

Слоботка Алексовска

ХЕМИЈА

за III година

средно стручно четиригодишно образование,

СТРУКА/СЕКТОР

**Графичка/Графичарство, Лични услуги,
Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и
обработка на дрво, Здравствена/Здравство и
социјална заштита**

Скопје, 2023

АВТОР:

Проф. д-р Слоботка Алексовска

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Проф. д-р Виолета Иванова Петропулос

Дипл. инж. по хемија Гордана Геческа

М-р Верица Јакимовиќ

ТЕХНИЧКА ОБРАБОТКА: Проф. д-р Слоботка Алексовска

ЛЕКТУРА: Весна Костовска

ТИРАЖ:

Со одлука за одобрување на учебникот по предметот ХЕМИЈА, за III година четиригодишно средно стручно образование, СТРУКА/СЕКТОР: Графичка/графичарство, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/здравство и социјална заштита, број 26-1305/1 од 09. 05. 2023 донесена од Националната комисија за учебници.

ПРЕДГОВОР

Овој учебник е наменет за учениците од **трета година во четиригодишното средно стручно образование**, за сектор/струка: **Графичка/Графичарство, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита.**

Учебникот е пишуван **во согласност со Концепцијата за изработка на учебник и со Наставната програма по наставниот предмет Хемија за I година средно стручно четиригодишно образование за сектор/струка, Графичка/Графичарство, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита.**

Наставната програма по хемија за трета година за наведената струка/сектор е модуларно дизајнирана со вкупно девет модуларни единици, кои се конципирани преку резултати од учењето, содржини, поими, активности, методи и критериуми за оценување. Затоа, учебникот се состои од истите **девет модуларни единици** кои се опфатени со наставната програма. **Насловите на содржините** во самата модуларна единица се, исто така, **соодветни на содржините од наставната програма**, а низ текстот **јасно се нагласени поимите** кои учениците треба да ги усвојат. Во самиот текст, или во прашањата и задачите на крајот од содржините, внесени се **различни активности и методи на работа на час**, кои се **соодветни на предвидените во наставната програма.**

Покрај тоа што го содржат основниот текст, модуларните единици изобилуваат и со **голем број слики, табели, шеми, графикони, експерименти и решени примери на задачи.** Сето ова е со цел учениците полесно да ги разберат и научат сложените научни факти.

Експериментите дадени во наставните содржини би требало да се изведат во текот на часот. Поедноставните експерименти ги изведуваат самите ученици, а оние кои се посложени или опасни, ги изведува наставникот. Колку, и кои од нив ќе бидат изведени на часот, зависи од изборот на наставникот и од условите за работа. Најважно е, преку експериментите, учениците да сфатат дека експериментот е едно од најважните методско-дидактички средства во изучувањето на хемијата. Покрај тоа, експериментите имаат за цел да ја поттикнат љубопитноста и истражувачкиот дух кај учениците.

Решените примери се така осмислени што ја даваат методологијата на решавање на задачата, заедно со размислувањата и поврзувањето на фактите. На ваков начин учениците не само што ќе го учат материјалот, туку и ќе учат како да учат, т.е. како да ги поврзуваат научените факти и да ги применат на конкретен пример и во нова ситуација.

На крајот од содржините дадени се **Прашања и задачи**, кои се согласно различни-те нивоа од Блумовата таксономија.

На некои места во текстот, во т.н. **Дознај нешто интересно** издвоени се важни факти, занимливости или научни новини поврзани со основниот текст. Нивната улога е да им ја доближат хемијата на учениците, да ја популаризираат и да ги заинтересираат за стекнување нови знаења. Ученикот не треба да ги учи, но пожелно е да ги прочита.

Драга и почитувана ученичке, драг и почитуван ученику, се надевам дека овој учебник ќе ти овозможи да ги стекнеш потребните знаења од областа на хемијата, потребни за твојата струка и за понатамошното образование. Покрај тоа, се надевам дека кај тебе ќе ја поттикне љубовта кон науката, особено кон хемијата, и ќе те мотивира да истражуваш и да доаѓаш до нови сознанија. Ти посакувам успешна работа!

За прашања, сугестии, дискусии за хемијата, обрати се на следнава e-mail адреса: bote@pmf.ukim.mk

Благодарност: Најискрено им се заблагодарувам на рецензентите на овој учебник, Виолета Иванова Петропулос, Гордана Геческа и Верица Јакимовиќ, како и на лекторот, Весна Костовска, за темелното читање на текстот и за корисните забелешки и сугестии. Со сето тоа придонесоа да се зголеми квалитетот на учебникот.

Авторот



Модуларна единица 1

ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА НА ЈАГЛЕРОДНИОТ АТОМ И ХЕМИСКИ ВРСКИ ВО ОРГАНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА

Со изучување на содржините од модуларната единица „Електронска структура на јаглеродниот атом и хемиски врски во органските соединенија“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ ја опишува електронската конфигурација на јаглеродниот атом, скицира и опишува видови хибридизација кај јаглеродниот атом и ги поврзува со видови и редови на врската;
- ♦ разликува неполярна од полярна врска, дефинира диполен момент и индукиран ефект;
- ♦ ги објаснува начините на раскинување на ковалентната врска во органските молекули и ги познава честичките што се добиваат при тоа, како и други честички што учествуваат во органските реакции.

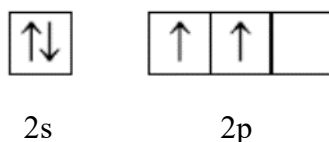
Содржини:

- ♦ Електронска структура и видови хибридизација кај јаглеродниот атом
- ♦ Полярност и индукиран ефект
- ♦ Реактивност, начини на раскинување на врските во органските молекули и видови честички во органските реакции

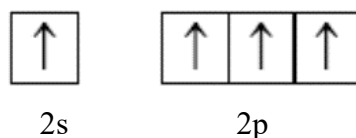
1.1. ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА И ВИДОВИ ХИБРИДИЗАЦИЈА КАЈ ЈАГЛЕРОДНИОТ АТОМ

Познато е дека органската хемија ги изучува органските соединенија, а тоа се соединенија на јаглеродот, со исклучок на еден мал број негови соединенија како оксидите, јаглеродната киселина, нејзините соли и други. Бројот на органски соединенија е огромен и постојано се зголемува, бидејќи човекот секојдневно синтетизира нови органски соединенија кои се користат како материјали за различна употреба, горива, лекови итн. Огромниот број органски соединенија и нивните специфични својства се должат на можноста јаглеродните атоми да се сврзуваат меѓу себе со единечни, двојни **и или** тројни врски, како и да образуваат отворени и затворени низи. Причината, пак, за ваквата разновидност во сврзувањето на јаглеродниот атом лежи во неговата електронска структура. Затоа, најнапред да ја разгледаме електронската структура на јаглеродниот атом.

Атомскиот број на јаглеродот е 6, што значи дека во атомското јадро содржи шест протони и исто толкав број електрони во електронската обвивка. Од претходното изучување на хемијата, познато ти е дека електронската обвивка е изградена од електронски слоеви, а секој од нив може да содржи само определен број електрони. Првиот слој може да прими најмногу 2 електрони, а вториот најмногу осум, распоредени во два потслоја од кои едниот содржи два електрона, а другиот шест /два во едниот, а шест во другиот потслој. Без детално да навлегуваме во електронската структура, ќе кажеме само дека потслоевите се нарекуваат **орбитали** и се означуваат со буквите s, p, d и f. Распоредот, пак, на електроните во орбиталите се нарекува **електронска конфигурација**. Електронската конфигурација на јаглеродниот атом може да се запише како ${}^6\text{C}:1s^2 2s^2 2p^2$. Електронската конфигурација на последниот електронски слој, може да ја претставиме и графички на следниов начин:



Меѓутоа, при хемиските реакции, еден од електроните од 2s орбиталата преминува во празната 2p орбитала и притоа јаглеродниот атом добива електронска конфигурација:

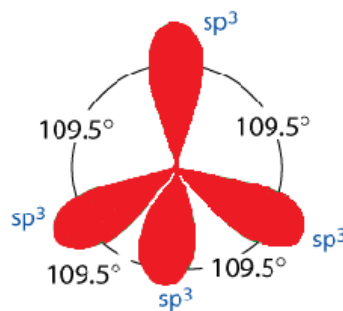


На ваков начин, во последниот електронски слој во јаглеродниот атом се наоѓаат четири неспарени електрони. Овие четири електрони учествуваат во образување на **четири ковалентни врски**, па затоа во органските соединенија **јаглеродниот атом е секогаш четиривалентен**. За да се разбере кога четирите валентни електрони на јаглеродот се сврзуваат со единечни, двојни или тројни врски и каков е распоредот на образуваните врски во просторот, воведен е концептот за т.н. **хибридизација**.

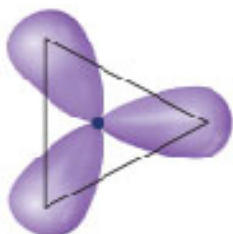
Видови хибридизација на јаглеродниот атом

Орбиталите меѓу себе може да се „мешаат“, односно да ги „измешаат“ своите електронски облаци и да се прераспределат во просторот. Јаглеродниот атом може да образува три вида хибридизација. Доколку дојде до „мешање“ на 2s-орбиталата и трите 2p-орбитали, се добиваат **четири** хибридни **sp^3 -орбитали**. Бројот на хибридни орбитали е еднаков со бројот на „чистите“ атомски орбитали што учествуваат во хибридизацијата. Во секоја од овие четири хибридни орбитали се наоѓа по еден неспарен електрон, што значи дека тие може да образуваат **четири единечни врски** (или како што се нарекуваат, **σ -врски**) со атоми на други елементи, но и со други јаглеродни атоми.

Орбиталите, всушност, претставуваат електронски облаци, па затоа тие меѓу себе се одбиваат. Четирите хибридни орбитали, еднакво и максимално ќе се оддалечат една од друга доколку се распоредат кон темињата на тетраедар. Значи, при sp^3 хибридизација распоредот на орбиталите во просторот е тетраедарски, па затоа и оваа хибридизација се нарекува **тетраедарска хибридизација**. Аголот меѓу орбиталите е, исто така, еднаков на аглиите во тетраедарот, т. е. изнесува **$109^\circ 28'$** .



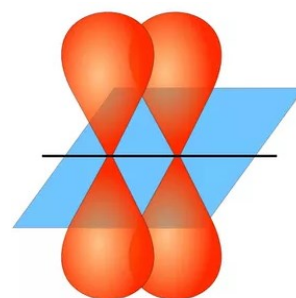
Слика 1.1. Четири хибридни sp^3 -орбитали, кои имаат тетраедарски распоред во просторот.



Слика 1.2. Три хибридни sp^2 -орбитали

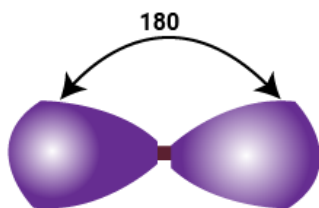
Во некои случаи може да дојде до „мешање“ на 2s-орбиталата со две од трите 2p-орбитали на јаглеродниот атом. Притоа се добиваат **три** хибридни **sp^2 -орбитали**. Сите три хибридни орбитали лежат во иста рамнина, под агол од **120°** , па затоа оваа хибридизација уште се нарекува и **тригонална** или **планарна хибридизација**. Во секоја од трите хибридни sp^2 -орбитали се наоѓа по еден електрон, што значи дека при овој вид хибридизација C-атомот може да образува **три σ -врски**. Меѓутоа, во p-орбиталата што не учествува во хибридизацијата останува, исто така, еден неспарен електрон.

Оваа p-орбитала во просторот е поставена нормално, над и под рамнината во која се наоѓаат трите хибридни sp^2 -орбитали. Со странично препокривање на оваа орбитала со p-орбитала од друг C-атом или атом на некој друг елемент се образува **π -врска**. Овие две врски, σ -врска и π -врска, образуваат **двојна врска**. Значи, кога јаглеродниот атом е sp^2 -хибридизиран, тој образува **една двојна и две единечни врски**. Ова ќе го разгледаме понатаму со конкретни примери.



Слика 1.3. Образување π -врска

π -врска е послаба во однос на σ -врска бидејќи се образува со странично препокривање на p-орбиталите, а не со челно како при образување на σ -врска. Меѓутоа, атомите што меѓу себе се сврзуваат со двојна врска се наоѓаат на покусо растојание во однос на она кога истиот вид атоми се сврзуваат со единечна врска. Затоа, **двојната врска е појака од единечната**.

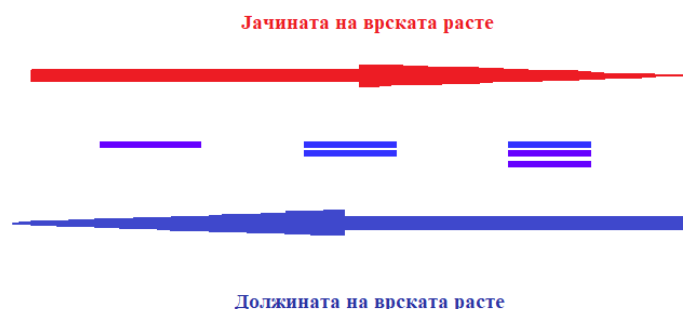


Слика 1.4. Образување на sp - хибридни орбитали.

Кај третиот вид хибридизација на јаглеродниот атом се „мешаат“ $2s$ -орбиталата и една од трите $2p$ -орбитали, при што се добиваат **две** хибридни **sp -орбитали**. Овие орбитали лежат вдоль една права под агол од **180°** , па затоа оваа хибридизација се нарекува **дигонална** или **линеарна хибридизација**. Во секоја од овие sp -хибридни орбитали се наоѓа по еден електрон, што значи дека при овој вид хибридизација C -атомот може да образува две σ -врски.

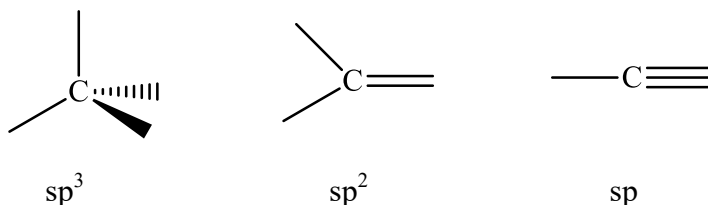
Во двете p -орбитали што не учествувале во хибридизацијата останува по еден неспарен електрон. Овие орбитали лежат нормално над и под рамнината во која се наоѓаат хибридните sp -орбитали, како и една во однос на друга. Со странично препокривање на овие орбитали со p -орбитали од други C -атоми или атоми на некој друг елемент се образуваат **две π -врски**. Образуваната σ -врска и двете π -врски формираат **тројна врска**. Според тоа, кога јаглеродниот атом е sp -хибридизиран, тој образува **една тројна и една единечна врска**. Образувањето тројна врска меѓу два јаглеродни атоми, како и меѓу јаглероден атом и некој друг вид атом ќе го разгледаме понатаму со конкретни примери.

Тројната врска е по**јака** и од единечната и од двојната врска, но и во овој случај, секоја од двете π -врски е послаба од σ -врска.

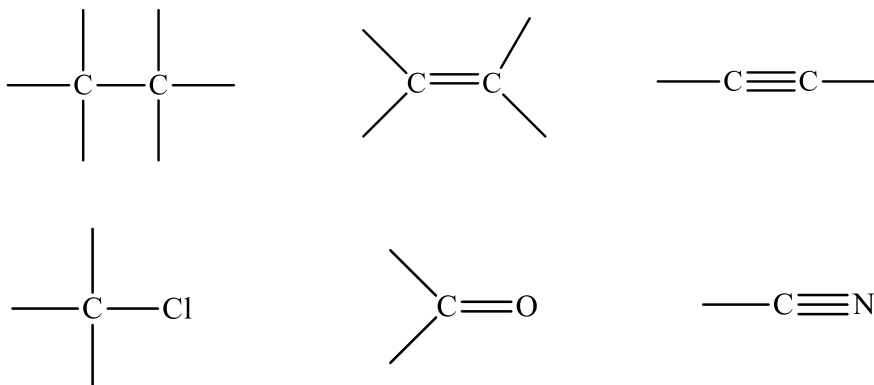


Слика 1.5. Јачина на единечната, двојната и тројната врска во однос на нивната должина. Врвот на црвената стрелка е насочен кон поголема јачина на врска, а на сината стрелка кон поголема должина на врска.

Геометрискиот распоред на хибридните орбитали на јаглеродниот атом и типовите врски (единечна, двојна и тројна) може да ги претставиме на следниов начин:

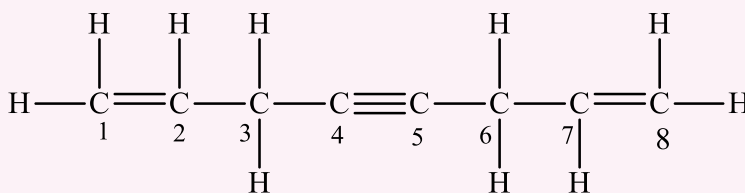


Значи, јаглеродните атоми меѓу себе, како и со други атоми, може да се сврзуваат со **единечна, двојна** или **тројна врска**. На пример:



Редот на врската (единечна, двојна, тројна) меѓу јаглеродните атоми, видот на атоми со кои е сврзан јаглеродниот атом (јаглероден или некој друг вид атом), како и тоа дали јаглеродниот атом е сврзан во отворени или затворени низи имаат големо влијание врз хемиското однесување на органските соединенија.

Пример 1.1. Колку вкупно sp^3 , sp^2 и sp -хибридизирани C-атоми постојат во молекулата на соединението претставено со следнава формула?



Решение:

Доколку C-атомите се сврзани само со единечни врски, тогаш тие се sp^3 хибридизирани. Во оваа формула, такви C-атом се оние означени со број 3 и со број 6. C-атомите што меѓу себе се сврзани со двојна врска се sp^2 хибридизирани. Такви се C-атомите означени со броевите 1, 2, 7 и 8. Меѓу C-атомите со броевите 4 и 5 постои тројна врска, а тоа значи дека овие два атома се sp -хибридизирани. Според тоа, во молекулата на соединението претставено со оваа формула постојат вкупно: два sp^3 хибридизирани C-атоми, четири sp^2 хибридизирани C-атоми и два sp -хибридизирани C-атоми. Се разбира, збирот од определените sp^3 , sp^2 и sp C-атоми мора да биде еднаков со вкупниот број C-атоми во молекулата на соединението.

Пример 1.2. Меѓу кои C-атоми во молекулата на соединението од претходниот пример е најкусо растојанието?

Решение:

Најкусо е растојанието меѓу C-атомите означени со броевите 4 и 5, бидејќи тие се сврзани со тројна врска. Тројната врска меѓу C-атомите е најкуса, споредено со двојна и единечна врска меѓу нив. Подолга од тројната врска е двојната, а уште подолга е единечната. Јачината, пак, на врската се менува по обратен редослед: најсилна е тројната врска меѓу C-атомите, па потоа двојната и на крајот единечната.

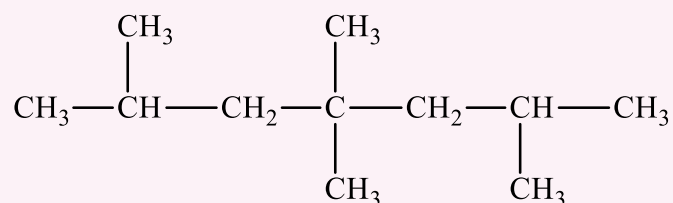
Пример 1.3. Колку единечни, двојни и тројни врски, а колку σ -врски и π -врски постојат во молекулата на соединението од претходниот пример?

Решение:

Според дадената формула, во ова соединение постојат една тројна и две двојни врски. Единечни врски постојат меѓу C-атомите поврзани со една цртичка (четири) и меѓу јаглеродните и водородните атоми (водородот секогаш се сврзува со единечна врска!), а такви врски има 10. Значи, вкупниот број единечни врски во ова соединение е 14. Секоја единечна врска е σ -врска. Но, секоја двојна врска се состои од една σ -врска и една π -врска, а секоја тројна врска се состои од една σ -врска и две π -врски. Според тоа, вкупниот број σ -врски изнесува 17, а вкупниот број π -врски изнесува 4.

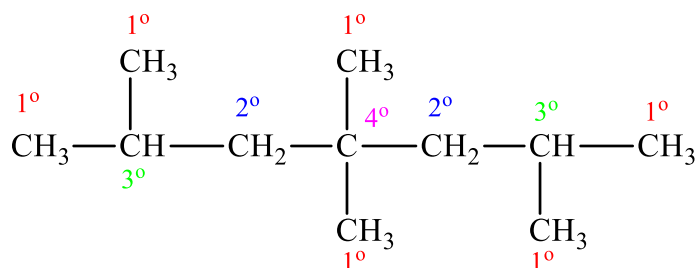
Кога C-атомите се сврзуваат меѓу себе со единечни врски во низа, секој C-атом може да биде сврзан со различен број (од 1 до 4) други C-атоми. Како што ќе видиме понатаму, C-атомите сврзани со различен број други C-атоми покажуваат разлики во своето хемиско однесување, па затоа, тие се означуваат на различен начин. Така, C-атомот сврзан само за уште еден C-атом се нарекува **примарен C-атом** (се бележи со **1°**). Оној C-атом што се сврзува за два други C-атоми се нарекува **секундарен C-атом** (**2°**). По аналогија, C-атомот сврзан со три други C-атоми се нарекува **терцијарен C-атом** (**3°**), а оној што е сврзан со четири јаглеродни атоми се нарекува **кватерен C-атом** (**4°**).

Пример 1.4. Колку вкупно примарни, секундарни, терцијарни и кватерни C-атоми се содржат во молекулата на соединението претставено со следнава формула?



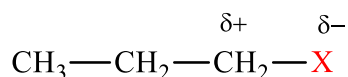
Решение:

Примарен C-атом е оној што е сврзан само со C-атом. Во овој пример такви C-атоми има шест. Секундарниот C-атом е оној што е сврзан за два други C-атома. Во овој пример има два такви C-атома. Терцијарен C-атом е оној што е сврзан за три други C-атоми, а такви C-атоми во молекулата на соединението од овој пример има два. Кватерен C-атом е оној што е сврзан со четири други C-атоми, а во овој пример има само еден таков C-атом. Збирот на примарните, секундарните, терцијарните и кватерните C-атоми мора да биде еднаков на вкупниот број C-атоми во молекулата на соединението.

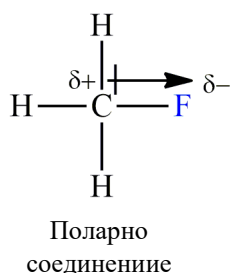


1.2. ПОЛАРНОСТ И ИНДУКТИВЕН ЕФЕКТ

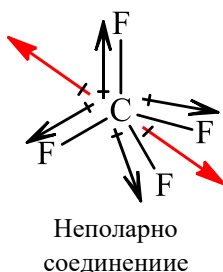
Врските што се образуваат меѓу јаглеродните атоми, било тие да се единечни, двојни или тројни, се неполарни. Вообичаено, за неполарни може да се сметаат и врските меѓу јаглеродот и водородот, бидејќи тие имаат многу блиски вредности за своите електронегативности. Меѓутоа, кога за јаглеродниот атом се сврзуваат атоми со значително различна електронегативност од неговата, заедничкиот електронски пар од ковалентната врска е привлечен кон атомот на поелектронегативниот елемент, при што се образуваат **поларни ковалентни врски**. Атомите што ја образуваат поларната врска добиваат **парцијални (делумни) полнежи**. Парцијалните полнежи се означуваат со грчката буква δ (и знакот + или -) над симболите на елементите што ја образуваат поларната врска, со цел да се посочи нееднаквоста на распределбата на полнежот. На пример:



Мерка за големината на поларноста на една врска е **диполниот момент (μ)**, кој претставува векторска величина. Како и секоја друга векторска величина, диполниот момент е определен со интензитет и насока. Интензитетот е даден со изразот: $\mu = q \cdot d$, каде што со q е означен полнеж, а со d е означено растојанието на кое дејствуваат диполите. Насоката, пак, по договор, се претставува со стрелка што тргнува од позитивниот крај на диполот кон негативниот.

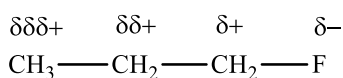


Збирот на сите диполни моменти на врските во молекулата го дава вкупниот диполен момент на соединението. Поради тоа што диполниот момент е векторска величина, може да се случи соединението да биде неполарно, и покрај тоа што во него постојат поларни врски. Имено, доколку вкупниот диполен момент на молекулата е нула, тогаш станува збор за **неполарно соединениие**. Доколку, пак, вкупниот диполен момент е различен од нула, **соединението е поларно**.



Кога на крајот од една јаглеродна низа се наоѓа некој изразито електронегативен елемент, кај јаглеродниот атом, сврзан за електронегативниот елемент, се појавува парцијално позитивен полнеж. Затоа, тој ги привлекува електроните од соседниот C-атом, кој поради тоа добива, исто така, парцијално позитивен полнеж, но помал од оној на првиот C-атом итн.

Поместувањето на електроните од σ -врската вдолж јаглеродната низа се нарекува индуктивен ефект, а се бележи со I.



Индуктивниот ефект брзо опаѓа вдоль јаглеродната низа, така што веќе кај вториот или третиот С-атом тој е занемарливо мал.

Во примерот за индуктивен ефект даден погоре, на крајот од низата е сврзан поелектронегативен атом од јаглеродот, па електроните се привлекуваат кон него. Но, различни атоми и атомски групи предизвикуваат различен индуктивен ефект. За да може да го споредуваме влијанието на различните атоми и атомски групи, по договор, земено е индуктивниот ефект да се одредува во однос на влијанието на водородниот атом од С-Н врската.

Ако за јаглеродот се сврзе атом или атомска група што посилно го привлекува заедничкиот електронски пар отколку водородот, велиме дека таа група има **негативен индуктивен ефект (-I)**. Негативен индуктивен ефект покажуваат: атоми со голема електронегативност ($-F$, $-O$, $-Cl$); атомски групи во кои атомот од групата што се сврзува за јаглеродот има парцијално позитивен полнеж, т. е. поларни групи ($-NO_2$) и др.

Атомските групи што послабо го привлекуваат заедничкиот електронски пар отколку водородот имаат **позитивен индуктивен ефект (+I)**. Позитивен индуктивен ефект покажуваат алкил групите, како што се, на пример: $-CH_3$; $-C_2H_5$ и др. Јачината на позитивниот индуктивен ефект расте со зголемувањето на бројот на С-атоми и со разгранувањето на низата. Во Табела 1.1. се дадени примери за атоми и атомски групи со позитивен и негативен индуктивен ефект.

Табела 1.1. Примери за атоми и атомски групи со позитивен и негативен индуктивен ефект.

ГРУПИ СО $-I$	ГРУПИ СО $+I$
$NH_3 > -NO_2 > -CN > -SO_3H > -CHO > -CO > -COOH > -F > -COCl > -CONH_2 > -Cl > -Br > -I > -OR > -OH > -NH_2 > -C_6H_5 > -CH=CH_2$ и др.	$-C(CH_3)_3 > -CH(CH_3)_2 > -CH_2CH_3 > -CH_3$ и др.

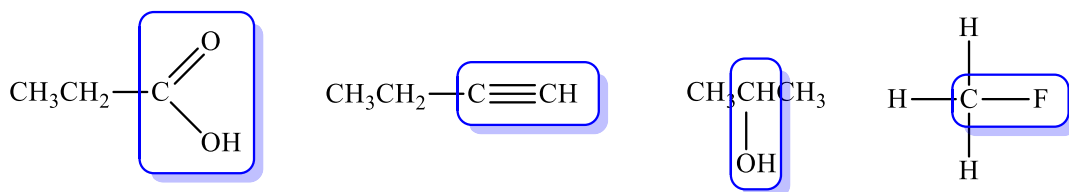
Поларноста на врските и на соединението во целина и индуктивниот ефект, како што ќе видиме понатаму, имаат многу големо влијание врз физичките и хемиските својства на органските соединенија.

1.3. РЕАКТИВНОСТ, НАЧИНИ НА РАСКИНУВАЊЕ НА ВРСКАТЕ ВО ОРГАНСКИТЕ МОЛЕКУЛИ И ВИДОВИ ЧЕСТИЧКИ ВО ОРГАНСКИТЕ РЕАКЦИИ

Начини на раскинување на ковалентната врска

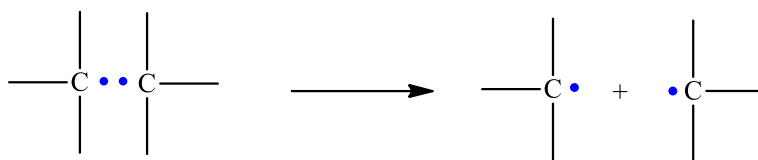
Веќе видовме дека органските соединенија се разликуваат од неорганските, но и органските реакции, според некои свои одлики, се разликуваат од неорганските. Така, на пример, поголемиот број органски реакции се одвиваат во повеќе чекори (фази), при што се образуваат меѓупродукти со многу кратко време на постоење. Честопати, тие започнуваат со трансформација на едно органско соединение што последователно може да се промени во други органски соединенија. Вообичаено е органското соединение што се трансформира, а врз кое се дејствува со некое неорганско или друго органско соединение да се нарекува **супстрат**, додека, пак, другото соединение се нарекува **реагенс**. Реактивноста на супстратот зависи од неговиот состав и структура, како и од надворешните услови.

Карактеристично за органските соединенија е тоа што одговорни за хемиското однесување и за реактивноста на соединението во целина се само некои делови од соединението што се нарекуваат **реакциони центри**. Реакционите центри се местата во молекулата што се нападнати од реагенсот. Тоа се најчесто функционалните групи или поларните места во молекулата. Освен тоа, реактивноста зависи и од местоположбата на функционалната група, т. е. од достапноста на функционалната група до реактантот, како и од влијанието на останатиот дел од молекулата. Подолу се дадени неколку примери за реакциони центри во различни органски соединенија.



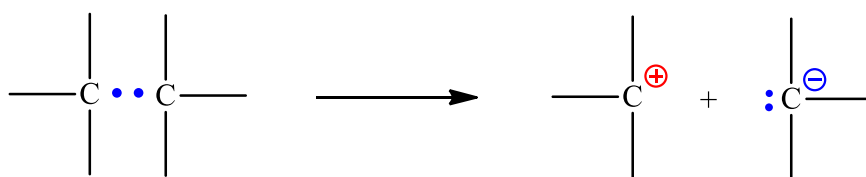
Хемиските реакции започнуваат така што најпрво се раскинува една хемиска врска или повеќе хемиски врски во честичките на реактантите, а потоа добиените честички се регрупираат и образуваат честички на продуктите. Имајќи предвид дека органските соединенија се образувани од ковалентни врски, треба да разгледаме на каков начин се раскинува ковалентната врска. Во принцип, ковалентната врска може да се раскине на два начина: хомолитички и хетеролитички.

При **хомолитичко раскинување** на ковалентната врска, заедничкиот електронски пар од врската рамноправно се дели меѓу двата атома, т. е. на секој од атомите што ја градат врската му останува по еден електрон. Вака добиените честичка се нарекува **слободни радикали (или само радикали)**. Радикали се означуваат со точка на атомот што има неспарен електрон.



Слободни радикали

При **хетеролитичко раскинување** на ковалентната врска, заедничкиот електронски пар останува на еден од атомите што ја образуваат врска и притоа се добиваат јони. Честичката што го содржи атомот на кој останал електронскиот пар е анјон, а онаа на која ѝ недостасува електронски пар е катјон. Доколку станува збор за раскинување на C-C врска, катјонот се нарекува **карбокатјон**, а анјонот **карбоанјон**.



Карбокатјон

Карбоанјон

Основни типови честички во органската хемија

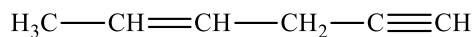
Веќе се запознавме со три вида честички што се добиваат при органските реакции и учествуваат во нив: слободни радикали, карбокатјони и карбоанјони. Генерално, честичките од реактантите, како и други честички што се образуваат при реакциите на органските соединенија се поделени на нуклеофили и електрофили. **Нуклеофили (нуклеофилни честички)** се честички со негативен полнеж (анјони) или молекули со неподелен електронски пар/-ови на некој од атомите во молекулата. Овие честички спаѓаат во т.н. **луисовски бази**, кои се донори на електронски пар. Затоа, нуклеофилните честички ги напаѓаат реакционите центри во органските молекули на места со парцијално позитивни полнежи. **Електрофили (електрофилни честички)** се честички што имаат позитивен полнеж (катјони) или молекули во чиј состав има атом на кој му недостасува електронски пар. Овие честички спаѓаат во т.н. **луисовски киселини**, кои се акцептори на електронски пар. Затоа, електрофилните честички ги напаѓаат реакционите центри во органските молекули што се парцијално негативно наелектризирани. Примери за нуклеофилни и електрофилни честички дадени се во Табела 1.2.

Табела 1.2. Нуклеофилни и електрофилни честички.

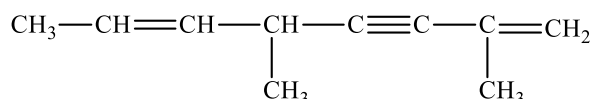
НУКЛЕОФИЛИ	ЕЛЕКТРОФИЛИ
CN ⁻ , HO ⁻ , HS ⁻ , F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NH ₂ ⁻ , H ₂ O, NH ₃ , RNH ₂ , R ₂ NH, R ₃ N, ROH, RSH, карбоанјони и др.	H ⁺ , H ₃ O ⁺ , NO ⁺ , NO ₂ ⁺ , SO ₃ H ⁺ , BF ₃ , AlCl ₃ , карбокатјони и др.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

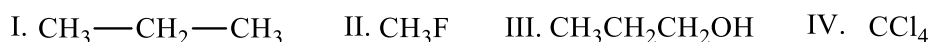
1. Колку sp , sp^2 и sp^3 хибридизирани C-атоми и колку единечни, двојни и тројни врски се содржат во молекулата на соединението претставено со следнава формула?



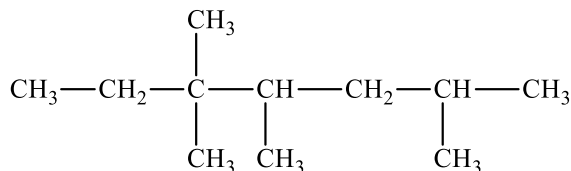
2. Колку σ -врски и колку π -врски и колку единечни, двојни врски и тројни врски се содржат во молекулата на соединението претставено со следнава формула?



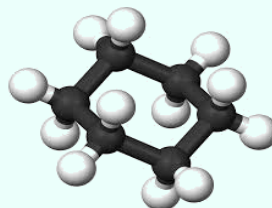
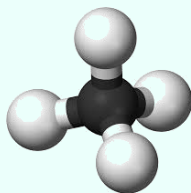
3. Кои од соединенијата, претставени со следниве формули, се поларни?



4. Кои од следниве честички се електрофили, а кои се нуклеофили: NH_4^+ , OH^- , $:\text{CH}_2\text{CH}_3$, H_3O^+ , $:\text{NH}_3$, Br^- ?
5. Кои видови честички ќе се добијат со хетеролитичко раскинување на C-Cl врската во $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$? Именувај ги добиените честички.
6. Кои од следниве честички се слободни радикали: $\text{Cl}\cdot$, $:\text{CH}_3$, CH_3CH_2^+ , $\cdot\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$? Со какво раскинување на ковалентната врска се добиваат слободни радикали?
7. Колку примарни, секундарни, терцијарни и кватерни C-атоми постојат во молекулата на соединението претставено со следнава формула:



8. Определи колку примарни, секундарни, терцијарни и кватерни јаглеродни атоми има во една молекула од секое од соединенијата дадени со следниве рационални формули:
- а) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ б) $\text{C}(\text{CH}_3)_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ в) $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$



Модуларна единица 2.

АЛКАНИ И ЦИКЛОАЛКАНИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Алкани и циклоалкани“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ *џи дефинира љоимиие алкани и циклоалкани, љрименува номенклајура на алканииие и циклоалканииие, објаснува изомерија кај алканииие и циклоалканииие;*
- ♦ *набројува и објаснува начини за добивање на алканииие и циклоалканииие и џи љреџсџавува реакцииие со хемиски равенки;*
- ♦ *набројува физички и хемиски својсџва на алканииие и циклоалканииие и џи љреџсџавува хемискииие реакции со хемиски равенки.*

Содржини:

- ♦ *Поим, хомолошка низа и номенклајура на алканииие*
- ♦ *Поим, хомолошка низа, џрадба и номенклајура на циклоалканииие*
- ♦ *Изомерија кај алканииие и циклоалканииие*
- ♦ *Добивање на алкани и циклоалкани*
- ♦ *Физички и хемиски својсџва на алканииие и циклоалканииие*

2.1. ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА И НОМЕНКЛАТУРА НА АЛКАНИТЕ

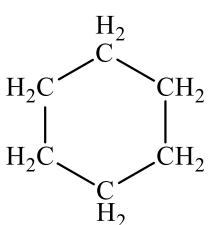
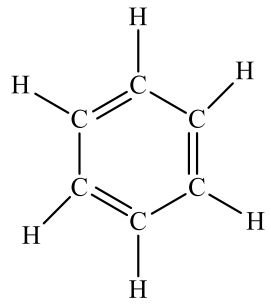
Јаглеводороди

Кога зборуваме за класификација на органските соединенија според составот, кажавме дека **јаглеводороди** се органски соединенија **изградени само од два елемента: јаглерод и водород**. Изучувањето на класите органски соединенија, вообичаено, започнува со јаглеводородите, бидејќи тие се наједноставните соединенија според составот. Од нив може да се изведат сите останати класи органски соединенија.

Но, иако според составот се многу едноставни, јаглеводородите се многу значајни, особено во поглед на нивната примена. Тие се главни извори на енергија, бидејќи влегуваат во составот на нафтата и земниот гас. Освен тоа, важни се и како сировини од кои се добиваат различни пластични маси и синтетички текстилни влакна.

Од друга страна, пак, бројот на јаглеводороди е огромен, бидејќи постојат голем број варијации во структурата, кои се должат на можноста за меѓусебно сврзување на јаглеродните атоми со единечна, двојна или тројна врска, како и во отворени и затворени низи. Затоа, во големата класа јаглеводороди се вбројуваат повеќе други класи органски соединенија што се разликуваат според структурата на низата и според функционалната група, односно според присуството на единечна, двојна или тројна врска. Поделбата на јаглеводородите е дадена во Табела 2.1.

Табела 2.1. Поделба на јаглеводородите.

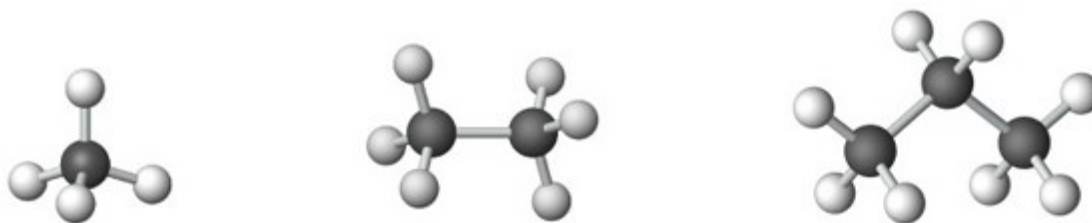
ЈАГЛЕВОДОРОДИ			
Ациклични		Циклични	
Заситени	Незаситени	Алициклични	Ароматични
Алкани $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	Алкени $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$		
	Алкини $\text{HC}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$		
	Диени $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$		

Поим за алкани и хомолошка низа на алканите

Видовме дека јаглеводородите со отворени низи се поделени на заситени јаглеводороди и незаситени јаглеводороди. **Заситени јаглеводороди** се оние јаглеводороди што содржат максимален број водородни атоми за определен број јаглеродни атоми. Тоа значи дека сите јаглеродни атоми меѓу себе мора да бидат сврзани со единечна врска. Единствени такви јаглеводороди со отворена низа се т.н. алкани. Значи:

Алкани се ациклични јаглеводороди во чии молекули се содржат само единечни ковалентни врски, како меѓу јаглеродните и водородните атоми, така и меѓу самите јаглеродни атоми.

Имајќи предвид дека во алканите, сите атоми се сврзани со единечни врски, лесно може да се заклучи дека јаглеродните атоми во нив се **sp^3 -хибридизирани**. Четирите sp^3 -орбитали на јаглеродот се насочени кон врвовите на тетраедар. Тие може да се препокријат со s-орбитали од водородните атоми и со sp^3 -орбитали од други јаглеродни атоми и да образуваат четири **σ -врски**. Поради тетраедарската насоченост на врските што ги образуваат sp^3 -хибридните орбитали, молекулите на алканите не се планарни, а јаглеродните атоми во нив образуваат агол од приближно $109,5^\circ$. На Слика 2.1. се дадени моделите на првите три алкани.



Слика 2.1. Молекулски модели со топчиња и стапчиња на првите три алкани (метан, етан и пропан) од кои се гледа тетраедарската насоченост на хемиските врски.

Молекулските и рационалните формули, како и имињата на првите десет алкани се дадени во Табела 2.2.

Табела 2.2. Молекулски и рационални формули, и имиња на првите десет алкани.

Број на С-атоми	Молекулска формула	Рационална формула	Име
1	CH_4	CH_4	Метан
2	C_2H_6	CH_3CH_3	Етан
3	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	Пропан
4	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	Бутан
5	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	Пентан
6	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	Хексан
7	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	Хептан
8	C_8H_{18}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	Октан
9	C_9H_{20}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	Нонан
10	$C_{10}H_{22}$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	Декан

Доколку внимателно се разгледаат формулите на соединенијата дадени во табелата, лесно може да се заклучи дека секое следно соединение се разликува од претходното за една $-\text{CH}_2-$ група, која се нарекува **метиленска група**. Ваквата појава се нарекува **хомологија**.

Хомологија е појава при која соединенијата од иста класа се разликуваат во својот состав за една или повеќе метиленски групи.

Доколку соединенијата што се хомоложни се наредат во низа според растење на бројот на C-атоми, се добива т.н. **хомолошка низа**.

Од рационалните формули во Табела 2.2. се гледа дека почнувајќи од алканот со три C-атома, за секој C-атом се сврзуваат два водородни атома, а на крајните два C-атома се сврзани по три водородни атома. Оттука може да заклучиме дека за алкан што содржи определен број C-атоми (n) во молекулата, **општата формула на хомолошката низа на алканите е:**



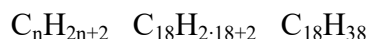
Знаејќи ја општата формула на хомолошката низа на алканите, лесно може да се определи молекулската формула на секој од членовите во низата. Да го разгледаме тоа со следниов пример.

Пример 2.1. а) Која е молекулската формула на алканот што во својата молекула содржи 18 јаглеродни атоми?

б) Колкав е бројот на јаглеродните атоми во молекулата на алканот што содржи 32 водородни атоми?

Решение:

а) Во општата формула на хомолошката низа на алканите, за n ќе ја внесеме вредноста за бројот на C-атоми, т. е. 18.



Одговор: Молекулската формула на алканот, кој во својата молекула содржи 18 јаглеродни атоми, е $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$.

б) Бројот на водородните атоми во општата формула на хомолошката низа на алканите се пресметува според изразот $2n + 2$, каде што со n е означен бројот на јаглеродните атоми. Значи:

$$2n + 2 = 32 \quad \text{оттука,} \quad n = (32 - 2)/2 = 15$$

Одговор: Бројот на јаглеродните атоми во молекулата на алканот, која содржи 32 водородни атоми, изнесува 15.

Номенклатура на алканите

Алканите, како и сите други органски соединенија се именуваат според правилата дадени од *Меѓународното здружение за чиста и применета хемија* (IUPAC). Според општите правила на IUPAC, доколку станува збор за јонски градено соединение, името се состои од името на катјонот и на анјонот, кои се запишуваат

одвоено. Кога станува збор за молекулски градени супстанции, какви што се органските соединенија, името се запишува со еден збор. Органските молекули, во најголем број случаи, се прилично големи, па затоа, според општите правила на IUPAC за именување на органските соединенија, тие се состојат од три дела:



Основата е најдолгата јаглеродна низа, без оглед на тоа како е таа запишана (хоризонтално, вертикално, скалесто итн.).

Претставката (префикс) го покажува местото и идентитетот на групата што се разгранува од основната низа.

Наставката (суфикс) ја определува класата на органското соединение.

Како што може да се забележи од Табела 2.2., во имињата на сите алкани се содржи наставката **-ан**. Првите четири членови од хомолошката низа на алканите имаат тривијални имиња, но и тие ја содржат наставката **-ан**: метан (CH_4), етан (C_2H_6), пропан (C_3H_8) и бутан (C_4H_{10}).

Имињата на повисоките членови во хомолошката низа на алканите се образуваат така што наставката **-ан** се додава кон основата што го означува бројот на C-атоми на грчки јазик (Табела 2.2.). Овие имиња служат како основа во имињата на разгранетите алкани и во други класи органски соединенија.

Имињата на алканите со разгранети низи се образуваат на следниов начин:

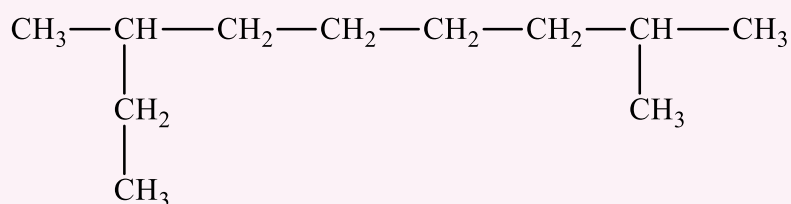
- ♦ За основа се зема името на алканот на најдолгата од можните низи.
- ♦ Јаглеродните атоми во основната низа се нумерираат почнувајќи од онаа страна на низата од каде што C-атомот на кој има разгранување би добил најмал можен број.
- ♦ Префиксот се состои од броевите на C-атомите на кои има разгранување и од имињата на групите сврзани за нив. Доколку за еден ист C-атом се сврзани две атомски групи, бројот се пишува двапати, а ако во соединението се јавуваат повеќе исти групи, тогаш пред нив се пишуваат префикси ди, три, тетра.
- ♦ Групите што го сочинуваат разгранетиот дел кај алканите се **алкил групи (алкил радикали)**. Општата ознака за алкил група е **R**. Нивните имиња се образуваат така што во името на алканот, наставката „ан“ се заменува со **-ил**.
- ♦ Ако во соединението има повеќе различни супституенти, нивните имиња се редат по азбучен ред, според македонската азбука.

Во Табела 2.3. се дадени формулите и имињата на поважните алкил радикали, а потоа се дадени примери за пишување формули и читање имиња на алкани.

Табела 2.3. Формули и имиња на поважни алкил радикали.

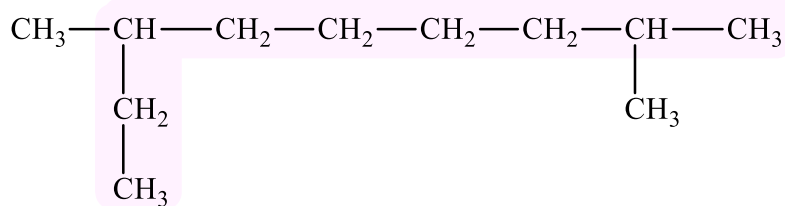
Формула	Име	Формула	Име
—CH_3	Метил	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	Бутил
$\text{—CH}_2\text{CH}_3$	Етил	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Сек-бутил
$\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	Пропил	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изобутил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_3 \\ \end{array}$	Изопропил	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Терс-бутил

Пример 2.2. Кое е името на алканот претставен со следнава формула?

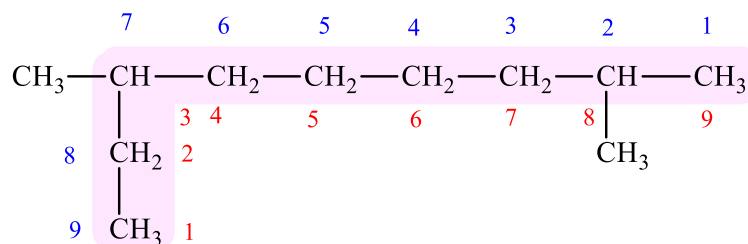


Решение:

За да го именуваме овој алкан, најпрво треба да ја определиме најдолгата низа од јаглеродни атоми. Најдолгата низа во алканот претставен со горната формула содржи девет C-атоми.



Од формулата се забележува дека во разгранувањето има две метилни групи. Ако се започне со нумерирање на C-атомите оддесно налево (сино обоени броеви), тогаш C-атомите за кои се сврзани метилните групи добиваат бројни вредности 2 и 7. Но, ако се брои одлево надесно (црвено обоени броеви), се добиваат бројни вредности 3 и 8.

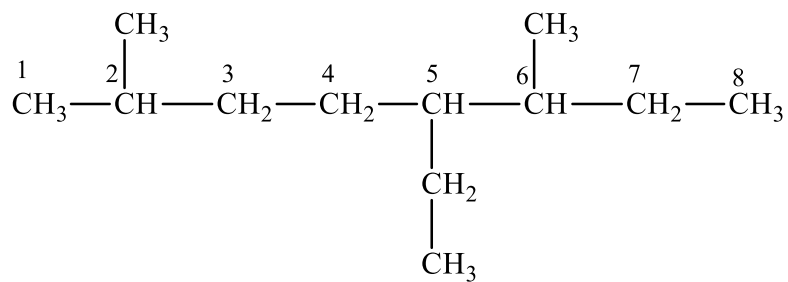


Одговор: Името на ова соединение е: 2,7-диметилнонан.

Пример 2.3. Напиши ја рационалната формула на алканот чие име е 5-етил-2,6-диметилоктан.

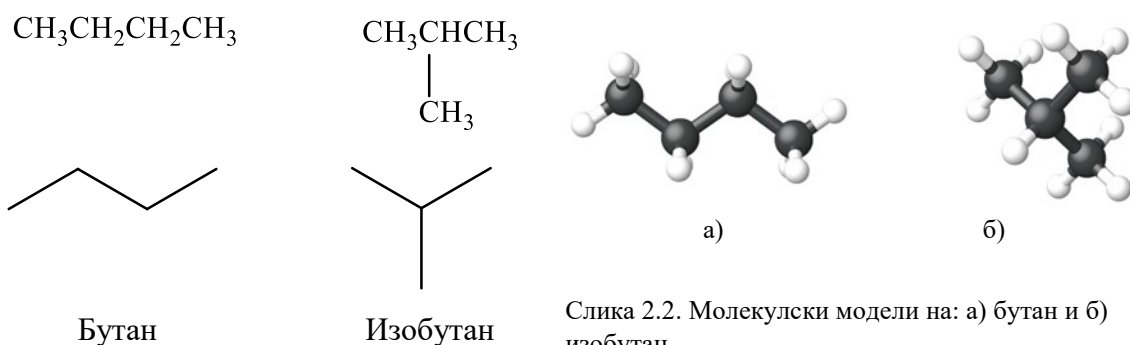
Решение:

Основата на ова соединение е октан, што значи дека содржи осум C-атоми. На вториот и на шестиот C-атом се сврзани метил групи, а на петиот една етил група. Според тоа, бараната формула е следнава:



2.2. ИЗОМЕРИЈА КАЈ АЛКАНИТЕ

Алканите се соединенија што не содржат функционални групи, па затоа единствен вид структурна изомерија е **изомерија на низата (скелетна изомерија)**. Овој тип изомерија започнува од бутанот, кај кого постојат две различни соединенија со молекуларска формула C_4H_{10} : бутан и изобутан.

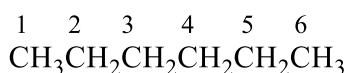


Со растењето на бројот на С-атоми, бројот на скелетни изомери драстично расте. Така, на пример, деканот ($C_{10}H_{22}$) има 75 скелетни изомери, додека, пак, $C_{40}H_{82}$ има 62.491.178.805.831 скелетни изомери.

Пример 2.4. Напиши ги рационалните формули на изомерите на хексанот и именувај го секој од нив.

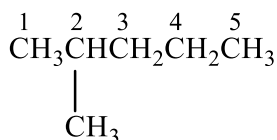
Решение:

За да се определи бројот на структурни изомери, најпрво се пишува формулата на изомерот со неразгранета низа.

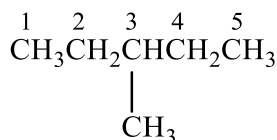


Хексан

Потоа се составува основна низа со еден јаглероден атом помалку (во овој случај 5) и една метил група во разгранување, која може да биде лоцирана на вториот или на третиот С-атом.



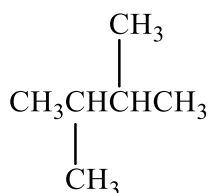
2-метилпентан



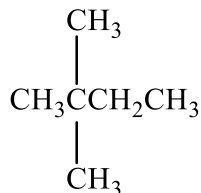
3-метилпентан

За да се види дали се можни и други изомери, се составува низа од четири С-атоми,

што значи дека во разгранувањето треба да има две метил групи. Се разбира, не е можно разгранување со етил група, бидејќи во таков случај, најдолгата низа би имала пет C-атоми, т. е. тоа би бил 3-метилпентан. Метил групите може да бидат лоцирани на ист C-атом или на два различни.



2,3-диметилбутан

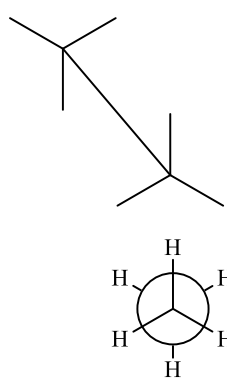


2,2-диетилбутан

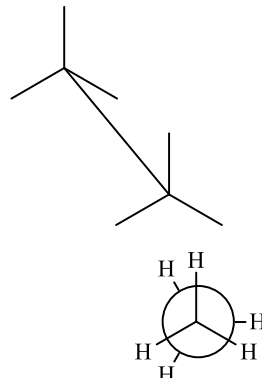
Јаглеродна низа од три C-атоми, која би била супституирана со три метилни групи, не е можна. Доколку се нацрта низа со три C-атоми и метил група и етил група во разгранување, всушност, би се добила формулата на 2,2-диметилбутан.

Друг тип изомерија што постои кај алканите е **конформациона стереоизомерија**. Овој вид изомерија се јавува поради можноста за ротација на атомите или атомските групи околу единечната врска, а како резултат на тоа, тие заземаат различни позиции едни во однос на други во просторот. На пример, водородните атоми на различните јаглеродни атоми во етанот може да се најдат еден зад друг, или, пак, дијагонално еден во однос на друг.

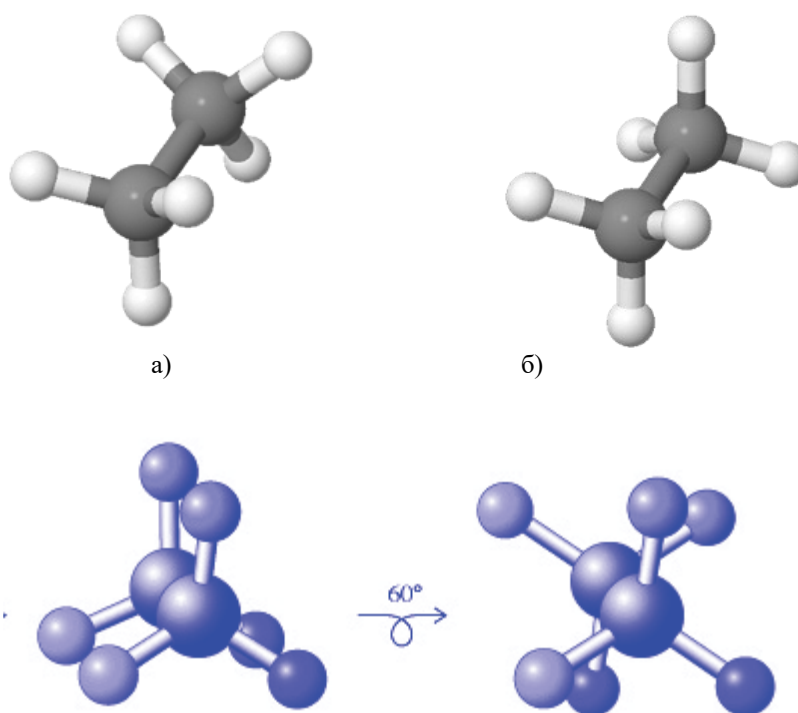
Етанот може да постои во многу конформации, но сепак, две од нив се од посебно значење. Конформацијата во која водородните атоми на различните C-атоми се наоѓаат еден зад друг е со највисока енергија зашто тогаш одбивањето меѓу нив е најизразено. Оваа конформација се нарекува **еклипсна (засенета)** конформација. Таа е најнестабилна и во неа етанот најретко се наоѓа. Конформацијата во која водородните атоми се наоѓаат најдалеку еден од друг е со најниска енергија, па според тоа, таа е најстабилна конформација. Оваа конформација се нарекува **скалеста (свездеста)**. Помеѓу овие две конформации постојат голем број други, кои со заедничко име се нарекуваат **коси** конформации. Конформерите најчесто се претставуваат со Њуманови проекциони формули. Подолу се претставени скалестата и еклипсната конформација на етанот со скелетни и со Њуманови проекциони формули.



Скалеста (свездеста)
конформација на етан



Еклипсна (засенета)
конформација на етан



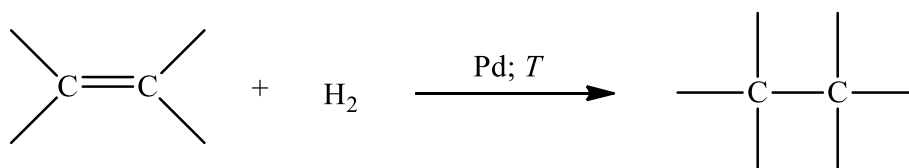
Слика 2.3. Молекулски модели на: а) еклипсна конформација и б) скалеста конформација на етан

За преминување од една во друга конформација потребно е мало количество енергија. Затоа, различните конформации брзо и лесно поминуваат една во друга, па се смета дека ротацијата околу единечната врска не е спречена, т. е. таа е слободна. И другите повисоки алкани се смеси од нивни различни конформери, чиј број е поголем отколку кај етанот затоа што содржат повеќе единечни врски.

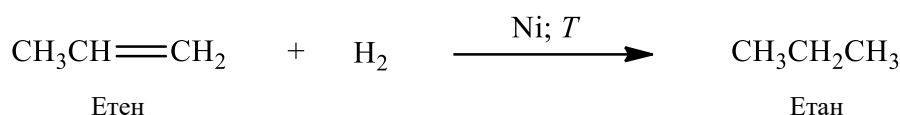
2.3. ДОБИВАЊЕ НА АЛКАНИ

Алканите најмногу се застапени во нафтата и во земниот гас, заедно со други јаглеводороди. Затоа, за индустриско добивање на алканите, пред сè, се користи нафтата, но постојат и други начини за нивно добивање. Тука ќе разгледаме неколку лабораториски начини за добивање алкани.

1. **Хидрогенација** (адиција на водород) на незаситени јаглеводороди (најчесто алкени). Реакцијата се одвива во присуство на метален катализатор (платина, паладиум, никел и др.) и висока температура.



