
ОРГАНСКА

ХЕМИЈА

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 тридесет милиона 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 и настаје преклапањем атомских орбитала и 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.

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.



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 $-N=$ и троструку N , а кисеоник двоструку $O=$), 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 циклична)
- ароматична

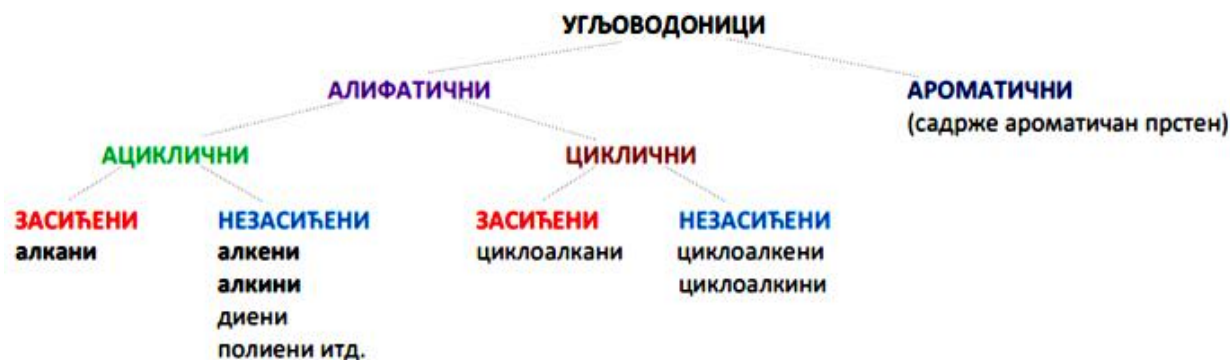
Подела према функционалној групи:

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.).



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 σ -везама у низове који могу бити равни или рачвасте структуре. Везе су тетраедарски усмерене.

алкан	молекулска формула	структурна формула	рационална формула
метан	CH_4		CH_4
етан	C_2H_6		H_3C-CH_3
пропан	C_3H_8		$H_3C-CH_2-CH_3$
бутан	C_4H_{10}		$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$ n-бутан
			$H_3C-CH(CH_3)-CH_3$ iso-бутан 2 – метил - пропан

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. 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 наставак **-ан**.

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

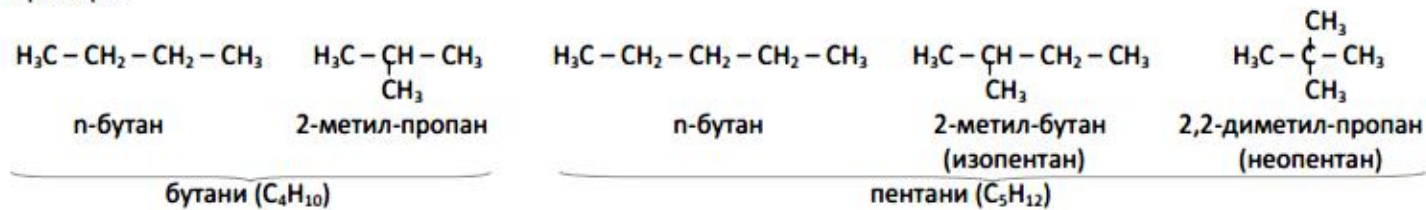
Номенклатура:

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

Алкан	молекулска формула	алкил-група (R-)	структурна формула	тип
метан	CH_4	метил-	CH_3-	(CH_3-) (примарна)
етан	C_2H_6	етил-	C_2H_5-	(H_3C-CH_2-) (примарна)
пропан	C_3H_8	пропил-	C_3H_7-	($H_3C-CH_2-CH_2-$) (примарна)
		изопропил-		($H_3C-CH(CH_3)-$) (секундарна)
бутан	C_4H_{10}	n-бутил-	C_4H_9-	($H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-$) (примарна)
		sek-бутил-		($H_3C-CH_2-CH(CH_3)-$) (секундарна)
		изобутил-		($H_3C-CH(CH_3)-CH_2-$) (примарна)
		terc-бутил-		($H_3C-C(CH_3)_2-$) (терцијарна)

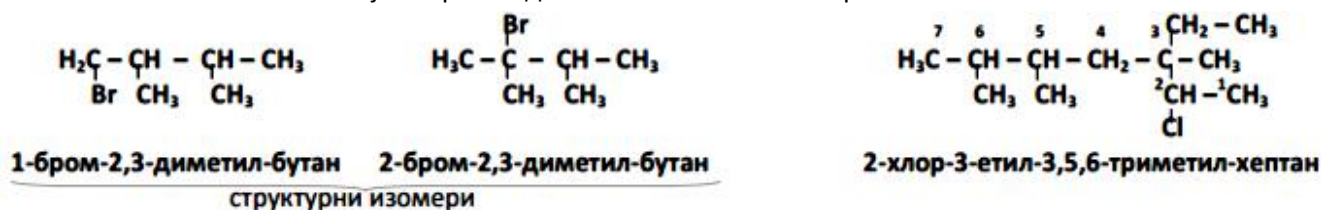
Примери:



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 C-атома, обележе се бројевима, на одговарајуће C-атоме у основном низу се вежу одговарајући супституенти и на крају се C-атомима допише онолико H-атома колико је потребно да сваки C-атом има четири везе.



Физичке особине алкана

Алкани су супстанце без боје и мириса.

Алкани су неполарна једињења, међумолекулске силе су слабе, па имају ниске ТТ и ТК. Са повећањем броја C-атома (са повећањем Mr) расте ТТ и ТК једињења. Алкани до 4 C-атома су гасовите супстанце, од 5-18 C-атома су течности, а преко 18 C-атома су чврсте супстанце. ТТ и ТК рачвастих (разгранатих) изомера су нешто ниже од ТТ и ТК n-алкана са истим бројем C-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 $\text{C}_1 - \text{C}_4$ (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 $\text{C}_5 - \text{C}_{10}$ 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 $\text{C}_{12} - \text{C}_{18}$ 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 ($\text{C}_{20} - \text{C}_{34}$). 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

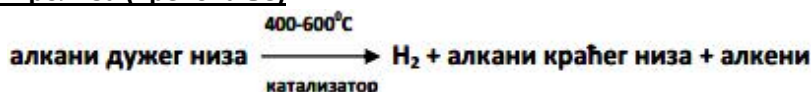
- Сагоревање



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)



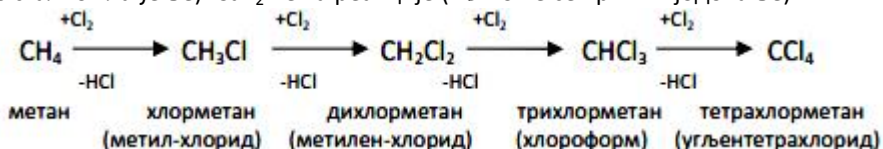
На повишеној температури без присуства кисеоника долази до цепања молекула алкана дужег низа на алкане и алкене краћег низа (pyros – топлота, vatra, liza – цепање, разлагање). Овако се индустријски из тежих фракција нафте добијају нижи алкани тј. бензинске фракције које се користе као гориво или као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

- Супституција (замена)



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

Са F₂ реакција је веома егзотермна и мора се изводити под посебним условима (смеша мора бити разређена инертним гасом уз стално хлађење). Са I₂ нема реакције (не може се вршити јодовање).

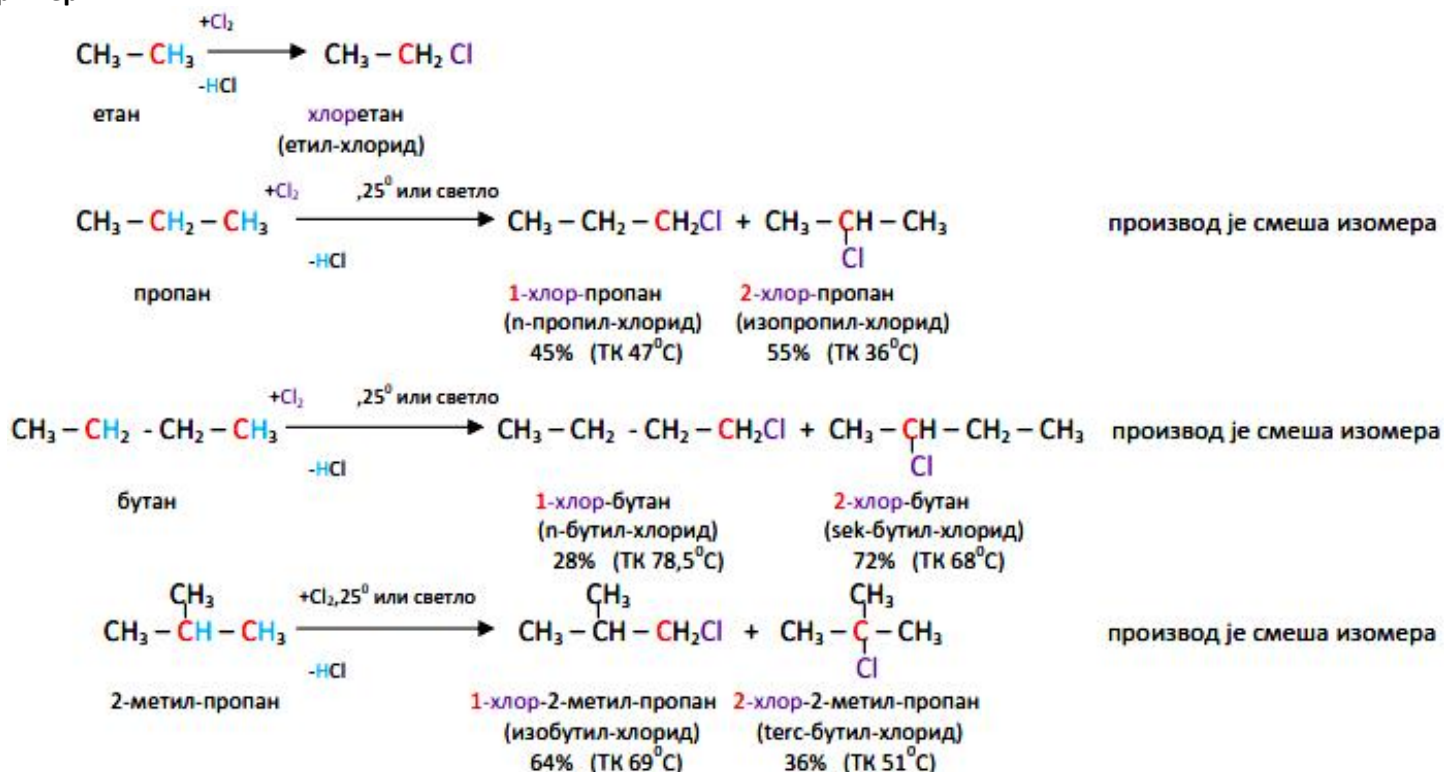


Халогеновањем алкана настаје смеша свих изомера у различитом односу.

Cl₂ је реактивнији од Br₂, који је врло селективан (производ бромовања садржи 97-99% стабилнијег изомера тј. више разгранатог изомера што није случај са смешом производа при хлоровању).

Марковниковљево правило – при бромовању Br-атом замењује H-атом на оном C-атому на коме је већ везано најмање X-атома. Када су у реакционој смеси присутни пероксиди супституција се одвија према анти-Марковниковљевом правилу – замењује се H-атом на C-атому на коме је везано највише H-атома.

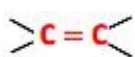
Примери:





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.

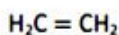
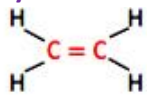


планарна структура (крут систем)

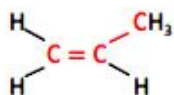
два C-атома везана двоструком везом и четири атома везана за њих су у једној равни
двострука веза се састоји из јаке σ -везе и слабе π -везе; двострука веза је јача и краћа од једноструке

Имена се изводе из имена одговарајућег алкана тако што се уместо наставка **-ан** ставља наставка **-ен**, а испред имена основног низа обележава се бројем положај 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.

етен
(етилен) C_2H_4



пропен
(пропилен) C_3H_6



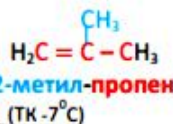
бутен
(бутилен) C_4H_8



1-бутен
(ТК -6°C)



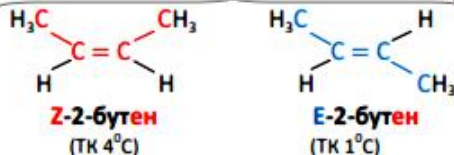
2-бутен



2-метил-пропен
(ТК -7°C)

структурни
изомери

Постоје четири изомера бутена.



