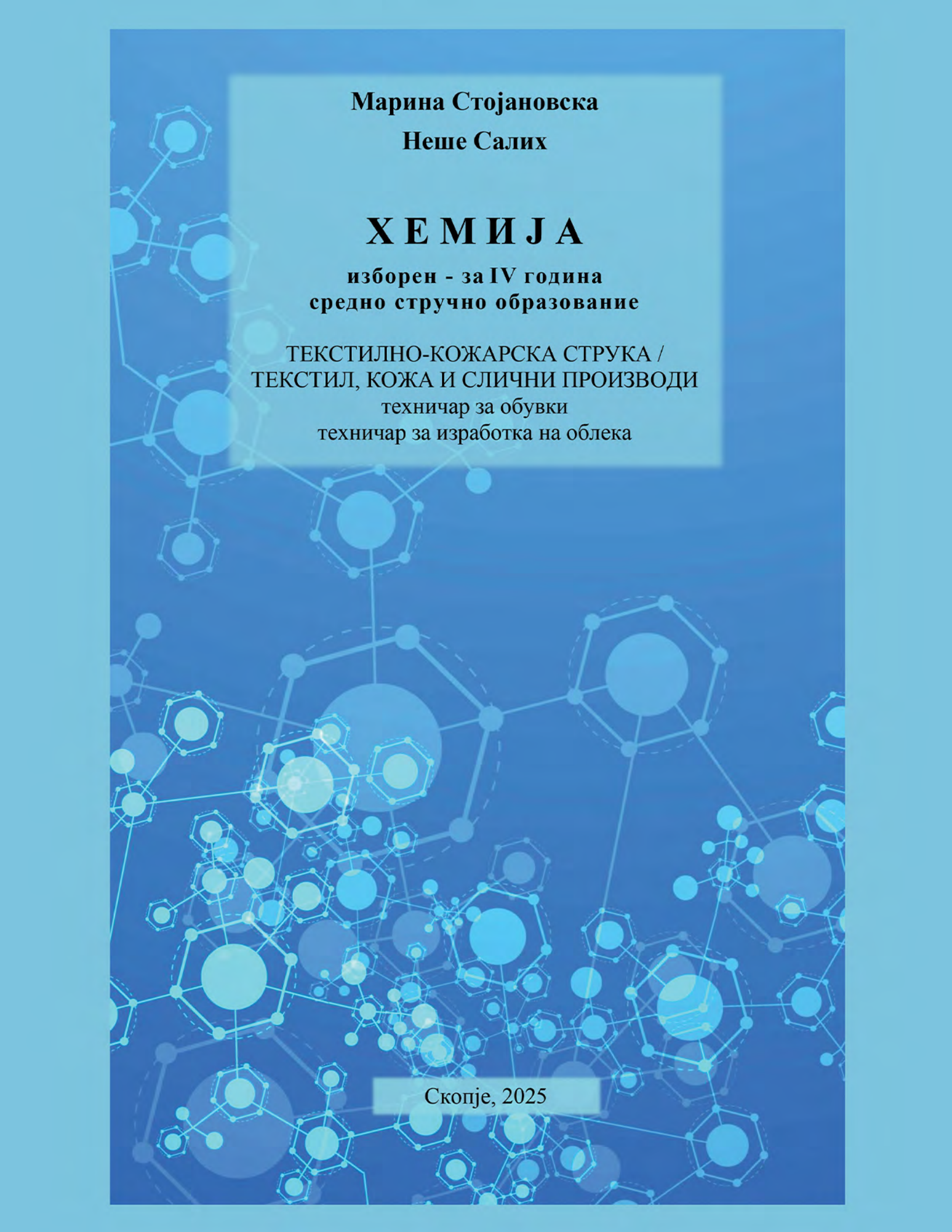




Марина Стојановска

Неше Салих

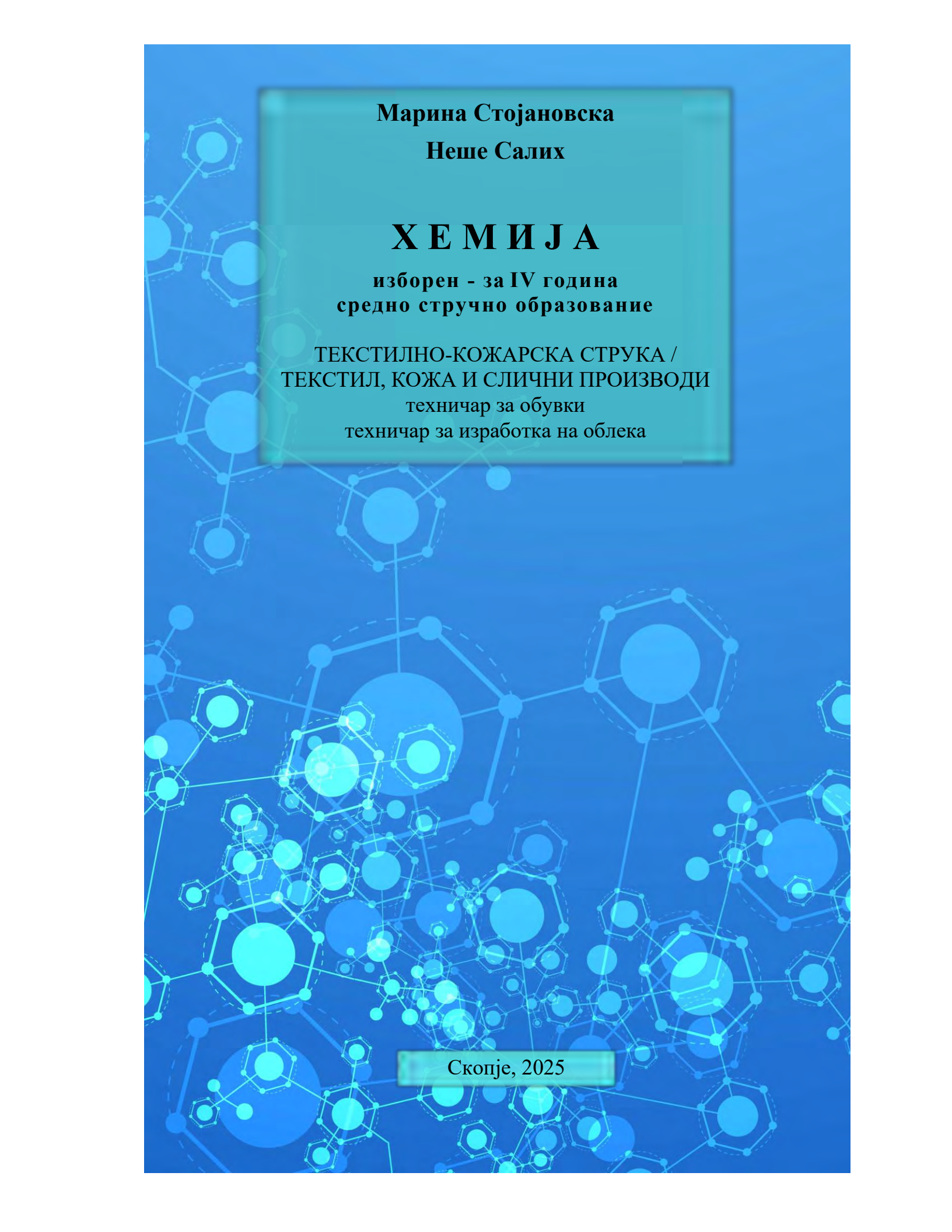
Х Е М И Ј А

**изборен - за IV година
средно стручно образование**

**ТЕКСТИЛНО-КОЖАРСКА СТРУКА /
ТЕКСТИЛ, КОЖА И СЛИЧНИ ПРОИЗВОДИ**

**техничар за обувки
техничар за изработка на облека**

Скопје, 2025



Марина Стојановска

Неше Салих

Х Е М И Ј А

**изборен - за IV година
средно стручно образование**

**ТЕКСТИЛНО-КОЖАРСКА СТРУКА /
ТЕКСТИЛ, КОЖА И СЛИЧНИ ПРОИЗВОДИ**

**техничар за обувки
техничар за изработка на облека**

Скопје, 2025

ХЕМИЈА

изборен - за IV година

средно стручно образование

Текстилно-кожарска струка / Текстил, кожа и слични производи

Техничар за обувки / Техничар за изработка на облека

Автори:

Марина Стојановска

Неше Салих

Рецензенти:

Владимир Петрушевски

Билјана Аврамовска-Филкоска

Блага Цекова

Лектор:

Бобан Карапејовски

Стручна редакција:

Билјана Аврамовска-Филкоска

Уредници:

Марина Стојановска

Неше Салих

Издавач: Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија,
ул. „Св. Кирил и Методиј“ бр. 54, 1000 Скопје

Графичко и техничко уредување: Ели Василевска Илиевска – APC СТУДИО

Место и година на издавање: Скопје, 2025 година

Со Одлука за одобрување на учебник по предметот Хемија (изборен) за четврта година средно стручно образование, струка Текстилно-кожарска струка / Текстил, кожа и слични производи, профил Техничар за обувки / Техничар за изработка на облека, бр. 26-1011/1 од 22.07.2024 година, донесена од Националната комисија за учебници.

Предговор

Почитуван ученику,

Пред тебе се наоѓа учебник кој ги опфаќа основите на органската хемија, една од најважните хемиски гранки.

Учебникот е пишуван согласно наставната програма по Хемија (изборна) за IV година средно образование и е наменет за учениците од следниве струки: текстилно-кожарска/текстил, кожа и слични производи.

Содржината во учебникот е систематизирана и организирана во девет поглавја, кои, всушност, соодветствуваат на модулните единици. Секое од овие поглавја се однесува на некои од главните класи органски соединенија. На почетокот на секое поглавје дадени се насловите на темите и наставните единици, примената на соодветната група органски соединенија, краток воведен текст, како и клучните зборови што се среќаваат во даденото поглавје.

Авторите се потрудија наставните содржини во учебникот да бидат разбирливи за учениците и организирани во одделни целини, а битните информации се прикажани сликовито или табеларно. За секоја класа органски соединенија претставени се различните начини на именување, нивното добивање, физичките и хемиските својства, како и примената на најважните претставници.

Во учебникот, освен основниот текст, ќе сретнеш голем број издвоени делови кои појаснуваат некој битен сегмент од наставното градиво, упатуваат на експериментални активности, поттикнуваат истражување преку користење на други извори на информации или, пак, се прикажани интересни факти и занимливости во врска со материјалот. Учебникот изобилува со слики преку кои може да добиеш претстава за структурата на органските молекули или за некоја важна примена на изучуваните соединенија. На многу места информациите се сумирани во табели, кои треба да знаеш да ги користиш како помошно средство при обработка на податоците и изведувањето на заклучоците. На крајот на секоја наставна единица, ќе го сретнеш делот *Зайомни*, во кој се претставени најважните поими и дефиниции од дадената наставна единица и кој ќе ти помогне при повторувањето на наставната единица.

На крајот на секое поглавје, но и по поголема тематска целина, се дадени прашања и задачи со кои можеш да го провериш твоето разбирање на новите поими, постапки и методи на работа. Дел од прашањата ќе ти претставуваат посебен предизвик, така што ќе бараат примена на знаењето во нови и конкретни ситуации или ќе те упатуваат на самостојни истражувања.

Авторите ја изразуваат својата благодарност на рецензентите за нивните сугестии за подобрување на квалитетот на овој учебник.

Почитуван ученику, ние авторите веруваме во твоите потенцијали и ти посакуваме многу успех при изучувањето на органската хемија.

За дополнителни информации, забелешки и сугестии можеш да ни пишеш на следниве e-mail адреси: mmonkovic@yahoo.com и nesechem5@gmail.com.

Скопје, 2025

Авторите

СОДРЖИНА

1	Електронска структура на јаглеродниот атом и хемиски врски во органските соединенија	4
1.1	Електронска структура и видови хибридизација кај јаглеродниот атом	6
1.1.1	Структура на јаглеродниот атом	6
1.1.2	Видови хибридизација кај јаглеродниот атом	7
1.2	Поларност и индуктивен ефект	11
1.3	Реактивност, начини на раскинување на врските во органските молекули и видови честички во органските реакции	14
1.3.1	Реактивност и начини на раскинување на врските во органските молекули	14
1.3.2	Видови честички во органските реакции	16
1.4	Провери го твоето знаење	18
2	Алкани и циклоалкани	19
2.1	Поим, хомолошка низа и номенклатура на алканите	22
2.1.1	Поим за алкани	22
2.1.2	Хомолошка низа на алканите	23
2.1.3	Номенклатура на алканите	23
2.2	Поим, градба, хомолошка низа и номенклатура на циклоалканите	28
2.2.1	Поим и градба на циклоалкани	28
2.2.2	Хомолошка низа на циклоалкани	28
2.2.3	Номенклатура на циклоалкани	29
2.3	Изомерија кај алканите и циклоалканите	31
2.3.1	Поим за изомерија	31
2.3.2	Изомерија кај алканите	31
2.3.3	Изомерија кај циклоалканите	32
2.4	Добивање на алкани и циклоалкани	34
2.4.1	Добивање на алкани	34
2.4.2	Добивање на циклоалкани	35
2.5	Физички и хемиски својства на алканите и циклоалканите	36
2.5.1	Физички својства на алканите и циклоалканите	36
2.5.2	Хемиски својства на алканите и циклоалканите	37
2.6	Провери го твоето знаење	40
3	Алкени и диени	41
3.1	Поим, хомолошка низа и номенклатура на алкените	42
3.1.1	Поим за алкени	42
3.1.2	Хомолошка низа и номенклатура на алкените	43
3.2	Поим, хомолошка низа, номенклатура и поделба на диените	46
3.2.1	Поим и хомолошка низа на диени	46
3.2.2	Номенклатура и поделба на диените	46
3.3	Изомерија кај алкените и диените	48
3.4	Добивање на алкени и диени	51
3.4.1	Добивање на алкени	51
3.4.2	Добивање на диени	52
3.5	Физички и хемиски својства на алкените и диените	54
3.5.1	Физички својства на алкените и диените	54

3.5.2	Хемиски својства на алкените и диените.....	55
3.6	Провери го твоето знаење	62
4	Алкини	64
4.1	Поим, хомолошка низа, номенклатура и изомерија на алкините.....	65
4.1.1	Поим за алкини.....	65
4.1.2	Хомолошка низа и номенклатура на алкините	66
4.1.3	Изомерија на алкините	67
4.2	Добивање на алкини	69
4.3	Физички и хемиски својства на алкините.....	71
4.3.1	Физички својства на алкините	71
4.3.2	Хемиски својства на алкините	71
4.4	Етин	75
4.5	Провери го твоето знаење	77
5	Ароматични соединенија	79
5.1	Структура на бензенот и хикеловото правило за ароматичност	80
5.1.1	Структура на бензенот.....	80
5.1.2	Хикеловото правило за ароматичност	82
5.2	Поим, номенклатура и изомерија кај арени.....	84
5.2.1	Поим за арени.....	84
5.2.2	Изомерија кај арени.....	85
5.3	Наоѓање и добивање на бензен и арени	87
5.3.1	Добивање на бензен	87
5.3.2	Добивање на арени.....	87
5.4	Физички и хемиски својства на бензен и арени	89
5.4.1	Физички својства на бензен и арени	89
5.4.2	Хемиски својства на бензен и арени	89
5.5	Ароматични соединенија со кондензирани бензенски јадра и хетероциклични ароматични соединенија.....	94
5.5.1	Ароматични соединенија со фузирани бензенски јадра.....	94
5.5.2	Хетероциклични ароматични соединенија.....	95
5.6	Провери го твоето знаење	98
6	Алкохоли и феноли.....	100
6.1	Поим за алкохоли и феноли и класификација на алкохолите.....	101
6.2	Номенклатура и изомерија на алкохолите.....	103
6.2.1	Номенклатура на алкохоли	103
6.2.2	Хомолошка низа и изомерија на алкохоли	104
6.3	Добивање на алкохоли.....	107
6.4	Својства на алкохолите	109
6.4.1	Физички својства на алкохоли	109
6.4.2	Хемиски својства на алкохолите	110
6.5	Поделба, номенклатура и својства на фенолите	114
6.5.1	Поделба на феноли.....	114
6.5.2	Номенклатура на феноли.....	114
6.5.3	Изомерија на феноли	115
6.5.4	Својства на фенолите.....	115
6.6	Поважни претставници на алкохолите и фенолите	119
	Метанол (метил алкохол), CH_3OH	119

6.7	Провери го твоето знаење	122
7	Алдеҳиди и кетони.....	123
7.1	Состав, поделба и изомерија кај алдеҳидите и кетоните	125
7.2	Номенклатура на алдеҳидите и кетоните	127
7.2.1	Хомолошка низа на алдеҳидите и кетоните	127
7.2.2	Номенклатура на алдеҳиди и кетони	128
7.3	Добивање на алдеҳиди и кетони.....	130
7.4	Физички и хемиски својства на алдеҳидите.....	132
7.4.1	Физички својства на алдеҳидите	132
7.4.2	Хемиски својства на алдеҳидите	132
7.5	Физички и хемиски својства на кетоните.....	138
7.5.1	Физички својства на кетоните	138
7.5.2	Хемиски својства на кетоните	138
7.6	Поважни претставници на алдеҳидите и кетоните	141
7.7	Провери го твоето знаење	144
8	Карбоксилни киселини и функционални деривати на карбоксилните киселини.....	146
8.1	Состав, поделба и номенклатура на карбоксилните киселини.....	147
8.1.1	Состав и поделба на карбоксилните киселини.....	147
8.1.2	Номенклатура на карбоксилните киселини.....	148
8.2	Добивање на карбоксилни киселини.....	152
8.3	Физички и хемиски својства на карбоксилните киселини	154
8.3.1	Физички својства на карбоксилните киселини	154
8.3.2	Хемиски својства на карбоксилните киселини	155
8.4	Функционални деривати на карбоксилните киселини	159
8.5	Поважни карбоксилни киселини	166
8.6	Поважни естери.....	170
8.7	Провери го твоето знаење	174
9	Амини.....	175
9.1	Поим, поделба и номенклатура на амини.....	176
9.1.1	Поим и поделба на амини.....	176
9.1.2	Номенклатура на амини	178
9.2	Добивање на алифатични и ароматични амини	180
9.3	Физички и хемиски својства на алифатични и ароматични амини.....	183
9.3.1	Физички својства на алифатични и ароматични амини	183
9.3.2	Хемиски својства на алифатични и ароматични амини	184
9.4	Поважни претставници на амините.....	187
9.5	Провери го твоето знаење	190
	Терминолошки речник	191
	Користена литература.....	195

1 ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА НА ЈАГЛЕРОДНИОТ АТОМ И ХЕМИСКИ ВРСКИ ВО ОРГАНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА

Содржина

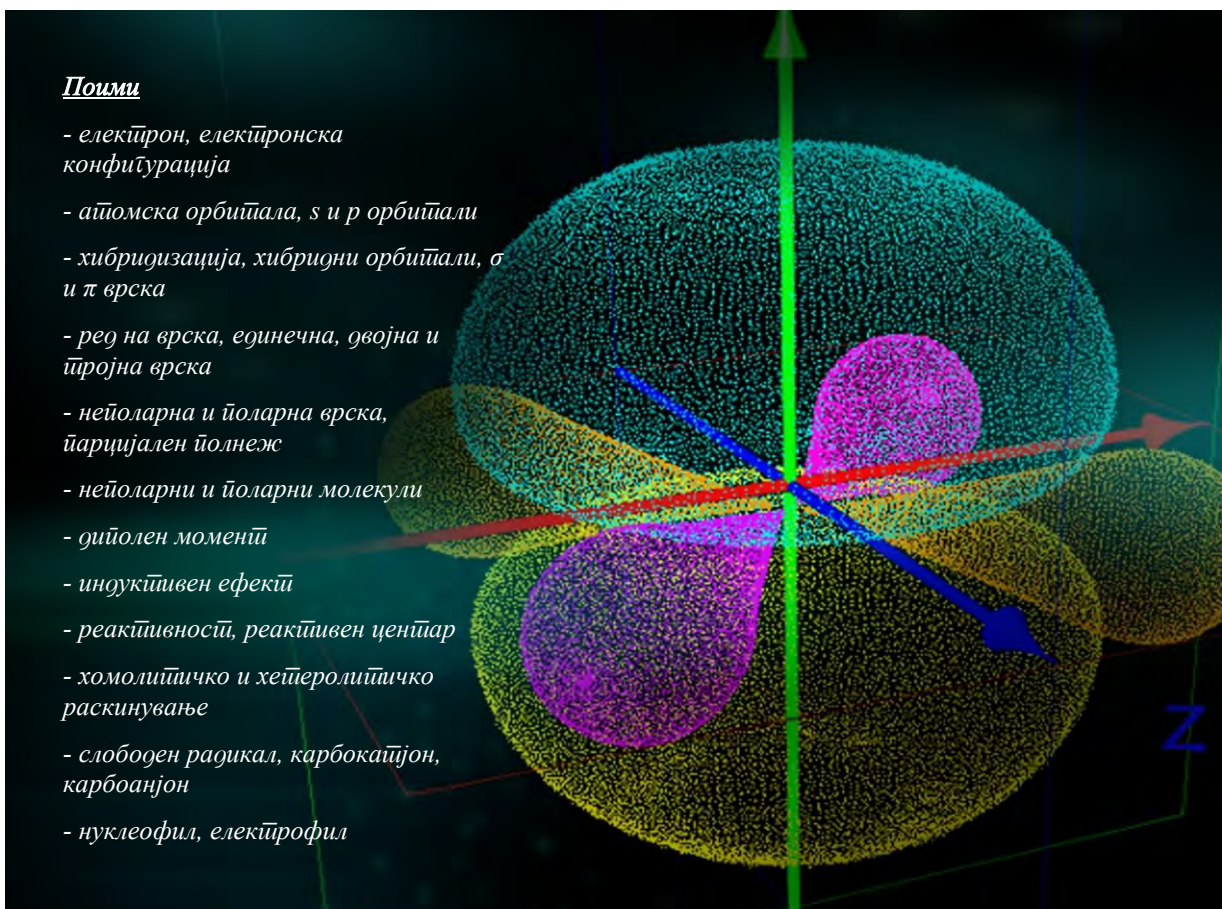
Електронска структура и видови хибридизација кај јаглеродниот атом

Поларност и индуктивен ефект

Реактивност, начини на раскинување на врските во органските молекули и видови честички во органските реакции

Изучувањето на органската хемија ќе ти помогне да одговориш на многу прашања:

- ✓ Што се случува со бензинот што го ставаме во автомобилите?
- ✓ Зошто нè болат мускулите по напорно вежбање?
- ✓ Што има во таблетите против главоболка?
- ✓ Од што се направени алиштата што ги носиме?
- ✓ Од каде потекнува миризбата на лукот и кромидот?