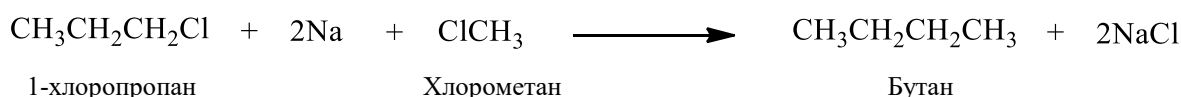
На пример:



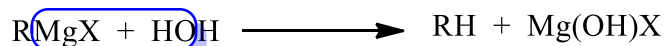
2. **Вурцова (Wurtz) синтеза.** Вурцовата синтеза е реакција за добивање алкани од алкил халиди (RX) со некој изразит метал, како што е, на пример, натриум или калиум, во молски однос 2 : 1.



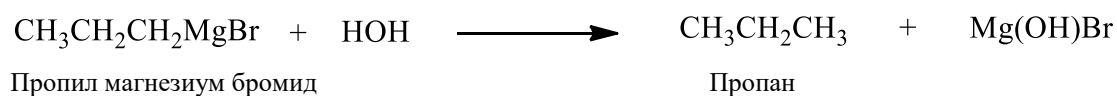
На пример:



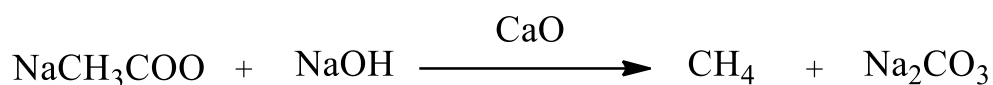
3. **Добивање преку Грињаров (Grignard) реагенс.** Грињаровите реагенси се многу важни реагенси во органската синтеза што претставуваат органомagneзиумови соединенија, кои може да се претстават со општа формула RMgX. Тие лесно хидролизираат, при што се добива алкан соодветен на R и магнезиум хидроксид халогенид.



На пример:



Првиот претставник на алканите, метанот, лабораториски се добива со реакција на сув натриум ацетат и натриум хидроксид во присуство на калциум оксид. Реакцијата може да се претстави со следнава равенка:



Метанот може да се добие со следниов експеримент:



Експеримент: Лабораториско добивање на метан

Во голема епрувета, со сува лажичка, се става сува смеса од натриум ацетат и натриум хидроксид. Се затвора со тапа низ која минува двојно свиткана стаклена цевка вронета во епрувета под вода. Епруветата внимателно се загрева, при што се забележува издвојување на гас. Првите меурчиња гас се од воздух и тие не се собираат во епруветата. Наполнетата епрувета со гас, со отворот надолу, се принесува кон запалено кибритче. Набљудувајте го горењето на гасот.

2.4. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКАНИТЕ

Физички својства на алканите

Физичките својства на членовите на секоја хомолошка низа речиси правилно се менуваат со растење на релативната молекулска маса, т. е. со зголемување на бројот на јаглеродните атоми.

Кај алканите, со зголемување на бројот на C-атоми, агрегатната состојба се менува од гасовита до цврста. Нивната густина исто така расте, но сепак, тие, главно, се полесни од водата. Чистите алкани се безбојни, со слаб мирис што е карактеристичен за органските супстанции.

Температурите на топење и на вриење во хомолошките низи растат со растењето на релативните молекулски маси.

Табела 2.4. Некои физички својства на првите осум алкани со неразгранети низи.

Формула	M_r	$T_t / ^\circ\text{C}$	$T_v / ^\circ\text{C}$	$\rho / \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
CH_4	16	-183	-162	0,42
C_2H_6	30	-172	-89	0,55
C_3H_8	44	-188	-42	0,50
C_4H_{10}	58	-135	-1	0,58
C_5H_{12}	72	-130	36	0,63
C_6H_{14}	86	-95	69	0,66
C_7H_{16}	100	-91	98	0,68
C_8H_{18}	114	-57	126	0.70

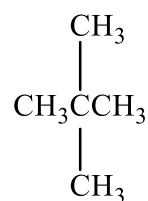
За ова постојат две причини: (1) колку е поголема масата на молекулата, толку повеќе енергија е потребна таа да се „откине“ од другите молекули; (2) поголемите молекули имаат поголема површина, што значи дека постојат повеќе „места“ за контакт со соседните молекули, па и привлечните сили ќе бидат поголеми. Поради последниов факт, неразгранетите алкани имаат повисоки температури на вриење. Имено, во споредба со разгранетите алкани, кај неразгранетите алкани постои поголема допирна површина меѓу молекулите, па затоа привлечните сили меѓу нив се поизразени. Колку е поголемо разгранувањето, толку повеќе се намалува температурата на вриење. На пример:



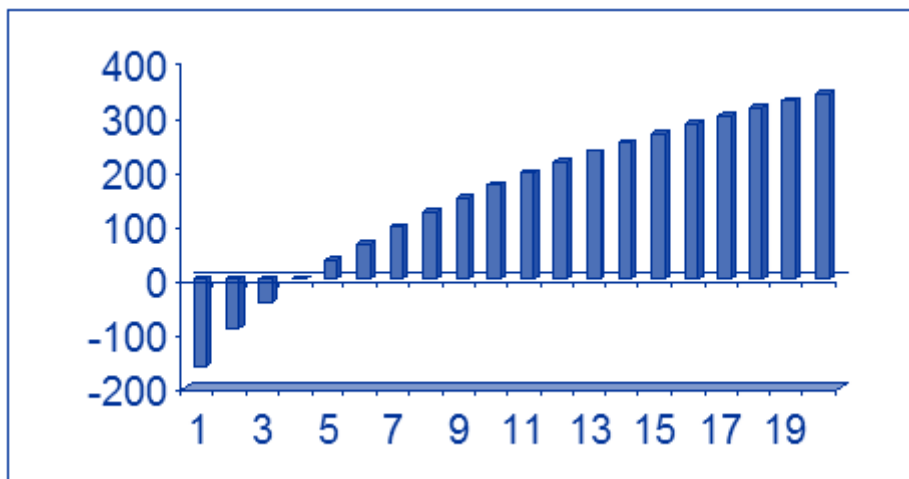
$$T_v = 36\text{ }^\circ\text{C}$$



$$T_v = 28\text{ }^\circ\text{C}$$



$$T_v = 10\text{ }^\circ\text{C}$$



Слика 2.4. Температури на вриење на алкани во зависност од бројот на C-атоми.

Кога станува збор за растворливоста на некое соединение во даден растворувач, треба да се знае дека супстанциите што се слични според хемиската градба се раствораат едни во други. Честопати се вели дека „слично се раствора во слично“, што значи дека поларните и јонските супстанции се раствораат во поларни растворувачи, а неполарните во неполарни растворувачи. Алканите се неполарни соединенија, па затоа не се раствораат ниту во вода, ниту во други поларни растворувачи, но добро се раствораат во неполарни растворувачи.

Хемиски својства на алканите

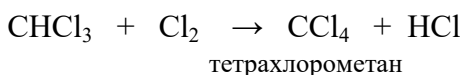
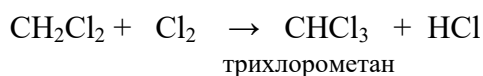
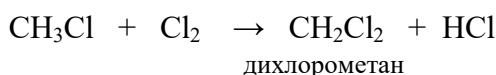
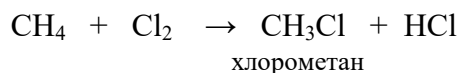
Како што ќе видиме понатаму, најголем број од органските соединенија се прилично реактивни. Меѓутоа, алканите се слабо реактивни соединенија. Затоа за нив се користи и името „парафини“ (*parum affinis*), што значи без афинитет, т. е. малку реактивни. Слабата реактивност на алканите се должи на тоа што атомите во нив се сврзани само со σ -врски, како и на нивната неполарност. Алканите стапуваат во реакции на супституција и на елиминација на водород, а покрај тоа, тие на воздух согоруваат.

1. Реакција на супституција со слободни радикали

Супституцијата со слободни радикали е реакција што е најтипична за алканите. Оваа реакција се одвива во присуство на директна сончева светлина (всушност, под дејство на ултравиолетовата светлина) или на зголемена температура, при што алканите реагираат со халогените елементи (Cl_2 , Br_2) и се добива **смеса од хлороалкани (алкил халиди)**. Реакциите со слободни радикали, како што е халогенирањето на алканите, се т.н. **„синцирести реакции“**, бидејќи радикалите се многу реактивни честички на кои им недостасува електрон. Тие многу брзо одземаат еден електрон од честичката со која ќе дојдат во контакт (молекула, атом), при што се формира нов радикал. Затоа реакцијата тешко се контролира и вообичаено се добива смеса од повеќе продукти.

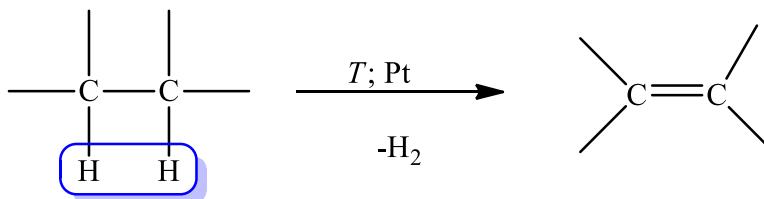
Всушност, овие реакции се одвиваат во три чекора. Во првиот чекор, од реактантот (на пр. хлор), под дејство на светлина или топлина, се образуваат слободни радикали. Затоа првиот чекор се нарекува **иницијација**. Во вториот чекор, слободните радикали

реагираат со молекулите на алканот, при што се образуваат алкил радикали. Овие радикали може понатаму да реагираат со молекули на реагенсиот или со други молекули од алканот. Значи, во овој чекор, од едни радикали се образуваат други, па затоа овој чекор се нарекува **пропација**. Реакцијата завршува кога образуваните радикали ќе се сврзат меѓу себе, па затоа оваа фаза се нарекува **терминација**. Очигледно, при оваа реакција, продуктите во еден од чекорите се реактанти во следниот. Затоа, при халогенирање на алканите се добива смеса од различни алкил халиди. На пример, при хлорирање на метанот се добива смеса од: хлорометан, дихлорометан, трихлорометан и тетралорометан.

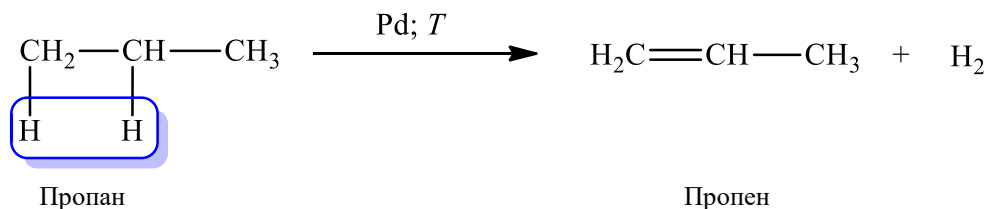


2. Реакција на елиминација на водород

Алканите може да стапуваат во елиминациони реакции, при што се отстранува (елиминира) водород и се добиваат алкени. Реакцијата се одвива при високи температури, во присуство на метален катализатор, а без присуство на воздух. Освен тоа, при истите услови, алканите со подолги низи може да се раскинат на алкани со пократки низи. Овој процес се нарекува *крекинг* (од англиски *cracking* – кинење).

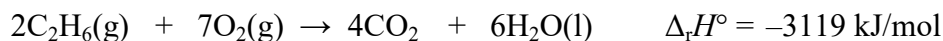


На пример:



3. Реакција на горење

Сите алкани, како и сите јаглеводороди, запалени на воздух горат, а продукти на горењето се јаглерод диоксид и вода. Реакциите на горење на алканите се силно екзотермни.



2.5. ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА И НОМЕНКЛАТУРА НА ЦИКЛОАЛКАНИТЕ

Поим за циклоалкани и хомолошка низа на циклоалканите

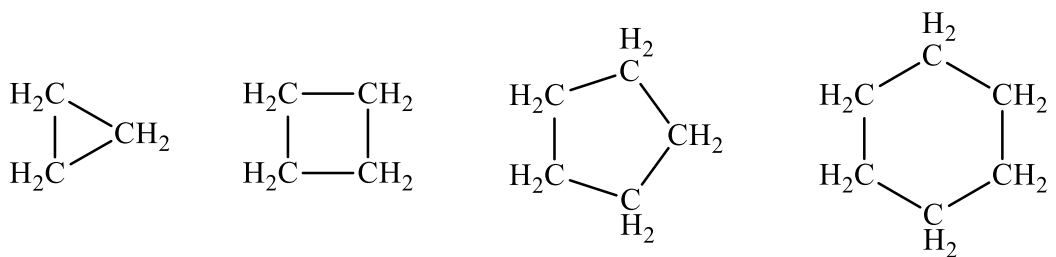
Освен алканите, постои уште една класа заситени јаглеводороди, а тоа се циклоалканите. Од самото име на оваа класа јаглеводороди може да се заклучи дека во нивните молекули, јаглеродните атоми се сврзани во затворени низи. Значи:

Циклоалкани се заситени јаглеводороди во чии молекули, јаглеродните атоми се сврзани со единечни врски меѓу себе во затворени низи.

За да може јаглеродните атоми од некој алкан да се сврзат во затворен прстен, последните C-атоми мора да содржат по еден водороден атом помалку. Оттука може да ја изведеме општата формула за хомолошката низа на циклоалканите:



Циклоалканите најчесто ги претставуваме со скелетни формули, но се користат и рационални формули, како и модели.

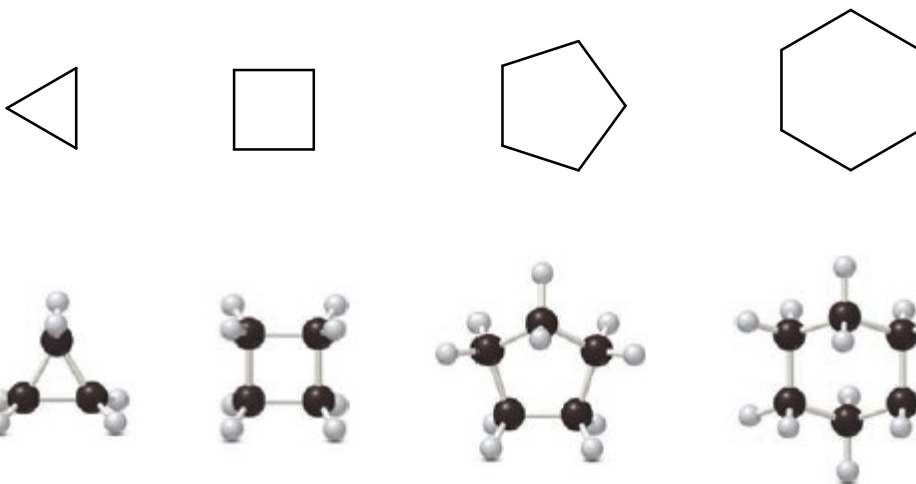


Циклопропан (C_3H_6)

Циклобутан (C_4H_8)

Циклопентан (C_5H_{10})

Циклохексан (C_6H_{12})



Слика 2.5. Рационални формули, скелетни формули и модели на молекулите на првите четири циклоалкани.

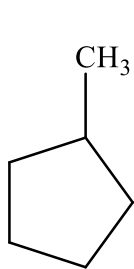
Номенклатура на циклоалканите

Од претходно наведените примери, очигледно е дека имињата на циклоалканите се образуваат со додавање на префиксот **цикло-** пред името на алканот што содржи определен број јаглеродни атоми.

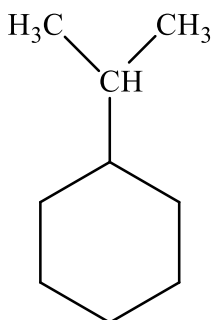
На пример: C_7H_{14} – циклохептан, C_8H_{16} – циклооктан, $C_{10}H_{20}$ – циклодекан итн.

Моно супституираните циклоалкани добиваат имиња така што само се кажува името на супституентот како префикс пред името на циклоалканот.

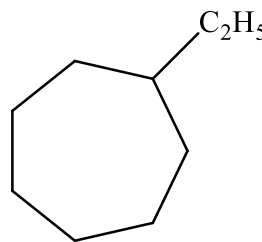
Примери:



Метилциклопентан

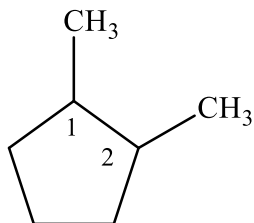


Изопропилциклохексан

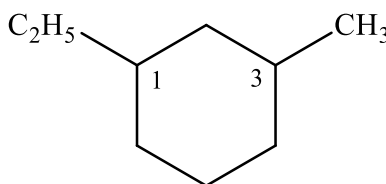


Етилциклохептан

За ди- и повеќе супституираните циклоалкани се означува и местоположбата на супституентите, но броењето се изведува во насока тие да добијат колку што е можно пониска бројна вредност. На пример:



1,2-диметилциклопентан
(НЕ 1,5-диметилциклопентан!)



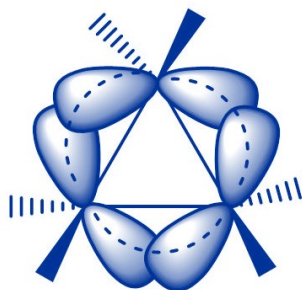
1-етил-3-метилциклохексан
(НЕ 1-етил-5-метилциклохексан!)

2.6. ГРАДБА И ИЗОМЕРИЈА КАЈ ЦИКЛОАЛКАНИТЕ

Градба на циклоалканите

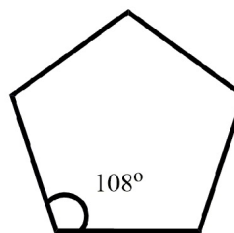
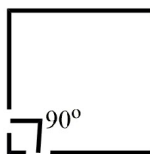
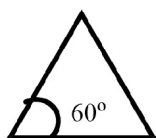
За да го објасниме понатаму различното хемиско однесување на циклопропан и циклобутан, но и за да ја изучиме изомеријата кај циклоалканите, неопходно е накусо да ја разгледаме **градбата на циклоалканите**.

Циклоалканите се заситени јаглеводороди, што значи дека сите C-атоми се sp^3 -хибридизирани, а орбиталите во просторот имаат тетраедарски распоред. Меѓутоа, циклопропанот се состои од три јаглородни атоми, а три точки во просторот секогаш лежат во една рамнина. Тоа значи дека C-атомите во молекулата на циклопропан лежат во една рамнина, а аглиите меѓу нив ќе изнесуваат 60° . Очигледно, за да се препокријат sp^3 -хибридните орбитали под ваков агол, мора да дојде до значително деформирање на тетраедарскиот агол, кој изнесува $109^\circ 28'$ (Слика 2.6).



Слика 2.6. Препокривање на хибридните sp^3 -орбитали кај циклопропанот.

Затоа, во молекулата на циклопропанот се јавува извесна напнатост. Поради тоа, се јавува тенденција прстенот да се отвори и да се достигне вредноста на тетраедарскиот агол. Ваквиот напон, кој се јавува кај некои циклоалкани, се нарекува **агловен напон** или **Баеров напон** (според научникот што го открил). Агловниот напон се изразува како разлика меѓу вредноста за тетраедарскиот агол и аголот во циклоалканот кога тој би бил планарен (на пример, агловиот напон кај циклобутан изнесува: $109^\circ 28' - 90^\circ = 19^\circ 28'$).



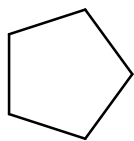
$$\text{Отстапување: } 109^\circ 28' - 60^\circ = 49^\circ 28' \quad 109^\circ 28' - 90^\circ = 19^\circ 28' \quad 109^\circ 28' - 108^\circ = 1^\circ 28'$$

Колку е поголемо отстапувањето од тетраедарскиот агол, толку е поголем агловниот напон, а соединението е понестабилно. Кај циклобутанот, отстапувањето е значително помало во однос на она кај циклопропанот, но сепак, сè уште постои агловен напон. Циклопентанот и циклохексанот имаат агли блиски до тетраедарскиот, па затоа тие се стабилни. На пример, циклохексанот има стабилност еднаква на хексанот. Кај повисоките циклоалкани не постои агловен напон и тие се однесуваат како алканите.

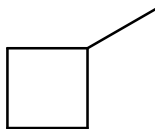
Структурна изомерија кај циклоалкани

Кај циклоалканите се јавува **скелетна изомерија** поради можноста за низи.

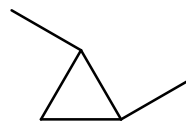
На пример:



Циклопентан

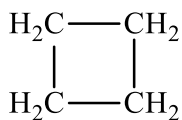


Метилциклобутан

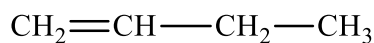


1,2-диметилциклопропан

Како што ќе видиме понатаму, општата формула на хомолошката низа на циклоалканите е иста со општата формула на алкените, што значи дека со нив покажуваат **функционална изомерија**. На пример, со молекулската формула C_4H_8 може да се претстави и циклобутан и бутен.



Циклобутан

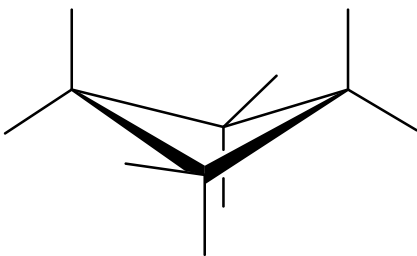


Бут-1-ен

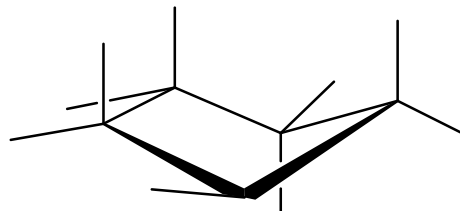
Стереои́зомерија кај циклоалкани

Иако скелетните формули на циклоалканите ги претставуваме со геометриски слики во рамнина, **циклоалканите не се планарни соединенија**, односно сите атоми во нивните молекули не лежат во иста рамнина. Единствено кај циклопропанот, трите јаглеродни атоми лежат во иста рамнина, но дури и кај него водородните атоми не лежат во истата рамнина со C-атомите.

Молекулите на циклоалканите се изградени од единечни врски околу кои е можна слободна ротација. Затоа, почнувајќи од циклобутанот, кај овие соединенија се јавува **конформациона стереои́зомерија**.

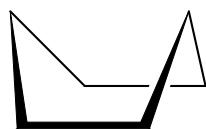


Еден од конформерите на циклобутан



Еден од конформерите на циклопентан

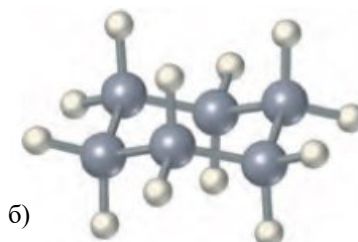
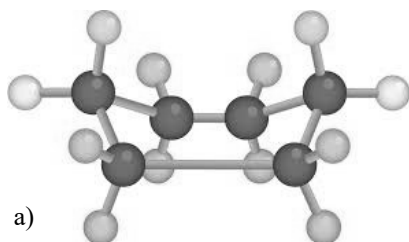
Конформерите на циклохексанот имаат особено значење, бидејќи молекулата на циклохексанот и други молекули изведени од него влегуваат во составот на голем број важни биосоединенија, како што се шеќерите, стероидите итн. Циклохексанот може да постои во голем број различни конформери, но еден од нив е најстабилен и тој се нарекува „**стол**“ или „седло“, а другиот е најнестабилан и се нарекува „**чун**“ или „када“. Во биосоединенијата е застапен најстабилниот конформер.



„Чун“ – најнестабилна конформација на циклохексан



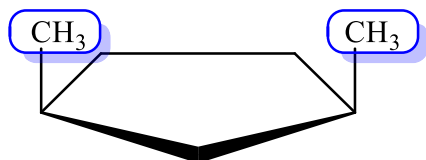
„Стол“ – најстабилна конформација на циклохексан



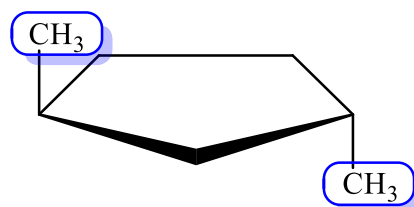
Слика 2.7. Молекулски модели на: а) најнестабилната конформација (чун) и б) најстабилната конформација (стол) на циклохексан.

Кај дисупституираните циклоалкани, кај кои супституентите се на различни С-атоми, се јавува **геометриска изомерија**. Геометриските стереоизомери може да се јават во две форми: *cis* и *trans*. Кај *cis*-изомерот, супституентите се од иста страна од рамнината што минува низ прстенот (горе или долу), а кај *trans*-изомерот од различна.

На пример:



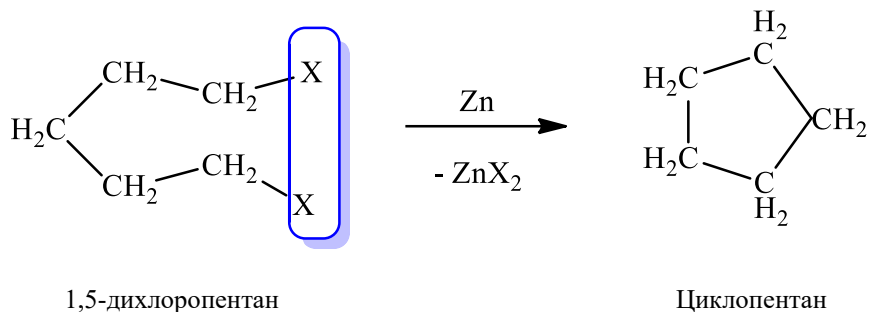
cis-1,3-диметилциклопентан



trans-1,3-диметилциклопентан

2.7. ДОБИВАЊЕ НА ЦИКЛОАЛКАНИ

Циклоалканите се среќаваат во составот на нафтата, па затоа се познати и под името нафтени. Освен што може да се добијат од нафтата, циклоалканите може да се добијат синтетички на различни начини. Синтетичките методи се базираат на **елиминациони реакции**, а најчесто се добиваат со **дехалогенирање** дихалогениди на алканите, кај кои халогените се наоѓаат на крајните C-атоми во низата. На пример:

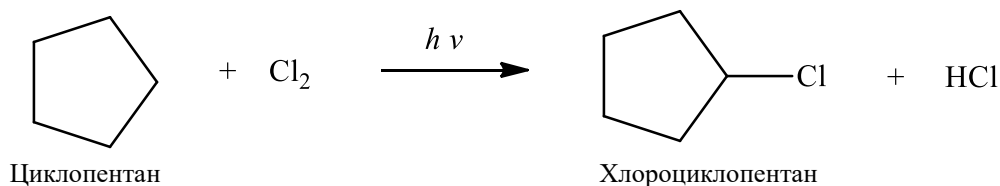


2.8. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА ЦИКЛОАЛКАНИТЕ

Физичките својства на циклоалканите се слични со својствата на алканите. Тие се неполярни соединенија, па затоа не се раствораат во поларни растворувачи, туку само во неполярни. Температурите на топење и на вриење, како и густините се зголемуваат со растењето на бројот на C-атоми. Температурите на вриење растат правилно со зголемувањето на бројот на C-атоми, т. е. со зголемувањето на релативната молекулска маса. Меѓутоа, температурите на топење не растат правилно, бидејќи зависат од формата на циклоалканот, односно од достапната површина за меѓумолекулски интеракции.

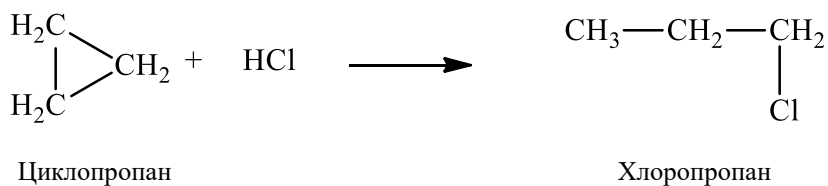
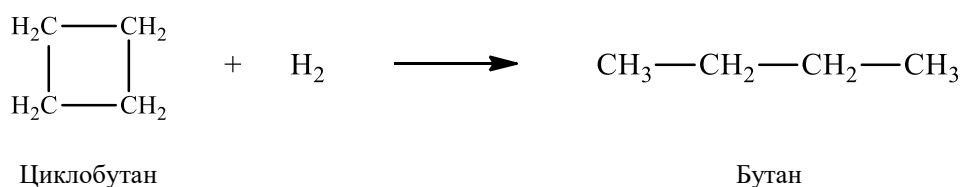
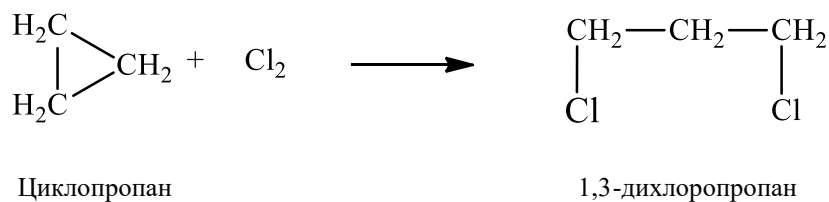
Циклоалканите со поголем број C-атоми стапуваат во истите видови **хемиски реакции** во кои стапуваат алканите. Така, тие стапуваат во реакции на супституции, елиминации, а запалени на воздух, тие горат.

На пример:



Различно се однесуваат единствено циклопропанот и циклобутанот. Тие се значително пореактивни, па во поглед на реактивноста, се однесуваат како алкените. Така, на пример, тие може да стапуваат во **реакции на адиција**, при што доаѓа до отворање на прстенот и се добива заситено соединение.

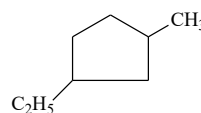
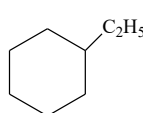
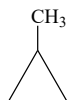
Примери:



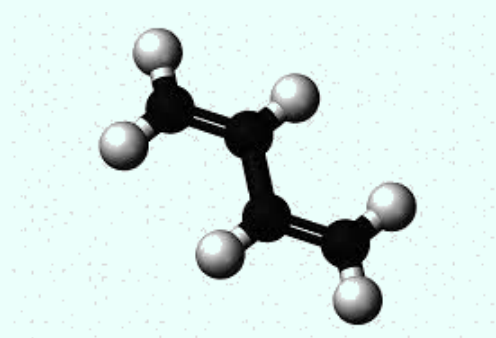
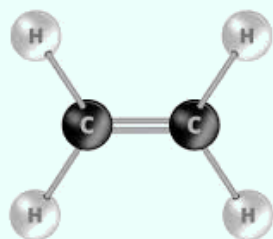
Причините за различното однесување на циклопропан и циклобутан беа детално објаснети кога зборувавме за градбата на циклоалканите и Баеровиот напон.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

- Колку σ -врски се образувани со препокривање на sp^3 -орбиталите од јаглеродните атоми, а колку со препокривање на sp^3 -орбиталите од јаглеродните атоми со s-орбиталите од водородот во молекулата на бутан?
- Која е молекулската формула на алканот, кој во својата молекула содржи единаесет C-атоми?
- Која е молекулската формула на алканот, кој во молекулата содржи 38 водородни атоми?
- Именувај ги следниве алкил групи: а) $-C_2H_5$ б) $-CH_3$ в) $-CH_2CH_2CH_3$
 г) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C- \\ | \\ CH_3 \end{array}$ д) $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ | \end{array}$
- Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија: а) 3,4-диметилхексан; б) 4-етилхептан; в) 2,3,4,5-тетраметилхексан; г) 2-метилпентан. За секое од соединенијата определи го бројот на примарни, секундарни, терцијарни и кватерни C-атоми.
- Името на еден алкан е погрешно запишано како: 2,4,5-триметилхексан. Напиши ја рационалната формула на овој алкан и наведи го неговото точно име.
- Именувај ги следниве алкани:
 а) $\begin{array}{c} CH_3CH_2CHCH_2CH(CH_2)_3CH_3 \\ | \quad | \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}$ б) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3CHCH_2 \\ | \\ CH_2CH_2CH_3 \end{array}$ в) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ H_3C-C-CH_3 \\ | \\ CH_2CH_3 \end{array}$ г) $CH_3(CH_2)_4CH_3$
- Хептанот има девет структурни изомери. Напиши ги рационалните формули на изомерите што имаат една метил група во разгранувањето.
- Чиј изомер е соединението 2,2-диметилпентан? Напиши ја неговата молекулска формула и рационалната формула на 2,2-диметилпентанот.
- Напиши ги рационалните формули на изомерите на пентанот.
- Подреди ги дадените алкани според растењето на нивната температура на вриење: C_5H_{12} ; $C_{12}H_{26}$; C_3H_8 ; C_7H_{16} ; $C_{10}H_{22}$.
- Напиши ја равенката на горење на хептанот.
- Кои соединенија може да се добијат со супституција на еден водороден атом со хлор кај следниве соединенија: а) пропан; б) бутан; в) 2-метилпропан? Напиши ги равенките на реакциите.
- Која е молекулската формула на циклоалканот, кој во својата молекула содржи 24 водородни атоми?
- Напиши ги рационалните и скелетните формули на следниве циклоалкани:
 а) етилциклобутан; б) циклопентан; в) 1,2-диметилциклохексан; г) циклооктан.
- Именувај ги следниве циклоалкани:



17. Напиши ги структурните формули на: а) *cis*-1,3-диметилциклобутан; б) *trans*-1,2-диметилциклохептан; в) *cis*-1-етил-2-метилциклопентан.
18. Циклохексанот е течна супстанца што е позната како добар растворувач. Дали е добар растворувач за јонски или за ковалентни супстанции? Образложи го одговорот.
19. Кое соединение се добива при адиција на бромоводород на циклопропан? Напиши ја равенката на реакцијата.
20. Пресметај го масениот удел на јаглерод во хексан.
21. Колку водородни атоми се содржат во 9 g 2-метилпентан?
22. Колку литри кислород, мерен при стандардни услови, се потребни за согорување 5 g пропан?
23. Колкав волумен CO_2 и колкав волумен водна пареа, мерени при стандардни услови, се добиваат при согорување на 1 L етан?
24. Во парови изработете презентација за наоѓањето на метанот во природата, за неговото лабораториско добивање и за неговата примена како гориво.



Модуларна единица 3.

АЛКЕНИ И ДИЕНИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Алкени и диени“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ *џи дефинира џоимиие алкени и диени, џрејознава видови диени, џрименува номенклаџура на алкенииие и диенииие, објаснува изомерија кај алкенииие и диенииие;*
- ♦ *набројува и објаснува начини за добивање на алкенииие и диенииие и џи џреџсџавува реакцииие со хемиски равенки;*
- ♦ *набројува физички и хемиски својсџва на алкенииие и диенииие и џи џреџсџавува хемискииие реакции со хемиски равенки.*

Содржини:

- ♦ *Поим, хомолошка низа и номенклаџура на алкенииие*
- ♦ *Поим, хомолошка низа, номенклаџура и џоделба на диенииие*
- ♦ *Изомерија кај алкенииие и диенииие*
- ♦ *Добивање на алкени и диени*
- ♦ *Физички и хемиски својсџва на алкенииие и диенииие*

3.1. ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА И НОМЕНКЛАТУРА НА АЛКЕНИТЕ

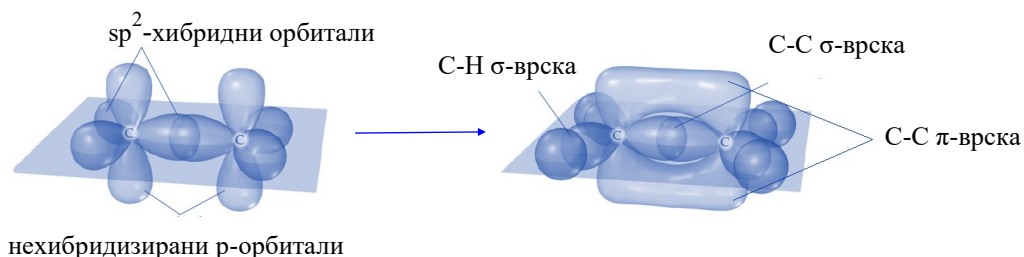
Поим за алкени и хомолошка низа на алкените

Веќе се запознавме со две големи класи заситени јаглеводороди, алкани и циклоалкани, и видовме дека нивниот број е огромен. Но, уште поголем е бројот на т.н. **незаситени јаглеводороди**, кои претставуваат јаглеводороди во чии молекули се присутни една или повеќе двојни и/или тројни врски. Од големиот број вакви соединенија, ние ќе се задржиме само на три поголеми класи: алкени, диени и алкини.

Јаглеводородите во чии молекули, освен единечни врски, се содржи и една двојна врска меѓу два јаглеродни атоми се нарекуваат алкени.

Во образувањето на двојната врска учествуваат два јаглеродни атома, па оттука, очигледно е дека за разлика од алканите, најпростиот алкен мора да содржи два јаглеродни атоми во молекулата. Тој се нарекува етен (етилен), а неговата формула е C_2H_4 . Да го разгледаме образувањето на молекулата на етенот.

Знаеме дека за да се сврзат двата јаглеродни атома со **двојна врска**, тие мора да бидат **sp^2 -хибридизирани**. При sp^2 -хибридизацијата се образуваат три хибридни sp^2 -орбитали, кои со препокривање со орбитали од други атоми може да образуваат три σ -врски. Во молекулата на етенот, секој од sp^2 -хибридизираниите C-атоми учествува во образувањето една σ -врска со другиот C-атом, а со преостанатите две sp^2 -хибридни орбитали се сврзува со два водородни атоми. Бидејќи sp^2 -хибридните орбитали лежат во една рамнина, јаглеродните атоми и водородните атоми сврзани за нив лежат, исто така, во една рамнина. Со странично препокривање на нехибридизираниите p-орбитали, од јаглеродните атоми се формира π -врска. На Слика 3.1. е даден приказ за образување на врските во етенот.



Слика 3.1. Шематски приказ на образување на молекулата на етен

И алкените со поголем број јаглеродни атоми имаат иста градба во делот од молекулата каде што е присутна двојната врска, а останатиот дел од јаглеродната низа се состои од тетраедарски хибридизирани јаглеродни атоми.

Поради присуството на една двојна врска во молекулите на алкените, бројот на водородните атоми ќе биде за два помал од нивниот број во соодветниот алкан. Тие, исто како и алканите, градат хомолошка низа, а општата формула на нивната хомолошка низа е:



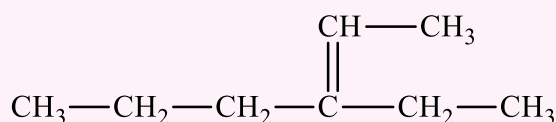
Номенклатура на алкените

Правилата на IUPAC за образување на имињата на алкените се слични со оние кај алканите, со таа разлика што алкените, наместо наставка -ан, добиваат наставка **-ен**. Освен тоа, постојат и уште неколку дополнителни правила:

- ♦ најдолгата низа мора да ја содржи двојната врска;
- ♦ положбата на двојната врска се означува со број пред наставката -ен;
- ♦ при нумерирањето на јаглеродните атоми, двојната врска има предност пред супституентите, т. е. таа треба да добие колку што е можно пониска бројна вредност.

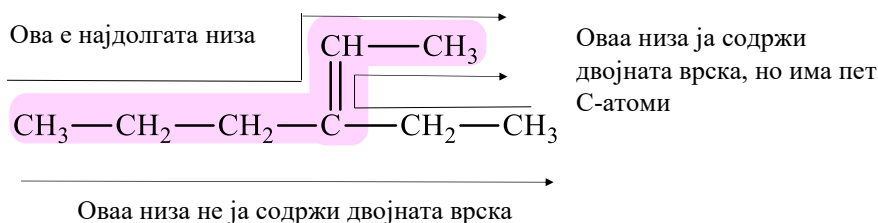
Да ја разгледаме номенклатурата на алкените со следниве примери:

Пример 3.1. Кое е името на алкенот претставен со следнава формула?

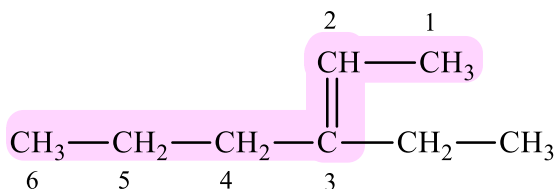


Решение:

Од формулата на ова соединение се гледа дека постои можност да се изберат три низи. Меѓутоа, иако содржи шест C-атоми, хоризонталната низа не ја земаме предвид бидејќи не содржи двојна врска. Од другите две низи што ја содржат двојната врска, едната содржи пет C-атоми, а другата шест C-атоми, што значи дека тоа е најдолгата низа.



Нумерирањето на C-атомите започнува од оној крај на низата од кој двојната врска би добила помала бројна вредност, а потоа се идентификуваат супституентите. Во овој пример постои само еден супституент, а тоа е етил група.

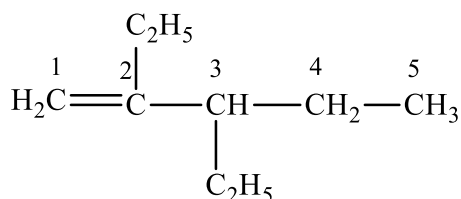


Одговор: Името на овој алкен е: 3-етилхекс-2-ен.

Пример 3.2. Напиши ја рационалната формула на алкенот чие име е:
2,3-диетилпент-1-ен.

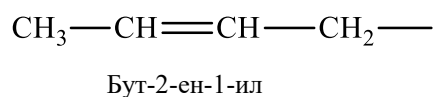
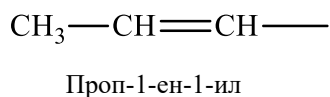
Решение:

Основата на ова соединение содржи пет јаглеродни атоми (-пент-), а двојната врска започнува од првиот С-атом (-1-ен). За вториот и третиот јаглероден атом е сврзана по една етил група. Според тоа, рационалната формула е:

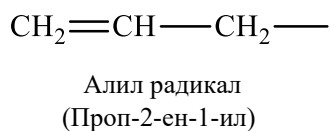
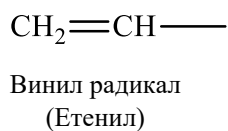


Радикалите што се добиваат од алкените, во своето име содржат наставка **-енил**. Притоа, нумерирањето на С-атомите започнува од слободната валенција, односно од оној С-атом каде што недостасува водород.

На пример:



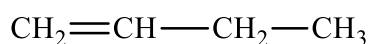
Некои алкенил радикали имаат тривијални имиња што се во редовна употреба. Најважни се следниве два што треба да ги знаете.



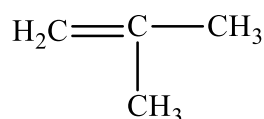
3.2. ИЗОМЕРИЈА КАЈ АЛКЕНИТЕ

Структурна изомерија кај алкените

Кај алкените се можни сите три вида структурна изомерија. **Скелетната изомерија** (изомеријата на низата) започнува од четвртиот член на алкените, а тоа е бутенот. Кај бутенот (C_4H_8) се можни само два скелетни изомера:



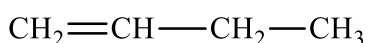
Бут-1-ен



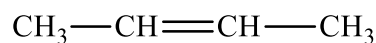
2-метилпропен

Се разбира, и кај алкените, со зголемувањето на бројот на C-атоми расте бројот на скелетни изомери. Освен изомерија на низата, кај алкените постои и **положбена изомерија**, која се должи на можноста двојната врска да се најде на различни места во јаглеродната низа.

Примери:



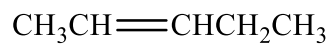
Бут-1-ен



Бут-2-ен



Пент-1-ен

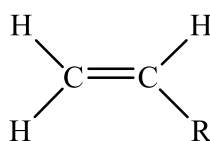
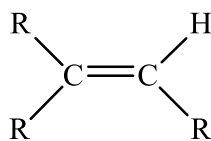
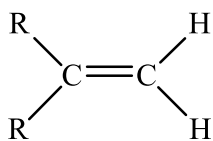


Пент-2-ен

Алкените имаат иста општа формула со циклоалканите (C_2H_{2n}), па затоа алкените и циклоалканите со ист број јаглеродни атоми се **функционални изомери**.

Стереоиизомерија кај алкените

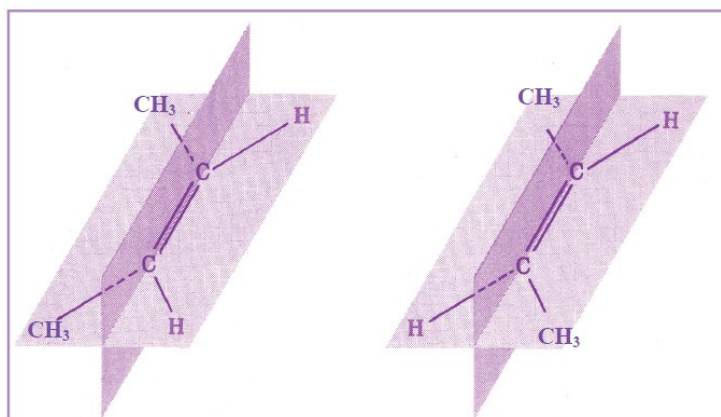
Видовме дека кај алканите постојат голем број различни конформери поради слободната ротација околу единечната врска. Меѓутоа, кај алкените не постои можност за слободна ротација околу двојната врска, бидејќи π -врската стои нормално на σ -врската, па доколку дојде до ротација околу двојната врска, π -врската би се раскинала. Според тоа, различните групи сврзани со јаглеродните атоми од двојната врска може да постојат во различен просторен, т. е. геометриски распоред. Соединенијата со ваков различен геометриски распоред очигледно се изомери. Ваквите изомери се нарекуваат **геометриски изомери**, а самата изомерија се нарекува **геометриска изомерија**. Но, ако за еден од јаглеродните атоми од двојната врска се сврзани исти атоми или атомски групи, тогаш не е можна геометриска изомерија.



...

Нема геометриска изомерија!!

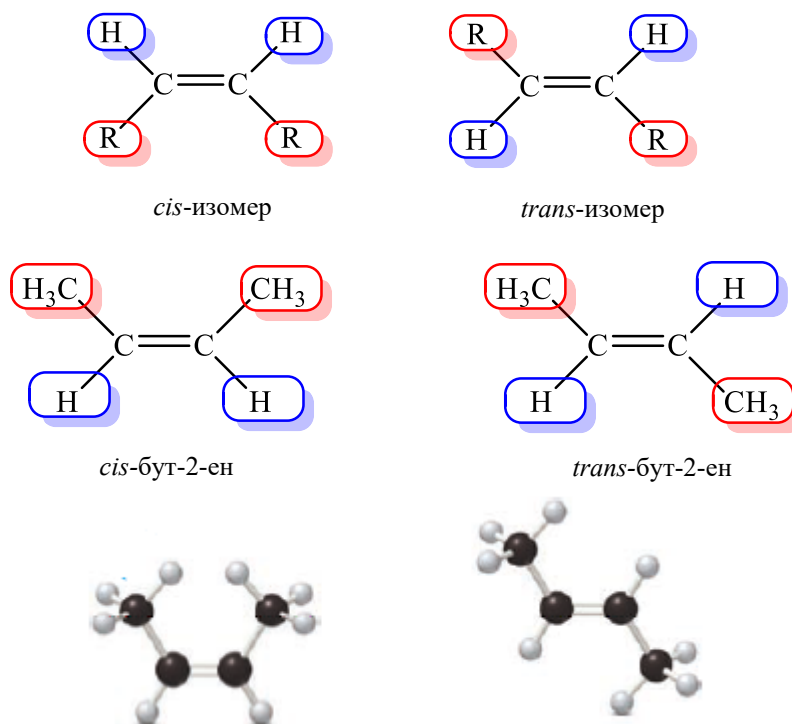
Ако, пак, за С-атомите што ја образуваат двојната врска се сврзани различни атоми или атомски групи, тогаш тие може да се најдат во различни меѓусебни положби во однос на рамнината што е нормална на рамнината во која лежат атомите сврзани со двојна врска.



Слика 3.2. Распоред на атомите и атомските групи во однос на рамнината што е нормална на рамнината во која лежат атомите сврзани со двојна врска.

Ако истородните атоми или атомски групи сврзани за различните С-атоми од двојната врска во просторот се распоредени од иста страна на двојната врска, тогаш станува збор за **cis-изомер**. Ако, пак, тие се наоѓаат на различни страни од двојната врска, станува збор за **trans-изомер**. Затоа, за геометриската изомерија се користи и терминот **cis-trans изомерија**.

Примери:



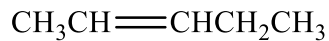
Слика 3.3. Молекулски модели на *cis*-бут-2-ен и на *trans*-бут-2-ен.

Пример 3.3. Напиши ги/нацртај ги сите можни изомери на пентенот.

Постојат два положбени изомера на пентенот: пент-1-ен и пент-2-ен. Очигледно, трет ваков изомер не може да постои, бидејќи ако се стави двојната врска меѓу третиот и четвртиот С-атом, при броењето оддесно налево повторно ќе се добие пент-2-ен.

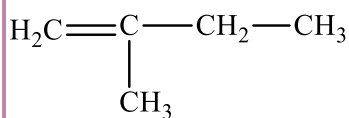


Пент-1-ен

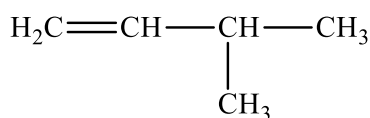


Пент-2-ен

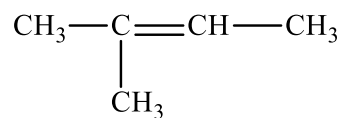
Потоа, од овие два изомера ќе ги изведеме можните скелетни изомери со разгранување на низата.



2-метилбут-1-ен

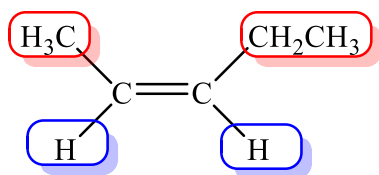


3-метилбут-1-ен

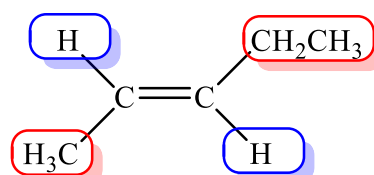


2-метилбут-2-ен

Овие структурни изомери не покажуваат геометриска изомерија. Кај сите алк-1-ени, за првиот С-атом се сврзани два водородни атоми, што значи дека нема можност за геометриска изомерија. Исто така, кај 2-метилбут-2-ен не е можна геометриска изомерија, бидејќи С-атомот сврзан со двојна врска се сврзани две метилни групи. Геометриски изомери се можни единствено кај пент-2-ен. Тоа се следниве:



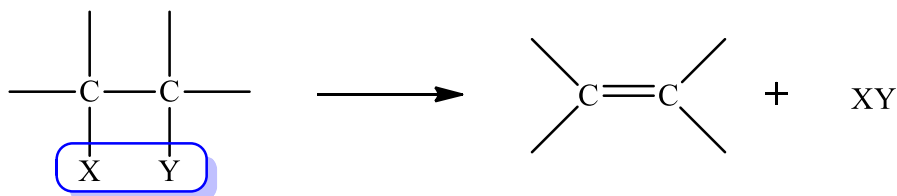
cis-пент-2-ен



trans-пент-2-ен

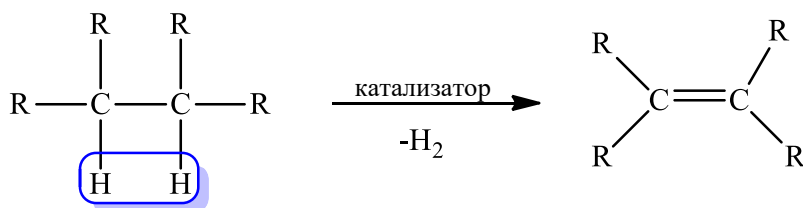
3.3. ДОБИВАЊЕ НА АЛКЕНИ

Алкените, слично како и алканите, во природата најмногу се застапени во нафтата и во земниот гас, заедно со други јаглеводороди. Затоа, за индустриско добивање на алкените се користи крекинг-процесот на алканите. Но, без оглед на тоа дали станува збор за индустриски или лабораториски начин за добивање на алкените, главните начини за нивното добивање се базираат на **реакции на елиминација**. Притоа, може да се елиминира водород, вода, халоген или халогеноводород. Во општ облик, реакцијата на елиминација може да се претстави со равенката:

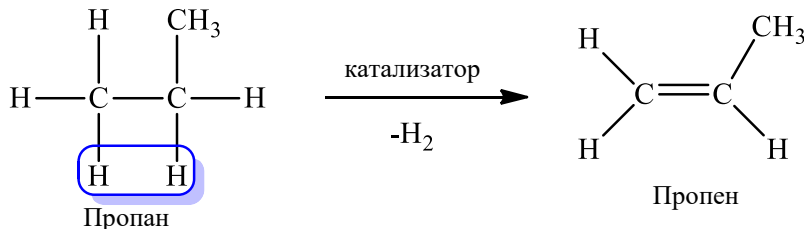


Методите за добивање алкени имаат соодветни имиња според тоа која супстанца се елиминира. Да разгледаме неколку реакции за добивање алкени.

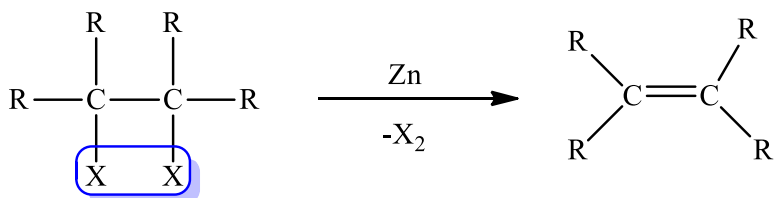
1. Дехидрогенирање (елиминација на водород од алкани)



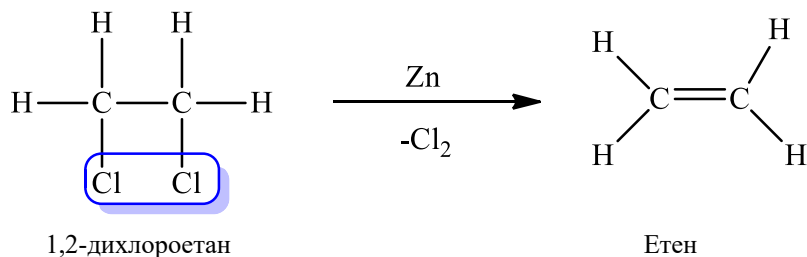
Пример:



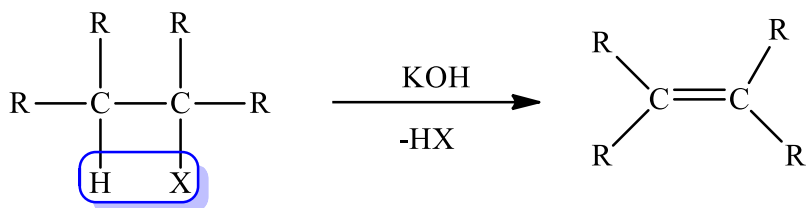
2. Дехалогенирање (елиминација на дихалогенид од алкил дихалиди)



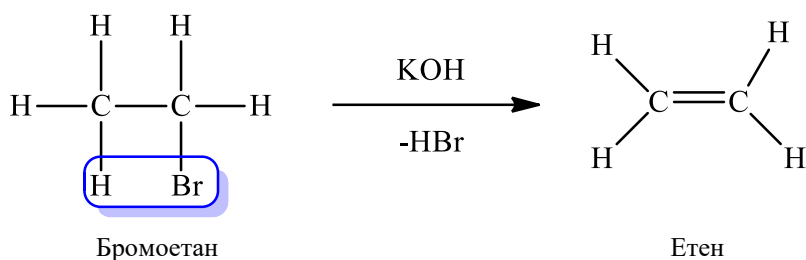
Пример:



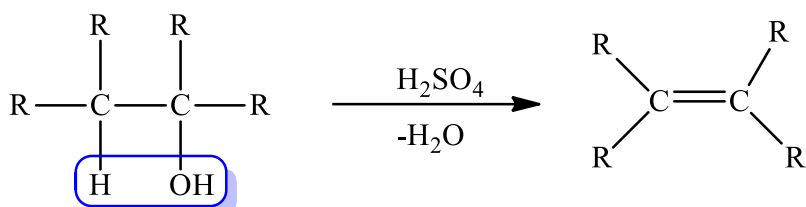
3. Дехидрохалогенирање (елиминација на халогеноводород од алкил халиди)



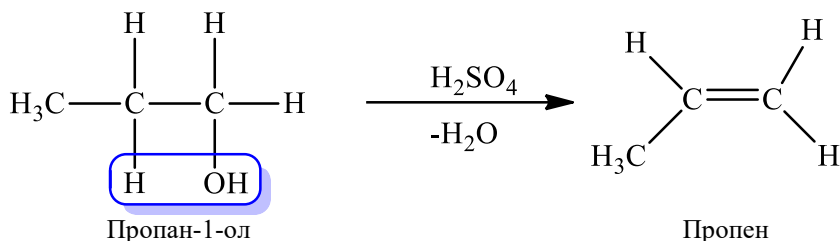
Пример:



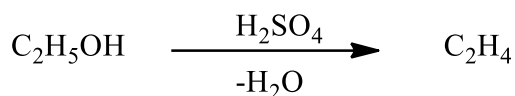
4. Дехидратација (елиминација на вода од алкохоли)



Пример:



Реакцијата на дехидратација се одвива под дејство на сулфурна киселина. Таа е силно дехидратационо средство, па затоа има способност да одземе вода од алкохоли, при што се добиваат алкени. Ова е и лабораториски начин на кој се добива етенот. Равенката на реакцијата е следнава:



Експеримент: Лабораториско добивање на етен

Во колба се ставаат околу 4 mL етанол, 10 mL концентрирана сулфурна киселина и неколку зрнца песок. Колбата се затвора со тапа низ која минува двојно свиткана стаклена цевка. Се поставува на триножник со азбестна мрежа и внимателно се загрева. Издвоениот гас се собира во епрувета под вода. Кога ќе се наполни епруветата, кон отворот на епруветата се принесува запалено чкорче. Што се случува притоа?

3.4. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКЕНИТЕ

Физички својства на алкените

Физичките својства на алкените се слични со својствата на алканите. Тие, исто така, се **неполарни соединенија** и не се раствораат во вода, туку во неполарни растворувачи. Првите четири члена во низата се гасови, а потоа следуваат течности и цврсти супстанции. Со зголемувањето на бројот на јаглеродни атоми растат нивните температури на вриење и на топење.

Треба да се нагласи дека *cis* и *trans* изомерите на еден алкен имаат различни физички својства (на пример, различни температури на топење и на вриење). Врз основа на ваквите разлики во физичките својства, тие може да се одделат едни од други со едноставни физички методи, како што се, на пример, дестилација, кристализација итн.

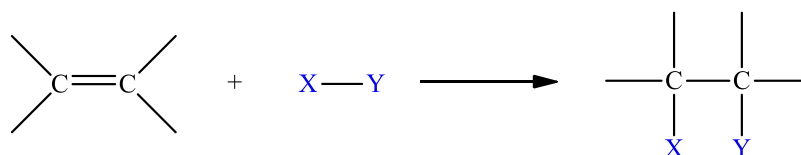
Хемиски својства на алкените

1. Електрофилна адиција

Својствата на соединенијата зависат од нивниот состав и структура. Затоа, хемиското однесување на алкените зависи од присуството на двојната врска, која, всушност, е реакциониот центар во молекулата. Двојната врска е составена од два електронски пара, па затоа таа претставува цел на напад на електрофилните реагенси. Меѓутоа, бидејќи π -врската е послаба од σ -врската, реакциите ќе се одвиваат со раскинување само на π -врската и со сврзување различни атоми или атомски групи на слободните валенции. Механизмот на оваа реакција е сложен, а се одвива со сврзување на електрофилната честичка на алкенот и со образување карбокатион. Тука нема да го разгледуваме механизмот на реакцијата, туку само ќе нагласиме дека карактеристична реакција за алкените е реакцијата **електрофилна адиција**.