геометријски
изомери

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 – ако су групе које имају предност са исте стране двоструке везе.

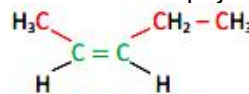
E-изомер – ако су групе које имају предност са различитих страна двоструке везе.

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.

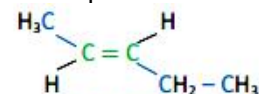
пентен



1-пентен



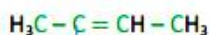
Z-2-пентен



E-2-пентен



2-метил-1-бутен



2-метил-2-бутен

Физичке особине алкена

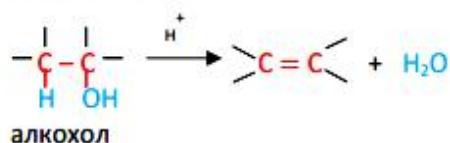
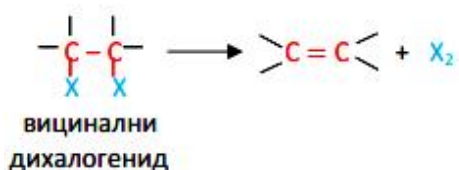
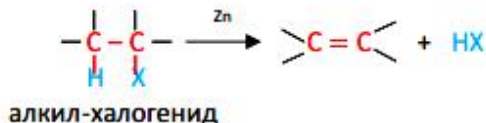
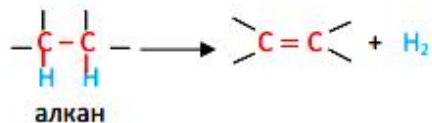
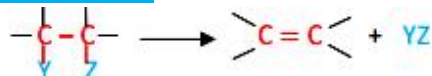
Алкени су неполярна једињења и физичке особине су сличне као код алкана. Имају ниске ТТ и ТК које расту са порастом масе одн. броја С-атома. Разгранати хомолози имају нешто ниже ТТ и ТК од оних равног низа. ТТ и ТК су готово исте као код алкана са истим бројем С-атома и структуром. Код геометријских изомера Z-изомери имају нешто ниже ТТ и нешто више ТК од Е-изомера.

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

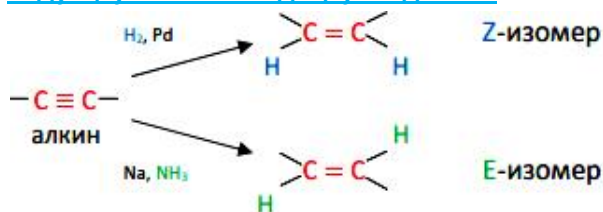
Добијање

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



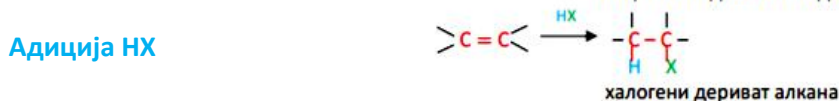
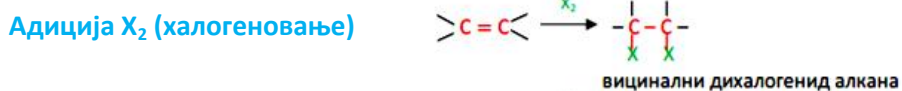
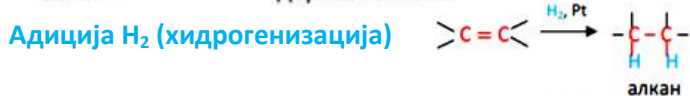
- Редукција алкина – адиција водоника



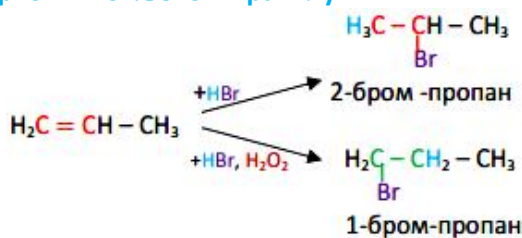
Хемијске особине алкена

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).

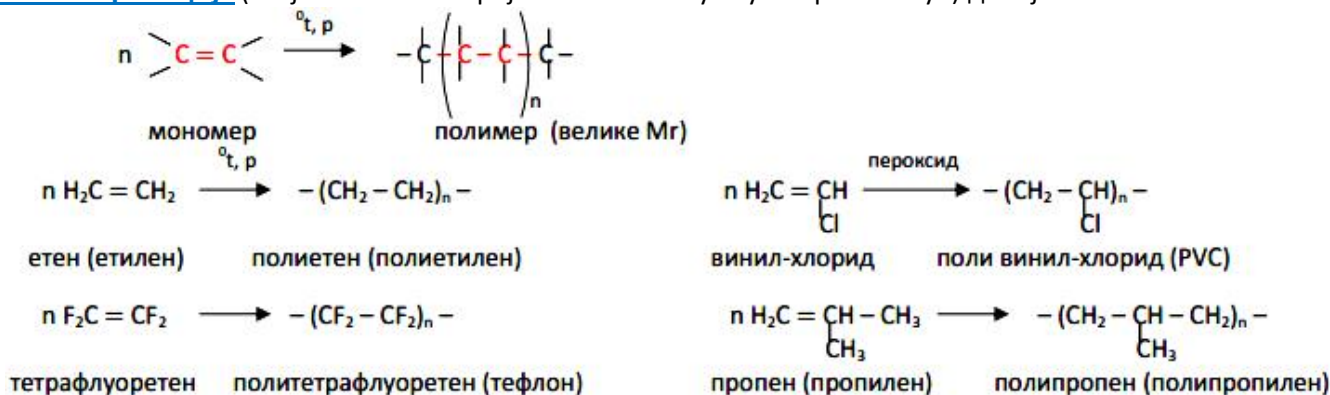
- **Адиција** (два молекула реактаната се спајају у један молекул производа)



Марковниковљево правило – **H-атом из реагенса се везује за онај двоструко везан C-атом на коме је већ везано више H-атома.** Уколико су у реакционој смеси присутни пероксиди адиција се врши према анти-Марковниковљевог правилу.



- **Полимеризација** (спајање великог броја малих молекула у макромолекул) добијање пластичних маса



АЛКИНИ

Алкини (ацетилени) су алифатични ациклични незасићени угљоводоници. Њихова општа формула је $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Имају два H-атома мање од алкена одн. четири H-атома мање од алкана са истим бројем C-атома. Имају већи степен незасићења од алкена. Као и алкани и алкени и алкини чине хомолги 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 C-атома, док су остале везе једноструке. Трострука веза се састоји из једне јаке σ -везе и две слабе π -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 (**број означава иза ког C-атома се налази трострука веза**). Обележавање C-атома бројевима врши се са оног краја основног низа коме је ближа трострука веза. Основни низ је најдужи непрекидни низ C-атома који садржи троструку везу.

етин (ацетилен)	C_2H_2	$\text{HC}\equiv\text{CH}$		
пропин	C_3H_4	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$		
бутин	C_4H_6	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	
		1-бутин	2-бутин	
пентин	C_5H_8	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
		1-пентин	2-пентин	3-метил-1-бутин
хексин	C_6H_{10}	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
		1-хексин	2-хексин	
		$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
		3-хексин	3-метил-1-пентин	
		$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
		4-метил-1-пентин	4-метил-2-пентин	3,3-диметил-1-бутин

АРЕНИ

Првобитна значења алифатичан (мастан) и ароматичан (пријатног мириса) изгубила су буквално значење.

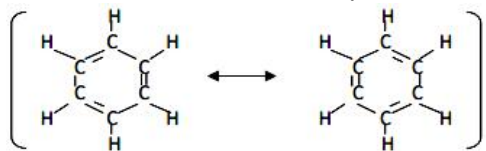
Алифатична једињења су она отвореног низа и циклична једињења слична једињењима отвореног низа.

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).

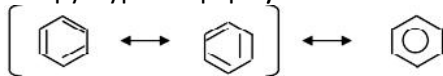
Права структура молекула је између две резонантне структуре.

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° (молекул је планарне структуре и врло симетричан).

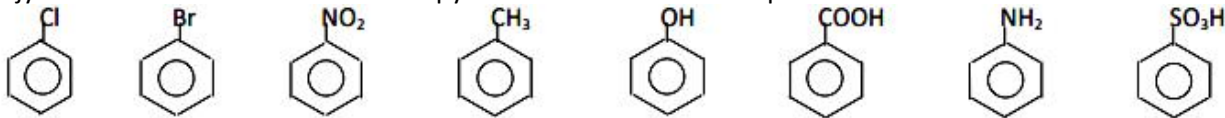
С-атоми су повезани σ -везама са два суседна С-атома и једним Н-атомом, а р-орбитале С-атома се међусобно бочно преклапају стварајући π -везу (р-орбитала једног С-атома се подједнако преклапа са обе р-орбитале суседних С-атома). Овако настаје континуирани електронски облак изнад и испод равни прстена – делокализовани π -електрони. На овај начин настају јаче везе, а тиме и стабилнији молекул. Последица овакве структуре су хемијске особине – π -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.



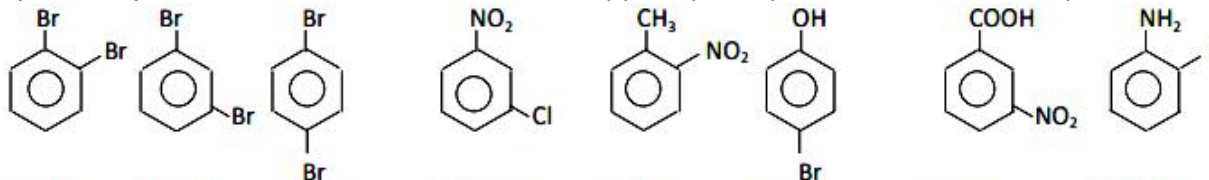
Номенклатура деривата бензена

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.



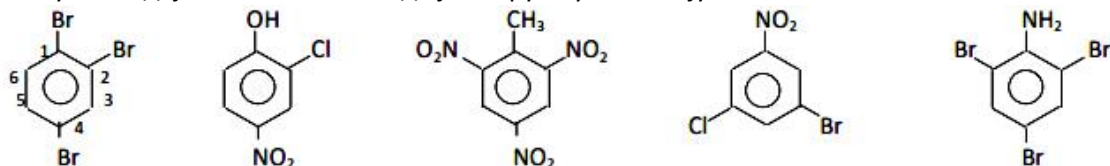
хлорбензен бромбензен нитробензен толуен фенол бензоева киселина анилин бензенсулфонска киселина

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.



o-дибром-бензен *m*-дибром-бензен *p*-дибром-бензен *m*-хлорнитро-бензен *o*-нитро-толуен *p*-бром-фенол *m*-нитро-бензоева киселина *o*-јоданилин

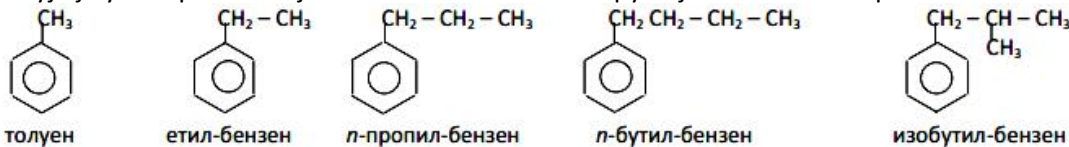
Ако су на бензенов прстен везане три или више група њихов релативни положај се обележава бројевима. Последња означена група у имену једињења налази се у положају 1 (број 1 није потребно означавати у имену), а остале групе се према њој означавају тако што се бројање С-атома врши у оном смеру да супституенти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



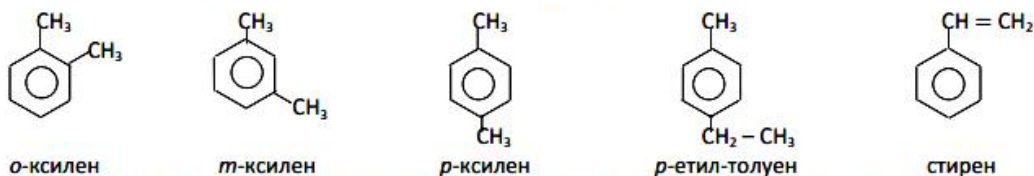
1,2,4-трибром-бензен 2-хлор-4-нитро-фенол 2,4,6-тринитро-толуен 3-бром-5-хлор-нитробензен 2,4,6-трибром-анилин

Арени су алифатично-ароматични угљоводоници. Оваква једињења имају особине и ароматичних и алифатичних угљоводоника, али присутност другог дела молекула модификује особине сваког дела молекула.

