипиди и какав им је значај у организму?
- Шта су стероиди?
- Какав је значај холестерола? Написати формулу холестерола.



# ПРОТЕИНИ

## АМИНОКИСЕЛИНЕ

**Аминокиселине** су једињења која садрже amino- и карбоксилну групу. Општа формула α-L-аминокиселина је  $R - \underset{\text{NH}_2}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{COOH}$ . Разликују се по врсти R-остатка (бочног низа).

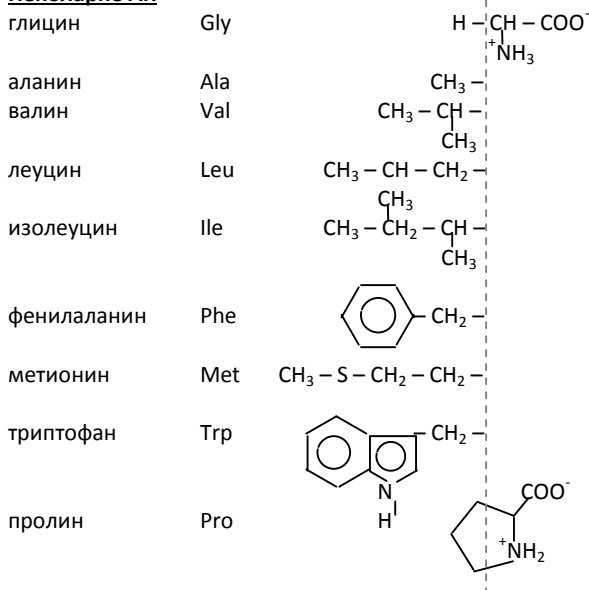
Амино-киселине изграђују протеине. Само око 20 α-L-аминокиселина улази у састав протеина – протеинске аминокиселине. Разликују се по врсти R-остатка (бочног низа) који има функцију приликом изградње протеина. Све садрже хирални α-C-атом (осим глицина) и оптички су активне супстанце.

Осим α-аминокиселина постоје и β, γ итд., али оне не улазе у састав протеина.

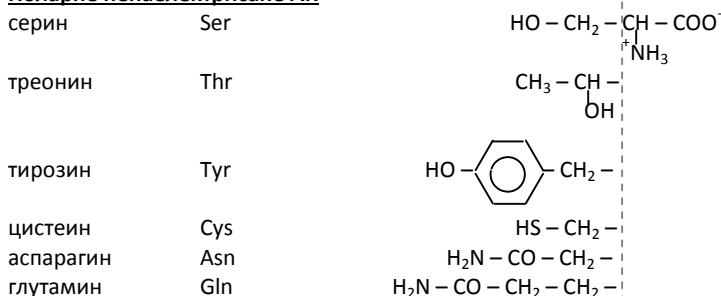
### Подела аминокиселина према R-остатку:

- **неполарне** (R-остатак је угљоводонични низ који може стварати неполарне хидрофобне везе)
- **поларне ненаелектрисане** (R-остатак садржи неку поларну групу: -OH, -SH, -CO-NH<sub>2</sub> која може стварати водоничне везе, а два цистеина граде ковалентну дисулфидну везу чиме настаје цистин)
- **негативно наелектрисане – киселе** (R-остатак садржи COOH-групу која дисоцијацијом прелази у анјон и може градити јонске везе са позитивним јонима)
- **позитивно наелектрисане – базне** (R-остатак садржи NH<sub>2</sub>-групу која дисоцијацијом прелази у катјон и може градити јонске везе са негативним јонима).

#### Неполарне АК



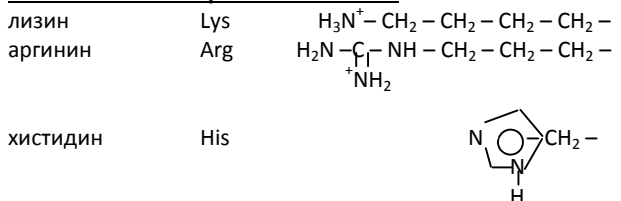
#### Поларне ненаелектрисане АК



#### Негативно наелектрисане АК – киселе



#### Позитивно наелектрисане АК – базне



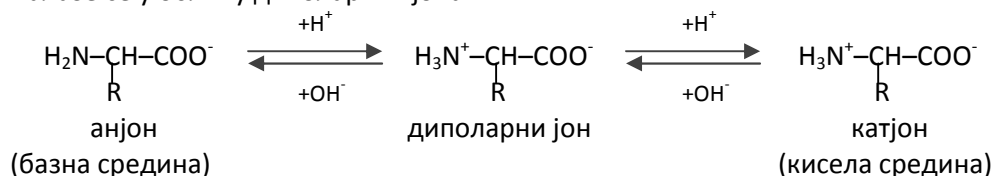
**Есенцијалне АК** су неопходне организму (поготово младом организму да би се нормално развијао), а животињски организам их не може сам синтетисати, па се морају уносити путем хране.