Вовед

Што е органска хемија?

Наједноставно кажано, органската хемија ги проучува соединенијата што содржат јаглерод. Терминот *органска* е воведен во 1807 година од шведскиот хемичар Јенс Јакобс Берцелиус (Jöns Jakob Berzelius). Во тоа време се сметало дека сите органски соединенија, какви што се мастите и шеќерите, настануваат единствено во живите организми. Првичните обиди да се синтетизираат овие соединенија во лабораторијата биле неуспешни, па се сметало дека е неопходна т.н. „животна сила“ присутна само во живите клетки. Ова е познато како *виталистичка теорија*. Ваквото мислење започнало да се менува во 1828 година, кога 27-годишен германски лекар го синтетизирал првото органско соединение уреа (карбамид) тргнувајќи од неоргански супстанции. Името на овој научник е Фридрих Велер (Friedrich Wöhler) и тој се смета за татко на органската хемија.



Слика 1.1. Јенс Јакобс Берцелиус (1779–1848)



Слика 1.2. Фридрих Велер (1800–1882)

Што се органски соединенија?

Органските соединенија претставуваат соединенија на јаглеродот. Сепак, постојат некои исклучоци. Така, јаглерод монооксидот, јаглерод диоксидот, цијановодородната киселина, јаглеродната киселина и нејзините соли во својот состав содржат јаглерод, но се сметаат за неоргански соединенија.

Врските помеѓу јаглеродот и некој друг атом се речиси секогаш ковалентни, додека врските во многу неоргански соединенија се јонски (секако, постојат бројни ковалентни неоргански соединенија). Јонските соединенија често формираат тридимензионални кристали составени од позитивни и негативни јони. Ковалентните соединенија, пак, се изградени од молекули. Растворливите јонски соединенија се дисоцираат во вода и образуваат електролити. Повеќето органски ковалентни соединенија се неелектролити. Како резултат на овие карактеристики, јонските супстанции обично имаат многу повисоки температури на топење и вриење отколку ковалентните соединенија. Јонските супстанции најчесто се растворливи во вода и поларни растворувачи, додека органските соединенија, кои се типично неполарни или само слабо поларни, се помалку растворливи или нерастворливи во вода.

Зошто треба да се изучува органската хемија?

Постојат огромен број органски соединенија, без кои не може да се замисли современиот свет и животот на човекот. Во органски соединенија се вбројуваат: бензинот, пластичните материјали, шеќерите, боите, лаковите, лековите и многу други. Изучувањето на органската хемија ќе ти помогне да одговориш што се случува со бензинот што го ставаме во автомобилите, зошто не болат мускулите по напорно вежбање, што има во таблетите против главоболка, од каде потекнува миризбата на лукот и кромидот и многу други.

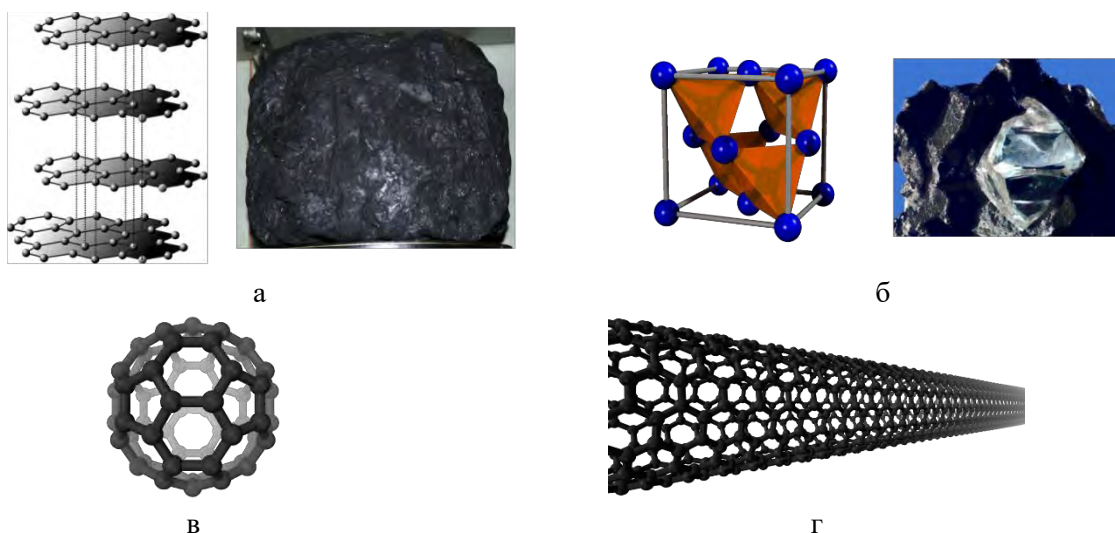
Органските супстанции значително го подобруваат квалитетот на нашите животи. Сепак, неконтролираното исфрлање на органски супстанции ја загадува животната средина, оставајќи трајни последици по животот на сите живи организми. Затоа, ако сакаме да создадеме корисни супстанции треба да научиме да ги контролираме ефектите од нивната примена, а за тоа е потребно познавање на нивните својства и хемиско однесување.

1.1 ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА И ВИДОВИ ХИБРИДИЗАЦИЈА КАЈ ЈАГЛЕРОДНИОТ АТОМ

1.1.1 Структура на јаглеродниот атом

Бројот на органски соединенија е огромен. Но, зошто има толку многу органски соединенија? Постојат неколку причини за уникатноста на јаглеродот:

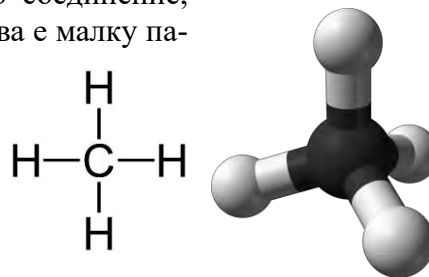
- △ Прво, јаглеродот може да формира стабилни, ковалентни врски со други атоми на јаглерод. Всушност, јаглеродот може да формира до четири ковалентни врски со други атоми на јаглерод. Молекулите што се добиваат при тоа може да бидат линеарни, разгранети или циклични.
- △ Втора причина за огромниот број органски соединенија е тоа што јаглеродните атоми може да формираат стабилни врски со атоми на други елементи. Така, неколку класи органски соединенија (алкохоли, алдехиди, кетони, естри и етери) содржат атоми на кислород поврзани со јаглерод, додека други содржат азот, сулфур или халогени елементи.
- △ Трето, атомите на јаглеродот може да формираат и двојни или тројни ковалентни врски со други јаглеродни атоми, при што се образуваат различни органски молекули со многу различни својства.
- △ Конечно, бројот на начини на кои може да се распоредат јаглеродните и другите атоми е речиси неограничен (можни се линеарни, прстенести и разгранети низи). Понатаму, две органски соединенија може да имаат ист број и видови атоми, но сосема различни структури, а со тоа и различни својства. Таквите органски соединенија, наречени изомери, ќе ги изучуваме понатаму.



Слика 1.3. Различни форми на постоење на јаглерод: графит (а), дијамант (б), бакминстерфулерен (в) и јаглеродни наноцевки (г)

За полесно да ги изучиш својствата на органските соединенија, потребно е да ја знаеш електронската градба на јаглеродниот атом и видовите хибридизација.

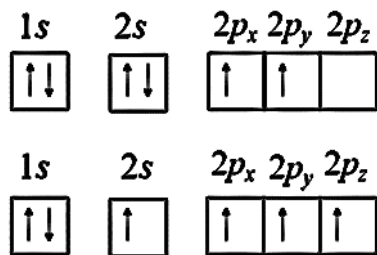
Електронската конфигурација на јаглеродот е: $1s^2 2s^2 2p^2$. Атомот на јаглерод има четири валентни електрони, од коишто два може да учествуваат во формирање на хемиските врски. Во молекулата на метанот, едноставно органско соединение, еден атом јаглерод е поврзан со четири атоми водород. Ова е малку парадоксално имајќи ја предвид електронската конфигурација на јаглерод, според која атомот на јаглерод може да образува само две врски со своите два неспарени електрона, но не и четири како во молекулата на метанот. За да го објасниме ова, треба да се запознаеме со поимот хибридизација.



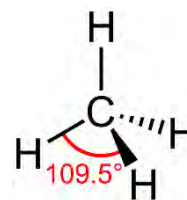
Слика 1.4. Структурна формула и молекулски модел на метан

1.1.2 Видови хибридизација кај јаглеродниот атом

За да ги објасниме четирите врски на јаглеродниот атом во молекулата на метанот, можеме да замислиме дека еден $2s$ -електрон поминува во $2p$ орбиталата, која има повисока енергија. Оваа нова состојба се нарекува *возбудена (ексцитирана) состојба* на јаглерод. Сега атомот на јаглерод има четири атомски орбитали способни да формираат врски. Но, геометријата на $2s$ и трите $2p$ орбитали не може да го објасни задоволително просторниот распоред на атомите во молекулата на метан, каде што сите агли на врските се $109,5^\circ$ ($109^\circ 28'$), односно четирите врски се подеднакво оддалечени едни од други и формираат совршен тетраедар.



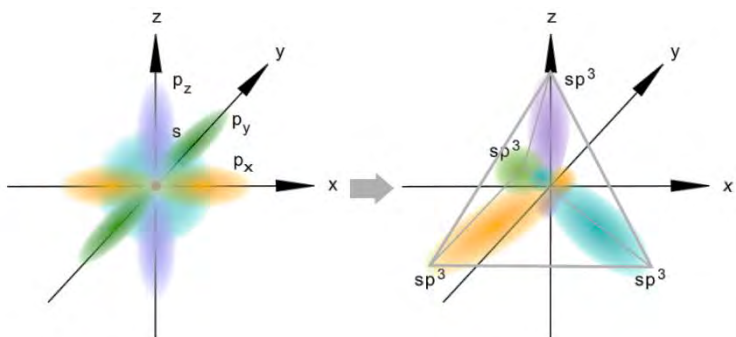
Слика 1.5. Основна и ексцитирана состојба на атомот на јаглерод



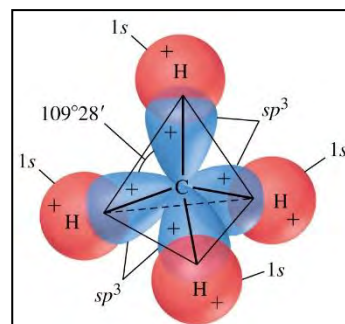
Слика 1.6. Просторен распоред на атомите во молекулата на метан

Одговор на ова прашање дал Лајнус Полинг (Linus Pauling) во 1931 година, според кој електронската конфигурација на атомот на јаглерод во метан не мора да мора да биде иста со електронската конфигурација на слободен јаглероден атом. Всушност, доаѓа до еден вид мешање на атомските валентни орбитали во јаглеродниот атом, т.е. на орбиталите од последниот валентен електронски слој (една s и три p орбитали), при што се формираат четири *хибридни орбитали* што имаат идентична енергија и форма на неправилна осумка. Овој процес се вика **хибридизација**, а во конкретниот случај станува збор за **sp^3 хибридизација** или уште позната како **тетраедарска хибридизација**. Така, јаглеродниот атом има четири електрони во највисокото ниво, кои може да учествуваат во образување на хемиските

врски, па велиме дека тој е четиривалентен. Секоја од четирите врски во молекулата на метан е претставена со преклопување меѓу една sp^3 хибридна атомска орбитала од атомот на јаглерод и s орбиталата од атом на водород.



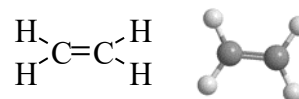
Слика 1.7. sp^3 хибридизација



Слика 1.8. Образување на хемиски врски кај метан

Сега да ја разгледаме структурата на етен, соединение во кое се среќаваат двојни врски. Во молекулата на етен, еден јаглероден атом е поврзан со три други атоми: два водородни атоми преку единечна врска и еден јаглероден атом со двојна врска. При објаснување на врските во метан, „ги хибридизиравме“ сите три p орбитали за да добиеме четири еквивалентни sp^3 хибридни орбитали. Меѓутоа, во случајот на етен, секој атом на јаглерод треба да формира врски со три атоми, а не со четири. Затоа, на секој атом на јаглерод му се потребни само три хибридни орбитали.

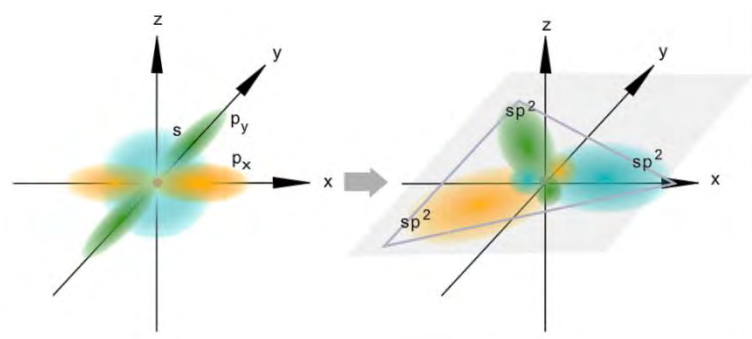
Орбиталите што се добиваат со **sp^2 хибридизација** се планарни (лежат во иста рамнина), а аглиите на врските изнесуваат 120° . Оваа хибридизација се нарекува уште и *планарна* или *тригонална хибридизација*. Во sp^2 хибридизацијата учествуваат една s и две p орбитали и со нивно мешање се добиваат три sp^2 хибридни орбитали. Едната p орбитала од јаглеродниот атом останува нехибридирана. На тој начин, се формираат три ковалентни σ врски: една меѓу двата јаглеродни атома и уште две меѓу јаглеродниот атом и соседните атоми на водород. Кај секој јаглероден атом останува по една нехибридирана p орбитала и со нивно странично препокривање се формира π врска. Ова преклопување се случува на две места (над и под рамнината во која се наоѓаат трите sp^2 хибридни орбитали), но овие два региона на преклопување претставуваат само една интеракција наречена π врска. Овие две одделни сврзувачки интеракции (σ и π) ја сочинуваат двојната врска во молекулата на етен. Кај единечната врска (една σ врска) постои слободна ротација околу C–C единечната врска, но ваква можност нема кај двојната врска (една σ и една π врска).



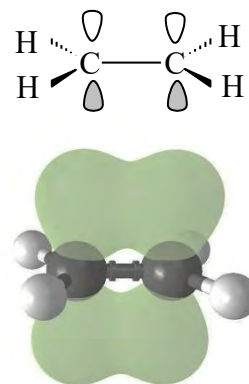
Слика 1.9. Структурна формула и молекулски модел на етен

Истражувај!

Продлабочи го твоето знаење разгледувајќи видео анимации за различните видови хибридизација на интернет. Обиди се самостојно да направиш модел на молекулите спомнати во оваа лекција.



Слика 1.10. sp^2 хибридизација



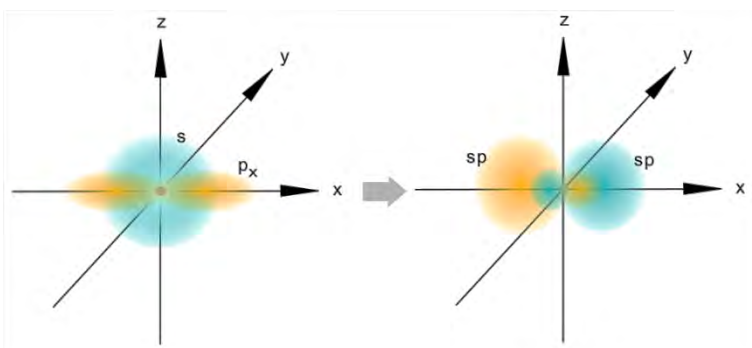
Слика 1.11. Образување на π врска кај етен

На крајот, да ја разгледаме структурата на етин, соединение во кое се среќаваат тројни врски. Тројната врска меѓу два јаглеродни атома е резултат на преклопување на sp хибридни орбитали, кои се формираат при мешање на една s и една p орбитала. Тука станува збор за **sp хибридизација**.

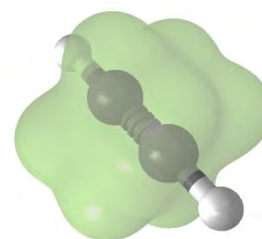
Со преклопување на по една sp хибридна орбитала од секој јаглероден атом се формира една σ врска. Втората sp хибридна орбитала од јаглеродниот атом учествува во образување на σ врска со s орбиталата од водородниот атом. sp орбиталите лежат долж една права под агол од 180° , па затоа оваа хибридизација е позната и како **линеарна или дигонална хибридизација**. Останатите две p орбитали од атомот на јаглерод странично се преклопуваат со двете p орбитали од другиот атом на јаглерод и формираат две π врски. Значи, тројната врска ја сочинуваат една σ врска и две π врски.



Слика 1.12. Структурна формула и молекулки модел на етин



Слика 1.13. sp хибридизација



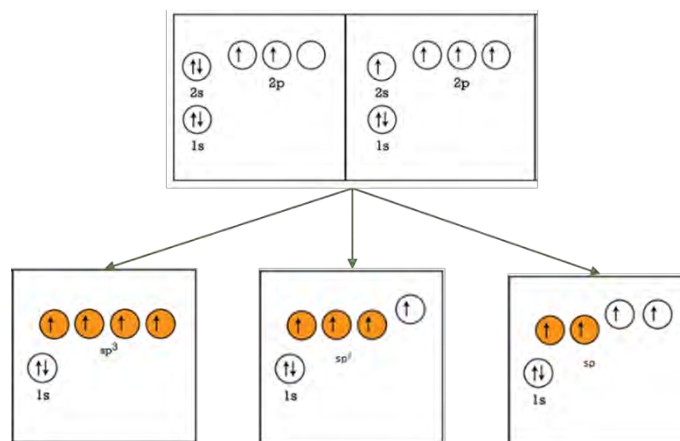
Слика 1.14. Образување на π врски кај етин

Тројната врска е појака и пократка од двојната, а двојната е појака и пократка од единечната. Освен тоа, σ врска е појака од π врска. π врска се образува со странично препокривање на p орбиталите, додека кај σ врска препокривањето е челно.

Вид на врска	Должина на врската / pm	Енергија на врската / kJ/mol
Единечна	154	368
Двојна	134	632
Тројна	120	820

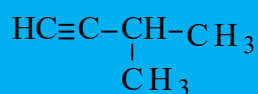
Запомни!

Можни се три вида хибридизација кај јаглеродниот атом: sp^3 , sp^2 и sp хибридизација. Накусо, начинот на образување на хибридните орбитали може да го прикажеме на следниов начин.

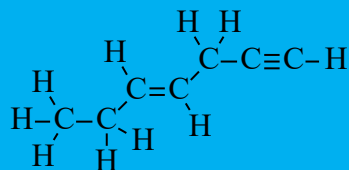


Прашања и задачи

1. Кои од следниве соединенија се органски, а кои неоргански: CO, H₂CO₃, CH₃COOH, CCl₄, NaHCO₃, C₂H₅OH?
2. Определи колку единечни, колку двојни, колку σ и колку π врски има во молекулата на соединението со формула



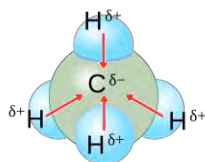
3. Каков вид хибридизација е карактеристичен за секој одделен јаглероден атом во молекулата на соединението со формула



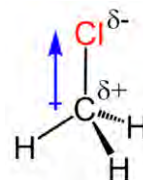
1.2 ПОЛАРНОСТ И ИНДУКТИВЕН ЕФЕКТ

Врската во која заедничките електрони се подеднакво поделени меѓу двата атома се нарекува **неполярна ковалентна врска**. Такви се, на пример, врските во молекулите на водород и на азот или, пак, врските меѓу јаглеродните атоми во органските соединенија. Во повеќето врски меѓу два различни атома, заедничките електронски парови посилно се привлечени кон едно од двете јадра. Во случај на нееднакво поделени електрони зборуваме за **полярна ковалентна врска**. Ваквите молекули, кои имаат несиметрична распределба на полнежот, се нарекуваат поларни молекули.

Често за предвидување на поларноста на врската се користат вредностите за електронегативност. Елементите со поголема електронегативност имаат поголема способност да го привлекуваат електронскиот пар од ковалентната врска. Затоа, при сврзување на два различни атома, атомот со поголема електронегативност ќе го претставува негативниот крај на диполот. Така, на пример, кога јаглероден атом е сврзан со атом на хлор, заедничкиот електронски пар е посилно привлечен кон атомот на хлорот. Кај јаглеродниот атом се јавува *парцијален (делумен) позитивен полнеж* (се означува со δ^+ и се чита „делта плус“), а кај атомот на хлор *парцијален негативен полнеж* (се означува со δ^- и се чита „делта минус“). Од друга страна, пак, електронегативноста на водородот е слична на онаа на јаглеродот, така што C–H врските обично ги сметаме за неполярни.



Слика 1.15. Молекулата на метан е неполярна



Слика 1.16. Молекулата на хлорометан е поларна

Мерка за големината на поларноста на една врска е **диполниот момент**, кој се означува со μ , а се изразува во единица D (дебај) каде $1 \text{ D} = 3,3356 \cdot 10^{-30} \text{ C m}$. Се определува експериментално. Диполниот момент на врската претставува векторска величина и има интензитет и насока. Интензитетот на диполниот момент се дефинира како производ од полнежот на едниот крај на диполот (двата полнежи се еднакви и спротивни) и растојанието меѓу нив. Насоката ја претставуваме со стрелка, која тргнува од позитивниот кон негативниот крај на диполот. Обично, на почетниот дел на стрелката има знак плус, за да се посочи правецот на поместување на електроните.

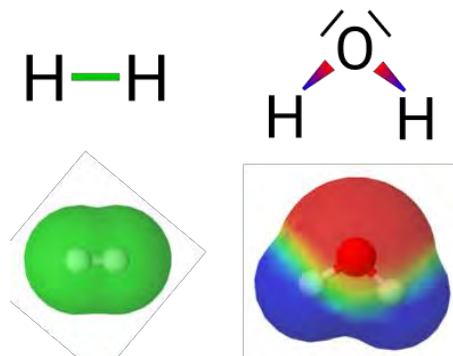
$$\mu = q \cdot r$$

каде што q е големината на полнежот, а r е растојанието меѓу нив.

Вкупниот диполен момент на молекулата претставува векторски збир на сите диполни моменти на врските во молекулата. Најчесто, ако во молекулата има поларни врски, тогаш целата молекула (а со тоа и супстанцата) ќе биде поларна. Но, понекогаш, и покрај тоа

што постојат поларни врски, молекулата во целина е неполарна. Причина за ова е симетричноста на молекулата. Имено, кај симетричните молекули, диполните моменти на поларните врски имаат спротивна насока, поради што се поништуваат. Во ваков случај велиме дека диполниот момент е еднаков на нула, а соединението е неполарно. Такови примери се CO_2 , CCl_4 и други.