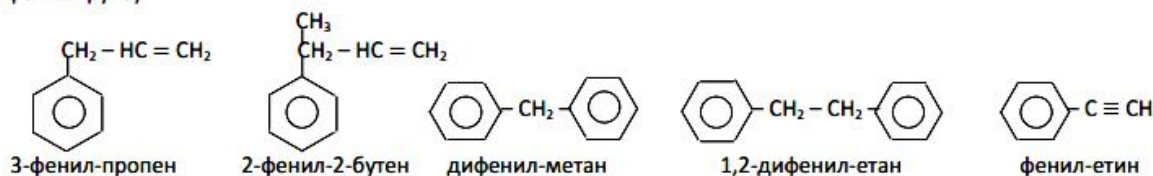
Прстен подлеже електрофилној супституцији, а бочни низ уколико је засићен реакцији супституције преко слободних радикала, а уколико је незасићен реакцији адиције. Присуство алкил-групе олакшава супституцију у прстену и диригује је у *o*- и *p*-положаје. Халогеновање алкил-групе је олакшано и врши се на *C*-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_6H_5- је фенил-група).



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 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 чађавим пламеном. Лакши су од воде. Арени су отровне и канцерогене супстанце.

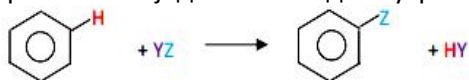
Добијање и примена

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).

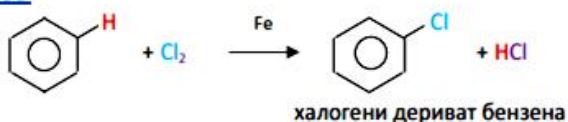
Хемијске особине арена – реакције супституције

Бензен има веома стабилну структуру (шест делокализованих π -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.

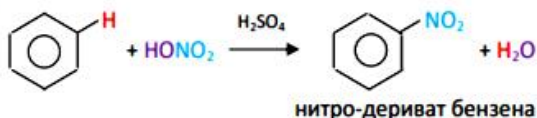
Бензен и остала ароматична једињења подлежу реакцији супституције чиме се задржава ароматичан карактер бензенског прстена.



Халогеновање



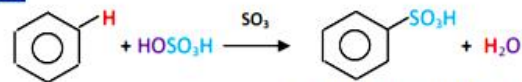
Нитровање



Супституција

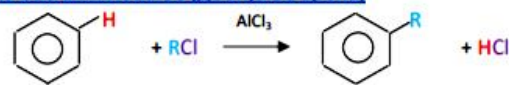
(јонски механизам)

Сулфоновање

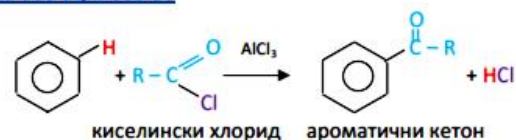


дериват бензенсулфонске киселине

Friedel-Crafts-ово алкиловање (добијање арена)



Friedel-Crafts-ово ациловање



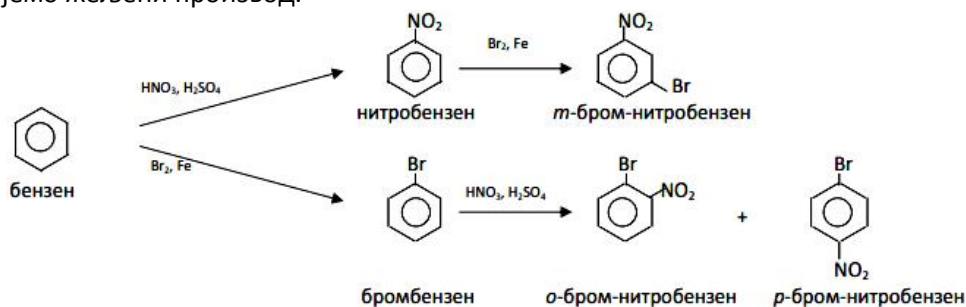
Супституенти везани за ароматично језгро утичу на реактивност прстена и одређују оријентацију супституције. При реакцији супституције неке групе везане за ароматичан прстен активирају прстен, а неке дезактивирају прстен (убрзавају или успоравају реакцију у односу на брзину реакције супституције бензена). 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: $-NH_2, -OH > -OR, -NHCOR > -C_6H_5, -R$.

Групе које **дезактивирају** прстен и диригују супституцију у *m*-положај: $-NO_2, -NR_3^+, -CN, -COOH, -COOR, -SO_3H, -CHO, -COR$.

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.

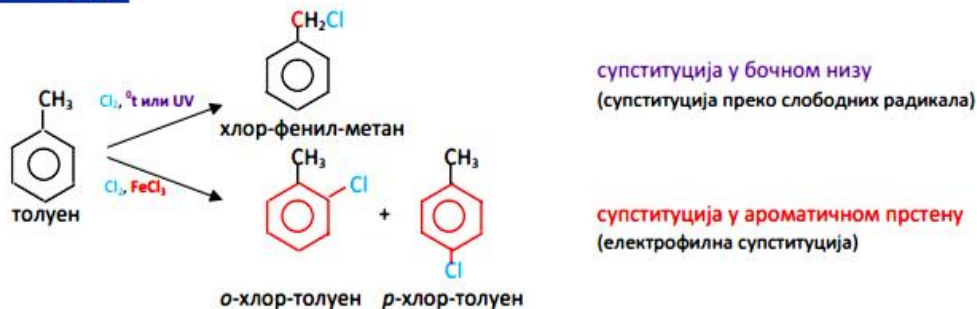


Код арена (алкил-бензена) алкил-група активира прстен и диригује супституцију у *o*- и *p*-положаје прстена. Прстен такође олакшава супституцију у бочном низу и то на C-атому који је везан за прстен (бензилни C-атом).

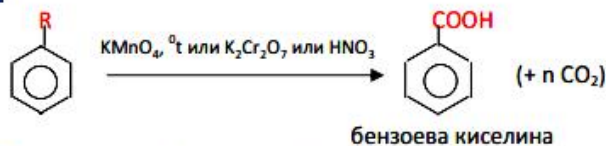
Супституција или адиција у бочном низу (алкил-група) врши се преко слободних радикала, па се оваква реакција врши у неполарној средини уз благо загревање или UV светлост.

Супституција у прстену врши се јонским механизмом преко карбонијум-јона, па се оваква реакција **врши уз додатак супстанце која јонизује и делије као катализатор (нпр. соли, киселине)**. **Од услова реакције зависи у ком делу молекула ће се вршити реакција супституције и који ћемо производ добити.**

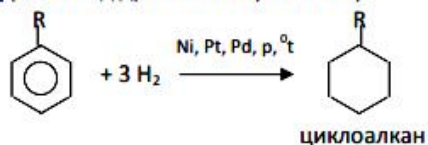
Супституција



Оксидација



Хидрирање (само под драстичним условима)



АЛКОХОЛИ

Алкохоли припадају органским једињењима која садрже кисеоник.

Сви алкохоли садрже функционалну хидроксилну $-OH$ групу која одређује особине ове класе једињења.

Општа формула алкохола је $R-OH$.

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 С-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**.

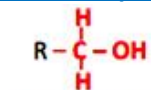
Подела алкохола

- Подела према броју ОН-група

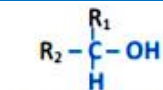
-монохидроксилни (садрже једну ОН-групу)

-полихидроксилни (садрже више ОН-група: дихидроксилни две ОН-групе, трихидроксилни три итд.).

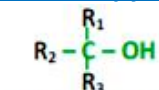
- Подела према типу С-атома за који је везана ОН-група



примарни (1°)



секундарни (2°)



терцијарни (3°)

Алкохоли различитих типова се разликују по брзини реакције или по механизму 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, равнoг или рачвастог низа)

-ароматични (у R-групи налази се ароматичан прстен, али ОН-група није директно везана за њега).

- Подела према броју С-атома (дужини R-групе)

-нижи (до 10 С-атома – поларни, растворни у води и поларним растварачима)

-виши (више од 10 С-атома – неполарни, тешко растворни у води, растворни у неполарним растварачима)

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

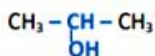
метанол CH_3OH
(метил-алкохол) (1°)

етанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
(етил-алкохол) (1°)



пропанол $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$

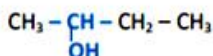
1-пропанол (1°)
(пропил-алкохол)



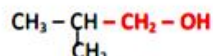
2-пропанол (2°)
(изопропил-алкохол)

бутанол $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

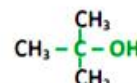
1-бутанол (1°)
(n-бутил-алкохол)



2-бутанол (2°)
(sek-бутил-алкохол)



2-метил-1-пропанол (1°)
(изобутил-алкохол)

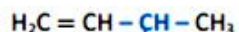


2-метил-2-пропанол (3°)
(tert-бутил-алкохол)

Незасићени алкохоли – примери

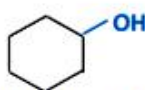


2-пропен-1-ол (1°)
(алил-алкохол)



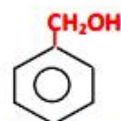
3-бутен-2-ол (2°)

Циклични алкохол



циклохексанол (2°)

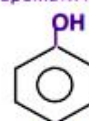
Ароматични алкохол



бензил-алкохол (1°)

Фенол

(није ароматичан алкохол)



фенол

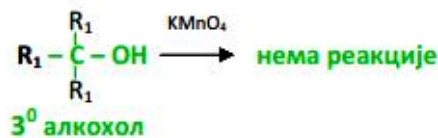
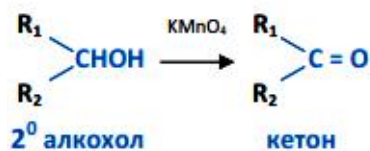
Једињења код којих је ОН-група директно везана за ароматичан прстен нису ароматични алкохоли већ феноли. Код ароматичних алкохола ОН-група је везана за алифатичну групу у бочном низу која је везана за ароматичан прстен. Ако је бочни низ ароматичних алкохола сложенији сматра се да је ароматичан прстен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

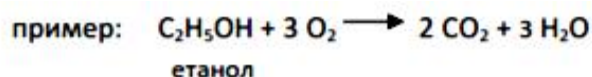
Етанол је највише коришћен алкохол. Користи се као растварач за боје, лакове, мирисе, зачине, при процесима кристализације, као медијум за хемијске реакције, полазна сировина за разне органске синтезе, као дезинфекционо средство. Налази се у алкохолним пићима. Може се купити у трговинама као медицински 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.

- Оксидација



- Сагоревање



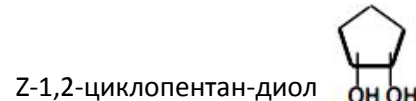
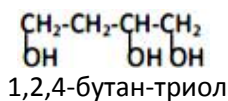
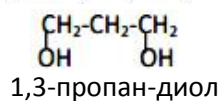
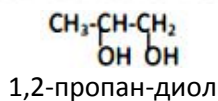
Полихидроксилни алкохоли

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.

$\begin{matrix} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{matrix}$ 1,2-етан-диол Има доста ниску ТТ и високу ТК, меша се са водом у свим односима, па се користи за прављење антифриза.

$\begin{matrix} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{matrix}$ 1,2,3-пропан-триол (глицерол) Улази у састав триглицерида (масти и уља), фосфолипида (изграђују ћелијске мембране) - додаје се у козметичке препарате (као хумектанс), а користи се зими против замрзавања брава.

$\begin{matrix} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \quad | \quad | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{matrix}$ или $\left[\begin{matrix} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{OH} \end{matrix} - \left(\begin{matrix} \text{CH} \\ | \\ \text{OH} \end{matrix} \right)_4 - \begin{matrix} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{OH} \end{matrix} \right]$ 1,2,3,4,5,6-хексан-хексаол (сорбитол, глицитол) Учествује у метаболизму угљених хидрата. Додаје се у козметичке препарате (као хумектанс).