**Неесенцијалне АК** организам може сам синтетисати.

Биљке могу синтетисати све АК које су им потребне.

Аминокиселине су тешко испарљиве кристалне супстанце са веома високим ТТ (уз распадање). Прилично су растворне у води, а не растварају се у неполарним растварачима.

Налазе се у облику диполарних јона:



Степен дисоцијације АК зависи од рН средине. АК се понашају као пуфери (одржавају константном рН средине). На одређеној рН АК су готово искључиво у облику диполарног јона – изоелектрична тачка (pI). Код неутралних АК је киселост нешто јаче изражена од базности, па је изоелектрична тачка у слабо киселој средини (рН~6), код киселих је у киселој средини (рН~3,5), а код базних у базној средини (рН~11). Код хистидина је на рН~7,5.

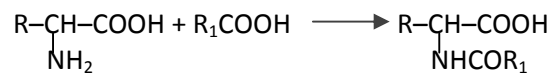
### Хемијске реакције аминокиселина

Аминокиселине подлежу реакцијама којима подлежу карбоксилне киселине (граде соли са базама, естре са алкохолима, амиде са аминима) и амини (граде соли са неорганским киселинама, амиде са карбоксилним киселинама), а подлежу и специфичним реакцијама због присуства обе ове групе (трансаминација са кето-киселинама, грађење пептидне везе). Групе у бочним низовима (R-остацама) могу подлећи сопственим специфичним реакцијама.

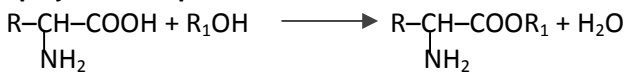
#### **Грађење соли**



#### **Грађење амида**



#### **Грађење естара**

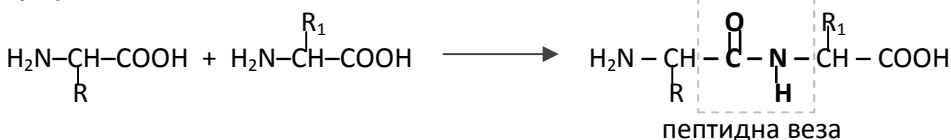


#### **Трансаминација**



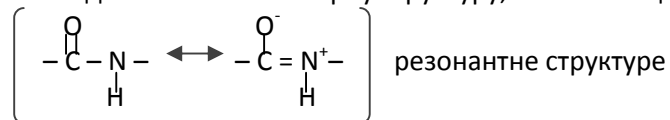
Специфична реакција аминокиселина је да могу међусобно да се повезују – карбоксилна група једне аминокиселине реагује са амино-групом друге аминокиселине градећи амидну везу – пептидну везу.

#### **Грађење пептидне везе**



Повезивањем већег броја аминокиселина пептидним везама у низ настају пептиди и протеини.

Пептидна веза има планарну структуру, а C–N веза делимично карактер двоструке везе.



## ПРОТЕИНИ

Име протеин потиче од грчке речи proteios или proteuo (први, основни). Ово име је Berzelius добро одабрао. Од свих хемијских једињења они заузимају прво место јер су суштина живе ћелије. Многе животне функције повезане су са специфичним протеинима, па се може рећи да не познајемо живот без протеина. Они су саставни део сваке живе ћелије. Основна су супстанца коже, мишића, тетива, везивног ткива, нерава, крви и многих других ћелијских структура (структурни протеини), а такође стварају ензиме и супстанце које ослобађају енергију потребну за одржавање живота, антитела, хормоне, у крви врше транспорт супстанци (функционални протеини). По својим особинама и функцији протеини могу бити врло различити. Само нуклеинске киселине, које



имају  $\alpha$ -кератин, колаген, делови осталих протеина. Навој може да садржи 3,6 аминокиселинских остатака (нпр.  $\alpha$ -кератин), а може бити стрмији (колаген).

Ако се полипептидни низови наберу (као хармоника) има места за R-остатке који штрче нормално на раван набирања, а водоничне везе се стварају између пептидних низова који су постављени један уз други. Оваква структура се назива  **$\beta$ -набрана структура**. Овакву структуру имају  $\beta$ -кератин, фиброин свице.

**Начин увијања полипептидног низа је одређен секвенцом.** Неке АК су склоне стварању  $\alpha$ -хеликса и када се у секвенци нађу једна за другом ствара се  $\alpha$ -хеликс све док нека АК (нпр. Pro) не прекине спиралу. Слично томе неке АК су склоне стварању  $\beta$ -набране структуре.