Поларноста има влијание врз физичките и хемиските својства на органските соединенија. Така, по правило, силно поларните супстанции се растворливи во поларни растворувачи и вода, а неполарните супстанции не се раствораат во вода и во поларни растворувачи.

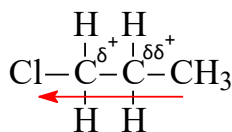


Слика 1.17. Мапите на електростатскиот потенцијал покажуваат дека молекулата на водородот е неполарна, а молекулата на водата поларна. Црвена боја го означува регионот со поголема електронска густина, сината регионот сиромашен со електрони, а зелената неутралниот регион.

Во молекулата на хлорометан, атомот на хлор го привлекува електронскиот пар по силно кон себе. Со тоа, електронската густината околу атомот на хлор е поголема, а кај јаглеродниот атом се јавува парцијално позитивен полнеж (δ^+). Ова привлекување од страна на поелектронегативни атоми е можно и кај молекули изградени од повеќе јаглеродни атоми. Во таков случај, атомот на јаглерод кој добил парцијално позитивен полнеж ги привлекува електроните од соседниот јаглероден атом. Сега, овој јаглероден атом станува парцијално позитивен ($\delta\delta^+$), но неговиот полнеж е помал од оној на првиот јаглероден атом. Поместувањето на електроните од σ врската долж јаглеродната низа во молекулата, како одговор на електронегативноста на соседниот атом, се нарекува **индуктивен ефект**, а се означува со *I*.

Индуктивниот ефект е најизразен кај првиот јаглероден атом и опаѓа долж јаглеродната низа. Кај вториот јаглероден атом, индуктивниот ефект е послабо изразен, додека кај третиот влијанието на електронегативниот атом е занемарливо мало. Обично, ефектот кај вториот јаглероден атом е околу една петина од ефектот врз првиот јаглероден атом.

Кога за јаглеродниот атом е врзан халоген елемент или друг атом или атомска група којашто по силно го привлекува заедничкиот електронски пар одошто водородниот атом, велиме дека овој атом или атомска група има **непосреден индуктивен ефект**. Тоа се означува со $-I$. Примери за вакви атоми и атомски групи се: $-\text{F}$, $-\text{Cl}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{CN}$ и други.



Јачината на овој ефект зависи од електронегативноста на халогенот. Така, ако ги споредиме алкил халогенидите на метан (CH_3F , CH_3Cl , CH_3Br и CH_3I), најсилен индуктивен ефект ќе се забележи кај молекулата на флуорометан, бидејќи флуорот е најелектронегативен елемент од овие четири. Понатаму, кога повеќе атоми на халоген елемент се сврзани за

јаглероден атом, ефектот се засилува. Така, трихлорометанот ќе покажува поизразен индуктивен ефект од дихлорометанот, а индуктивниот ефект кај дихлорометанот ќе биде посилено изразен од оној кај хлорометанот.

Освен негативен, постои и *позитивен индуктивен ефект* (+I), кој се случува во спротивната насока. Позитивен индуктивен ефект покажуваат атомите на метал сврзан за јаглероден атом (на пример, литиум или магнезиум), како и алкил групите, какви што се: $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ и други.

Индуктивниот ефект влијае на својствата на супстанцата и игра улога во разбирањето на хемиската реактивност. Присуството на атоми на електронегативни елементи влијае на киселоста на соединението. Затоа, $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OH}$ покажува покисели својства од $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.

Запомни!

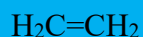
Врската во која заедничките електрони се подеднакво поделени меѓу двата атома се нарекува непополарна ковалентна врска. Во случај на нееднакво поделени електрони зборуваме за поларна ковалентна врска.

Диполен момент е мерка за големината на поларноста на една врска. Се означува со μ , а се изразува во единица D (дебај).

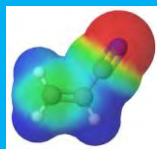
Поместувањето на електроните од σ врската долж јаглеродната низа во молекулата се нарекува индуктивен ефект, а се означува со I. Постои позитивен и негативен индуктивен ефект.

Прашања и задачи

1. За секое соединение, дадено подолу со хемиска формула, определи дали има диполен момент. Ако има, определи ги парцијалните полнежи и насоката.



2. Врз основа на мапата на електростатскиот потенцијал определи дали молекулата на акрилонитрил ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$) е поларна. Образложи!



3. Подреди ги следниве соединенија според зголемување на индуктивниот ефект. Дали во нив постои позитивен или негативен индуктивен ефект?

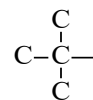
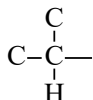
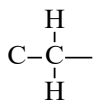


1.3 РЕАКТИВНОСТ, НАЧИНИ НА РАСКИНУВАЊЕ НА ВРСКАТЕ ВО ОРГАНСКИТЕ МОЛЕКУЛИ И ВИДОВИ ЧЕСТИЧКИ ВО ОРГАНСКИТЕ РЕАКЦИИ

1.3.1 Реактивност и начини на раскинување на врските во органските молекули

Поимот **реактивност** е поврзан со брзината на хемиската реакција. Најчесто, органските реакции се одвиваат во повеќе чекори и при тоа се образуваат меѓупродукти (интермедијари) кои постојат кратко време. За да разбереме зошто и како реагираат органските супстанции, треба да ја познаваме нивната структурата и својствата на меѓупродуктите. Идентифицирањето на меѓупродуктите им овозможува на хемичарите да ги разјаснат механизмите на реакциите, што често им овозможува да ги контролираат реакциите и да го добијат посакуваниот продукт, на пример добивање нов лек. Покрај тоа, ако ги познаваме заедничките механизми на реакциите кај едноставните органски реакции, можеме да разбереме како реагираат посложените системи, вклучително и оние кои се изучуваат во биохемијата.

На реактивноста на соединението влијае и бројот на атоми или атомски групи сврзани за јаглеродниот атом кој е сврзан за функционална група. Овие јаглеродни атоми се именуват како *примарен јаглероден атом* (1°), сврзан за само уште еден друг јаглероден атом и функционална група; *секундарен јаглероден атом* (2°), сврзан за два други јаглеродни атома и функционална група и *терцијарен јаглероден атом* (3°), сврзан за три други јаглеродни атома и функционална група.



Примарен јаглероден атом (1°) Секундарен јаглероден атом (2°) Терцијарен јаглероден атом (3°)

При раскинување на C–H врската може да се образуваат $-\text{C}^+$ и H^- , $-\text{C}^\cdot$ и $\text{H}^\cdot$ или $-\text{C}^-$ и H^+ честички. Сите овие се нестабилни и затоа се многу реактивни.

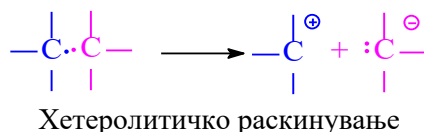
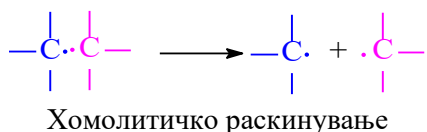
$-\text{C}^+$ се нарекува **карбокатијон**. Општо земено, кога електронегативен атом, како што е атомот на хлор, е сврзан со карбокатијонот, тој ги одвлекува електроните од C-атомот и го дестабилизира позитивниот полнеж. Спротивно на тоа, алкилните групи го стабилизираат позитивниот полнеж со зголемување на електронската густина кај карбокатијонот. Затоа, терцијарните карбокатијони (R_3C^+) се постабилни од примарните карбокатијони (RCH_2^+).

Карбоанјони ($-\text{C}^-$) содржи негативно наелектризиран јаглероден атом со осум валентни електрони. Спротивно од карбокатијоните, карбоанјоните се дестабилизирани од групи кои донираат електрони. Според тоа, терцијарните карбоанјони (R_3C^-) се помалку стабилни од примарните карбоанјони (RCH_2^-). Карбоанјоните најчесто се среќаваат во органо-металните соединенија, каде што поелектропозитивниот метален јон го стабилизира негативниот полнеж на поелектронегативниот јаглероден атом. Примери за вакви соединенија се метиллитиум (CH_3Li) и метилмагнезиум хлорид (CH_3MgCl).

Додавањето еден електрон на карбокатијонот образува друг вид наречен **слободен радикал**. Пример е метил радикалот, $\cdot\text{CH}_3$. Слично како карбокатијоните, и радикалите може да се стабилизираат со јаглеродни супституенти кои донираат електрони. И тука, терцијарните радикали ($\text{R}_3\text{C}^\cdot$) се постабилни од примарните ($\text{RCH}_2^\cdot$).

Речиси сите хемиски реакции, без разлика дали се органски или неоргански, може да се одвиваат затоа што атомите или атомските групи кои имаат позитивен полнеж или делумно позитивен полнеж реагираат со атоми или атомски групи кои имаат негативен или делумно негативен полнеж. Во текот на хемиските реакции доаѓа до прегрупирање на честичките на реактантите за да се образуваат честички на продукти. При тоа, доаѓа до раскинување на врската во молекулите на реактантите. Ковалентните врски во органските молекули може да се раскинат на два начина:

- △ *хомолиитичко раскинување на ковалентната врска* – заедничкиот електронски пар подеднакво се дели меѓу двата атома, при што се образуваат слободни радикали и
- △ *хетеролиитичко раскинување на ковалентната врска* – еден од атомите го задржува заедничкиот електронски пар и преминува во карбоанјон, а другиот атом станува карбокатјон.



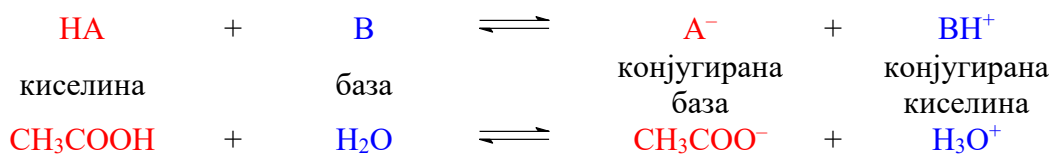
При одвивање на реакциите во органската хемија, органското соединение (*субстрат*) реагира со некое друго, органско или неорганско, соединение (*реагент*). Местото во молекулата на супстратот кој е нападнат од реагентот се нарекува *реакционен центар*. Најчесто, тоа се функционалните групи или некои поларни места во молекулите. **Функционална група** е атом или атомска група одговорна за хемиските и физичките својства на молекулата во која се наоѓа. Една од класификациите на органските соединенија е токму според функционалните групи. Соединенијата кои имаат иста функционална група се членови на иста фамилија (класа соединенија) и покажуваат слични својства. Поважните функционални групи се дадени во следнава табела (R и R' означуваат алкил или арил групи).

Табела 1.1. Поважни функционални групи

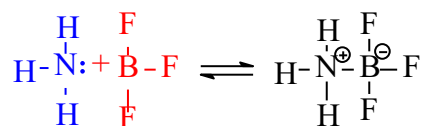
Тип на соединение	Функционална група	Структурна формула	Кондензирана формула
Алкен	Двојна врска	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \text{R} \end{array}$	R_2CCR_2
Алкин	Тројна врска	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{R}$	RCCR
Алкил халогенид	Халоген елемент	$\text{R}-\text{X}$	RX
Алкохол	Хидроксилна група	$\text{R}-\text{O}-\text{H}$	ROH
Етер	Окси група	$\text{R}-\text{O}-\text{R}'$	ROR'
Кетон	Карбонилна група	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	RCOR'
Алдехид	Алдехидна група	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	RCHO
Карбоксилна киселина	Карбоксилна група	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$	RCOOH
Амин	Амино група	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{H} \end{array}$	RNH_2

1.3.2 Видови честички во органските реакции

Пред да се запознаеме со основните видови честички во органските реакции, да спомнеме две теории за киселини и бази. Според **теоријата на Бренштед и Лаури**, киселина е супстанца што може да оддаде протони (протон донор), а база е супстанца што може да прими протони (протон акцептор). При тоа, се добиваат конјугирана база и конјугирана киселина.



Според **теоријата на Луис**, киселина е супстанца што прима, а база супстанца што оддава електронски пар. Во примерот подолу NH_3 е луисовска база, а BF_3 луисовска киселина.



Кога зборувавме за индуктивен ефект, кажавме дека јаглеродниот атом во метиллитиум е богат со електрони. За ваквите честички велиме дека се **нуклеофили** (од зборовите *nucleo*, што значи јадро и *filio*, што значи сака) и тие ги напаѓаат органските молекули на места со парцијално позитивен полнеж. Нуклеофилите може да донираат електронски пар, па претставуваат луисовски бази. Секоја честичка што поседува слободен електронски пар или π електрони е нуклеофил. Такви се, на пример: F^- , Cl^- , Br^- , I^- , OH^- , CN^- , H_2O , NH_3 , како и карбоанјоните.

Спротивно на тоа, честичките со недостаток на електрони, како што е атомот на јаглерод во молекулата на метил хлорид, се нарекуваат **електрофили**. Ваквите електрофилни честички претставуваат луисовски киселини и ги напаѓаат местата со негативен полнеж или парцијално негативен полнеж. Тука се вбројуваат: H^+ , BF_3 , AlCl_3 , FeCl_3 и други. Карбокатјоните и радикалите имаат недостаток на електрони, па и овие честички може да се сметаат за електрофили.

Пример. Објасни дали честичките претставени со следниве формули се нуклеофили или електрофили: BF_3 , NH_2^- и CH_4 . Образложи го одговорот.

Одговор:

BF_3 е неутрална молекула со три B–F врски. Атомот на бор има шест валентни електрони и има тенденција да прими електронски пар. Затоа, BF_3 е електрофил.

NH_2^- е анјон, во кој азотниот атом има и слободен електронски пар и е сврзан со два атома водород. Тој има вкупно осум електрони, што значи дека е нуклеофил.

CH_4 е неутрална молекула во која јаглеродниот атом формира четири врски со четири водородни атоми. Тој нема слободен електронски пар, ниту тенденција да прима електрони, така што CH_4 не е ниту електрофил, ниту нуклеофил.

Запомни!

Со хомолитичко раскинување на ковалентната врска се образуваат слободни радикали, а со хетеролитичко – карбокатјон и карбоанјон.

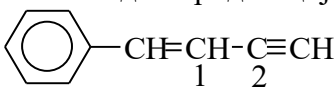
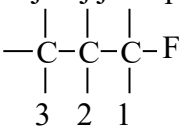
Реакционен центар е местото во молекулата на супстратот кој е нападнат од реагенсот.

Нуклеофилите се луисовски бази, а електрофилите луисовски киселини.

Прашања и задачи

1. При хомолитичко кинење на C–C врска се образуваат:
 - а) слободни радикали
 - б) карбокатјони
 - в) карбоанјони
 - г) ниту едно од наведените
2. За секоја од наведените честички определи дали е електрофил или нуклеофил. Образложи го одговорот.
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ AlBr_3 $(\text{CH}_3)_4\text{C}$ $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$
3. Кое од наведените тврдења за нуклеофилите е точно?
 - а) Тие имаат позитивен полнеж.
 - б) Тие имаат слободен електронски пар.
 - в) Тие имаат неспарен електрон.
 - г) Тие имаат празни орбитали.

1.4 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

- Во стабилните органски молекули јаглеродниот атом гради:
 - две врски
 - три врски
 - четири врски
 - осум врски
- Етинот ($\text{HC}\equiv\text{CH}$) има вкупно:
 - една σ и две π врски
 - две σ и една π врска
 - три σ и две π врски
 - една σ и четири π врски
- Колку изнесува аголот на $\text{H}-\text{C}-\text{C}$ врската во етанот ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$)?
- Во кое соединение се сретнува само sp^3 хибридизација?
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$ $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
- Каков вид хибридизација постои кај секој од јаглеродните атоми означени со 1 и 2?

- Кое од наведените соединенија: хлорометан, дихлорометан, трихлорометан и тетрахлорометан има најмал диполен момент?
- Кое од наведените соединенија: флуорометан, хлорометан, бромометан и јодометан има најголем диполен момент?
- Кај кој јаглероден атом парцијалниот позитивен полнеж е најголем?

- При хомолитичко кинење на ковалентната врска меѓу два јаглеродни атома се образуваат:
 - два нуклеофила
 - два електрофила
 - две молекули
 - два слободни радикала
 - карбокатион и карбоанион

10. Пополни ја следнава табела, така што ќе означиш на соодветното место.

	NH_3	Br^+	NO_2^+	H_3O^+	OH^-	CH_3NH_2	$\text{HC}\equiv\text{C}^-$
Электрофил							
Нуклеофил							

2 АЛКАНИ И ЦИКЛОАЛКАНИ

Содржина

Поим, хомолошка низа и номенклатура на алканите

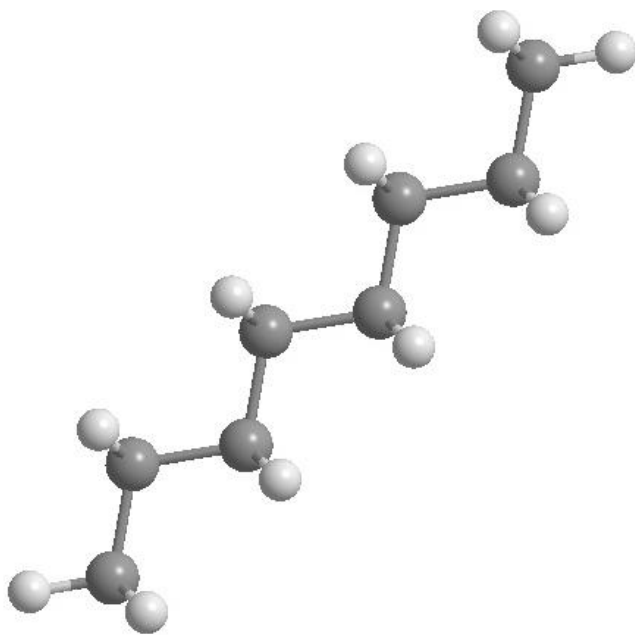
Поим, хомолошка низа, градба и номенклатура на циклоалканите

Изомерија кај алканите и циклоалканите

Добивање на алкани и циклоалкани

Физички и хемиски својства на алканите и циклоалканите

Во составот на суровата нафта влегуваат алкани, алкени и циклоалкани, но и мали количества од други органски соединенија. Состојките на нафтата се одделуваат едни од други врз основа на разликите во температурите на вриење на различните јаглеродороди (фракциона дестилација). Бензинот е најважната фракција на нафтатата и се состои главно од алкани и циклоалкани, чии молекули содржат 5 до 12 C-атоми. Алканите со разгранети низи се подобри како горива од неразгранетите, бидејќи тие се поиспарливи, горат побавно во цилиндерот и со тоа го намалуваат „тропањето“. Квалитетот на горивото се мери преку неговиот октански број. Хептанот е многу лошо гориво и му е дадена вредност 0 на октанскиот број, а изооктанот (2,2,4-триметилпентан изооктан), како одлично гориво, има вредност 100.

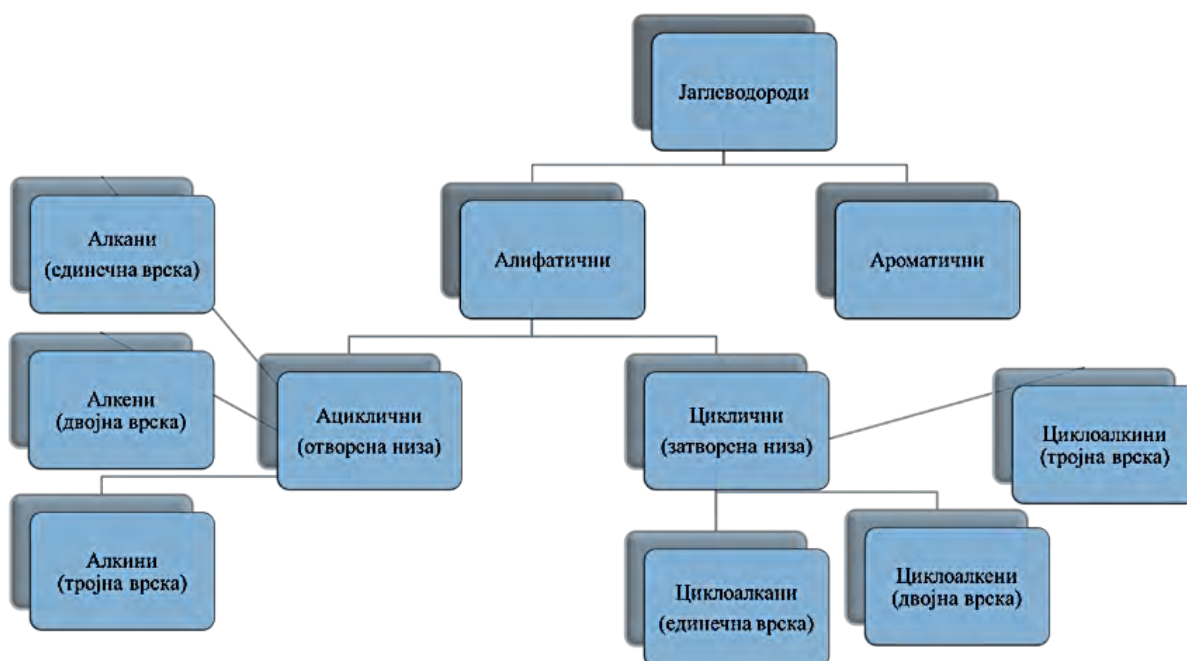


Поими

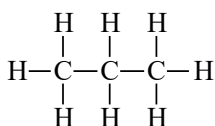
- алкан, циклоалкан
- заситени јаглеродороди
- sp^3 хибридизација, единечна врска
- хомолошка низа
- радикал
- аловен напон (Баеров напон)
- изомерија на низа, геометричка изомерија
- адисија, хидрогенација, елиминација, дехалогенирање, сулфонирација, торење
- нејоларни соединенија
- йарафини

Вовед

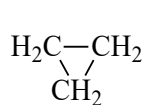
Според најопштата класификација на органските соединенија, разликуваме две групи: јаглеводороди и супституирани јаглеводороди. Молекулите на *јаглеводородите* содржат само јаглерод и водород. *Супституирани јаглеводороди* се оние во кои еден или повеќе атоми водород се заменуваат со други атоми или атомски групи. Јаглеводородите може да се поделат на *алифатични* и *ароматични* јаглеводороди. Алифатичните јаглеводороди понатаму се поделени на повеќе подгрупи како што е прикажано на Слика 2.1. Алканите и циклоалканите се *заситени јаглеводороди*. Тие се составени од само елементите јаглерод и водород и имаат само единечни C–C и C–H врски. Алкените и алкините, како и соодветните циклични соединенија, се *незаситени јаглеводороди*. Тие, исто така, ги содржат само елементите јаглерод и водород. Алкените содржат двојна, а алкините тројна врска.