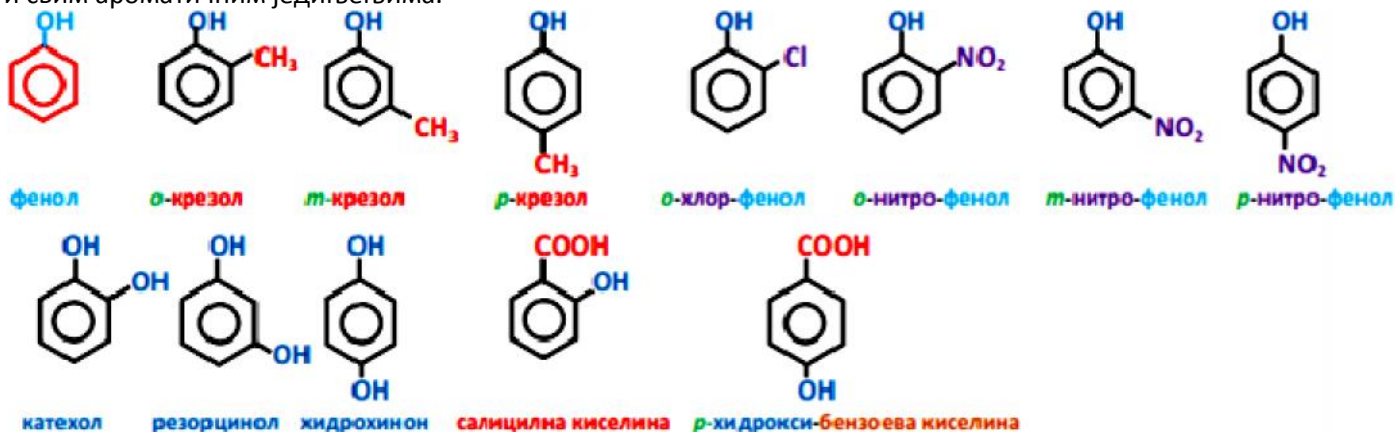


ФЕНОЛИ

Општа формула фенола је **Ar-OH**. Код фенола је **ОН-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 ОН-групе везане за бензенов прстен такође имају посебна имена. Осталим дериватима имена се изводе као и свим ароматичним једињењима.



Феноли као и алкохоли имају ОН-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.

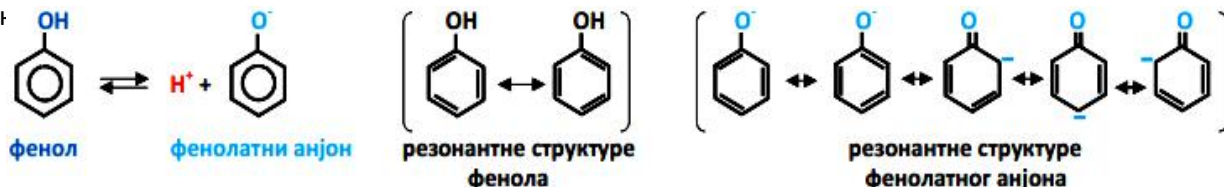
Физичке особине фенола

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 водоник

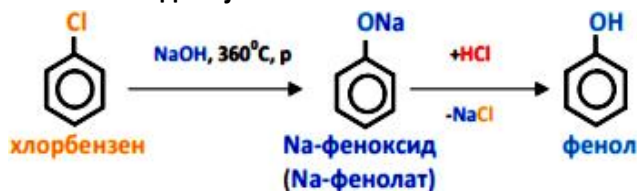


Супституенти утичу на киселост:

- групе које привлаче електроне повећавају киселост (-X, -NO₂)
- групе које отпуштају електроне смањују киселост (CH₃-).

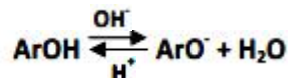
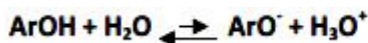
Индустријско добијање

- 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, еугенол из мирођије, анетол из аниса).
- Синтетичко добијање



Хемијске особине фенола

- **Киселост. Настајање соли.**



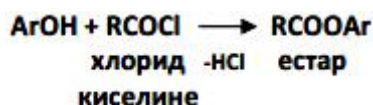
- **Добијање етара**



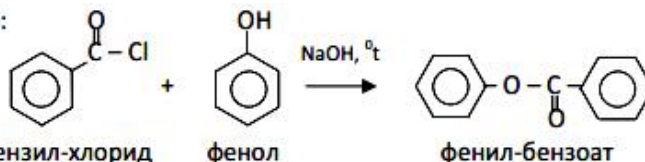
пример:



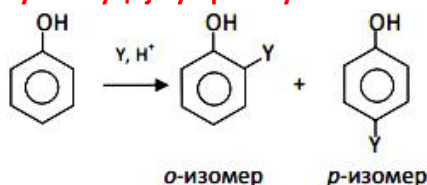
- **Добијање естара**



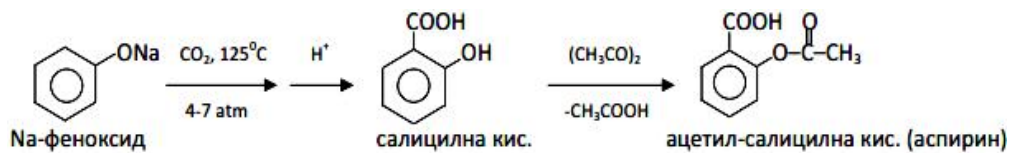
пример:



- **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.



Феноли се користе и као дезинфекциона средства.

ЕТРИ

Општа формула етара је $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$, $\text{R}-\text{O}-\text{Ar}$, $\text{Ar}-\text{O}-\text{Ar}$. 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 алкокси-деривати 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

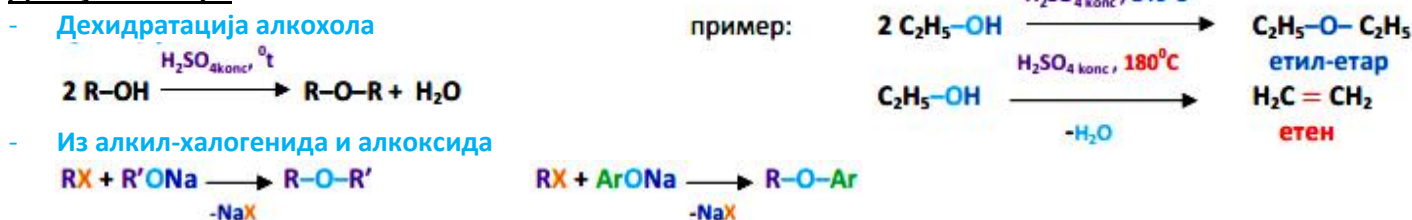


Молекули етара не могу међусобно да се повезују водоничним везама (молекули нису асосовани), па имају релативно ниске ТТ и ТК (ТК отприлике као алкани исте M_r), знатно ниже од одговарајућх алкохола.

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

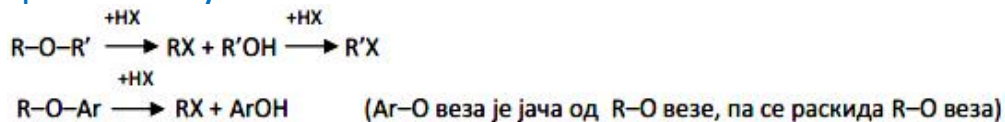


Хемијске особине етара

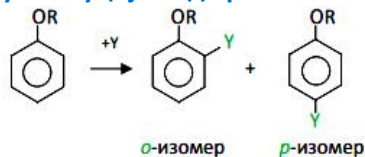
Алифатични етри на ваздуху прелазе у нестабилне пероксиде (експлозивни су чак и у малим концентрацијама).

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



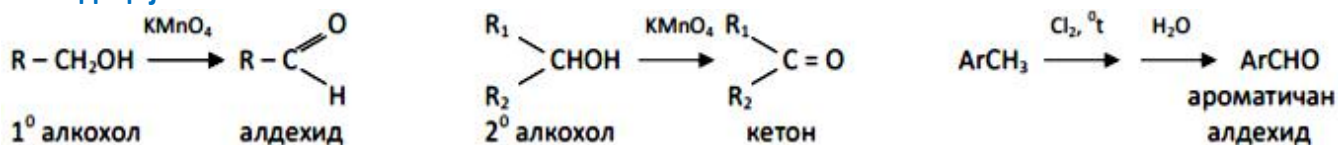
Формалдеhid (метанал) је гас (ТК -21°C). На тржишту је у облику воденог раствора (формалин) или као неки од чврстих полимера (параформалдеhid, триоксан) из којих се мономер добија загревањем. Користи се за добијање фенолформалдеhidних смола, као растварач, за препарирање.

Ацеталдеhid (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.

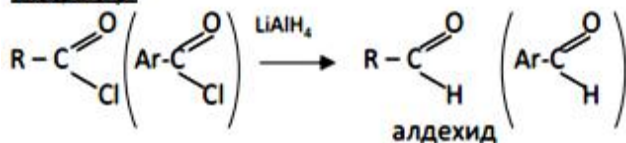
Добијање алдехида и кетона

- Оксидација

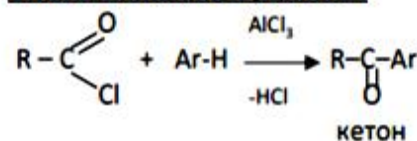


- Из киселинских хлорида

Редукција

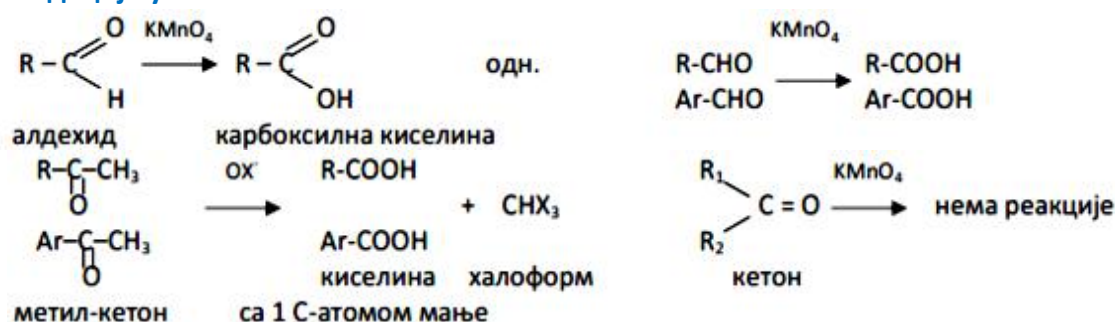


Friedel-Crafts-ово ациловање

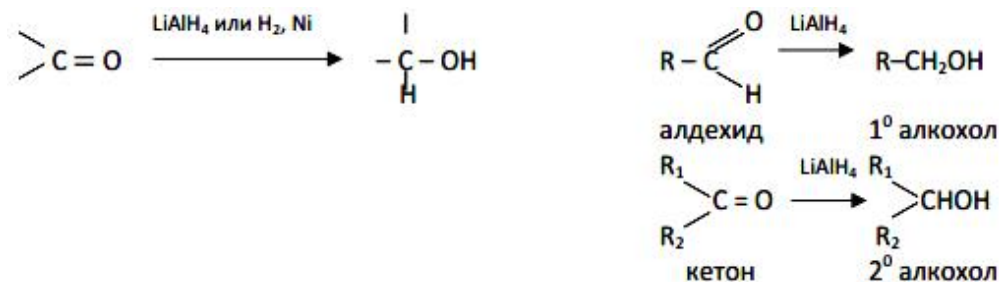


Хемијске реакције алдехида и кетона

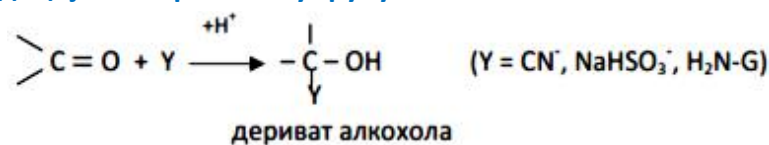
- Оксидација у киселине



- Редукција у алкоhole

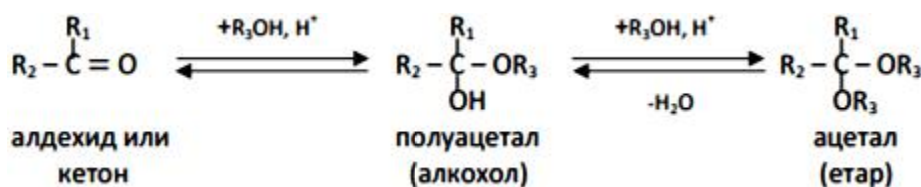


- Адиција на карбонилну групу



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

- Адиција алкоhole



Раскида се двострука C=O веза у карбонилном једињењу и O-H веза у алкоholeу. H-атом из алкоholeа везује се за O-атом, а -OR₃ из алкоholeа за C-атом који потиче из карбонилне групе. Даљом реакцијом полуацетала са алкоholeом OH-група полуацетала реагује са OH-групом алкоholeа и гради се етарска група уз издвајање воде.