Пептидни ланац са одређеном секундарном структуром увија се у простору на тачно одређени начин – **терцијарна структура протеина (конформација)**. На начин увијања утичу секундарна структура и завојне петље ланца. Одређен просторни распоред (конформацију) стабилизују међумолекулске силе између R-остатака:

- **хидрофобне везе између неполарних R-остатака** (настају деловањем угљоводоничних неполарних R-остатака када се довољно приближе у простору, а тада се из тог подручја истискује вода; веома су слабе, али их је велики број и значајно стабилизују молекул и важне су за функцију протеина),
- **водоничне везе између поларних R-остатака,**
- **јонске везе између позитивно и негативно наелектрисаних R-остатака,**
- **дисулфидне везе се граде између два цистеина** када се у простору довољно приближе чиме настаје цистин; то је ковалентна веза, веома јака и значајна за стабилизацију молекула протеина и за његову функцију.

Код глобуларних протеина пептидни ланац се углавном увија тако да у унутрашњости буду неполарне групе (хидрофобна средина), а споља поларне и наелектрисане групе (хидрофилне), па је споља такав молекул окружен молекулима воде. Код протеина који улазе у састав биолошких мембрана хидрофобне групе су на површини молекула и стварају хидрофобне везе са липидима мембране чиме се чврсто везују за њу, а хидрофилне групе могу бити у унутрашњости молекула, па такви протеини врше транспорт јона и поларних супстанци кроз мембрану.

R-остаци су густо паковани, па протеини имају веома велику густину.

Аминокиселине чији R-остаци граде међумолекулске силе и стабилизују терцијарну структуру не морају у секвенци да буду близу, већ треба да се приближе у простору при увијању полипептидног низа.

Пошто је примарна структура генетски одређена, тако су и секундарна и терцијарна структура (конформација) генетски одређене, а од тога зависе особине и функција протеина.

Набирање полипептидног низа (стварање секундарне и терцијарне структуре) дешава се још у току биосинтезе на рибозому (део синтетисаног ланца се увија док се остатак низа још увек синтетише).

Просторна грађа протеина није крута и неке групе се могу померати што омогућава њихову функцију (посебно је важно код ензима при везивању супстрата или код хемоглобина при везивању кисеоника – алостерички ефекат).

Структура и особине протеина зависе од R-остатака. Ако се једна АК замени другом може доћи до драстичних промена структуре и особина протеина.

Код неких протеина може се међумолекулским силама везати више полипептидних низова од којих сваки има своју конформацију – **кватернарна структура**. Овакву структуру има хемоглобин. Подјединице се лако могу одвојити. Мала промена конформације једне подјединице утиче на малу промену конформација осталих подјединица чиме је олакшана њихова функција – кооперативност. Хемоглобин се састоји из четири полипептидна низа. Везивањем кисеоника за једну подјединицу мало јој се мења конформација, а ова промена изазива малу промену конформације осталих подјединица чиме оне много лакше везују кисеоник.

### **Особине протеина**

Протеини су макромолекули, па граде колоидне растворе. Пошто садржи R-остатке који могу бити наелектрисани и сам молекул протеина је наелектрисан, а број позитивних и негативних наелектрисања зависи од рН средине. Окружени су супротно наелектрисаним јонима из раствора и међусобно се одбијају. Изоелектрична тачка протеина (pI) је она рН на којој групе R-остатака тако дисосују да је у молекулу једнак број позитивних и негативних наелектрисања. На тој рН се молекули протеина не одбијају у раствору, долази до агрегације и таложења. Као и аминокиселине и протеини се понашају као пуфери.

Под утицајем концентрованијих раствора киселина, база, соли, алкохола, детерџената редукционих средстава или повишења температуре може доћи до расплитања низа и нарушавања конформације чиме протеин постаје биолошки неактиван – **денатурација протеина**. Денатурација може бити **реверзибилна**

(уклањањем фактора који је изазива протеин се поново враћа у првобитно стање и поново се успоставља његова биолошка активност) и **иреверзибилна** (уклањањем фактора који је изазвао денатурацију протеин више не може да се врати у првобитно стање). При драстичнијим условима може доћи и до хидролизе пептидне везе.

Протеини имају високе ТТ (уз распадање). Растворљивост им је веома различита, а зависи од структуре.

Физичко-хемијске особине протеина углавном одређују два фактора – величина молекула и наелектрисање.

## Подела протеина

Према конформацији (изгледу) молекула и особинама протеине делимо на:

- **глобуларне (лоптасте)** – растворни су у води и воденим растворима киселина, база и соли (нпр. албумини, глобулини, хистони)
- **фибриларни (влакнасти)** – нерастворни су у води (нпр. кератини, колагени, склеропроотеини).

Према функцији (улози) у организму протеине делимо на:

- **структурне** – изграђују различите структуре и ткива (нпр. кератини, колагени, склеропроотеини итд.)
- **функционалне** – врше неку функцију у организму (нпр. транспортни врше транспорт супстанци путем крви до ћелија или кроз биолошке мембране, рецептори, хормони, антитела, ензими итд.).