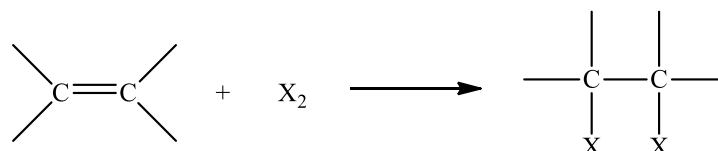
Електрофилна адиција е реакција на адиција на електрофилен реагенс на реакционен центар богат со електрони.

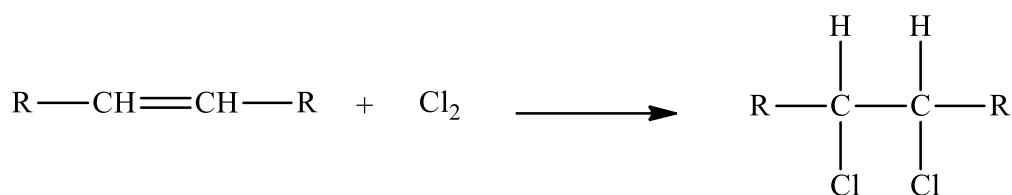
Реакцијата на адиција кај алкените, во општ случај, може да ја претставиме на следниов начин:



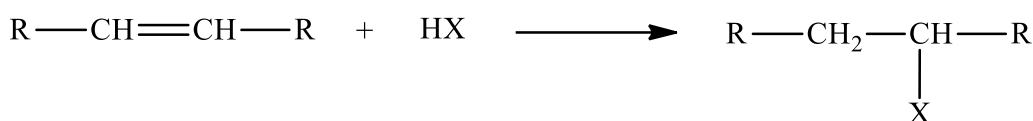
На двојната врска кај алкените може да се адираат и симетрични и несиметрични реагенси. Симетричните реагенси се состојат од два идентични атома или атомски групи. Такви реагенси се, на пример, халогените елементи (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2) и водород (H_2).

На пример:

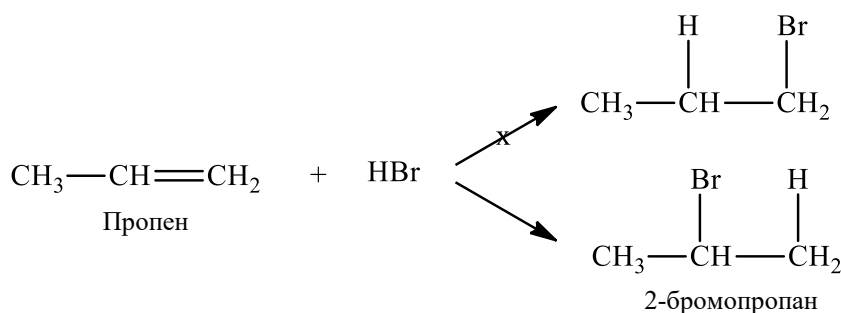




При адицијата на халогени на алкени се добиваат алкил халиди. Освен симетрични реагенси, на алкените може да се адираат и несиметрични реагенси. Несиметричните реагенси се такви реагенси што се состојат од два различни атома или атомски групи, на пр. HCl, HBr итн. Кога ваквите реагенси се адираат на симетрични алкени – алкени кај кои за C-атомите што ја градат двојната врска се сврзани исти атоми или атомски групи – се добива само еден продукт.



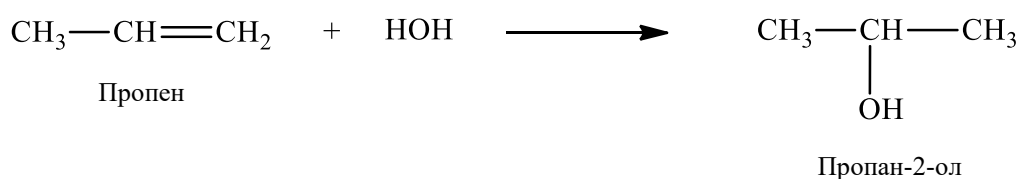
Меѓутоа, кога некој **несиметричен реагенс** се адира на **несиметричен алкен**, теоретски е можно да се добијат два различни продукти: На пример:

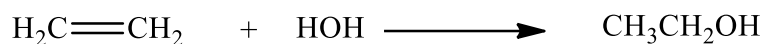


Меѓутоа, иако теоретски е можно да се добијат двете соединенија, се добива само едно, т. е. во случајов, само второто соединение. Значи, оваа реакција е селективна, а се одвива според т.н. **Марковниково правило**, кое гласи:

Кога некој несиметричен реагенс од типот H-Z се адира на несиметричен алкен, водородот се сврзува за оној C-атом на кој се веќе сврзани повеќе водородни атоми.

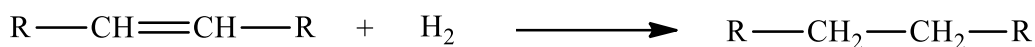
Затоа, во случајот разгледан погоре, водородот се сврзува на C-атомот за кој веќе се сврзани два водородни атома, а бромот на оној каде што има сврзано само еден водород. И водата, исто така, е несиметричен реагенс бидејќи нејзината молекула може да сметаме дека се состои од водороден атом и -OH група. При адиција на вода на алкените се добиваат алкохоли.



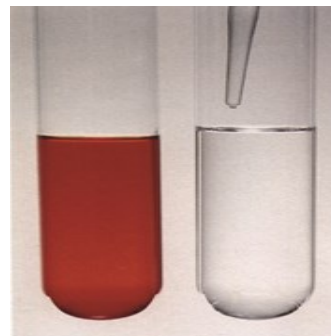


2. Адиција на водород (хидрогенација)

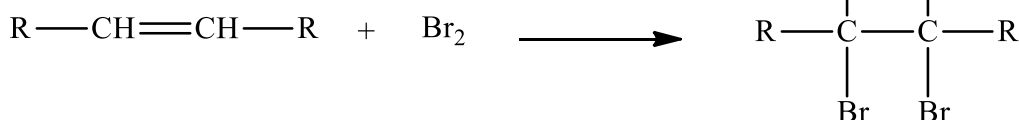
Со адиција на водород на двојната врска се добиваат алкани.



Реакциите на адиција се најкарактеристични реакции на алкените. Затоа тие се користат за докажување на присуството на алкени (и воопшто незаситени соединенија) и за нивно разликување од заситените, бидејќи тие не стапуваат во реакции на адиција. За таа цел, најчесто се изведува реакцијата со бромна вода. Бромната вода претставува раствор на бром во вода, кој има кафеава боја што потекнува од бромот, кој во елементарна состојба е црвено-кафеав. Обезбојувањето на растворот е доказ дека бромот изреагирал со етенот алкенот.



Слика 3.4. Обезбојувањето на бромната вода е доказ за присуство на незаситени врски.



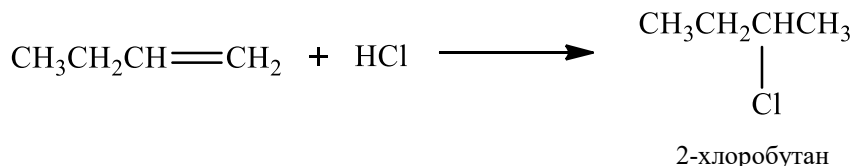
Пример 3.4. Кое соединение ќе се добие при адиција на хлороводород на бут-1-ен?

Решение:

Најпрво треба да видиме дали овој алкен е симетричен или несиметричен. Формулата на бут-1-ен е следнава:



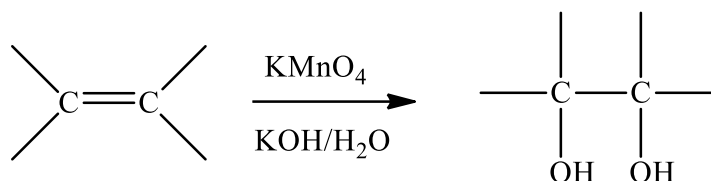
Од неа се гледа дека бут-1-ен е несиметричен алкен, бидејќи во неговата молекула за првиот С-атом се сврзани два водородни атома, а за вториот еден водороден атом и етил група. Бидејќи и хлороводородот е несиметричен реагенс, адицијата мора да се одвива според Марковниковото правило. Тоа значи дека водородот ќе се адмира на првиот С-атом (за кој се сврзани повеќе водородни атоми), а Cl-атомот за вториот, па затоа ќе се добие соединението 2-хлоробутан.



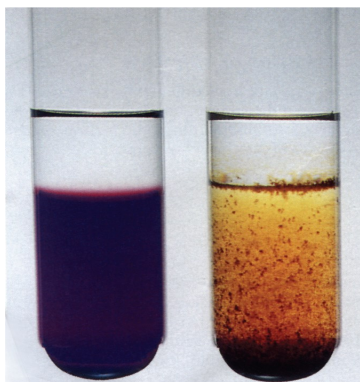
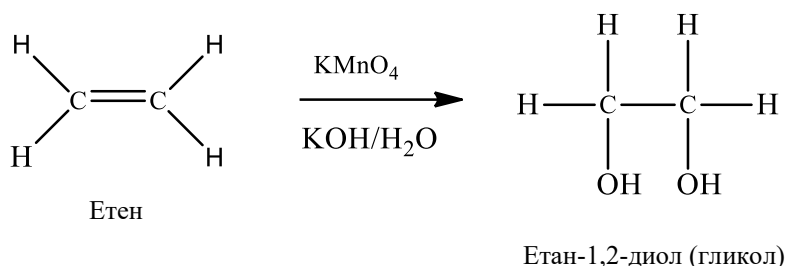
На крајот, може да резимираме дека, во зависност од тоа дали се адмира водород, халоген елемент, халогеноводород или вода, реакцијата на адиција се нарекува: **хидрогенација, халогенирање, хидрохалогенирање**, односно **хидратација**.

3. Оксидација на алкени

Во споредба со единечната, двојната врска е побогата со електрони, т. е. содржи еден електронски пар повеќе. Затоа, алкените може да бидат нападнати и од оксидациони средства, кои како електрон акцептори примаат електрони од алкенот и се редуцираат, при што алкенот се оксидира. При оксидацијата на алкените, при поблаги услови, се добиваат дихидроксилни алкохоли.



Така, на пример, при реакција на етен со воден раствор од калиум перманганат се добива дихидроксилен алкохол – гликол.

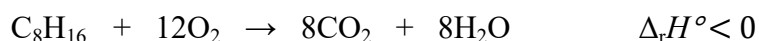


Слика 3.5. Оксидација на алкен со калиум перманганат во базна средина.

Оваа реакција, исто така, може да служи и за докажување на присуството на двојна врска во некое соединение или за разликување на незаситени од заситени соединенија (кај алканите не се одвива оваа реакција). Во текот на реакцијата, виолетовата боја од растворот на перманганатот се губи, а се образува кафеав талог поради редукцијата на перманганатниот анјон до MnO_2 , кој има темнокафеава боја. Промената на бојата е доказ дека дошло до оксидација.

4. Горење на алкени

При горењето на алкените, исто како кај алканите, се добива јаглерод диоксид и вода и се ослободува големо количество топлина.



Алкените стапуваат и во реакција на **полимеризација**. За ова ќе стане збор подетално понатаму.

3.5. ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА, НОМЕНКЛАТУРА, ПОДЕЛБА И ИЗОМЕРИЈА НА ДИЕНИТЕ

Поим за диени и хомолошка низа на диените

Во незаситени јаглеводороди се вбројуваат голем број соединенија. Освен алкените, за кои веќе зборувавме, друга голема класа незаситени јаглеводороди се диените. Од самото име на овие соединенија може да се заклучи дека тие содржат две двојни врски во своите молекули. Значи:

Диените се незаситени јаглеводороди што во своите молекули содржат две двојни врски.

Диените имаат една двојна врска повеќе од алкените, а тоа значи дека бројот на водородни атоми кај нив ќе биде за два помал отколку кај соодветниот алкен. Според тоа, општата формула на хомолошката низа на диените ќе биде:



На пример: Молекулската формула на алкенот со 9 јаглеродни атоми е C_9H_{18} , а молекулската формула на соодветниот диен е C_9H_{16} .

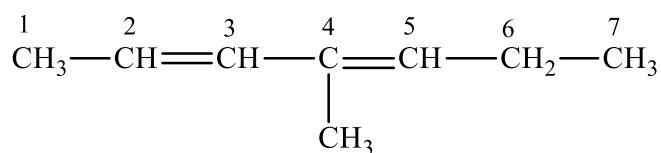
Номенклатура на диените

Номенклатурата на диените е слична со номенклатурата на алкените, со таа разлика што, наместо наставката **-ен**, се додава наставката **-адиен**. Всушност, кон коренот на името на соодветниот алкан се додава наставка **-а** (на пр. хекса), со броеви се запишува местоположбата на двојните врски, а потоа се додава наставката **-диен**. Броењето започнува од оној крај на низата од каде што двојните врски би добиле пониски бројни вредности. Да ги разгледаме следниве примери:

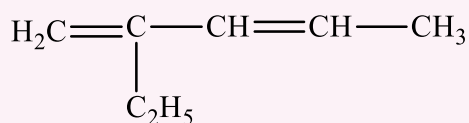
Пример 3.5. Напиши ја рационалната формула со диенот, чие име е 4-метилхепта-2,4-диен.

Решение:

Основата на ова соединение содржи седум јаглеродни атоми (-хепта-), а двојните врски започнуваат од вториот и четвртиот С-атом (-2,4-диен). За четвртиот С-атом е сврзана метил група. Според тоа, рационалната формула на овој диен е следнава:

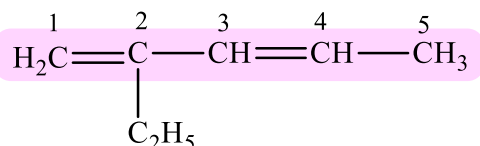


Пример 3.6. Кое е името на диенот претставен со следнава формула?



Решение:

Основата на името, а тоа е најдолгата низа, мора да ги содржи двете двојни врски. Дури и некоја низа да биде подолга од другите, ако таа низа не ги содржи двете двојни врски, тогаш не се зема за основна низа. Така, во овој пример, низата што ја содржи етил групата (броено оддесно налево) содржи шест С-атоми (секако, се бројат двата С-атома од етил групата). Меѓутоа, таа не може да биде основна низа, бидејќи не ги содржи двете двојни врски. Основната низа има пет С-атоми, а броењето започнува одлево надесно, бидејќи така С-атомите од кои започнуваат двојните врски добиваат бројни вредности 1 и 3, а не 2 и 4, кои би ги добиле ако се брои оддесно налево. Етил групата е супституент на вториот С-атом.



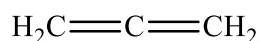
Одговор: Името на диенот претставен со формулата дадена погоре е 2-етилпента-1,3-диен.

Поделба и изомерија на диените

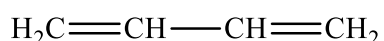
Двојните врски во молекулите на диените може да се најдат во различни положби едни во однос на други, а тоа, како што ќе видиме, влијае врз нивното хемиско однесување. Затоа, според заемната местоположба на двојните врски во молекулата (т. е. според **положбената изомерија**), диените се поделени во три групи:

- ♦ **диени со кумулирани двојни врски (кумулени)** – диени кај кои двојните врски се на соседни С-атоми, т. е. еден од С-атомите е сврзан со две двојни врски. Внимавај, С-атомот што е сврзан со две двојни врски е *sp*-хибридизиран, бидејќи образува две σ -врски и две π -врски;
- ♦ **диени со конјугирани (спрегнати) двојни врски** – диени кај кои меѓу двете двојни врски има единечна врска;
- ♦ **диени со изолирани двојни врски** – диени кај кои меѓу двете двојни врски има повеќе единечни врски.

Примери:



Кумулиран диен



Конјугиран диен



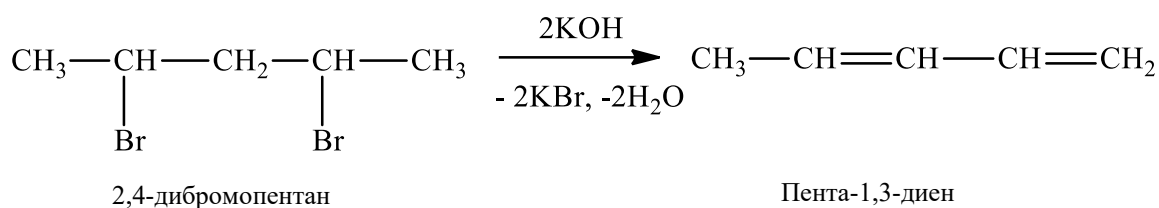
Изолиран диен

3.6. ДОБИВАЊЕ НА ДИЕНИ

Индустриските и лабораториските постапки за добивање на диени се слични како оние за добивање алкени. Така, за добивање на диени во индустријата се применува каталитичка дехидрогенација на алкани и алкени. Од лабораториските постапки, пак, најчесто се применуваат следниве постапки:

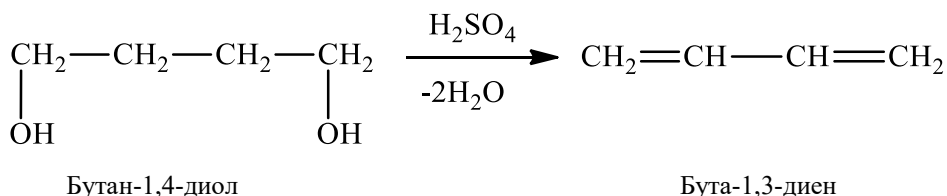
1. Дехидрохалогенирање на дихалогениди

Диените може да се добијат со дехидрохалогенирање на дихалогениди, во присуство на алкохолен раствор на база (на пр. KOH) и при загревање.



2. Дехидратација на диоли

Диените може да се добијат со дехидратација на диоли со сулфурна киселина и при загревање.



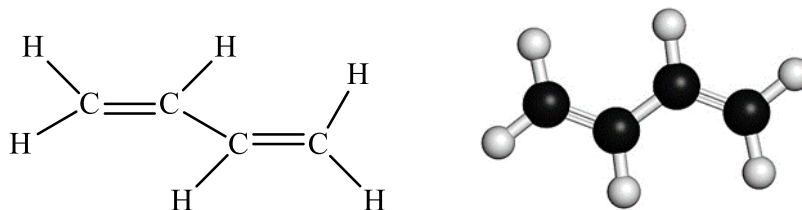
3.7. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА ДИЕНИТЕ

Физички својства на диените

Диените, како и другите јаглеводороди, се неполарни соединенија. Затоа, тие не се растворуваат во вода и во поларни растворувачи, туку во неполарни растворувачи. Наједноставните диени, како пропадиен (ален), бута-1,2-диен и бута-1,3-диен, на собни услови се гасовити супстанции. Диени со поголем број C-атоми од своите молекули, односно со поголема молекулска маса, при собни услови, се течности. И кај диените, слично како и кај другите класи јаглеводороди, со зголемување на молекулската маса, растат температурите на топење и на вриење. Сепак, овие промени не се менуваат правилно во хомолошката низа, туку зависат од тоа за каков вид диен станува збор.

Хемиски својства на диените

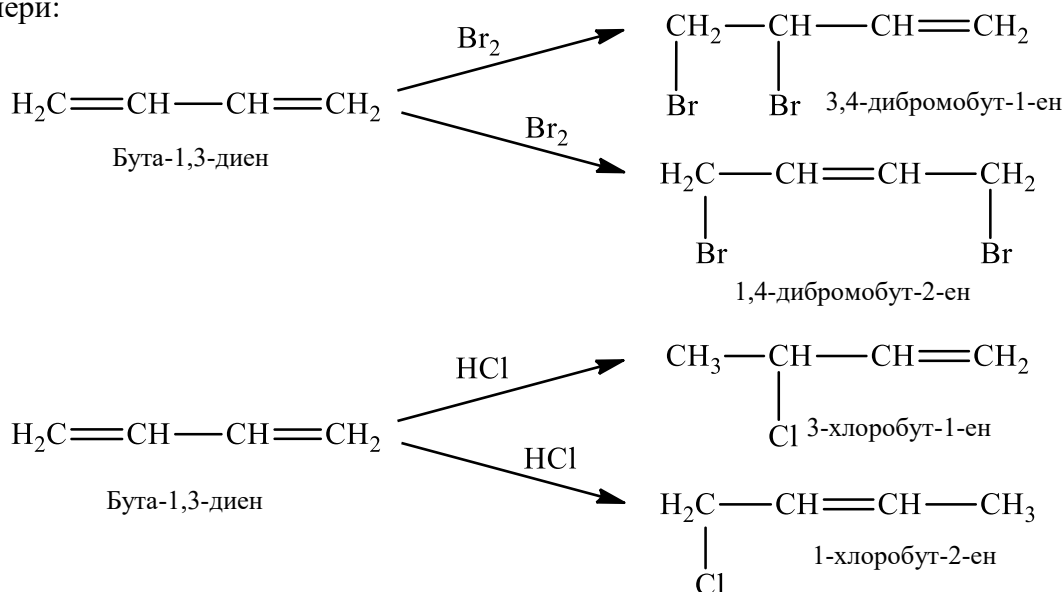
Кажавме дека хемиските својства на диените зависат од заемната местоположба на двојните врски во нивните молекули. Изолираните диени се однесуваат како алкените, а кумулираните, според некои нивни својства, како алкините. Од различните видови диени, најголемо значење имаат конјугираните диени. Всушност, кај нив не постојат чисти двојни и единечни врски, туку според должината и својствата, тоа се врски помеѓу единечни и двојни. За ваквите врски ќе стане збор малку подоцна, но важно е да се нагласи дека поради ваквите врски, молекулите на диените се стабилизираат и покажуваат посебно однесување при некои хемиски реакции. Затоа, тука ќе ги разгледаме хемиските реакции на конјугираните диени.



Слика 3.6. Модел на молекулата на бута-1,3-диен

Сите видови диени, слично како и алкените, стапуваат во реакција на **електрофилна адиција**. При адиција на два мола реагенси на еден мол диен (т. е. во молски однос 2 : 1), се добива само еден продукт што е заситено соединение и притоа се врши истовремена адиција на двете двојни врски одделно. Меѓутоа, кога конјугираните диени стапуваат во реакција на адиција со некој реактант во молски однос 1 : 1, тогаш можни се два продукта. Во првиот случај, адицијата се одвива само на едната двојна врска (реакцијата се нарекува **1,2-адиција**). Во вториот случај, реакцијата се одвива на двете двојни врски со образување нова двојна врска на местото каде што била единечната врска (**1,4-адиција**). Реакцијата се одвива, пред сè, во 1,4 позиција. Колкав ќе биде односот на количествата на двата продукта зависи од температурата на која се одвива реакцијата.

Примери:



Полимери и полимеризација

Со текот на развојот на науката и техниката, хемичарите успеале да синтетизираат голем број соединенија што не постојат во природата. Меѓу нив, веројатно најважни и најраспространети се пластичните материјали (пластични маси), без кои не може да се замисли модерниот живот. Доволно е да се каже дека металните жици низ кои тече електричната струја се обвиткани со пластика, а од пластични материјали се состојат делови од компјутерите, автомобилите, медицински материјали, облека, обувки, садови во домаќинството и лабораториски садови итн. Со еден збор, ние сме окружени со пластични материјали.



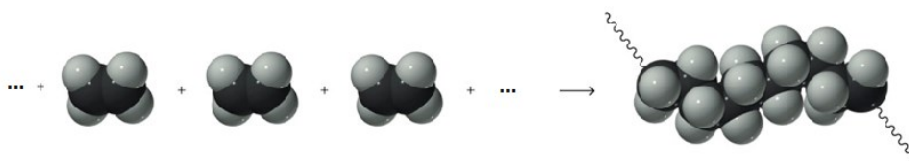
Слика 3.7. Различни предмети од пластика

Пластичните материјали се добиваат со еден посебен вид реакција на адиција што се јавува кај алкените, диените и, воопшто, кај незаситените соединенија, а која се нарекува **полимеризација**. Всушност, поради присуството на двојната врска, молекулите на алкените и диените (и на други незаситени соединенија), освен со други молекули, имаат способност да се сврзуваат и меѓу себе градејќи големи молекули. Значи:

Реакцијата на адиција при која од голем број мали молекули на една супстанца, при определени услови (висока температура, притисок, катализатор) се добива голема молекула, се нарекува полимеризација.

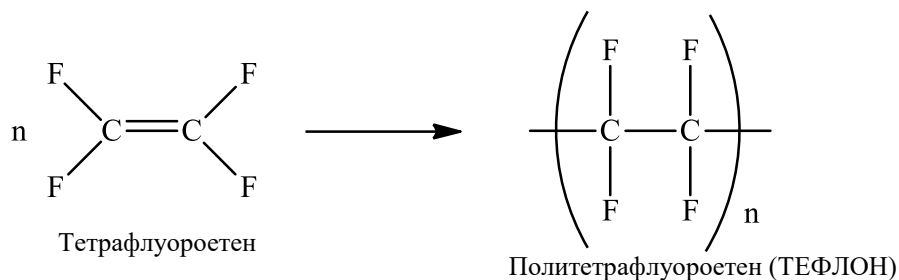
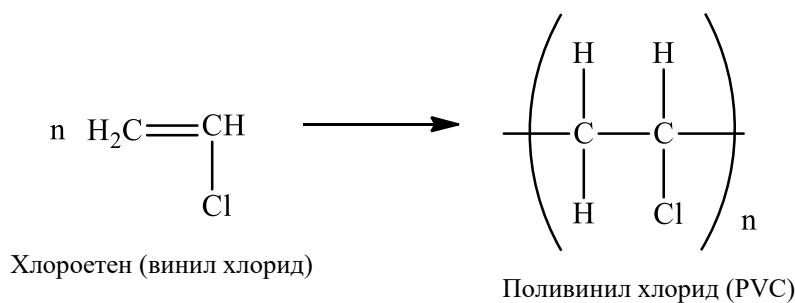
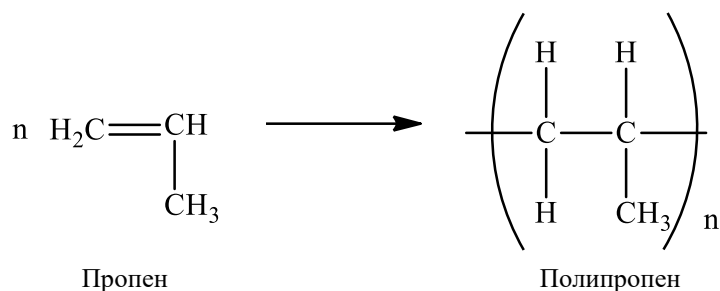
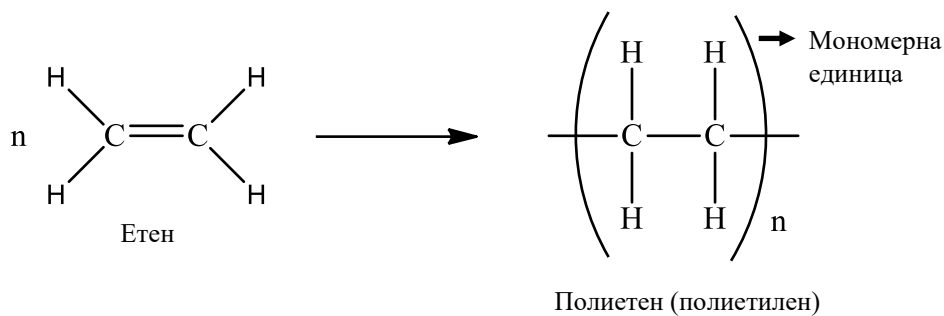
Супстанцата што стапува во реакција на полимеризација (т. е. чии молекули се сврзуваат сами меѓу себе) се нарекува **мономер** (*mono* – еден, *meros* – дел), а продуктот на полимеризација се нарекува **полимер** (*poli* – многу). Постојат и т.н. **кополимери**, кои се добиваат со полимеризација на два различни мономери. Освен тоа, при некои полимеризации, можно е од мономерите, при образувањето на полимерот, да се издвојат мали молекули. Ваквата реакција се нарекува **поликондензација**.

Полимерите се супстанции изградени од молекули со многу големи релативни молекулски маси, во чиј состав влегуваат по неколку илјади идентични структурни единици, т.н. **мономерни единици**, кои во структурата наизменично се повторуваат. Затоа, за полимерите се користи и терминот **макромолекули**.



Слика 3.8. Моделарен приказ за полимеризација на етен.

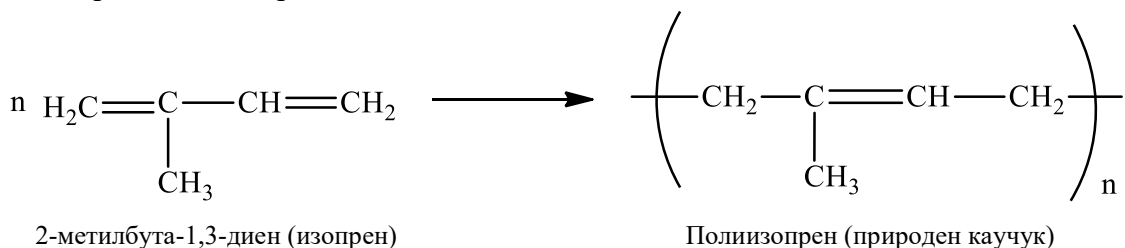
Да разгледаме неколку примери на реакции на полимеризација.



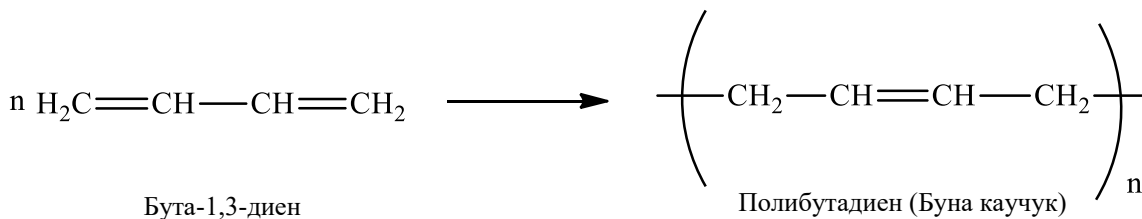
Како што може да се забележи, имињата на полимерите се образуваат со додавање на претставката **поли-** пред името на мономерот, а за голем број полимери се употребуваат кратенки изведени од англискиот јазик (PVC) или трговски називи (ТЕФЛОН).

Полиетенот (полиетилен) наоѓа голема примена во секојдневниот живот. Од него се изработуваат ќесиња, пластични шишиња, пластични цевки итн. Полипропенот се употребува за изработка на садови за домаќинството, како и за лабораториска опрема, играчки и др. Од PVC се изработуваат подни плочки, цевки, електроизолационен материјал и др. Поради силните врски меѓу јаглеродот и флуорот во тефлонот, тој се одликува со голема отпорност кон хемикалии и кон висока температура. Затоа се употребува за обложување на садовите во домаќинството, за лабораториска опрема и како изолатор.

Постојат природни и синтетички полимери, но бројот на синтетички полимери е многу поголем. Од природните полимери, особено се важни полисахаридите (шеќери) и протеините, кои се добиваат со поликондензација. Еден од природните полимери што не е биополимер е **природниот каучук**. Тоа е полимер на 2-метилбута-1,3-диен (изопрен). Тој се добива со 1,4-адиција на огромен број молекули изопрен, сами на себе, според следнава равенка:



Каучукот се добива од каучуковото дрво. Кога каучукот се загрева со сулфур, се добива **гума**. Овој процес се нарекува вулканизација. Со вулканизацијата се подобруваат механичките својства на полимерот. Добивањето каучук и гума има големо технолошко значење, па затоа, освен природен каучук, се добива и вештачки каучук. Синтетичкиот каучук се добива со полимеризација на бута-1,3-диен и се нарекува полибутадиен или „буна“.



Синтетичките полимери се добиваат при посебни услови, како што се, на пример, висок притисок, висока температура, присуство на катализатори итн.

Полимерите (било природните било синтетичките) имаат сосема различни својства од мономерите од кои се добиваат. Со регулирање на условите на полимеризација (температура, притисок итн.) може да се добијат полимери со точно определени својства. Полимерните материјали, кои уште се нарекуваат и пластични маси, може лесно да се обликуваат и од нив да се прават предмети со различна форма, во различна големина и да се бојат во различни бои. Тие се отпорни на вода, атмосферски влијанија, корозија, на голем број хемикалии, а некои од нив издржуваат и високи температури. Сепак, секој полимер има свои специфични својства, па затоа тие имаат големо техничко-технолошко значење.

Меѓутоа, големата хемиска стабилност на многу полимери претставува и сериозен проблем, бидејќи е тешко да се уништат (на пр. согорувањето би ја загадувало човековата околина). Затоа, тие треба да се рециклираат. За жал, многу често, наместо да се рециклира, пластиката се расфрла низ околината. Токму затоа, во последно време, научниците интензивно работат на развој на биоразградливи полимери, кои ќе може релативно брзо да се разложат под дејство на микроорганизмите во почвата.

ДОЗНАЈ НЕШТО ИНТЕРЕСНО

СПРОВОДЛИВИ ПЛАСТИКИ

Најголем број од пластичните материјали се изолатори и затоа наоѓаат примена за производство на штекери и електрични кабли, т. е. за изолација на металните жици. Зборот пластика секогаш асоцира на изолатор.

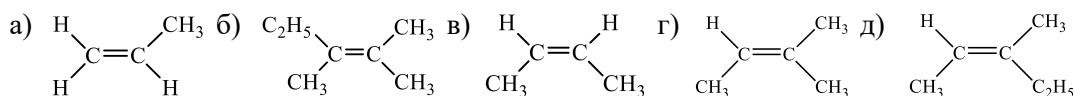
Меѓутоа, во последниве децении се добиени полимери, т. е. пластични материјали што спроведуваат електрична струја. За ова откритие тројца хемичари (Alan J. Heeger, Alan Graham MacDiarmid и Hideki Shirakawa) ја добија Нобеловата награда за хемија за 2000 година.

Спроводливите пластични материјали се полимери во чија структура има конјугирани двојни врски и додатоци на мали количества определени супстанции. Вакви материјали за првпат се направени на средината на 70-тите години, а со тоа се развило ново поле во хемијата и во физиката – наука за спроводливи полимери.

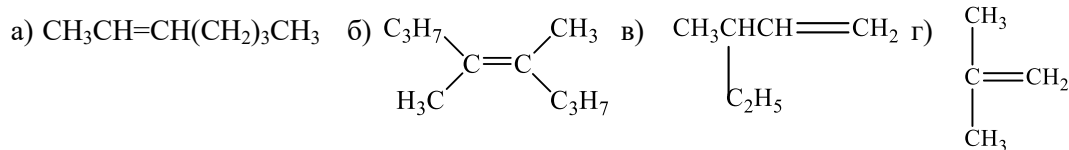
Ова откритие е важно од теоретска гледна точка, но уште поважна е можноста за практична примена на ваквите материјали. Тие може да се користат за заштитни филтри против електромагнетна радијација за компјутерските монитори. Прозорските стакла превлечени со тенок филм од вакви материјали може да се осветлуваат или да се затемнуваат во зависност од јачината на светлината. Исто така, важни се за изработка на соларни ќелии, екрани за мобилни телефони и мини ТВ и компјутерски монитори. Најголема перспектива има во можноста од нив да се изработуваат делови во електрониката, т. е. делови што ќе се состојат само од една молекула!

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

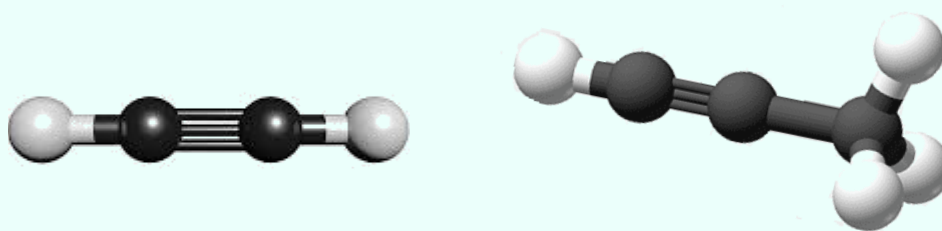
1. Колку вкупно единечни врски и колку вкупно σ -врски и π -врски постојат во молекулата на пент-2-ен?
2. Која е молекулската формула на алкенот: а) кој содржи 9 јаглеродни атоми во својата молекула, б) кој содржи 34 водородни атоми во својата молекула?
3. Кај кои од следниве алкени е можна *cis-trans* изомерија?



4. Именувај ги следниве алкенил групи: а) $-\text{CH}=\text{CH}_2$; б) $-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$; в) $-\text{CH}=\text{CHCH}_3$.
5. Напиши ги рационалните формули на следниве алкени: а) 2-метилбут-1-ен; б) *trans*-2-метилхекс-3-ен; в) 3-метилокт-3-ен; г) *cis*-хепт-2-ен; д) *cis*-2,5 диметилхекс-3-ен.
6. Именувај ги следниве алкени:



7. Нацртај ги рационалните формули на положбените изомери на октен и определи кај кои од нив постои геометричка изомерија.
8. Кое соединение се добива со елиминација на HCl од 3-метил-1-хлоропентан? Напиши ја равенката на реакцијата и кажи како се нарекува овој вид реакција.
9. Напиши ја равенката на реакцијата на дехалогенирање на 2,3-дихлорохексан и именувај го добиеното соединение.
10. Напиши ја равенката на реакцијата на дехидратација на пропан-1-ол и именувај го добиеното соединение. Која супстанца се користи како дехидратационо средство?
11. Напиши ја равенката на реакцијата на адиција на бромоводород на бут-2-ен. Дали оваа адиција се одвива според Марковниковото правило? Образложи го одговорот.
12. Напиши ја равенката на реакцијата на адиција на HCl на 2-метилхекс-1-ен и именувај го добиеното соединение.
13. Од кое соединение треба да се тргне со цел со дебромирање да се добие пент-1-ен? Напиши ја равенката на реакцијата.
14. Напиши ја равенката на реакцијата на адиција на водород на 2,4,4-триметилпент-2-ен и именувај го добиеното соединение.
15. Напиши ја равенката на согорување нонен.
16. Кое соединение се добива со оксидација на етен со KMnO_4 во базна средина?
17. Која е молекулската формула на диенот: а) кој содржи 7 јаглеродни атоми во својата молекула; б) кој содржи 18 водородни атоми во својата молекула?
18. Класифицирај ги следниве диени како кумулирани, конјугирани и изолирани и напиши ги нивните имиња.
 а) $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$; б) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}=\text{CHCH}_3$; в) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}_3$;
 г) $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CHCH}_3$; д) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$; е) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}_2$
18. Напиши ги рационалните формули на следниве диени: а) 2-метилхепта-1,5-диен; б) 2,3,3-триметилхекса-1,4-диен; в) 3-метилхекса-1,2-диен; г) 3,3-диметилхекса-1,5-диен.
19. Именувај ги следниве диени:
 а) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}=\text{CH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ б) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$
 в) $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3$ г) $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ || \\ \text{CHCH}=\text{CHCH}_3 \end{array}$
20. Напиши ја равенката на реакцијата на адиција на хлор на пента-1,3-диен во молски однос 2 : 1, соодветно, и именувај го добиеното соединение.
21. Напиши ја равенката на реакцијата на адиција на HBr на бута-1,3-диен во молски однос 2:1, соодветно, и именувај го добиеното соединение. Нацртај ја структурната формула на мономерната единица на тефлонот.
22. Напиши ја равенката за полимеризација при која се добива PVC.
23. Напиши ја равенката на реакцијата на полимеризација на 1,1-дихлороетен и именувај го добиениот полимер.



Модуларна единица 4.

АЛКИНИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Алкини“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ го дефинира поимот алкин, применува номенклатура на алкините, објаснува изомерија кај алкините;
- ♦ набројува и објаснува начини за добивање на алкините и ги претставува реакциите со хемиски равенки;
- ♦ набројува физички и хемиски својства на алкините и ги претставува хемиските реакции со хемиски равенки. претставува хемиските реакции со хемиски равенки; објаснува за добивањето и својствата на етинот и неговото значење и примена.

Содржини:

- ♦ Поим, хомолошка низа, номенклаџура и изомерија на алкините
- ♦ Добивање на алкини
- ♦ Физички и хемиски својства на алкините
- ♦ Етин

4.1. ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЈА НА АЛКИНИТЕ

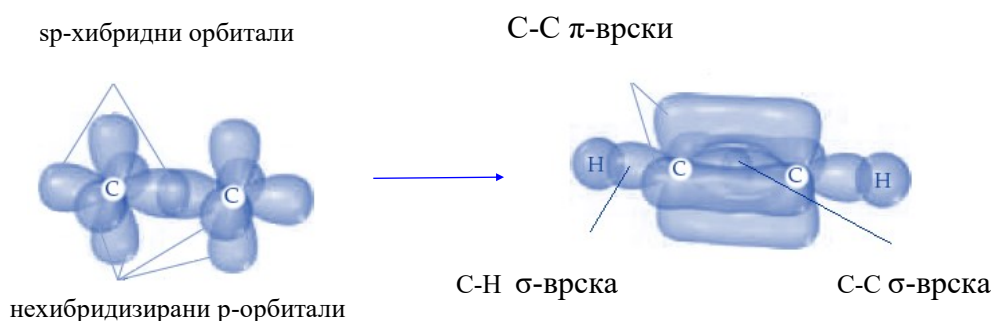
Поим за алкини и хомолошка низа на алкините

Се запознаваме со две големи класи незаситени јаглеродороди, кои во своите молекули содржат двојни врски, алкени и диени. Сега ќе се запознаеме со уште една класа незаситени соединенија, кои во своите молекули содржат тројна врска, а тоа се **алкините**.

Јаглеродородите во чии молекули, освен единечни врски, се содржи и една тројна врска меѓу два јаглеродни атоми се нарекуваат алкини.

За да се образува тројна врска меѓу два јаглеродни атома, тие мора да бидат **sp-хибридизирани**. Кај секој од двата јаглеродни атома се образуваат две хибридни sp-орбитали, а им преостануваат уште по две нехибридизирани p-орбитали. Јаглеродните атоми се сврзуваат меѓу себе со по една од хибридните орбитали, а со преостанатата, со по еден водороден атом притоа образувајќи σ-врски. Хибридните sp-орбитали лежат вдоль една права, па според тоа, двата јаглеродни атома и водородните атоми сврзани за нив лежат, исто така, на една права.

Преостанатите две нехибридизирани p-орбитали на секој од C-атомите се сврзуваат меѓу себе со странично препокривање градејќи две π-врски, кои стојат нормално една во однос на друга и нормално во однос на σ-врските. На ваков начин, во молекулата се образува тројна врска. Значи, во молекулата на етинот (наједноставниот алкин) се образуваат **една тројна врска и две единечни врски**, т. е. **три σ-врски и две π-врски**. На Слика 4.1. е даден сликовит приказ на образувањето на молекулата на етин.



Слика 4.1. Образување на молекулата на етин.

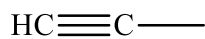
Алкините со поголем број јаглеродни атоми имаат иста градба на делот од молекулата каде што е присутна тројната врска, а останатиот дел од јаглеродната низа се состои од тетраедарски хибридизирани јаглеродни атоми.

Бројот на водородни атоми во молекулата на алкинот е за четири помал во однос на алканот со ист број C-атоми, односно за два во однос на соодветниот алкен. Според тоа, општата формула на хомолошката низа на алкините е:



Номенклатура на алкините

Имињата на алкините завршуваат на наставката **-ин**. Другите правила за именување се исти како и за алкените, односно најдолгата низа мора да ја содржи тројната врска. При нумерирањето на јаглеродните атоми, тројната врска има предност пред супституентите. Радикалите изведени од алкините ја содржат наставката **-инил**. На пример:

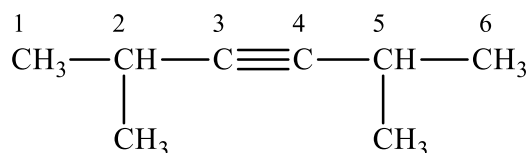


Етинил радикал

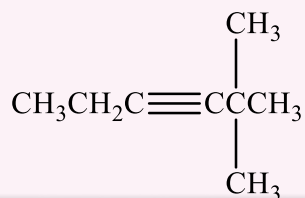
Пример 4.1. Напиши ја рационалната формула на алкинот чие име е 2,5-диметилхекс-3-ин.

Решение:

Од името на соединението може да се заклучи дека најдолгата низа содржи шест C-атоми (-хекс-), а дека тројната врска започнува на третиот јаглероден атом (-3-ин). На вториот и на петтиот C-атом сврзани се метил групи. Според тоа, бараната формула е следнава:

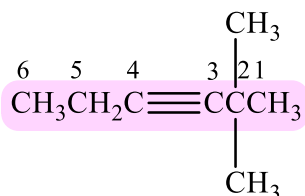


Пример 4.2. Кое е името на алкинот претставен со следнава формула:



Решение:

Од дадената формула се гледа дека може да се изберат три низи што ја содржат тројната врска и секоја од нив има шест C-атоми. Тројната врска започнува од третиот C-атом, без оглед од која страна ќе започнеме да броиме. Бидејќи, во однос на тројната врска нема разлика од која страна на низата ќе почнеме да ги нумерираме C-атомите, тогаш ќе почнеме да броиме од онаа страна на низата од која C-атомите со супституентите ќе добијат пониска бројна вредност.

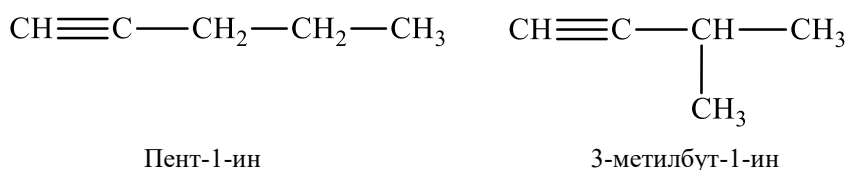


Одговор: Името на алкинот претставен со оваа формула е: 2,2-диметилхекс-3-ин.

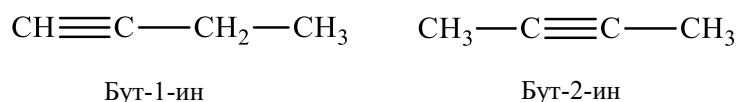
Изомерија на алкините

Кај алкините постои можност за сите три вида структурна изомерија: изомерија на низата, положбена изомерија и изомерија на функционалните групи. Меѓутоа, за разлика од алкените, **кај алкините не постои можност за геометриска изомерија**, бидејќи за јаглородните атоми сврзани со тројна врска не може да се сврзат два различни атоми или атомски групи.

1. **Изомеријата на низата** започнува од петтиот член на хомолошката низа, т. е. од пентинот, C_5H_8 .



2. **Положбената изомерија** започнува од четвртиот член на хомолошката низа, односно од бутинот.



3. **Функционална изомерија (изомерија на функционалните групи).** Алкините покажуваат функционална изомерија со диените и со циклоалкените, со кои имаат исти формули на хомолошките низи, т.е. C_nH_{2n-2} .

Пример 4.3. Напиши ги рационалните формули на положбените изомери на хексинот, C_6H_{10} , и именувај ги.

Решение:

Најпрво ќе ја напишеме формулата на хексинот кај кој тројната врска започнува од првиот јаглороден атом, а потоа ќе ги изведеме другите положбени изомери. Водејќи сметка дека броењето од едната страна на низата е идентично со броењето од другата страна на низата, лесно ќе се заклучи дека за хексинот постојат само три положбени изомери.

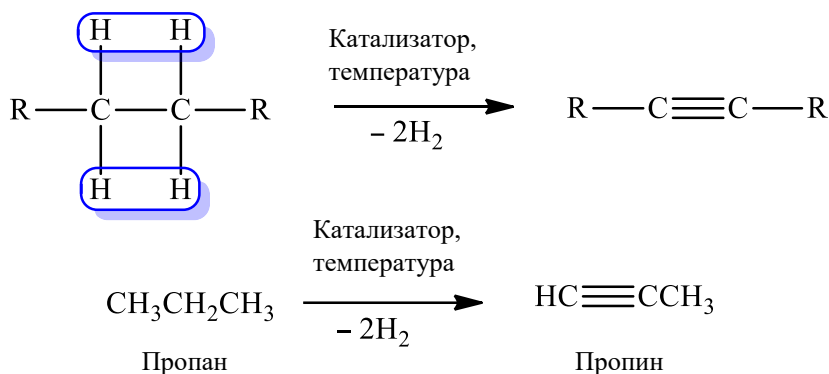


4.2. ДОБИВАЊЕ НА АЛКИНИ

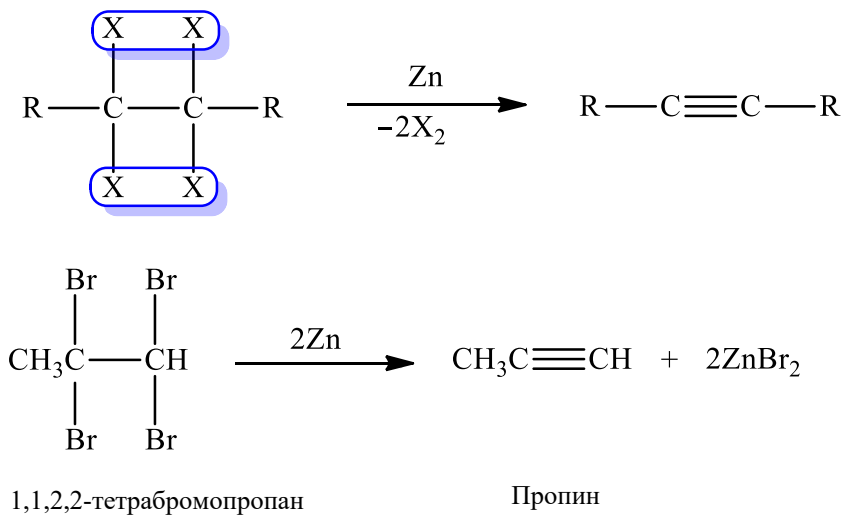
Алкините, во слободна состојба, многу малку се среќаваат во природата. Затоа, тие се добиваат со различни методи на синтеза. Синтетичките методи за добивање алкини се слични како оние за алкените и се базираат на **реакции на елиминација**. Разликата се состои во тоа што за да се добијат алкини од заситено соединение, мора елиминацијата да се изведе во молски однос 1 : 2.

Примери:

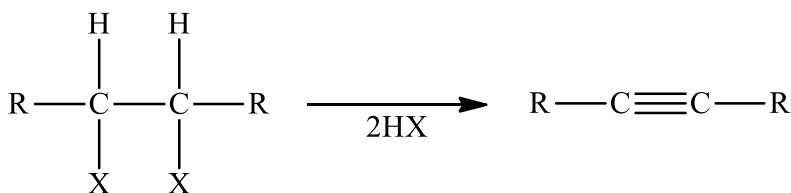
1. Елиминација на водород (дехидрогенација)

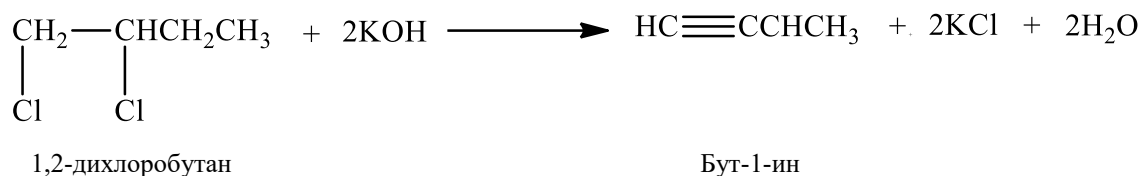


2. Елиминација на дихалогенид (дехалогенирање)

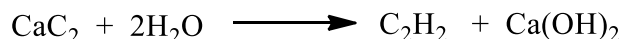


3. Елиминација на халогеноводород (дехидрохалогенирање)





Првиот член на хомолошката низа, етин, C_2H_2 , како индустриски, така и лабораториски, може да се добие од калциум карбид и вода според следнава равенка:



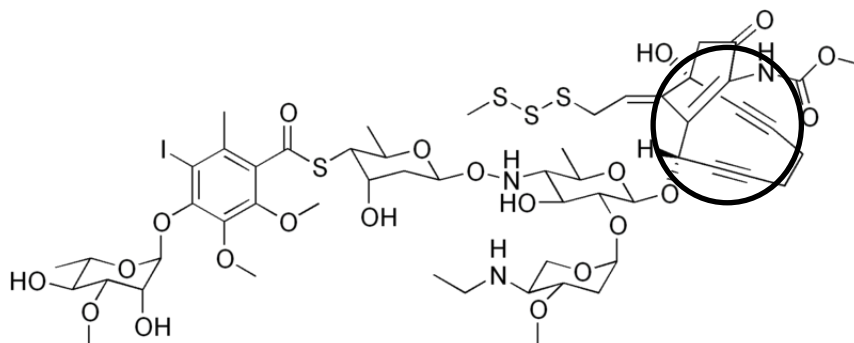
Експеримент: Лабораториско добивање на етин

Во колба се става неколку грами калциум карбид. Колбата се затвора со тапа низ која минува вратот од одделителна инка и двојно свиткана стаклена цевка. Од одделителна инка, капка по капка, се додава вода. Издвоениот гас се собира во епрувета под вода. Набљудувај го гасот што се добива! Кон отворот на епруветата се принесува запалено чкорче. Набљудувајте со каков пламен гори гасот?

ДОЗНАЈ НЕШТО ИНТЕРЕСНО

ЕНДИИНИ – НОВИ АНТИТУМОРНИ ЛЕКОВИ

Научниците од различни области долго време биле заинтересирани за природата, механизмот на дејство и потенцијалот на некои природни токсини што имаат исклучителни антибактериски и антитуморни дејства. Една од овие интересни класи природни производи е класата на **ендиини**, група потентни антитуморни супстанции, кои денес се сметаат за едни од најактивните хемотерапевтски агенсии. Сите природни производи од оваа класа се состојат од низа на тројна – единечна – двојна – единечна – тројна врска во јаглеродниот скелет. Овој распоред на врски им ги дава антитуморните својства на ендиините, бидејќи конформациските промени што се случуваат во природните производи ги приближуваат тројните врски, при што активираат електроциклична реакција со формирање ароматичен прстен. Овој прстен има два неспарени електрони што може да ги уништат DNA-молекулите на канцерот. Еден од сложените примери на ендиин е калихеамицин гама-I, кој понекогаш се нарекува интелегентно оружје, бидејќи со еден софистициран механизам ги уништува клетките на канцерот. Постојат и други ендиини во природата, како што се неокарциностагин и динемидин А, кои содржат сличен распоред на врски. Подолу е дадена формулата на калихеамицин гама-I, а делот каде што се наоѓаат двете тројни врски е заокружен.



4.3. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКИНИТЕ

Физички својства

Алкините имаат слични физички својства како алканите и алкените. Тие се неполарни соединенија, нерастворливи во вода, а растворливи во неполарни растворувачи. Алкините до петтиот член во низата се гасови, а потоа, со растење на релативната молекулска маса, агрегатната состојба се менува од гасовита во течна (до $C_{16}H_{30}$), а потоа следуваат цврсти супстанции.

Хемиски својства

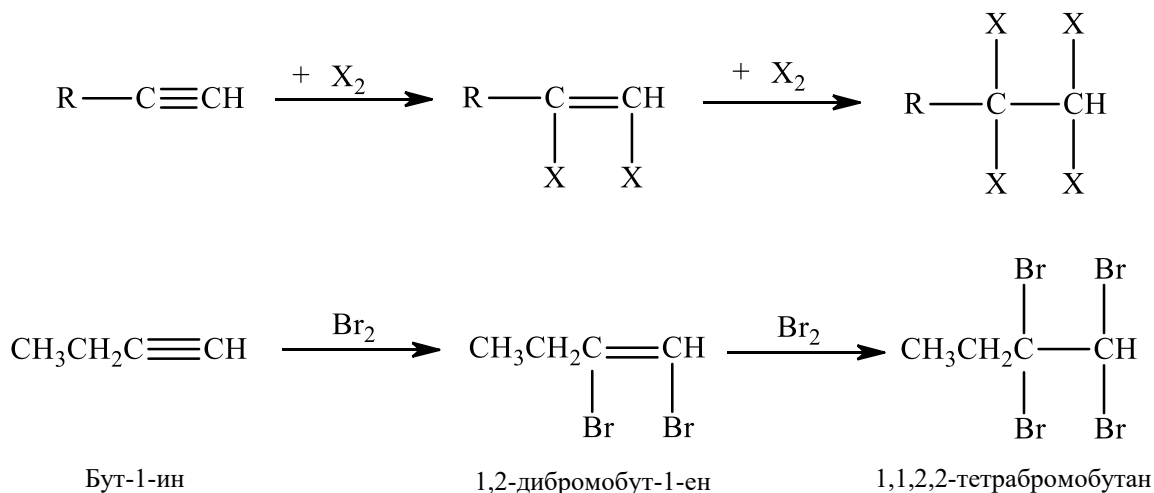
Кај алкините постои тројна врска во молекулата, која се состои од една σ -врска и од две π -врски. Затоа, алкините, слично како и алкените, стапуваат во реакции на електрофилна адиција. Тројната врска е покуска и од единечната и од двојната врска, а електроните од тројната врска се сместени поблизу до јадрата на јаглеродните атоми. Поради тоа, кај етинот и кај алкините со тројна врска на првиот C-атом (т.н. терминални алкини), водородните атоми релативно лесно може да се откинат. Ова раскинување е хетеролитичко и притоа се добиваат H^+ јони и карбоанјони. Тоа значи дека овие алкини покажуваат делумно кисел карактер. Затоа, реакциите на алкините може да ги поделиме, главно, на две групи:

- ♦ Реакции на електрофилна адиција на тројната врска и
- ♦ Реакции со силни бази, при кои алкините реагираат како киселини.

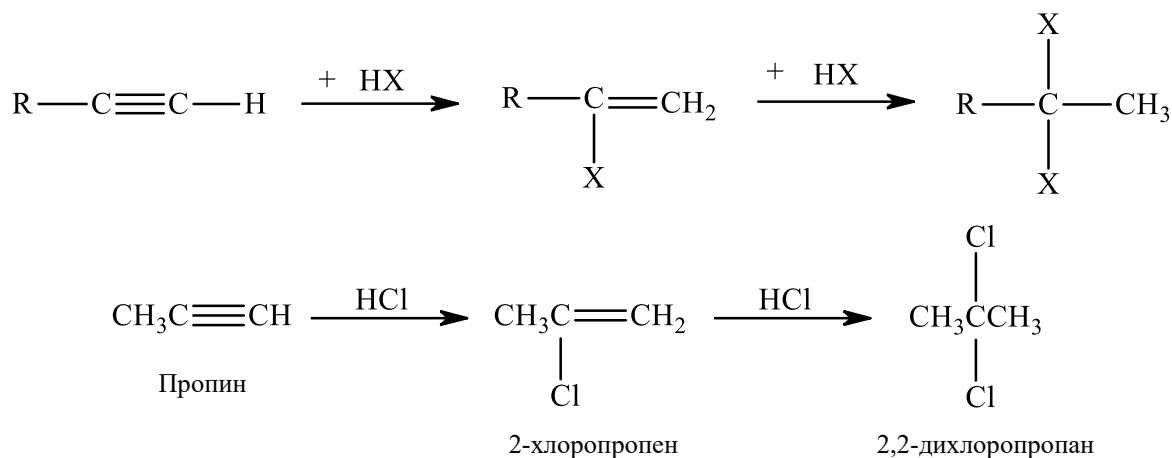
1. Реакции на електрофилна адиција

Поради двете π -врски во тројната врска, кај алкините е можна електрофилна адиција во молски однос 1 : 1 (алкин : реактант), при што се добива соединение со двојна врска или во молски однос 1 : 2, при што се добива заситено соединение.