КАРБОКСИЛНЕ КИСЕЛИНЕ

Општа формула карбоксилних киселина је $R-C(=O)OH$ ($R\text{COOH}$). 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.

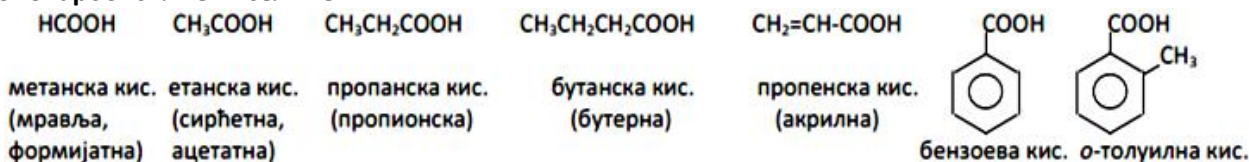
Подела карбоксилних киселина

- 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 (више од 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 алфавета тако што је α-C-атом онај који је везан за карбоксилну групу, β-C-атом је следећи у низу итд.

Монокарбоксилне киселине



Дикарбоксилне киселине



δ γ β α
5 4 3 2 1
-C-C-C-C-COOH

тривијално име
IUPAC номенклатура

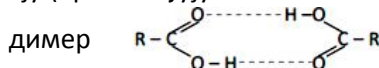
$Cl-CH_2-COOH$
2-хлор-етанска кис.
(α-хлор-сирћетна кис.)

$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH-CH_2-COOH \end{array}$
3-метил-бутанска кис.
(β-метил-бутерна кис.)

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 C-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 C-атома), а више киселине се не растварају (преовлађују особине неполарног угљоводоничног низа у молекулу).



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.

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

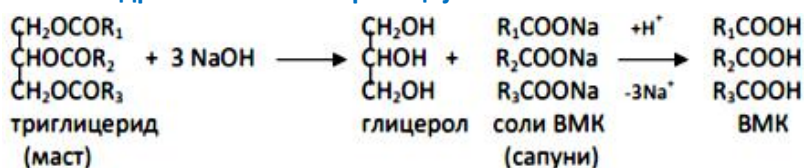
У природи су најраспрострањеније **палмитинска**, **стеаринска** и **олеинска киселина**. Ове киселине и њихови деривати (соли, естри) користе се за израду козметичких препарата.

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

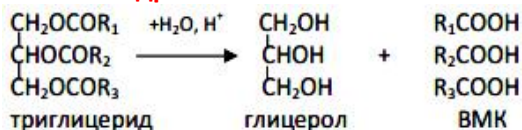
Арахидонска киселина је неопходна човечијем организму јер од ње настају простагландини (луче се при упалним процесима). Налази се у кикирикију и индијском ораху.

Добијање виших масних киселина

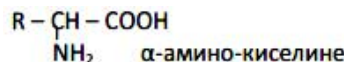
- Базна хидролиза – сапонификација



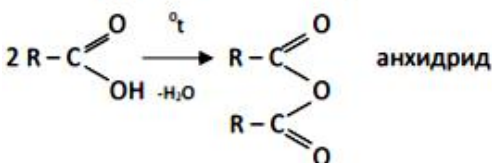
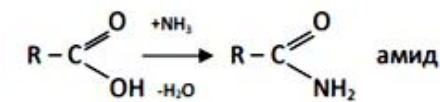
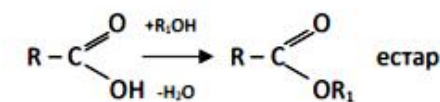
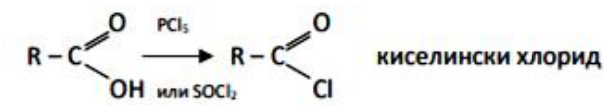
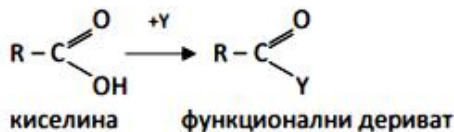
- Кисела хидролиза



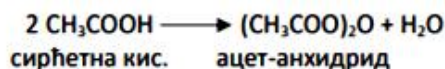
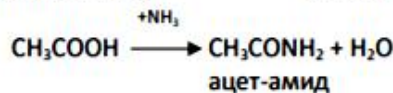
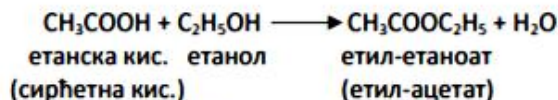
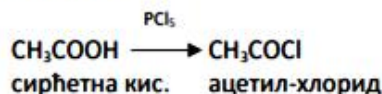
Амино-киселине су неопходне свакој живој ћелији – изграђују протеине.



Деривати карбоксилних киселина



примери:



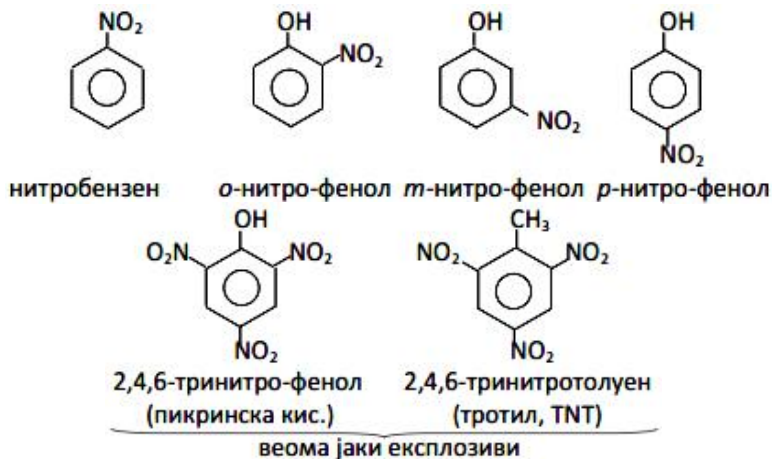
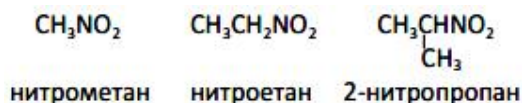
Реактивност функционалних деривата карбоксилних киселина: хлорид > анхидрид > естар > амид

Сви деривати садрже **ацил-групу** $R - \underset{\text{O}}{\text{C}}$ 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.

НИТРО-ЈЕДИЊЕЊА

Општа формула **нитро-једињења** је $R-NO_2$. Садрже нитро-групу $-NO_2$. 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.

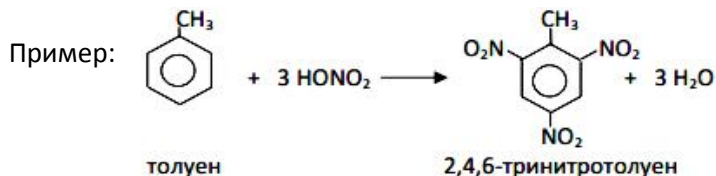
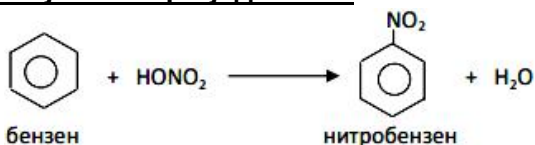


Нитро-једињења садрже поларну нитро-групу и могу градити водоничне везе. Имају више ТТ и ТК од одговарајућих угљоводоника, али ниже од одговарајућих алкохола.

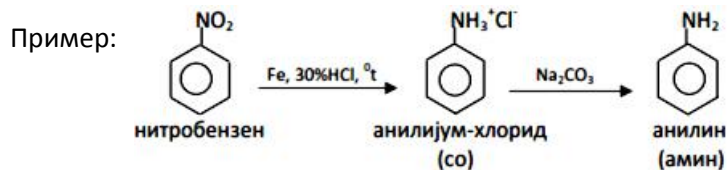
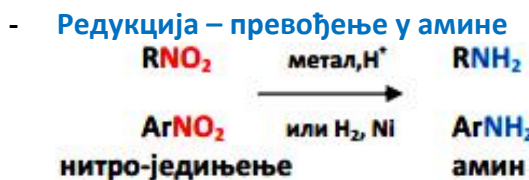
Нитро-једињења су добри растварачи. Користе се као нитро-разређивачи за боје. Отровни су, лако испарљиви и удисањем изазивају мучнину и вртоглавицу.

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.

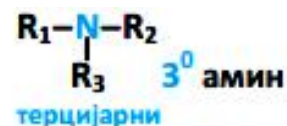
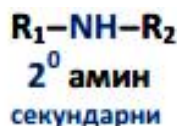
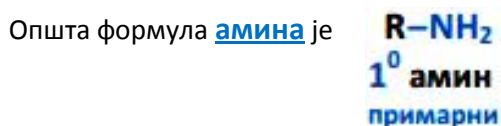
Добијање нитро-једињења



Хемијске реакције нитро-једињења



АМИНИ



Молекул има тетраедарску структуру (sp^3 хибридизација N-атома). Изводе се из амонијака (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.



Физичке особине амина

Амини су поларна једињења и могу да граде водоничне везе (1° и 2° амини могу градити интермолекулске и интрамолекулске водоничне везе, а 3° амини само интермолекулске).

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

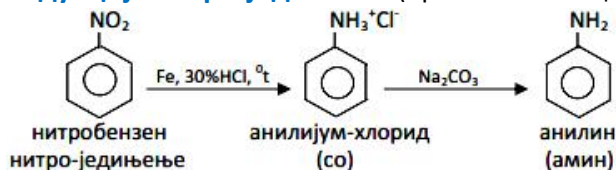
Амини су растворни у растварачима који су мање поларни од воде (етар, алкохол, бензен и сл.). Нижи амини (до 6 С-атома) се растварају у води (молекули амина успостављају водоничне везе са молекулима воде).

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.

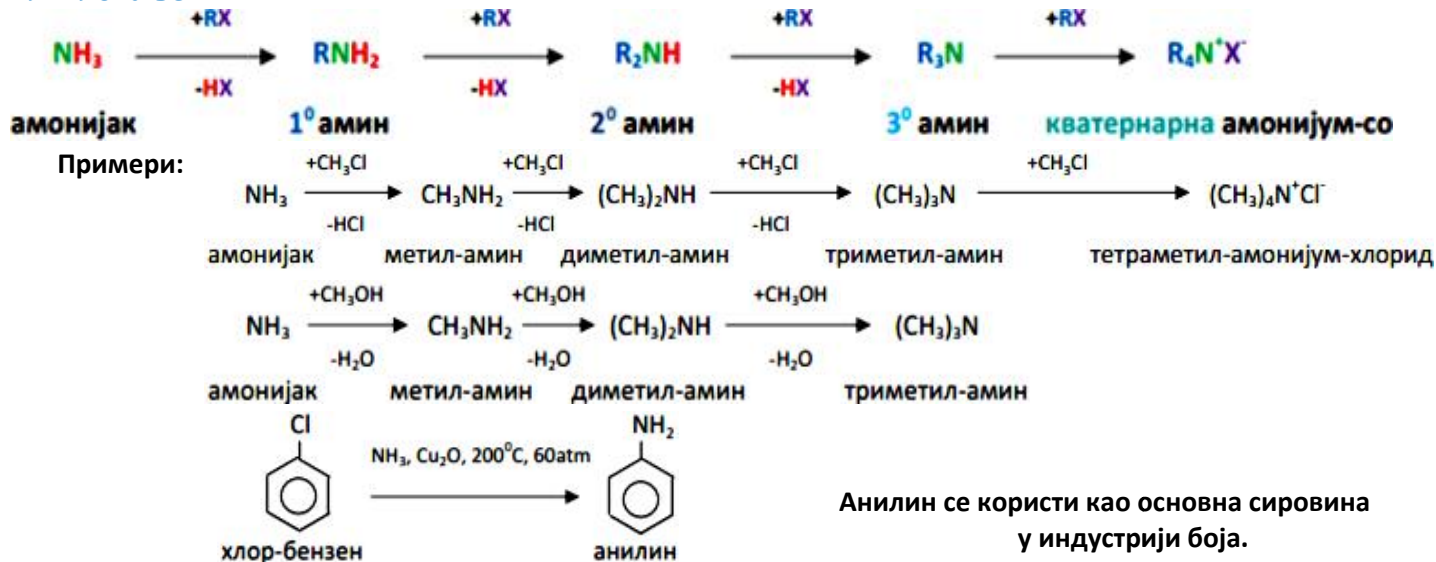
Добијање амина

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

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

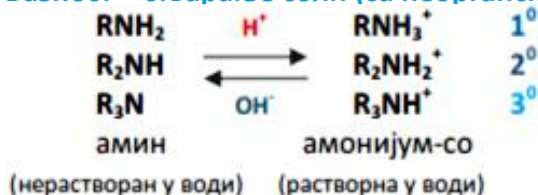


- **Алкиловање**



Хемијске особине амина

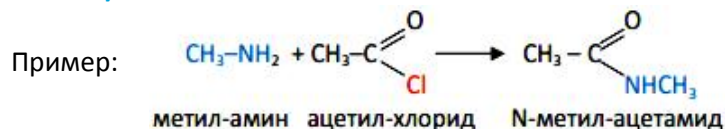
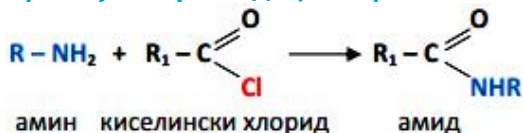
- Базност – стварање соли (са неорганским киселинама)



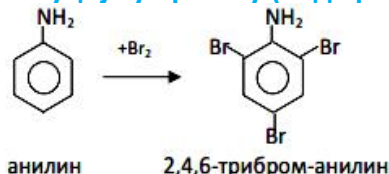
Амонијум-соли су типична јонска једињења – чврсте кристалне неиспарљиве супстанце високих ТТ (често се распадају на нижим температурама од ТТ).