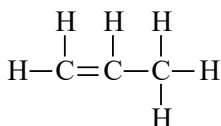
Слика 2.1. Поделба на јаглеводородите



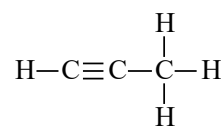
Алкан



Циклоалкан



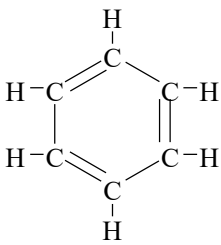
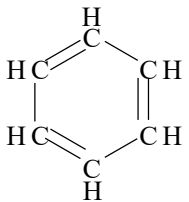
Алкен



Алкин

Постојат повеќе видови хемиски формули за претставување на органските соединенија. Во Табела 2.1. даден е преглед на најчесто среќаваните формули во органската хемија.

Табела 2.1. Формули со кои се претставуваат органските соединенија

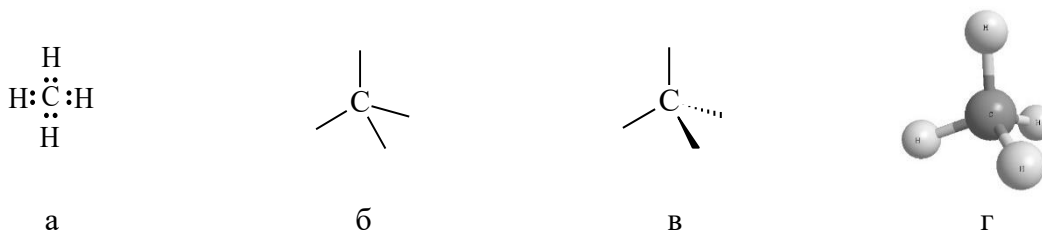
Формула	Дефиниција/опис	Пример
Емпириска	Индексите претставуваат најмал целоброен однос на количествата на елементите.	CH
Молекулска	Го дава точниот број атоми на секој елемент во молекулата.	C ₂ H ₂ C ₆ H ₆
Структурна	Го покажува распоредот и начинот на поврзување на атомите во молекулата.	H—C≡C—H 
Рационална структурна	Врските меѓу јаглеродните и водородните атоми не се прикажуваат со валентна црта.	HC≡CH 
Скелетна	Симболите за јаглеродните и водородните атоми не се пишуваат, а повеќекратните врски се пишуваат со повеќе цртички. Претпостави дека во пресекот на линиите има C-атом, а на крајот на низата CH ₃ група.	$\begin{array}{ccccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} & \longrightarrow & \text{---} & \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array}$ $\begin{array}{ccccc} & \text{H} & & & \\ & & & & \\ & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\ & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} & \longrightarrow & \text{---} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array}$

2.1 ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА И НОМЕНКЛАТУРА НА АЛКАНИТЕ

2.1.1 Поим за алкани

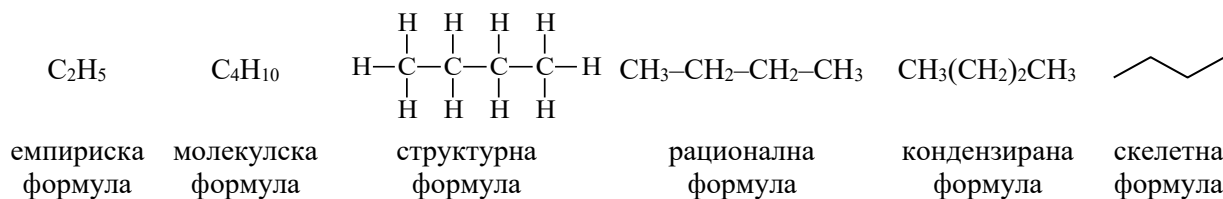
Алканите се заситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои постојат единствено единечни C–C и C–H ковалентни врски. Тоа значи дека секој атом на јаглерод може да формира четири единечни ковалентни врски, а секој атом на водород може да формира една единечна ковалентна врска.

Кога јаглеродот гради четири единечни врски, аголот на врската изнесува $109,5^\circ$. Значи, кај алканите постои тетраедарска (sp^3) хибридизација. На слика 2.2. се прикажани различни начини на претставување на структурата на метан, наједноставниот претставник на алканите. Во *луисовските формули* (Слика 2.2 а) заедничките електронски парови и неподелените електронски парови ги запишуваме со две точки наместо со цртичка, а неспарените електрони со една точка. Кај стерео формулите (Слика 2.2. в) се користат цели цртички за претставување на врските што лежат во рамнината на хартијата, испрекинати цртички за врските што се насочени зад рамнината на хартијата и клинести цртички за врските што се насочени од рамнината на хартијата кон нас. На Слика 2.2. г молекулата на метан е прикажана преку молекулски модел со стапчиња и топчиња, каде што со топчиња се претставени атомите, а со стапчиња хемиските врски.



Слика 2.2. Структурата на метан може да се прикаже на различни начини

Потсети се на различните видови формули што се користат за претставување на органските соединенија (Табела 2.1.). Подолу се дадени неколку начини на претставување на молекулата на бутан.



Слика 2.3. Во зависност од потребата, може да се користат различни видови формули

2.1.2 Хомолошка низа на алканите

Општата формула на алканите е C_nH_{2n+2} , каде што n го означува бројот на јаглеродни атоми во молекулата ($n = 1, 2, 3, \dots$). Знаејќи ја општата формула, можеме да ја напишеме молекулската формула на кој било претставник на алканите.

Пример 1. Определи ја молекулската формула на алкан со 8 C-атоми во молекулата.

Одговор:

Знаеме дека молекулата на алканот има 8 C-атоми, така што $n = 8$, а $2 \cdot n + 2 = 2 \cdot 8 + 2 = 18$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на овој алкан е C_8H_{18} .

Пример 2. Определи ја молекулската формула на алкан со 14 H-атоми во молекулата.

Одговор:

Во овој пример даден е бројот на водородни атоми, па може да запишеме дека $2 \cdot n + 2 = 14$, од каде што се добива дека $n = 6$. Молекулската формула на алканот ќе биде C_6H_{14} .

Молекулските, рационалните и кондензираните формули на првите шест членови на алканите се дадени во Табела 2.2. По што се разликуваат овие формули една од друга?

Табела 2.2. Молекулските, рационалните и кондензираните формули на првите шест членови на алканите

Број на C-атоми (n)	Молекулска формула	Рационална формула	Кондензирана формула
1	CH ₄	CH ₄	CH ₄
2	C ₂ H ₆	CH ₃ CH ₃	CH ₃ CH ₃
3	C ₃ H ₈	CH ₃ CH ₂ CH ₃	CH ₃ CH ₂ CH ₃
4	C ₄ H ₁₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃
5	C ₅ H ₁₂	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃
6	C ₆ H ₁₄	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃

Формулите на два соседни члена во низата се разликуваат за една метиленска група ($-CH_2-$), односно за еден јаглероден и два водородни атоми. Ваквите соединенија се наречени *хомолоџни соединенија*, а појавата *хомолоџија*. Ако ги подредиме хомоложните соединенија според растење на бројот на C-атоми во молекулата, како во Табела 2.2., ќе добиеме *хомолошка низа*. Членовите на една хомолошка низа покажуваат слични својства, а може да се забележат одредени трендови, односно правилно изменување на нивните својства.

2.1.3 Номенклатура на алканите

На почетокот на 19-тиот век, органските соединенија биле именувани според името на научникот што ги открил, местото на откривање или примената што ја имале. Многу од овие тривијални називи сè уште се користат и денес. Меѓутоа, со зголемување

Мравската (мравјата) киселина, HCOOH, е изолирана од мравки и именувана по латинскиот збор за мравка, *formica*.

на бројот на познати соединенија, се појавила огромна потреба за системски метод за именување на соединенијата. Затоа, денес соединенијата се именуваат според правилата на Меѓународното здружение за чиста и применета хемија (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC).

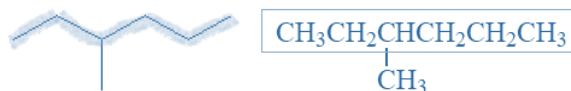
Карактеристична наставка што се користи при именување на алканите е **-ан**. Првите четири членови имаат тривијални називи, а кај останатите кон основата (која го означува бројот на C-атоми на грчки јазик) се додава наставката -ан.

Табела 2.3. Називи на првите 12 неразгранети алкани

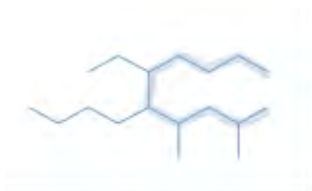
Молекулска формула	Основа	Назив
CH_4	мет	мет ан
C_2H_6	ет	ет ан
C_3H_8	проп	проп ан
C_4H_{10}	бут	бут ан
C_5H_{12}	пент	пент ан
C_6H_{14}	хекс	хекс ан
C_7H_{16}	хепт	хепт ан
C_8H_{18}	окт	окт ан
C_9H_{20}	нон	нон ан
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	дек	дек ан
$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	ундек	ундек ан
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	додек	додек ан

Следниве правила се користат за именување на разгранетите алкани според IUPAC-овата номенклатура:

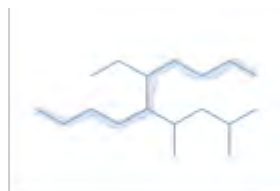
- 1) Се определува основната (најдолгата) низа, односно низата којашто содржи најголем број C-атоми, а нејзиниот назив се користи како основа за називот на алканот (според Табела 2.3.)



Ако молекулата има две или повеќе низи со еднаков број на C-атоми за основна низа, се избира онаа со поголем број разгранувања.



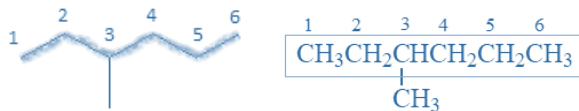
Точно означена основна низа
(4 супституенти)



Неточно означена основна низа
(2 супституента)

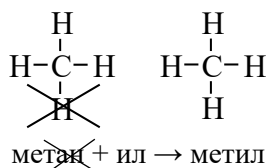
- 2) Страничните низи се именуваат како алкил супституенти (често се користи и терминот алкил радикали). Формулите и називите на некои алкил радикали се дадени во Табела 2.4.

- 3) Се нумерираат С-атомите во основната низа, при што се почнува од оној крај на низата што е поблиску до некој супституент. Во случај кога има два супституента и тие се на еднакво растојание од краевите на низата, нумерирањето започнува од онаа страна каде што се наоѓа супституентот чиј назив започнува со буква понапред во нашата азбука. Општо, за два и повеќе супституенти, предност има помалиот збир при нумерацијата.



- 4) Целосниот назив на алканот се пишува слеано (како еден збор), со поставување запирки меѓу броевите и цртички меѓу бројот и називот на супституентот. Супституентите се редат по азбучен ред. Ако има повеќе исти супституенти, тогаш пред нив се пишуваат префикси (ди-, три-, тетра-, ...), а доколку за еден ист С-атом се сврзани два супституента, бројот се пишува двапати. На крајот се додава називот на основната низа.

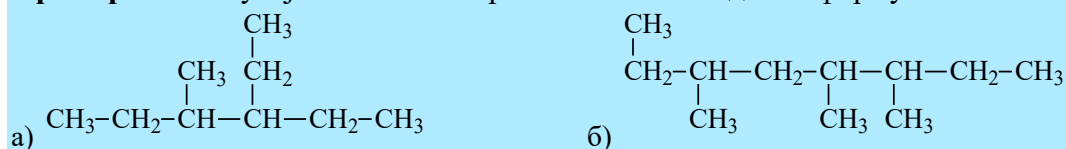
Алкил радикалите се изведуваат со отстранување на еден Н-атом од формулата на алканот, а нивните називи наместо наставката -ан ја содржат наставката **-ил**.



Табела 2.4. Формули и називи на некои алкил радикали

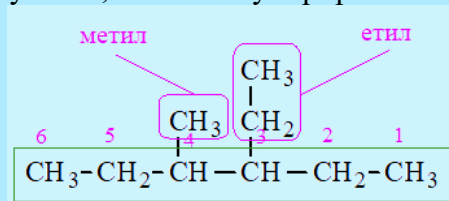
Формула	Назив
CH_3-	метил
CH_3-CH_2-	етил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	пропил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}- \end{array}$	изопропил (1-метилетил)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	бутил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \end{array}$	<i>sec</i> -бутил (1-метилпропил)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \end{array}$	изобутил (2-метилпропил)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>tert</i> -бутил (1,1-диметилетил)

Пример 1. Именувај ги алканите претставени со следниве формули:



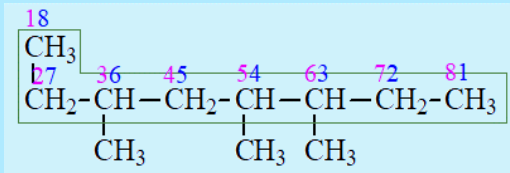
Одговор:

а) Најпрвин ја определуваме основната низа. Таа содржи 6 C-атоми (хексан). Забележуваме дека има два супституента (метил и етил), кои се на еднакво растојание од краевите на основната низа. Бидејќи супституентите треба да се наредат по азбучен ред, **етил** има предност пред **метил** супституентот, па затоа нумерирањето е од десно кон лево.



Називот на ова соединение е *3-етил-4-метилхексан*.

б) Ја одбираме најдолгата низа, која содржи 8 C-атоми. Трите супституенти се исти (метил). Ако нумерираме **од лево кон десно**, супституентите се врзани за третиот, петтиот и шестиот C-атом од основната низа, а **од десно кон лево** – на третиот, четвртиот и шестиот. Бидејќи збирот $3+4+6=13$ е помал од збирот $3+5+6=14$, C-атомите во низата ги нумерираме почнувајќи од десната страна.



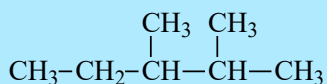
Може да заклучиме дека називот на ова соединение е *3,4,6-триметилдекан*.

Пример 2. Напиши ги рационалните формули на следниве алкани:

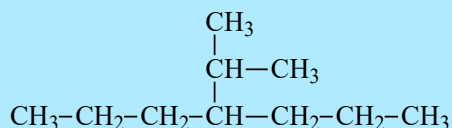
а) 2,3-диметилпентан б) 4-изопропилхептан

Одговор:

а) Последниот дел од називот (пентан) ни кажува дека основната низа треба да има 5 C-атоми. Двата супституента се исти (метил) и се врзани за вториот и третиот C-атом. Според тоа, добиваме:



б) Основната низа има 7 C-атоми и еден супституент (изопропил). Добиваме:



Запомни!

Постојат повеќе видови хемиски формули за претставување на органските соединенија: емпириска, молекулска, структурна, рационална структурна, скелетна и други.

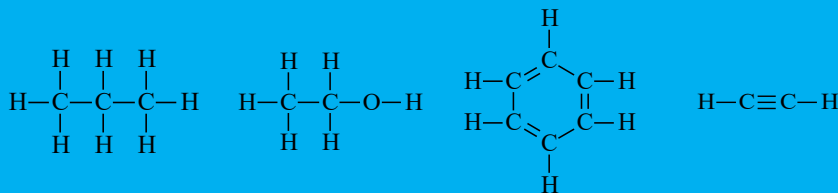
Алканите се заситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои постојат единствено единечни C–C и C–H ковалентни врски. Општата формула на алканите е C_nH_{2n+2} .

Соединенија чии формули на два соседни члена во низата се разликуваат за една метиленска група ($-CH_2-$) се нарекуваат хомологни соединенија. Ако ги подредиме хомологните соединенија според растење на бројот на C-атоми во молекулата, ќе добиеме хомолошка низа.

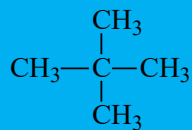
За именување на органските соединенија се применува IUPAC-овата номенклаурата. Карактеристична наставка што се користи при именување на алканите е **-ан**.

Прашања и задачи

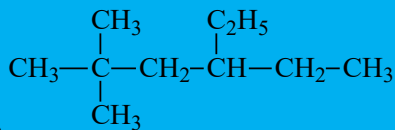
1. Дали соединенијата претставени со следниве структурни формули спаѓаат во групата на алкани? Образложи го одговорот!



2. Напиши ги рационалните формули на соединенијата од претходното прашање.
3. Определи ја молекулската формула на алканот кој во својата молекула содржи: а) 16 C-атоми и б) 16 H-атоми.
4. Именувај ги алканите претставени со следниве формули:



а)



б)

5. Напиши ги рационалните формули на следниве алкани:
а) 3-етилхексан б) 2,2-диметилбутан

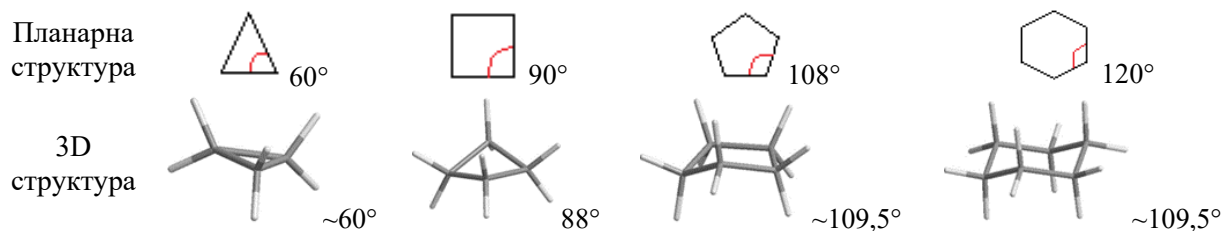
2.2 ПОИМ, ГРАДБА, ХОМОЛОШКА НИЗА И НОМЕНКЛАТУРА НА ЦИКЛОАЛКАНИТЕ

2.2.1 Поим и градба на циклоалкани

Циклични јаглеводороди се јаглеводороди во кои основната јаглеродна низа е затворена во прстен. **Циклоалкани** се циклични јаглеводороди во кој сите C-C врски се единечни. Како и другите алкани, циклоалканите се заситени соединенија.

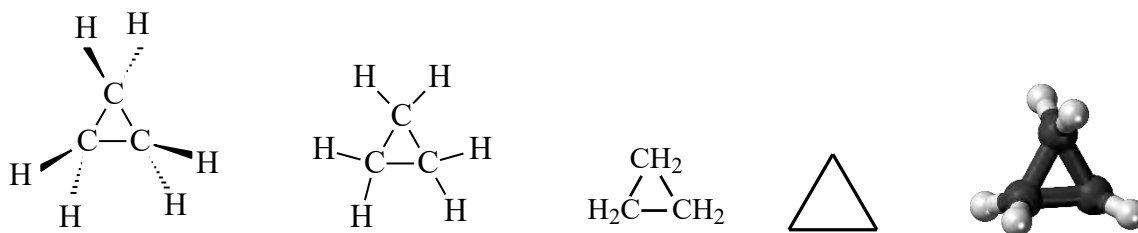
Јаглеродните атоми во циклоалканите се sp^3 хибридизирани, со идеален агол на врската од $109,5^\circ$. Сепак, испитувањето на структурата на циклопропан покажува дека триаголната структура резултира со агол на C-C-C врската од 60° (трите C-атоми во молекулата на циклопропан лежат во една рамнина). Ова отстапување од идеалниот тетраедарски агол се нарекува **агловен напон** или **Баеров напон** и го прави циклопропанот прилично нестабилен и реактивен. Поради напнатоста во молекулата на циклопропан, се јавува тенденција прстенот да се отвори за да се достигне вредноста на тетраедарскиот агол.

Агловниот напон се изразува како разлика меѓу вредностите за тетраедарскиот агол и аголот во цикличната молекула ако ја сметаме за планарна. Така, агловниот напон кај циклопропан е $109,5^\circ - 60^\circ = 49,5^\circ$, а кај циклобутанот е помал и изнесува $109,5^\circ - 90^\circ = 19,5^\circ$. Кај циклопентанот и циклохексанот аглите на врските се блиски до тетраедарските, па затоа тие се стабилни соединенија. Циклоалканите не се планарни соединенија, што може да се забележи од 3D моделите на овие молекули.



2.2.2 Хомолошка низа на циклоалкани

Општа формула на циклоалканите е C_nH_{2n} . Тоа значи дека во молекулата на циклоалканот има два H-атома помалку од молекулата на соодветниот алкан (C_nH_{2n+2}). Првиот претставник на циклоалканите е циклопропан ($n = 3$) и тој може да се прикаже на повеќе начини:



Пример. Определи ја молекулската формула на циклоалкан со 8 C-атоми во молекулата.

Одговор:

Ако во молекулата на циклоалканот има 8 C-атоми, тогаш $n = 8$. Според формулата C_nH_{2n} , за бројот на H-атоми добиваме: $2 \cdot n = 2 \cdot 8 = 16$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на овој циклоалкан е C_8H_{16} .

Во Табела 2.5. се дадени првите претставници на хомолошката низа на циклоалканите. За секој од нив наведени се бројот на C-атоми во молекулата, молекулската, рационалната и скелетната формула. Слично како кај алканите, и тука може да се забележи дека формулите на два соседни члена во хомолошката низа се разликуваат за една метиленска група ($-CH_2-$), односно за еден јаглероден и два водородни атоми.

Табела 2.5. Хомолошка низа на циклоалкани

Број на C-атоми (n)	Молекулска формула	Рационална формула	Скелетна формула
3	C_3H_6	$\begin{array}{c} CH_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ H_2C-CH_2 \end{array}$	
4	C_4H_8	$\begin{array}{c} H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \end{array}$	
5	C_5H_{10}	$\begin{array}{c} CH_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \end{array}$	
6	C_6H_{12}	$\begin{array}{c} CH_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \end{array}$	
7	C_7H_{14}	$\begin{array}{c} CH_2-CH_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \end{array}$	

2.2.3 Номенклатура на циклоалкани

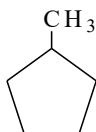
Правилата за именување на циклоалканите се слични со оние на алканите. Називите на циклоалканите се образуваат со додавање на претставката **-цикло** пред називот на ацикличниот алкан со ист број C-атоми во молекулата.

Кај супституираните циклоалкани, исто така, се применуваат IUPAC-овите правила за нумерирање на C-атомите во прстенот како кај алканите, односно:

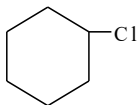
- 1) Се определува основната (најдолгата) низа.
- 2) Се именуваат страничните низи.
- 3) Се нумерираат C-атомите во основната низа, внимавајќи на местоположбата на супституентите. Кај моносупституираните циклоалкани нема потреба од нумерација.