Неки протеини су изграђени само из полипептидног низа – **прости протеини**, али су многи комплекси који осим протеинског дела садрже и неку непротеинску групу – простетичну групу. То су **конјуговани (сложени) протеини** и деле се према врсти простетичне групе (металопроотеини, фосфопроотеини, хромопроотеини, гликопроотеини, липопротеини, нуклеопроотеини). Простетична група је веома важна за функцију конјугованог протеина.

**Ензими** су биохемијски катализатори. Сложени су протеини (пored протеинског дела садрже простетичну групу која је врло често неки витамин). Простетична група ензима (коензим) учествује у каталитичкој реакцији (кофактор ензима).



Ензими су врло специфични према типу реакције и супстрату – катализују само одређени тип реакције и могу везати само одређени тип супстрата. Део молекула у коме се врши катализа је активни центар који везује само одређени тип супстрата чија се конформација уклапа у конформацију активног центра, а групе у активном центру које врше катализу су у повољном положају у односу на групе супстрата на којима се врши катализа. По завршеној реакцији коензим се одваја од протеинског дела и ензим постаје неактиван.

## Питања:

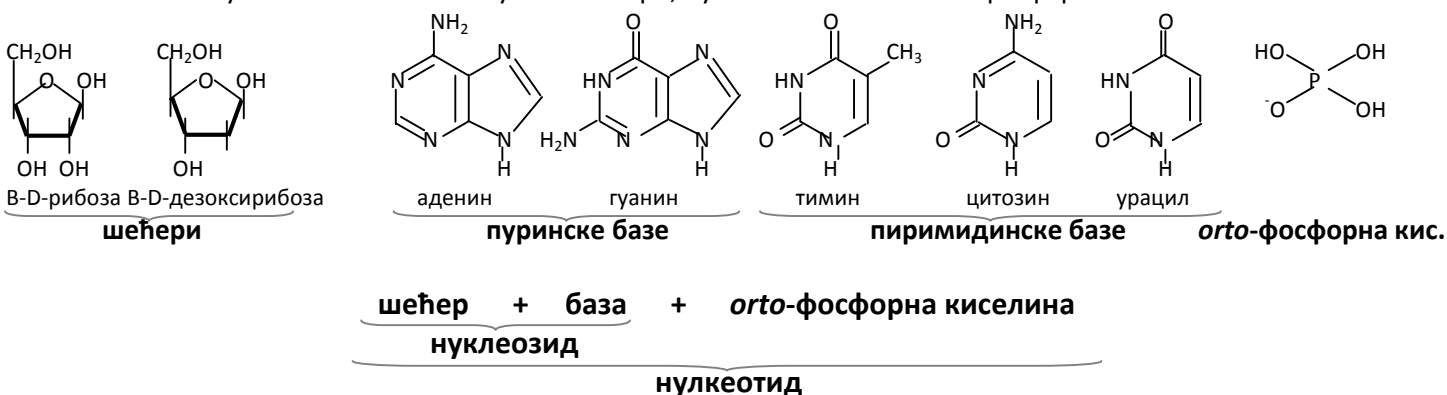
- Шта су аминокиселине?
- Која је општа формула протеинских аминокиселина и по чему се разликују?
- Како делимо аминокиселине?
- Какве су особине аминокиселина?
- У каквом се облику аминокиселине налазе у воденим растворима и шта је изоелектрична тачка АК?
- Којим хемијским реакцијама подлежу аминокиселине?
- Која је специфична реакција аминокиселина?
- Каква је структура пептидне везе?
- Шта су протеини?
- Каква је улога протеина у организму?
- Шта је конформација протеина?
- Који нивои структуре протеина постоје?
- Шта је примарна структура протеина, које везе је стабилизују и чиме је одређена?
- Шта је секундарна структура протеина, које везе је стабилизују, који типови постоје и чиме је одређена?
- Шта је терцијарна структура протеина, које везе је стабилизују и чиме је одређена?
- Шта је кватернарна структура протеина и које везе је стабилизују?
- Због чега је значајна конформација протеина?
- Какве особине имају протеини? Шта је изоелектрична тачка протеина?
- Шта је денатурација протеина и шта је изазива?
- Како делимо протеине?
- Шта су конјуговани протеини?
- Шта су ензими?

## НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ

Нуклеинске киселине се данас сматрају кључним молекулима живота јер садрже генетске информације и непосредно учествују у биосинтези протеина. Нуклеинске киселине делимо на дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК) и рибонуклеинске киселине (РНК).

Нуклеинске киселине су полинуклеотиди ( $M_r$  неколико стотина милиона).