Халогениди, сулфати и нитрати су растворни у води, а нерастворни у органским растварачима.

- Превођење у амиде (са карбоксилним киселинама)



- Супституција у прстену (код ароматичних амина)



NH₂-група снажно активира ароматичан прстен и диригује супституцију у *o*- и *p*-положаје.

БИОМОЛЕКУЛИ

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 смеси 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 познавању 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, имида, 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 вирус.

Препарати који делују на гљивице називају се антимикотици.

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 неуобичајене аминокиселине или су аминокиселине повезане на неуобичајен 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.

САХАРИДИ

Из једноставних супстанци CO₂ и H₂O 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 CO₂ и H₂O 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 $C_n(H_2O)_m$ 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

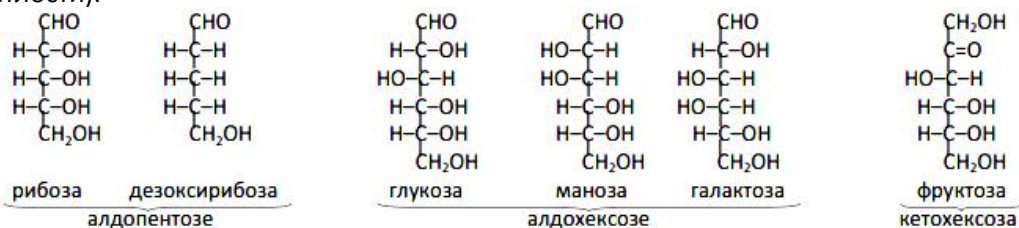
Сахариди су поларна једињења. Моносахариди и олигосахариди су растворни у води. Полисахариди се не растварају у води (због велике масе), али при одређеним условима неки могу градити колоидне растворе (скроб) или гелове (агар, пектини у воћу служе биљкама да задрже воду).

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.

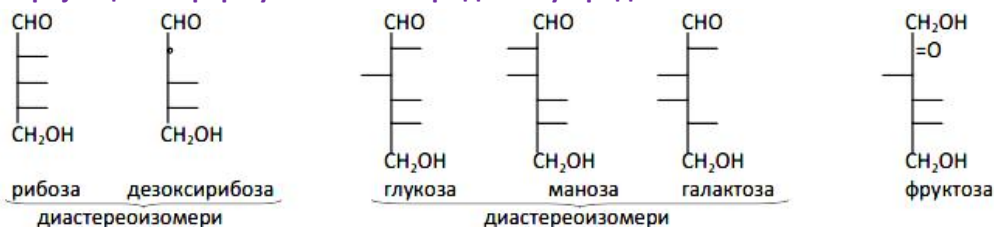
Пошто је сама структура сахарида веома сложена били би компликовани хемијски називи према IUPAC номенклатури. Због тога се ова имена не користе, већ су у употреби тривијална имена која су много једноставнија и одавно укоренења.

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 (амино-шећери, уронске киселине итд.). Поларна су једињења, растварају се у води, редукујући су шећери и оптички су активне супстанце (скрећу раван поларизоване светлости).



Једноставније се пројекционе формуле моносахарида могу представити шематски:



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, декстроза). 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).

Енантиомерија

Сви моносахариди имају хиралне С-атоме – С-атоми за које су везане четири различите групе. Пошто је С-атом sp^3 хибридизован нема осу симетрије и важно је како су групе везане за овакав С-атом усмерене у простору. 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 (+). Све алдозе се изводе из глицералдехида, а кетозе из дихидроксиацетона.



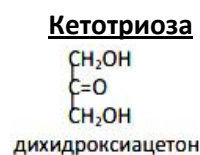
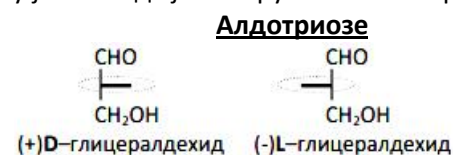
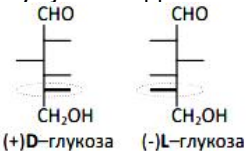
Ова два облика глицералдехида се односе као предмет и лик у огледалу и такви изомери су **енантиомери**.

Ова два енантиомера скрећу раван поларизоване светлости за исти угао, али у супротним смеровима.

Ако енантиомери реагују са другом несиметричном супстанцом као производи се добијају диастереоизомери (два различита једињења).

Смеша истих количина D и L облика истог једињења (смеша једнаких количина оба енантиомера) је **рацемска смеша** и није оптички активна. Смеша се може раздвојити на енантиомере реакцијом са другим несиметричним једињењем чиме се добија смеша диастереоизомера (имају различите физичке особине и лако се раздвајају).

Према договору D-глицералдехид се сматра основном супстанцом свих моносахарида D-реда (конфигурација на претпоследњем С-атому тј. последњем хиралном С-атому је таква да је ОН-група са десне стране као код D-глицералдехида). L-глицералдехид је основна супстанца моносахарида L-реда (конфигурација на претпоследњем С-атому тј. последњем хиралном С-атому је таква да је ОН-група са леве стране).



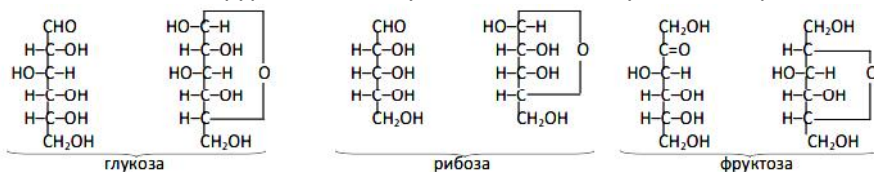
Хемијске реакције моносахарида

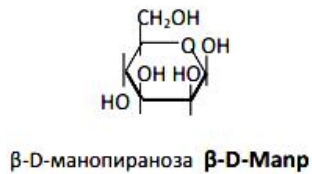
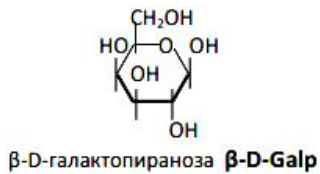
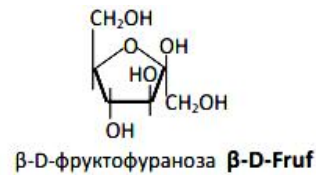
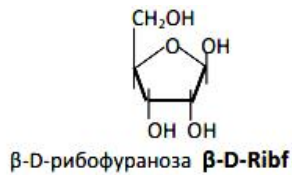
Редукцијом алдехида добијају се примарни алкохоли, а редукцијом кетона секундарни алкохоли. Оксидацијом алдехида добијају се карбоксилне киселине. Адицијом алкохола на карбонилну групу добијају се поуацетали, а даљом реакцијом полуацетала са алкохолом добијају се ацетали.

Моносахариди се могу трансформисати један у други преко ендиолног облика.

Код алдоза се може оксидовати алдехидна 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. Алдехидна група се може редуктовати до примарне алкохолне групе чиме настаје полихидроксиално алкохол. Кетозе се такође под одређеним условима могу оксидовати.

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



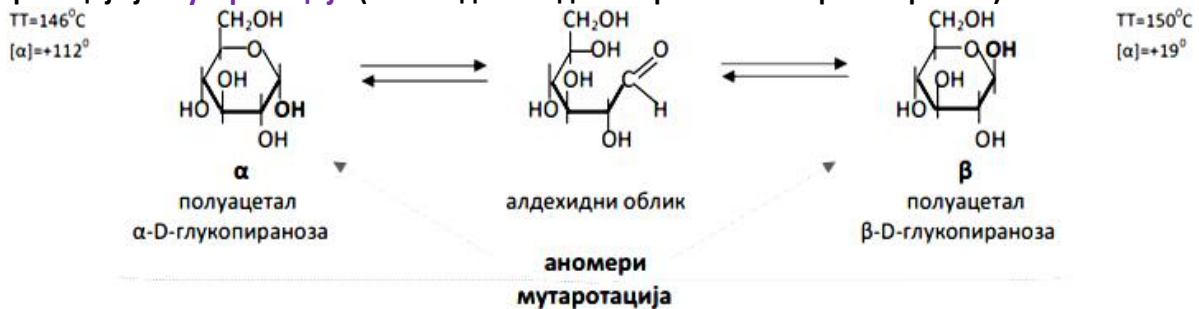


Моносахариди се налазе у природи у облику полуацетала.

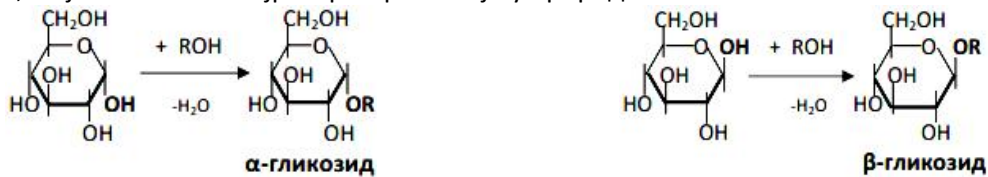
При настајању прстена настаје нови асиметрични C-атом (C-1 код алдоза, C-2 код кетоза) и могућа су два конфигурациона изомера – **аномери**.

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.

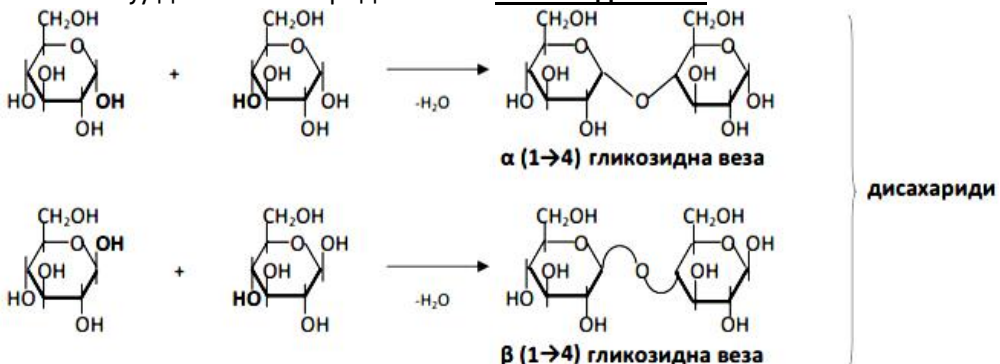


Ацетали не могу да пређу у алдехидни облик (нема слободне полуацеталне групе и прстен не може да се отвори), па α и β облици ацетала не могу да прелазе један у други – гликозиди не подлежу мутаротацији и нису редукујући шећери.