Табела 2.6. Називи на првите претставници на циклоалканите

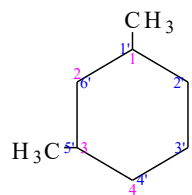
Број на С-атоми (n)	Молекулска формула	Скелетна формула	Назив
3	C ₃ H ₆		циклопропан
4	C ₄ H ₈		циклобутан
5	C ₅ H ₁₀		циклопентан
6	C ₆ H ₁₂		циклохексан
7	C ₇ H ₁₄		циклохептан



метилциклопентан



хлороциклохексан

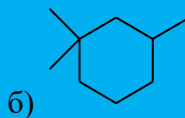
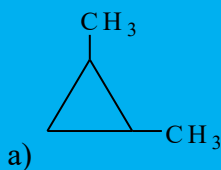
1,3-диметилциклохексан
(не: 1,5- диметилциклохексан)**Запомни!**

Циклоалкани се заситени циклични јаглеводороди во кој сите врски С-С врски се единечни. Отстапување од идеалниот тетраедарски агол се нарекува агловен напон или Баеров напон. Општа формула на циклоалканите е C_nH_{2n}.

Називите на циклоалканите се образуваат со додавање на претставката -цикло кон називот на ацикличниот алкан со ист број С-атоми во молекулата.

Прашања и задачи

- Опреди ја молекулската формула на циклоалканот кој во својата молекула содржи: а) 6 С-атоми и б) 6 Н-атоми.
- Именувај ги циклоалканите претставени со следниве формули:



- Напиши ги рационалните формули на следниве циклоалкани:
 - етилциклобутан
 - 1,2-дибромоциклопентан

2.3 ИЗОМЕРИЈА КАЈ АЛКАНИТЕ И ЦИКЛОАЛКАНИТЕ

2.3.1 Поим за изомерија

Соединенијата што имаат иста молекулска формула, но различен распоред на атомите се нарекуваат **изомери** (од грчки *isómeros*, *isos* – еднаков, *méros* – делови), а самата појава **изомерија**. Овие изомери се одделни соединенија и имаат различни физички и хемиски својства. Кога се зборува за изомерија, важно е да се спомне дека постојат различни видови изомерија. Така, може да сметаме дека има:

- 1) Структурна изомерија, каде што се вбројуваат скелетната (изомеријата на низа), положбената и функционалната изомерија и
- 2) Стереоизомерија, која понатаму се дели на геометриска (*cis-trans*), оптичка и конформациона изомерија.

Оваа година ќе се запознаеш со некои од овие тиови изомерија.

2.3.2 Изомерија кај алканите

Кај алканите, поради различниот распоред на С-атомите во низата, се јавува **скелетна изомерија (изомерија на низа)**. Овој тип изомерија започнува од бутанот, кој има два изомера. Бројот на изомери драстично се зголемува со зголемување моларната маса на алканот, односно со зголемување на бројот на С-атоми во молекулата на алканот.

Кога се пишуваат формулите на структурните изомери, треба да се избегнува да се напише формула за исто соединение двапати. Затоа, корисно е да се применуваат правилата на IUPAC за именување на секој изомер. Доколку називите на овие соединенија се исти, значи дека станува збор за исто соединение.

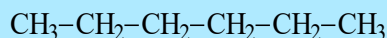
Табела 2.7. Број на изомери за некои алкани

Молекулска формула на алкан	Број на изомери	Молекулска формула на алкан	Број на изомери
C ₃ H ₈	1	C ₉ H ₂₀	35
C ₄ H ₁₀	2	C ₁₀ H ₂₂	75
C ₅ H ₁₂	3	C ₁₅ H ₃₂	4347
C ₆ H ₁₄	5	C ₂₀ H ₄₂	366319
C ₇ H ₁₆	9	C ₃₀ H ₆₂	4111846763
C ₈ H ₁₈	18	C ₄₀ H ₈₂	62481801147341

Пример. Напиши ги рационалните формули на петте структурни изомери на хексанот.

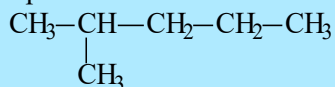
Одговор:

Се започнува со изомерот што има 6 С-атоми во молекулата.

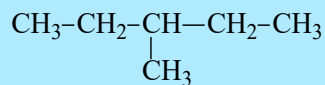


изомер А (хексан)

Потоа, се пишуваат формулите на изомерите кои имаат 5 C-атоми во основната низа и една метил група како странична низа.

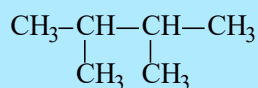


изомер Б (2-метилпентан)

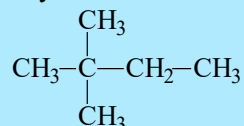


изомер В (3-метилпентан)

Понатаму, се разгледуваат можните изомери кои имаат два супституенти.

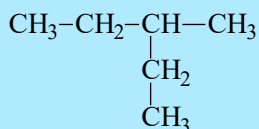


изомер Г (2,3-диметилбутан)



изомер Д (2,2-диметилбутан)

Ова се петте можни изомери на хексанот. На прв поглед, може да изгледа дека има повеќе. На пример, би можело да се додаде еден етил супституент кон четиричлената јаглеродна низа.



Но, ако се почитуваат правилата на IUPAC, ќе се забележи дека хоризонталната јаглеродна низа, всушност, не е основната низа. Ова соединение е исто како и изомерот В.

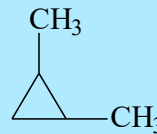
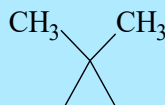
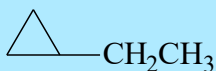
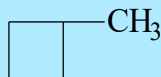
2.3.3 Изомерија кај циклоалканите

Кај циклоалканите постојат повеќе типови изомерија. Ќе спомнеме два од нив: скелетна и геометриска изомерија. **Скелетна изомерија** што се јавува кај циклоалканите е слична со онаа кај алканите и е последица на различните големини на прстените и на различната положба на супституентите.

Пример. Нацртај ги скелетните изомери на циклопентан.

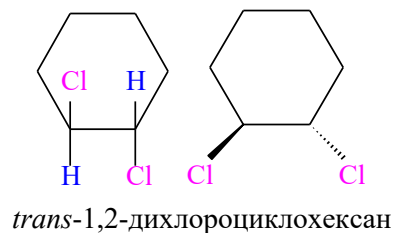
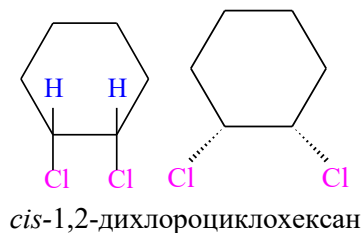
Одговор:

Започнуваме со основна низа со 5 C-атоми поврзани во прстан, а потоа ја кратиме низата и додаваме супституенти. Изомерите на циклопентан се:



Атомите во молекулите на алканите може целосно слободно да ротираат околу единичната C-C врска и да се наоѓаат во различни положби. Меѓутоа, ротацијата околу врските во циклоалканите е ограничена поради тоа што C-атомите се меѓусебно поврзани во прстен. Како последица на оваа спречена ротација, се јавуваат геометриски изомери наречени **cis- и trans- изомери**. Општо, соединенијата чии молекули имаат ист редоследен распоред на атомите, но се разликуваат по просторниот распоред се наречени **геометриски изомери**.

Да ги разгледаме геометриските изомери на 1,2-дихлороциклохексан. Во *cis* изомерот, и двата Cl-атома се наоѓаат од иста страна од рамнината на прстенот (во примерот тие се под прстенот). Во *trans* изомерот супституентите се од различна страна на рамнината, еден Cl-атом е над, а другиот е под прстенот. Ваквите изомери се именуваат така што се додава претставката *cis* или *trans* пред називот на соединението.



Геометриските изомери се одделни соединенија. Цикличната структура ја спречува слободната ротација, па потребно е раскинување на C-C врските во прстенот за да едниот изомер се претвори во другиот. Како резултат на ова, геометриските изомери може да бидат одделени едни од други во лабораториски услови.

Запомни!

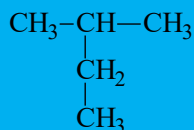
Соединенијата што имаат иста молекулска формула, но различен распоред на атомите се нарекуваат изомери, а самата појава изомерија.

Кај алканите, поради различниот распоред на C-атомите во низата, се јавува скелетна изомерија (изомерија на низа).

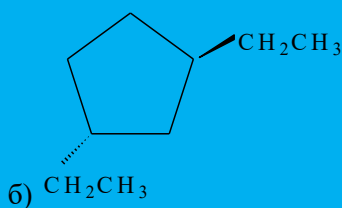
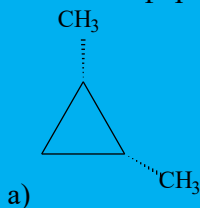
Најважни типови изомерија кај циклоалканите се скелетна и геометриска изомерија.

Прашања и задачи

1. Кои од следниве соединенија се изомери?



2. Напиши ги рационалните формули на трите структурни изомери на пентанот и именувај ги.
3. Именувај ги геометриските изомери на циклоалканите претставени со следниве формули:



2.4 ДОБИВАЊЕ НА АЛКАНИ И ЦИКЛОАЛКАНИ

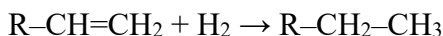
2.4.1 Добивање на алкани

Главни извори на алкани се нафтата и природниот гас, од каде што се добиваат алканите по индустриски пат. Нафтата претставува смеса од голем број јаглеводороди, од кои повеќето се алкани. Состојките на нафтата се одделуваат едни од други преку фракциона дестилација како резултат на разликите во температурите на вриење на различните јаглеводороди. Природниот гас е смеса од гасовити алкани, од кои најзастапен е метанот. Природниот гас е безбоен и речиси без мирзба (исто како и метанот, етанот и пропанот). Карактеристичната миризба на природниот гас што го користиме за загревање на нашите домови и готвење доаѓа од сулфурни соединенија кои имаат непријатна миризба. Овие соединенија намерно се додаваат за да нè предупредат на евентуални протекувања на гасот, кои може да бидат опасни.

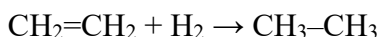
Наједноставниот алкан, метанот, е најраспространет од оваа група соединенија. Големи количества се присутни во нашата атмосфера, во земјата и во океаните. Метанот е пронајден и на Марс, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон.

Постојат повеќе начини за лабораториско добивање на алкани. Најчесто се користат следниве методи:

- 1) **Хидрогенација (адиција на водород)** на незаситени јаглеводороди во присуство на катализатор (на пример, никел или платина) на 200 °C до 300 °C.

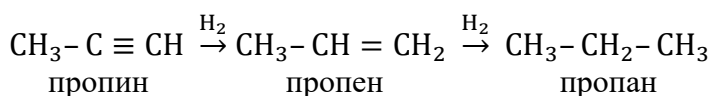


Пример:



етен

етан



пропин

пропен

пропан

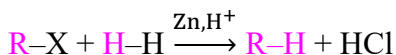
- 2) **Вирцова синтеза** – реакција меѓу алкил халогенид и натриум во присуство на сув етер. Алкил халогенидот го означуваме со RX , каде што R е алкил радикал, а X халоген елемент (F, Cl, Br или I). На овој начин се добиваат симетрични алкани, во чии молекули има двојно повеќе C-атоми од појдовните. За добивање на несиметрични алкани, треба да се употребат различни алкилхалогениди.



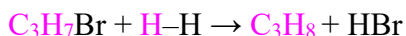
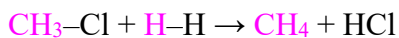
Пример:



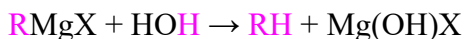
- 3) **Редукција на алкил халогениди** со цинк и хлороводородна киселина.



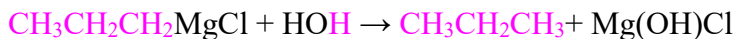
Пример:



- 4) **Добивање преку Грињаров реагенс.** Грињаровите реагенси се органометални соединенија (алкил магнезиум халогениди), кои лесно се хидролизираат до алкан и магнезиум хидроксид халогенид.



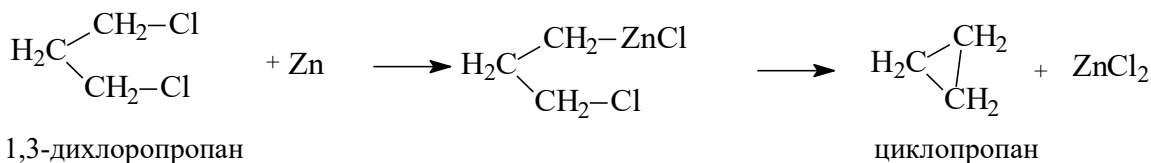
Пример:



2.4.2 Добивање на циклоалкани

Некои наоѓалишта на нафта се богати со циклоалкани. Во нафтената индустрија овие соединенија се познати како *нафџени*. Такви се, на пример, циклохексан, метилциклохексан, метилциклопентан и 1,3-диметилциклопентан.

Лабораториската метода за добивање се базира на реакции на *елиминација*. Циклоалканите може да се добијат со **дехалогенирање на алкил дихалогениди** кои имаат халогени атоми врзани за крајните C-атоми. При тоа, се сврзуваат две алкил групи што се дел од иста молекула. Во овие реакции, најсоодветен метал е цинкот.



Запомни!

Во составот на суровата нафта влегуваат алкани и циклоалкани. Лабораториски, алканите се добиваат со хидрогенација, Вурцова синтеза, редукција на алкил халогенид и преку Грињаров реагенс. Циклоалканите се добиваат со дехалогенирање на алкил дихалогениди кои имаат халогени атоми врзани за крајните C-атоми.

Прашања и задачи

1. Напиши ги равенките на реакциите на добивање на бутан според четирите начини на добивање на алкани.
2. Напиши ја равенката на реакцијата на добивање на циклобутан.

2.5 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКАНИТЕ И ЦИКЛОАЛКАНИТЕ

2.5.1 Физички својства на алканите и циклоалканите

Сите јаглеводороди се неполярни молекули. Бидејќи водата е поларна молекула, јаглеводородите не се растворливи во вода. Тие се растворливи само во неполярни органски растворувачи. Честопати, се вели дека *слично се раствора во слично*, што значи дека поларни супстанции се раствораат во поларни растворувачи, а неполярни супстанции се раствораат во неполярни растворувачи.

На собна температура, алканите што имаат од еден до четири C-атоми во молекулата се гасови. Генерално, со зголемување на бројот на C-атоми во молекулата, агрегатната состојба на алканите се менува од гасовита до цврста.

Понатаму, тие имаат релативно ниски температури на топење и температури на вриење и обично имат помала густина од водата. Општо земено, колку што е подолга јаглеводородната низа (односно, колку што е поголема моларната маса на соединението), толку се повисоки температурите на топење и вриење, како и густината.

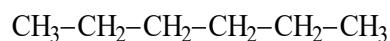
Табела 2.8. Физички својства на некои алкани

Назив на алкан	Молекулска формула	Температура на топење / °C	Температура на вриење / °C	Густина / g·cm ⁻³
метан	CH ₄	-182,5	-164,0	0,678
етан	C ₂ H ₆	-183,3	-88,6	0,691
пропан	C ₃ H ₈	-187,7	-42,1	0,690
бутан	C ₄ H ₁₀	-138,3	-0,5	0,771
пентан	C ₅ H ₁₂	-129,7	36,1	0,626
хексан	C ₆ H ₁₄	-95,3	68,9	0,660
декан	C ₁₀ H ₂₂	-29,7	150,8	0,718

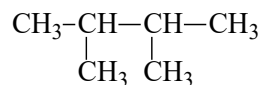
Истиот тренд може да се забележи и кај циклоалканите. Со зголемување на моларната маса на соединението, се зголемуваат температурите на топење и вриење, како и густината. Ако ги споредиме температурите на вриење на алканите и циклоалканите со ист број C-атоми во молекулата, ќе забележиме дека тие се повисоки кај циклоалканите.

Температурите на топење и вриење на супстанцата се должат на привлечните сили меѓу молекулите. Поголемите молекули имаат поголема површина со која се привлекуваат, па потребна е и поголема енергија да се одделат едни од други.

Разгранетите низи имаат помала површина од неразгранетите. Како резултат на тоа, привлечните сили се послаби кај разгранетите алкани, па тие имаат пониски температури на топење и вриење од нивните неразгранети изомери.



хексан
 $T_b = 68,8\text{ }^\circ\text{C}$

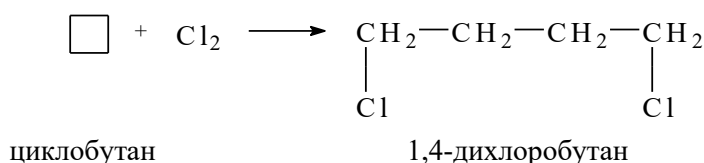
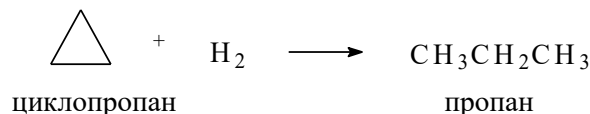


2,3-диметилбутан
 $T_b = 49,8\text{ }^\circ\text{C}$

2.5.2 Хемиски својства на алканите и циклоалканите

Алканите се слабо реактивни соединенија, што се должи на σ врските и на нивната неполарност. Тие уште се нарекуваат и **йарафини** (parum affinis), што значи малку реактивни.

Хемиските реакции во кои стапуваат алканите и циклоалканите се слични. Различно се однесуваат единствено циклопропанот и циклобутанот, кои се пореактивни поради присуството на агловен напон. Овие две соединенија стапуваат во реакции на **адитија**, при што доаѓа до отворање на прстенот и образување на заситено соединение.



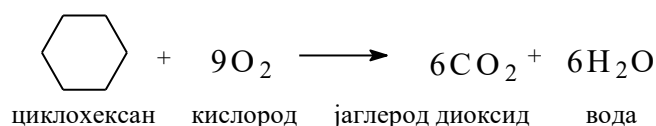
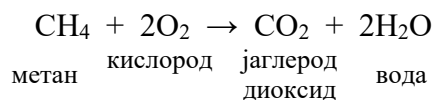
Карактеристични реакции за алканите и циклоалканите се:

1) Горење

Алканите, циклоалканите и другите јаглеводороди може да горат (се оксидираат) во присуство на кислород. При целосно согорување се образуваат јаглерод диоксид и вода, при што се ослободува големо количество енергија во вид на топлина. Поради енергијата што се ослободува, но и поради нивната достапност и релативно ниската цена на чинење, јаглеводородите се многу користени како горива. Всушност, согорувањето е од суштинско значење за нашето постоење. Тоа е процес со кој ги грееме своите домови, возиме автомобили и произведуваме електрична енергија. Иако согорувањето на фосилните горива е од витално значење за индустријата и општеството, тоа претставува закана за животната средина. Создавањето јаглерод диоксид придонесува кон глобалното затоплување и ги менува условите на Земјата за идните генерации.

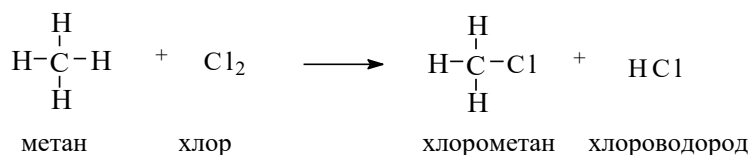
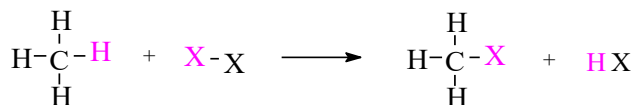


Слика 2.4. Горењето на алканите е реакција која наоѓа голема практична примена

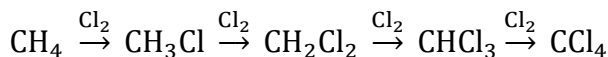


2) Халогенирање

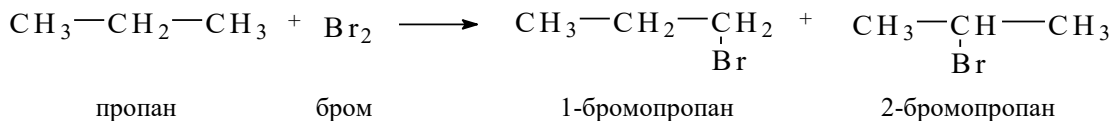
Алканите и циклоалканите реагираат со халогени елементи (обично хлор или бром), а оваа реакција се нарекува **халогенирање**. Всушност, ова е реакција на **супституција (замена)**, во која атом (или атоми) на водород се заменува со атом/и на халоген. Продуктите на оваа реакција се алкил халогенид (халогеноалкан) и халогеноводород. Халогенирањето се одвива само во присуство на топлина и/или светлина.



Реакцијата на халогенирање може да продолжи и понатаму, при што ќе се образува смеса од продукти. На пример, при хлорирање на метан, освен хлорометан (CH_3Cl), ќе се добијат и дихлорометан (CH_2Cl_2), трихлорометан (CHCl_3) и тетрахлорометан (CCl_4). Станува збор за верижна (синциреста) реакција, која тешко се контролира бидејќи продуктите од едната реакција (молекули и радикали) се реактанти во следната.



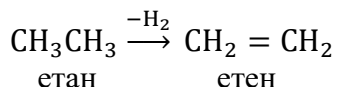
Кај покомлексните алкани, вклучително и разгранетите алкани, халогенирањето може да се одвива до одреден степен на сите позиции и да се добие смеса од моносупституирани продукти.



Алканите не се многу реактивни соединенија. Сепак, алкил халогенидите се многу корисни реагенти за синтеза на други органски соединенија. Затоа, реакцијата на халогенирање е од голема важност бидејќи ги претвора неактивните алкани во различни појдовни материјали за синтеза на посакуваните соединенија. Ова е важно во фармацевтската индустрија за синтеза на некои лекови. Покрај тоа, алкил халогенидите чии молекули имаат два или повеќе халогени атоми се корисни растворувачи, инсектициди и хербициди.

3) Дехидрогенација (елиминација на водород)

Алканите стапуваат во елиминациони реакции при високи температури, во присуство на катализатор и без присуство на воздух. При дехидрогенирање се елиминира водород и од алкан се добива алкен.



Запомни!

Алканите и циклоалканите се неполарни соединенија. Со зголемување на моларната маса на соединението, се зголемуваат температурите на топење и вриење, како и густината.

Алканите и циклоалканите стапуваат во реакции на горење, халогенирање (супституција) и дехидрогенација (елиминација). Циклопропанот и циклобутанот се пореактивни и стапуваат во реакции на адисија.