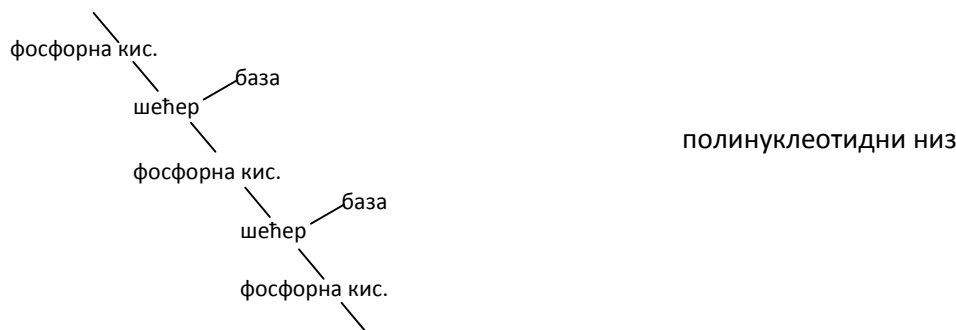
У састав нуклеинских киселина улазе шећери, нуклеинске базе и *ortho*-фосфорна киселина.



Шећер и база се повезују N-гликозидном везом, а *ortho*-фосфорна киселина естарском везом за шећер.

ДНК се изграђује од шећера дезоксирибозе, база аденина, гуанина, тимина и цитозина и *o*-фосфорне киселине. РНК се изграђује од шећера рибозе, база аденина, гуанина, урацила и цитозина и *o*-фосфорне киселине. Осим ових база у РНК се могу наћи и неке друге ретке базе које дају специфичност молекулу и у вези су са функцијом те РНК.

На сваки молекул шећера је  $\beta$ -N-гликозидно везана база преко полуацеталне групе на С-1. Фосфорна киселина се фосфодиестарским везама везује за С-3 и С-5 хидроксилне групе шећера. Овако се гради кичма полинуклеотидног ланца – наизменично су везани шећер и фосфорна киселина, а базе су везане за шећер.



Као и код протеина и код нуклеинских киселина разликујемо различите нивое изградње структуре:

- примарна структура (секвенца) – редослед нуклеотида одн. база у полинуклеотидном низу у коме је сачувана генетска информација коју носи молекул ДНК;
- секундарна структура – начин спаривања база – базе су међусобно комплементарне и спарују се аденин и тимин преко две водоничне везе, а гуанин и цитозин преко три водоничне везе – ова особина је суштина преноса наследних особина;
- терцијарна структура – потпуна просторна структура са дефинисаним положајем свих атома у простору.

ДНК се састоји из два комплементарна полинуклеотидна низа који су повезани водоничним везама између комплементарних база. На овај начин редослед нуклеотида у једном низу потпуно одређује редослед нуклеотида у другом низу.

РНК се састоји из једног полинуклеотидног низа који је на одређен начин увијен у простору. На појединим местима долази до спаривања комплементарних база када се оне у простору нађу у повољном положају и на одређеној удаљености чиме се стабилизује конформација.

## ДНК

Watson и Crick су 1953. године поставили модел структуре молекула ДНК за који су добили Нобелову награду.

### Структура ДНК

**ДНК се састоји из два комплементарна полинуклеотидна низа који су повезани водоничним везама између комплементарних база** (спарују се **А – Т** преко две водоничне везе и **Г – С** преко три водоничне везе). На овај начин редослед нуклеотида у једном полинуклеотидном низу потпуно одређује редослед нуклеотида у другом комплементарном полинуклеотидном низу. Ова двострука нит као да је обмотана око замишљеног ваљка тако да се добија **двострука спирала**. Сваки навој садржи 10 парова база одн. нуклеотида. Спољашњу кичму двоструке спирале чине наизменично везани шећер дезоксирибоза и фосфорна киселина, а парови база су у средини спирале и леже скоро хоризонтално на осу спирале – у унутрашњости спирале леже једна испод друге, па  $\pi$ -електрони ароматичних прстенова база међусобно делују што много доприноси стабилности конформације. Нити у двострукој спирали су супротне поларности (једна почиње 5', а друга 3' крајем шећера). У узвојници се јављају велики и мали утор (нити су на једном делу ближе једна другој, а на другом делу су удаљеније).

Молекул ДНК еукариота је веома дуг (неколико cm), па се некако мора спаковати у једно ћелије. Молекул ДНК је обмотан око снопа хистона (протеини чија је секвенца иста код свих организама и која се није променила током еволуције) и чине нуклеозоме (146 парова база је обмотано  $1\frac{3}{4}$  пута око снопа од 8 молекула хистона), а 8 нуклеозома је скупљено у траку. На овај начин се скраћује дужина молекула ДНК на  $1/7$ . Са молекулом ДНК су везани и други протеини који учествују у репликацији, транскрипцији и који поправљају оштећења у ланцу ДНК. Густо пакована ДНК налази се у једру ћелије и обично садржи количину ДНК која одговара двоструком хаплоидном броју хромозома. Осим у једру, ДНК код еукариота се налази и у митохондријама. Код прокариота ДНК је распршена по цитоплазми.