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

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

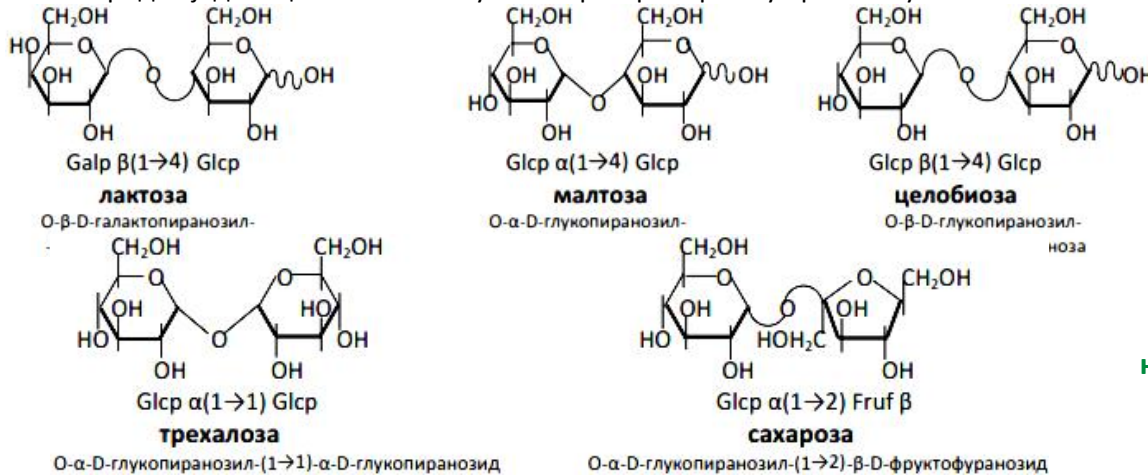
Ако уместо алкохола са полуацеталном групом реагује секундарна алкохолна група другог моносахарида настају гликозиди. Веза између два моносахарида зове се **гликозидна веза**.



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 (α или β). 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.



редукујући шећери
подлежу мутаротацији

нередукујући шећери
не подлежу мутаротацији

Дисахаридима се имена изводе тако што се назначи да су моносахаридне јединице повезане преко О-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 (α или β) 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).



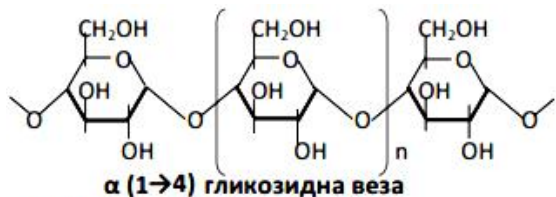
Целулоза је веома распрострањена у биљном свету.

Састоји се из молекула глукозе међусобно повезаних $\beta(1\rightarrow4)$ гликозидним везама.

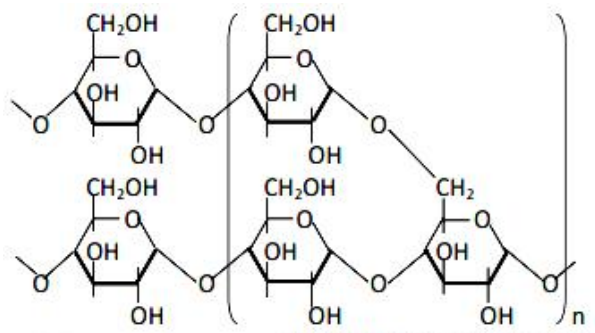
Нативна целулоза садржи око 8000-12000 јединица глукозе (Мг 1300000-2000000). Ланац је дуг неколико μm који је неколико пута савијен (стабилизован је водоничним везама).

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. β (1 \rightarrow 4) гликозидна веза је веома отпорна на хидролизу, а људски организам нема ензим који је може хидролизовати (не можемо сварити целулозу).



амилоза



амилопектин

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).

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:

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - триглицериди (триацилглицероли – масти у ужем смислу) - фосфолипиди - гликолипиди - воскови | } | <p>сапонификују се
(садрже више масне киселине)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - терпени - стероиди - простагландини | } | <p>не сапонификују се
(не садрже више масне киселине)</p> |

Више масне киселине – више алифатичне монокарбоксилне киселине парног броја C-атома и равнотаног 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:

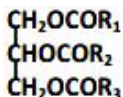
бутерна кис.	C ₄
капронска кис.	C ₆
каприлна кис.	C ₈
капринска кис.	C ₁₀
лауринска кис.	C ₁₂
миристинска кис.	C ₁₄
палмитинска кис.	C ₁₆
стеаринска кис.	C ₁₈
лигноцеринска	C ₂₄

Незасићене масне киселине:

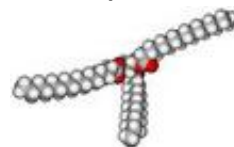
палмитолеинска кис.	C ₁₆	(1 двострука веза)
олеинска кис.	C ₁₈	(1 двострука веза)
линолна кис.	C ₁₈	(2 двоструке везе)
линоленска кис.	C ₁₈	(3 двоструке везе)
арахидонска кис.	C ₂₀	(4 двоструке везе)
нервонска кис.	C ₂₄	(1 двострука веза)

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).

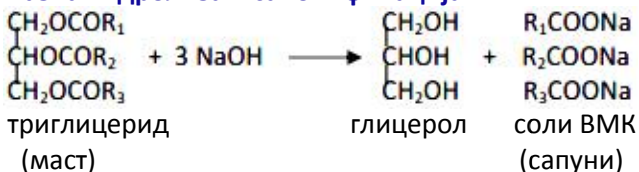
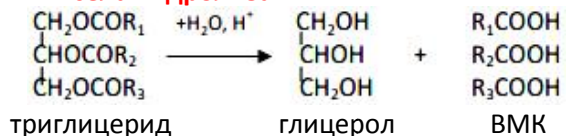
Организам уграђује у своје триглицериде такве киселине да на температури тог организма маст буде у полужитком стању. Животиње највише уграђују палмитинску, стеаринску и олеинску киселину. Копнене животиње више уграђују засићене киселине, а водене незасићене киселине. Биљке више уграђују незасићене и 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 сахара, али је и енергија активације потребна за разградњу много већа код масти него код сахара, па разградња масти не почиње све док у организму има резервних сахара).

Хемијске особине триглицерида

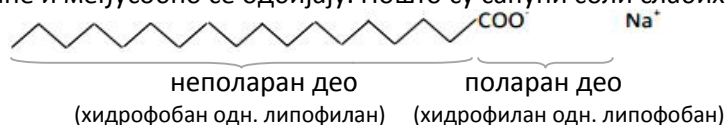
- **Хидрогенизација уља** – реакцијом адиције H₂ (175-190⁰C, 1,5-3atm, Ni-катализатор – благи услови да се не би раскинула естарска веза) незасићене киселине се преводе у засићене, па уље прелази у чврсту маст (биљна маст, маргарин).
- **Оксидација масти** – незасићене киселине уграђене у триглицериде 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 O₂ 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,

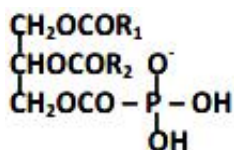
а киселински анјон је амфипатичан – има поларан (хидрофилан) део ($-\text{COO}^-$) и неполаран (хидрофобан) део (дугачак угљоводонични низ) – сапуни су површински активне супстанце (емулгатори). Користе се као средства за прање и као козметичке сировине. Сапун се може растворити у води, али то није прави 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).

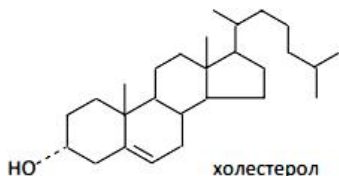
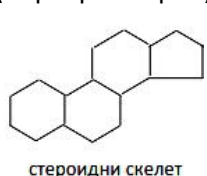
Воскови су естри виших масних киселина и монохидроксилних виших масних алкохола. Природни воскови осим естара у смеси садрже и слободне више масне киселине и више масне алкоhole.

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_{30}) је прекурсор стероида, а тетратерпени (C_{40}) 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).



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 жутог 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).

ПРОТЕИНИ

АМИНОКИСЕЛИНЕ

Аминокиселине су једињења која садрже аминок- и карбоксилну групу.

Општа формула α-L-амино-киселина је $R-CH(NH_2)-COOH$ Разликују се по врсти R-остатка (бочног низа).

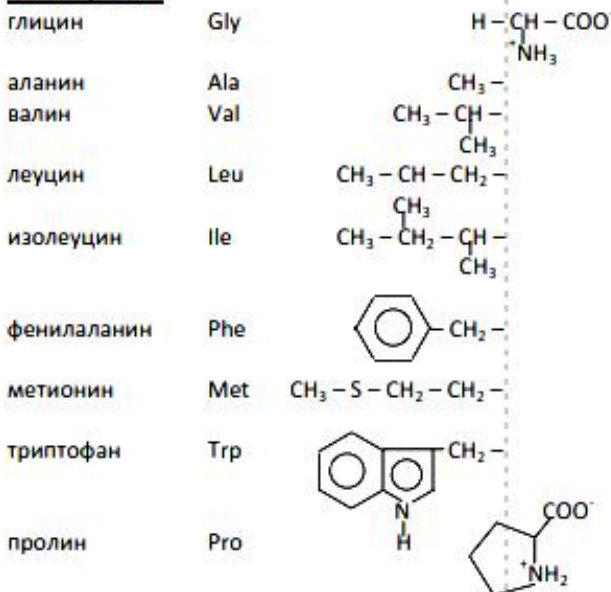
Амино-киселине изграђују протеине. Само око 20 α-L-амино-киселина улази у састав протеина – протеинске аминокиселине. Разликују се по врсти R-остатка (бочног низа) који има функцију приликом изградње протеина. Све садрже хирални α-C-атом (осим глицина) и оптички су активне супстанце.

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

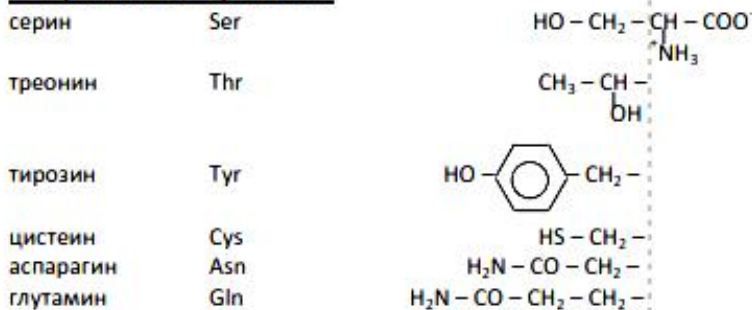
Подела аминокиселина према R-остатку:

- **неполарне** (R-остатак је угљоводонични низ који може стварати неполарне хидрофобне везе)
- **поларне ненаелектрисане** (R-остатак садржи неку поларну групу: -OH, -SH, -CO-NH₂ 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 NH₂-групу која дисоцијацијом прелази у катјон и може градити јонске везе са негативним јонима).

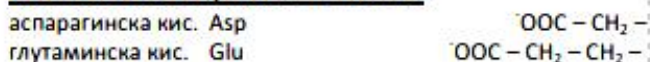
Неполарне АК



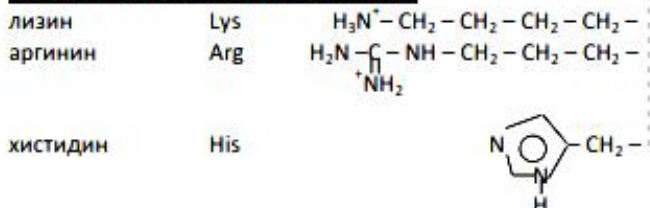
Поларне ненаелектрисане АК



Негативно наелектрисане АК – киселе



Позитивно наелектрисане АК – базне



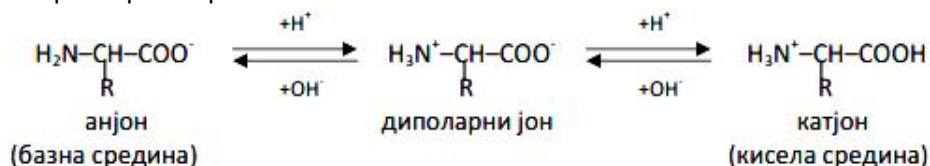
Есенцијалне АК су неопходне организму (поготово младом организму да би се нормално развијао), а животињски организам их не може сам синтетисати, па се морају уносити путем хране.

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.