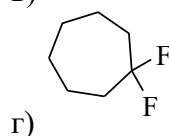
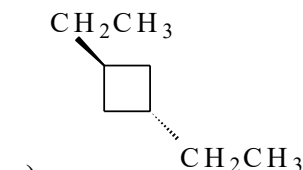
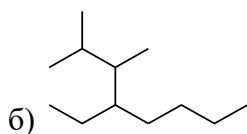
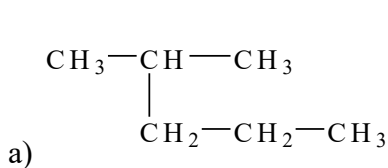
Прашања и задачи

1. Со помош на Табела 2.8. процени колку изнесува температурата на вриење на октан: 55,7 °C, 125,7 °C или 155,7 °C?
2. Напиши ги равенките на реакциите на горење на бутан и циклобутан и израмни ги.
3. Кои моносупституирани халогениди се добиваат при хлорирање на бутан и циклобутан? Напиши ги равенките на реакциите.
4. Истражи што е тоа крекинг процес и како настанува.

2.6 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

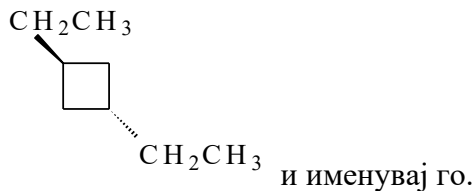
1. Напиши ги молекулските формули на алкан и циклоалкан кои имаат 9 C-атоми во молекулата.
2. Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија:

а) 3,5,9-триметилундекан	в) 1-етил-3-метилциклопентан
б) 2,5-дибромохексан	г) 1,1,2,2-тетраметилциклобутан
3. Именувај ги соединенијата претставени со следниве формули:



4. Напиши ги рационалните формули на деветте структурни изомери на хептан и именувај ги.

5. Напиши еден скелетен изомер на
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
 и именувај го.



7. Како ќе добиеш пентан тргнувајќи од алкил халогенид? Колку различни начини на добивање постојат? Напиши ги соодветните равенки на реакциите.
8. Со помош на Табела 2.8. процени колку изнесува густината на октан.
9. Кој алкан не може да се добие со Вирцова синтеза? Образложи го одговорот.
10. Напиши ги равенките на реакциите на бромирање и горење на пентан.

3 АЛКЕНИ И ДИЕНИ

Содржина

Поим, хомолошка низа и номенклатура на алкените

Поим, хомолошка низа, номенклатура и поделба на диените

Изомерија кај алкените и диените

Добивање на алкени и диени

Физички и хемиски својства на алкените и диените

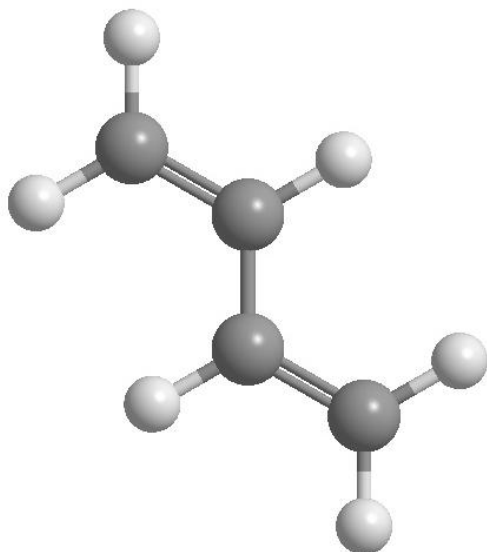
Многу оддамна Кинезите забележале дека нивните плодови побрзо созреваат ако во близина се запали темјан.

На почетокот на минатиот век шпедитерите сфатиле дека не можат да складираат портокали и банани на ист брод поради прерано зреење на бананите од некои „испарувања“ од портокалите.

Порторикански одгледувачи на ананас и филипински одгледувачи на манго палеле огнови во близина на нивните посеви верувајќи дека чадот го поттикнува цветањето на растенијата.

Во средината на 19-от век, природниот гас се користел за уличните светилки, а ослободениот гас од повремени протекувања од цевките предизвикувал паѓање на лисјата.

Што е заедничко за сите овие нешта?



Поими

- алкен, диен, незаситени јаглеводороди
- sp^2 хибридизација, двојна врска
- хомолошка низа
- кумулирани, конјугирани и изолирани диени
- изомерија на низа, положбена, геометријска (*cis-trans*) изомерија
- елиминација, (*ge*)хидротенирање, (*ge*)халотенирање, (*ge*)хидрохалотенирање, (*ge*)хидратација, електрофилна адисија, оксидација, торење
- Марковниково правило
- полимеризација, мономер, полимер

Вовед

Органските соединенија што содржат една или повеќе двојни или тројни врски помеѓу јаглеродните атоми во молекулата се наречени *незаситени*. Незаситените јаглеводороди имаат помалку од максималниот можен број на водородни атоми. Двојните и тројните врски се одговорни за различната геометрија околу атомот на јаглерод што учествува во нив, што, пак, доведува до поинаква форма на молекулите и поинакви својства на овие соединенија.

Многу важни биолошки соединенија се карактеризираат со присуство на двојни врски или, пак, присуство на линерани или циклични конјугирани двојни врски (некои масни киселини, витаминот А и К, итн).



Слика 3.1. Олеинската киселина е незаситена масна киселина присутна во растителните масла

3.1 ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА И НОМЕНКЛАТУРА НА АЛКЕНИТЕ

3.1.1 Поим за алкени

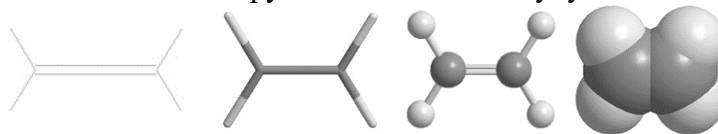
Незаситените јаглеводороди чии молекули содржат една двојна врска се нарекуваат **алкени**. Двојната врска е составена од една σ врска и една π врска и е една од поважните функционални групи во органската хемија. Двојната врска го одредува обликот на органските молекули и е центарот каде што се одвиваат голем број хемиски реакции.

Наједноставниот алкен, етенот, е „испарувањето“ одговорно за зреењето на овошјето. Истата оваа супстанца предизвикува цветање на растенијата, стареење и губење на лисјата кај дрвјата и влијае на широк спектар на други промени кај различни растенија.



Слика 3.2. Бананите се берат и се испраќаат додека се уште зелени. Тие се третираат со етен откако ќе стигнат до продавниците за храна.

Кога јаглеродниот атом е сврзан со една двојна врска и две единечни врски, како кај алкените, молекулата е тригонално планарна, бидејќи сите атоми лежат во една рамнина. Станува збор за sp^2 хибридизација и аголот на врската е приближно 120° . Кај етенот, секој С-атом гради три σ врски (една со другиот С-атом и две со два Н-атома) и една π врска, која се образува со странично препокривање на нехибридизираните p орбитали на С-атомите. Областите со висока густина на π -електрони се присутни над и под рамнината на молекулата. Повеќето реакции на етенот и другите алкени ги вклучуваат овие π електрони.



Слика 3.3. Различни прикази на молекулата на етен

3.1.2 Хомолошка низа и номенклатура на алкените

Општата формула на алкените е C_nH_{2n} , каде што n го означува бројот на јаглеродни атоми во молекулата ($n = 2, 3, 4, \dots$). Слично како кај алканите, може да ја напишеме молекулската формула на кој било претставник на алкените знаејќи ја општата формула.

Пример 1. Определи ја молекулската формула на алкен со 8 C-атоми во молекулата.

Одговор:

Знаеме дека молекулата на алкенот има 8 C-атоми, така што $n = 8$, а $2 \cdot n = 2 \cdot 8 = 16$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на овој алкен е C_8H_{16} .

Пример 2. Определи ја молекулската формула на алкен со 14 H-атоми во молекулата.

Одговор:

Во овој пример даден е бројот на водородни атоми, па може да запишеме дека $2 \cdot n = 14$, од каде што се добива дека $n = 7$. Молекулската формула на алкенот ќе биде C_7H_{14} .

Алкените, како и другите класи соединенија, градат **хомолошка низа**, а членовите на оваа низа имаат слични својства.

Табела 3.1. Хомолошка низа на алкени

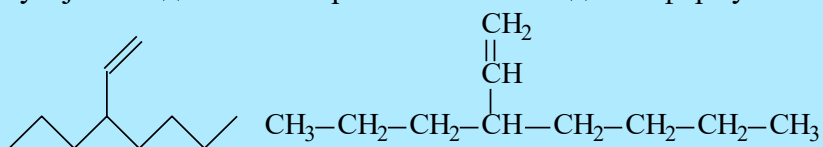
Молекулска формула	Основа	Назив
C_2H_4	ет	етен
C_3H_6	проп	пропен
C_4H_8	бут	бутен
C_5H_{10}	пент	пентен
C_6H_{12}	хекс	хексен
C_7H_{14}	хепт	хептен
C_8H_{16}	окт	октен
C_9H_{18}	нон	нонен
$C_{10}H_{20}$	дек	декен

При именувањето на алкените постапуваме слично како кај алканите, но има и некои дополнителни правила. Се користи истата основа (ет-, проп- итн.), а наставката -ан од соодветниот алкан се заменува со наставката **-ен**. За да го одредиме називот на алкенот, ќе ги следиме следниве едноставни правила:

- 1) Се определува основната (најдолгата) низа што ја содржи двојната врска.
- 2) Се нумерираат C-атомите во основната низа, при што се почнува од оној крај на низата што е поблиску до двојната врска (двојната врска има предност пред супституентите).
- 3) Именувањето на алкените ги следи IUPAC-овите правила за алканите, но во овој случај се означува и местото на двојната врска.

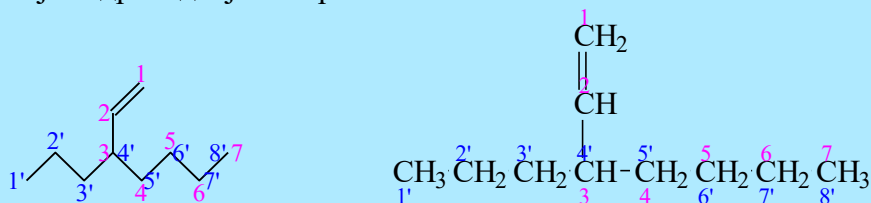
Радикалите изведени од алкените ја добиваат наставката **-енил**.

Пример 1. Именувај го соединението претставено со следниве формули:

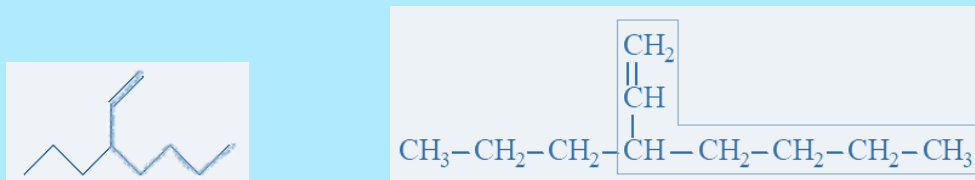


Одговор:

Најпрвин, ја определуваме основната низа. **Хоризонталната низа** има 8 C-атоми (таа е најдолга), но не ја содржи двојната врска.

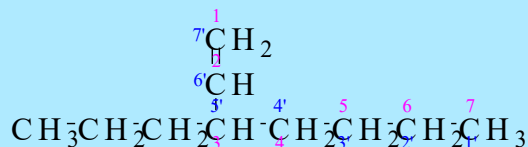


Затоа, потребно е да се одбере друга **низа во која е вклучена двојната врска**, дури и таа да е пократка.

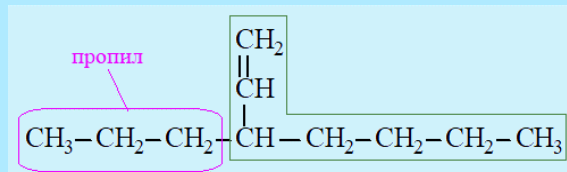


Според тоа, ова соединение ќе биде супституиран хептен, а не супституиран октан.

Бидејќи двојната врска има предност пред супститутентот, започнуваме со нумерирање од тој крај на низата. Кога именуваме од **горната страна**, двојната врска е после првиот C-атом, а од **десната страна**, таа е после шестиот C-атом.



Понатаму, го именуваме супституентот и ги применуваме правилата според IUPAC за да го именуваме соединението.

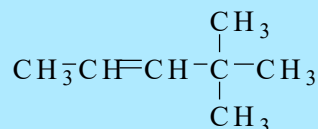


Значи, називот на ова соединение ќе биде **3-пропилхепт-1-ен**.

Пример 2. Напиши ја рационалната формула на 4,4-диметилпент-2-ен.

Одговор:

Последниот дел од називот (пентен) ни кажува дека основната низа треба да има 5 C-атоми. Освен тоа, основната низа треба да има двојна врска меѓу вториот и третиот C-атом. Двата супституента се исти (метил) и се сврзани за четвртиот C-атом. Според тоа, добиваме:



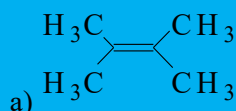
Запомни!

Алкените се незаситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои постои една двојна врска меѓу два јаглеродни атоми. Општата формула на алкените е C_nH_{2n} .

За именување на алкените се применува IUPAC-овата номенклаурата. При именувањето, двојната врска има предност пред супституентите. Карактеристична наставка што се користи при именување на алкените е **-ен**.

Прашања и задачи

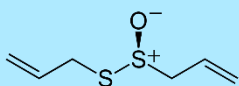
1. Определи ја молекулската формула на алкенот кој во својата молекула содржи: а) 10 C-атоми и б) 10 H-атоми.
2. Именувај ги алкените претставени со следниве формули:



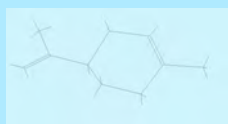
3. Напиши ги рационалните формули на следниве алкени:
а) 3-метилбут-1-ен б) 6-бромо-3-пропилхекс-1-ен

Алкените и диените во природата

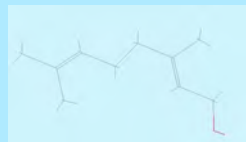
Алкените се многу распространети во природата. Еве неколку примери:



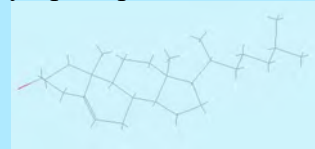
алицин
(одговорен за
миризбата на лукот)



лимонен
(одговорен за мириз-
бата на портокалите)

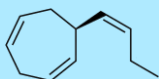


гераниол
(изолиран од рози, се
користи во парфеми)



холестерол
(важна улога во многу
биолошки процеси)

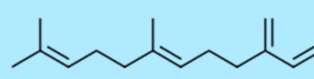
Двојните врски постојат и во структурите на феромоните, хормони што се ослободуваат кај некои животни за да предизвикаат специфично однесување кај другите припадници на истиот вид. На пример, т.н. сигнални феромони се користат за сигнализација на опасност, додека половите феромони се користат за привлекување на спротивниот пол за парење. Подолу се дадени неколку примери на феромони кои содржат двојни врски:



ектокарпен
(полов феромон ослободен
од алги)



мускалур
(полов феромон на домашна
мува)



β-фарнезен
(сигнален феромон на лисна
вошка)

3.2 ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА, НОМЕНКЛАТУРА И ПОДЕЛБА НА ДИЕНИТЕ

3.2.1 Поим и хомолошка низа на диени

Незаситените јаглеродороди чии молекули содржат две двојни врски ги означуваме како **диени**. Тие, во своите молекули, имаат два Н-атома помалку од соодветните алкени. Според тоа, општата формула за диени е C_nH_{2n-2} , $n = 3, 4, 5, \dots$

Пример 1. Молекулската формула на алкенот со 8 C-атоми во молекулата е C_8H_{16} . Определете ја молекулската формула на соодветниот диен (со 8 C-атоми во молекулата).

Одговор:

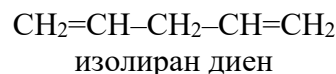
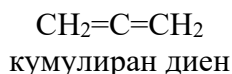
Ако молекулата на диенот има 8 C-атоми ($n = 8$), според општата формула добиваме: $2 \cdot n - 2 = 2 \cdot 8 - 2 = 14$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на овој диен е C_8H_{14} .

3.2.2 Номенклатура и поделба на диените

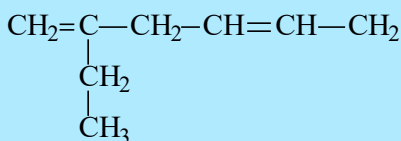
Номенклатурата на диените ги следи правилата за именовање на алкените. При образување на називите, наставката -ен се заменува со наставката **-адиен**. Всушност, кон основата на називот (проп-, бут-, ...) се додава наставката **-а** (пропа-, бута-, ...), а откако со броеви ќе се запише местоположбата на двојните врски, се додава наставката **-диен**.

Според местоположбата на двојните врски во молекулата, диените се поделени на:

- △ **диени со кумулирани двојни врски** – двојните врски се наоѓаат на соседни C-атоми, при што еден C-атом е сврзан со две двојни врски;
- △ **диени со конјугирани двојни врски** – меѓу двојните врски има една единечна врска, односно двојните и единечните врски се наизменично распоредени;
- △ **диени со изолирани двојни врски** – меѓу двојните врски има повеќе единечни врски.

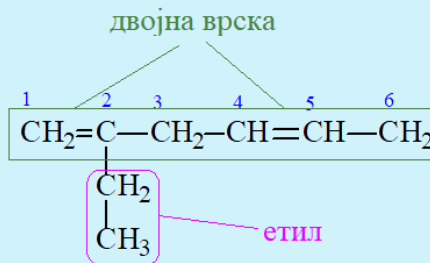
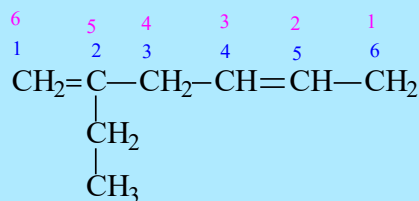


Пример 1. Именувај го соединението претставено со следнава формула и определи во која група диени спаѓа.



Одговор:

Ја одбираме најдолгата низа која ги содржи двојните врски и ја нумерираме така што предимство да има помалиот збир при нумерацијата. Во случајов, $1+4=5$ е помал збир од $2+5=7$. Супституентот го именуваме како етил.

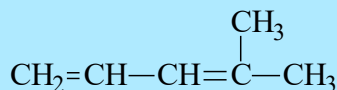


Конечно, добиваме *2-етилхекса-1,4-диен*. Ова соединение спаѓа во изолирани диени.

Пример 2. Напиши ја рационалната формула на 4-метилпента-1,3-диен и определи во која група диени спаѓа.

Одговор:

Последниот дел од називот (пентадиен) ни кажува дека основната низа треба да има 5 C-атоми. Освен тоа, двојните врски се наоѓаат после првиот и после третиот C-атом. Метил е називот на супституентот и е сврзан за четвртиот C-атом. Според тоа, добиваме:



Ова е конјугиран диен.

Запомни!

Диените се незаситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои има две двојни врски меѓу јаглеродните атоми. Општата формула на диените е $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

За именување на органските соединенија се применува IUPAC-овата номенклатурата. При именувањето, двојната врска има предност пред супституентите, а потребно е да се означат местоположбата на двете двојни врски. Карактеристична наставка што се користи при именување на алканите е **-адиен**.

Диените може да бидат кумулирани, конјугирани и изолирани.

Прашања и задачи

- Опреди ја молекулската формула на диенот кој во својата молекула содржи: а) 8 C-атоми и б) 8 H-атоми.
- Некои диени се попознати по нивните тривијални називи. Такви се аленот (а) и изопренот (б). Именувај ги овие соединенија според IUPAC-овата номенклатура.
 - $\text{CH}_2 = \text{C} = \text{CH}_2$
 - $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2$
- Напиши ги рационалните формули на следниве диени:
 - нона-2,5-диен
 - 3-метил-4-етилхекса-1,4-диен

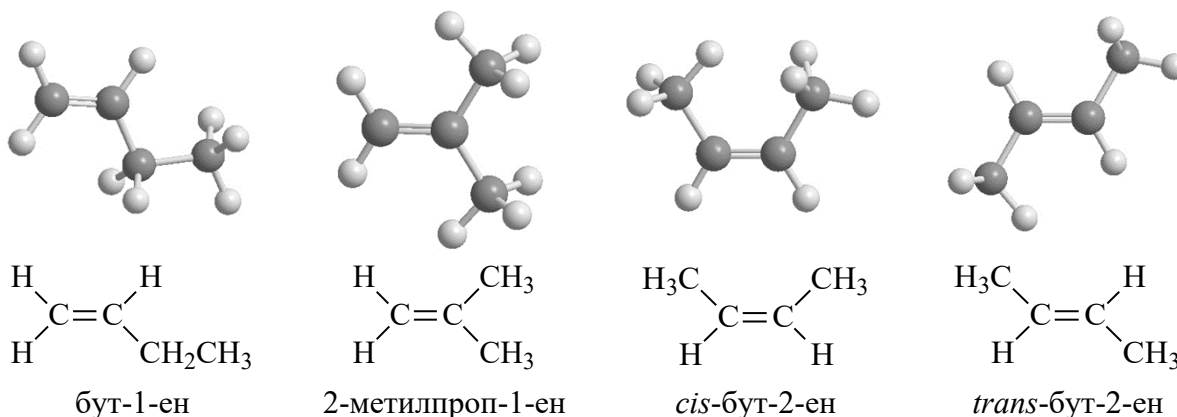
3.3 ИЗОМЕРИЈА КАЈ АЛКЕНИТЕ И ДИЕНИТЕ

Постои еден етен и еден пропен, но четири бутени. Овие четири соединенија имаат иста молекулска формула, C_4H_8 , но различен распоред на атомите и затоа тие претставуваат изомери. Кај овие групи соединенија разликуваме повеќе типови изомерија:

- 1) **изомерија на низа (скелетна изомерија)**, која се должи на различниот распоред на С-атомите во низата;
- 2) **положбена изомерија**, која се должи на можноста двојната врска да се најде на различни места во низата;
- 3) **геометриска (cis-trans) изомерија**, која се јавува поради различниот просторен распоред на атомите и атомските групи.

Скелетната и положбената изомерија се дел од структурната изомерија, а геометриската изомерија е еден вид стереоизомерија.

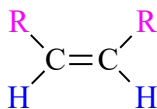
Да ги разгледаме формулите на четирите алкени со молекулска формула C_4H_8 .



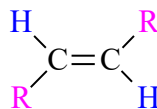
Бут-1-ен има неразгранета јаглеродна низа со двојна врска помеѓу првиот и вториот С-атом. Тој е структурен изомер на другите три. Слично, 2-метилпроп-1-ен, кој има разгранета јаглеродна низа, е структурен изомер на останатите. Парот изомери означени *cis*- и *trans*-бут-2-ен се геометриски изомери. Тие имаат ист редоследен распоред, но кај *cis*-изомерот двете метил групи се на иста страна од двојната врска, додека метил групите во *trans*-изомерот се наоѓаат на спротивните страни. Бут-1-ен и бут-2-ен претставуваат положбени изомери бидејќи двојната врска е на различно место во низата.