**Вируси** су кратки молекули ДНК обмотани молекулима протеина (нуклеопротеини) и „оживљавају“ тек када доспеју у ћелију домаћина (ДНК може бити двострука или једнострука нит, а некада вирус може бити изграђен из молекула РНК и када доспе у ћелију домаћина по њему се синтетише молекул ДНК).

(Многи светски научници и признати стручњаци тврде да су вируси производи ћелија које се на тај начин чисте од отрова, да се налазе у смеши када ћелија умре и распадне се након што не може да се очисти од отрова, да никада нису изоловани у чистом стању, већ су нађени у смеши угинулих ћелија, да се особа може заразити само директним убризгавањем у крвоток, што је доказано многим експериментима.)

### Денатурација ДНК

Слично протеинима и двострука спирала ДНК се може денатулисати под утицајем воденог раствора соли на 70-90°C – ланци се расплићу – „тачка топљења“ ДНК. У повољним условима денатулисани делови ДНК се могу ренатулисати (поново спарити).

### Репликација ДНК

Пред деобу ћелије неопходно је да се молекули ДНК удвоструче како би свака ћелија-ћерка наследила целокупан генетски материјал. Специфични протеини расплићу двоструку нит ДНК и на свакој нити почиње синтеза комплементарне нити по принципу спаривања комплементарних база (спарују се **А – Т** и **Г – С** – синтеза почиње од 5' краја, па се на две нити врши са супротних страна и у супротним смеровима, а специфични протеини исправљају евентуалне грешке – исецају погрешно синтетисана места и на тим местима се ланац поново синтетише). На овај начин настају две двоструке нити од којих свака садржи једну стару и једну новосинтетисану нит. Овако се преноси идентичан генетски материјал на ћелије-ћерке.

### Репарација ДНК и мутације

До промене неке базе у молекулу ДНК, а тиме и до промене у генетској информацији, може доћи приликом репликације, али и под утицајем мутагених агенаса или UV зрачења. Ове грешке исправљају специфични ензими (ендонуклеазе) који исецају оштећено место и на том месту одговарајућим комплементарним нуклеотидима поново синтетишу ланац – **репарације ДНК**. Када се грешка не исправи долази до промене генетског материјала који се преноси на потомство – **мутација**.

### Генетски код (генетска шифра)

**Генетски код (генетска шифра)** записана је у молекулу ДНК секвенцом нуклеотида одн. база која одређује редослед аминокиселина у полипептидном низу протеина. **Редослед од три базе одређује једну АК у молекулу протеина – кодон**. За неке АК постоји више кодона, а постоје и стоп-кодони за које не постоји одговарајућа АК. **Један ген је шифра за секвенцу једног протеина**, а сваки ген се завршава стоп-кодоном (на том месту се прекида транскрипција – преписивање шифре са молекула ДНК и транслација – биосинтеза протеина).

**Кодекс је универзалан за сва жива бића** (показује да су сродна и потичу од истог праоблика, а до данашње разноликости је дошло због мутација и природне селекције).

## РНК

Молекул РНК се састоји из једног полинуклеотидног низа који је на одређен начин увијен у простору. На појединим местима долази до спаривања комплементарних база када се оне у простору нађу у повољном положају и на одређеној удаљености чиме се стабилизује конформација.

Разликујемо три типа РНК:

- **информациона РНК (m-RNA)** – високомолекуларна РНК која је комплементарна делу једне нити молекула ДНК – она преноси генетски код са ДНК из једра до рибозома у цитоплазми и служи као матрица при синтези протеина,
- **рибозомална РНК (r-RNA)** – налазе се у рибозомима (рибозоми су мултиензимски комплекси на којима се врши биосинтеза протеина),
- **транспортна РНК (t-RNA)** – налазе се у цитоплазми и преносе активирани АК до рибозома где се АК уграђују у протеине; свака t-RNA је специфична за једну АК; конформација им је у облику листа детелине на чијој се једној петљи налази антикодон комплементаран кодону на m-RNA, а на супротном крају је активирана АК; могу да садрже неуобичајене нуклеинске базе које омогућавају специфичност молекула.

### Транскрипција (синтеза m-RNA)

Одређени ензими расплету двоструку нит ДНК у делу који одређује један ген (записана је шифра за синтезу једног протеина). Други протеини помажу да се синтетише m-RNA по принципу спаривања комплементарних база (као матрица служи само једна нит ДНК – кодогена нит) све док се не стигне до стоп-кодона када се зауставља транскрипција и синтетисана m-RNA се отцепљује са матрице ДНК. Код еукариота се овај примарни транскрипт m-RNA још мало мења – „зрење“ (делови молекула се исецају, а остаци везују у молекул). Тада m-RNA излази из једра и одлази у цитоплазму где се везује за рибозом.