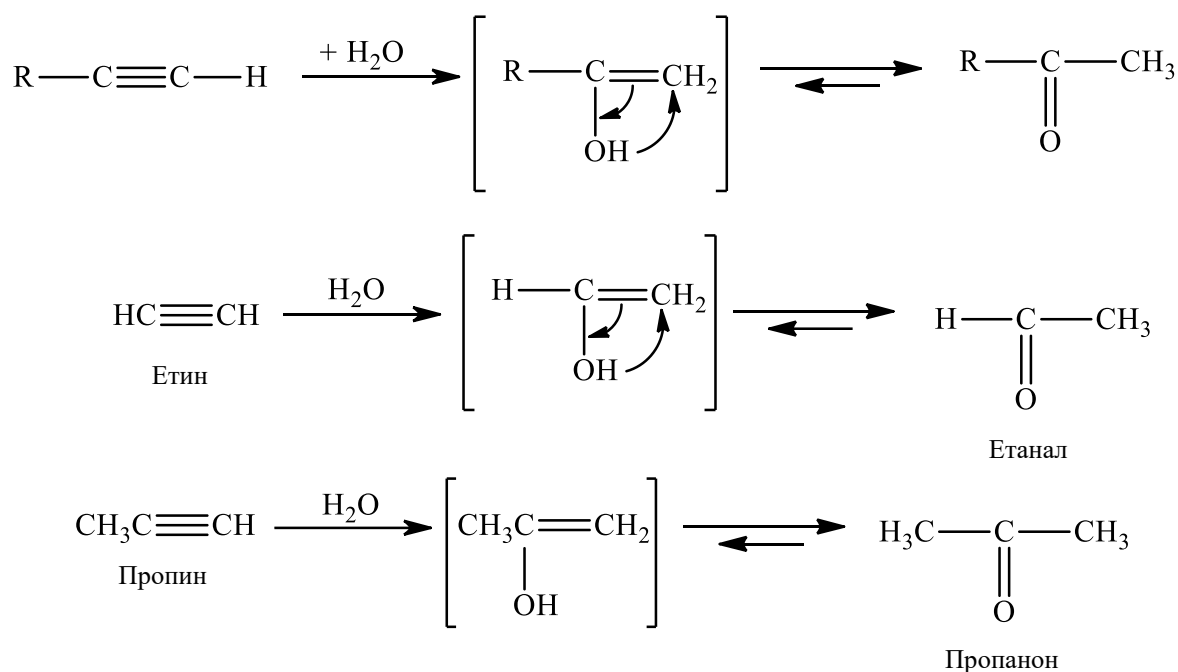
а) Халогенирање



б) Хидрохалогенирањето, доколку се изведува на несиметричен алкин, се одвива според **Марковниковото правило**, бидејќи самиот халогеноводород е асиметричен реагент.



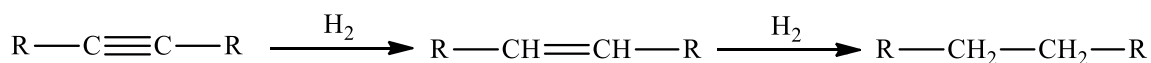
в) Хидратацијата, т. е. адицијата на вода на некој алкин се одвива, исто така, според **Марковниковото правило**. Меѓутоа, на почетокот на реакцијата се добива соединение што содржи хидроксилна група на С-атом сврзан со двојна врска (кое се нарекува енол). Ваквото соединение не е стабилно (во равенката е означено со средни загради). Затоа, во текот на реакцијата доаѓа до прегрупирање (изомеризација), при што од енол се добива карбонилно соединение (алдехид или кетон). Карбонилните соединенија ќе ги изучуваме подоцна.



2. Оксидацијата на алкините се одвива полесно од оксидацијата на алкените. На пример, при оксидација со поблаги оксидациони средства и услови од етинот се добива етандиска (оксална) киселина. Но, при поенергични услови, со посилни оксидациони средства, низата се раскинува на местото на тројната врска и се добиваат две карбоксилни киселини. За овие реакции ќе стане збор понатаму.

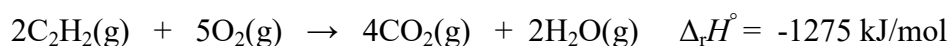
3. Хидрогенација на алкини

Со хидрогенација на алкини во молски однос 1:1 се добиваат алкени, а во молски однос 1:2 се добиваат алкани.



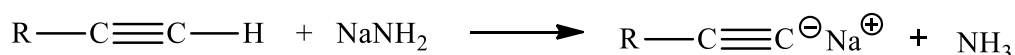
4. Горење на алкини

Како и другите јаглеводороди, и алкините горат запалени на воздух, при што се ослободува големо количество топлина, а продукти на горењето се јаглерод диоксид и вода. На пример:

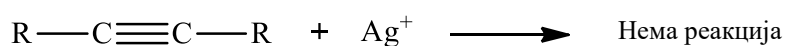
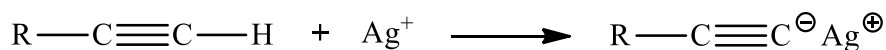


5. Образување ацетилиди

Веќе спомнавме дека етинот и терминалните алкини во некои случаи може да пројават кисели својства. Иако алкините не оддаваат протони на водата, при определени услови може да се случи хетеролитичко раскинување на ковалентната врска меѓу водородот и јаглеродниот атом сврзан со тројна врска и да се добие H^+ јон и анјон. Значи, водородниот атом сврзан за С-атомот од тројната врска може да се замени со метални јони. Притоа се добиваат соединенија што се нарекуваат **ацетилиди**. Оваа реакција се одвива под дејство на супстанции со силни базни својства, како што е, на пример, натриум амид (NaNH_2).



Добивањето сребро ацетилид е реакција што служи за идентификација на етинот и терминалните алкини, бидејќи другите јаглеводороди не даваат ваква реакција. Некои други ацетилиди, како, на пример, бакар(I) ацетилид, се обоени цврсти супстанции.



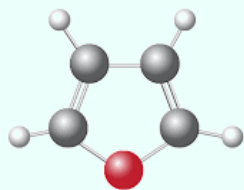
Ацетилидите претставуваат јонски соединенија. Некои ацетилиди се експлозивни при удар или при загревање. Во воден раствор, тие лесно хидролизираат давајќи базна средина, при што се издвојува алкиниот. Всушност, реакцијата за добивање етин што ја разгледавме претходно претставува реакција на хидролиза на неговиот калциумов ацетилид. Со хидролиза на други ацетилиди може да се добијат соодветните алкини.

Етин (ацетилен)

Наједноставниот алкин, **етин (ацетилен)**, C_2H_2 , се користи во хемиската индустрија многу повеќе од сите други алкини. Од него се добиваат ароматични соединенија, алкохоли, оцетна киселина итн. Поради големото количество топлина што се ослободува при неговото согорување, се користи во горилниците, на пример, за автогено заварување метали, но и за т.н. карбидни светилки. Заедно со други супстанции, се користи и како ракетно гориво. Другите алкини, исто така, се ползуваат во хемиската индустрија за добивање алдехиди, кетони, разни органски растворувачи и супстанции што се користат за добивање гума и други полимерни материјали.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

1. Колку вкупно единечни врски и колку вкупно σ -врски и π -врски постојат во молекулата на пропин?
2. Која е молекулската формула на алкинот: а) кој содржи 14 јаглеродни атоми во својата молекула; б) кој содржи 30 водородни атоми во својата молекула?
3. Напиши ги рационалните формули на следниве алкини: а) 3-етилхепт-1-ин; б) 3-метилбут-1-ин; в) дек-3-ин; г) 5-метилхекс-2-ин; д) 3,5-диметилхепт-1-ин; ё) 4,4-диметилпент-2-ин.
4. Именувај ги следниве алкини:
 а) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CHCH}_3}$ б) $\text{CH}\equiv\text{CCH}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_2}\underset{\text{CH}_3}{\text{CHCH}_3}$ в) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CCH}_3$ г) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{CCH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\ ||| \\ \text{CCH}_2\text{CH}_3 \end{array}$
5. Напиши ги рационалните формули на сите положбени изомери на октинот.
6. Напиши ги рационалните формули на сите можни соединенија со молекулска формула C_4H_6 и определи ги видовите изомерија што постојат меѓу нив.
7. Колкав волумен етин, мерен при стандардни услови, може да се добие од 30 g калциум карбид при реакција со вода?
8. Од кое соединение треба да се тргне со цел со дехидробромирање да се добие пент-2-ин? Напиши ја равенката на реакцијата.
9. Кое соединение се добива со дехалогенирање на 2,2,3,3-тетрахлорохептан доколку елиминацијата се изведува во молски однос 1 : 2? Напиши ја равенката на реакцијата.
10. Напиши ја равенката на реакцијата меѓу бут-1-ин и бромоводород кога реагираат во молски однос 1 : 2 и именувај го добиениот продукт.
11. Напиши ја равенката на реакцијата меѓу пент-1-ин и хлороводород кога реагираат во молски однос 1 : 1 и именувај го добиениот продукт.
12. Каков вид соединение се добива при адиција на вода на пент-1-ин? Напиши ја равенката на реакцијата и објасни зошто се добива ваков тип продукт.
13. Кое соединение ќе се добие при адиција на водород на пропин во молски однос 1 : 2 (пропин : водород)? Напиши ја равенката на реакцијата.
14. Напиши ја равенката на реакцијата за согорување пентин.
15. Колкав волумен јаглерод диоксид, мерен при стандардни услови, ќе се добие при согорување 10 g пропин?
16. Каков вид реакција треба да изведеш за да докажеш дека има етин во смеса со етан и со етен? Напиши ја равенката на реакцијата.
17. Кои од следниве алкини: а) пент-2-ин; б) окт-1-ин; в) хекс-3-ин; г) пропин; д) хепт-3-ин не образнуваат ацетилиди? Образложи го одговорот.
18. Каква ќе биде рН на раствор (кисела, неутрална или базна) во кој е растворен калиум ацетилид? Образложи го одговорот.
19. Колкав волумен хлор, мерен во милилитри при стандардни услови, може најмногу да се адире на 35 g хепт-2-ин? Напиши ја равенката на реакцијата и името на добиениот продукт.



Модуларна единица 5.

АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА

Со изучување на содржините од модуларната единица „Ароматични соединенија“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

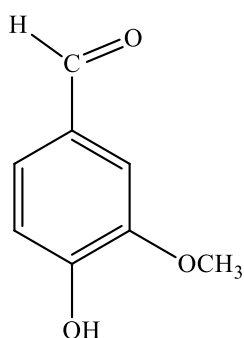
- ♦ ја опишува структурата на бензенот и да го применува Хикеловото правило за ароматичност за препознавање на ароматични структури;
- ♦ ги дефинира ароматите, ја применува номенклатурата за ароматите и ја познава изомеријата на ароматите;
- ♦ познава индустриски и лабораториски начини за добивање бензен и некои важни аромати;
- ♦ ги познава основните физички својства на бензенот и ароматите; разликува реакции на бензенското јадро од реакции во страничните низа кај ароматите; пишува равенки на реакции на електрофилна ароматична супституција и на реакции во страничните низа;
- ♦ пишува формули на соединенија со фузирани бензенски јадра и на хетероциклични ароматични соединенија и да го применува Хикеловото правило за ароматичност на нивните структури.

Содржини:

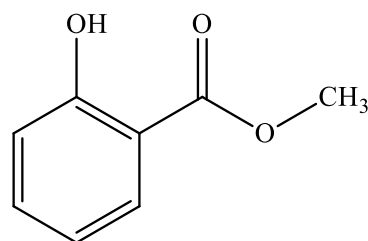
- ♦ Структура на бензенот и Хикелово правило за ароматичност
- ♦ Поим, номенклатура и изомерија кај ароматите
- ♦ Наоѓање и добивање на бензен и аромати
- ♦ Физички и хемиски својства на бензен и аромати
- ♦ Ароматични соединенија со фузирани бензенски јадра и хетероциклични ароматични соединенија

5.1. СТРУКТУРА НА БЕНЗЕНОТ И ХИКЕЛОВО ПРАВИЛО ЗА АРОМАТИЧНОСТ

Ароматичните органски соединенија се голема група соединенија кои според својата структура и својства се многу поразлични од останатите класи органски соединенија. Порано, пред да се знае вистинската причина за специфичните својства на оваа класа соединенија, во оваа класа се вбројувале соединенија што имаат специфичен мирис, како на пример, ванилинот, метил салицилатот, бензалдехидот итн. Оттаму и името ароматични соединенија.

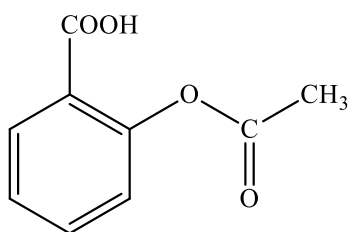


Ванилин

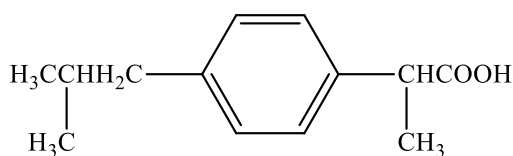


Метил салицилат

Денес се знае дека најголемиот број соединенија од оваа класа всушност немаат мирис, но имаат друга важна структурна особина што ги здружува во иста класа. Голем број ароматични соединенија се изолирани од природни производи, но во денешно време уште поголем број се синтетички добиени, меѓу нив голем број лекови.



Аспирин



Ибупрофен

Типичен претставник на оваа класа органски соединенија е **бензенот**. Поради тоа, најпрво ќе се запознаеме со својствата на ова соединение, а потоа со поважните претставници на оваа класа органски соединенија.

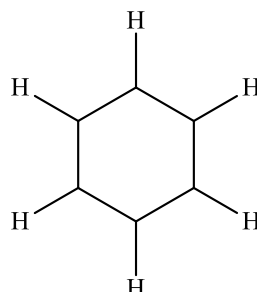
Уште од средината на 19. век, структурата на бензенот претставувала вистинска енигма за хемичарите. Во тоа време биле познати неколку податоци за ова соединение: неговата молекулска формула **C₆H₆** и некои хемиски својства, на пример дека учествува во реакција на супституција, а не во реакција на адиција. Исто така, во тоа време се знаело дека кога бензенот реагира со бром во присуство на FeBr₃, се добива **само едно соединение со молекулска формула C₆H₅Br**.

Според овие карактеристики хемичарите заклучиле дека **сите шест водородни атоми во бензенот се еквивалентни**.

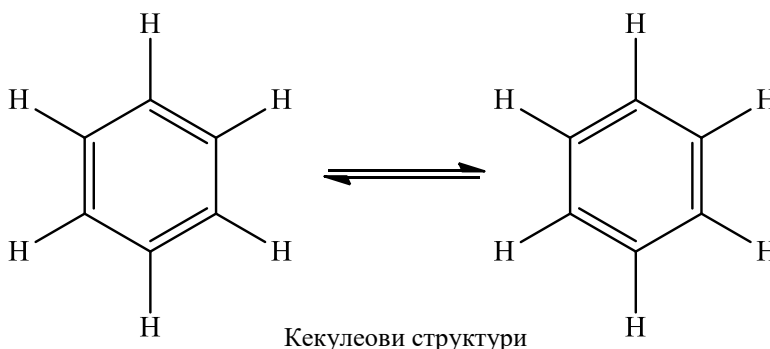


Слика 5.1. Фридрих Аугуст Кекуле, хемичарот кој прв ја предложил структурата на бензенот.

Врз основа на спомнатите хемиски карактеристики на бензенот, Кекуле во 1865 година, предложил структура на бензенот во форма на правилен шестоаголник:



Меѓутоа, во оваа структура очигледно било дека јаглеродниот атом е тривалентен наместо четивалентен. Поради тоа, подоцна, Кекуле ја модифицирал оваа структура и претпоставил дека постојат две структури кои се наоѓаат во рамнотежа:



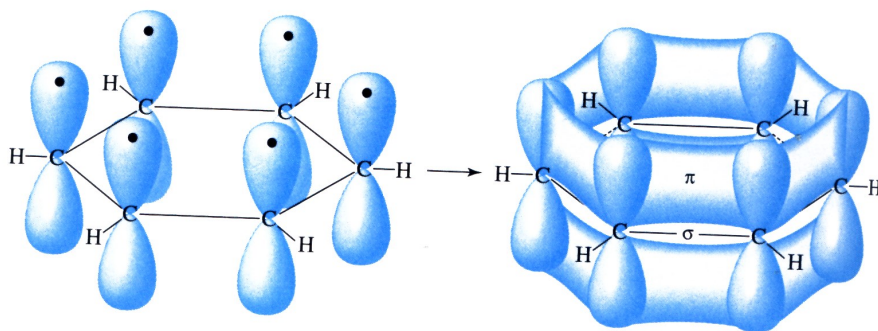
Овие структури се познати како **Кекулеови структури**. Според Кекуле, во овие структури двојните и единечните врски многу брзо си ја менуваат положбата, така што овие две форми не би можеле да бидат изолирани. И покрај недостатоците, заради едноставноста, Кекулеовите формули сè уште се користат во органската хемија.

Современо толкување за структурата на бензенот

Според Кекулеовите структури во молекулата на бензенот постојат три единечни и три двојни врски. Но, како што е познато, единечната врска е подолга од двојната врска, а во молекулата на бензенот сите должини на врските меѓу јаглеродните атоми се еднакви. Затоа, структурата на бензенот мора да биде објаснета со современите гледишта за структура на молекулите.

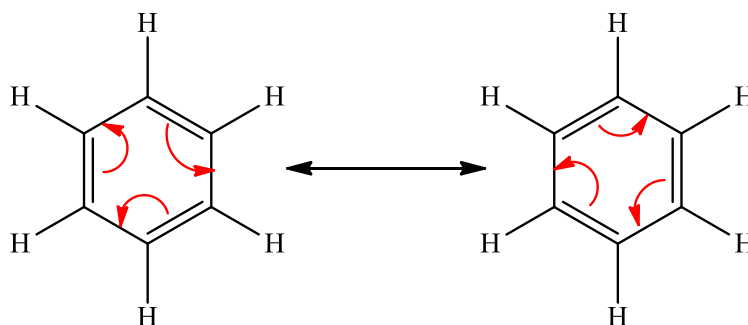
Линус Полинг (Linus Pauling) во 1930 година предложил прва посовремена претстава за бензенот. Според Полинг, сите шест јаглеродни атоми се **sp² хибридизирани**, па затоа сите лежат во една рамнина и бензенот може да се претстави како правилен шестоаголник во кој C-C-C и C-C-H аглите изнесуваат 120°. Овие орбитали се користат за образување на σ -врски помеѓу C-атомите и C-атомите со H-атомите.

Меѓутоа, на секој C-атом, му останува уште по една нехибридирана p-орбитала. Овие орбитали можат странично да се препокриваат и да градат π -врски. Доколку би се граделе π -врски меѓу два C-атоми, би се добиле три покуси (двојни врски) и три подолги (единечни врски). Но, структурните испитувања покажале дека должините на C-C врските се еднакви (140 pm), а според должината се меѓу единечна и двојна врска. Ова значи дека не доаѓа до препокривање на p-орбиталите меѓу два C-атоми, туку дека секоја p-орбитала се препокрива, делумно, со секоја соседна. На ваков начин се образува т.н. **π електронски облак** којшто е заеднички за сите шест C-атоми.



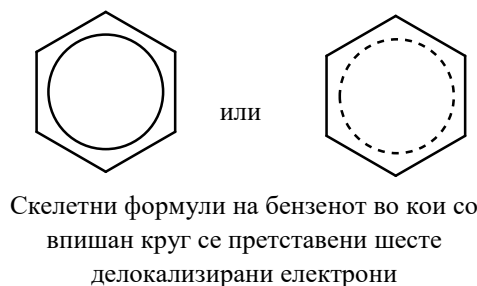
Слика 5.2. Образување на π -електронски облак кај бензенот.

π -електронскиот облак се состои од шест електрони што се под влијание на јадрата на сите шест јаглеродни атоми. На таков начин, тие не се локализирани меѓу два C-атоми како кај алкените, туку се **делокализирани** низ целиот прстен. Поради ваквата делокализација, молекулата на бензенот се стабилизира и покажува поинакво хемиско однесување од други соединенија. За поедноставување на оваа појава, Полинг вовел посебен графички приказ на врските во бензенот, како што е прикажано подолу.



Вистинската структура на бензенот претставува, всушност, хибрид од овие две еквивалентни структури кои се нарекуваат **резонантни структури**. За да се покаже дека овие структури не постојат и не се реални, тие се разделени со една двонасочна стрелка $\longleftrightarrow$. Според овој модел, структурата на бензенот графички се претставува како **резонантен хибрид** од две резонантни структури.

Хибридна структура на бензенот се претставува со правилен шестоаголник со впишан круг кој ги претставува шесте делокализирани π електрони. Во овој учебник, покрај овие претстави, ќе се користат и Кекулеовите структури.



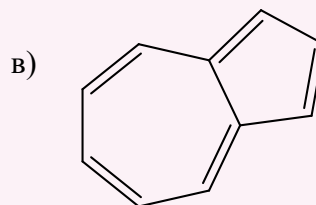
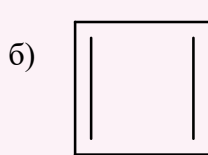
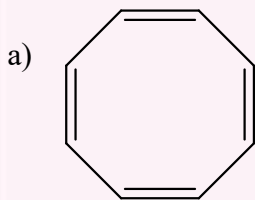
Хикелово правило за ароматичност

Кажавме дека постојат голем број други соединенија со слична структура и слични својства со оние на бензенот. Овие соединенија со заедничко име се викаат **ароматични соединенија**. За едно соединение да припаѓа на класата ароматични соединенија, тоа треба да го исполнува **Хикеловото правило за ароматичност** (Erich Hückel), според кое:

- ♦ честичката (молекула или јон) мора да има **циклична, конјугирана, планарна структура**
- ♦ атомите што го образуваат прстенот да се **sp^2 хибридизирани**
- ♦ да содржи **$4n + 2$ π -електрони**, каде n е некој природен број или 0, т.е. 0, 1, 2, 3, ...

Со други зборови, само цикличните и планарните молекули и јони со 2, 6, 10, 14, 18 итн. π -електрони може да бидат ароматични. Во делокализиранiot електронски систем може да учествуваат и неподелени (осамени) електронски парови. Да го разгледаме ова, на следниов пример.

Пример 5.1. Кои од соединенија, претставени со следниве формули, се ароматични ?

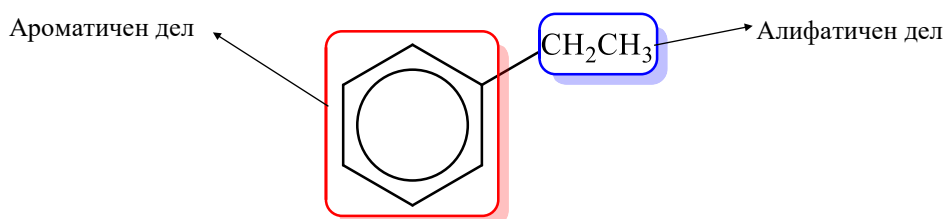


Решение:

За да се определи дали едно соединение е ароматично или не е, треба да се примени правилото на Хикел. За да биде соединението ароматично, треба да е циклично и планарно. Овој услов го исполнуваат сите наведени соединенија. Меѓутоа, соединението треба да содржи $(4n+2)$ π -електрони ($n = 0, 1, 2, \dots$), односно треба да содржи 2, 6, 10, 14 итн. π -електрони. Овој услов го исполнува само соединението в). Имено, во соединението под в) има десет π -електрони (по два електрони од секоја π -врска од двојната врска), а кај соединенијата под а) и б) има 8 и 4 π -електрони, соодветно, што значи дека тие не се ароматични.

5.2. ПОИМ, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЈА КАЈ АРЕНИТЕ

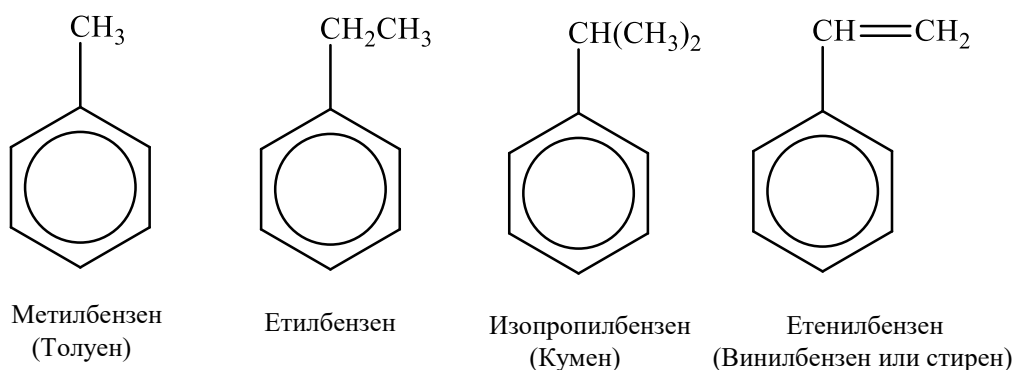
Арените се група соединенија кои според својата структура не се ниту чисто алифатични ниту чисто ароматични. Тие се составени од алифатичен и ароматичен дел. На пример, етилбензенот се состои од бензенски прстен и алифатична низа. Според алифатичната низа, арените може да се поделат на: **алкилбензени**, **алкенилбензени** и **алкинилбензени**.



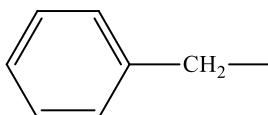
Номенклатура на аргени

Бензенот зазема посебно место во органската хемија. Во IUPAC-овата номенклатура неговото име се третира како тривијално, а поради специфичноста на ова соединение тоа име е општо прифатено во сите номенклатурни системи. Треба да се одбележи дека под влијание на германскиот јазик се сретнува и името бензол. Ова е погрешно и не треба да се користи, зашто наставката -ол во органската номенклатура означува присуство на хидроксилна група. Едновалентниот радикал на бензенот $-\text{C}_6\text{H}_5$ се вика **фенил радикал**.

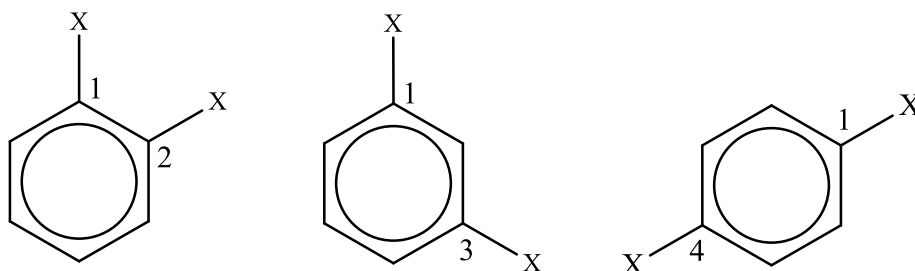
Со замена на водородните атоми со различни радикали, можат да се добијат различни деривати на бензенот. При замена на еден водороден атом во бензенот со различни атоми и атомски групи, се добива само едно соединение. Во тој случај соединението се именува така што пред зборот бензен се додава името на супституентот. Некои од овие соединенија имаат и тривијални имиња. На пример:



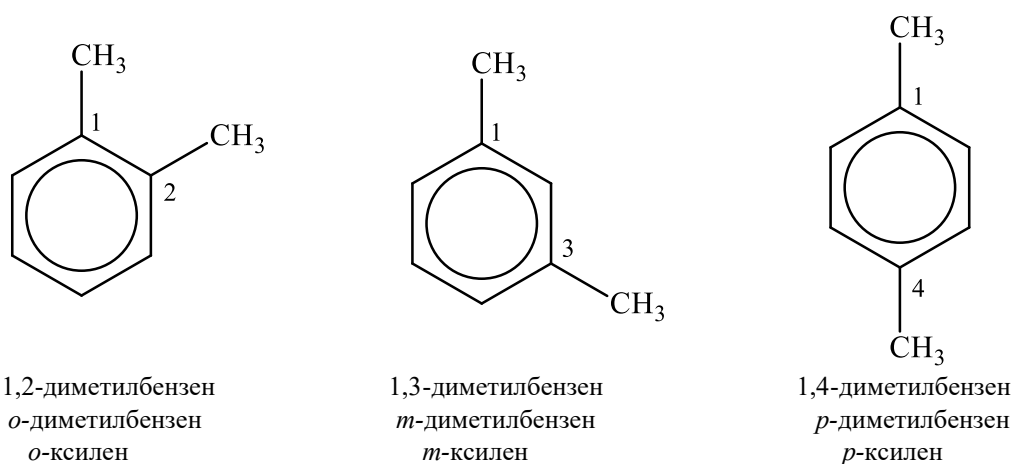
Еден важен радикал, изведен од алифатичниот дел на толуенот, е т.н. **бензил радикал**, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\cdot$.



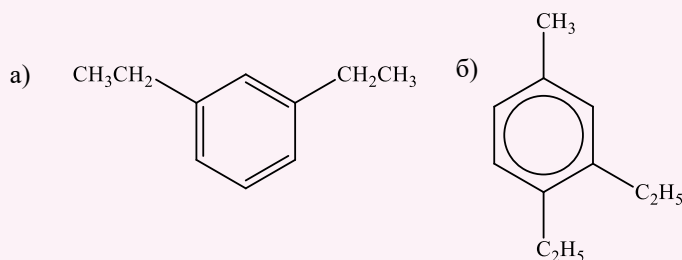
Поради еквивалентноста на водородните атоми во бензенот, можни се само три дисупституирани деривати на бензенот. Нумерирањето на C-атомите во бензенското јадро кај ди- и повеќе супституираните деривати на бензенот се изведува во насока супституентите да добијат пониски бројни вредности, како што е прикажано подолу.



Кај дисупституираните деривати на бензенот се прифатени тривијални називи за означување на положбата на супституентите. Така, за означување на положбите 1,2-, 1,3- и 1,4-, се користат префиксите ***o***- (орто) ***m***- (мета) и ***p***- (пара), соодветно. Освен тоа, диметилбензените имаат тривијално име **ксилен**. На пример:



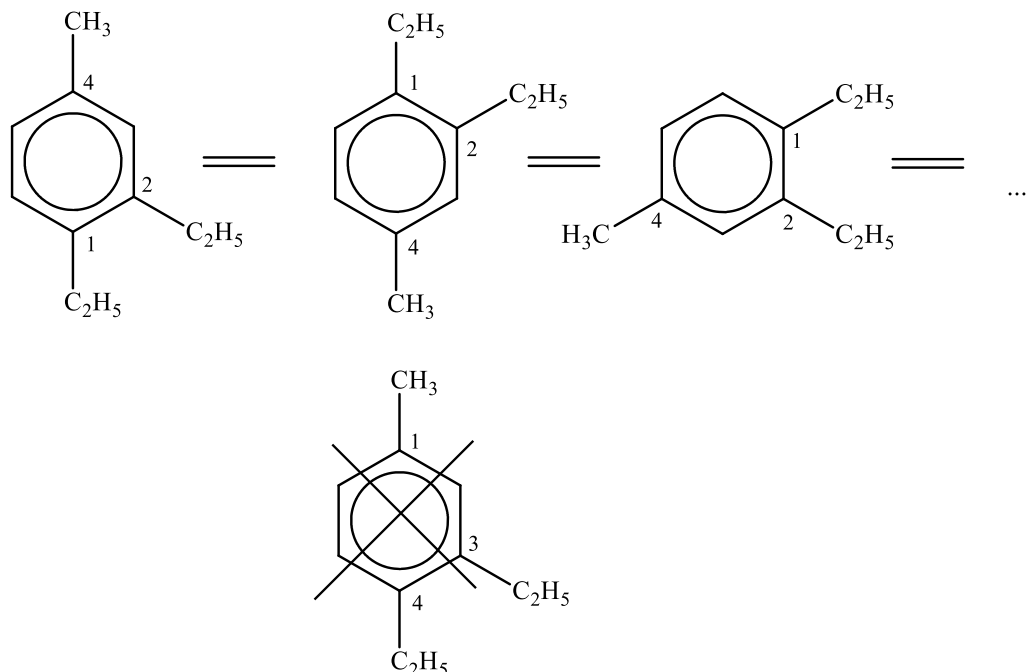
Пример 5.2. Именувај ги соединенијата претставени со следниве формули:



Решение:

Во обата примера, како основа за именување се зема бензенот. Во примерот а) бензенот е супституиран со две етил групи ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$). Во името на соединението тоа се означува со префиксот **ди-**. Двете групи се наоѓаат во позиција 1, 3, која уште се нарекува **мета** и се бележи со ***m***. Значи, ова соединение ќе се именува како **1,3-диетилбензен** или како ***m*-диетилбензен**.

Соединението претставено со формулата под б) е трисупституиран бензен. При нумерирањето на супституентите во бензенот, треба да се води сметка тие да добијат што е можно пониски бројни вредности. Притоа, треба да се има предвид дека бензенот има форма на правилен шестоаголник и не е важно како ние ќе ги запишеме супституентите. Така:

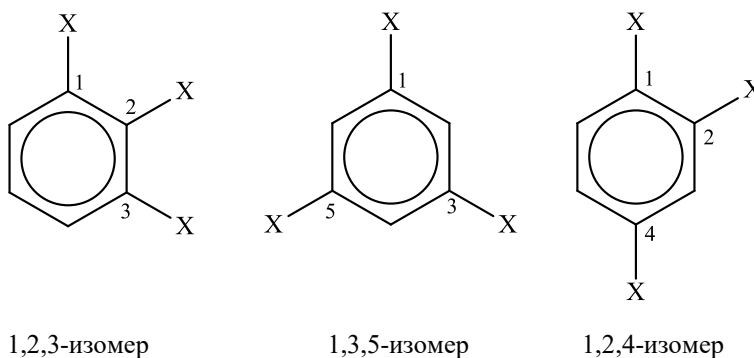


Последново нумерирање е погрешно бидејќи така супституентите не добиваат најниски можни вредности. Според тоа, името на соединението претставено со формулата под б) е **1,2-диетил-4-метилбензен**.

Изомерија на арени

За супституираните бензени, карактеристична е изомеријата што се јавува поради взаемната положба на супституентите во дисупституираните и трисупституираните бензенски деривати. Веќе видовме дека кај дисупституираните бензени, можни се три изомери: 1,2 или (*o*) орто; 1,3 или (*m*) мета и 1,4 или (*p*) пара.

Кај трисупституираните бензени со ист вид супституенти, можни се исто така, три различни изомери: 1,2,3-изомер; 1,3,5-изомер и 1,2,4-изомер. Доколку супституентите се различни, бројот на изомери се зголемува. На пример:



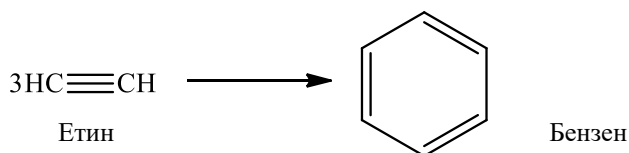
5.3. НАОЃАЊЕ И ДОБИВАЊЕ НА БЕНЗЕН И АРЕНИ

НАОЃАЊЕ И ДОБИВАЊЕ НА БЕНЗЕН

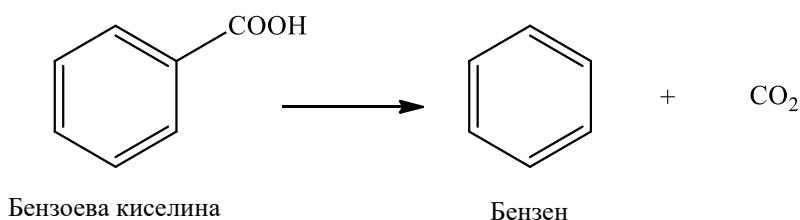
За прв пат бензенот бил изолиран од Мајкл Фарадеј во 1825 година од гасот за осветлување и го нарекол „водород од гас за осветлување“. Фарадеј бил првиот научник што извршил квалитативна и квантитативна анализа на бензенот и нашол дека ова соединение има еднаков број на С-атоми и Н-атоми.

Бензенот се сретнува во нафтата и камениот јаглен, заедно со други јаглеводороди. Со пиролиза на јагленот (термичко разложување без присуство на воздух) на 1000 °C, се добива смеса од испарливи продукти, наречена јагленов катран. Со фракциона дестилација на јагленовиот катран се добива бензен и други ароматични соединенија.

Покрај на ваков начин, бензенот може да се добие од етин (ацетилен) при спроведување на неговите пари преку бакарна жица загреана до црвено зажување.



Покрај тоа, може да се добие и со декарбоксилација (издвојување на CO₂) од бензоева киселина, според следнава равенка:



НАОЃАЊЕ И ДОБИВАЊЕ НА АРЕНИ

Главни извори за добивање арени се нафтата и камениот јаглен, заедно со други јаглеводороди. За нивно добивање се користат различни технологии, методи и катализатори. Тие, заедно со бензенот, индустриски се добиваат со пиролиза на јагленот на 1000 °C, при што се добива смеса од испарливи продукти, од која потоа со фракциона дестилација се издвојуваат толуен, ксилен, нафтаген и други ароматични соединенија.

Ароматични соединенија може да се добијат од алканите добиени од нафтата, со нивно загревање на околу 500 °C и висок притисок. На пример, со дехидрогенирање и циклизација од хептан се добива толуен.

Арените може да се добијат во лабораториски услови со реакција на алкилирање според Фридел-Крафтс. Арените со незаситена странична низа се добиваат, главно, според методите со кои се добиваат алкените и алкините, односно со реакции на елиминација во страничната, алифатична низа на аренот.

5.4. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА БЕНЗЕН И АРЕНИ

Физички својства на бензенот

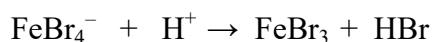
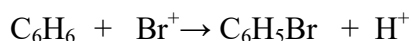
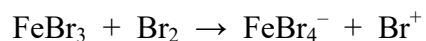
На собна температура бензенот е безбојна, лесно испарлива, запаллива течност, со силен карактеристичен мирис. Температурата на вриење на бензенот е 80,1 °C, а на топење 5,5 °C. Кога е во цврста агрегатна состојба претставува бела, кристална супстанца. Бензенот е неполярно соединение и затоа во вода е практично нерастворлив, а мног добро се раствора во органски растворувачи. Самиот тој е важен органски растворувач, бидејќи во него добро се раствораат масти, масла, смоли и различни бои. Бензенот е отровен, а такви се особено неговите пареи. Хроничната изложеност на неговите пареи предизвикува канцерогени заболувања.

Хемиски својства на бензенот

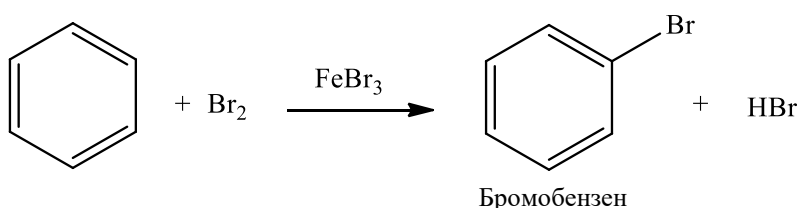
Веќе кажавме дека, иако според својот состав бензенот е незаситено соединение, тој покажува сосема различно хемиско однесување од сите останати незаситени соединенија. За незаситените органски соединенија најважно хемиско својство е тоа што тие стапуваат во реакции на адиција. За разлика од нив, за бензенот не се карактеристични адиционите реакции. Наместо во реакции на адиција, **бензенот учествува во реакции на т.н. електрофилна ароматична супституција.**

Електрофилна супституција е супституција која се одвива со напад на електрофилна честичка на реакциони центри богати со електрони. Ако нападот се изведува на ароматично јадро, станува збор за електрофилна ароматична супституција. Бензенот и другите ароматични соединенија се богати со електрони (имаат π -електронски облаци) и затоа се мета за напад на електрофилни честички (најчесто H^+ , $^+NO_2$ и др.). Бензенот учествува во различни типови на реакции на електрофилна супституција: халогенирање, нитрирање, алкилирање, ацилирање и други. Да разгледаме некои од нив.

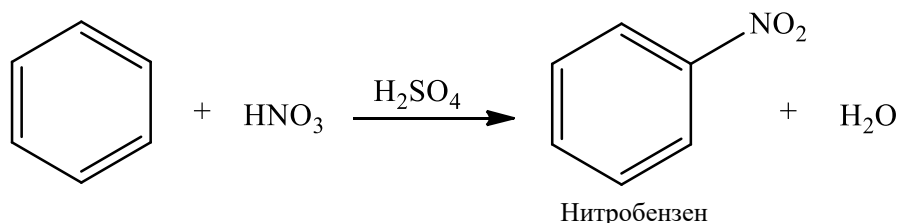
1. **Реакција на халогенирање** Овој тип електрофилна ароматична супституција се одвива со дихалогениди во присуство на луисовски киселини, како што се халогенидите на Al или Fe(III), кои ја започнуваат реакцијата и имаат улога на катализатори. На пример:



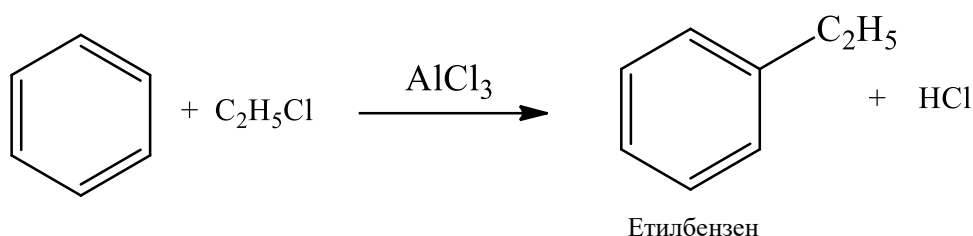
Вкупно:



2. **Реакција на нитрирање:** Нитрирањето на бензенот се одвива со смеса од концентрирани азотна и сулфурна киселина. Сулфурната киселина се додава како катализатор, за да може полесно да се образува електрофилната честичка NO_2^+ со која се нитрира бензенот, а исто така и за да ја одземе образуваната вода како продукт на реакцијата.

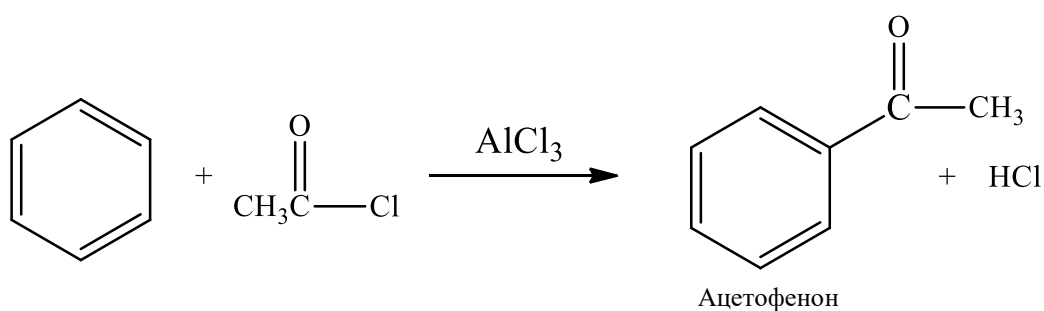


3. **Реакција на алкилирање според Фридел-Крафтс:** Под поимот алкилирање се подразбира супституција на водород од бензенот со алкил група. Оваа реакција се одвива под дејство на алкил халиди во присуство на AlCl_3 како катализатор.

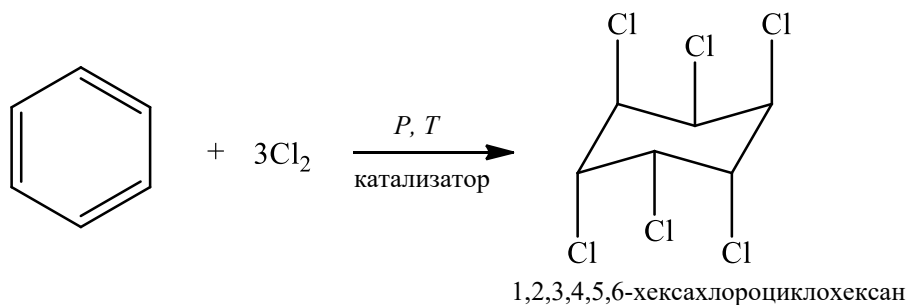


4. **Реакција на ацилирање според Фридел-Крафтс:** Под поимот ацилирање се подразбира супституција на водороден атом со ацил група, $\text{R}-\text{C}(=\text{O})$ група.

Реакцијата се одвива слично како алкилирањето, со помош на ацил хлорид, во присуство на AlCl_3 како катализатор, при што се добива кетон.



5. **Реакција на адиција** Иако адицијата не е типична реакција за бензенот, сепак при екстремни услови, како што се, висок притисок, висока температура и присуство на катализатор, бензенот може да стапи во адициони реакции. На пример:

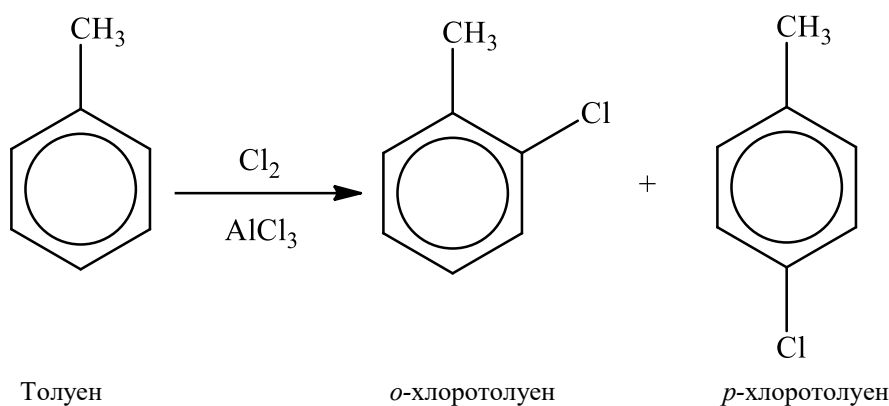


Физички и хемиски својства на арените

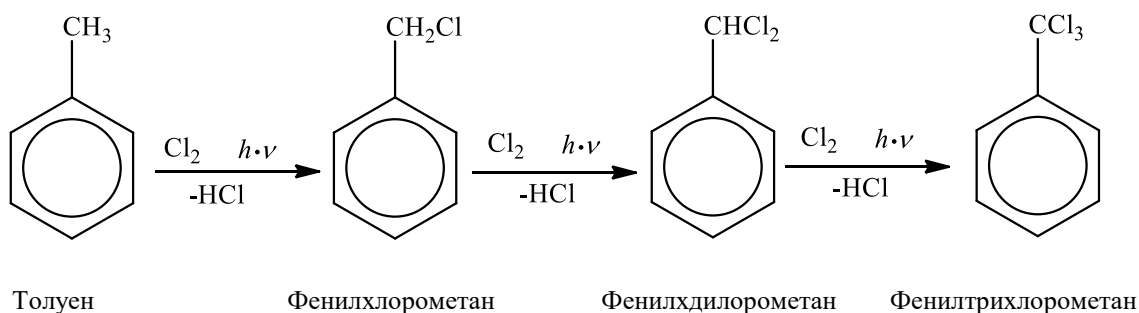
Арените имаат слични физички својства како што се оние на останатите јаглеводороди. Тие се неполарни соединенија, нерастворливи во вода, а растворливи во органски растворувачи.

Арените учествуваат во два вида реакции во зависност условите и во зависност од тоа во кој дел од молекулата се одвиваат хемиските промени: реакции во ароматичното јадро и реакции во страничната низа (алифатичниот дел од соединението).

1. **Реакции во ароматичното јадро:** Во ароматичното (бензенското) јадро се одвиваат реакции на електрофилна супституција. Кај арените реакцијата на електрофилна ароматична супституција се изведува полесно и побрзо отколку кај бензенот, при што се добива смеса од орто- и пара- супституирани арили. Ова се должи на позитивниот индуктивен ефект на алифатичните групи. Тие ги туркаат електроните кон бензенското јадро со што ја зголемуваат неговата електронска густина и го прават уште поатрактивно за електрофилни честички. На пример:

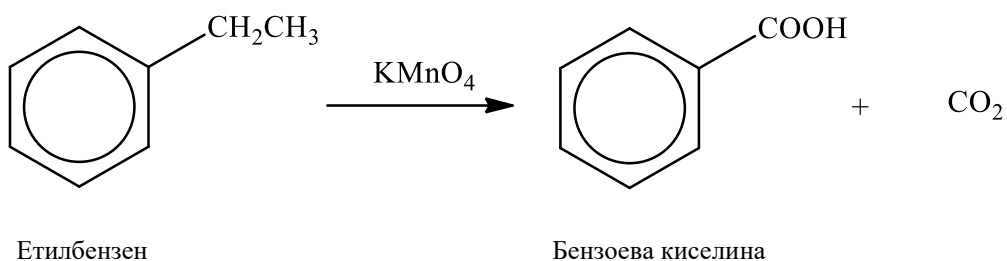


2. **Реакции во страничната низа:** Во страничната низа се одвиваат реакции кои се карактеристични за видот на страничната низа. Така, кај **алкилбензените**, при загревање или на директна сончева светлина, во страничната низа се одвиваат **супституциони реакции** според механизмот со слободни радикали. На пример:

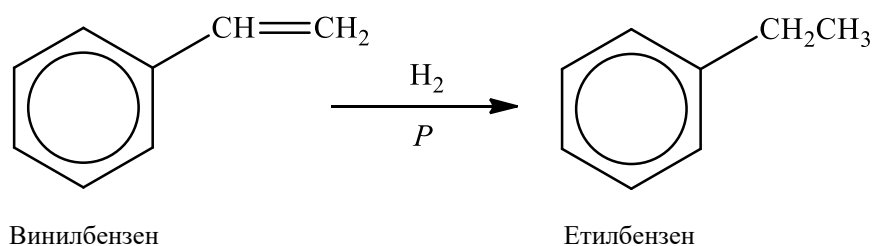


За разлика од обичните алкани, супституцијата кај алкилбензените со посложени странични низи од метилна група, се одвива со замена на водородниот атом сврзан на најблискиот C-атом до бензенското јадро.

Освен супституции, во страничната низа се одвива и **реакција на оксидација**.



Алкенилбензените и алкинилбензените стапуваат во адициони реакции на двојната или на тројната врска. Кога се изведуваат адиции во страничната низа, треба да се внимава да не дојде до адициони реакции на бензенското јадро. На пример, со избор на соодветни услови и реагенси, двојните врски во страничната низа на алкенилбензените можат да се хидрогенираат, а притоа да не се хидрогенира бензенското јадро.

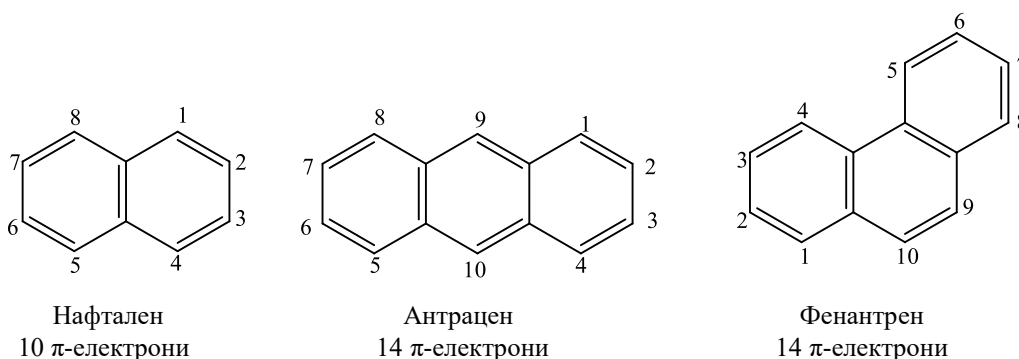


Страничната низа кај алкенилбензените и алкинилбензените, исто така, може да се оксидира со релативно послаби оксидациони средства, при што се добиваат дихидроксилни алкохоли, алдехиди или карбоксилни киселини.

5.5. АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА СО ФУЗИРАНИ БЕНЗЕНСКИ ЈАДРА

Покрај арените постојат и голем број други ароматични соединенија кои го исполнуваат Хикеловото правило за ароматичност. Некои од нив не припаѓаат во класата на јаглеводороди и за нив ќе стане збор понатаму.

Од ароматичните соединенија кои се јаглеводороди, покрај арените, тука ќе ги разгледаме и ароматичните системи кои се состојат од две или повеќе бензенски јадра. Притоа, бензенските јадра може да се сврзани меѓу себе со **два заеднички јаглородни атома**. Ваквите соединенија се нарекуваат **фузирани ароматични соединенија**. Еве неколку примери:



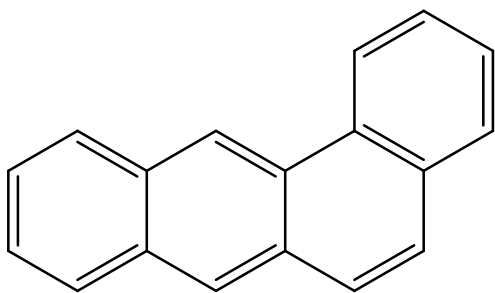
Очигледно овие соединенија се ароматични бидејќи го исполнуваат Хикеловото правило за ароматичност. Антраценот и фенантренот се скелетни изомери. Овде само накусо ќе го разгледаме наједноставното ароматично соединение со две фузирани бензенски јадра, нафталенот.

Молекулата на нафталенот, како на типично ароматично соединение, е планарна со sp^2 хибридизирани С-атоми. За разлика од бензенот, С-С врските во структура на нафталенот не се сите со еднаква должина. Кај нафталенот водородните атоми во положбите 1, 8, 4 и 5 се разликуваат од положбите 2, 3, 7 и 6. Поради тоа кај овие соединенија се јавува положбена изомерија. Во постарата литература положбите 1, 8, 4 и 5 се означуваат со α додека положбите 2, 3, 7, 6 се означуваат со β .

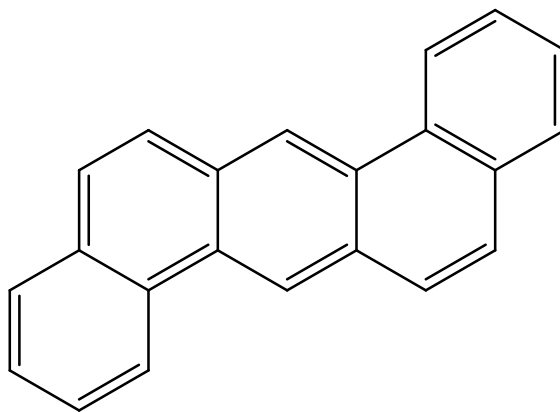
КАНЦЕРОГЕНИ АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА

Полицикличните ароматични јаглеродороди кои содржат четири или повеќе прстени, од кои некои се под „агол“, т.е. со структура слична на фенантренот, се силни канцерогени супстанци. Ги има во катранот на камениот јаглен, во чадот од согорување на кумир и дрва, во издувните гасови на автомобилите и во чадот од цигарите. Подолу се дадени формулите на некои од најопасните вакви соединенија. Испитувањата покажале дека најопасни канцерогени супстанци се 1,2-бензантрацен, 1,2,5,6-добензантрацени и 3,4-бензпирен.

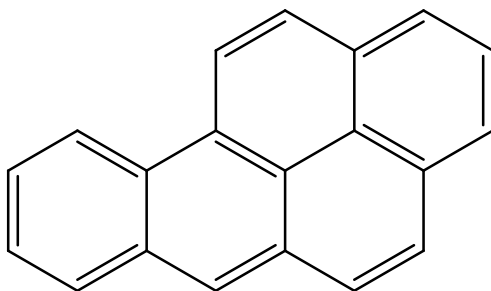
Канцерогеноста на овие соединенија е утврдена со експерименти на лабораториски животни. Било најдено дека кај животните и многу мали количества од овие соединенија предизвикуваат рак. Овие соединенија се создаваат при согорување на мазутот од топланите и индустриските постројки, како и при согорување на горивата на моторите со внатрешно согорување, односно во издувните гасови од автомобилите. Исто така, тие се наоѓаат и во тутунскиот чад, а се добиваат и при други согорувања како што е согорувањето на камен јаглен, или, на пример, при приготвување на храна. Според интензивните медицински испитувања за овие соединенија се покажало дека тие се најверојатна причина за појава на рак на грлото кај пушачите.



1,2-бензпирен



1,2,5,6-добензантрацен



3,4-бензпирен

5. 6. ХЕТЕРОЦИКЛИЧНИ АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА

Досега се запознавме со алицикличните јаглеводороди и со ароматичните јаглеводороди. Но, освен циклични јаглеводороди, постојат и циклични соединенија кои не припаѓаат на класата јаглеводороди. Овие соединенија се нарекуваат **хетероциклични соединенија**.

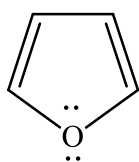
Хетероцикличните соединенија се изградени од циклични молекули во кои еден или повеќе јаглородни атоми од прстенот се заменети со атоми кои не се јаглородни.

Ваквите атоми се нарекуваат **хетероатоми**. Според природата на хетероатомот постојат кислородни, азотни, сулфурни, фосфорни и други хетероциклични органски соединенија.

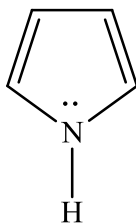
Во однос на хемискиот карактер, хетероцикличните соединенија се групирани во две класи: **неароматични** и **ароматични** соединенија. Овде ќе ги разгледаме поважните ароматични хетероциклични соединенија.

Ароматични хетероциклични соединенија се соединенија изградени од циклични молекули, со еден или повеќе хетероатоми во прстенот, кои содржат π -електронски систем што се покорува на Хикеловото правило.

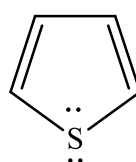
Хетероцикличните ароматични соединенија најчесто се изградени од петочлени и шесточлени прстени, а како хетероатоми најчесто се сретнуваат азот, кислород и сулфур. Поважни ароматични хетероциклични соединенија се:



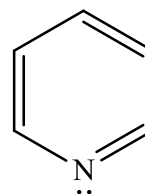
Фуран



Пирол



Тиофен



Пиридин

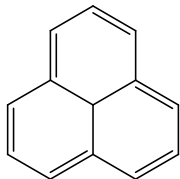
Кај сите овие соединенија, бројот на делокализирани електрони изнесува шест. Сите јаглородни атоми, како и секој од хетероатомите се sp^2 хибридизирани. Кај петочлените прстени, неподелениот електронски пар се наоѓа во нехибридираната p -орбитала и учествува во делокализацијата. Кај пиридинот (шесточлен прстен) азотниот атом учествува во делокализацијата со еден електрон кој се наоѓа во нехибридираната p -орбитала, а неподелениот (осамениот) електронски пар се наоѓа надвор од прстенот во sp^2 хибридирана орбитала, што му дава на пиридинот базен карактер.