Двојната врска е крута поради обликот на орбиталите вклучени во нејзиното образување. Како резултат на тоа, ротацијата околу двојната врска јаглерод-јаглерод е спречена. Во претходната тема видовме дека ротацијата околу врските во циклоалканите е, исто така, спречена. Како последица на тоа, овие молекули формираат геометриски или *cis-trans* изомери. *Cis*-изомерите имаат супституенти на истата страна на прстенот, а кај *trans*-изомерите супституентите се лоцирани на спротивните страни на прстенот. Кај алкените, геометриските изомери се јавуваат кога има два различни атома или атомски групи на секој од јаглеродните атоми сврзани со двојната врска. Ако обата атоми или атомски групи се на

иста страна од двојната врска, молекулата е *cis*-изомер. Ако групите или атомите се наоѓаат на спротивните страни на двојната врска, молекулата е *trans*-изомер.

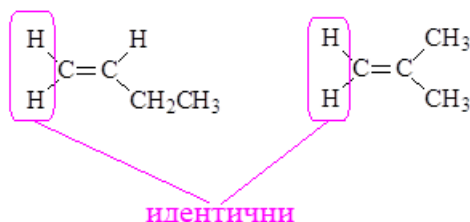


cis-изомер

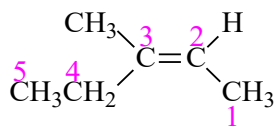


trans-изомер

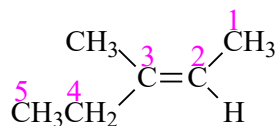
Ако еден од двата јаглеродни атоми на двојната врска има два идентични супституенти, тогаш не е можна *cis-trans* изомерија. Така, ниту бут-1-ен, ниту 2-метилпроп-1-ен не може да имаат геометриски изомери.



Во принцип, кај алкените ориентацијата на јаглеродните атоми од основната низа во однос на двојната врска ја одредува *cis*- или *trans*-ориентацијата на алкенот. Ако C-атомите од основната низа се наоѓаат на иста страна од двојната врска, станува збор за *cis*-изомер, а ако се на спротивните страни на двојната врска, тогаш се работи за *trans*-изомер.



cis-3-метилпент-2-ен



trans-3-метилпент-2-ен

Секој атом на јаглерод сврзан со двојна врска има два различни атома или атомски групи. Во *cis*-3-метилпент-2-ен, јаглеродните атоми од основната низа се наоѓаат на исти страни на двојната врска, а во *trans*-изомерот на спротивните страни на двојната врска.

Слично размислување може да примениме кај диените. Да го земеме, на пример, соединението со молекулска формула C_5H_8 и да ги запишеме сите изомери во кои се присутни две двојни врски.



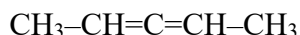
пента-1,2-диен



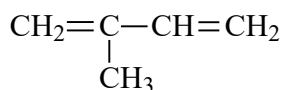
пента-1,3-диен



пента-1,4-диен

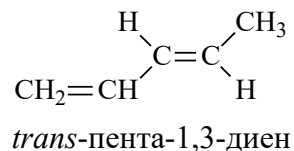
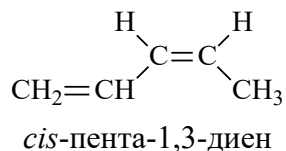


пента-2,3-диен



2-метилбута-1,3-диен

Пента-1,3-диенот може да се јави во вид на два геометриски изомера:



Запомни!

Кај алкените и диените разликуваме изомерија на низа (скелетна изомерија), положбена изомерија и геометриска (*cis-trans*) изомерија.

Прашања и задачи

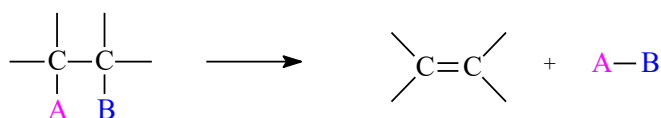
1. Колку алкени со молекулска формула C_5H_{10} постојат? Напиши ги нивните рационални формули, вклучително и *cis*- и *trans*-изомерите.
2. Какви изомери се хекс-2-ен и хекс-3-ен? Напиши ги нивните рационални формули.
3. Кај кој/кои од следниве соединенија постои геометриска изомерија? Напиши ги рационалните формули на изомерите онаму каде што е можно. Доколку сметаш дека некое соединение нема геометриски изомери, објасни ја причината за тоа.
 - а) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
 - б) $\text{CBr}_2=\text{CBrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - в) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$
 - г) $\text{CH}_3\text{CBr}=\text{CBrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

3.4 ДОБИВАЊЕ НА АЛКЕНИ И ДИЕНИ

3.4.1 Добивање на алкени

Алкените, заедно со другите јаглеводороди, ги има во нафтата и природниот гас. Овие извори се користат за индустриско добивање на алкените. Поголеми количества алкени се добиваат со процес на крекирање од нафтата. Нижите алкени може да се добијат во чиста состојба со фракциона дестилација, а вишите алкени, кои не може да се раздвојат со дестилација од сложената смеса по крекирањето, сочинуваат важен дел од бензинот.

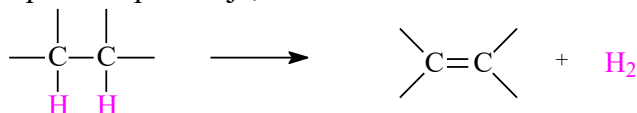
И индустриските и лабораториските начини на добивање се базираат на реакции на *елиминација*.



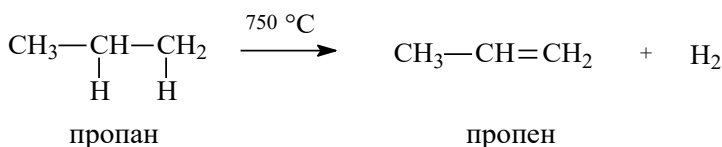
За да се добијат алкени, супституентите А и В треба да бидат сврзани на соседни јаглеродни атоми. Притоа, може да се елиминира водород, халоген, халогеноводород или вода, па разликуваме четири вида реакции на елиминација:

1) Дехидрогенација (елиминација на водород)

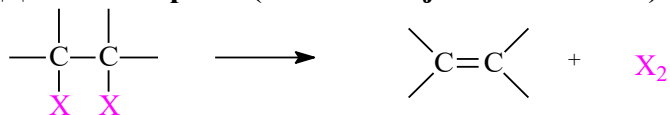
При оваа реакција, од алкан се добива алкен.



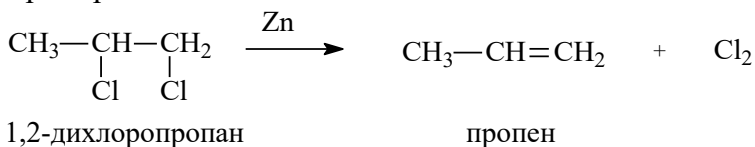
Пример:



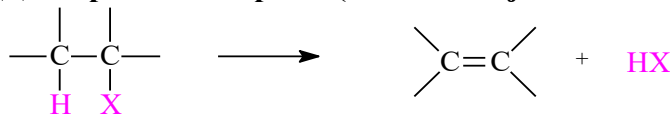
2) Дехалогенирање (елиминација на дихалоген)



Пример:

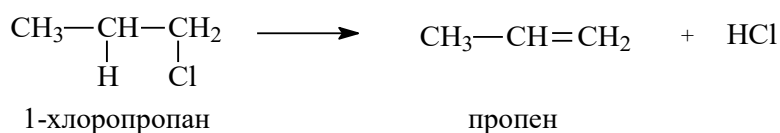


3) Дехидрохалогенирање (елиминација на халогеноводород)



Оваа реакција е една од најкористените за добивање алкени, а се одвива во присуство на силна база (на пример, алкохолен раствор на калиум хидроксид).

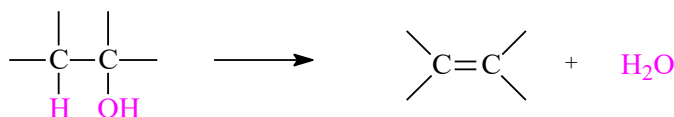
Пример:



Понекогаш при дехидрохалогенирање се образува смеса од продукти, кои претставуваат изомери. Всушност, може да се елиминира атом на водород кој е во соседство, од едната или од другата страна, на C-атом сврзан со халогениот атом. Така, на пример, при дехидрохалогенирање на 2-метил-2-бромобутан се добива смеса од 2-метилбут-2-ен (71 %) и 2-метилбут-1-ен (29 %).

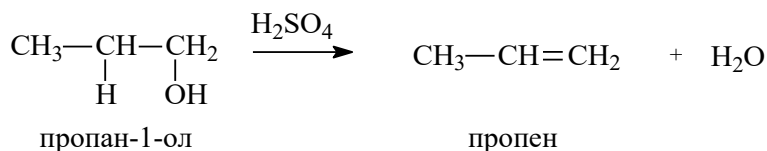


4) Дехидратација (елиминација на вода)

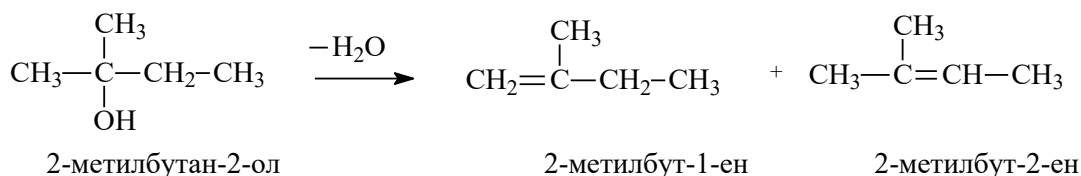


Оваа реакција се одвива при посебни услови, како на пример загревање или присуство на киселина. Од киселините обично се користат H_2SO_4 или H_3PO_4 .

Пример:

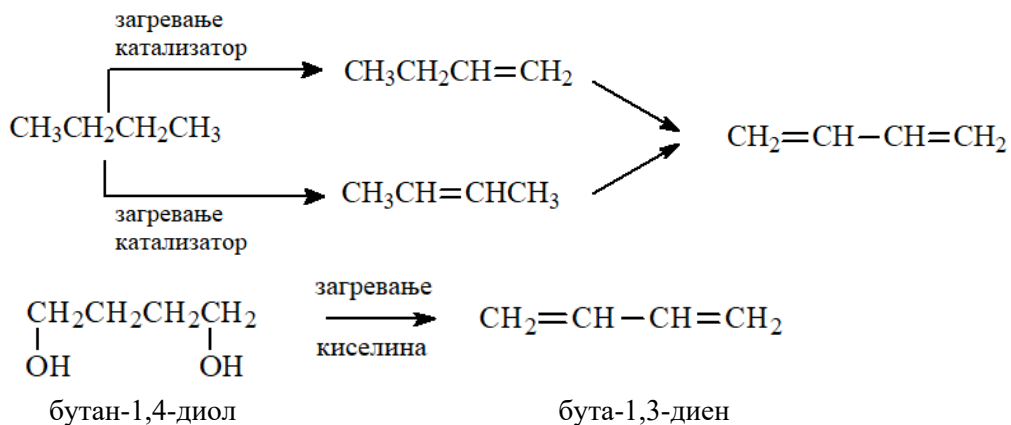


Кај посложените алкохоли, при дехидратација понекогаш се образува смеса од продукти, кои претставуваат изомери. Така, на пример, дехидратацијата на 2-метилбутан-2-ол дава смеса од 2-метилбут-2-ен (90 %) и 2-метилбут-1-ен (10 %).

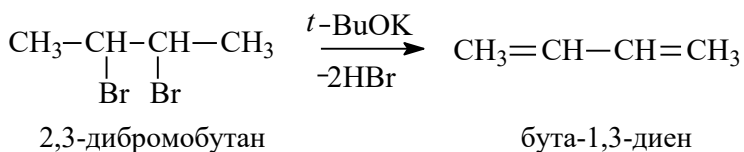
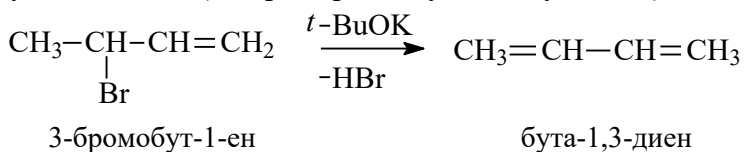


3.4.2 Добивање на диени

Диените обично се добиваат исто како едноставните алкени. На пример, бута-1,3-диенот се добива со крекирање на нафта или со дехидратација на алкохол кој содржи две OH групи во молекулата.



Може да се добијат и од халогениди и дихалогениди преку реакции на елиминација, во присуство на база (на пример, калиум *tert*-бутоксид).



Запомни!

Алкените/диените индустриски се добиваат од нафтата, а лабораториски преку реакции на елиминација – дехидрогенација, дехалогенирање, дехидрохалогенирање и дехидратација.

Прашања и задачи

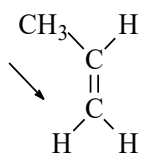
- Кој/кои алкени се добиваат со дехидратација на:
 - пропан-1-ол, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
 - пропан-2-ол, $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$
 - пентан-1-ол, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
 - пентан-2-ол, $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- Напиши ги равенките на реакциите на добивање
 - бут-1-ен
 - бут-2-ен
 според четирите начини за добивање на алкени. Образложи го одговорот.

3.5 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКЕНИТЕ И ДИЕНИТЕ

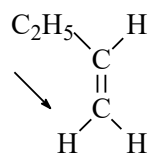
3.5.1 Физички својства на алкените и диените

Физичките својства на јаглеводородите со единечни и со двојни врски се речиси исти. Алкените имаат помала густина од водата. Првите четири членови во хомолошката низа на алкените се гасови, а потоа следуваат течности и цврсти супстанции. Температурите на вриење на алкените, генерално, растат со зголемување на моларната маса. Разгранетите изомери имаат пониски температури на вриење од неразгранетите изомери.

Алкените не се раствораат во вода, но се добро растворливи во неполярни растворувачи, какви што се бензен, етер, хлороформ и пертолетер. Тоа значи сека тие се неполярни соединенија. Сепак, некои алкени, поради својата геометриска структура околу двојната врска, се слабо поларни. Така, пропен и бут-1-ен имаат мал диполен момент поради позитивниот индуктивен ефект на алкил групата сврзана за јаглородниот атом од двојната врска. Врската со која алкил групата е врзана за С-атомот од двојната врска е слабо поларна.

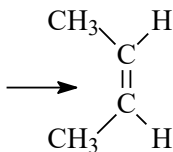


пропен
 $\mu = 0,35 \text{ D}$

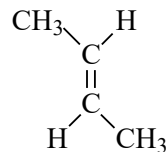


бут-1-ен
 $\mu = 0,37 \text{ D}$

Општо земено, *cis*-изомерите, поради изразената поларност, имаат повисоки температури на вриење од *trans*-изомерите, а поради помалата симетричност, нивните температури на топење се пониски. Така, кај *cis*-изомерот на бут-2-ен двете метил групи се од иста страна на двојната врска и создаваат мал диполен момент. Од друга страна, двете метил групи кај *trans*-изомерот се од спротивните страни и диполните моменти на овие врски се поништуваат. Малата разлика во поларноста на овие два изомера се одразува во вредностите за нивните температури на вриење.



cis-бут-2-ен
мал диполен момент
 $T_b = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_t = -139 \text{ }^{\circ}\text{C}$



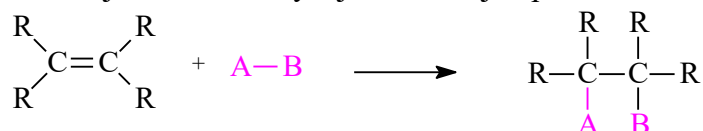
trans-бут-2-ен
 $\mu = 0 \text{ D}$
 $T_b = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_t = -106 \text{ }^{\circ}\text{C}$

3.5.2 Хемиски својства на алкените и диените

А) Електрофилна адиција

Реакциите во кои стапуваат алкените зависат од присуството на двојната врска, која е реакциониот центар во молекулата. За алкените и диените карактеристични се реакциите на адиција, при кои два атома или атомски групи атоми се адираат на C-атомите од двојната врска. Всушност, се работи за **електрофилна адиција** бидејќи двојната врска (составена од два електронски пара) е цел на напад на електрофилни честички. При овие реакции, π врска во молекулата на алкенот, како послаба од σ врска, се раскинува. Така, наместо двојната врска, се образуваат две нови σ врски и се добива заситено соединение.

Реакцијата на адиција, во општ случај, може да ја прикажеме како:

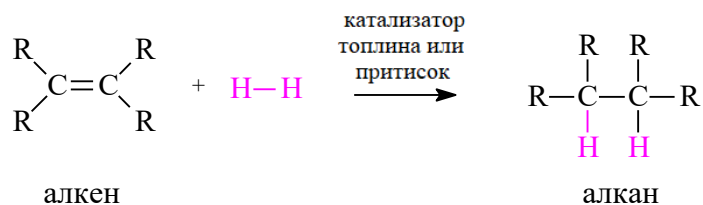


каде што R претставува атом на водород или која било алкил или арил група.

Карактеристични реакции на адиција кај алкините и диените се:

- 1) **Хидрогенација** – адиција на водород (H_2)
- 2) **Халогенирање** – адиција на халоген (Cl_2 или Br_2)
- 3) **Хидрохалогенирање** – адиција на халогеноводород (HCl , HBr или HI)
- 4) **Хидрација** – адиција на вода (H_2O)

При **хидрогенација** една молекула водород се адира на двојна врска во молекулата на алкенот и се добива молекула на алкан. Две молекули водород се потребни за двете двојни врски во молекулата на диенот. За да се забрза реакцијата, како катализатори се користат платина, паладиум или никел, а понекогаш се потребни топлина и/или притисок.

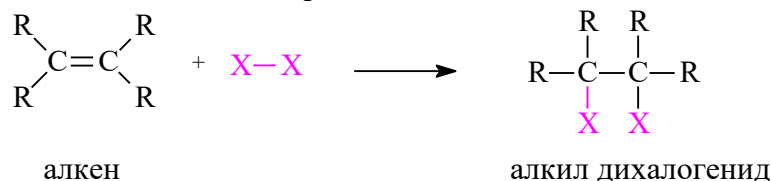


Процесот на хидрогенација наоѓа примена во прехранбената индустрија за производство на маргарин, кој е мешавина на хидрогенизирани растителни масла. Растителните масла се полинезаситени (содржат повеќе двојни врски во молекулата). Како резултат на тоа имаат ниски температури на топење и се течни на собна температура. Хидрогенацијата ја зголемува температурата на топење на овие масла и резултира со маст, која останува цврста на собна температура.

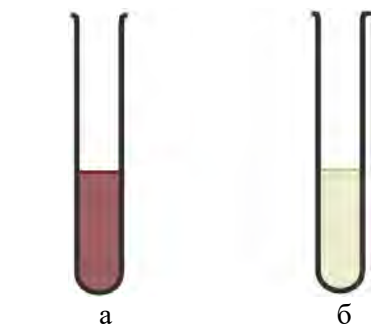


Слика 3.4. Хидрогенацијата наоѓа примена во прехранбената индустрија за производство на маргарин

Халогенирање е реакција во која хлор или бром се адира на двојната врска. Реакцијата се одвива лесно и без катализатор.

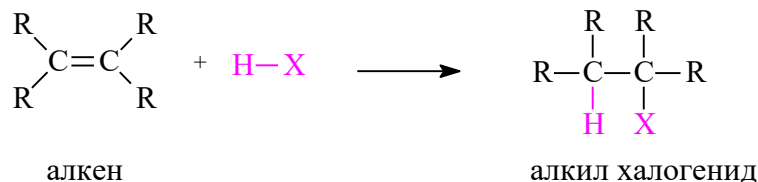


Оваа реакција служи за докажување на присуството на двојни или тројни врски во органското соединение. Ако кон незаситен јаглеродород (на пример, етен) се додаде бромна вода (Br_2), набрзо реакционата смес од црвенокафеава ќе стане безбојна. Доколку бромна вода се додаде кон алкан, нема да дојде до обезбојување на смесата. Оваа разлика се должи на реакцијата на бромирање на алкенот. Со овој тест може да се разликуваат заситени од незаситени јаглеродороди, но може и да се добие информација за степенот на заситеност. Така, диен (има две двојни врски) или алкин (има тројна врска) би трошел двојно повеќе бром од алкен со една двојна врска.



Слика 3.5. Бромирање на етен: на почетокот (а) и на крајот (б) од експериментот

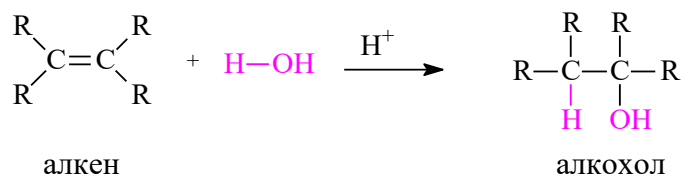
Халогеноводород може да се адира на алкен и да образува алкил халогенид во реакција наречена **хидрохалогенирање**.



При хидрогенација и халогенирање, од алкен се добива само еден продукт. Меѓутоа, при хидрохалогенирање можно е да се добијат два продукта. Всушност, станува збор за адиција на несиметричен реагенс. Ако адицијата на ваков реагенс се врши на симетричен алкен, се образува еден продукт. Но, ако и алкенот е несиметричен, теоретски се добиваат два продукта. Сепак, еден од овие продукти е фаворизиран пред другиот.

Рускиот хемичар Владимир Марковников проучувал многу вакви реакции и дошол до заклучок што може да се искористи за да се предвиди главниот продукт на овие реакции. Според **Марковниковото правило**, една молекула со општа формула HX се адира на една двојна врска така што H -атомот се сврзува со незаситениот C -атом кој веќе има поголем број директно сврзани H -атоми (односно, помалку супституираниот C -атом). Едноставно кажано, „богатите стануваат побогати“ – C -атомот што е „побогат“ со H -атоми, го добива H -атомот од несиметричниот реагенс.

Хидратација е реакција на адиција на вода и се одвива во присуство на мали количества силна киселина (H^+) како катализатор. Продуктот е алкохол (соединенија чија функционална група е OH).



Тука, повторно, станува збор за адиција на несиметричен реагенс, при што е можно да се добијат два различни продукта (доколку и алкенот е несиметричен). Меѓутоа, и во овој случај, реакцијата го следи Марковниковото правило: додавање на несиметричен реагенс (H₂O) на несиметричен алкен, атомот на водород ќе се сврзе за C-атомот кој првично имал повеќе атоми водород.

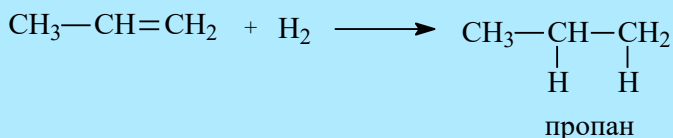
Пример. Напиши ги равенките на реакциите на хидрогенација, хлорирање, хидрохлорирање и хидратација на пропен.