### Транслација (биосинтеза протеина)

У цитоплазми се m-RNA везује за рибозом и почиње синтеза протеина уз помоћ ензима. На први кодон се везује комплементарни антикодон који се налази на t-RNA, а она носи тачно одређену АК. На следећи кодон се везује следећа одговарајућа t-RNA својим комплементарним антикодоном на којој је друга активирана АК и ензими повезују ове аминокиселине пептидном везом. Прва t-RNA се одвоји од m-RNA. m-RNA се полако помера дуж рибозома као трака, а на сваки следећи кодон се везује одговарајућа t-RNA својим комплементарним антикодоном на којој је активирана АК и ензими повезују ове аминокиселине пептидним везама чиме се продужава синтеза полипептидног низа све док се не стигне до стоп-кодона за који не постоји t-RNA са комплементарним антикодоном. Тада се m-RNA и полипептидни низ одвоје од рибозома. Често се више рибозома веже за један молекул m-RNA и истовремено се врши синтеза више молекула истог протеина.

### **Питања:**

- Шта су нуклеинске киселине и какав им је значај?
- Из којих једињења су изграђене нуклеинске киселине?
- Шта је нуклеотид?
- Како се гради кичма полинуклеотидног низа?
- Које нивое изградње структуре нуклеинских киселина разликујемо и чиме су стабилизоване?
- Каква је структура ДНК?
- Која је улога ДНК?
- Где се молекули ДНК налазе у ћелији?
- Шта је репликација ДНК и како се одвија?
- Шта је генетски код?
- Шта су мутације и како долази до њих?
- Каква је структура РНК?
- Које типове РНК разликујемо и какву функцију имају?
- Шта је транскрипција и како се одвија?
- Шта је транслација и како се одвија?

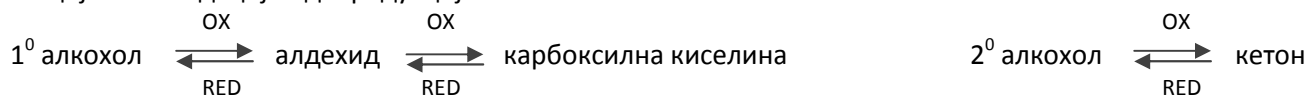


## СИСТЕМАТИЗАЦИЈА ГРАДИВА

Органске супстанце су изграђене од угљеника, садрже водоник, а могу садржати и друге елементе (најчешће кисеоник, азот, сумпор). Подељене су на класе на основу структуре и особина.

Угљоводоници су најједноставнија органска једињења и састоје се из угљеника и водоника. Могу бити алифатични (отвореног низа или циклична једињења која имају њима сличне особине) и ароматични (садрже ароматичан прстен). Алифатични угљоводоници могу бити засићени (алкани – подлежу реакцијама супституције) и незасићени (алкени, алкини – подлежу реакцијама адиције и полимеризације). Ароматичан прстен је веома стабилан, па ароматични угљоводоници подлежу реакцијама супституције. Сви угљоводоници сагоревају са кисеоником дајући угљен-диоксид и воду при чему се ослобађа велика количина енергије. Неполарна су једињења, ниских ТТ и ТК, мање густине од воде, па се не растварају у води, већ се растварају у неполарним растварачима. Из њих се хемијским реакцијама могу добити остала једињења.

Једињења која садрже кисеоник су поларна, молекули могу да граде водоничне везе, па имају знатно више ТТ и ТК од угљоводоника исте масе и сличне структуре. Нижи хомолози (до 5 С-атома) се растварају у води, а виши хомолози у неполарним растварачима (у молекулу преовлађују особине дужег неполарног угљоводоничног низа). Кисеоничним органским једињењима припадају алкохоли, етри, феноли, алдехиди, кетони и карбоксилне киселине. Алкохоли, алдехиди, кетони и карбоксилне киселине могу прелазити једни у друге реакцијама оксидације одн. редукције:



3<sup>о</sup> алкохоли не подлежу реакцији оксидације.

Алкохоли садрже хидроксилну ОН-групу, алдехиди и кетони карбонилну групу  $>C=O$ , а карбоксилне киселине карбоксилну  $COOH$ -групу. Алкохоли су нешто базније супстанце од воде, али много мање базне од хидроксида. Са алкалним металима и хидроксидима граде алкоксиде, са киселинама естре, са алдехидима и кетонима полуацетале и ацетале. Феноли такође садрже ОН-групу, али је она везана за ароматичан прстен. Нешто су киселији од воде, али су далеко слабије киселине од карбоксилних киселина. Са хидроксидима граде соли фенолате.