Голем број биолошки активни супстанции, како на пример витамини и лекови, содржат хетероциклични ароматични прстени. Покрај тоа, пиримидинските и пуринските бази во составот на DNA, се исто така, хетероциклични, ароматични соединенија.

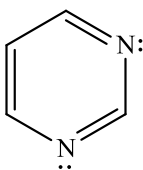
ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

1. Колку вкупно електрони учествуваат во образувањето на сите врски во молекулата на бензенот?
2. Во кои од следниве случаи бројот на π -електрони во еден цикличен, конјугиран, планарен систем го исполнува Хикеловото правило: а) 12 б) 24 в) 22 г) 18 д) 20? Образложи го одговорот.
3. Кои од соединенијата, претставени со следниве формули, се ароматични?

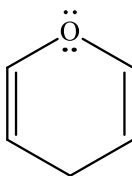
а)



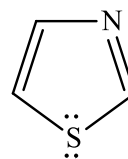
б)



в)

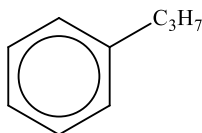


г)

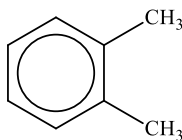


4. Напиши ги формулите на следниве соединенија: а) кумен; б) 1-метил-3-пропилбензен; в) толуен; г) 1,3-диетилбензен; д) *p*-ксилен; е) стирен; ж) *m*-дипропилбензен.
5. Именувај ги следниве соединенија:

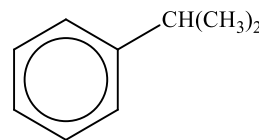
а)



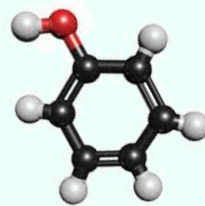
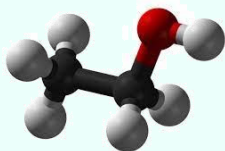
б)



в)



6. Напиши ги имињата и формулите на изомерите на: а) триетилбензен; б) диизопропилбензен; в) тривинилбензен; г) дипропилбензен д) диметилбензен е) трипропилбензен.
7. Напиши ја равенката на реакцијата за добивање на пропилбензен, според Фридел-Крафтсова реакција.
8. Каков тип соединение е продуктот на реакцијата меѓу бензен и ацетилбромид? Напиши ја равенката на реакцијата.
9. Напиши ја равенката на реакцијата на нитрирање на бензен.
10. Дали реакцијата на електрофилна ароматична супституција се одвива полесно или потешко кај толуенот во однос на бензенот? Образложи го одговорот.
11. Напиши ја равенката на реакцијата на нитрирање на толуен.
12. На кој дел од молекулата (ароматичниот или алифатичниот) ќе се одвива реакција меѓу толуен и бром во присуство на директна сончева светлина? Напиши ја равенката на реакцијата.
13. На кој дел од молекулата (ароматичниот или алифатичниот) ќе се одвива реакција меѓу толуен и хлорометан во присуство на AlCl_3 Напиши ја равенката на реакцијата.



Модуларна единица 6.

АЛКОХОЛИ И ФЕНОЛИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Алкохоли и феноли“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ *џи класифицира орѓанскиџе соединенија со хидроксилна функционална џруџа на алкохоли и феноли, џреџознава и дефинира џоим за алкохол и џоим за фенол и џрави џоделба на алкохолиџе сџоред различни криџериуми;*
- ♦ *џрименува џравила за именување на алкохоли, џишува формули на алкохоли сџоред дадено име и џо џреџознава и оџределува видоџ на сџрукџурна изомерија кај алкохолиџе;*
- ♦ *набројува начини за добивање на алкохолиџе и џи џреџсџавува реакциџе со хемиски равенки;*
- ♦ *џи џознава физичкиџе својсџва на алкохолиџе и џишува равенки на реакции за хемискиџе својсџва на алкохолиџе;*
- ♦ *џрави џоделба на фенолиџе сџоред различни криџериуми, џи именува и џреџсџавува со формули сџоред дадено име, џишува равенки на реакции за хемискиџе својсџва на фенолиџе; џи набројува џоважниџе џреџсџавници на алкохолиџе и фенолиџе и џо исџакнува нивноџо значење и џримена.*

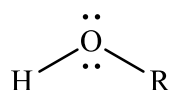
Содржини:

- ♦ *Поим за алкохоли и феноли и класификација на алкохолиџе*
- ♦ *Номенклаџура и изомерија на алкохолиџе*
- ♦ *Добивање на алкохоли*
- ♦ *Физички својсџва на алкохолиџе*
- ♦ *Хемиски својсџва на алкохолиџе*
- ♦ *Поделба, номенклаџура и својсџва на фенолиџе*
- ♦ *Поважни џреџсџавници на алкохолиџе и фенолиџе*

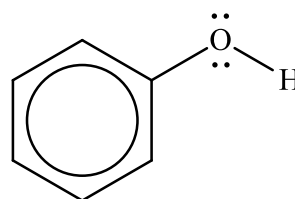
6.1. ПОИМ ЗА АЛКОХОЛИ И ФЕНОЛИ И КЛАСИФИКАЦИЈА НА АЛКОХОЛИТЕ

Поим за алкохоли и феноли

Дериватите на јаглеводородите кои содржат **–ОН група**, се викаат **хидроксилни деривати на јаглеводородите**. Во зависност од групата т.е. остатокот за која е сврзана хидроксилната група, тие се поделени на **алкохоли** и **феноли**. Тие може да се разгледуваат и како органски деривати на водата, кај кои еден водороден атом во молекулата на водата е заменет со алкил група (кај алкохолите) т.е. со арил група (кај фенолите). Кај алкохолите –ОН групата е сврзана за sp^3 хибридизиран С-атом, а кај фенолите за ароматичен прстен т.е. за sp^2 хибридизиран С-атом.



Алкохол

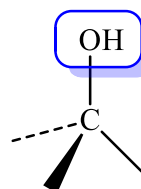
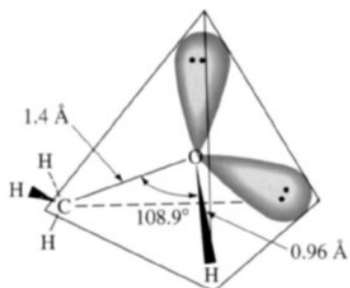


Фенол

Иако и едните и другите содржат хидроксилна група, тие имаат сосема различни својства, поради тоа што кај фенолите таа е директно сврзана за бензенско јадро. Бидејќи, според своите својства тие се сосема различни, нив ќе ги изучуваме како посебни класи кислородни органски соединенија.

Класификација на алкохолите

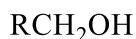
Алкохолите се составени од **алифатичен радикал** кој со sp^3 хибридизиран С-атом е **сврзан со хидроксилна група**. Значи, хидроксилната група, –ОН, е функционална група на алкохолите.



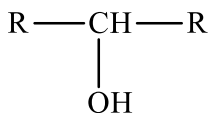
Слика 6.1. sp^3 -хибридизација на кислород и на јаглерод во алкохолите

Алкохолите може да се класифицираат на повеќе различни начини:

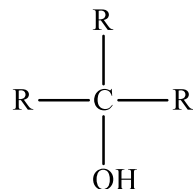
1. Според видот на јаглеродниот атом на кој е поврзана хидроксилната група се делат на примарни, секундарни и терцијарни алкохоли.



Примарен алкохол

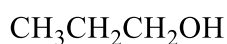


Секундарен алкохол

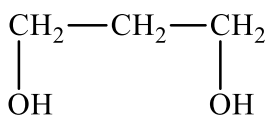


Терцијарен алкохол

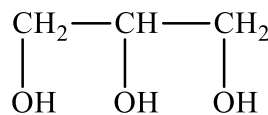
2. Според бројот на хидроксилните групи во алкохолот, се делат на монохидроксилни, дихидроксилни, трихидроксилни и полихидроксилни, На пример:



Монохидроксилен алкохол



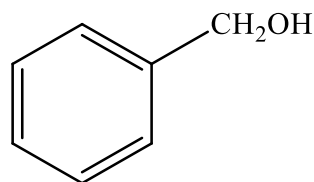
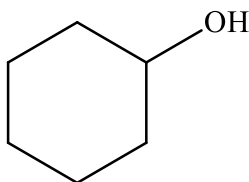
Дихидроксилен алкохол



Трихидроксилен алкохол

Не постојат соединенија со две хидроксилни групи на ист јаглероден атом!

3. Според видот на органската група/радикалот за која е сврзана хидроксилната група, алкохолите може да бидат: алифатични заситени или незаситени ациклични или алициклични, ароматични. На пример:



Ова соединение не е фенол бидејќи OH -групата не е директно сврзана за бензенското јадро. Се работи за ароматичен алкохол.

6.2. НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЈА НА АЛКОХОЛИТЕ

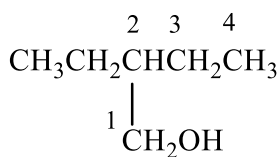
Номенклатура на алкохолите

Според ИУПАК, имињата на алкохолите се образуваат од **името на јаглеродородот** од кој е изведен алкохолот и наставката **-ол**. Честопати алкохолите се именуваат така што се кажува **името на органската група/радикалот** и одделно зборот **алкохол**. За некои едноставни алкохоли во употреба се и **тривијални имиња**, кои се дозволени за употреба.

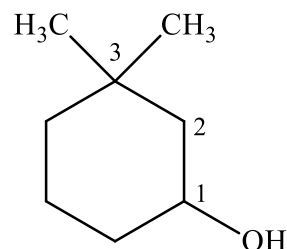
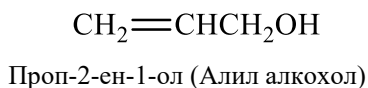
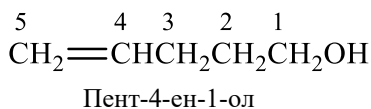
При именувањето на алкохолите, освен основните правила во номенклатурата, потребно е да се запазат и некои специфични правила за алкохолите:

- ♦ **хидроксилната група** е функционална група за алкохолите и **мора да се содржи во најдолгата низа**;
- ♦ нумерирањето започнува од крајот на низата што е поблиску до хидроксилната група;
- ♦ хидроксилната група има предност во нумерирањето пред алкил групите, двојната и тројната врска и халогените елементи;
- ♦ бројот на хидроксилни групи во името на алкохолот се означува со **-ди-, -три-, -тетра-** итн. пред наставката -ол.

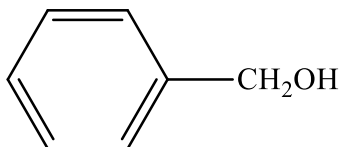
Примери:



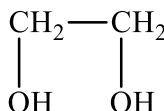
2-етилбутан-1-ол



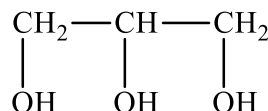
3,3-диметилциклохексанол



Фенилметанол (Бензил алкохол)

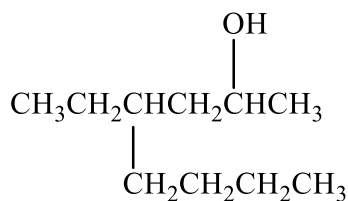


Етан-1,2-диол (Гликол)



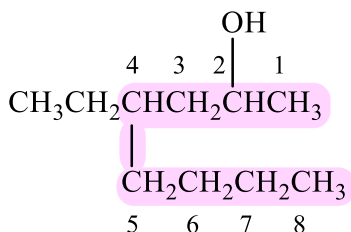
Пропан-1,2,3-триол (Глицерол)

Пример 6.1. Кое е името на соединението претставено со следната формула?



Решение:

Најдолгата низа мора да ја содржи хидроксилната група, а при нумерирањето на C-атомите треба да се води сметка хидроксилната група да добие што е можно пониска бројна вредност. Во овој пример најдолгата низа има осум C-атоми, а за четвртиот C-атом сврзана е етил група.



Значи, името на соединението со дадената формула е **4-етилоктан-2-ол**.

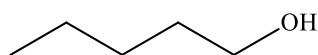
Хомолошка низа и изомерија на алкохолите

Имајќи предвид дека алкохолите се хидроксилни деривати на јаглеводородите, општата формула на хомолошката низа на ацикличните монохидроксилни алкохоли лесно може да се изведе со замена на еден водороден атом со OH- група. Според тоа, општата формула на алкохолите изведени од алканите е: **$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$**

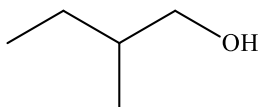
Слично како кај другите класи соединенија и кај алкохолите има појава на **изомерија**. Кај ацикличните монохидроксилни алкохоли се сретнуваат следниве видови изомерија:

1. **Скелетна изомерија** (изомерија на низата)

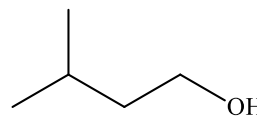
Пример:



Пентан-1-ол



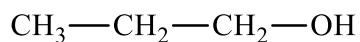
2-метилбутан-1-ол



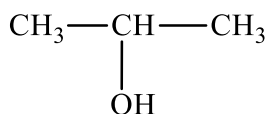
3-метилбутан-1-ол

2. Положбена изомерија

Пример:



Пропан-1-ол



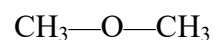
Пропан-2-ол

3. **Функционална изомерија** (изомерија на функционалните групи) - алкохолите покажуваат функционална изомерија со една група соединенија кои се нарекуваат етери. За нив ќе стане збор подоцна.

Пример: молекулска формула $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$



Етанол



Диметил етер

Пример 6.2. Напиши ги рационалните формули и имињата на алкохолите со молекулска формула $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.

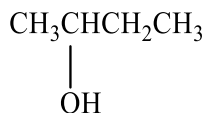
Решение:

Бидејќи се бараат само изомерни алкохоли, тоа значи дека не треба да се земат предвид функционалните изомери.

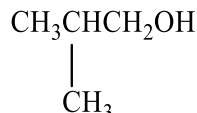
Според општата формула на алкохолите, очигледно станува збор за изомерни бутаноли. За алкохолите со четири C-атоми постојат два положбени изомери, а потоа уште два скелетни изомери.



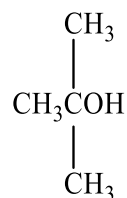
Бутан-1-ол



Бутан-2-ол



2-метилпропан-1-ол



2-метилпропан-2-ол

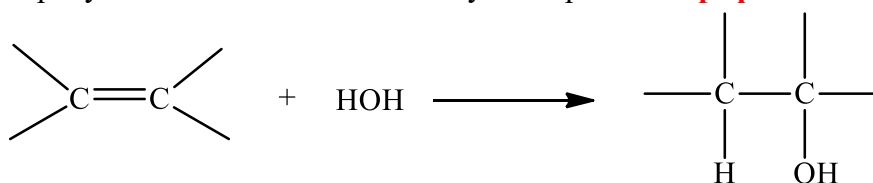
Цикличните алкохоли со четири C-атоми немаат иста молекулска формула затоа што тие имаат два водородни атома помалку.

6.3. ДОБИВАЊЕ НА АЛКОХОЛИ

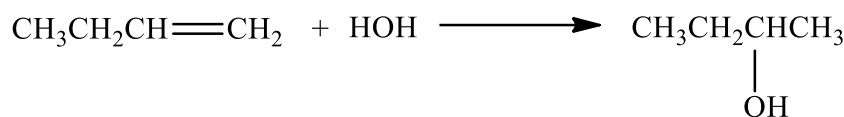
Алкохолите се широко распространети во природата, а на човекот му се познати уште многу одамна. Пред да се развие модерната хемиска индустрија, метанолот се добивал со загревање на дрво во отсуство на воздух и затоа тој се нарекувал дрвен алкохол. Етанолот, пак, е едно од првите органски соединенија кое било добиено и прочистено. Неговото производство со ферментација на шеќерот во грозјето т.н. **алкохолна ферментација** се изведува со милениуми, а негово прочистување со дестилација се правело уште од 12-тиот век.

Алкохолите заземаат централно место во органската хемија. Тие може да се добијат од голем број други видови соединенија, но исто така, може да се трансформираат во исто толку различни соединенија. Овде ќе ги разгледаме најважните начини за нивно добивање, кои главно се темелат на реакции на адиција и супституција.

1. Хидратација на алкени (адиција на вода на алкени), реакција која веќе ја изучивме кај алкените. Адицијата на вода на алкени се користи и како лабораториска и како индустриска метода, т.е. за добивање на поголеми количества монохидроксилни алкохоли. Реакцијата се одвива според Марковниковото правило, во присуство на живини соли. Станува збор за **електрофилна адиција**.



Пример:

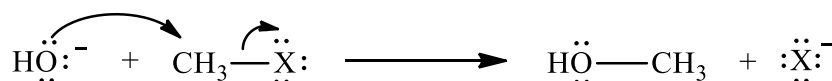


Бут-1-ен

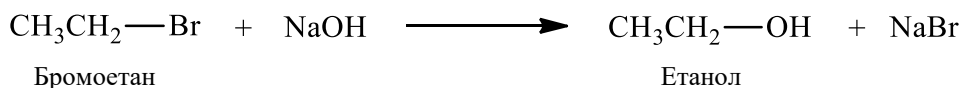
Бутан-2-ол

2. Реакција на алкил халид со база (реакција на нуклеофилна супституција)

Ако, при определени услови, на алкил халид се дејствува со силна база, како на пример со натриум хидроксид, настанува реакција на супституција, при што халогенот се супституира со хидроксилната група и се добива алкохол. Оваа супституција се нарекува **нуклеофилна супституција**, бидејќи молекулата на алкил халидот ја напаѓа OH^- група од базата, којашто е нуклеофилна честичка.



Пример:

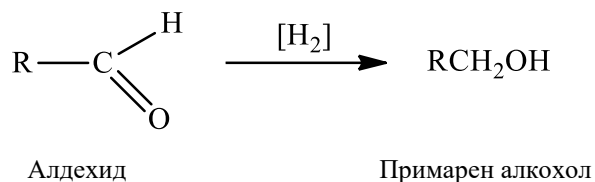


Бромостан

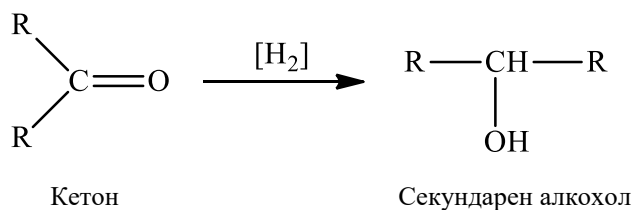
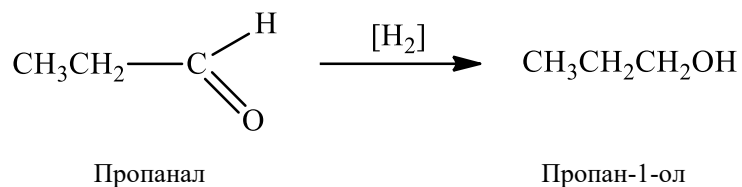
Етанол

3. Редукција на карбонилни соединенија

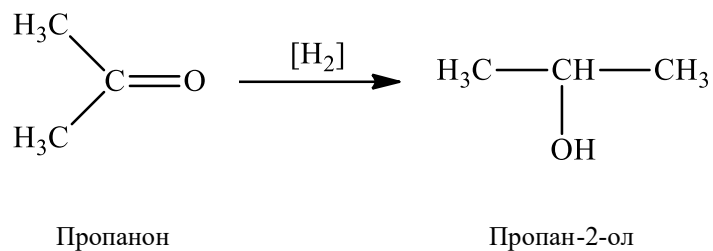
Со редукција (хидрогенација) на карбонилни соединенија (алдехиди и кетони) се добиваат алкохоли. Од алдехидите се добиваат примарни алкохоли, а од кетоните се добиваат секундарни алкохоли. Овие реакции повторно ќе ги разгледаме кај соодветните класи соединенија.



Пример:



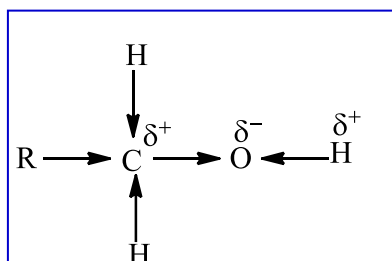
Пример:



6.4. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКОХОЛИТЕ

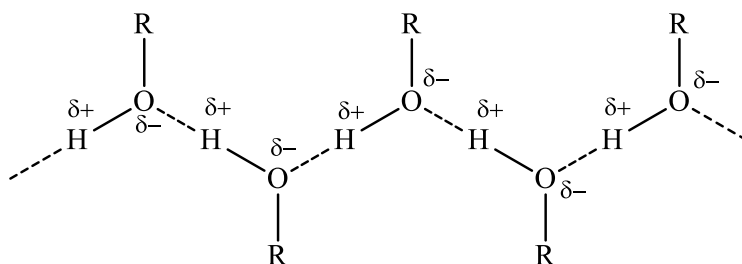
Кажавме дека алкохолите може да ги сметаме за органски деривати на водата, каде еден водороден атом е заменет со некоја органска група. Тоа значи дека и во алкохолите кислородниот атом е sp^3 хибридизиран како што е кај водата, па според тоа и аглите на врските се блиски до тетраедарскиот агол ($109^\circ 28'$). И кај алкохолите во две од sp^3 хибридизираните орбитали на кислородот има по еден неподелен електронски пар.

Хемиските врски меѓу јаглеродните атоми во органската група се неполярни, а исто така и врските меѓу С и Н атомите бидејќи јаглеродот и водородот имаат блиски вредности за електронегативноста. Меѓутоа, вредностите за електронегативноста на кислородот и водородот значително се разликуваат, па затоа **хидроксилната група е поларна**. Поради големата електронегативност на кислородниот атом, тој ги привлекува и електроните од водородот, но и електроните од С-атомот за кој е сврзана хидроксилната група. Затоа тој е парцијално негативно наелектризиран (δ^-), додека, пак, јаглеродниот атом за кој е сврзана хидроксилната група станува парцијално позитивно наелектризиран (δ^+). Тој, пак, ги привлекува електроните од соседниот С-атом, но послабо итн. Со зголемување на бројот на С-атомите во низата, влијанието на хидроксилната група се намалува и алкохолите сè повеќе наликуваат на алканите. Тоа може шематски да се прикаже на следниов начин:



Физички својства на алкохолите

Поради присуството на поларната хидроксилна група алкохолите покажуваат поинакви физички својства од соодветните јаглеводороди. Споредени со јаглеводородите со блиски молекулски маси, алкохолите покажуваат **повисоки температури на вриење и на топење**. Ова се должи на фактот што тие меѓу себе можат да образуваат **водородни врски**.

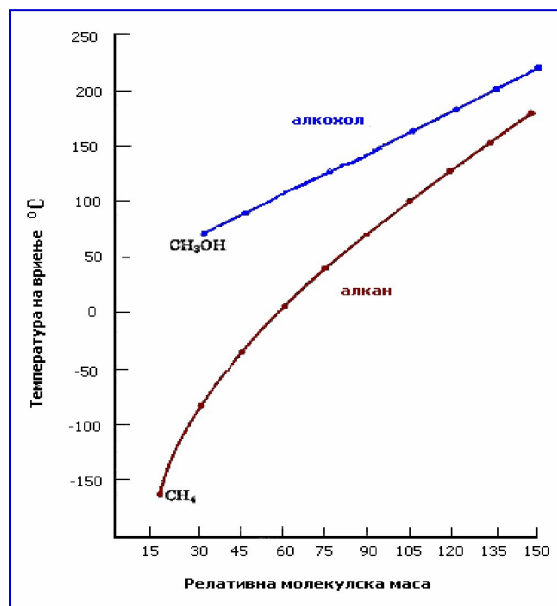


Водородни врски меѓу молекули на алкохол

Привлекувањето на молекулите со водородни врски мора да биде совладано за молекулите да се раздвојат и да поминат во парна фаза. За ова е потребно вложување на дополнителна енергија, па затоа температурите на вриење се повисоки во однос на алканите со блиски моларни маси.

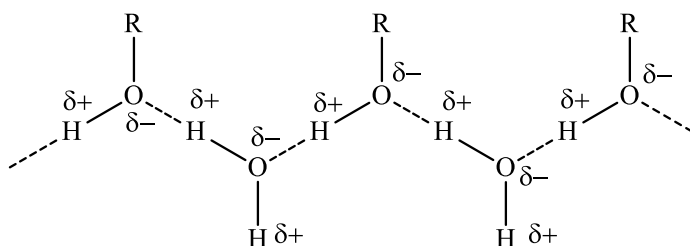
Колку што е подолга јаглеводородната низа, влијанието на хидроксилната група е помало и се намалува можноста за образување водородни врски. Затоа, температурите на топење и температурите на вриење кај алкохолите со подолги јаглородни низи, се поблиски до оние на јаглеводородите.

Со зголемување на бројот на јаглородните атоми, постепено се зголемува и густината на алкохолите. Така, тие постепено поминуваат од лесно подвижни течности, до масловидни и цврсти супстанции.

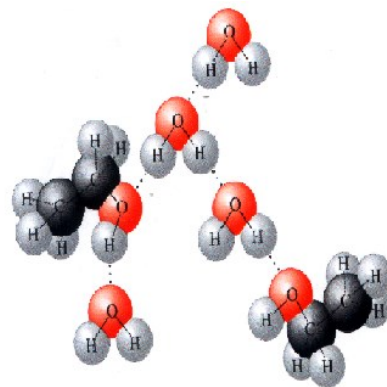


Слика 6.1. Температурите на вриење на примарните монохидроксилни алкохоли се повисоки во споредба со оние на алканите со блиски моларни маси.

Првите членови на хомолошката низа на монохидроксилните алифатични алкохоли се растворливи во вода. Причината за нивната растворливост во вода се објаснува со можноста за образување на **водородни врски меѓу молекулите на алкохолот и молекулите вода**. Поради поларниот карактер на хидроксилната група, водородниот атом е парцијално позитивно наелектризиран и затоа лесно може да биде привлечен од парцијално негативно наелектризираниот кислороден атом од молекулите на водата и да се образува водородна врска.



Водородни врски меѓу молекули на алкохол и вода



Слика 6.2. Водородни врски меѓу молекули на етанол и вода

Со зголемување на бројот на C-атоми во низата, растворливоста во вода се намалува, бидејќи доминира влијанието на јаглеводородниот дел којшто е неполарен. Дихидроксилните и полихидроксилните алкохоли, пак, се уште подобро растворливи во вода, поради поголемиот број хидроксилни групи. Треба да се напомене дека самите алкохоли се добри растворувачи за голем број органски супстанции.

Дихидроксилните, трихидроксилните и полихидроксилните алкохоли, особено оние со покуси јагледородни низи, се добро растворливи во вода. **Гликолот** (етан-1,2-диол) е многу добро растворлив во вода, а неговиот воден раствор има значително пониска температура на мрзенење од чистата вода. Затоа тој се користи како **антифриз** за ладилниците на автомобилите. И **глицеролот** (трихидроксилан алкохол) е растворлив во вода.

Температурите на вриење и растворливоста во вода на првите десет ациклични монохидроксилни алкохоли се дадени во табелата 6.1.

Табла 6.1. Температури на вриење и растворливост во вода на некои алкохоли

Формула	$T_b / ^\circ\text{C}$	Р-рливост / g/100 mL H ₂ O
CH ₃ OH	65	р-рлив
CH ₃ CH ₂ OH	78	р-рлив
CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	97	р-рлив
CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	117	7,9
CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	137	2,7
CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₂ OH	158	0,59
CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₂ OH	176	0,09
CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH	194	нер-рлив
CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ₂ OH	213	нер-рлив
CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₂ OH	229	нер-рлив

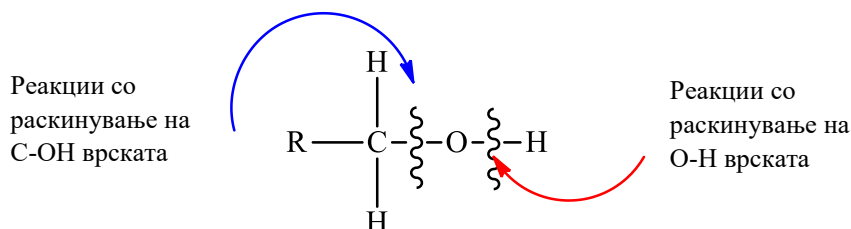
Хемиски својства на алкохолите

Покрај што влијае на физичките својства, хидроксилната група во молекулите на алкохолите, како нивна функционална група, има особено влијание врз нивното хемиско однесување.

Молекулите на алкохолите реагираат со различни честички кои ги напаѓаат атомите во **реакционите центри**. Тоа се:

- ♦ **кислородниот атом**, кој поради парцијално негативниот полнеж, може да сврзува електрофилни честички;
- ♦ **водородниот атом**, кој поради парцијално позитивниот полнеж, привлекува нуклеофилни честички, кои го олеснуваат неговото откинување;
- ♦ **јаглероден атом, сврзан за О-Н групата**, кој, исто така, има парцијално позитивен полнеж и затоа привлекува нуклеофилни честички.

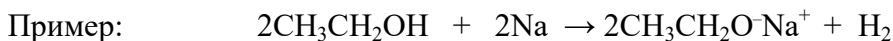
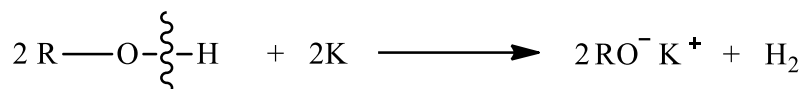
Според реакционите центри во молекулата, хемиските реакции во кои стапуваат алкохолите, главно, може да се поделат во две групи: реакции со раскинување на О-Н врската и реакции со раскинување на С-ОН врската.



1. Реакции со раскинување на врската О-Н

Во водни раствори, алкохолите не покажуваат ниту типични својства за киселини, ниту типични својства за бази. Меѓутоа, при некои видови реакции тие покажуваат

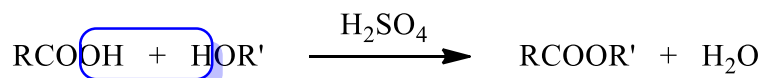
кисели својства. Причина за тоа е поларноста на О-Н врската, која при некои реакции може да се раскине. Така, на пример, **алкохолите реагираат со алкалните метали** како што се Na и K, при што хетеролитички се раскинува О-Н врската и се добива **алкоксиден (алкохолатен) анјон**.



Натриум етоксид
(Натриум етанолат)

Соединенијата што се добиваат во реакција на алкохол со метал, односно со заменување на водородот во хидроксилната група од алкохолот со позитивен јон од метал, со заедничко име се викаат **алкоксиди (алкохолати)**. Алкоксидите се растворуваат во вода при што **дисоцираат на алкоксиден анјон и метален катјон**. Алкоксидниот анјон хидролизира, а добиениот раствор е силно базен.

Алкохолите реагираат со органските и неорганските киселини при што се добиваат соединенија наречени **естери**, а самата реакција е наречена **реакција на естерификација**. Овде само ќе напоменеме дека и при оваа реакција доаѓа до раскинување на О-Н врската и дека реакцијата се одвива во присуство на сулфурна киселина. Повеќе за реакцијата на естерификација и за естерите како соединенија ќе зборуваме кај карбоксилните киселини.

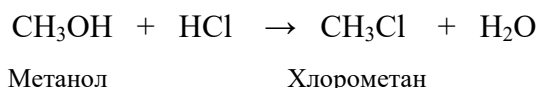
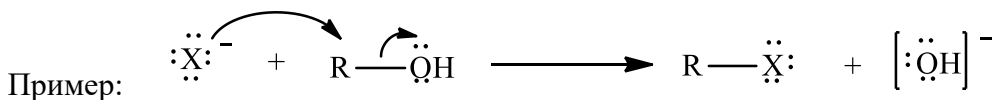


2. Реакции со раскинување на врската C-OH

Како што кажавме, јаглеродниот атом сврзан за хидроксилната група е парцијално позитивно наелектризиран, па затоа тој може да биде нападнат од нуклеофилни честички. Под дејство на некоја нуклеофилна честичка, алкохолите стапуваат во реакција на **нуклеофилна супституција**.

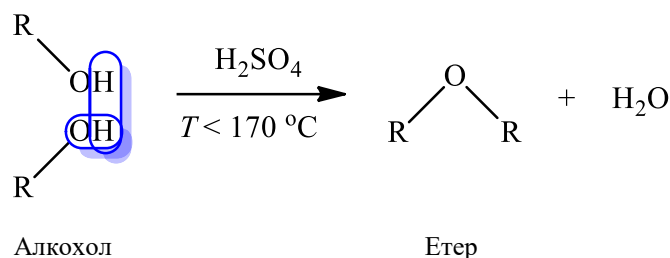
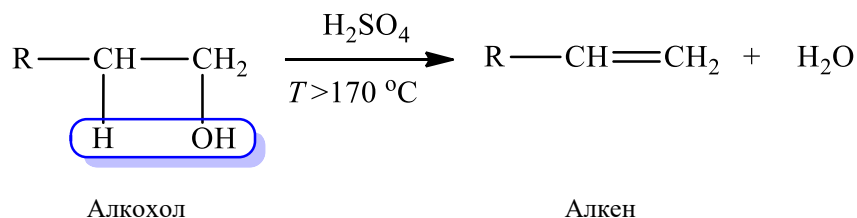
Нуклеофилна супституција е реакција на супституција која се одвива со напад на нуклеофилна честичка на парцијално позитивен атом во органската молекула.

Всушност, со ваков вид реакција веќе се запознавме, а тоа е реакцијата за добивање на алкохоли од алкил халиди во базна средина. Но, обратно, и самите алкохоли може да бидат нападнати од халогенидни анјони и да стапат во реакција на нуклеофилна супституција при што се добиваат алкил халиди.

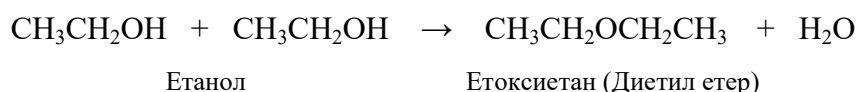
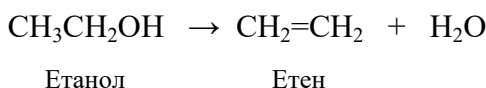


3. Дехидратација на алкохолите

Алкохолите можат да стапат во реакции на **дехидратација**, т.е. **елиминација на вода**. Ако реакцијата се одвива на температура над 170 °C, се добива алкен. Но, ако реакцијата се одвива под оваа температура, тогаш од две молекули алкохол се издвојува една молекула вода и се добива соодветен **етер**. Во обете реакции како дехидратационо средство се користи концентрирана сулфурна киселина.



Така, на пример, ако етанолот се загрева на температура повисока од 170 °C, во присуство на сулфурна киселина, ќе се добие етен. Во вишок на етанол, на температура под 170 °C, се добива соединението диетил етер, или како што најчесто се вика, само етер.



Како што спомнавме претходно, етерите и алкохолите се **функционални изомери**. На пример, диметил етер (CH₃OCH₃) е функционален изомер со етанолот (CH₃CH₂OH).

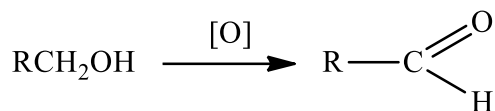
Етерите може да бидат **симетрични и несиметрични**. Симетричен етер е оној кај кого радикалите се идентични, а несиметричен етер е оној со различни радикали.



Пример, диметил етер (CH₃OCH₃) е симетричен етер, а етил метил етер (CH₃CH₂OCH₃) е несиметричен етер.

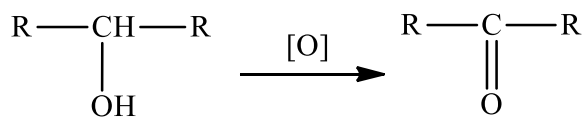
4. Оксидација на алкохолите

Една од најважните реакции во кои стапуваат алкохолите е реакцијата на оксидација. Примарните и секундарните алкохоли се оксидираат до карбонилни соединенија. Притоа, од примарните алкохоли се добиваат алдехиди, а од секундарните кетони. Терцијарните алкохоли не можат да се оксидираат! Размислете зошто!



Примарен алкохол

Алдехид



Секундарен алкохол

Кетон

За оваа реакција и за овие соединенија повторно ќе стане збор кај карбонилните соединенија.

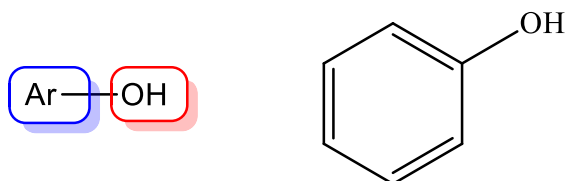
Тука уште ќе спомнеме дека алкохолите согоруваат до CO_2 и H_2O .



6.5. ПОДЕЛБА, НОМЕНКЛАТУРА И СВОЈСТВА НА ФЕНОЛИТЕ

Поим за феноли и поделба на фенолите

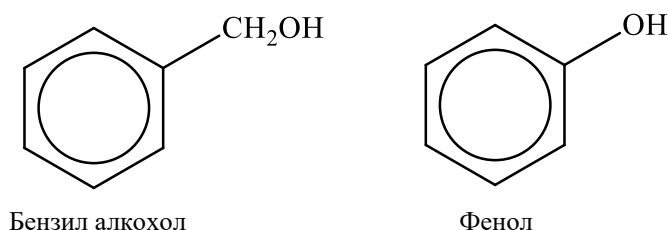
Освен алкохолите, други соединенија кои во составот имаат хидроксилна група се фенолите. Општата формула на фенолите е:



каде со Ar е означена арил група. Значи:

Фенолите се хидроксилни деривати на ароматичните јаглеводороди во кои една или повеќе хидроксилни групи се директно сврзани за јаглеродни атоми од бензенското јадро.

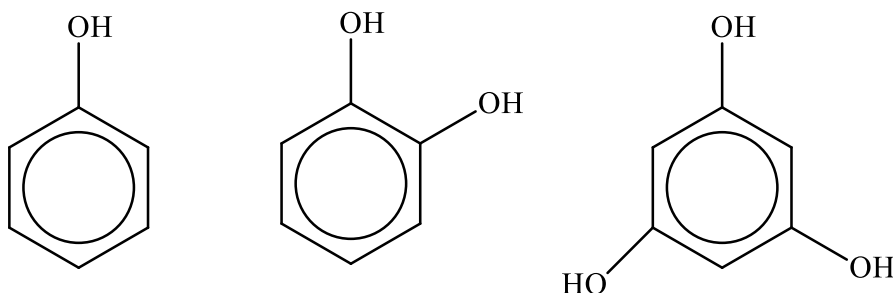
Доколку хидроксилната група е сврзана на јаглероден атом во странична низа од бензенскиот прстен, тогаш станува збор за алкохоли, а не за феноли. На пример:



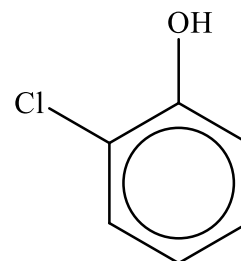
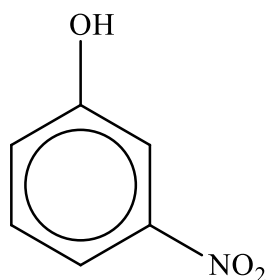
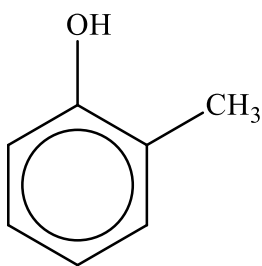
Бензил алкохол

Фенол

Поделбата на фенолите најчесто се прави според **бројот на хидроксилните групи** сврзани за бензенскиот прстен. Така, постојат монохидроксилни, дихидроксилни, трихидроксилни и полихидроксилни феноли. На пример:



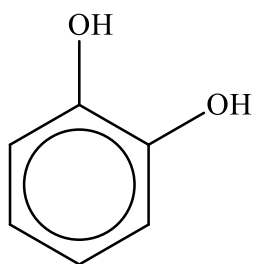
Во зависност од тоа дали во бензенскиот прстен, покрај хидроксилни групи има и други супституенти (како: $-\text{NO}_2$, $-\text{CH}_3$, $-\text{X}$ итн.), фенолите може да бидат **несупституирани** и **супституирани**. Според тоа, претходните примери погоре се несупституирани феноли. Следните неколку, пак, се супституирани феноли:



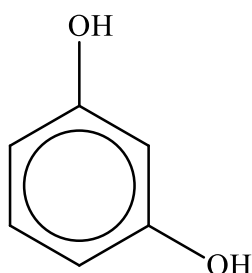
Номенклатура и изомерија на фенолите

Фенолите се именуваат или како деривати на самиот фенол или како деривати на бензенот. Нумерирањето почнува од јаглеродниот атом на кој е сврзана хидроксилната група. Многу често, за различни супституирани феноли, во употреба се и **тривијални имиња**.

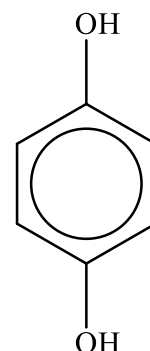
Фенолот е основниот претставник на оваа класа соединенија, според кој е именувана и самата класа. Кај хидроксифенолите (дихидроксифенолите) постои орто, мета и пара изомерија. Хидроксифенолите може да се именуваат на повеќе начини, а најчесто се употребуваат нивните тривијални имиња.



o-хидроксифенол
1,2-дихидроксифенол
катехол

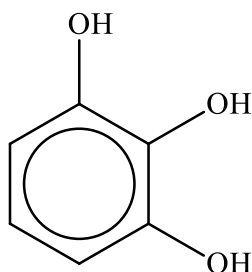


m-хидроксифенол
1,3-дихидроксифенол
резорцинол

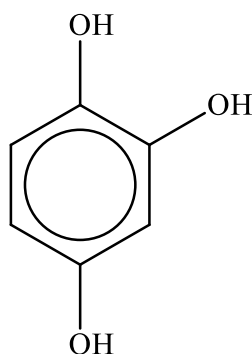


p-хидроксифенол
1,4-дихидроксифенол
хидрохинон

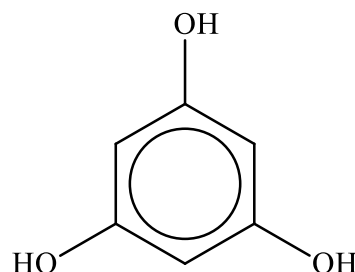
Кај дихидроксифенолите (трихидроксифеноли) постои изомерија, карактеристична за трисупституираните бензени со ист вид супституент.



1,2,3-трихидроксифенол

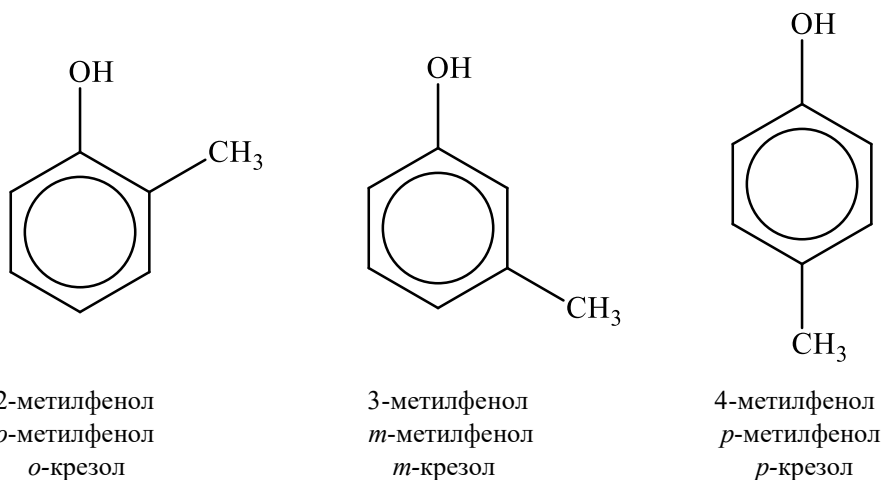


1,2,4-трихидроксифенол



1,3,5-трихидроксифенол

Структурните формули на изомерните метилфеноли дадени се следно. Нивните тривијални имиња се: *o*-крезол, *m*-крезол и *p*-крезол.

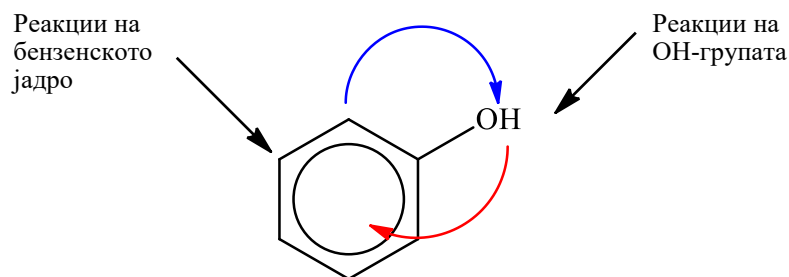


Физички својства на фенолите

Фенолите имаат повисоки температури на вриење од арените со блиски молекулски маси. На пример, фенолот врие на 181,7 °C, а толуенот на 110,6 °C. Тоа се должи на поларноста на хидроксилната група и можноста за образување водородни врски. Фенолот е бела кристална супстанца, со остар, специфичен мирис, која со стоење на воздух се оксидира и потемнува. Се раствора во вода, но во ладна вода послабо се раствора и создава емулзија, додека во топла вода се раствора подобро.

Хемиски својства на фенолите

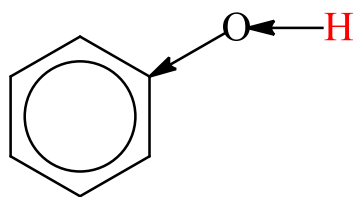
Алкохолите и фенолите имаат иста функционална група (хидроксилна), но нивните својства се многу различни. Главната причина за разликите во нивните својства, е взаемното дејство на ОН-групата со групите за кои е сврзана. Кај фенолите постои значително меѓусебно влијание на хидроксилната група и бензенското јадро. Затоа, фенолот стапува и во реакции на електрофилна супституција на бензенското јадро и во реакции во кои учествува ОН-групата.



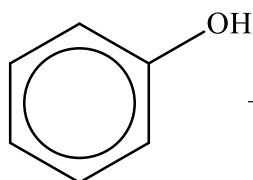
1. Кисели својства на фенолите

Поради взаемното електронско влијание меѓу бензенското јадро и хидроксилната група, електронскиот пар од врската О-Н е значително привлечен од кислородот кон бензенското јадро. Затоа, се олеснува раскинувањето на О-Н врската и во воден

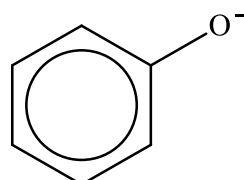
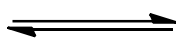
раствор **фенолот дисоцира на феноксиден (фенолатен) анјон и водороден катјон.** Значи, **фенолот покажува кисели својства т.е. тој е киселина.**



Фенолот е појака киселина од водата, па затоа на водата ѝ донира протон (H^+) при што се добива феноксиден анјон и хидрониум јон.



+ H_2O



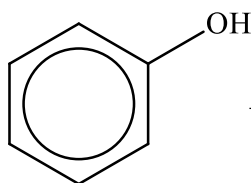
+ H_3O^+

Фенол

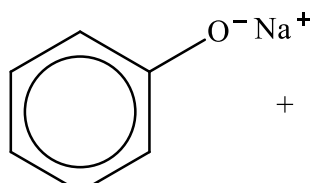
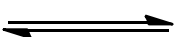
Феноксиден (фенолатен) анјон Хидрониум јон

За киселите својства на фенолот придонесува и делокализацијата на електроните од кислородниот атом кон бензенското јадро, со што доаѓа до стабилизација на феноксидниот јон. Сепак, фенолот е слаба киселина, многу послаба од повеќето неоргански киселини.

Поради киселите својства, фенолот реагира со бази и образува соли кои се наречени **фенолати**. На пример:



+ NaOH

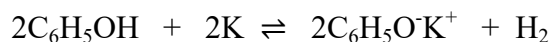


+ H_2O

Фенол

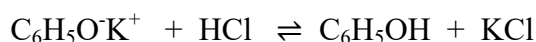
Натриум фенолат

Покрај тоа, фенолот реагира и со алкалните метали и образува фенолати со ослободување на водород. На пример:



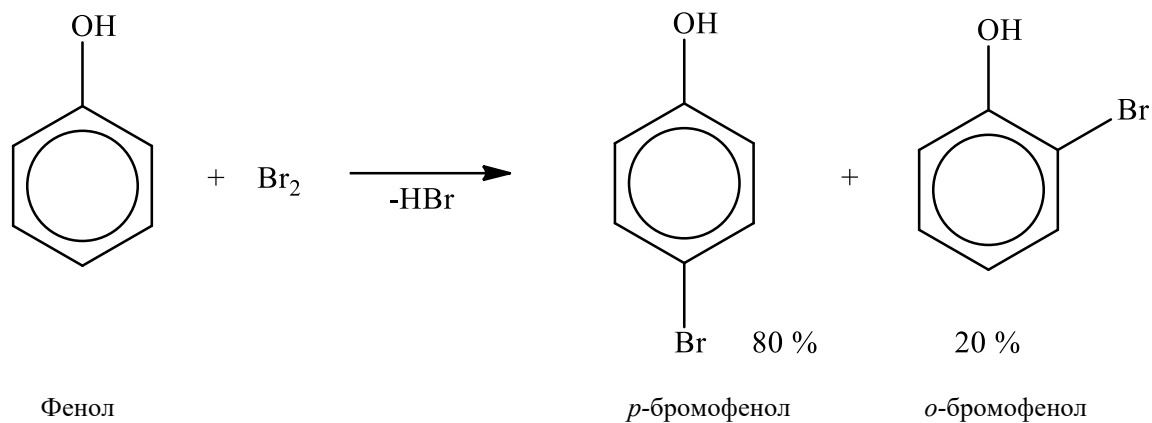
Калиум фенолат

Фенолатите се растворливи во вода, при што хидролизираат и покажуваат базна средина. Под дејство на неоргански киселини од растворите на фенолатите се добива фенол.

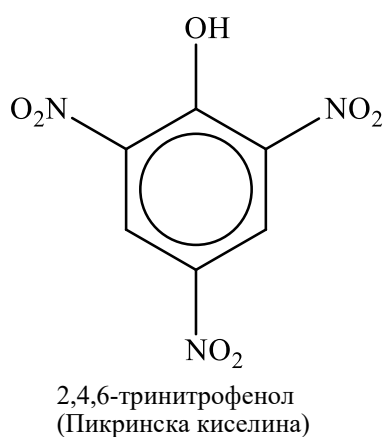


2. Реакции на бензенското јадро кај фенолот

Како што веќе кажавме, поради преместувањето на електроните од кислородниот атом кон бензенското јадро, електронската густина на јадрото е поголема, па затоа **фенолот полесно стапува во реакции на електрофилна ароматична супституција отколку бензенот**. Така, фенолот може да се халогенира, нитрира, сулфонира итн. полесно отколку бензенот. Притоа, се супституираат пред сè водородните атоми во орто и пара положба во однос на ОН-групата, па затоа се добива смеса од производи. На пример:



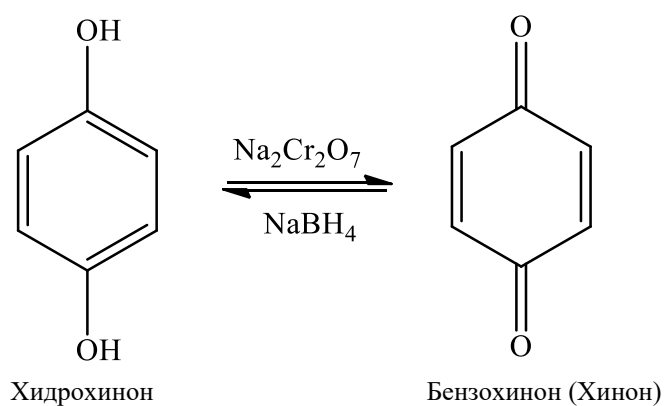
За разлика од бензенот, фенолот може да се нитира и со разредена азотна киселина. При целосно нитрирање, во фенолот се внесуваат три нитро групи. Добиеното соединение е позната под името 2,4,6- тринитрофенол или **пикринска киселина**.



Пикринската киселина претставува жолта, кристална супстанца лесно растворлива во вода и со горчлив вкус од каде го добила и името. Се образува при нитрирање на различни природни супстанции од животинско и растително потекло како волна, свила, индиго и други. Тоа е силна киселина (од редот на некои неоргански киселини) и гради соли пикрати. Со соединенијата изградени од повеќе бензенски јадра гради тешко растворливи соли и затоа се користи за нивно издвојување.

3. Оксидација на феноли

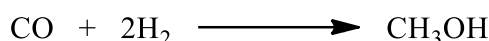
Фенолот и хидроксифенолите може да се оксидираат до соединенија познати под името хинони. На пример:



6.6. ПОВАЖНИ ПРЕТСТАВНИЦИ НА АЛКОХОЛИТЕ И ФЕНОЛИТЕ

Метанол

Метанолот, CH_3OH , кој се нарекува дрвен шпиритус се добива како спореден продукт при сува дестилација на дрво. Во поголеми количества, за технички потреби, се добива при реакција на јаглерод монооксид со водород под притисок и во присуство на катализатор.



Во структурата на овој алкохол хидроксилната група е сврзана за најмалиот радикал, т.е. за метил радикалот. Поради тоа метанолот е добро растворлив во вода и стапува во сите реакции карактеристични за алкохолите. Метанолот е најотровниот од сите монохидроксилни алкохоли. Во мали количества (околу 5 грама) предизвикува слепило, а во поголеми смрт.

Метанолот се употребува како реагенс при различни органски синтети, како растворувач на некои неоргански соединенија и за денатурирање на етанол.

Етанол

Човекот почнал да го произведува и користи етанолот уште многу одамна. Најголеми количества алкохол за алкохолни пијалаци се добиваат со алкохолна ферментација на шеќерите од овошјето (на пример глюкоза) под дејство на ензимот кој го има во квасните габички. Видовме дека етанолот може да се добие со хидратација на етен, но денес почесто се применува поевтината постапка при која појдовна суровина е етинот (ацетилен).

Етанолот ги покажува карактеристичните својства на алкохолите. Како што видовме, тој реагира со алкални метали при што се добиваат етанолати. За оваа реакција може да се изведе следниов експеримент:



Експеримент: Реакција на етанол со натриум

Задолжително носете лабораториски очила и ракавици и работете подалеку од вода!

Со пинцета се вади парче натриум, се сече со нож многу мало парченце и се суши со филтерна хартија. Остатокот од натриумот се враќа во шишето и добро се затвора. Третина од епрувета се полни со алкохол и се прицврстува на статив. Потоа со пинцета се става натриумот. Епруветата се затвора со приготвената тапа низ која минува куса стаклена цевка. Кон отворот на цевката се приближува запалено чкорче. Набљудувајте што се случува. Откако ќе престане издвојувањето на гасот, течноста се истура на саатно стакло и се остава вишокот од алкохол да испари. На добиената супстанца, која има бела боја, се додаваат неколку капки вода. Забележете што се случува притоа.

Напишете ги хемиските равенки на кои се должат промените што ги забележавте.

Поради својствата што ги поседува, етанолот наоѓа широка употреба. Чистиот етанол (100 %), познат е под името апсолутен **алкохол** и се употребува во хемиски реакции каде не смее да има присуство на вода. Како 96 % се употребува како растворувач при производство на козметички препарати и при органски синтети. За растворање на лакови и лепила, како и за гориво, се употребува т.н. **денатуриран алкохол**. Овој алкохол се добива така што во 96% алкохол се додаваат отровни соединенија или соединенија со непријатен мирис за да се спречи неговото користење за алкохолни пијалоци.

Гликол

Гликолот, етан-1,2-диол, $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})$, се добива со оксидација на етен.

Молекулите на гликолот учествуваат во образување на водородни врски со двете хидроксилни групи и затоа гликолот има релативно висока температура на вриење. Водниот раствор на гликолот мрзне на пониска температура од водата и затоа се употребува како средство против замрзнување. Растворот на гликол во вода е познат под името „антифриз“. Гликолот стапува во истите реакции како и монохидроксилните алкохоли, а во реакциите може да учествуваат со едната или со двете хидроксилни групи.

Глицерол

Глицеролот, или во секојдневниот живот познат како глицерин, го има во состав на масите и маслата од кои и се добива со нивно разложување. Глицеролот има голема густина, сладок вкус и висока температура на вриење. Како што веќе објаснивме, тоа е последица на присуството на трите хидроксилни групи во неговиот состав. При хемиските реакции може да учествуваат со една, две или три хидроксилни групи.

Така на пример, глицеролот реагира со азотната киселина при што се добива глицерол тринитрат (естер, група соединенија за кои ќе стане збор подоцна). Ова соединение во секојдневниот живот познато е со тривијалното име нитроглицерин. Големи количества глицерол се користат за добивање на нитроглицерол кој се користи како експлозив, но претставува и лек за срцеви заболувања. Глицеролот најмногу се употребува за приготвување на козметички препарати.

Фенол

Фенолот е бела кристална супстанца, со остар, специфичен мирис, која со стоење на воздух се оксидира и потемнува. Се раствора во вода, но во ладна вода послабо се раствора и создава суспензија, додека во топла вода се раствора подобро. Покрај преку овие својства, фенолот може да го докажеме со следниов експеримент:



Експеримент: Докажување на фенол

Задолжително носете лабораториски очила и ракавици !

На саатно стакло се капнуваат неколку капки растворен фенол и врз нив исто толку раствор од железо(III) хлорид. Притоа, фенолот гради комплексно соединение со виолетова боја што е доказ за фенол.

Како што веќе кажавме, фенолот има кисели својства, односно тој се однесува и како киселина и во однос на водата. Неговите кисели својства може да ги докажеме преку следниов експеримент:



Експеримент: Докажување на киселите својства на фенолот

Задолжително носете лабораториски очила и ракавици !

Неколку кристалчиња од фенол се ставаат во епрувета и се додава малку вода. Се добива матна смеса т.е. суспензија. Смесата се испитува со сина лакмусова хартија. Забележете каква боја добива лакмусовата хартија. Со капалка се додава раствор од натриум хидроксид додека смесата да се избистри.

Напишете ја равенката на реакцијата што се случува кога кон фенолот ќе се додаде натриум хидроксид.

Ароматичните својства, пак, на фенолот може да и докажеме со реакција на електрофилна супституција, во која фенолот стапува полесно од бензенот. Тоа може да го докажеме со следниов едноставен експеримент:



Експеримент: Бромирање на фенол

Задолжително носете лабораториски очила и ракавици !

Во епрувета се раствора малку фенол со неколку капки вода и се додава исто количество на бромна вода, а потоа епруветата се протресува.

Забележете ја промената на бојата во текот на реакцијата и објаснете што се случува при реакцијата. Напишете ја равенката на реакцијата.

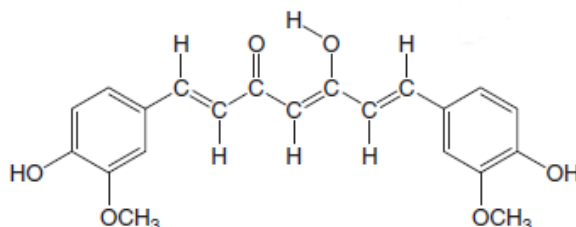
Фенолот се употребува за изработка на вештачки смоли, бои, лекови и експлозиви. Како 2-3 % воден раствор познат под името „карболна вода“, се употребува како средство за дезинфекција. Покрај фенолот, практична примена имаат и други феноли. Така крезолите (метилфеноли) помешани со течни сапуни се употребуваат како силно дезинфекционо средство, под името лизол. Со алдехидите (за кои ќе стане збор подоцна) градат различни типови полимери, познати под името фенолформалдехидни смоли. Овие полимери имаат големо практично значење.