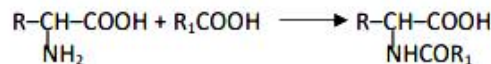
Хемијске реакције аминокиселина

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

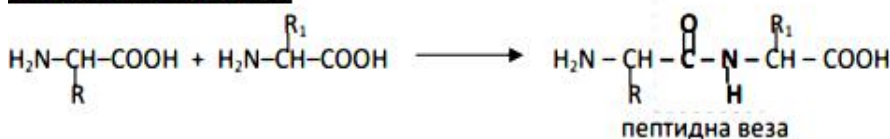


Трансаминација



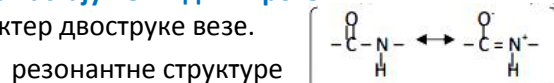
Специфична реакција аминокиселина је да могу међусобно да се повезују – карбоксилна група једне аминокиселине реагује са амино-групом друге аминокиселине градећи амидну везу – пептидну везу.

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.



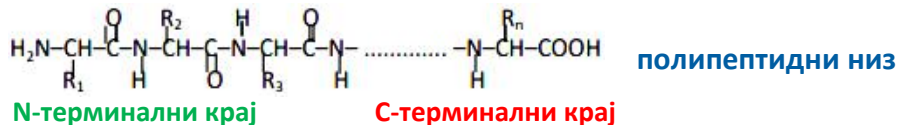
ПРОТЕИНИ

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 су одговорне за наследне особине, могу по свом значају да се упореде са протеинима. Нуклеинске киселине су важне и због тога што управљају синтезом протеина.

По хемијском саставу протеини су високополимерна једињења. То су полиамиди (полипептиди). Састављени су од α-L-амино-киселина (стотине или хиљаде аминикиселинских јединица) – макромолекули. У састав протеина улази само око 20 различитих аминокиселина – протеинске АК. Број различитих протеина изграђен од њих је неограничен. За

изградњу тела и одржавање живота потребне су десетине хиљада протеина. Протеини различитих биљних и животињских врста нису међусобно идентични.

Аминокиселине се могу међусобно повезивати – карбоксилна група једне АК реагује са аминок-групом друге АК градећи амидну везу – пептидну везу. На овај начин се повезује велики број аминокиселина у полипептидни низ. Хидролизом полипептида добијају се аминокиселине из којих је изграђен.



Две АК дају дипептид, три АК дају трипептид итд. Ако је међусобно повезано **до 10 АК** говоримо о **олигопептидима**, а ако је повезано **више АК** о **полипептидима** (Mr до 10000). Повећањем дужине ланца полипептида долази се до **протеина** у чији састав улази **више од 100 аминокиселинских остатака** – **макропептиди**.

Познат је велики број олигопептида и мањих полипептида који се јављају у природи. Неки од њих су „отпад“ (нпр. пептиди настали цепањем већих молекула приликом активације ензимских прекурсора, при сазревању колагена или при преласку фибриногена у фибрин).

Већина пептида има важне физиолошке функције. Посебно су важни пептиди који делују као хормони (нпр. инсулин, окситоцин, тирозин, адреналин), ендорфини (имају важну функцију у мозгу), антибиотици, а такође су многи биљни и животињски отрови пептиди (из гљива, медуза, пчела, змија итд.).

Многи физиолошки активни пептиди имају неубичајене АК или су АК повезане на неубичајен начин што је значајно за специфичност и функцију у организму.

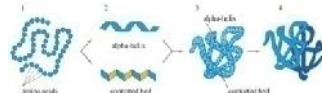
Врло је важно којим су редоследом повезане одређене АК у полипептидном низу. Када се полипептидни низ увије у простору на тачно одређени начин настаје протеин који може да врши функцију у организму. Тада сваки атом има тачно одређено место у молекулу у односу на друге атоме – конформација протеина (зависи од редоследа АК). Ако се наруши конформација протеин губи функцију.



Структура протеина

Структура молекула протеина је врло сложена и разликујемо неколико нивоа те структуре:

- **примарна структура – секвенца** – редослед аминокиселина у полипептидном низу; стабилизована је пептидним везама
- **секундарна структура – конформација полипептидног низа** – стабилизована је водоничним везама атома пептидних веза – остацима примарних амино- и карбоксилних група аминокиселина које су наградиле пептидне везе
 $\text{>C=O} \cdots \text{H-N}<$
- **терцијарна структура – конформација полипептидног низа у простору, са R-остацима** – стабилизована је међумолекулским силама између R-остатака
- **кватернарна структура** – агрегација више полипептидних низова.



Примарна структура (секвенца аминокиселина) у протеинима је генетски одређена (записана је у молекулу DNK и преноси се на потомство). Често се у секвенци различитих протеина налази велика подударност због чега често имају сличну функцију и потичу од истог прекурсора – хомологи протеини.

Секундарна структура је последица планарности пептидне везе због чега се делови полипептидног ланца увијају или набирају, па се граде водоничне везе између $\text{>C=O} \cdots \text{H-N}<$ из различитих пептидних веза ако се нађу у повољном положају и на одређеној удаљености. Иако је водонична веза слаба у молекулу протеина се награди велики број водоничних веза, па је енергија стабилизације значајна.

Могућа су два типа секундарне структуре: **α-спирална структура (α-хеликс)** и **β-набрана структура**.

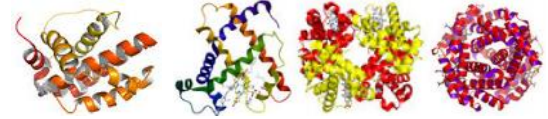
Ако се ланац обавије око замишљеног ваљка у смеру супротном од казаљке на сату као спирала водоничне везе се стварају унутар самог молекула протеина (C=O прве АК успоставља водоничну везу са H–N треће АК), а R-остаци су споља. Оваква структура се назива **α-спирална структура (α-хеликс)**. Овакву структуру имају α-кератин, колаген, делови осталих протеина. Навој може да садржи 3,6 аминокиселинских остатака (нпр. α-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 **β-набрана структура**. Овакву структуру имају β-кератин, фиброин свиле.

Начин увијања полипептидног низа је одређен секвенцом. Неке АК су склоне стварању α-хеликса и када се у секвенци нађу једна за другом ствара се α-хеликс све док нека АК (нпр. Pro) не прекине спиралу. Слично томе неке АК су склоне стварању β-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 (рI) 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.

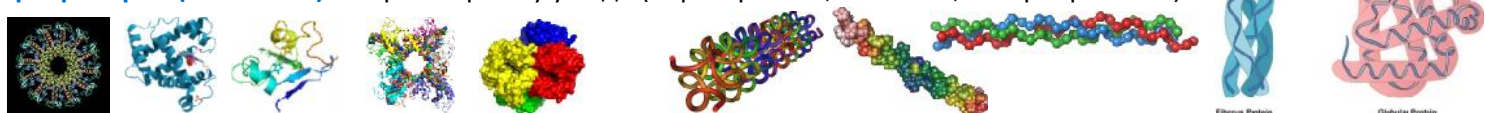
Физичко-хемијске особине протеина углавном одређују два фактора – величина молекула и наелектрисање.



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, склеропротеини).

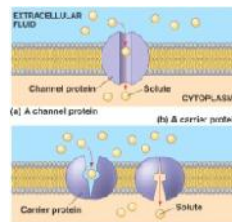


Fibrous Protein

Globular Protein

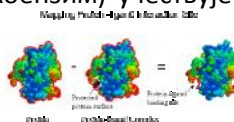
Према функцији (улози) у организму протеине делимо на:

- **структурне** – изграђују различите структуре и ткива (нпр. кератини, колагени, склеропротеини 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 (металопротеини, фосфопротеини, хромопротеини, гликопротеини, липопротеини, нуклеопротеини). Простетична група је веома важна за функцију конјугованог протеина.

Ензими су биохемијски катализатори. Сложени су протеини (поред 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.

НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ

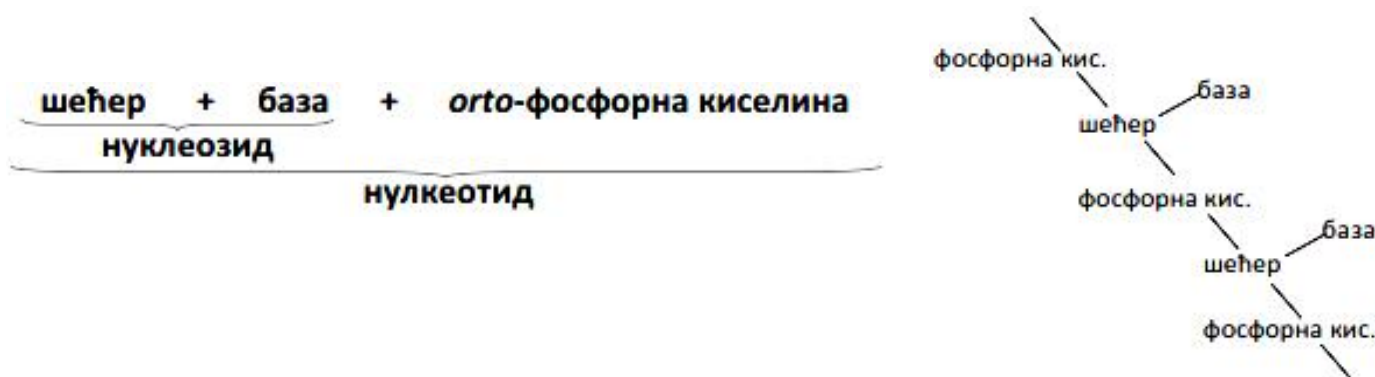
Нуклеинске киселине се данас сматрају кључним молекулима живота јер садрже генетске информације и непосредно учествују у биосинтези протеина. Нуклеинске киселине делимо на дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК) и рибонуклеинске киселине (РНК).

Нуклеинске киселине су полинуклеотиди (Мг неколико стотина милиона).

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



полинуклеотидни низ



Шећер и база се повезују *N*-гликозидном везом, а *orto*-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 β -*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.

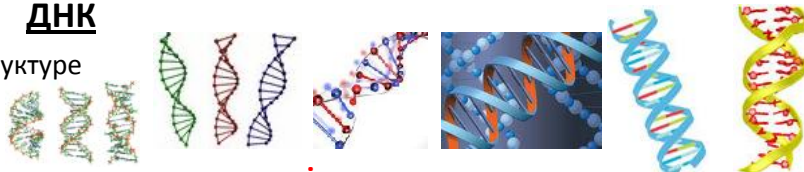
ДНК се састоји из два комплементарна полинуклеотидна низа који су повезани водоничним везама између комплементарних база. На овај начин редослед нуклеотида у једном низу потпуно одређује редослед нуклеотида у другом низу.

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 π -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 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 денатурирати под утицајем воденог раствора соли на 70-90°C – ланци се расплићу – „тачка топљења“ ДНК. У повољним условима денатурирани делови ДНК се могу ренатурирати (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.

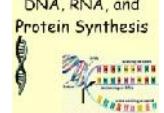
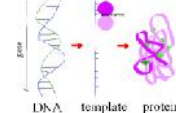
Разликујемо три типа РНК:

- **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 неубичајене 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.



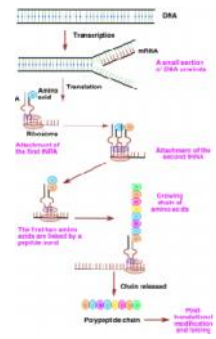
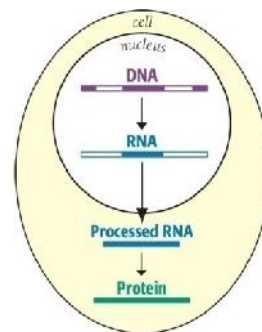
Транслација (биосинтеза протеина)

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.

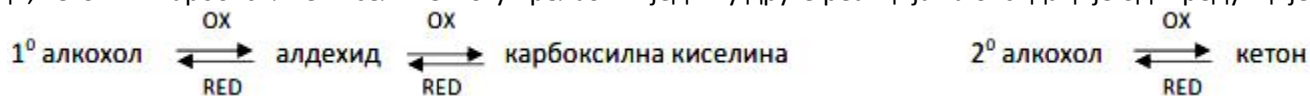


СИСТЕМАТИЗАЦИЈА ГРАДИВА

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^o 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 аминок-групу –NH₂ 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.

Шећери 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 α- или β-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 Мг, 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 α-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 о-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. Подела органских једињења	3
Угљоводоници	
Алкани	5
Алкени	8
Алкени	10
Арени	12
Једињења са кисеоником	
Алкохоли	14
Феноли	17
Етри	19
Алдехиди и кетони	20
Карбоксилне киселине	22
Једињења са азотом	
Нитро-једињења	25
Амини	25
Биомолекули	
Хетероциклична једињења, алкалоиди и антибиотици	27
Сахариди	28
Липиди	33
Протеини	36
Нуклеинске киселине	40
Систематизација градива	43