Карбоксилне киселине су слабе киселине (знатно слабије од неорганских киселина). Са хидроксидима граде соли, са алкохолима естре, са аминима амиде.

Једињења која садрже азот су поларна једињења. То су нитро-једињења и амини. Амини садрже аминo-групу  $-NH_2$  и изводе се из амонијака. Базна су једињења, имају релативно високе ТТ и ТК, нижи амини (до 5С-атома) су растворни у води. Са неорганским киселинама граде соли, са карбоксилним киселинама амиде.

Биомолекули су веома важна органска једињења која улазе у састав живих организама. Примарне метаболите производе сва жива бића и неопходни су свакој живој ћелији, а то су шећери, липиди, протеини и нуклеинске киселине.

Сахариди се деле на моносахариде (најједноставнији шећери), олигосахариде (састоје се од 2-10 моносахаридних јединица) и полисахариде (састоје се од великог броја моносахаридних јединица). Моносахариди су по структури полихидрокси алдехиди (алдозе) или полихидрокси кетони (кетозе) и њихови деривати. Имају од 3-9 С-атома. Поларна су једињења, растварају се у води, редукујући су шећери и оптички активне супстанце. У природи се налазе у облику полуацетала. Међусобно се повезују  $\alpha$ - или  $\beta$ -гликозидним везама у олиго- и полисахариде. Олигосахариди су растворни у води, могу бити редукујући или нередукујући шећери (у зависности од начина на који су повезане моносахаридне јединице), а у организму имају важне функционалне улоге. Полисахариди имају велику  $M_r$ , нерастворни су у води, нису редукујући шећери и у организму имају резервну или градивну улогу.

Липиди су неполарне супстанце нерастворне у води, а растворне у неполарним растварачима. У липиде се класификују једињења различита по структури којима је заједничко да настају сличним метаболичким путевима и могу метаболичким процесима прелазити једни у друге. Најважнији су триглицериди (естри виших масних киселина и глицерола – резервни су липиди), фосфолипиди (естри виших масних киселина и фосфорне киселине са глицеролом – изграђују биолошке мембране), стероиди (код животиња је најважнији холестерол, а код људи од њега настају веома важни стероиди – стероидни хормони, жучне киселине, витамин D, а улази и у састав биолошких мембрана).

Протеини су изграђени из  $\alpha$ -L-амино-киселина које су међусобно повезане пептидним везама. Имају градивне и функционалне улоге у организму (транспортне супстанце, рецептори, хормони, ензими итд.).

Нуклеинске киселине су изграђене од нуклеотида међусобно повезаних фосфодиестарским везама. То су ДНК и РНК. Нуклеотиди су изграђени од шећера (рибоза у РНК, дезоксирибоза у ДНК), нуклеинских база (аденин, гуанин, цитозин и тимин у ДНК, а урацил у РНК) и *o*-фосфорне киселине. ДНК је носилац генетских информација које преноси на потомство и састоји се од два комплементарна низа (двострука спирала), а РНК на основу тих информација диригују биосинтезом протеина (састоје се из једног низа).

Протеини и нуклеинске киселине су макромолекули врло сложене структуре. За њихову функцију важан је редослед АК у полипептидном низу одн. нуклеотида у полинуклеотидном низу (секвенца), а од тога зависи конформација молекула – молекул се у простору увија на тачно одређени начин и само тада је физиолошки активан (нативни облик). Ако се структура наруши молекул више није активан (денатурација). Секвенца протеина је генетски одређена – записана је у молекулу ДНК редоследом нуклеотида одн. база – редослед од три базе (кодон) одређује једну АК у протеину.

## САДРЖАЈ

Структура атома угљеника	2
Подела органских једињења	4
Питања и задаци	5
УГЉОВОДОНИЦИ	
Алкани	6
Питања и задаци	9
Алкени	11
Алкини	14
Питања и задаци	16
Арени	17
Питања и задаци	20
Халогени деривати угљоводоника	21
Питања и задаци	22
ЈЕДИЊЕЊА СА КИСЕОНИКОМ	
Алкохоли	23
Питања и задаци	26
Феноли	27
Питања и задаци	29
Етри	29
Питања и задаци	30
Алдехиди и кетони	31
Питања и задаци	33
Карбоксилне киселине	33
Питања и задаци	38
ЈЕДИЊЕЊА СА АЗОТОМ	
Нитро-једињења	39
Амини	40
Питања и задаци	42
БИОМОЛЕКУЛИ	
Хетероциклична једињења, алкалоиди и антибиотици	43
Питања и задаци	44
Сахариди	45
Моносахариди	46
Дисахариди	50
Полисахариди	50
Питања и задаци	52
Липиди	53
Питања и задаци	56
Протеини	57
Аминокиселине	57
Протеини	58
Питања и задаци	61
Нуклеинске киселине	62
ДНК	63
РНК	64
Питања и задаци	64
Систематизација градива	65