ДОЗНАЈ НЕШТО ИНТЕРЕСНО

БИОЛОШКО ЗНАЧЕЊЕ НА ФЕНОЛИТЕ

Фенолите се широко распространети во природата и имаат големо биолошко и фармаколошко значење. Во фенолни соединенија се вбројуваат околу 8000 соединенија кои содржат фенолна структура, односно ароматски прстен за кој е директно сврзана најмалку една хидроксилна група. Тие се поделени на прости феноли и полифеноли кои содржат две или повеќе фенолни единици.

Фенолните соединенија покажуваат низа корисни дејства за организмот како: антиоксидативно, антивоспалително, антимикробно, антимулагено, аналгетско, спазмолитичко, антиканцерогено и др. На пример, куркуминот, растение од семејството на ѓумбири, уште многу одамна се користи како антиинфламаторно средство (средство против воспаленија), но во последно време интензивно се проучува можноста тој да се користи во подобрување на состојбата на болните од цистична фиброза.

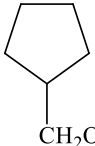


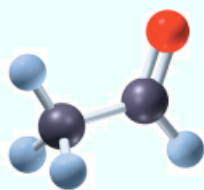
Куркумин

Една голема група полифеноли, познати под името флавоноиди, покажуваат извонредни антиоксидативни својства. Тие ги неутрализираат образуваните слободни радикали во организмот, односно оксидативните процеси, а со тоа спречуваат да дојде до уништување на клетките и ткивата. Витаминот Е, кој претставува природен антиоксиданс, исто така, може да се смета за дериват на фенолот. Иако молекуларните детали за неговата функција остануваат нејасни, се смета дека витаминот Е ја спречува несаканата оксидација на остатоците од незаситени масни киселини во клеточните мембрани. На овој начин витаминот Е помага во застојот на процесот на стареење.

Хиноните (оксидираните феноли) се главна компонента на убихиноните (коензими Q) кои функционираат во митохондриите и се главни посредници во респираторните процеси при транспорт на електрони од редуцирачкиот агенс NADH до молекулата на кислород.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

- Алкохолите, претставени со следниве формули, класифицирај ги според различни критериуми.
 а)  б) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ в)  г) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- Напиши ги молекулските и рационалните формулите на монохидроксилните ациклични и циклични алкохоли со пет јаглеродни атоми.
- Именувај ги следниве алкохоли:
 а) $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ б) $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ в) $\text{ONCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ г) $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$
- Напиши ги рационалните формули и именувај ги положбените изомери на пентанолот.
- Од кој алкил халид треба да се тргне, за при реакција со натриум хидроксид да се добие:
 а) пропан-2-ол б) бутан-1,3-диол? Напиши ги равенките на реакциите.
- Напиши ја равенката на реакцијата на адиција на вода на хекс-1-ен и именувај го добиениот продукт.
- Колкава маса 1-хлоропропан треба да стапи во реакција со натриум хидроксид за да се добијат 30 g пропан-1-ол?
- Следниве алкохоли подреди ги според опаѓање на нивната растворливост во вода: а) пропан-1-ол; б) декан-1-ол; в) хептан-2-ол; г) бутан-1-ол; д) додекан-1-ол.
- Подреди ги според растење на температурата на вриење следниве соединенија: диметил етер, етанол и вода.
- Напиши ги равенките на следниве реакции: а) пропан-2-ол и калиум; б) метанол и оцетна киселина; в) оксидација на бутан-2-ол; г) согорување на пентан-3-ол.
- Колку милиграми натриум метоксид ќе се добијат ако при реакција со метанол изреагирале 230 mg натриум?
- Напиши ги равенките на реакциите на дехидратација на метанол на температура над 170°C и под 170°C и именувај ги добиените соединенија.
- Напиши ја равенката на реакцијата меѓу пропан-1-ол и бромоводород.
- Нацртај ги структурните формули на трите изомери на хидроксифенолите и напиши ги нивните тривијални имиња.
- Следниве соединенија подреди ги според растење на нивните кисели својства: вода, метанол, фенол и метан.
- Напиши ја равенката на реакцијата меѓу фенол и калциум хидроксид и именувај го добиеното соединение.
- Објасни зошто фенолот стапува во електрофилна ароматска супституција полесно од бензенот. Напиши ја равенката на реакцијата на хлорирање на фенол.
- Напиши ја равенката на реакцијата на оксидација на резорцинол.



Модуларна единица 7.

АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Алдехиди и кетони“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

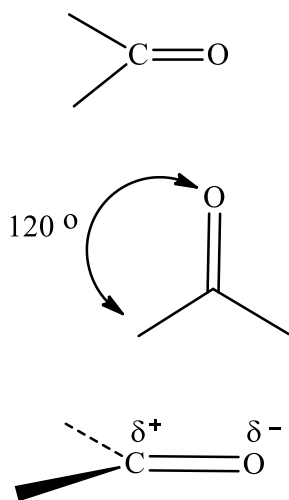
- ♦ *џи разликува орѓанскиџе соединенија со карбонилна џрупа, џрејознава и дефинира џоим за алдехид и кејон, класифицира алдехиди и кејони сјоред различни криџериуми, џрејознава и ојределува вид на сјрукјурна изомерија кај алдехидиџе и кејониџе;*
- ♦ *џрименува џравила за именување на алдехидиџе и кејониџе, џи џрејсјавува алдехидиџе и кејониџе со формули и џи именува на различни начини;*
- ♦ *набројува начини за добивање на алдехидиџе и кејониџе и џи џрејсјавува реакцииџе со хемиски равенки;*
- ♦ *џи ојишува физичкиџе својсјва на алдехидиџе и кејониџе и џишува равенки на реакции за хемискиџе својсјва на алдехидиџе и кејониџе;*
- ♦ *џи набројува џоважниџе џрејсјавници на алдехидиџе и кејониџе и џо исјакнува нивноџо значење и џримена.*

Содржини:

- ♦ *Сосјав, џоделба и изомерија на алдехидиџе и кејониџе*
- ♦ *Номенклајтура на алдехидиџе и кејониџе*
- ♦ *Добивање на алдехиди и кејони*
- ♦ *Физички и хемиски својсјва на алдехидиџе*
- ♦ *Физички и хемиски својсјва на кејониџе*
- ♦ *Поважни џрејсјавници на алдехидиџе и кејониџе*

7.1. СОСТАВ, ПОДЕЛБА, ИЗОМЕРИЈА И НОМЕНКЛАТУРА НА АЛДЕХИДИТЕ И КЕТОНИТЕ

Освен алкохолите и фенолите, други органски соединенија што во својот состав, освен јаглерод и водород, содржат и кислород, се **алдехидите** и **кетоните**. Алдехидите и кетоните се органски соединенија што во своите молекули содржат **карбонилна група** и затоа се нарекуваат **карбонилни соединенија**. Карбонилната група се состои од **sp²-хибридизиран** јаглероден атом, кој е поврзан со двојна врска со кислороден атом.



Јаглеродниот атом од карбонилната група е sp²-хибридизиран и формира три σ -врски со трите соседни атоми. Сите три атоми и σ -врските лежат во една рамнина под агол од 120 °. Нехибридизираната атомска p-орбитала од C-атомот странично се препокрива со една од полу-пополнетите p-орбитали од кислородниот атом и се создава π -врска. σ -врската и π -врската меѓу јаглеродниот и кислородниот атом градат двојна врска. Кислородниот атом има значително поголема електронегативност од јаглеродниот и затоа **C=O врската е поларна**. Јаглеродниот атом е парцијално позитивно наелектризиран (δ^+), а кислородниот атом е парцијално негативно наелектризиран (δ^-). Поларноста на карбонилната група влијае врз физичките и хемиските својства на овие соединенија.

Поим за алдехиди и поделба на алдехидите

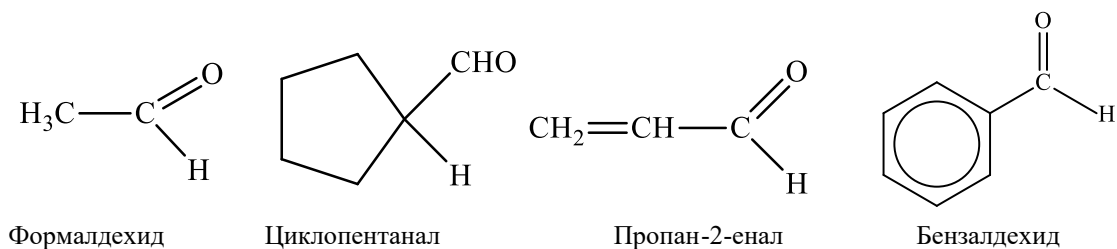
Во алдехидите, за јаглеродниот атом од карбонилната група е сврзан водороден атом и органска група/радикал. Значи:

Алдехиди се соединенија што во своите молекули како функционална група содржат алдехидна група, –CHO, сврзана за радикал.

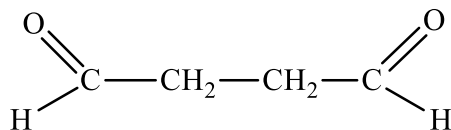
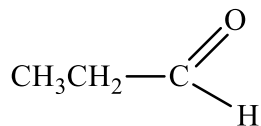
Исклучок од ова е само првиот член од хомолошката низа на алдехидите, кој истовремено има и наједноставен состав, а во структурата нема радикал. Во неговата молекула, за јаглеродниот атом се сврзани два водородни атоми.

Алдехидите може да се класифицираат според следниве критериуми:

- ♦ Според видот на радикал за кој е сврзана алдехидната група, алдехидите се поделени на ациклични, циклични, алифатични, ароматични итн. На пример:

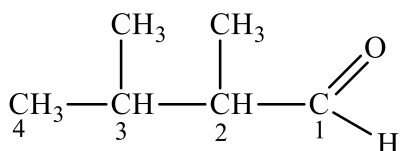


- ♦ Според бројот на алдехидни групи, алдехидите се поделени на моноалдехиди, диалдехиди итн. На пример:

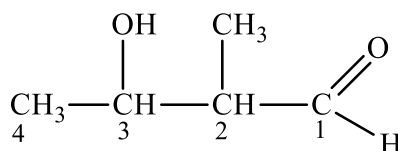


Номенклатура и изомерија на алдехидите

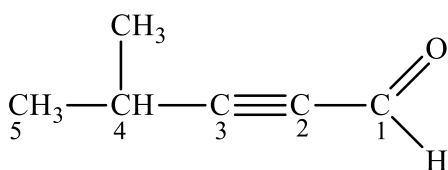
Според IUPAC, алдехидите се именуваат така што на името на јаглеродородот од основната низа се додава наставка **-ал**. Нумерирањето на низата започнува од јаглеродниот атом од алдехидната група. Алдехидната група има предност пред сите други групи освен пред карбоксилната група. Ако алдехидната група е сврзана за прстен, се користи суфиксот **карбалдехид**. Примери:



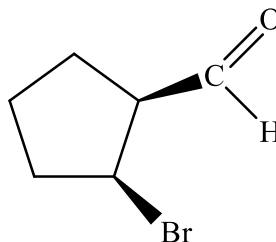
2,3-диметилбутанал



2-метил-3-хидоксибутанал



4-метилпент-2-инал



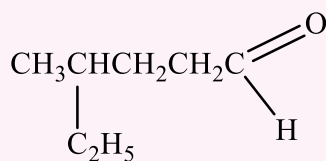
cis-2-бромциклопентанкарбалдехид

За повеќе алдехиди, во употреба се и **тривијални имиња**. Овие имиња се изведуваат од тривијалното име на органската киселина што се добива со оксидација на алдехидот. На пример:

Формула	IUPAC	Тривијално име
HCHO	Метанал	Формалдехид
CH_3CHO	Етанал	Ацеталдехид
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$	Бензенал	Бензалдехид

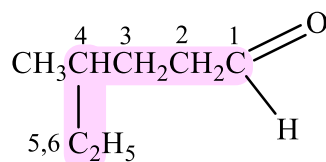
Кај алдехидите не постои положбена изомерија, туку само изомерија на јаглеродната низа од радикалот. Алдехидните групи, кај диалдехидите, се наоѓаат на првиот и на последниот јаглероден атом. Затоа, кај алдехидите има само изомерија на низата, а нема положбена изомерија.

Пример 7.1. Кое е името на соединението претставено со следнава формула?



Решение:

Соединението содржи алдехидна група, што значи дека припаѓа на класата алдехиди. Јаглеродниот атом од алдехидната група секогаш добива бројна вредност 1, односно од него започнува нумерирањето на најдолгата низа. Во овој пример треба да се внимава при изборот на најдолгата низа. Имено, етил групата е запишана како $\text{—C}_2\text{H}_5$, но тоа не значи дека таа треба да се смета како супституент, туку треба да се провери дали, броејќи ги двата јаглеродни атоми што ги содржи, ќе се добие најдолгата низа. Ако се постапи така, лесно ќе се заклучи дека најдолгата низа содржи шест C-атоми.

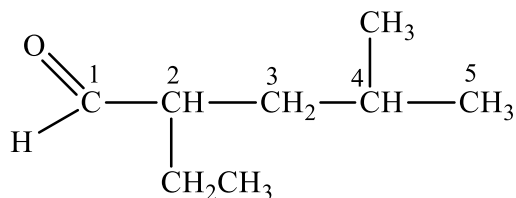


Значи, метил групата сврзана за четвртиот C-атом е супституент. Оттука, името на соединението со дадената формула е **4-метилхексанал**.

Пример 7.2. Напиши ја рационалната формула на 2-етил-4-метилпентанал.

Решение:

Соединението содржи пет C-атоми (пентанал!), броејќи го и C-атомот од алдехидната група. Броењето започнува од јаглеродниот атом од алдехидната група. На вториот C-атом е сврзана етил група како супституент, а на четвртиот C-атом метил група.



Поим за кетони и поделба на кетоните

Видовме дека кај алдехидите, јаглеродот од карбонилната група е сврзан за водороден атом и за алкил или арил група. За разлика од нив, кај **кетоните**, јаглеродниот атом од карбонилната група е сврзан со две алкил или арил групи. Честопати, за карбонилната група во кетоните се користи називот **кето група**. Значи:

Кетоните се соединенија во чии молекули карбонилната (кето група) е сврзана со две алкил и/или арил групи.

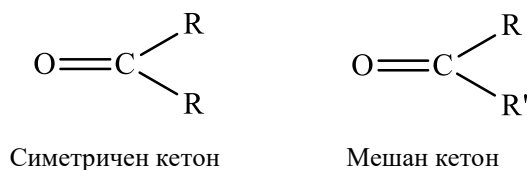


Кетоните може да се класифицираат според неколку критериуми:

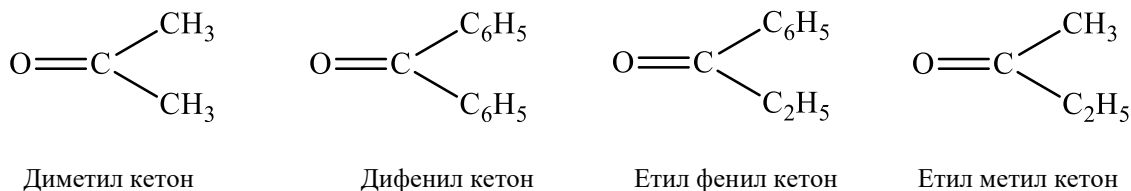
- ♦ Според видот на групите сврзани за кето група, кетоните може да се поделат на алифатични, ароматични и алициклични. На пример:



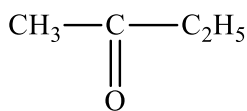
- ♦ Кетоните може да се поделат и според тоа дали јаглеродниот атом од кето групата е сврзан за две исти групи или за различни групи. Кетоните кај кои за кето групата се сврзани две исти групи (алифатични или ароматични) се нарекуваат **симетрични кетони**, а оние кај кои за кето групата се сврзани различни групи се нарекуваат **несиметрични** или **мешани кетони**.



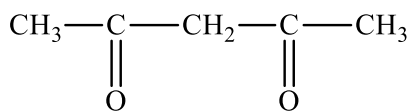
Примери:



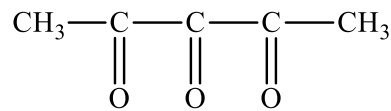
- ♦ Според бројот на кето групи во молекулата на кетонот, постојат монокетони, дикетони, поликетони. На пример:



Монокетон



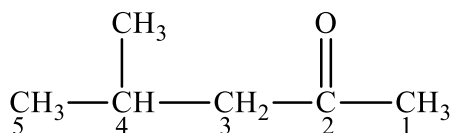
Дикетон



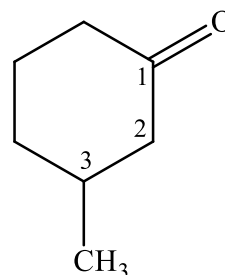
Трикетон

Номенклатура и изомерија на кетоните

При именувањето на **кетоните**, како основа се избира најдолгата низа што го содржи карбонилниот C-атом. Кон името на основниот јаглеродород се додава наставката **-он**. Нумерирањето започнува од оној крај на низата од кој карбонилниот C-атом добива пониска бројна вредност. Таа се запишува непосредно пред суфиксот -он. Повеќекратните врски, како и халогените, хидрокси групата, алкокси групата итн. имаат понизок ранг од keto групата. Цикличните кетони, пак, се именуваат како **циклоалканони**. Примери:

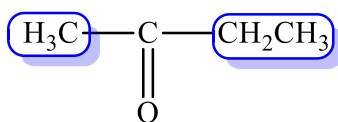


4-метилпентан-2-он

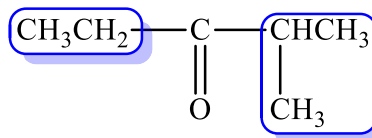


3-метилциклохексанон

За кетоните (особено за поедноставните), во употреба се и т.н. **адитивни имиња**, според кои се кажува името на групите и се додава зборот кетон. На пример:

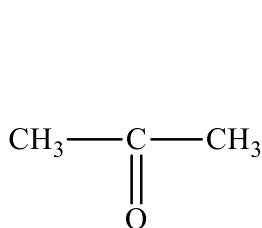


Етил метил кетон

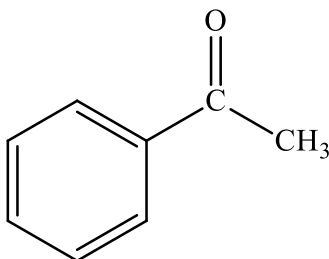


Етил изопропил кетон

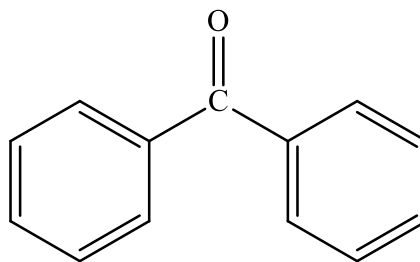
За некои кетони, во употреба се нивните **тривијални имиња**. На пример:



Ацетон



Ацетофенон

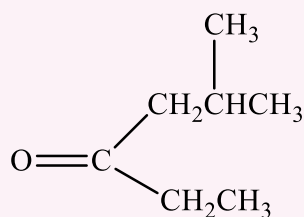


Бензофенон

За кетоните е типична **положбената изомерија**, која се јавува поради различната местоположба на keto групата. Кај првиот кетон, пропанонот, нема ваква изомерија. Алдехидите и кетоните меѓу себе покажуваат **функционална изомерија**.

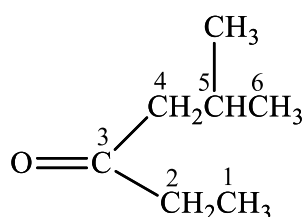
Да разгледаме примери за номенклатурата и изомеријата на кетоните.

Пример 7.3. Кое е името на соединението претставено со следнава формула?



Решение:

Соединението содржи карбонилна група, па според тоа станува збор за кетон. Најдолгата низа во овој кетон содржи шест јаглеродни атоми. Нумерирањето на јаглеродните атоми започнува од оној крај на низата од кој кето групата добива помала бројна вредност.

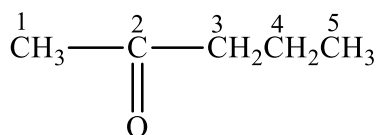


Значи, кето групата се наоѓа на третиот С-атом, а на петтиот С-атом во разгранувањето има метил група. Значи, името на овој кетон е **5-метилхексан-3-он**. Покрај ова име, друго дозволено име за овој кетон е **етил изобутил кетон**.

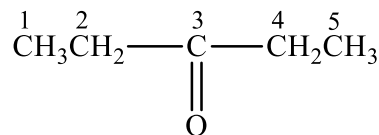
Пример 7.4. Напиши ги рационалните формули и имињата на положбените и функционалните изомери на пентанонот.

Решение:

Бидејќи се бараат само положбените и функционалните изомери, изомеријата на низата не треба да се зема предвид. Според тоа, бидејќи низата има пет јаглеродни атоми, постојат две соединенија што се разликуваат според местоположбата на кето групата. Тоа се следниве кетони:

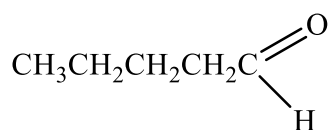


Пентан-2-он



Пентан-3-он

Како што спомнавме претходно, кетоните и алдехидите меѓу себе покажуваат функционална изомерија. Според тоа, функционалниот изомер на пентанонот е пентаналот.



Пентанал

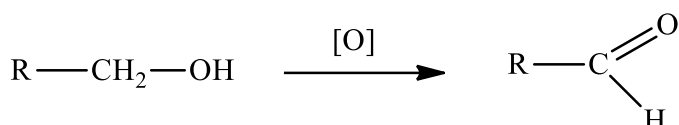
7.2. ДОБИВАЊЕ НА АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ

Добивање на алдехиди

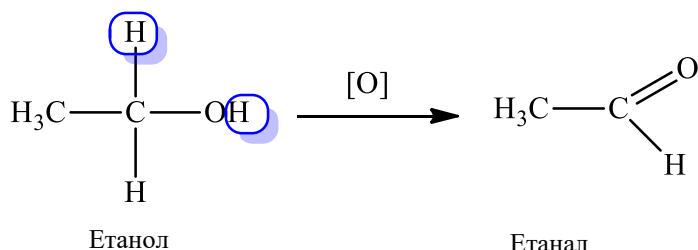
Постојат различни постапки за добивање на алдехидите, а со некои од нив веќе се запознавме кај својствата на други класи соединенија. Тука ќе ги разгледаме поважните постапки за добивање на алдехидите.

1. Оксидација на примарни алкохоли

Главен начин за добивање на алдехидите е со оксидација (дехидрогенација) на примарни алкохоли. Оксидацијата се изведува со различни оксидациони средства, вклучително и со воздушен кислород во присуство на метален катализатор. Но, оксидацијата на примарните алкохоли треба внимателно да се изведува, без вишок од оксидационото средство, бидејќи алдехидите, понатаму, може лесно да се оксидираат до карбоксилни киселини.



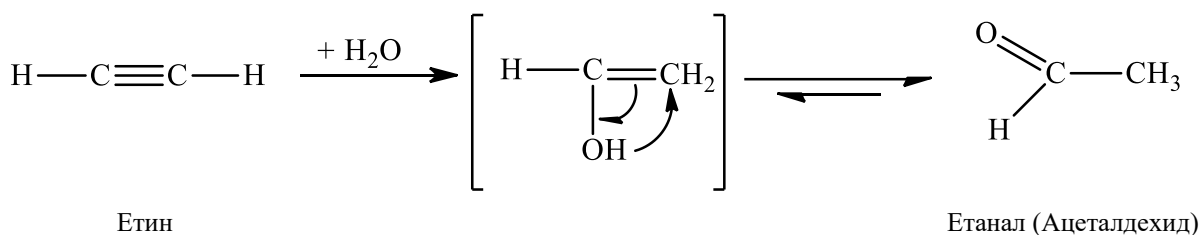
Пример:



Слика 7.1. Јустус вон Либиг (Justus von Liebig, 1803-1873) извршил дехидрогенација на етанол. Добиениот продукт го нарекол алдехид.

2. Со хидратација на етин се добива етанал:

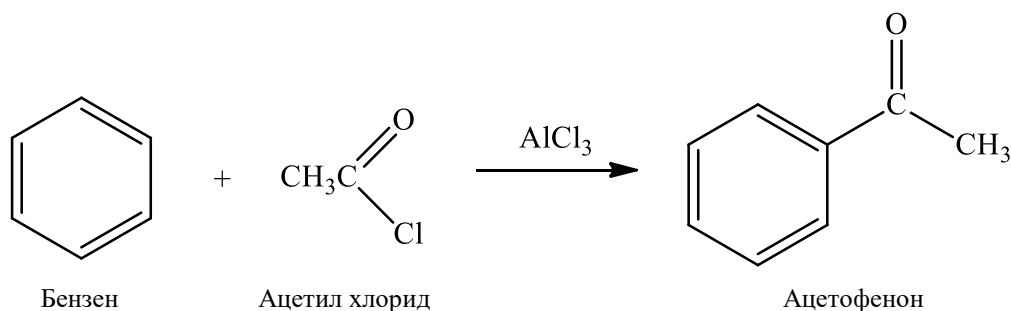
За оваа реакција зборувавме кај алкините и кажавме дека со хидратација на алкини се добиваат кетони. Единствено, при хидратација на етин се добива етанал. Реакцијата се одвива според Марковниковото правило во присуство на сулфурна киселина и живини соли како катализатори.



Алдехидите може да се добијат и со други постапки, како што е, на пример, со **редукција** на некои деривати на карбоксилните киселини, но за нив ќе стане збор подоцна.

3. Фридел-Крафтово ацилирање

Со овој вид реакција се сретнавме кога ги изучувавме својствата на бензенот. Ацилирањето претставува реакција на електрофилна ароматична супституција со која се супституира еден водороден атом од бензенот со ацил група под дејство на т.н. ацил халиди, во присуство на кисел катализатор. Продукт на реакцијата е мешан, ароматично алифатичен кетон.

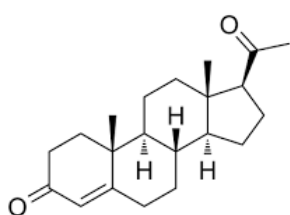


ДОЗНАЈ НЕШТО ИНТЕРЕСНО

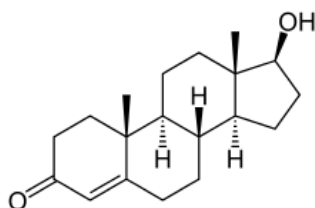
АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ СО БИОЛОШКО ЗНАЧЕЊЕ

Алдехидите и кетоните во комбинација со други функционални групи се широко распространети во природата, растенијата, микроорганизмите, животните, вклучително и луѓето. Во растенијата и микроорганизмите што содржат алдехиди и кетони (т. е. во своите молекули содржат алдехидна или кето група) спаѓаат цинамалдехид во кората од циметот, цитра во лимонската трева, ванилин во зрната ванила, карвон во нането и кимот, камфор итн.

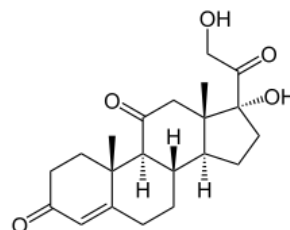
Некои хормони од животинско и човечко потекло содржат алдехиди и кетони, како што се мускон во мошусот на еленот, женскиот полов хормон прогестерон (хормон на бременост), машкиот полов хормон тестостерон и кортикостероидниот хормон кортизон.



Прогестерон

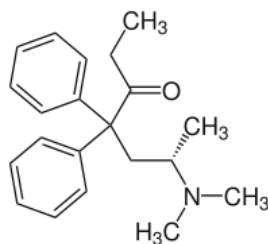


Тестостерон



Кортизон

Кетонот „метадон“ помага при лекувањето зависност од опијати, како што се хероин, опиум и морфиум.



Метадон

7.3. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛДЕХИДИТЕ

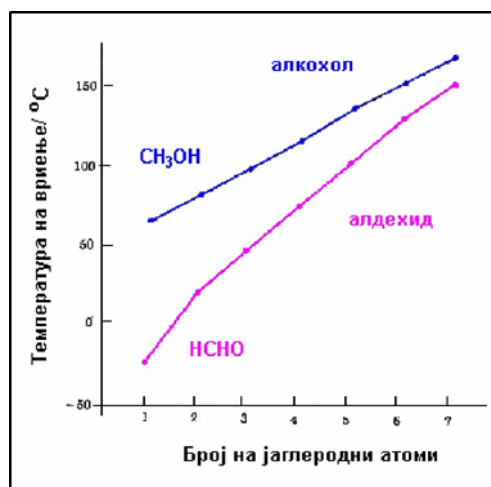
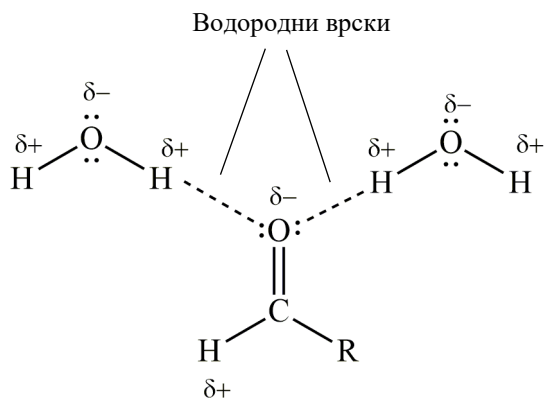
Физички својства на алдехидите

Својствата на алдехидите произлегуваат, главно, од присуството на карбонилната група, која е поларна поради големата електронегативност на кислородот. Поради интеракциите меѓу нивните поларни молекули, алдехидите имаат повисоки температури на вриење од алканите со блиски релативни молекулски маси, но пониски од соодветните алкохоли, бидејќи меѓу нивните молекули нема можност за образување водородни врски. Во Табела 7.1. е дадена споредба меѓу температурите на вриење на алкани, алкохоли и алдехиди со блиски молекулски маси, а на Слика 7.2. е дадена споредба помеѓу температурите на вриење на алкохоли и алдехиди со растење на бројот на C-атоми.

Меѓутоа, кислородниот атом од карбонилната група со своите електронски парови може да образува водородни врски со водата, па затоа алдехидите со мали молекулски маси се растворливи во вода. Со зголемувањето на должината на јаглеродната низа, растворливоста во вода се намалува, а покрај тоа, и во поглед на други физички својства, алдехидите стануваат послични со јаглеводородите.

Табела 7.1. Споредба на температурите на вриење меѓу алкани, алкохоли и алдехиди со блиски молекулски маси.

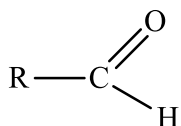
Име	Формула	M_r	$T_b / ^\circ C$
Етан	CH_3CH_3	30	-89
Метанол	CH_3OH	32	65
Метанал	$HCHO$	30	-21
Пропан	$CH_3CH_2CH_3$	44	-42
Етанол	CH_3CH_2OH	46	78
Етанал	CH_3CHO	44	20
Бутан	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	58	-1
Пропан-1-ол	$CH_3CH_2CH_2OH$	60	97
Пропанал	CH_3CH_2CHO	58	49



Слика 7.2. Споредба на промената на температурите на вриење на алдехидите и алкохолите со растење на бројот на C-атоми.

Хемиски својства на алдехидите

Кај алдехидите, за јаглеродниот атом од карбонилната група е сврзан водороден атом. Поради малиот волумен на водородниот атом, тој не ја попречува достапноста на различни честички од реагенсите до карбонилната група и со тоа ја олеснува реактивноста на овие соединенија. Затоа, **алдехидите се релативно реактивни соединенија.**

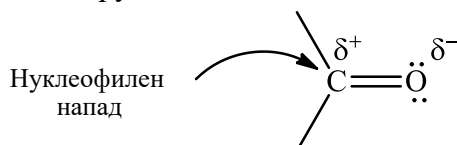


Алдехид

Присуството на двојната врска во карбонилната група и нејзината поларност, како и меѓусебното влијание на водородот и радикалот и јаглеродниот атом од карбонилната група се причините за реактивноста на алдехидите. Алдехидите стапуваат во повеќе различни видови реакции. Тука ќе ги разгледаме нивните најважни реакции.

1. Реакции на нуклеофилна адиција

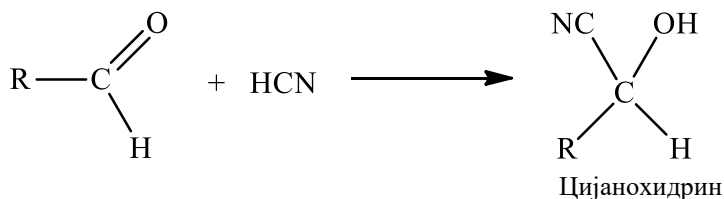
Јаглородниот атом и кислородниот атом од карбонилната група се сврзани со двојна врска, па затоа во тој дел од молекулата се можни реакции на адиција. Но, за разлика од адициите кај алкените (електрофилна адиција), овде настанува **нуклеофилна адиција**. Ова се должи на тоа што јаглородот од карбонилната група е парцијално позитивно наелектризиран, па претставува место за напад на нуклеофилни честички, како што се: CN^- , HO^- , RO^- и други.



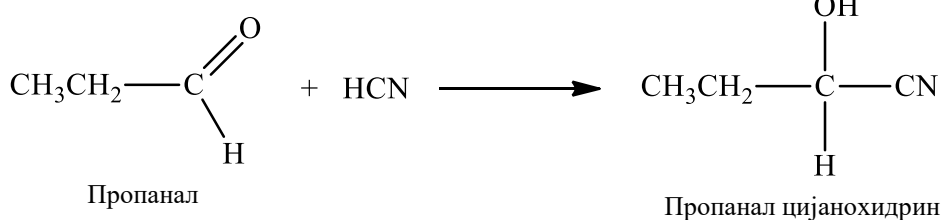
Како нуклеофилни реагенси најчесто се јавуваат: HCN , H_2O , ROH , RCHO , NaHSO_3 и др., па оттука и различни видови нуклеофилна супституција.

♦ Цијанохидринска реакција

Нуклеофилната честичка што го напаѓа С-атомот од алдехидната група во оваа реакција е CN^- (цијаниден) јон, а при реакцијата се добиваат соединенија, кои со заедничко име се нарекуваат цијанхидрини.

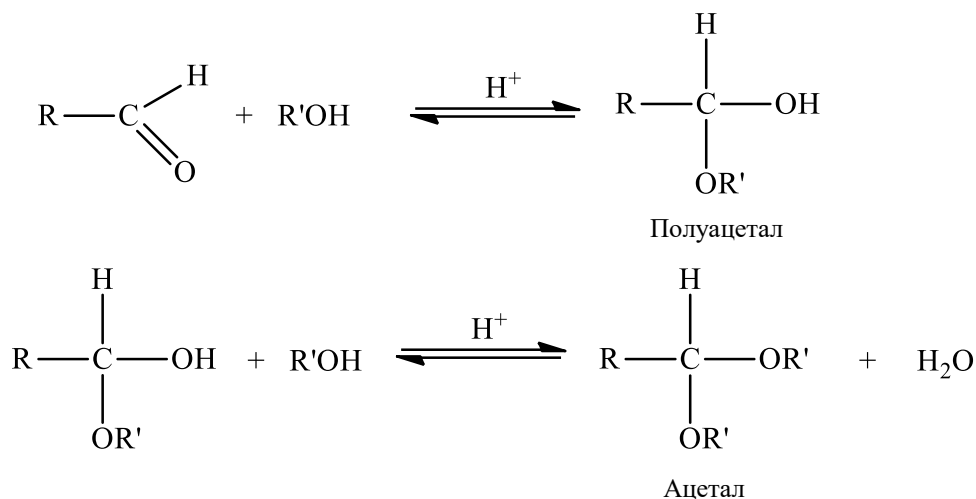


Пример:

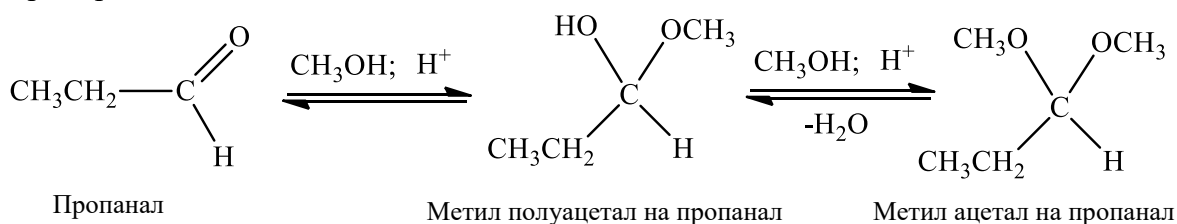


♦ Добивање полуацетали и ацетали

Во присуство на киселина, алдехидите може да адиратат алкохол на карбонилната група. Докажано е дека најпрвин се формира нестабилно соединение наречено **полуацетал (хемиацетал)**, кое е во рамнотежа со алкохолниот раствор на алдехидот. Потоа, полуацеталот реагира со мал вишок од алкохол и се добива **ацетал**.

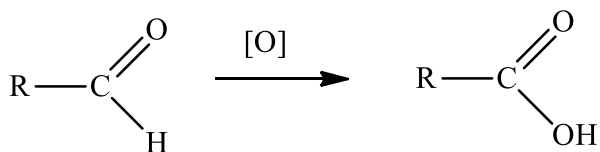


Пример:

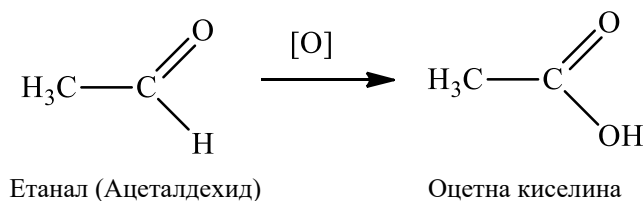


2. Оксидација на алдехиди

Алдехидите стапуваат во реакции на оксидација со различни оксидациони средства, како што се $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KMnO_4 и други. Во овие реакции, алдехидите се оксидираат до карбоксилни киселини, при што оксидационото средство се редуира.

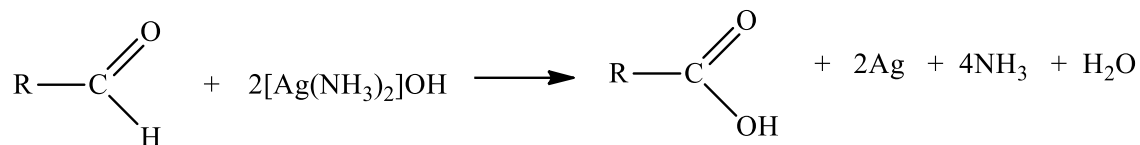


Пример:



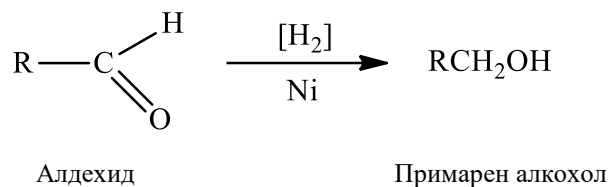
Алдехидите се оксидираат и со слаби оксидациони средства, како што е, на пример, со Фелингов реагенс или со Толенсов реагенс (раствор на диамминсребро(І) хидроксид). Најчесто, промените при овие реакции на оксидација се видливи (поради промената на бојата) и дел од нив се применуваат за докажување на алдехидната група во состав на различни соединенија.

При Толеновата реакција, на пример, комплексно сврзаниот јон од сребро се редуцира до елементарно сребро (сребрено огледало), а притоа алдехидната група се оксидира до карбоксилна, што значи дека се добива киселина. Оваа реакција, во општ случај, може да се претстави со следната хемиска равенка:

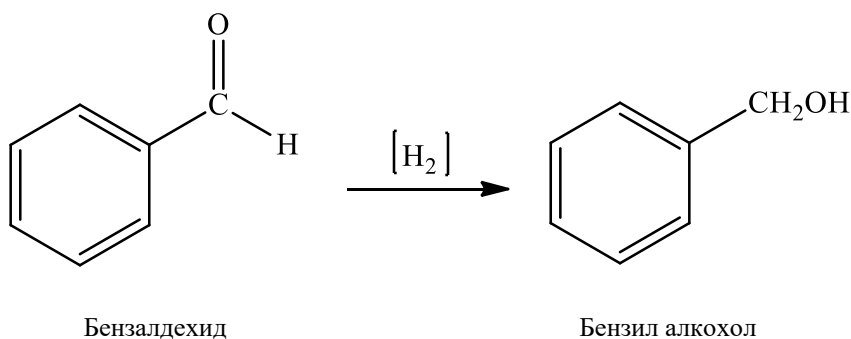
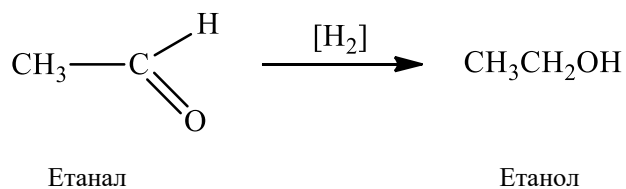


3. Редукција на алдехиди

Реакцијата на редукција на алдехиди веќе ја изучивме во реакциите за добивање алкохоли. Да се потсетиме, при редукција на алдехиди се добиваат примарни алкохоли. Реакцијата најчесто се изведува во присуство на Pt или Ni како катализатор.



Примери:

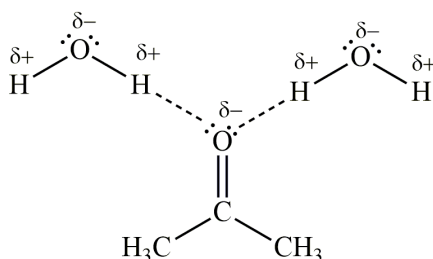


7.4. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА КЕТОНИТЕ

Физички својства на кетоните

Физичките својства на кетоните се слични со физичките својства на алдехидите, а се должат, главно, на поларноста на карбонилната група и присуството на неподелените електронски парови на кислородниот атом. Бидејќи кај кетоните, како и кај алдехидите, не постои водороден атом директно сврзан за кислородниот, меѓу нивните молекули не се образуваат водородни врски. Сепак, поради поларноста на молекулите на кетоните и дипол-дипол интеракциите меѓу нив, тие имаат повисоки температури на вриење од неполарните јаглеводороди со слична молекулска маса.

Иако меѓу себе не образуваат водородни врски, молекулите на кетоните може да образуваат водородни врски со водата. На пример:



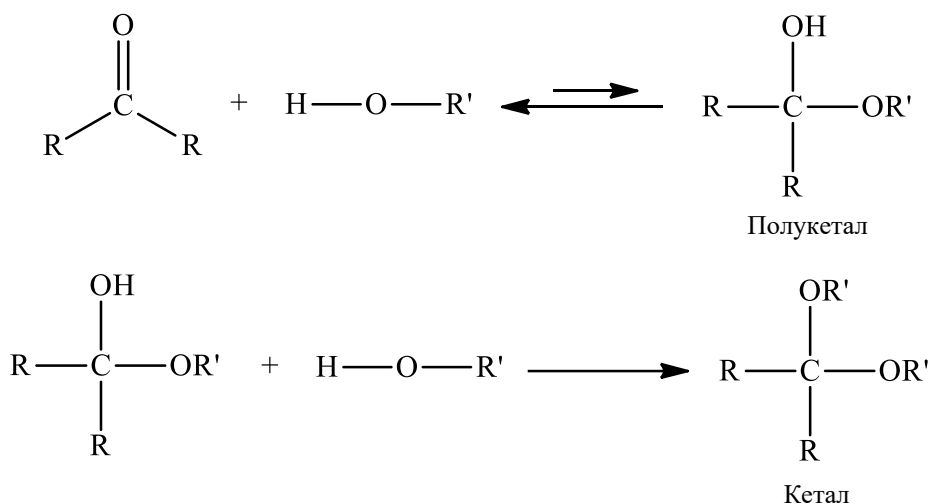
Водородни врски може да образуваат и со други молекули што содржат водород сврзан за силно електронегативен атом.

Хемиски својства на кетоните

Бидејќи и алдехидите и кетоните содржат карбонилна група, тие ќе стапуваат во истите типови реакции што ги разгледавме кај алдехидите. Сепак, кетоните покажуваат определени разлики во хемиското однесување поради различните состав и структура околу карбонилната група, односно реакциониот центар. Во споредба со алдехидите, карбонилната група кај кетоните е сврзана со два алкил и/или арил групи што имаат поголем волумен во однос на водородот. Затоа, во споредба со алдехидната група, достапноста на честичките од реагенсиот до кето групата е отежната. Од друга страна, овие групи имаат позитивен индуктивен ефект (одаваат електрони), а со тоа ја намалуваат поларноста на карбонилната група. Значи, во споредба со алдехидите, **кетоните се помалку реактивни соединенија**. Слично како алдехидите, и кетоните стапуваат во реакции на **адиција, редукција и оксидација**.

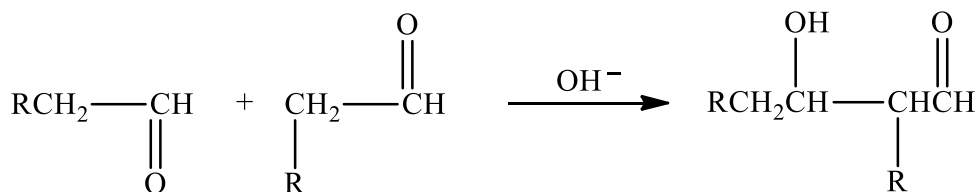
1. Реакции на нуклеофилна адиција

Како и за алдехидите, и за кетоните најважната реакција на карбонилната група е реакцијата на **нуклеофилна адиција**. Иако потешко во споредба со алдехидите, кетоните може да стапуваат во реакции на нуклеофилна адиција со: HCN, ROH и други нуклеофилни реагенси. На пример, кетоните со алкохолите образуваат полукетали и кетали.

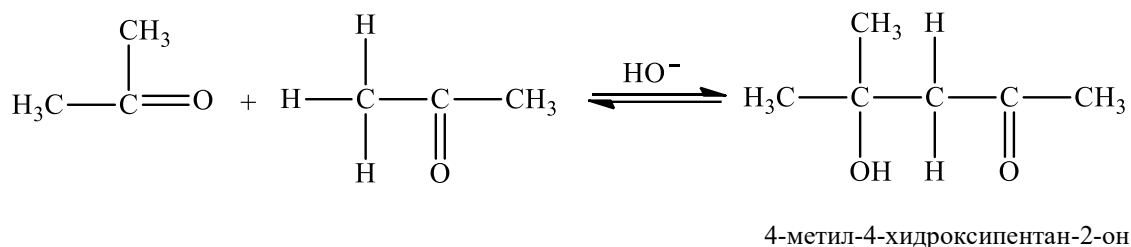


2. Алдолна адиција

Освен со спомнатите реагенси, алдехидите и кетоните може да реагираат и самите меѓу себе, т. е. на една молекула алдехид или кетон да се сврзе друга молекула од алдехид или кетон. Ваквите реакции се одвиваат во присуство на разредени бази или киселини. Реакцијата го носи името на продуктот што се добива -**алдол**.

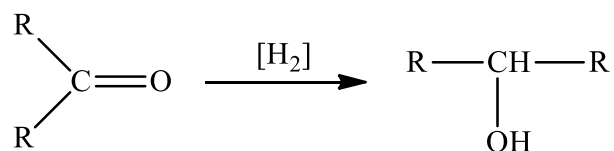


На пример:

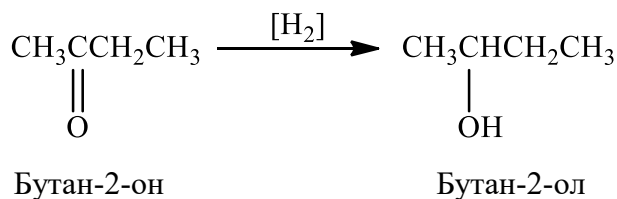


3. Редукција на кетони

Со оваа реакција веќе се сретнавме како еден од начините за добивање секундарни алкохоли. Значи, со редукција на кетони се добиваат секундарни алкохоли.

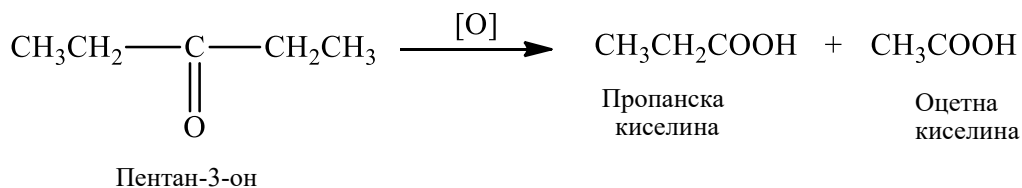


На пример:



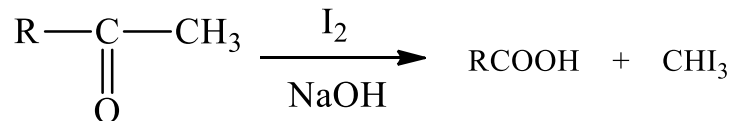
4. Оксидација на кетони

Оксидацијата на кетоните се одвива значително потешко отколку кај алдехидите, па затоа тие не се оксидираат ниту со Толенов реагенс, ниту со Фелингов раствор. Токму затоа, овие реакции се користат за разликување на алдехидите од кетоните. За оксидација на кетоните мора да се употребат посилни оксидациони средства. При оксидацијата на кетоните доаѓа до раскинување на врската C-C меѓу C-атомот од карбонилната група и C-атомот од една од групите сврзани за карбонилната група, па затоа при овие реакции се добива смеса од киселини, при што се запазува вкупниот број C-атоми. На пример:

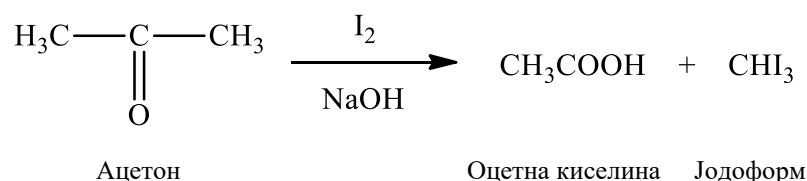


5. Јодоформна реакција

За докажување на ацетон и кетони со метил група сврзана за карбонилната група (т.н. метил кетони) се користи т.н. **јодоформна реакција**, која, всушност, е реакција на оксидација на овој вид кетони. Реакцијата се изведува во базна средина со јод во воден раствор од KI. Појавата на жолта на растворот, која се должи на издвоен јодоформ (CHI₃), е доказ за присуството на метил кетон.



На пример:



7.5. ПОВАЖНИ ПРЕТСТАВНИЦИ НА АЛДЕХИДИТЕ И КЕТОНИТЕ

Метанал (формалдехид)

Формалдехидот, HCHO , е алдехид со наједноставен состав. Кај него за алдехидната група е сврзан водороден атом, а не алкил радикал. Метаналот настанува при непотполно согорување на различни органски материи и затоа го има во чадот. Тој се добива со оксидација на метанол. Реакцијата може да се изведе со следниов едноставен експеримент:



Експеримент: Добивање на формалдехид

Задолжително носете лабораториски очила и ракавици !

Во епрувета се става 5-6 капки метанол. Една бакарна спирала се загрева до усвитување, а потоа се вронува во растворот на метанол.

Набљудувајте ги настанатите промени. Објаснете на што се должат, а потоа напишете ја равенката на реакцијата што се случува.

Овој алдехид претставува отровен гас со остар загушлив мирис. Метаналот се растворува во вода и во трговијата доаѓа како 40 % раствор под името формалин. Во ваквиот раствор метаналот гради полимери и на тој начин се стабилизира.

Метаналот стапува во сите реакции карактеристични за алдехидите, како на пример во реакции на нуклеофилна адиција. Тој лесно се оксидира и затоа може да се докаже со Фелингов раствор и со Толенсов реагенс.



Експеримент: Докажување на формалдехид со Толенсов реагенс

Најпрвин се приготвува амонијачен раствор од сребро нитрат при што се образува комплексно соединение на јонот од среброт со амонијак. Во епрувета се ставаат 5 капки од сребро нитрат и се додава раствор од амонијак сè додека образуваниот талог не се раствори. Потоа се додаваат 5-6 капки раствор на формалдехид (формалин), а потоа епруветата се остава неколку минути во топла вода.

Објасни ги настанатите промени и претстави ја реакцијата со хемиска равенка.

Формалдехидот покажува антибактериски својства. Поради ова својство формалинот се користи за чување на анатомски препарати, како дезинфекционно средство и при производство на сувомесни производи. Големи количества метанал се употребуваат за добивање на кополимери со фенолот кои се викаат фенол-формалдехидни смоли како, на пример, бакелитот, како и многу други нови материјали од овој тип. Метаналот е појдовна супстанца за различни лекови, бои, препарати за земјоделството и др.



Експеримент: Добивање на фенол-формалдехидна смола

Задолжително користете наочари и ракавици.

Во чаша се става фенол и се додава раствор од формалдехид. Добро се промешува и се загрева до вриење. Потоа, постепено се додаваат десетина капки HCl и смесата се остава да се олади. Се издвојуваат два слоја. Водниот слој (горниот) се одлева, а на дното од чашата останува смолата.

Етанал (ацеталдехид)

Етаналот претставува лесно испарлива и запалива течност, растворлива во вода. Освен со оксидација на етанол, за потребите на индустријата се добива и од етинот. Овој алдехид се употребува за добивање на синтетичка оцетна киселина, вештачки смоли и лекови.

Бензалдехид

Бензалдехидот е ароматичен алдехид кој со стоење на воздух преминува во бензоева киселина. Бензалдехидот претставува безбојна, масловидна, отровна течност со мирис на горчливи бадеми. Го има во семките на горчливите бадеми, сливите и кајсиите. Тој се употребува за изработка на бои, за лекови и др.

Пропанон (ацетон)

Ацетонот е еден од продуктите на сува дестилација на дрво. Меѓутоа, ацетонот се добива и со ацетонско вриење на простите шеќери, како и со разложување на калциумова сол на оцетната киселина (калциум ацетат).



Ацетонот е еден од производите при индустриското добивање на фенол од бензен и пропен. Значењето на оваа синтеза е големо, бидејќи покрај фенолот се добива и пропанон, што значи се добиваат две многу важни супстанции за хемиската индустрија. Ацетонот може да се докаже со јодоформската реакција, за која стана збор претходно, со следниов експеримент:



Експеримент: Јодоформска реакција за докажување ацетон

Во епрувета, со воден раствор на KI, се ставаат неколку кристалчиња јод. Во друга епрувета се ставаат 2 cm³ ацетон, 1 cm³ раствор од натриум хидроксид и 10 cm³ од приготвениот раствор на јод во калиум јодид. Епруветата благо се загрева сè до промената на бојата.

Набљудувај ги промените во текот на реакцијата. Напиши ја равенката на реакцијата и бојата на добиената супстанца.

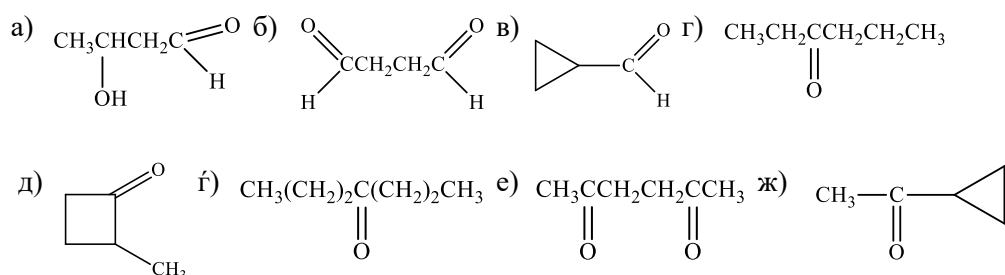
Ацетонот е лесно испарлива течност со карактеристичен мирис. Со водата се меша во секој однос и е добар растворувач на масти, бои, лакови, смоли и други органски супстанции. Како добар растворувач, се употребува во индустријата на бои и лакови, за бездимен барут, во парфимеријата, во фармацијата за добивање на хлороформ и јодоформ и друго.



Слика 7.3. Ацетонот е добар растворувач на бои и лакови.

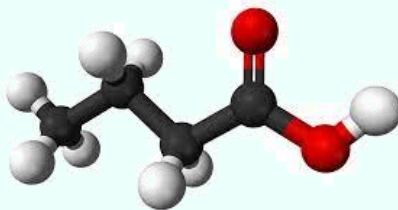
ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

1. Именувај ги следниве соединенија:



- Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија: а) 3-етил-4-метилхексанал; б) 2-хлоропентандиал; в) 3-хидроксихептанал; г) циклобутанкарбалдехид; д) бензалдехид; ё) 2-бромопентан-3-он; е) бензофенон; ж) 3,4-диметилхептан-2-он; з) 3,3-дихлорохексан-2,5-дион; с) ацетофенон; и) хекс-4-ен-2-он; ј) пентан-2,4-дион; к) 3-етилциклопентанон.
- Опреди кои кетони од претходните две прашања се симетрични кетони.
- Напиши ги равенките на реакциите за добивање: а) бутанал; б) хексан-2-он; в) циклопентанон; г) 3-хлоропентанал, тргнувајќи од соодветните алкохоли.
- Каков вид соединение се добива со адиција на вода на пент-1-ин? Напиши ја равенката на реакцијата и именувај го добиениот продукт.
- Следниве соединенија подреди ги според растењето на нивната температура на вриење (од најниска кон највисока): а) пропанал; б) бутан; в) пропан-1-ол.
- Каков вид соединение се добива со реакција на пентанал со HCN? Напиши ја равенката на реакцијата. Како се нарекува овој вид реакција?
- Напиши ги равенките на реакциите на редукција на следниве соединенија и именувај ги добиените продукти: а) бутанон; б) 3-хлоропентанал; в) циклопентанон; г) формалдехид.
- Ацетонот и пропаналот се изомери со формула $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. Наведи најмалку една реакција со која може да се разликуваат овие две соединенија.
- При реакција на етанал со Толенсов реагенс се добива елементарно сребро. Какво средство е етаналот во оваа реакција, оксидационо или редукционо?
- Напиши ја равенката на реакцијата на оксидација на бензалдехид.

12. Кој вид соединение се добива при реакција на бутанон со метанол во молски однос 1 : 1? Напиши ја равенката на реакцијата. Каков вид соединение се добива ако реакцијата се изведува со вишок метанол? Напиши ја равенката на реакцијата.
13. Која е формулата на кетонот што содржи пет јаглеродни атоми и реагира со алкален раствор на јод, при што растворот се обојува жолто? Напиши ја равенката на реакцијата.
14. Напиши ја равенката на реакцијата што се одвива меѓу две молекули пропанон. Како се нарекува овој вид реакција? Именувај го добиениот продукт.
15. Следнава низа: алкан $\rightarrow$ хлороалкан $\rightarrow$ алкохол $\rightarrow$ алдехид или кетон, претстави ја со равенки, почнувајќи од избраниот алкан.
16. Колкав број атоми кислород се содржат во 30 g пентанал? Дали бројот на кислородни атоми во 30 g пентан-3-он ќе биде поголем, помал или ист од пресметаниот за пентанал? Образложи го одговорот.



Модуларна единица 8.

КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ДЕРИВАТИ НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Карбоксилни киселини и функционални деривати на карбоксилни киселини“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ *џи дефинира карбоксилниџе киселини; ја џознава нивнаџа џоделба и ја џрименува номенклаџураџа за карбоксилниџе киселини;*
- ♦ *џознава лабораџориски начини за добивање на карбоксилни киселини;*
- ♦ *џи џознава оџиџиџиџе физички своџсџва на карбоксилниџе киселини и џишува равенки на реакции за некои хемиски своџсџва на карбоксилниџе киселини;*
- ♦ *џишува оџиџи формули на функционалниџе дериваџи на карбоксилниџе киселини; ја џрименува номенклаџураџа за функционалниџе дериваџи на карбоксилниџе киселини и џи џишува равенкиџе на реакцииџе за начиниџе за нивно добивање и равенкиџе за нивнаџа хидролиза;*
- ♦ *џишува различни хемиски формули на џоважни карбоксилни киселини; џишува равенки на реакции за нивно добивање и за нивниџе хемиски своџсџва; џо џознава нивноџо значење;*
- ♦ *џишува формули на некои есџтери, џо џознава начиноџи на нивно добивање и реакциџаџа на нивнаџа хидролиза.*

Содржини:

- ♦ *Сосџав, џоделба и номенклаџура на карбоксилниџе киселини*
- ♦ *Добивање на карбоксилни киселини*
- ♦ *Физички и хемиски своџсџва на карбоксилниџе киселини*
- ♦ *Функционални дериваџи на карбоксилниџе киселини*
- ♦ *Поважни карбоксилни киселини*
- ♦ *Поважни есџтери*

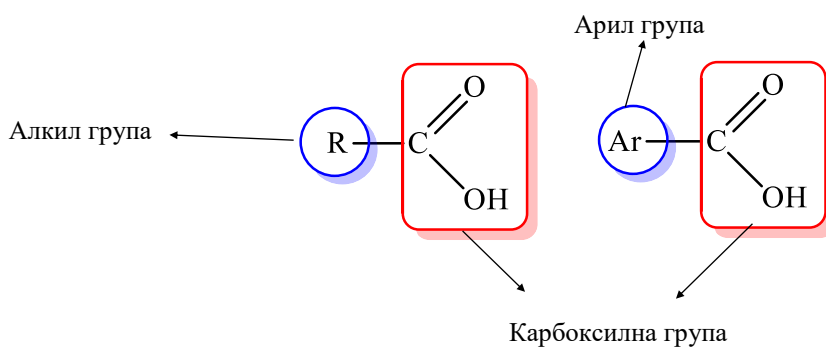
8.1. СОСТАВ, ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

Поим за карбоксилни киселини и нивна поделба

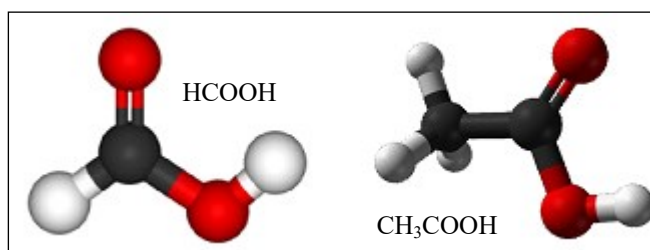
При изучувањето на својствата на алкохолите и алдехидите веќе ги спомнавме карбоксилните киселини како нивни оксидациони производи. Притоа, кажавме дека алдехидната група од алдехидите се оксидира до карбоксилна група. Оттука, лесно може да заклучиме дека **карбоксилната група е функционална група на карбоксилните киселини**. Значи:

Карбоксилни киселини се органски соединенија што во своите молекули содржат карбоксилна група (-COOH) сврзана за алкил или арил група.

Според тоа, карбоксилните киселини може да ги претставиме со следниве општи формули:



Единствен исклучок од оваа дефиниција за карбоксилните киселини е мравската киселина, во чии молекули за карбоксилната група е сврзан водороден атом. Нејзината формула е HCOOH.



Слика 8.1. Модели на молекулите на мравска (HCOOH) и на оцетна киселина (CH₃COOH).

Од самата дефиниција за карбоксилни киселини може да се заклучи дека тие може да се поделат на **алифатични** и **ароматични** киселини. Покрај тоа, тие може да се поделат и според **бројот на карбоксилни групи** во молекулата, како **монокарбоксилни**, **дикарбоксилни** итн. Алкил или арил групата за која е сврзана карбоксилната група може да содржи други функционални групи. Затоа, **супституираните карбоксилните киселини** може да се поделат на хидроксидни киселини, аминокиселини, кето (окси) киселини итн.

Примери:



Номенклатура на карбоксилните киселини

Карбоксилните киселини, слично како и другите класи органски соединенија, може да се именуваат на различни начини. Според правилата на IUPAC, едноставните алифатични монокарбоксилни киселини се именуваат така што како основа се зема името на јаглеродородот што содржи ист број C-атоми, како и киселината, сметајќи го и јаглеродниот атом од карбоксилната група, кон кое се додава наставката „-ска киселина“. На пример:



Карбоксилната група е група од највисок ранг, па затоа при именувањето има предност пред сите други групи. Значи, ако во соединението има карбоксилна група и некоја друга група (алкил група, хидроксилна, алдехидна, халогени итн.), соединението се смета за супституирана киселина. Според тоа, броењето на C-атомите во низата секогаш започнува од јаглеродниот атом на карбоксилната група.

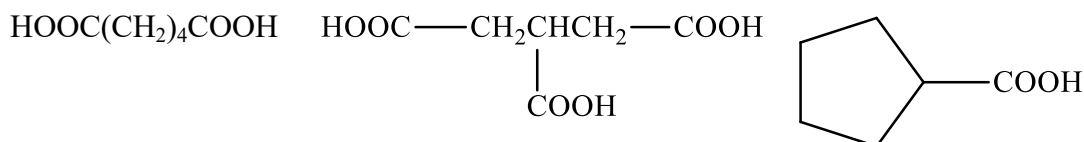
Примери:



4-бром-3-метилпентанска киселина

2-метил-3-хидоксибутанска киселина

Киселините со две карбоксилни групи во името го содржат префиксот -ди-, додека, пак, цикличните и поликарбоксилните киселини се именуваат со додавање на наставката **-карбоксилна киселина** кон името на соодветниот јаглеродород во кој не се вклучени C-атомите од карбоксилните групи.



Хександиска киселина

Пропан-1,2,3-трикарбоксилна киселина

Циклопентанкарбоксилна киселина

За некои киселини, во употреба се и нивните **тривијални имиња** што најчесто им се дадени според тоа каде се наоѓаат, како што се, на пример: мравска, оцетна, лимонска, винска, ќилибарна итн.

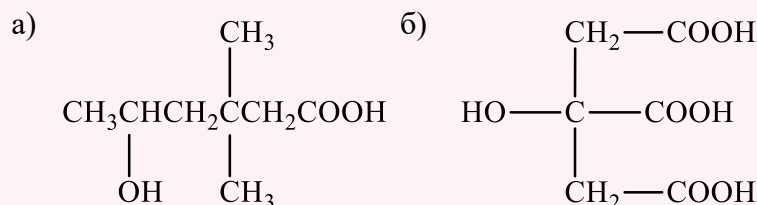
Табела 8.1. Формули на неколку киселини чии тривијални имиња се дозволени според IUPAC и нивните системски и тривијални имиња.

Рационална формула	Име според IUPAC	Тривијално име
HCOOH	Метанска киселина	Мравска киселина
CH_3COOH	Етанска киселина	Оцетна киселина
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	Пропанска киселина	Пропионска киселина
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Бутанска киселина	Бутерна киселина
$\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$	2-метилпропенска киселина	Метакрилна киселина
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	Бензенкарбоксилна киселина	Бензоева киселина

За некои од дикарбоксилните киселини, исто така, во употреба се нивните тривијални имиња.

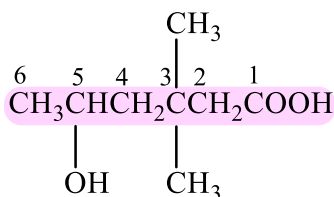
HOOC-COOH	HOOC-CH ₂ -COOH	HOOC(CH ₂) ₂ COOH	HOOC(CH ₂) ₃ COOH
Етандиска киселина	Пропандиска киселина	Бутандиска киселина	Пентандиска киселина
Оксална киселина	Малонска киселина	Килибарна киселина	Глутарна киселина

Пример 8.1. Кои се имињата на соединенијата претставени со следниве формули?



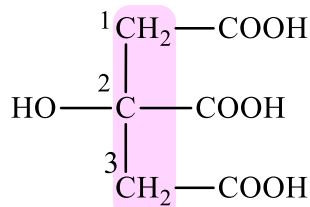
Решение:

а) Најпрво треба да ја избереме најдолгата низа во која се вбројува и јаглеродниот атом од карбоксилната група.



Најдолгата низа содржи шест C-атоми. На третиот C-атом, како супституенти, сврзани се две метил групи, а на петтиот една -OH група. Карбоксилната група е група од највисок ранг, па според тоа, соединението се смета за киселина. Значи, името на ова соединение е: **3,3-диметил-5-хидроксишестанска киселина**.

б) Ова соединение во својата молекула содржи хидроксилна група и три карбоксилни групи. Поликарбоксилните киселини се именуваат на тој начин што кон името на јаглеводородот со најдолга низа (во која не се вклучени C-атомите од карбоксилните групи) се додава наставката -карбоксилна киселина.



Во овој пример, најдолгата низа има три C-атоми, а на вториот C-атом е сврзана хидроксилна група. Според тоа, името на ова соединение е:

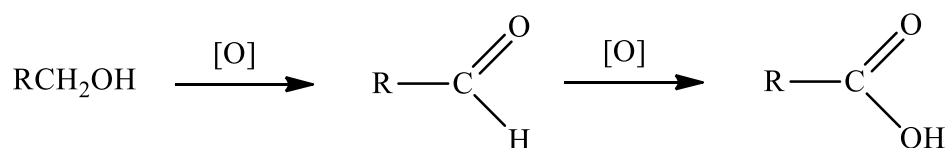
2-хидроксипропан-1,2,3-трикарбоксилна киселина. За оваа киселина најчесто се употребува нејзиното тривијално име, **лимонска киселина**.

8.2. ДОБИВАЊЕ НА КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ

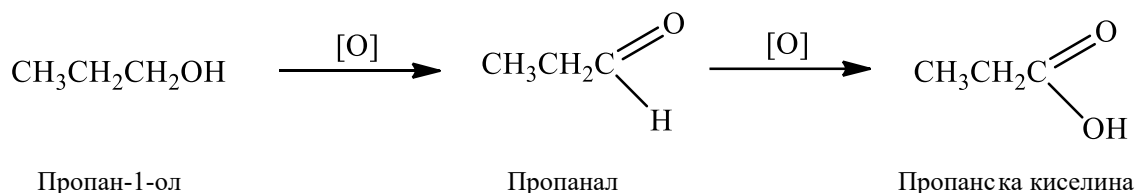
Постојат многу различни постапки за лабораториско добивање на карбоксилните киселини, а со некои од нив веќе се запознавме кај другите класи соединенија. Тука ќе ги наведеме поважните од нив.

1. Оксидација на примарни алкохоли и алдехиди

Со овие реакции веќе се сретнавме кога ги изучувавме алкохолите и алдехидите. Со оксидација на примарните алкохоли се добиваат алдехиди, а алдехидите, понатаму, лесно се оксидираат до карбоксилни киселини.

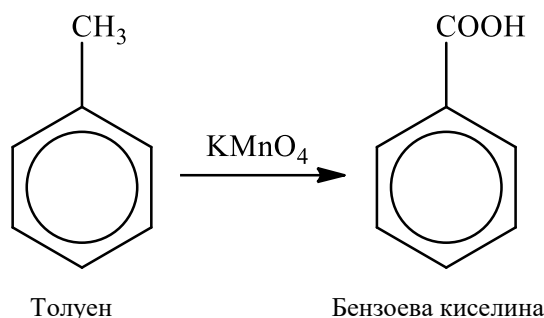


Пример:



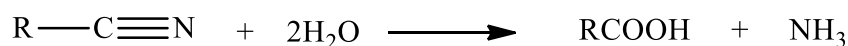
2. Оксидација на арили

Оваа реакција ја разгледаваме при изучувањето на ариените. На пример:

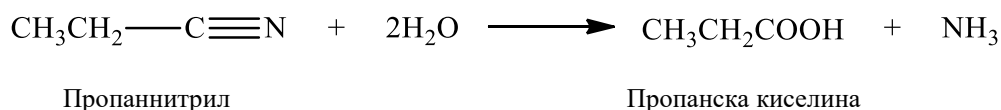


3. Хидролиза на нитрили

Нитрили се органски соединенија што во своите молекули, како функционална група, ја содржат групата $-\text{C}\equiv\text{N}$. Со нивна хидролиза (реакција со вода) во присуство на жежок воден раствор од киселина или база се добиваат карбоксилни киселини.



На пример:



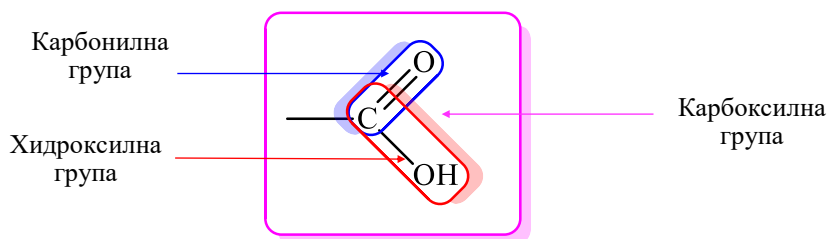
4. Хидролиза на деривати на карбоксилните киселини

Постои цела група соединенија изведени од карбоксилните киселини што се нарекуваат **функционални деривати на карбоксилните киселини**. Тоа се: естери, амиди, халогениди и анхидриди на карбоксилните киселини. За нив ќе стане збор подоцна, но треба да се нагласи дека при хидролиза на овие соединенија, еден од продуктите на хидролизата е карбоксилна киселина.

8.3. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

Структура на карбоксилната група

Со структурната формула на карбоксилната се сретнавме уште на почетокот на оваа тема. Како што може да се забележи од неа, **карбоксилната група** е изградена од две поларни функционални групи, **карбонилна и хидроксилна**, сврзани за ист С-атом. Поради тоа, и **карбоксилната група, во целина, е поларна**. Јаглеродниот атом од карбоксилната група е **sp^2 -хибридизиран**, што значи дека карбоксилната група е планарна (сите атоми што ја образуваат карбоксилната група лежат во една рамнина), а аглиите $C-C=O$ и $O=C-O$ изнесуваат приближно 120° .



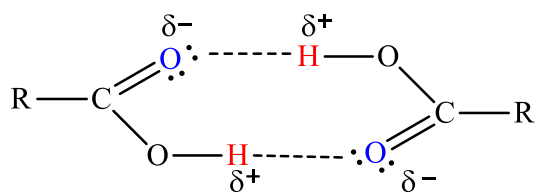
Поради заемното влијание на овие групи, кои се сврзани на заеднички јаглероден атом, настанува прераспределба на електронската густина, при што доаѓа до зголемено поларизирање и ослабување на врската O-H. Затоа се олеснува дисоцијацијата на водородниот катјон. Покрај тоа, водородниот атом од OH-групата може да учествува во образување на водородни врски.

Физички својства на карбоксилните киселини

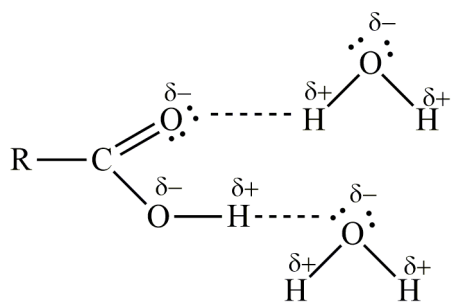
Првите членови од заситените монокарбоксилни киселини (од 1-3 јаглеродни атоми) се течности што со водата се мешаат во сите односи и имаат остар мирис. Киселините со 4-8 јаглеродни атоми имаат многу непријатен мирис. Температурите на топење и на вриење на карбоксилните киселини, споредени со соодветните јаглеводороди или со алкохолите со блиска моларна маса, се повисоки.

Поради можноста за образување водородни врски, молекулите на карбоксилните киселини се силно асоцирани. Всушност, тие меѓусебно се сврзуваат со водородни врски и образуваат димери. Карбоксилните киселини градат водородни врски и со водата. Затоа, киселините со помал број C-атоми одлично се раствораат во вода, но со зголемувањето на бројот на C-атоми во низата, растворливоста се намалува, така што киселините со поголем број C-атоми се нерастворливи во вода.

Во Табела 8.2. се дадени температурите на топење и на вриење и растворливоста во вода на некои карбоксилни киселини.



Димер од молекули на карбоксилни киселини
сврзани со водородни врски.



Водородни врски меѓу молекулите на
карбоксилните киселини и водата.

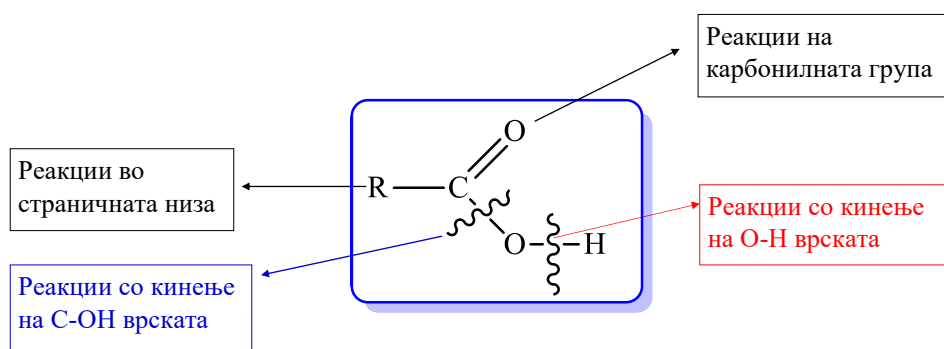
Табела 8.2. Температури на топење и на вриење и растворливост во вода на некои карбоксилни киселини.

Име на киселината	$T_{\text{т}} / ^\circ\text{C}$	$T_{\text{в}} / ^\circ\text{C}$	Растворливост/ (g/100 g H ₂ O, 20 °C)
Метанска киселина	8	101	Во сите односи
Етанска киселина	17	118	Во сите односи
Пропанска киселина	-21	141	Во сите односи
Бутанска киселина	-5	164	Во сите односи
Пентанска киселина	-34	186	4,97
Хексанска киселина	-3	205	0,96
Октанска киселина	17	239	0,068
Деканска киселина	32	270	0,015
Додеканска киселина	44	299	0,0055
Бензоева киселина	122	249	0,3000

Хемиски својства на карбоксилните киселини

Кажавме дека карбоксилната група се состои од карбонилна група и хидроксилна група сврзани за ист јаглероден атом. Затоа, во карбоксилната група постојат повеќе реакциони центри (C-атомот и O-атомот од карбонилната група и O-атомот и H-атомот од хидроксилната група). Поради присуството на повеќе реакциони центри, карбоксилните киселини се многу реактивни соединенија. Во зависност од тоа која врска од карбоксилната група се раскинува, реакциите во кои стапуваат карбоксилните киселини може да се поделат на:

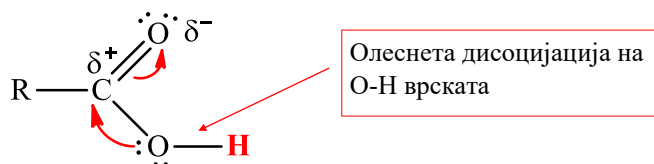
- ♦ реакции со кинење на O-H врската;
- ♦ реакции со кинење на C-OH врската;
- ♦ реакции на C=O групата;
- ♦ реакции во страничната низа.



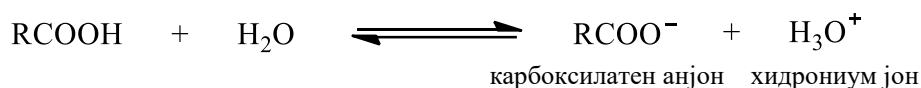
Овде ќе ги разгледаме реакциите што се одвиваат само на карбоксилната група, а не и во страничната низа. Ќе започнеме со реакциите при кои се раскинува O-H врската, а посебно ќе се задржиме на реакциите при кои се раскинува C-OH врската и различните видови соединенија што се добиваат при оваа реакција.

1. Реакции со кинење на O-H врската

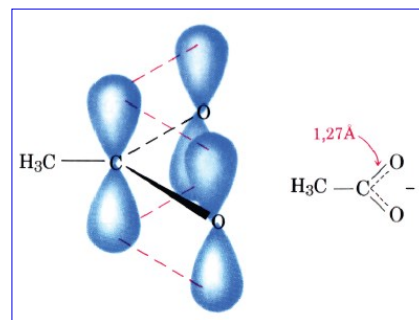
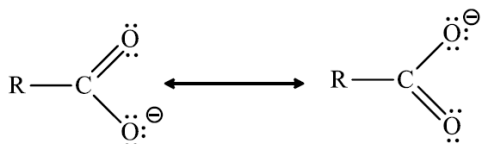
Самото име на оваа класа соединенија покажува дека тие имаат кисели својства. Всушност, тие се однесуваат како Бреншted-Лориеви киселини, а тоа значи дека во водни раствори се донори на протони. Како што веќе кажавме, O-H врската во карбоксилната група е ослабната и поради тоа во водни раствори карбоксилните киселините дисоцираат на **карбоксилатен анјон** и хидрониум јон.



Протолитичката реакција на карбоксилните киселини со водата може да ја претставиме на следниот начин:



Како што се гледа од равенката, во водни раствори карбоксилните киселини, освен карбоксилатни и хидрониум јони, во рамнотежната смеса се присутни и недисоцирани молекули од киселината. Сепак, **карбоксилатниот анјон во воден раствор е стабилизирани поради делокализацијата на електроните во анјонот.**



Слика 8.2. Делокализација на електроните во ацетатните јони.

Карбоксилните киселини, генерално, се послаби киселини од неорганските киселини, но врз јачината на карбоксилните киселини влијаат повеќе различни фактори. Така, кај несупституираните алифатични киселини, **јачината на киселината (киселоста) се намалува со растење на должината на низата.** Тоа се должи на влијанието на позитивниот индуктивен ефект (+I) на алкил групата врз C-атомот од карбоксилната група, кој ја намалува поларноста на O-H врската, односно способноста за оддавање H⁺ јон. Затоа, мравската киселина, која нема алкил група сврзана за C-атомот од карбоксилната група, е посилна киселина од другите алифатични монокарбоксилни киселини.

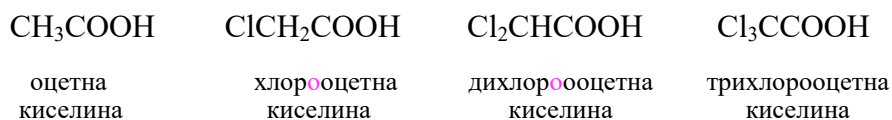
Кај **ароматичните киселини**, бензенското јадро, кое пројавува негативен индуктивен ефект (-I), ги привлекува електроните од врската со јаглеродот од карбоксилната група и со тоа го олеснува издвојувањето на H⁺ јонот. Затоа, **ароматичните карбоксилни киселини, главно, се посилни киселини од алифатичните.**

Јачината на супституираните киселини, исто така, зависи од индуктивниот ефект на супституентот. Кога супституентите се електронегативни атоми или групи, т. е. групи со -I, супституираната киселина е посилна од соодветната несупституирана. Колку групата има поголем негативен индуктивен ефект и колку е поблизу до C-атомот од карбоксилната група, толку киселината е посилна.



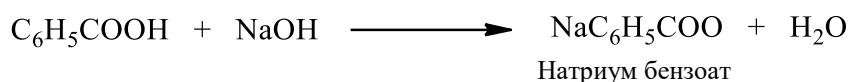
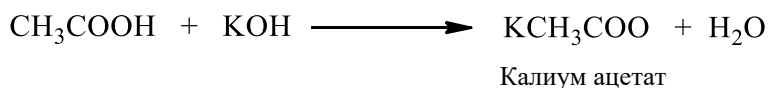
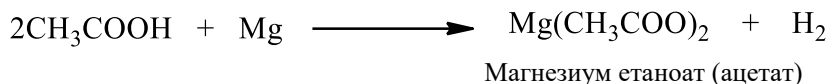
Киселоста се зголемува

Колку повеќе групи со негативен индуктивен ефект се сврзани за соседниот C-атом до карбоксилната група, толку киселоста е поголема. На пример, трихлорооцетната киселина е многу силна органска киселина. Така, нејзината константа на дисоцијација е околу 13 200 пати поголема од константата на дисоцијација на оцетната киселина.



Киселоста се зголемува

Карбоксилните киселини стапуваат во реакции што се карактеристични за сите киселини. Така, тие ги манифестираат своите кисели својства во реакции со метали, базни оксиди и бази, при што образуваат **соли**. Солите на карбоксилните киселини, главно, се јонски соединенија како и солите на неорганските киселини.



Имињата на солите на карбоксилните киселини се образуваат слично како и имињата на неорганските соли, т. е. се чита името на катјонот, а потоа името на ањонот, RCOO^- , а се запишуваат како посебни зборови. Името на ањонот се добива од името на карбоксилната киселина со замена на наставките „-карбоксилна киселина“ или „-ска киселина“ со наставката **-ат** (-оат, во неколку случаи). На пример:



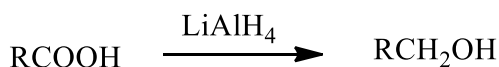
Имињата на ањоните изведени од тривијалните имиња на некои поважни киселини се дадени во Табела 8.3.

Табела 8.3. Имиња на ањони изведени од тривијални имиња на некои киселини.

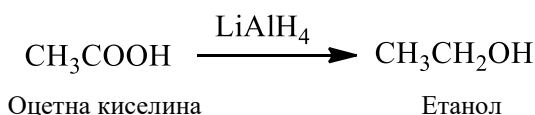
Име на киселина	Име на ањонот	Име на киселина	Име на ањонот
Мравска киселина	Формат	Млечна киселина	Лактат
Оцетна киселина	Ацетат	Винска киселина	Тартарат
Бензоева киселина	Бензоат	Лимонска киселина	Цитрат
Фтална киселина	Фталат	Оксална	Оксалат
Салицилна киселина	Салицилат	Малонска киселина	Малонат
Стеаринска киселина	Стеарат	Ќилибарна киселина	Сукцинат

2. Редукција на карбоксилните киселини

Кажавме дека со оксидација на алкохоли и алдехиди се добиваат карбоксилни киселини. Според тоа, се очекува со редукција карбоксилните киселини да преминуваат во алдехиди, а потоа и во алкохоли. Редукцијата на карбоксилните киселини се изведува со LiAlH_4 и други посилни редукциони средства, при што се добиваат примарни алкохоли со ист број C-атоми како киселината.

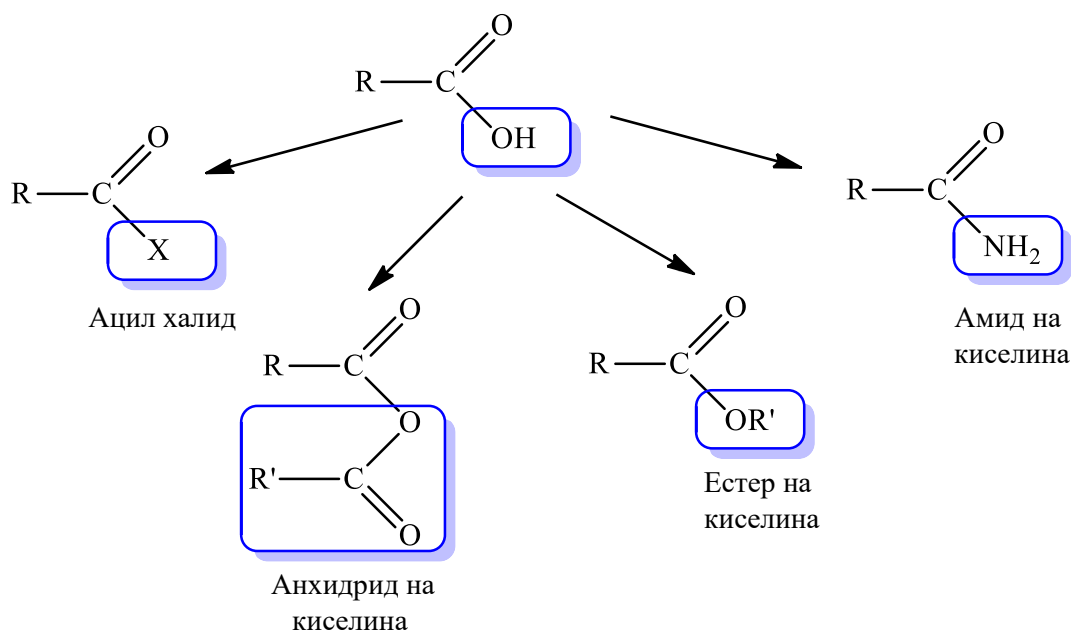


На пример:

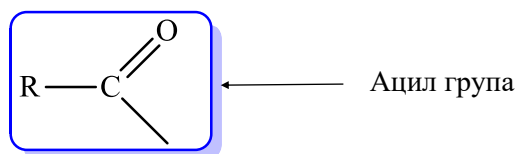


8.4. ФУНКЦИОНАЛНИ ДЕРИВАТИ НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

Меѓу најбројните и најважните реакции на карбоксилните киселини се реакциите при кои доаѓа до раскинување на C-OH врската, односно до **замена на хидроксилната група со други функционални групи**. Затоа, овие соединенија, со општо име, се нарекуваат **функционални деривати на карбоксилните киселини**. Во зависност од тоа со која група е извршена замената, се добиваат различни деривати на карбоксилните киселини, како што се: **ацилхалиди, анхидриди, естери и амиди**.



Иако функционалните деривати на карбоксилните киселини припаѓаат на различни класи соединенија, заедничко за сите нив е тоа што во своите молекули содржат т.н. **ацил група**, која е остаток од карбоксилната киселина по отстранување на хидроксилната група.

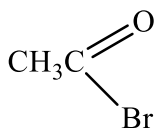


Значи:

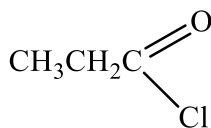
- ♦ **Ацил халидите** се органски соединенија во чии молекули за ацил групата е сврзан **атом на халоген елемент** (F, Cl, Br, I).
- ♦ **Анхидриди на киселини** се органски соединенија во чии молекули за ацил групата е сврзан **карбоксилатен остаток** (-OOCR).
- ♦ **Естери на киселини** се органски соединенија во чии молекули за ацил групата е сврзана **алкокси група** (-OR).
- ♦ **Амиди на киселини** се органски соединенија во чии молекули за ацил групата е сврзана **амино група** (-NH₂).

Ацил халидите се именуваат на тој начин што прво се наведува името на ацил групата, а потоа се додава името на халогенидот (хлорид, бромид итн.). Ацил групата се именува на тој начин што наставката „-ска киселина“, од името на соодветната киселина, се заменува со **-оил**. За некои ацил халиди, во употреба се и тривијални имиња.

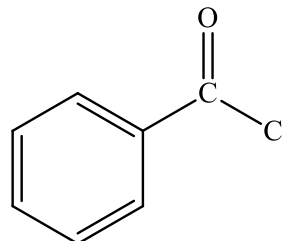
Примери:



Етаноил бромид (ацетил бромид)

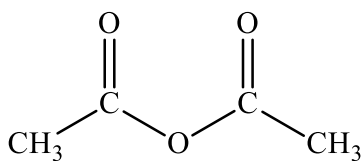


Пропаноил хлорид

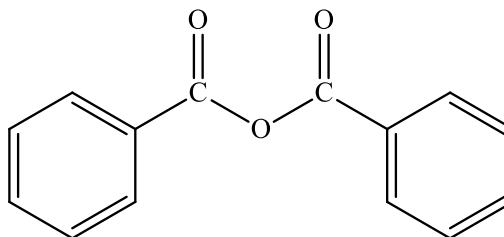


Бензоил хлорид

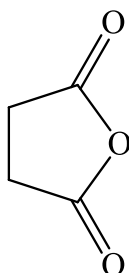
Анхидридите на карбоксилните киселини се именуваат на тој начин што зборот „киселина“ од името на киселината се заменува со зборот „анхидрид“. Несиметричните анхидриди (оние што се добиени од две различни киселини) се именуваат на тој начин што се наведуваат двете киселини по азбучен ред. За анхидридите се употребува и описно именување, така што се кажува: „анхидрид на“ и се наведува името на соодветната киселина/-и. На пример:



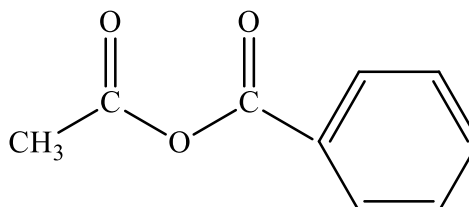
Ацет анхидрид
(Анхидрид на оцетна киселина)



Бензоев анхидрид
(Анхидрид на бензоева киселина)

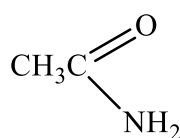


Сукцин анхидрид
(Анхидрид на килибарна киселина)

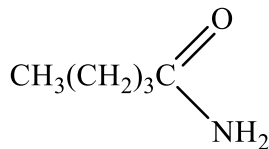


Ацет бензоев анхидрид
(Анхидрид на оцетна и бензоева киселина)

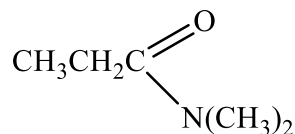
Амидите се именуваат со замена на наставка -ска во името на киселината со зборот „амид“. Ако азотниот атом од -NH_2 групата е супституиран, најпрво во името се запишува буквата *N* (или *N,N* ако се супституирани двата водородни атоми), потоа се именуваат супституентите сврзани за азотот, а на крајот се наведува името на основниот амид.



Етанамид (Ацетамид)

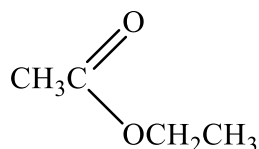


Пентанамид

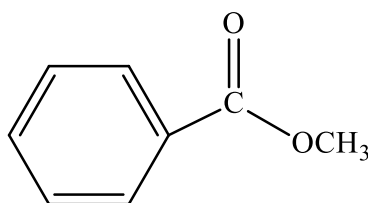


N,N-диметилпропанамид

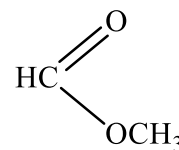
Естерите се именуваат на сличен начин како и именувањето на солите на карбоксилните киселини. Се наведува името на алкил радикалот од алкохолот, а потоа името на киселинскиот ањон (според IUPAC или тривијалното име на киселината). Исто така, естерите се именуваат и на тој начин што прво се наведува името на алкил радикалот од алкохолот, а потоа се додава името на ацил групата која се именува така што наставката „-ска киселина“, од името на соодветната киселина, се заменува со -оат. На пример:



Етил ацетат (Етил етаноат)



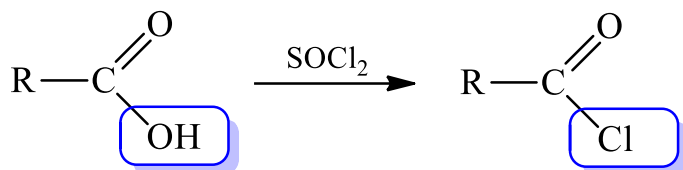
Метил бензоат



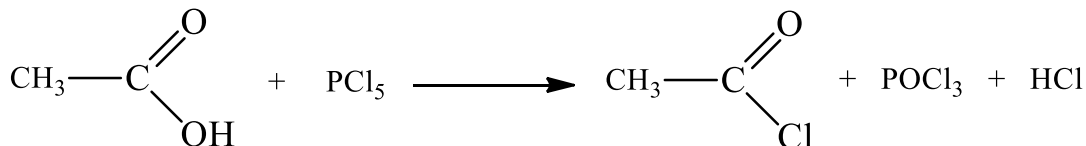
Метил формат

Добивање на функционалните деривати на карбоксилните киселини

1. Ацил халиди се добиваат при реакција на карбоксилни киселини со тионил хлорид (SOCl_2) или халиди на фосфор.



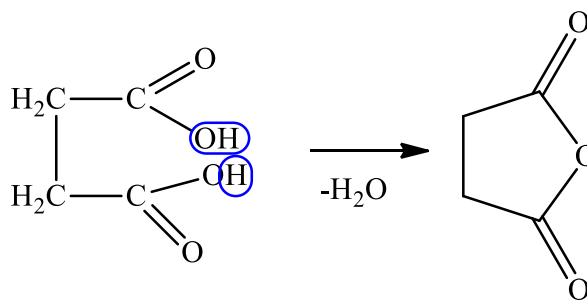
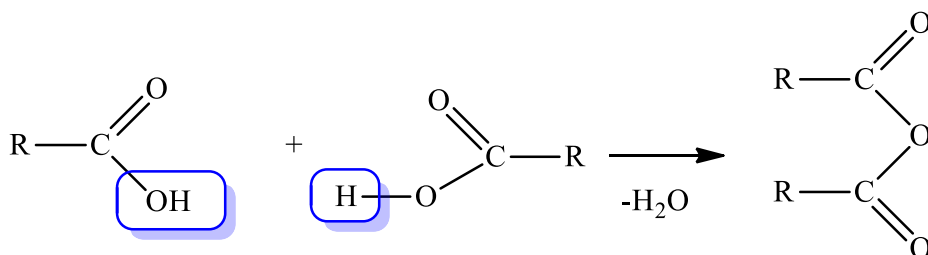
Пример:



Етанска (оцетна) киселина

Етаноил (ацетил) хлорид

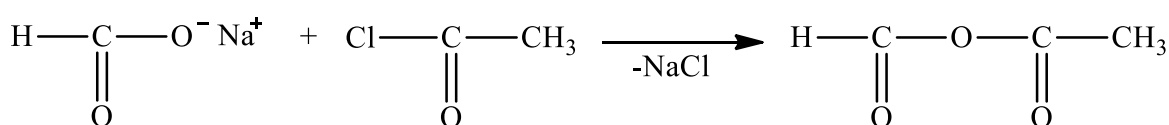
2. Ацил анхидриди (анхидриди на киселини) се добиваат со дехидратација (издвојување на водата) од монокарбоксилна киселина во молски однос 2 : 1, што значи дека од две молекули киселина се издвојува една молекула вода. Кај дикарбоксилните киселини, дехидратацијата се одвива во молски однос 1 : 1.



Бутандиска (килибарна) киселина

Сукцин анхидрид

Меѓутоа, во практиката, за добивање ацил анхидриди најчесто се користат соли на карбоксилни киселини и ацил халиди. На пример:

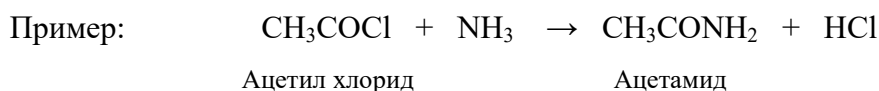
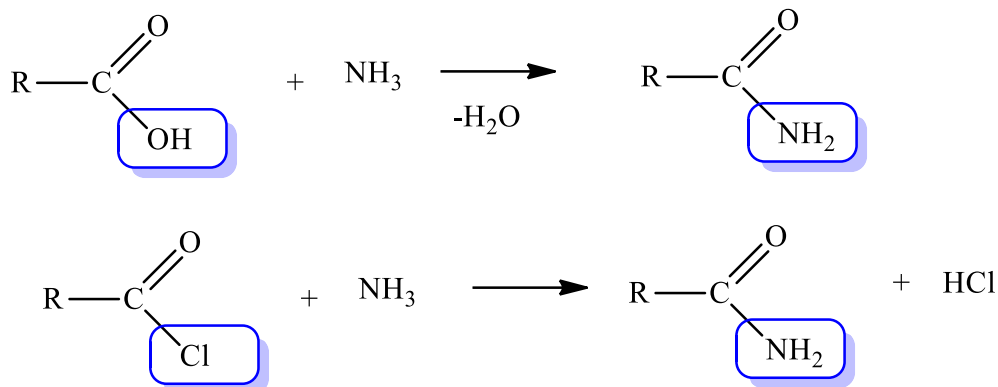


Натриум формат

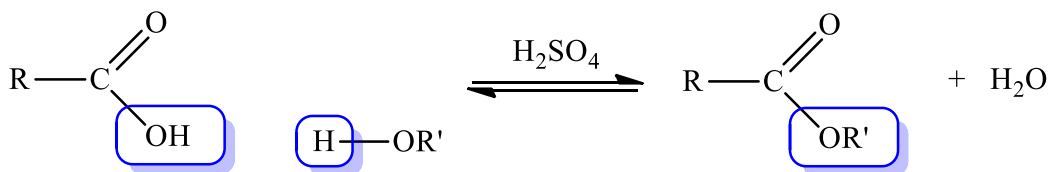
Ацетил хлорид

Анхидрид на мравска и оцетна киселина

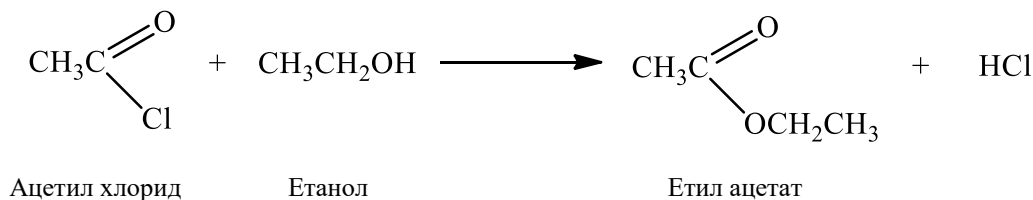
3. Амиди на киселини се добиваат со реакција меѓу карбоксилна киселина и амонијак или ацил халид и амонијак.



4. Естери се добиваат со реакција меѓу карбоксилна киселина и алкохол. Оваа реакција се нарекува **реакција на естерификација**.

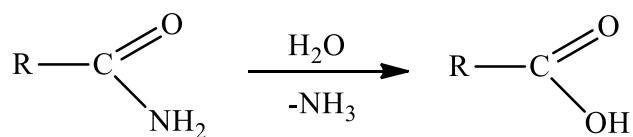
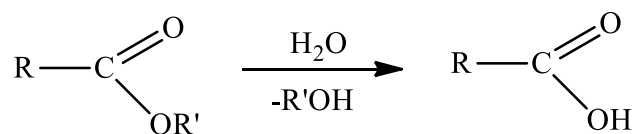
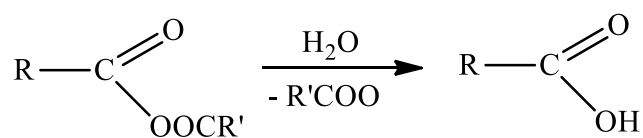
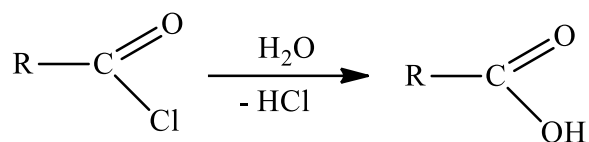


Како што може да се види од равенката, оваа реакција е повратна. Реакцијата што се одвива во обратната насока се нарекува **реакција на хидролиза на естерот**. Реакциите на естерификација и хидролиза се спротивни една на друга и се во динамичка рамнотежа. За да добиеме естер, т. е. за да ја поместиме рамнотежата кон продуктот на реакцијата, треба или да додадеме вишок од алкохолот или, пак, да ја отстрануваме водата. Затоа, во реакциониот систем се додава концентрирана сулфурна киселина, која има улога и како кисел катализатор и како дехидратационо средство. Покрај тоа, во реакциониот систем честопати се додава вишок од алкохолот. Освен од киселина и алкохол, естери се добиваат и при реакција на ацил халиди со алкохоли. На пример:



Хидролиза на функционалните деривати на карбоксилните киселини

Функционалните деривати на карбоксилните киселини припаѓаат на различни класи соединенија, па затоа стапуваат во различни реакции. Сепак, една поважна заедничка реакција на сите функционални деривати на карбоксилните киселини е **реакцијата на хидролиза**, при која се добива карбоксилната киселина од која е добиен соодветниот дериват.

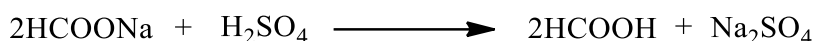
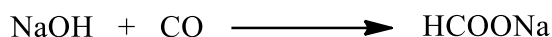


8.5. ПОВАЖНИ КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ

Метанска киселина (мравска киселина)

Мравската киселина ја има во т.н. црвени мравки, во некои инсекти и гасеници, како и во листовите на копривата и елката.

Синтетички се добива од јаглерод моноксид и натриум хидроксид во вид на натриумова сол која под дејство на сулфурна киселина преминува во мравска.



Оваа киселина е безбојна течност со остар мирис, која во допир со кожата предизвикува пликови.

Тоа што мравската киселина ја прави различна од сите карбоксилни киселини е нејзиниот состав. Во нејзината структура за карбоксилната група е сврзан само еден водороден атом (нема радикал). Токму поради тоа, метанската киселина е една од најсилните органски киселини и стапува во реакции типични за, но и за алдехидите. Тоа значи дека може да покажува реакции на сребрено огледало и со фелинговиот раствор. Мравската киселина се употребува во текстилната, кожарската и фармацевската индустрија.

Етанска киселина (оцетна киселина)

Оцетната киселина (CH_3COOH) е позната од најстарите времиња. Во слободна и сврзана состојба ја има во некои растенија, како и во потта. Најстар начин за добивање на оцетна киселина е со оцетнокиселинска ферментација на виното (односно етанолот во него) под дејство на ферментот алкохол оксидаза којшто го лачат оцетните бактерии.

Оцетната киселина се добива како еден од продуктите на сува дестилација на дрво. Се добива и со оксидација на етанол со силни оксидациони средства. Постапката која денес сè повеќе се користи е со хидратација на ацетилен во ацеталдехид кој потоа се оксидира до киселина. Во училишната лабораторија наједноставно, добивањето може да се направи ако на сол на оцетната киселина се дејствува со појака киселина, според следниов експеримент:



Експеримент: Добивање на оцетна киселина

Во порцеланско аванче ставете половина лажичка натриум ацетат, иситнете го со толчникот и додајте 2-3 cm^3 разредена сулфурна киселина и добро промешајте со стаклена прачка. Со замавнување со раката од аванот кон себе, помирирајте и откријте за која супстанца се работи. Напишете ја равенката на реакцијата.

Чиста оцетна киселина е безбојна течност со остар мирис, која со водата се меша во сите односи. На 20 °C поминува во цврста состојба и е позната како глацијална оцетна киселина. Во трговијата доаѓа како концентриран раствор под името есенција и како 3-9 % раствор, оцет.

Оцетната киселина стапува во сите реакции карактеристични за киселините. Така, таа реагира со металите и со хидроксидите и образува соли кои се викаат **ацетати**.



Експеримент: Добивање на калциум ацетат

Во епруветата ставете 2 cm³ разредена оцетна киселина и индикатор (сина лакмусова хартија или фенолфталеин). Капка по капка додавајте раствор од калциум хидроксид сè до промена на бојата на индикаторот. Потоа растворот испарете го до суво. Откако ќе се олади проверете дали добиената супстанца се раствора во вода.

Објаснете ги настанатите промени и претставете ја со хемиска равенка изведената хемиска реакција и именувајте го добиениот продукт.

Оцетната киселина се употребува во исхраната и како конзерванс. Во индустријата се користи како растворувач и при синтеза на синтетички влакна, бои и лекови. Нејзините естери со нижите алкохоли наоѓаат широка примена како миризливи материи и екстрати за ароматизирање на прехранбени артикли.

Етандиска киселина (оксална киселина)

Оксалната киселина, (COOH)₂, е првиот член од алифатичните дикарбоксилни киселини. Изградена е од две карбоксилни групи сврзани меѓу себе со C-C единечна врска.

Во природата се среќаваат нејзините соли кои ги има во повеќе растенија во облик на хидроген или нормални соли. Нејзината калциумова сол се јавува како составен дел на неко типове „камчиња“ во бубрезите или жолчката.

Оксалната киселина е двобазна, бидејќи има две карбоксилни групи и гради два вида соли, неутрални соли и хидроген соли. Солите на оксалната киселина се викаат **оксалати**. Оксалната киселина и нејзините соли се отровни. Таа се употребува при добивање на бои и како реагенс во аналитичката хемија.

Бензоева киселина

Бензоевата киселина, C₆H₅COOH, е наједноставната ароматична киселина. Таа е безбојна, кристална супстанца, која е добро растворлива во топла вода. Како што видовме, се добива со оксидација на бензалдехид или со оксидација на толуен. Нејзините соли и естери се нарекуваат **бензоати**. Натриумовата сол на бензоева киселина (NaC₆H₅COO) се употребува како конзерванс. Бензоевата киселина, пак, е важен прекурсор за добивање на многу други ароматични органски соединенија.

8.6. ПОВАЖНИ ЕСТЕРИ

Естерите се едни од најраспространетите органски природни соединенија. Тие влегуваат во составот на многу природни производи. Мирисите на цвеќето и овошјето, честопати, потекнуваат од различни естери. Естерите на органските киселини со помал број C-атоми со нижите алкохоли се безбојни течности со пријатен мирис (најчесто на овошје). Тие се нерастворливи во вода, а растворливи во алкохол и други органски растворувачи. Покрај тоа што ги има во растителните организми, се добиваат и синтетички. Се употребуваат за ароматизирање прехранбени производи, како што се пудинг, бонбони, безалкохолни пијалаци, ликери и др. Во Табела 8.4. се дадени естери што даваат карактеристичен мирис на определени овошја.

Табела 8.4. Мириси на некои естери.

Име	Формула	Мирис на:
Етил бутират	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	ананас
Пентил ацетат	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	банана
Метил бутират	$\text{CH}_3-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	јаболко
Пентил бутират	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	кајсија
Изобутил формат	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \end{array}$	малина
Октил ацетат	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	портокал
Етил формат	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	рум

Восоците, исто така, претставуваат естери на вишите карбоксилни киселини и вишите алкохоли. Меѓутоа, од посебно значење се **естерите на трихидроксилниот алкохол глицерол со вишите масни киселини**. Овие естери се нарекуваат **триацилглицероли или триглицериди**. Тие влегуваат во составот на **мастите и маслата** во растителните и во животинските организми. Масстите и маслата, всушност, се смеси од различни триглицериди.

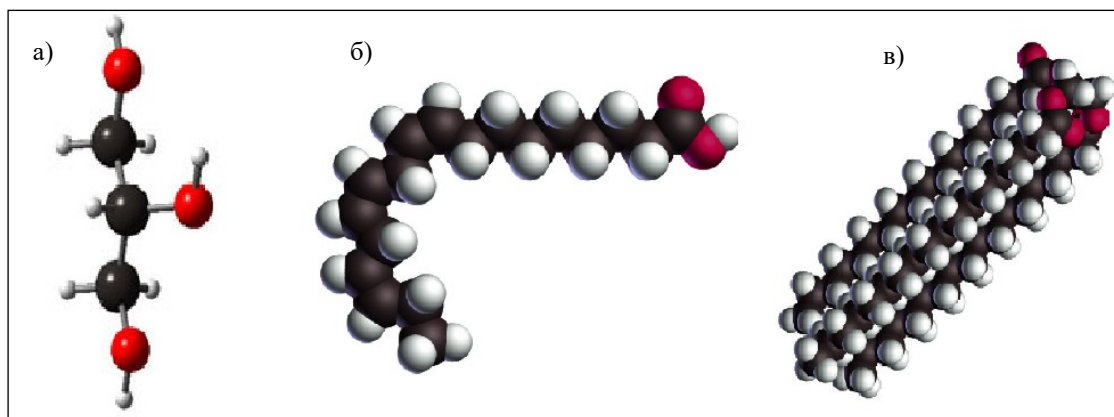
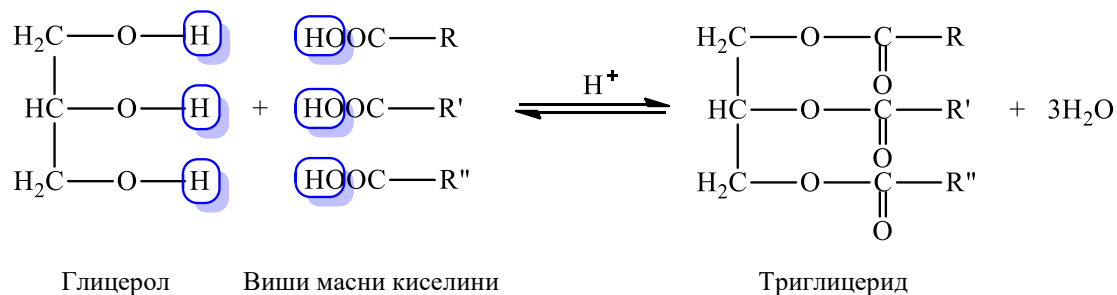
Во образувањето на глицеридите учествуваат различни заситени и незаситени **виши масни киселини**. Масните киселини во составот на триглицеридите содржат парен број C-атоми, и тоа од 14-22, но најчесто 16 и 18. Незаситените масни киселини содржат двојни врски во *cis*-позиција. Повеќето виши масни киселини имаат и тривијални имиња, како што се, на пример:

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Хексадеканска киселина
(Палмитинска киселина)

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Октадеканска киселина
(Стеаринска киселина)

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Октадек-9-енска киселина
(Олеинска киселина)

Образувањето на триглицеридите може да се претстави со следнава равенка:



Слика 8.3. Модели на молекули на: а) глицерол; б) виша масна киселина; в) триглицерид.

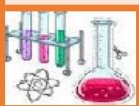
Иако масните и маслата се смеси со сличен состав, маслата се во течна, а масните во цврста агрегатна состојба. Тоа зависи, пред сè, од вишите масни киселини што учествуваат во образувањето на глицеридите. Ако во изградбата на глицеридите во поголемо количество учествуваат заситени виши масни киселини, ќе се добие маст, а ако преовладуваат незаситени виши масни киселини, ќе се добие масло. Присуството на двојни врски во маслата може да се идентификува со реакција со бромна вода, при што бромот ќе се адире на двојната врска и растворот ќе се обезбои.

На двојните врски во маслата може да се адире и водород, при што маслото преминува во маст. Производството на маргарин од евтини растителни масла, како замена за путерот, се должи токму на реакцијата на **хидрогенација** на остатоците од незаситените киселини во маслото.



Слика 8.4. Маргаринот се добива со хидрогенација на растителни масла.

Присуството на двојни врски во маслата може да се докаже со следниов експеримент:

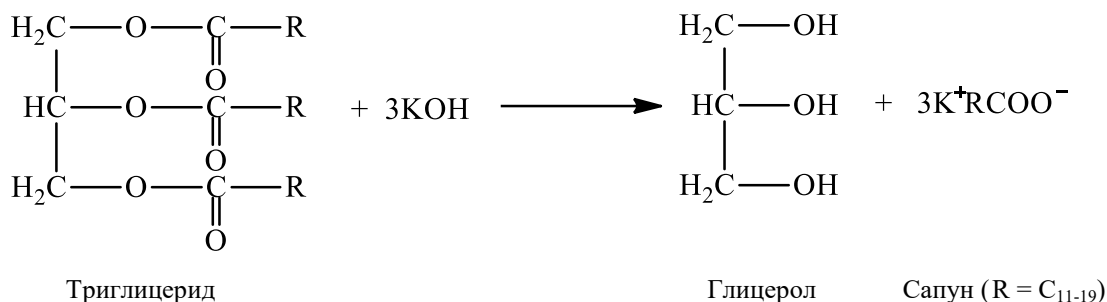


Експеримент: Докажување на незаситени киселини во состав на маслата

Во епруватата се става малку масло (сончогледово или маслиново), а потоа се додава малку бромна вода. Забележете што се случува со бојата на бромната вода. Објаснете ја оваа промена.

Мастите и маслата имаат помала густина од водата. Тие се неполарни соединенија, па затоа не се растворуваат во вода, туку во неполарни органски растворувачи. Со подолго стоење на воздух, светлина и при загревање, мастите и маслата добиваат непријатен мирис поради продуктите што се создаваат при нивното разложување, кои покрај остриот непријатен мирис, штетни се за организмот.

Во организмот, мастите и маслата хидролизираат под дејство на ензими. Меѓутоа, хидролиза може да се изврши и надвор од организмот. Продукти на хидролизата се глицерол и виши масни киселини. Најголемо практично значење има хидролизата што се изведува со база (NaOH или KOH). Притоа, мастите и маслата (односно глицеридите во нивниот состав) хидролизираат до глицерол и соли на соодветните виши масни киселини. **Алкалните соли на вишите масни киселини се нарекуваат сапуни**, па затоа и **реакцијата на хидролиза**, во овој случај, е наречена **сапонификација**.



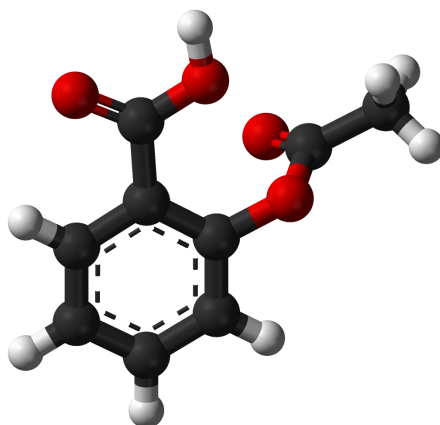
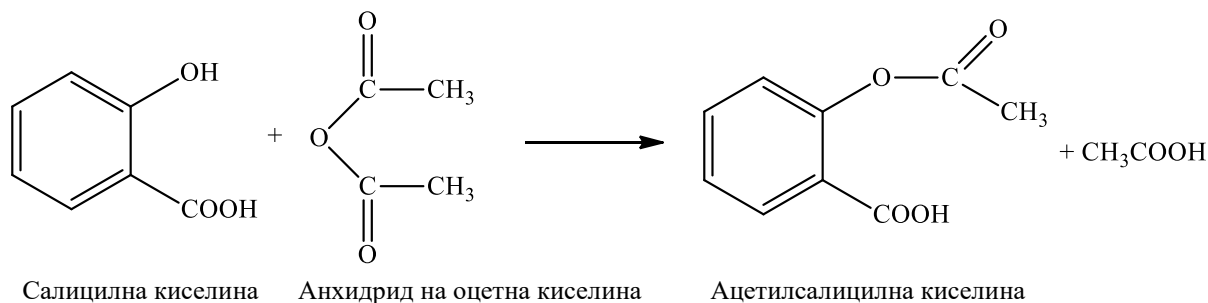
Реакцијата на сапонификација може да ја изведеме со следниов експеримент:



Експеримент: Реакција на сапонификација

Во епрувета се ставаат: 5 грама маст и 6 cm^3 , 96 % етанол и 6 cm^3 20 % раствор на натриум хидроксид. Епруветата добро се протресува, се затвора со тапа низ која минува стаклена цевка и се вртнува во чаша со топла вода. Чашата се загрева околу 20 минути. Се зема малку од течноста и се става во епрувета со малку врела вода. Ако нема појава на масни капки, реакцијата е завршена. Потоа, смесата од епруветата се излева во чашата со заситен раствор од готварска сол и се промешува. На површината се одделува сапунот, а во растворот остануваат глицеролот и другите растворливи состојки. Еден дел од добиениот сапун се раствора во епрувета со вода. Проверете ја неговата растворливост во вода.

Овде ќе спомнеме уште еден важен естер, познат од секојдневниот живот, а тоа е естерот на салицилна киселина (2-хидроксибензоева киселина) со оцетна киселина, кој се нарекува ацетилсалицилна киселина, познат под името **аспирин**. Аспиринот се добива при реакција на салицилна киселина со анхидрид на оцетна киселина.



Слика 8.5. Молекулски модел на ацетилсалицилна киселина.

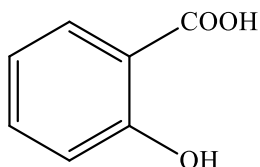
Аспиринот е еден од најшироко употребуваните лекови. Тој е антипиретик (ја снижува телесната температура) и аналгетик (ги ублажува болките), но сè почесто се препорачува и за кардиоваскуларни заболувања, како антитромболитик (средство што го спречува згрутчувањето на крвта).



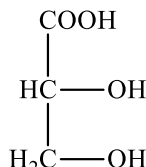
Слика 8.6. Аспиринот е еден од најшироко употребуваните лекови.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

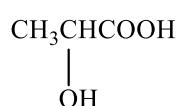
1. Напиши ги рационалните формули на следниве карбоксилни киселини: а) пропанска киселина; б) етандиска киселина; в) 2-хлоробутанска киселина; г) 3-метилхексанска киселина; д) *p*-бромобензоева киселина; ё) 3,3-диметил-2-хидроксипентанска киселина.
2. Дадени се тривијалните имиња и формулите на следниве карбоксилни киселини: а) салицилна киселина; б) глицеринска киселина; в) млечна киселина; г) адипинска киселина. Напиши ги нивните имиња според номенклатурата на IUPAC.



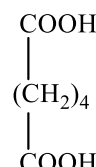
а)



б)

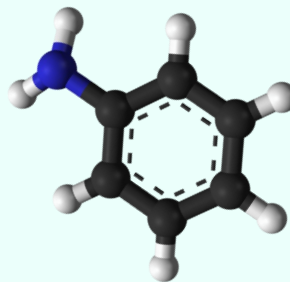
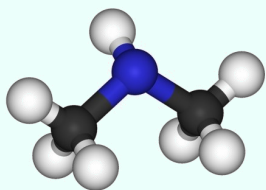


в)



г)

3. Напиши ги равенките на реакциите за добивање на следниве киселини: а) бутанска киселина; б) 3,3-диметилпентанска киселина; в) 2-хлоробензоева киселина, тргнувајќи од соодветен алкохол и од соодветен нитрил.
4. Следниве киселини подреди ги според растење на нивната растворливост во вода: а) 4-етилоктанска киселина; б) оцетна киселина; в) пентанска киселина; г) бутанска киселина.
5. Скицирај го образувањето на водородните врски меѓу молекулите на мравска киселина и меѓу молекулите на мравска киселина и вода.
6. Следниве киселини подреди ги според растење на нивната јачина: а) 2-флуоропропанска киселина; б) 2-хлоропропанска киселина; в) 2,2-дихлоропропанска киселина; г) 3-бромпропанска киселина; д) 2,3-дифлуоропропанска киселина.
7. Напиши израмнета равенка за реакцијата меѓу мравска киселина и калциум хидроксид.
8. Кое соединение се добива со редукција на 4-метилпентанска киселина со LiAlH_4 ? Напиши ја равенката на реакцијата.
9. Од кој ацил халид, при реакција со амонијак, се добива пропанамид? Напиши ја равенката на реакцијата.
10. Каков вид соединение се добива со реакција меѓу циклобутанкарбоксилна киселина и сулфурил хлорид? Напиши ја равенката на реакцијата и именувај го добиениот продукт.
11. Нацртај ја скелетната формула на анхидридот на 1,2-бензендикарбоксилна киселина.
12. Кои соединенија се добиваат со хидролиза на: а) бензоил бромид; б) анхидрид на мравска и оцетна киселина; в) пентанамид; г) глицерол трипалмитат? Напиши ги равенките на реакциите на хидролиза.
13. Напиши ја равенката на реакцијата меѓу глицерол и олеинска киселина и именувај го добиениот продукт.
14. Кои соединенија се добиваат со хидролиза на глицерол тристеарат со натриум хидроксид? Напиши ја равенката на реакцијата.
15. Пресметај ја масата на мравската киселина што ќе се добие при хидролиза на 3 mol-а анхидрид на мравска киселина.
16. Колкава маса бром може да се адмира на 3 g олеинска киселина?



Модуларна единица 9.

АМИНИ

Со изучување на содржините од модуларната единица „Амини“ се очекува ученикот/ученичката да биде способен/-а да:

- ♦ *џи дефинира амините; разликува видови амини и ја применува номенклатурата за амини;*
- ♦ *познава лабораториски начини за добивање на алифатични и ароматични амини;*
- ♦ *џи познава физичките и хемиските својства на алифатичните и ароматичните амини и пишува равенки на реакции за хемиските својства;*
- ♦ *пишува структурни формули на поважни амини; пишува равенки на реакции за нивно добивање и за нивните хемиски својства; џо познава нивното значење.*
- ♦ **Содржини:**
- ♦ *Поим, поделба и номенклатура на амини*
- ♦ *Добивање на алифатични и ароматични амини*
- ♦ *Физички и хемиски својства на алифатични и ароматични амини*
- ♦ *Поважни претставници на амините*

9.1. ПОИМ, ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА АМИНИ

Претходно изучивме неколку класи органски соединенија што освен јаглерод и водород, содржат и кислород. Изучувајќи ги функционалните деривати на карбоксилните киселини, се запознавме со амидите, кои во своите молекули содржат азот. Претходно, кај ароматичните соединенија, ги спомнавме хетероцикличните соединенија со азот, пиrol и пиридин. Азотот, всушност, се среќава во голем број органски соединенија. Некои од нив содржат само јаглерод, водород и азот, а во голем број случаи, покрај овие три елементи, се содржи и кислород и/или некој друг елемент. Најголем број од овие соединенија се вбројуваат во т.н. азотни органски соединенија.

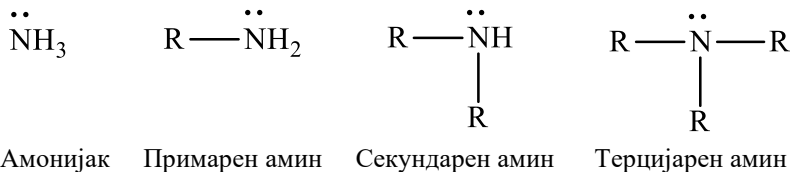
Азотните органски соединенија се особено важни бидејќи се среќаваат во живите организми, како што се аминокиселините, протеините, нуклеинските киселини итн. Овие класи соединенија подетално се изучуваат во биохемијата. Во органската хемија се изучуваат соединенијата што содржат нитро група ($-\text{NO}_2$), кои се нарекуваат нитросоединенија, но како особено важни се сметаат соединенијата што се нарекуваат амини. Овде ќе се запознаеме со амините.

Поим за амини и поделба на амините

Амините се органски соединенија што може да се смета дека се изведени од амонијакот со замена на еден или повеќе водородни атоми со алкил или арил групи. Според тоа,

Амините се органски деривати на амонијакот во чии молекули еден, два или три водородни атоми од амонијакот се заменети со алкил и/или арил групи/-и.

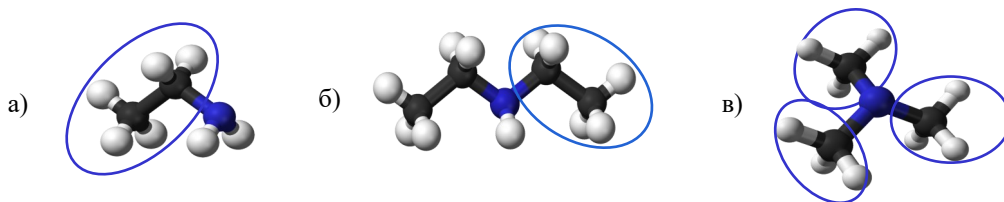
Во зависност од бројот на алкил и/или арил групи што се сврзани директно за атомот на азот, амините се класифицираат како **примарни, секундарни и терцијарни**. Во молекулите на примарните амини, една алкил или арил група е сврзана директно за азотот, т. е. во молекулите на амонијакот се заменува еден водороден атом со алкил или арил група. Во молекулите на секундарните амини, за азотот се сврзани две алкил или арил групи, а во молекулите на терцијарните амини, три алкил или арил групи.



На пример: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$

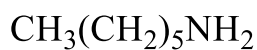
$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$

$(\text{CH}_3)_3\text{N}$

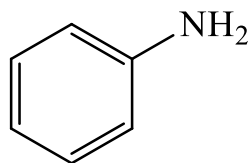


Слика 9.1. Молекулски модели на: а) примарен; б) секундарен; в) терцијарен амин.

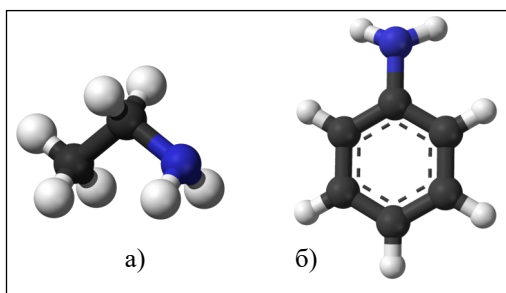
Во зависност, пак, од природата на групите сврзани за азотниот атом, амините се делат на **алифатични амини** и **ароматични амини**.



Алифатичен амин



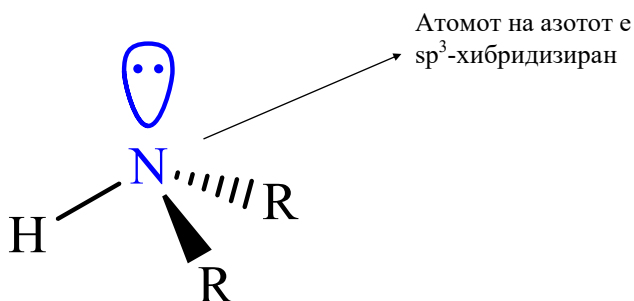
Ароматичен амин



Слика 9.2. Молекулски модели на: а) алифатичен амин ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$) и б) ароматичен амин ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$).

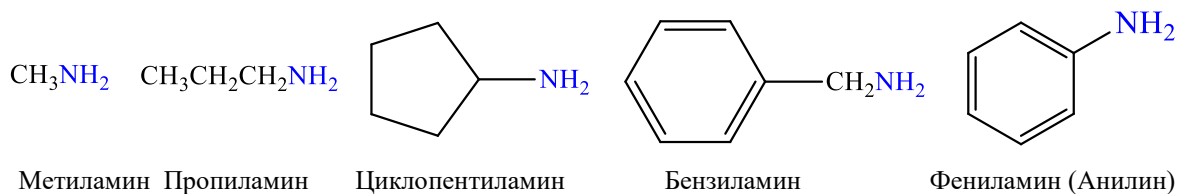
Структурата на амините може да се опише со помош на структурата на амонијакот. Начинот на сврзување кај амините околу азотниот атом е сличен како кај амонијакот. **Во амините**, како и во амонијакот, **атомот на азотот е sp^3 -хибридизиран**. Три од четирите sp^3 -хибридни орбитали се користат за образување C-N и N-H врски, а во четвртата sp^3 -хибридна орбитала останува неподелениот (осамениот) електронски пар на азотниот атом. Поради тоа, **амините се лусовски бази**.

Поради големата електронегативност на азотниот атом, C-N врските, како и N-H врските во молекулите на примарните и секундарните амини се поларни. Затоа, азотот е парцијално негативно наелектризиран, а јаглеродниот атом/-и и водородниот атом/-и се парцијално позитивно наелектризирани.

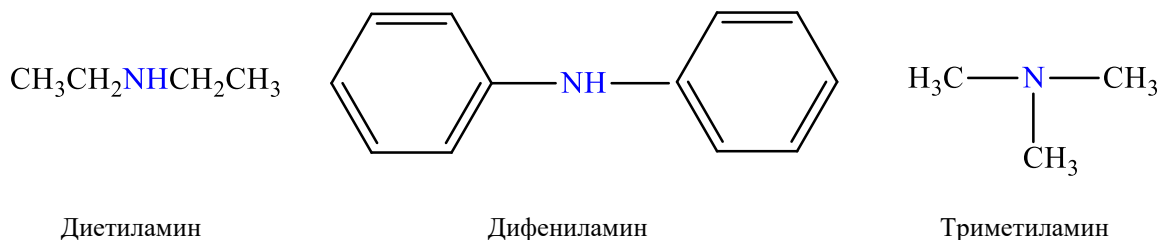


Номенклатура на амините

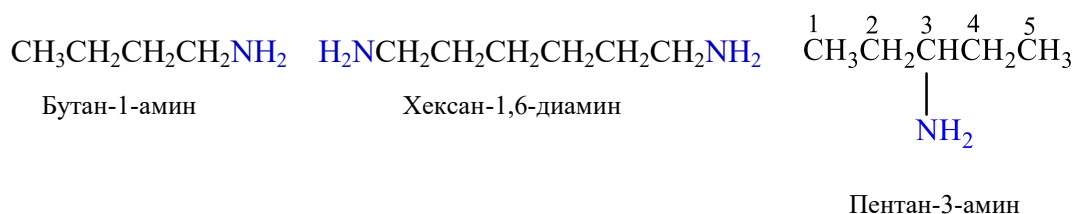
Амините се именуваат на повеќе различни начини. Според традиционалниот начин на именување, примарните амини се именуваат на тој начин што кон името на алкил или арил групата се додава наставката **-амин**. Од тривијалните имиња на амините, во употреба е името на аминобензенот, анилин. На пример:



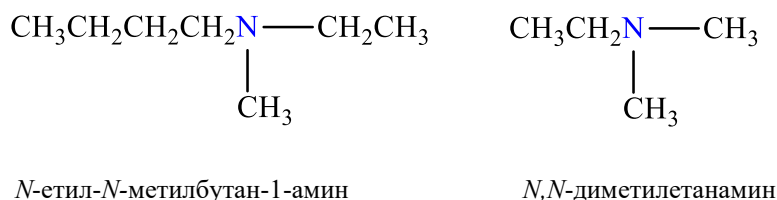
Секундарните и терцијарните амини со исти алкил или арил групи се именуваат на тој начин што се додава префиксот ди- (за секундарните) или три- (за терцијарните) пред името на групата. На пример:



Според номенклатурата на IUPAC, наставката -амин се додава кон името на основниот јаглеродород (оној со најдолга низа), а пред тоа име со број се означува положбата на amino групата. Доколку соединението содржи две amino групи, пред наставката -амин се става префиксот ди-. На пример:

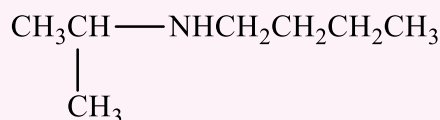


Секундарните и терцијарните амини со исти или различни алкил или арил групи се именуваат како *N*-супституирани примарни амини. На пример:



Кога во молекулата на соединението има некоја функционална група повисока според рангот од NH_2 групата, тогаш таа се именува како amino група (на пример, аминокиселини).

Пример 9.1. Именувај го соединението претставено со следнава формула:



Решение:

Овој амин може да го прочитае на два начина: 1) Се кажуваат имињата на алкил групите, а потоа се додава зборот амин, што значи дека името може да се прочита како **бутилизопропиламин**; 2) Соединението се чита како *N*-супституиран примарен амин, т. е. како ***N*-изопропилбутан-1-амин**.

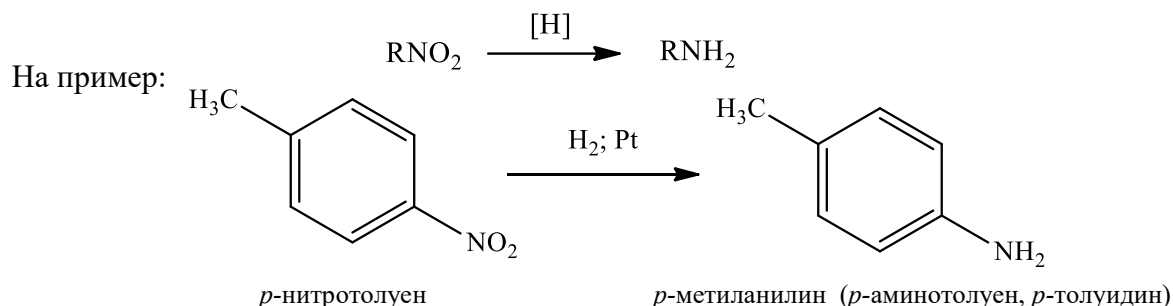
9.2. ДОБИВАЊЕ НА АЛИФАТИЧНИ И АРОМАТИЧНИ АМИНИ

Амините се широко распространети во растителниот и во животинскиот свет. На пример, триметиламинот го има во животинските ткива и од него потекнува специфичниот мирис на риба. Голем број физиолошки активни соединенија припаѓаат на класата амини, како што е, на пример, никотинот, кој се наоѓа во листовите од тутунот.

Амините може да се синтетизираат со повеќе различни постапки, од кои повеќето се темелат врз редукција на појдовните супстанции. Овде ќе ги разгледаме најважните и најчесто применуваните.

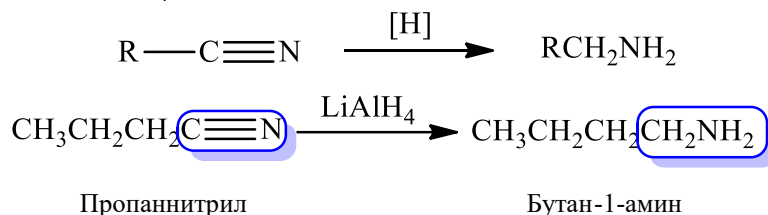
1. Редукција на нитро соединенија

Со редукција на нитро соединенија може да се добијат алифатични, но и ароматични амини. Реакцијата, всушност, претставува каталитичка хидрогенација, при што како катализатори се користат железо, цинк, олово, платина и др.



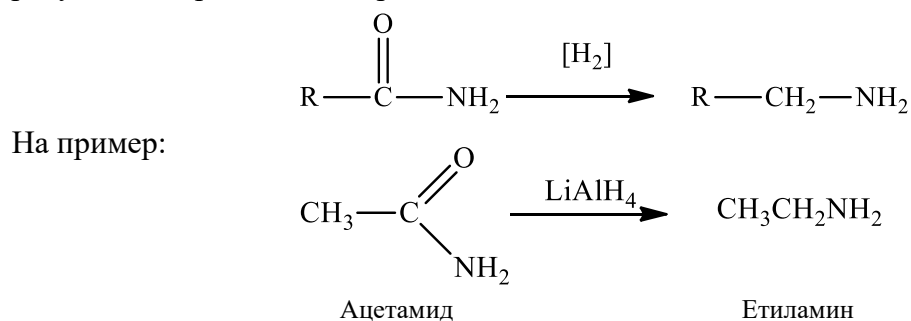
2. Редукција на нитрили

Амините може да се добијат и со редукција на нитрили, при што како редукционо средство се користи LiAlH_4 .



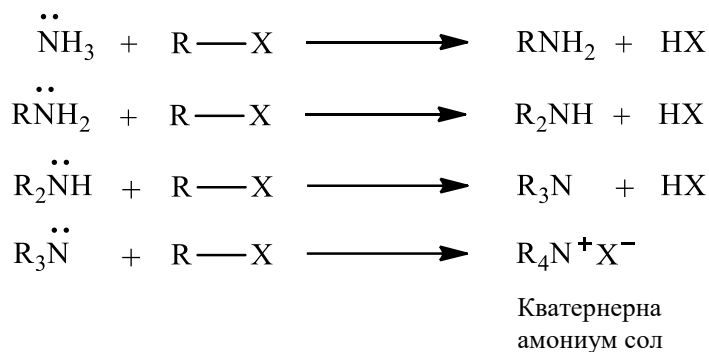
3. Редукција на амиди на киселини

Амините може да се добијат и со редукција на амиди. И во овој случај како редукционо средство се користи LiAlH_4 .



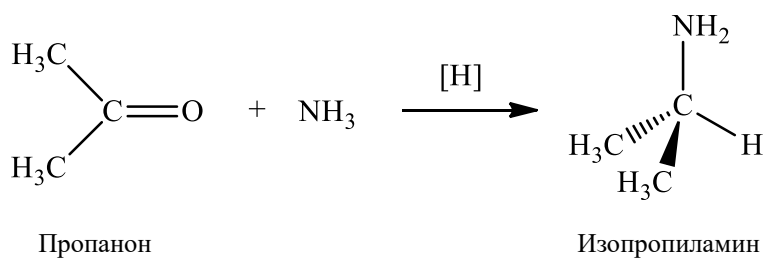
4. Реакција меѓу алкил халиди и амонијак и меѓу алкил халиди и амини

Амонијакот и амините се нуклеофили, па затоа стапуваат во реакции на **нуклеофилна супституција** со алкил халидите. При реакција на алкил халид со амонијак се добива примарен амин. Примарните амини, во реакција со алкил халиди, образуваат секундарни амини, а од секундарните амини, во реакција со алкил халиди, се добиваат терцијарни амини. Во овој тип реакција стапуваат и терцијарните амини, при што се образуваат т.н. **кватернерни амониум соли, $R_4N^+X^-$** .



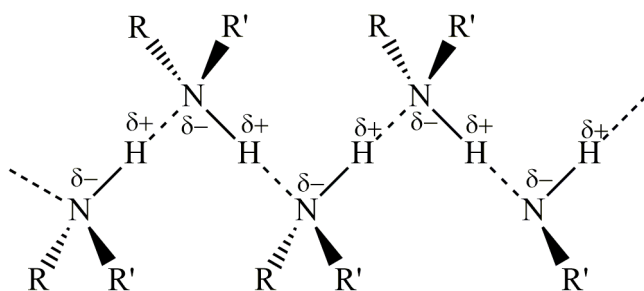
5. Редуктивно аминирање на алдехиди и кетони

При реакција на алдехид или кетон и амонијак (или некој амин), во присуство на редукционо средство, се добиваат амини. На пример:



9.3. ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АМИНИ

Врската меѓу азотниот и водородниот атом е силно поларна поради разликата во нивната електронегативност. Затоа, молекулите на примарните и секундарните амини образуваат водородни врски меѓу себе, а кај терцијарните амини не постои таква можност, бидејќи во нивните молекули нема водороден атом сврзан за атомот на азот.



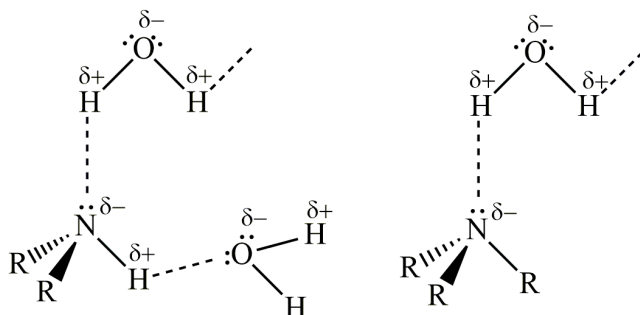
Водородно сврзување кај секундарен амин.

Поради можноста за градење водородни врски меѓу молекулите на примарните и секундарните амини, тие имаат повисоки температури на вриење од соединенијата со слична молекулска маса што не градат водородни врски. Меѓутоа, тие образуваат послаби водородни

врски од алкохолите, па затоа нивните температури на вриење се пониски од оние на алкохолите. Подолу е дадена споредба меѓу температурите на вриење на пропан, етиламин и етил алкохол, кои имаат блиски вредности за релативните молекулски маси.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
$M_r = 44,1$	$M_r = 45,08$	$M_r = 46,07$
$T_b = -42\text{ }^\circ\text{C}$	$T_b = 17\text{ }^\circ\text{C}$	$T_b = 78\text{ }^\circ\text{C}$

Амините може да образуваат водородни врски со водата, па затоа амините се растворливи во вода. Водородни врски со водата може да образуваат и терцијарните амини, така што тие учествуваат со неподелениот (осамениот) електронски пар на азотниот атом. Првите пет члена од алифатичните примарни амини се добро растворливи во вода, но растворливоста, како и кај другите класи соединенија што образуваат водородни врски со водата, се намалува со зголемувањето на релативната молекулска маса. Амините образуваат водородни врски и со алкохолите, како и со други супстанции кај кои постои можност за водородно сврзување.



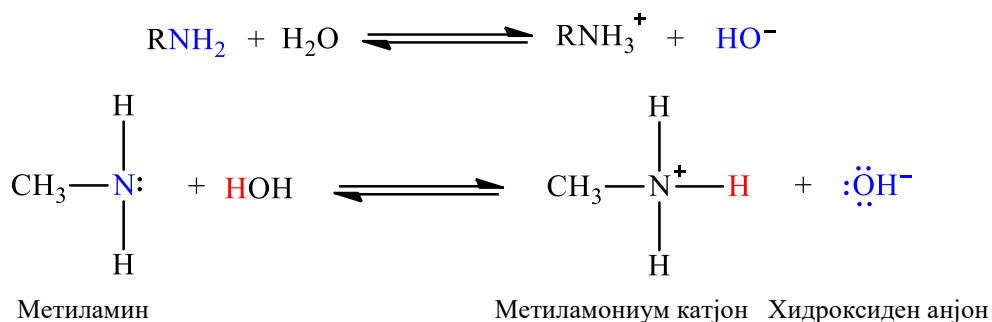
Водородно сврзување меѓу секундарен амин и вода и терцијарен амин и вода.

Една друга особина на амините е нивниот карактеристичен мирис. На пример, триметиламинот има мирис на риба, а пентан-1,5-диамин има карактеристичен мирис на гнило месо, од каде што доаѓа и неговото тривијално име, кадаверин.

Базност на алифатичните и ароматичните амини

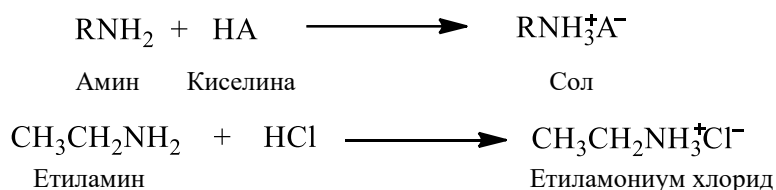
Амините се деривати на амонијакот, затоа и тие, како и амонијакот, имаат базни својства. Базните својства на амините се должат на присуството на неподелениот електронски пар на азотниот атом, кој, слично како кај амонијакот, може да прими протон, при што ќе се образува алкиламониум катјон. Амините може да примат протон и од водата, а тоа значи дека амините се однесуваат како типични брештедовски бази.

На пример:

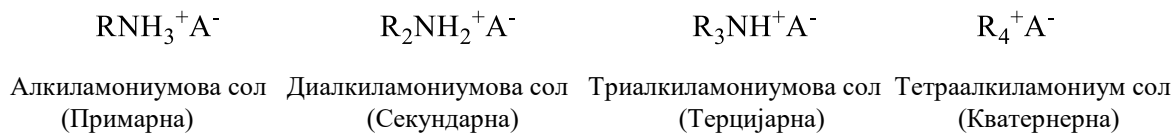


Покрај тоа, во реакции со луисовски киселини, азотот го оддава својот електронски пар, а тоа значи дека тие се однесуваат како луисовски бази. Значи, **амините се типични органски бази.**

Како типични органски бази, амините реагираат со киселини и киселински оксиди и притоа образуваат соли.

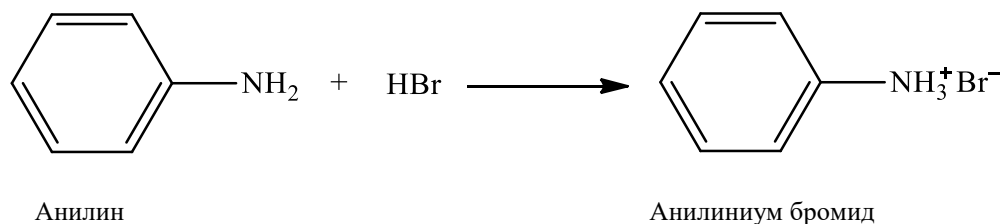


Алкиламониумовите соли се кристални супстанции што покажуваат некои типични својства на јонски соли, како што се растворливост и релативно високи температури на топење. Примарните, секундарните, терцијарните и кватернерните алкиламониум соли може да се претстават со следниве општи формули:



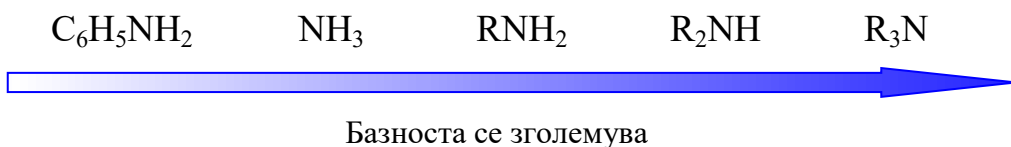
Слика 9.3. Перспективна формула и молекулски модел на тетраметиламониум катјон.

Ароматичните амини, исто така, покажуваат базен карактер и образуваат соли со киселини или со киселински оксиди. На пример:

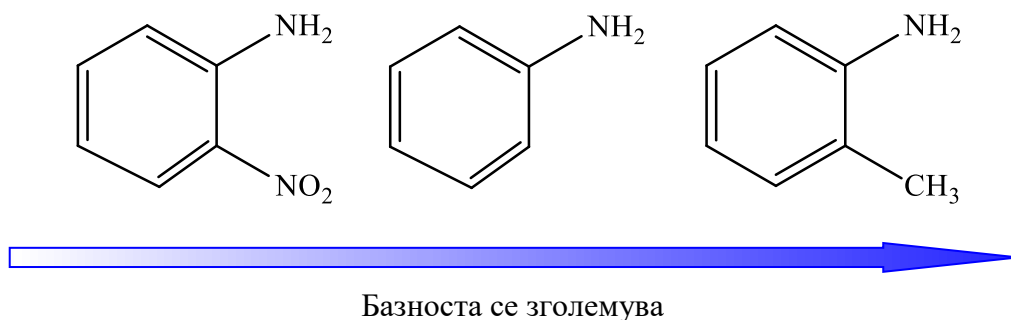


Меѓутоа, алифатичните и ароматичните амини значително се разликуваат во базноста. Поради позитивниот индуктивен ефект на алкил групите кај **алифатичните амини**, тие **се посилни бази од амонијакот**. Колку е поголем бројот на алкил групи, толку е поголема базноста на аминот, бидејќи позитивниот индуктивен ефект на алкил групите ја зголемува електронската густина на азотниот атом, а со тоа се зголемува и неговата способност да сврзува протон.

Од друга страна, **анилинот и другите ароматични амини се послаби бази од амонијакот**, а според тоа, **и од алифатичните амини**. За разлика од алифатичните амини, ароматичните амини содржат -NH_2 , која е сврзана за бензенско јадро или за некој друг ароматичен систем. Како што е познато, ароматичните системи содржат делокализирани π -електрони, а во делокализацијата може да биде вклучен и слободниот електронски пар на азотот од amino групата. Покрај тоа, бензенското јадро, т. е. фенил групата пројавува негативен индуктивен ефект, што значи дека ги привлекува електроните од amino групата. Сето ова ја намалува електронската густина на азотниот атом, а со тоа и способноста да сврзува протони. Значи, базноста на амините и на амонијакот се менува според следниов редослед:



Базноста на ароматичните амини зависи и од присуството на други супституенти сврзани за бензенското јадро. Групите со позитивен индуктивен ефект (на пример, алкил групи) ја зголемуваат базноста на ароматичните амини, а групите со негативен индуктивен ефект (на пример, -NO_2 , -CN , -Cl и др.) ја намалуваат базноста на ароматичните амини.

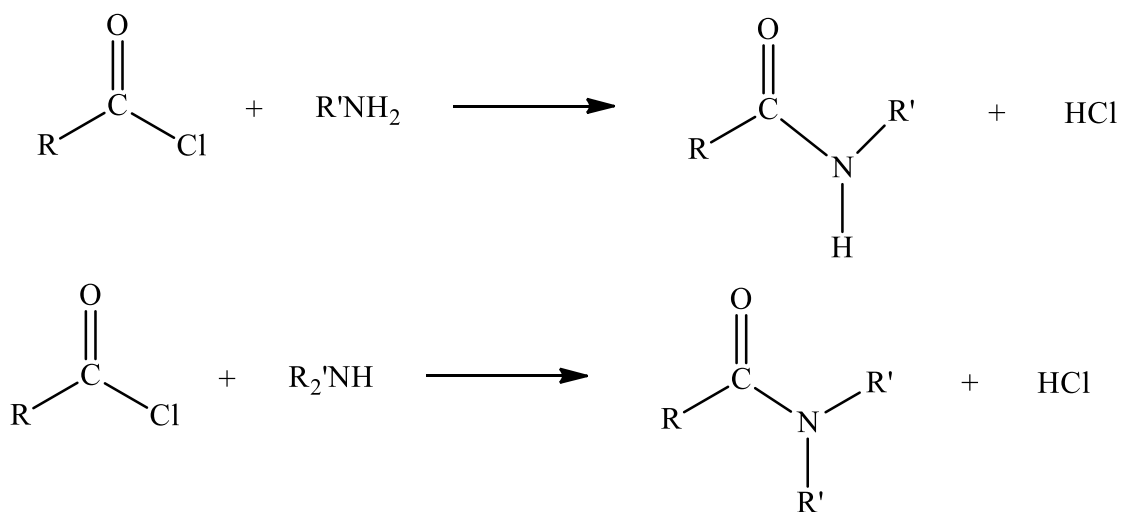


Други хемиски реакции на алифатичните и ароматичните амини

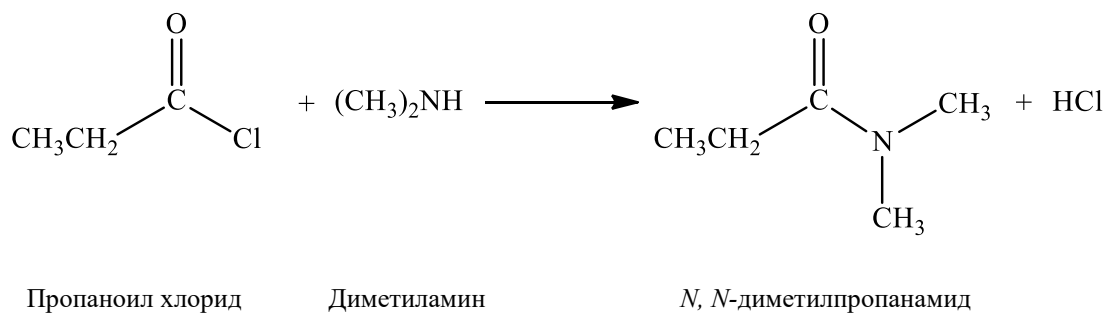
Освен во реакции при кои се манифестираат базните својства на амините, тие стапуваат и во други видови реакции. Овде ќе разгледаме некои од поважните реакции на амините.

1. Реакции на нуклеофилна супституција со ацил халиди

Поради неподелениот електронски пар на азотниот атом, амините покажуваат **нуклеофилни својства**. Така, на пример, при реакција со ацил халиди, тие го супституираат халогенот, при што се добиваат *N*-супституирани амиди на киселини.

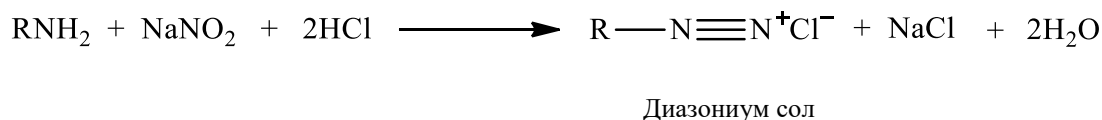


На пример:

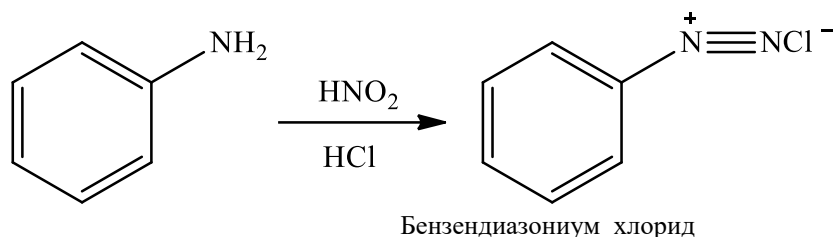


2. Реакција со азотеста киселина

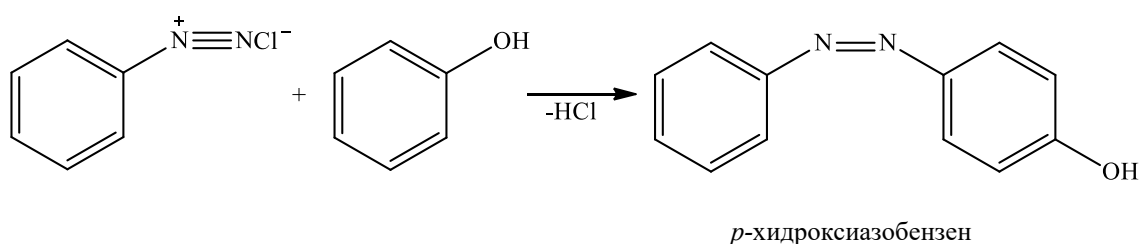
Амините стапуваат во реакции со азотеста киселина, при што се добиваат т.н. **дiazониум соли**. Алифатичните амини даваат различни видови продукти во зависност од тоа дали станува збор за примарен, секундарен или терцијарен амин. На пример, примарните амини, со азотестата киселина, образуваат diaзониум соли што се распаѓаат ослободувајќи азот.



Ароматичните Diazonium соли се од посебно значење бидејќи се појдовни супстанции во **реакции на куплување (спрегање)** со други соединенија, при што се добиваат различни индустриски и фармаколошки значајни азосоединенија. На пример:

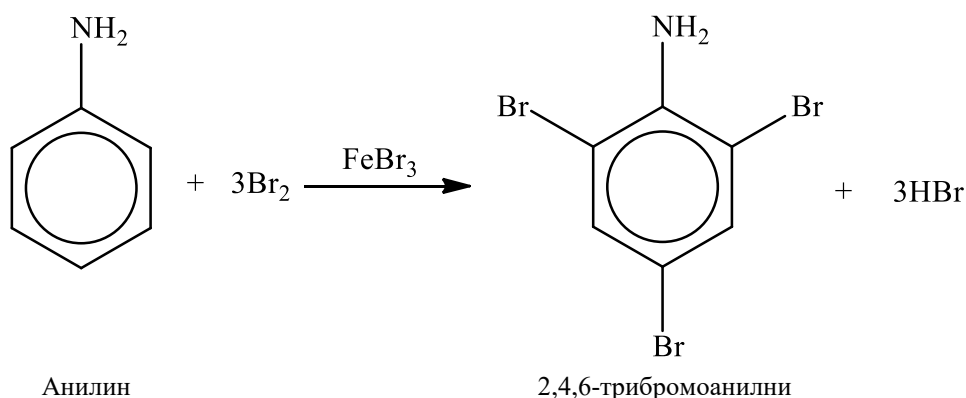


Диазониум солите реагираат со други ароматични соединенија, при што се добиваат т.н. азо-бои. На пример, при реакција со фенол се добива портокалова боја. Ваквите реакции наоѓаат широка примена во индустријата на органски бои.



3. Реакции на електрофилна ароматична супституција

Ароматичните амини може да стапуваат и во реакции на **електрофилна супституција** на бензенското јадро, како што се нитрирање, сулфонирање, халогенирање итн. Амино групата ја олеснува реакцијата на електрофилна ароматична супституција и притоа се добива смеса од производи во која доминираат орто и пара деривати на анилинот. Но, бидејќи амино групата е многу силно активирачка група, во голем број случаи не се добиваат изолирани орто и пара деривати, туку при супституцијата се добива трисупституиран дериват.



9.4. ПОВАЖНИ ПРЕТСТАВНИЦИ НА АМИНИТЕ

Метиламин

Метиламинот е наједноставниот претставник од класата органски соединенија амини. Неговата формула е CH_3NH_2 . Тој е безбоен гас со силен и непријатен мирис сличен на риба. Се добива со реакција на метил халид и амонијак, како и со редукција на нитрометан под дејство на водород и во присуство на метален катализатор (никел, платина и др.). Се употребува за индустриска синтеза на некои органски соединенија.

Фениламин (анилин)

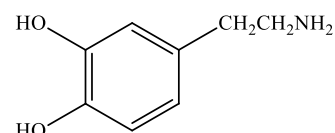
Фениламинот или анилиноот е ароматичен амин во чија молекула амино групата е директно сврзана за јаглероден атом од бензенско јадро, т.е. за фенил радикал. Неговата формула е $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$. Името му доаѓа од шпанскиот збор „анил“ за бојата индиго од која е добиен со дејство на алкални бази и загревање. Индустриски во големи количини се добива со редукција, т.е. каталитичка хидрогенација на нитробензен. Анилиноот е безбојна масловидна течност со карактеристичен мирис и е многу отровен. Со стоење на воздух потемнува бидејќи оксидира. Во вода е малку растворлив, но добро се раствора во органски растворувачи. Анилиноот наоѓа голема примена за добивање на анилински бои, лекови и други органски соединенија.

ДОЗНАЈ НЕШТО ИНТЕРЕСНО

БИОГЕНИ АМИНИ

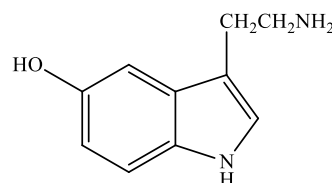
Биогени амини се биогени супстанции што содржат аминокиселинска група, кои се присутни во организмот и пројавуваат многу важни физиолошки дејства. Така, на пример, биогени амини се невротрансмитерите: допамин, серотонин, норадреналин, адреналин, хистамин и др.

Допаминот учествува во регулацијата на моториката и спиењето, но влијае и врз способноста за концентрација и меморирање и способноста за учење, како и врз чувството на задоволство и награда. Недостигот на допамин предизвикува појава на различни заболувања, меѓу кои е и Паркинсоновата болест.



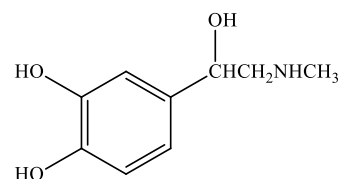
Допамин

Серотонинот, како и допаминот, содржи примарна аминокиселинска група. Тој учествува во регулацијата на мускулната активност, телесната температура, апетитот, чувството на болка, дишењето и крвниот притисок, но особено важно е неговото влијание врз расположението, чувството на задоволство и психичка опуштеност. Недостигот на серотонин доведува до депресија и анксиозност.



Серотонин

Адреналинот (епинефрин), за разлика од допаминот и серотонинот, е секундарен амин. Тој е хормон што го лачи надбубрежната жлезда. Се нарекува хормон на стресот, бидејќи кога сме вознемирени, жлездата го излучува овој хормон, кој со крвта се пренесува до срцевиот мускул и ја засилува неговата работа. Ова е проследено и со други дејства врз различни биохемиски процеси и органи. Како што се вели, овој хормон го подготвува организмот за борба или за бегство. Високото ниво на адреналин во крвта доведува до појава на хипертензија (висок крвен притисок).



Адреналин

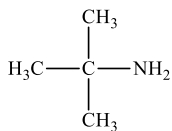
Имајќи ги предвид големото значење и улогата што ги имаат различните амини во организмот, фармацијата развила голем број лекови базирани врз биогени амини или, пак, такви што го намалуваат нивното дејство, како што се голем број лекови што се користат во психијатријата

За жал, постојат многу природни амини што предизвикуваат болести на зависност (на пример, кокаинот), но и такви што се добиваат синтетички и што се забранети со закон.

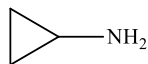
ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ:

1. Напиши/нацртај ги формулите на следниве амини: а) дипропиламин; б) *o*-етиланилин; в) циклобутиламин; г) 3-метилхексан-2-амин; д) *N,N*-диетилпентан-1-амин; е) триетиламин.

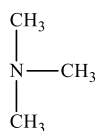
2. Именувај ги следниве соединенија:



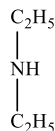
а)



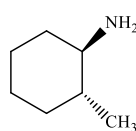
б)



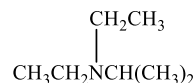
в)



г)



д)



е)

3. Амините од претходното прашање класифицирај ги како примарни, секундарни и терцијарни и како алифатични и ароматични.

4. Скицирај ги водородните врски во: а) метиламин; б) воден раствор на етиламин.

5. Напиши ги равенките на реакциите за добивање пропиламин од: а) нитропропан; б) етаннитрил.

6. Следниве амини подреди ги според растење на нивната базност, од најмала кон најголема: а) $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$; б) $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$; в) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$; г) $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$.

7. Кое соединение се добива при реакција на 3-бромопентан и амонијак? Напиши ја равенката на реакцијата и именувај го добиениот продукт.

8. Каков вид соединение се добива при реакција на бензиламин со бромоводородна киселина? Напиши ја равенката на реакцијата и именувај го добиениот продукт.

9. Колкава маса етиламин ќе изреагира со 30 ml раствор од HCl со концентрација 1 mol/L?

10. Нацртај ја структурната формула на тетраетиламониум бромид.

11. Напиши ја равенката на реакцијата меѓу ацетил хлорид и етиламин и именувај го добиеното соединение.

12. Кое од следниве соединенија најлесно стапува во електрофилна ароматична супституција: а) бензен; б) анилин; в) нитробензен?

13. Напиши ја равенката на реакцијата меѓу анилин и хлор во присуство на железо(III) хлорид и именувај го добиениот продукт.

14. Како се нарекува реакцијата при која се добива бензендиазониум бромид?

Терминолошки речник:

Агловен напон: разлика меѓу тетраедарскиот агол и аголот во молекулата на некои циклоалкани.

Алдехиди: класа кислородни органски соединенија што содржат алдехидна функционална група.

Алкохоли: класа кислородни органски соединенија што содржат хидроксилна функционална група сврзана за sp^3 -хибридизиран C-атом.

Алифатични јаглеводороди: органски соединенија изградени само од јаглерод и водород што немаат ароматична структура и својства.

Алифатични соединенија: органски соединенија што немаат ароматична структура и својства.

Алициклични јаглеводороди: циклични јаглеводороди што немаат ароматична структура и својства.

Алкани: јаглеводороди во кои јаглеродните атоми се поврзани само со единечни врски.

Алкени: јаглеводороди во кои постои двојна врска меѓу два јаглеродни атоми.

Алкенил радикали: радикали изведени од алкените.

Алкил радикали: радикали изведени од алканите.

Алкени: јаглеводороди во кои постои една тројна врска меѓу два јаглеродни атоми.

Алкенил радикали: радикали изведени од алкините.

Амиди на киселини: класа органски соединенија кои се деривати на карбоксилните киселини кај кои хидроксилната група од киселината е заменета со амино група. Имаат општа формула ($RCONH_2$).

Амини: азотни органски соединенија изведени од амонијакот со замена на еден, два или три водородни атоми со алкил или арил групи.

Анхидриди на киселини: класа органски соединенија кои се деривати на карбоксилните киселини, а се добиваат со издвојување молекула вода од две молекули на карбоксилна киселина.

Арил радикал (група): радикал изведен од ароматично соединение.

Ароматични соединенија: органски соединенија што го исполнуваат правилото на Хикел за ароматичност.

Ациклични јаглеводороди: органски соединенија составени само од јаглерод и водород во кои јаглеродните атоми се поврзани во отворени низи.

Баеров напон: види агловен напон.

Геометриска (цис-транс) изомерија: стереоизомерија што се јавува кај соединенијата со двојна врска и супституираните циклоалкани, поради спречена ротација на атомите и атомските групи околу двојната врска, т. е. околу прстенот.

Делокализација: електронски ефект што се јавува кај конјугирани (спрегнати) системи поради тоа што некои од електроните во молекулата не се локализирани меѓу еден пар атоми, туку се придвижени низ целата молекула.

Диени: јаглеродороди со две двојни врски во молекулата.

Диполен момент: физичка величина која претставува мерка за поларноста на една хемиска врска и на соединението во целина.

Електронегативност: физичка величина која претставува мерка за тоа колку силно еден атом ги привлекува кон себе електроните од заедничкиот електронски пар со атомот со кој е сврзан.

Електрофилна адиција: реакција на адиција при која органската молекула е нападната од електрофилна честичка.

Електрофилна супституција: реакција на супституција при која органската молекула е нападната од електрофилна честичка.

Електрофилна честичка: катјон или молекула со непополнет октет на еден од атомите во молекулата. што се сврзува за негативни честички или места во некоја молекула со зголемена електронска густина.

Емпириска формула: хемиска формула во која индексите го даваат најмалиот целоброен однос на количествата на елементите во соединението.

Естери: класа органски соединенија кои се деривати на карбоксилните киселини со општа формула (RCOOR).

Етери: класа кислородни органски соединенија со општа формула (R-O-R).

Изомери: соединенија со иста молекулска формула, а различни својства поради различниот распоред на атомите и атомските групи во соединението.

Изомерија: појава некои соединенија да имаат иста молекулска формула, а различни својства, т. е. да постојат во повеќе изомери.

Изомерија на низата: вид структурна изомерија што се јавува поради различниот распоред на поврзување на јаглеродните атоми меѓу себе.

Индуктивен ефект: електронски ефект во молекулата на некое соединение што се манифестира со поместување на електронската густина долж јаглеродната низа.

Карбоанјон: анјон што претставува полиатомска групација со негативен полнеж на јаглероден атом кој се добива со хетеролитичко кинење на врската.

Карбокатјон: катјон што претставува полиатомска групација со позитивен полнеж на јаглероден атом кој се добива со хетеролитичко кинење на врската.

Карбоксилни киселини: органски киселини кои во својот состав содржат карбоксилна група, т. е. класа органски соединенија со општа формула RCOOH .

Карбонилна група: функционална група (>C=O) што ја содржат голем број органски соединенија.

Кватерен C-атом: јаглероден атом сврзан за четири други јаглеродни атоми.

Конформациона стереоизомерија: стереоизомерија која се јавува поради непречената ротација на атомите и атомските групи околу единечната врска, поради што заземаат различни ориентации во просторот една во однос на друга.

Конформери: стереоизомерни соединенија поради различни конформации на молекулите.

Луисови бази: супстанции што се донори на електронски пар (парови).

Луисови киселини: супстанции што се акцептори на електронски пар (парови).

Метиленска група: $\text{-CH}_2\text{-}$ група.

Молекулска формула: формула во која е даден точниот број атоми од секој елемент во една молекула на некое соединение.

Мономер: супстанца од која при реакција на полимеризација или поликондензација се добива полимер.

Нуклеофилна адиција: реакција на адиција при која реакциониот центар во молекулата е нападнат од нуклеофилна честичка.

Нуклеофилна супституција: реакција на супституција при која реакциониот центар е нападнат од нуклеофилна честичка.

Нуклеофилна честичка: анјон или молекула со неподделен електронски пар на еден од атомите во молекулата која се сврзува за позитивни честички или центри со парцијално позитивен полнеж во молекулата.

Органски соединенија: соединенија на јаглерод (со исклучок на неговите оксиди, јаглеродната киселина и нејзините соли и мал број други соединенија).

Органска хемија: дел од хемијата што ги изучува структурата, својствата и синтезата на органските соединенија.

Поларна врска: ковалентна врска во која заедничкиот електронскиот пар е поблизу до атомот на еден од елементите поради што во молекулата се јавуваат диполи.

Поларна молекула: молекула која има диполен момент.

Полимер: макромолекуларно соединение што се добива како продукт при реакција на полимеризација.

Полимеризација: реакција на адиција при која од голем број молекули на некоја супстанца се добива супстанца со голема релативна молекулска маса.

Положбена изомерија: изомерија која се јавува поради различната местоположба на функционалната група во молекулата.

Примарен C-атом: јаглороден атом сврзан само со еден јаглороден атом.

Проекциони формули: формули кои претставуваат ортогонална проекција на тродимензионалната молекула.

Радикали: честички што се добиваат при хомолитичко кинење на ковалентната врска кои содржат неспарен електрон на еден од атомите.

Рационална формула: структурна формула во која не се пишуваат валентните црти што означуваат единечни врски меѓу јаглородните атоми од јаглородната низа и/или меѓу јаглородните и водородните атоми.

Реагенс: супстанцата која стапува во реакција со некое конкретно органско соединение.

Реакција на адиција: реакција при која атоми или атомски групи се присоединуваат кон органска молекула која содржи двојни или тројни врски или кон некои циклични молекули.

Реакција на елиминација: реакција при која од органската молекула се отстранува (елиминира) некоја мала молекула, при што се образува молекула со двојна или тројна врска или, пак, циклично соединение.

Реакција на прегрупирање: реакција при која доаѓа до прераспределување на атомите и атомските групи во рамките на една молекула.

Реакција на супституција: реакција при која атоми или атомски групи од органската молекула се заменуваат со други атоми или атомски групи.

Резонанција: појава кога електронската структура на една молекула може да се претстави со повеќе од една луисовска формула.

Резонантен хибрид: претстава за резонанцијата во една молекула преку структура која што ги зема предвид сите можни резонантни структури.

Секундарен C-атом: јаглороден атом сврзан за два други јаглородни атоми.

Скелетна изомерија: види изомерија на низата.

Скелетни формули: формули во кои не се пишуваат симболите за јаглород и водород туку само валентните црти, т. е. скелетот на молекулата.

Слободни радикали: види радикали.

Стереоизомерија: изомерија која се јавува поради различниот распоред на атомите и атомските групи во просторот.

Структурна изомерија: изомерија која се јавува поради различниот редослед на сврзување на различните атоми и атомски групи во молекулата.

Супституција со слободни радикали: реакција на супституција при која се одвива со учество на слободни радикали.

Супстрат: органска молекула врз која се дејствува со некој реагенс со цел таа да се трансформира во друга молекула.

Терцијарен С-атом: јаглороден атом сврзан за три други јаглородни атоми.

Феноли: класа органски соединенија кои содржат хидроксилна група сврзана директно за С-атом од бензенско јадро.

Функционална група: атом или атомска група во молекулата на органското соединение од која зависат најголемиот број од својствата на соединението, а пред сè хемиските.

Функционална изомерија: изомерија што се јавува кај соединенија со исти молекулски формули, а различни функционални групи во молекулата.

Хетеролитичко кинење на врската: кинење на ковалентната врска при кое електронскиот пар останува на еден од атомите што ја образувале врската, при што се образува карбокатјон и карбоанјон.

Хетеро атом: атом во органската молекула што не е јаглороден или водороден.

Хетероциклични соединенија: циклични органски соединенија што содржат хетеро атом.

Хикелово правило за ароматичност: правило кое го дал Хикел, според кое може да се утврди дали некое соединение ќе покажува ароматични својства. Според ова правило, за соединението да биде ароматично, мора да биде изградено од планарни циклични молекули со $4n+2$ π -електрони, каде n е некој природен број или 0, т. е. 0, 1, 2, 3, итн.

Хомолитичко кинење на врската: раскинување на ковалентната врска при кое на секој од атомите што ја градат врската му останува по еден електрон, при што се образуваат слободни радикали.

Хомологија: појава при која соединенијата од една класа се разликуваат во својот состав за една или повеќе метиленски групи ($-\text{CH}_2-$).

Хомолошка низа: низа од хомологни соединенија подредени според растење на бројот на С-атоми во нивните молекули.

Циклоалкани: алициклични јаглеводороди кај кои јаглородните атоми се сврзани со единечни врски.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. M. Sikirica, *Metodika nastave kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 2003.
2. W. H. Brown, *Organic Chemistry*, Saunders Colleague Publishing, 1995.
3. J. McMurry, *Organic Chemistry*, Sixth Edition, Brooks/Cole—Thomson Learning, 2004. ОРГАНСКА ХЕМИЈА, превод од англиски: д-р Јане Богданов и д-р Богдан Богданов - Скопје 2007.
4. F. A. Bettelheim, W. H. Brown, M. K. Campbell, S. O. Farrell, *Introduction to General, Organic and Biochemistry*, Ninth Edition, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010.
5. J. G. Smith, *Principles of General, Organic, and Biological chemistry*, McGraw Hill, New York, 2012.

СОДРЖИНА

1. ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА НА ЈАГЛЕРОДНИОТ АТОМ И ХЕМИСКИ ВРСКИ ВО ОРГАНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА	5
1.1. Електронска структура и видови хибридизација кај јаглеродниот атоми	6
1.2. Поларност и индуктивен ефект	11
1.3. Реактивност, начини на раскинување на врските во органските молекули и видови честички во органските реакции	13
2. АЛКАНИ И ЦИКЛОАЛКАНИ	17
2.1. Поим, хомолошка низа и номенклатура на алканите	18
2.2. Изомерија кај алканите	24
2.3. Добивање на алкани	27
2.4. Физички и хемиски својства на алканите	29
2.5. Поим, хомолошка низа и номенклатура на циклоалканите	32
2.6. Градба и изомерија кај циклоалканите	34
2.7. Добивање на циклоалкани	37
2.8. Физички и хемиски својства на циклоалканите	37
3. АЛКЕНИ И ДИЕНИ	41
3.1. Поим, хомолошка низа и номенклатура на алкените	42
3.2. Изомерија кај алкените	45
3.3. Добивање на алкени	48
3.4. Физички и хемиски својства на алкените	50
3.5. Поим, хомолошка низа, номенклатура, поделба и изомерија на диените	54
3.6. Добивање на диени	56
3.7. Физички и хемиски својства на диените	56
4. АЛКИНИ	63
4.1. Поим, хомолошка низа, номенклатура и изомерија на алкините	64
4.2. Добивање на алкини	67
4.3. Физички и хемиски својства на алкините	69

5. АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА	73
5.1. Структура на бензенот и Хикелово правило за ароматичност	74
5.2. Поим, номенклатура и изомерија кај арените	78
5.3. Наоѓање и добивање на бензен и арени	81
5.4. Физички и хемиски својства на бензен и арени	82
5.5. Ароматични соединенија со фузирани бензенски јадра	86
5.6. Хетероциклични ароматични соединенија	88
6. АЛКОХОЛИ И ФЕНОЛИ	91
6.1. Поим за алкохоли и феноли и класификација на алкохолите	92
6.2. Номенклатура и изомерија на алкохолите	94
6.3. Добивање на алкохоли	97
6.4. Физички и хемиски својства на алкохолите	99
6.5. Поделба, номенклатура и својства на фенолите	105
6.6. Поважни претставници на алкохолите и фенолите	110
7. АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ	115
7.1. Состав, поделба, изомерија и номенклатура на алдехидите и кетоните	116
7.2. Добивање на алдехиди и кетони	122
7.3. Физички и хемиски својства на алдехидите	125
7.4. Физички и хемиски својства на кетоните	129
7.5. Поважни претставници на алдехидите и кетоните	132
8. КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ДЕРИВАТИ НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ	137
8.1. Состав, поделба и номенклатура на карбоксилните киселини	138
8.2. Добивање на карбоксилни киселини	141
8.3. Физички и хемиски својства на карбоксилните киселини	143
8.4. Функционални деривати на карбоксилните киселини	148
8.5. Поважни карбоксилни киселини	154
8.6. Поважни естери	156

9. АМИНИ	161
9.1. Поим, поделба и номенклатура на амини	162
9.2. Добивање на алифатични и ароматични амини	165
9.3. Физички и хемиски својства на амини	167
9.4. Поважни претставници на амините	172
 ТЕРМИНОЛОШКИ РЕЧНИК	 177