Одговор:

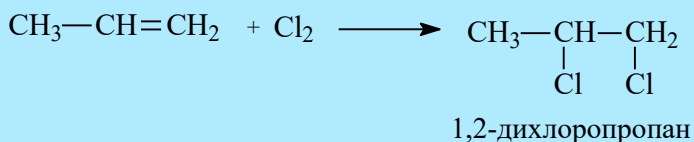


Пропен е несиметричен алкен бидејќи првиот C-атом е сврзан со два H-атома, а за вториот C-атом се сврзани еден H-атом и една CH₃ група. Затоа, адицијата на хлороводород и вода ќе се одвива според Марковниковото правило, односно H-атомот ќе се адмира на првиот C-атом бидејќи тој е помалку супституиран.

- хидрогенација на пропен



- хлорирање на пропен



- хидрохлорирање на пропен

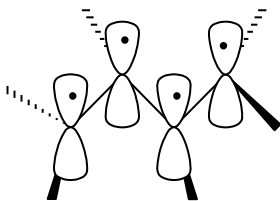


- хидратација на пропен

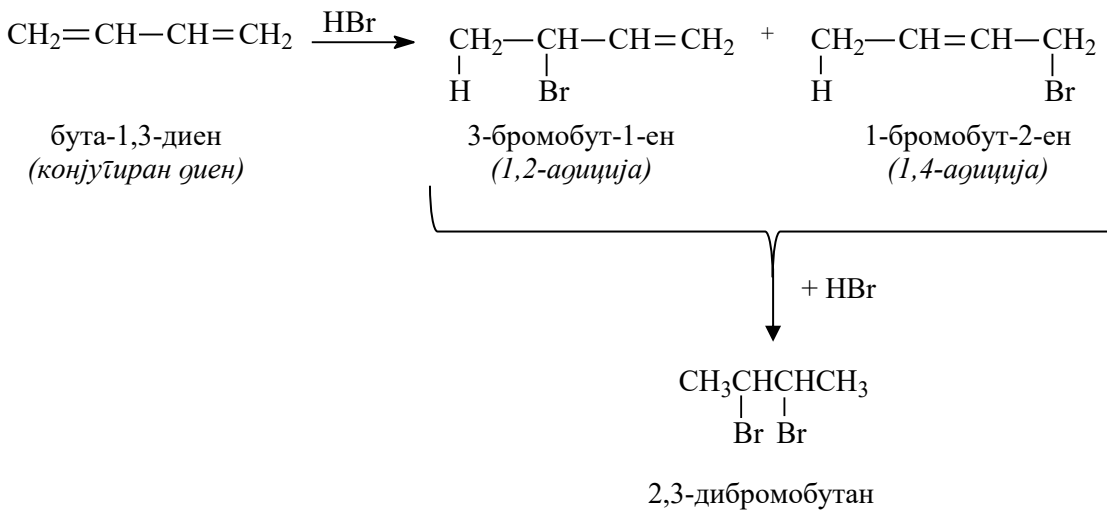




$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{1}{4}$



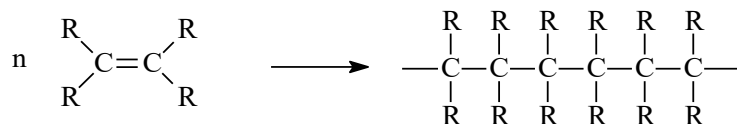
Слика 3.6. Преклопување на орбиталите кај конјугирани диени



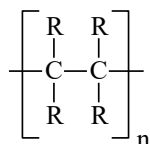


Слика 3.8. Полимерите во секојдневниот живот

Општата равенка на реакцијата на полимеризација може да се прикаже на следниов начин:

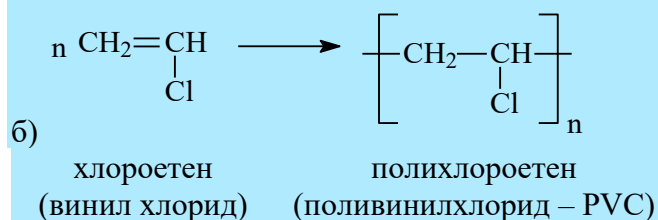
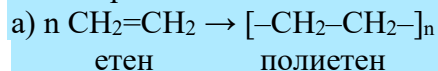


каде што R е атом на водород, халоген елемент или алкил група. Формулата на полимерот обично се запишува како:

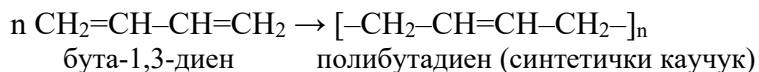
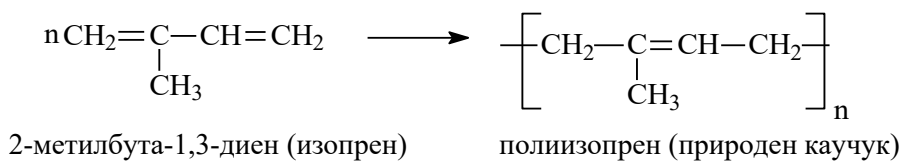


Пример. Напиши ги равенките на реакциите на полимеризација на а) етен и б) хлороетен и именувај ги продуктите.

Одговор:



Реакцијата на полимеризација е карактеристична и за диените и се одвива според 1,4-адицијата. Од природните полимери на диените најпознат е природниот каучук, кој претставува полимер на 2-метилбута-1,3-диен (изопрен). Синтетички каучук се добива со полимеризација на бута-1,3-диен.



Запомни!

Течните алкени имаат помала густина од водата. Температурите на вриење на алкените растат со зголемување на моларната маса. Алкените не се раствораат во вода, но се добро растворливи во неполярни растворувачи.

Алкените стапуваат во реакции на електрофилна адиција и тоа: хидрогенација (адиција на водород), халогенирање (адиција на халоген), хидрохалогенирање (адиција на халогеноводород) и хидратација (адиција на вода), потоа оксидација, горење и полимеризација.

Марковниковото правило гласи: Кога несиметричен реагенс од типот А–В се адмира на несиметричен алкен, Н-атомот од реагенсот се сврзува за оној С-атом од двојната врска на алкенот за кој се сврзани повеќе водородни атоми.

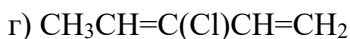
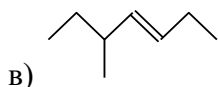
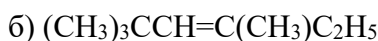
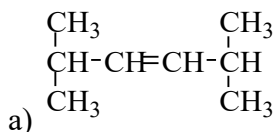
За диените карактеристична е 1,2- и 1,4-адиција.

Прашања и задачи

1. Подреди ги следниве соединенија според растењето на температурата на вриење: бут-1-ен, 3-метил-бут-1-ен, етен, пропен, пент-1-ен. Образложи го одговорот.
2. Напиши ги равенките на реакциите на хидрогенација, хлорирање, хидрохлорирање и хидратација на: а) 2,3-диметилбут-1-ен и б) хекса-2,4-диен.
3. Што се добива при горење на пент-2-ен? Напиши ја равенката на реакцијата.
4. Напиши ги равенките на реакциите на полимеризација за етен, пропен и тетрафлуороетен. Истражи која е нивната практична примена.

3.6 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

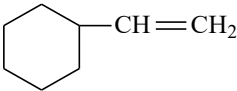
1. Определи ја молекулската формула на:
а) алкен со 12 C-атоми во молекулата
б) диен со 12 C-атоми во молекулата
2. Именувај ги соединенијата претставени со следниве формули:

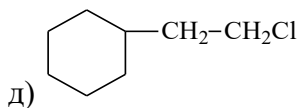
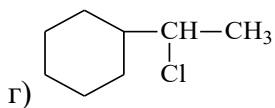
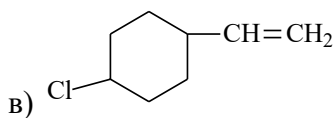
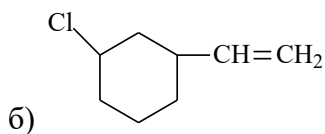
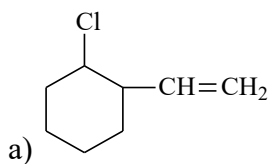


3. Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија:
а) 3-метил-2-хлоропент-2-ен
б) *cis*-пент-2-ен
в) винил хлорид
г) 5-бромохекса-1,4-диен
4. Дали постои геометриска изомерија кај следниве соединенија:
а) окт-3-ен
б) 5-хлорохекс-2-ен?

Доколку сметаш дека постои, напиши ги рационалните формули и целосните називи според IUPAC-овата номенклатура.
5. Предложи четири начини на добивање на бут-2-ен преку реакции на елиминација. Напиши ги равенките на соодветните реакции и спореди ги со некој твој соученик.
6. Колку продукти се добиваат при дехидратација на:
а) пентан-1-ол, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
б) пентан-2-ол, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
в) 3-етилпентан-3-ол, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$

Напиши ги соодветните равенки на реакциите.
7. Што се добива при бромирање на бута-1,3-диен со еден мол бром, а што со два мола бром?

8. При реакција на  со HCl како главен продукт се добива:



Образложи го одговорот.

9. Напиши ја равенката на реакцијата на оксидација на бут-2-ен во присуство на калиум перманганат.

10. Од кој мономер, со полимеризација, се добива:

а) PVC

б) тефлон?

Напиши ги равенките на реакциите.

4 АЛКИНИ

Содржина

Поим, хомолошка низа и номенклатура и изомерија на алкините

Добивање на алкини

Физички и хемиски својства на алкините

Етин

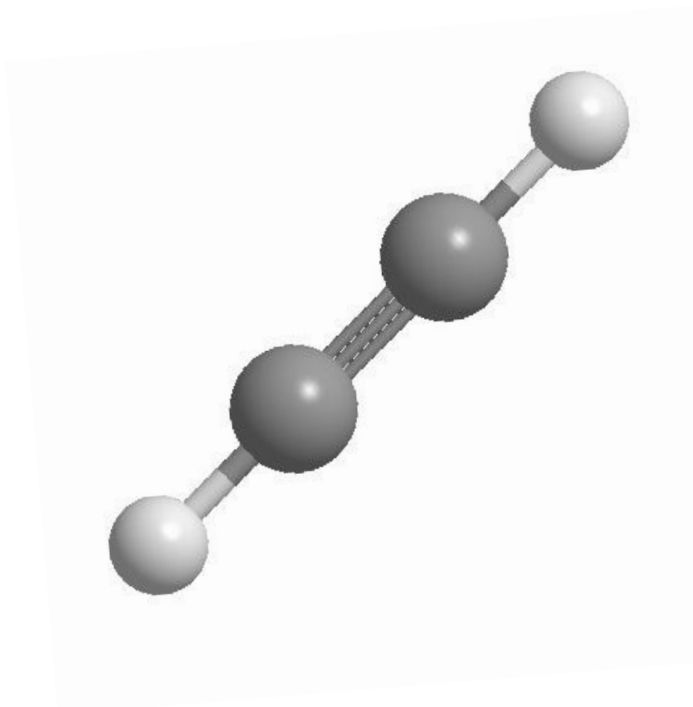
Полиацетилен, кој се добива со полимеризација на гасовит ацетилен, е првиот познат пример за органски полимер способен да спроведува електрична енергија.

Спроводливи полимери, каков што е т.н. *PPV*, понекогаш се користат во LED диоди.

Селегилин е лек кој се користи во третманот на Паркинсонова болест и големи депресивни нарушувања. Тој дејствува како инхибитор на моноамин оксидазата и ги зголемува нивоата на моноамин невротрансмитерите во мозокот.

Диацетилен е идентифициран во атмосферата на Уран, Нептун и Плутон.

Во составот на овие соединенија влегуваат тројни врски.



Поими

- алкин, незаситени соединенија
- *sp* хибридизација, тројна врска
- хомолошка низа, радикал
- изомерија на низа, положбена изомерија, функционална изомерија
- нејоларни соединенија
- елиминација, (де)хидрогенација, (де)халогенирање, (де)хидрохалогенирање, хидратација, електрофилна адисија, оксидација, торење
- Марковниково правило
- ацетирид, етин (ацетилен)

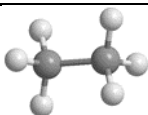
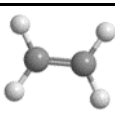
4.1 ПОИМ, ХОМОЛОШКА НИЗА, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЈА НА АЛКИНИТЕ

4.1.1 Поим за алкини

Алкиниите се незаситени јаглеводороди чија функционална група е тројната врска. Кога јаглеродните атоми се сврзани со тројна врска, аголот на врската е 180° , а молекулата е линеарна. Тројната врска се состои од три одделни врски: една σ врска, како резултат на преклопување на sp -хибридните орбитали и две π врски, кои настануваат со странично преклопување на p орбиталите. Велите, кај алкините постои sp хибридизација на јаглеродните атоми.

Сумарен преглед на основните карактеристики на ацикличните јаглеводороди, односно нивните претставници, е даден во Табела 3.2. Од вредностите за должините на врските може да се забележи дека C-C и C-H врските кај етенот се најдолги, а кај етинот најкратки. Кога зборуваме за видови хибридизација кај јаглеродните атоми, кажавме дека тројната врска е појака и пократка од двојната, а двојната е појака и пократка од единечната. Ова може да се објасни преку хибридизацијата. Имено, sp^3 хибридните орбитали (образувани од една s и три p орбитали) имаат 25 % s -карактер. Слично, sp^2 хибридните орбитали имаат 33 %, а sp хибридните орбитали 50 % s -карактер. Со оглед на тоа што s орбиталите се поблиску до јадрото од p орбиталите, хибридните орбитали со најголем s -карактер (sp орбиталите) ќе бидат поблиску до јадрото, образувајќи на тој начин најкратки врски. Хибридните орбитали учествуваат и во образувањето на врска со водородните атоми, па на сличен начин може да се објасни помалата должина на C-H врските кај етинот, во споредба со оние кај етенот и етанот. Освен тоа, кај тројната врска постојат три заеднички електронски парови кои ги држат C-атомите поцврсто и на пократко растојание.

Табела 3.2. Споредба на структурата на етан, етен и етин

	Етан	Етен	Етин
Рационална формула	$\text{CH}_3\text{--CH}_3$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\text{CH}\equiv\text{CH}$
Молекулски модел			
Хибридизација	sp^3	sp^2	sp
s -карактер / %	25	33	50
Геометрија	тетраедарска	тригонално планарна	линеарна
Должина на C-C врската / Å	1,53	1,34	1,20
Должина на C-H врската / Å	1,11	1,10	1,06
Агол на C-C-H врската / °	111,0	121,4	180

Значи, одејќи од етанот кон етинот, C-C и C-H врските стануваат пократки и појаки, а киселоста на C-H врската се зголемува.

4.1.2 Хомолошка низа и номенклатура на алкините

Општата формула на алкините е C_nH_{2n-2} , каде што n го означува бројот на јаглеродни атоми во молекулата ($n = 2, 3, 4, \dots$). Слично како и кај претходните групи соединенија што ги изучивме, може да ја напишеме молекулската формула на кој било претставник на алкените знаејќи ја општата формула. Ако ги подредиме алкините според растење на бројот на C-атоми во молекулата ќе добиеме *хомолошка низа*.

Пример 1. Определи ја молекулската формула на алкин со 6 C-атоми во молекулата.

Одговор:

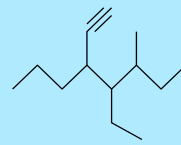
Знаеме дека молекулата на алкинот има 6 C-атоми, така што $n = 6$, а $2 \cdot n - 2 = 2 \cdot 6 - 2 = 10$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на овој алкин е C_6H_{10} .

Пример 2. Определи ја молекулската формула на алкин со 6 H-атоми во молекулата.

Одговор:

Во овој пример даден е бројот на водородни атоми, па може да запишеме дека $2 \cdot n - 2 = 6$, од каде што се добива дека $n = 4$. Молекулската формула на алкинот ќе биде C_4H_6 .

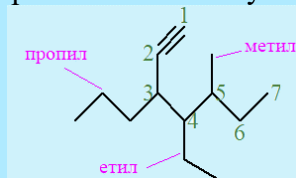
За именување на алкините важат истите правила како кај алкените, освен што наставката -ен се заменува со наставка **-ин** која е карактеристична за алкините.



Пример 1. Именувај го соединението претставено со формулата

Одговор:

Најпрвин, ја определуваме основната низа. Таа треба да ја содржи тројната врска, а нумерирањето се започнува од оној крај на низата што е поблиску до тројната врска.

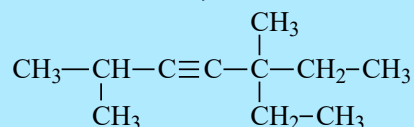


Понатаму, ги именуваме супституентите и ги наведуваме по азбучен редослед. Називот на овој алкин е *4-етил-5-метил-3-пропилхепт-1-ин*.

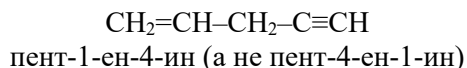
Пример 2. Напиши ја рационалната формула на 5-етил-2,5-диметилхепт-3-ин.

Одговор:

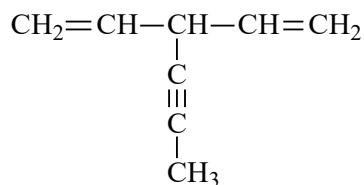
Последниот дел од називот (хептин) ни кажува дека основната низа треба да има 7 C-атоми, а тројната врска да биде после третиот C-атом. Со поставување на супституентите на соодветните C-атоми, добиваме:



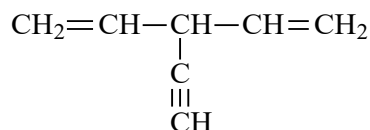
Нумерирањето на соединенијата со двојни и тројни врски почнува од крајот што е поблиску до првата повеќекратна врска без оглед на типот. Кога е возможен избор, односно кога и двојната и тројната врска се наоѓаат подеднакво оддалечени од краевите на основната низа, двојната врска добива понизок број од тројната.



Кога има можност да се изберат повеќе различни низи со еднаков број повеќекратни врски предност има онаа со најголем број C-атоми, а потоа онаа што содржи поголем број двојни врски. Радикалите изведени од алкените ја добиваат наставката **-инил**.



3-етенилхекс-1-ен-4-ин



3-етинилпента-1,4-диен

4.1.3 Изомерија на алкините

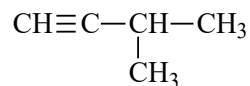
Кај алкините постои структурна изомерија и тоа:

- а) изомерија на низата (скелетна изомерија),
- б) положбена изомерија и
- в) функционална изомерија.

Изомеријата на низата (скелетната изомерија) се должи на различниот распоред на C-атомите во низата. Таа започнува од петтиот член на хомолошката низа. На пример, пент-1-ин и 3-метилбут-1-ин се скелетни изомери.

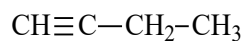


пент-1-ин

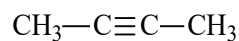


3-метилбут-1-ин

Положбената изомерија се јавува поради различниот распоред на функционалните групи во молекулата и започнува од четвртиот член. Ова значи дека изомерите ќе имаат иста функционална група, но нејзината местоположба ќе биде различна. Такви изомери се бут-1-ин и бут-2-ин.

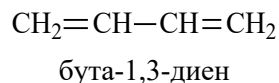
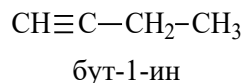


бут-1-ин



бут-2-ин

Функционалната изомерија (изомеријата на функционалните групи) се јавува кај соединенија кои имаат различни функционални групи, но иста молекулска формула. Алкините и диените со ист број C-атоми во молекулата се функционални изомери. Како пример може да ги земеме бут-1-ин и бута-1,3-диен.



Запомни!

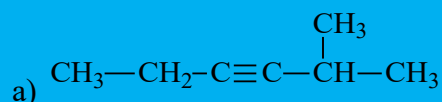
Алкините се незаситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои има тројна врска меѓу два јаглеродни атоми. Општата формула на алкините е $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

За именување на органските соединенија се применува IUPAC-овата номенклатурата. Карактеристична наставка што се користи при именување на алкините е **-ин**.

Кај алкините постои скелетна, положбена и функционална изомерија.

Прашања и задачи

1. Определи ја молекулската формула на алкинот кој во својата молекула содржи: а) 8 C-атоми и б) 8 H-атоми.
2. Именувај ги следниве алкини според IUPAC-овата номенклатура.

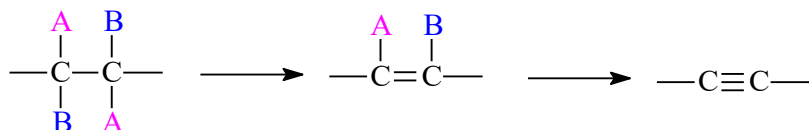


3. Напиши ги рационалните формули на следниве алкини:
 - а) 3-пропилхепт-1-ин
 - б) 2,2-диметилокт-4-ин
4. Дали следниве соединенија се изомери? Ако сметаш дека се, тогаш какви изомери се?



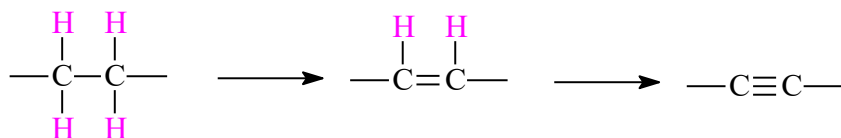
4.2 ДОБИВАЊЕ НА АЛКИНИ

Алкините може да се добијат со реакции на елиминација под услови слични на оние користени за добивање алкени. Бидејќи во молекулата на еден алкин има две π врски, потребно е да се елиминираат две молекули АВ.

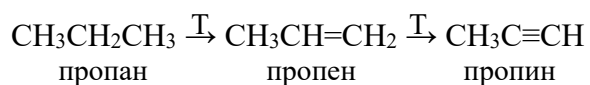


Слично како и кај алкените, и тука може да зборуваме за *дехидрогенација*, *дехалогенирање* и *дехидрохалогенирање*. Најчесто применуван метод за добивање на алкини е дехидрохалогенирање на вицинални (соседни) дихалогениди затоа што дихалогенидите може многу лесно да се добијат од соодветните алкени преку адиција на халоген.

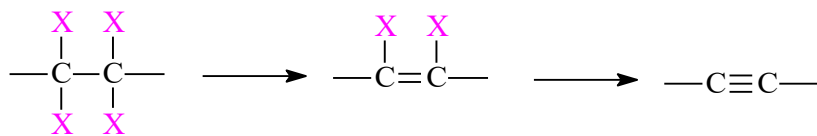
Дехидрогенација



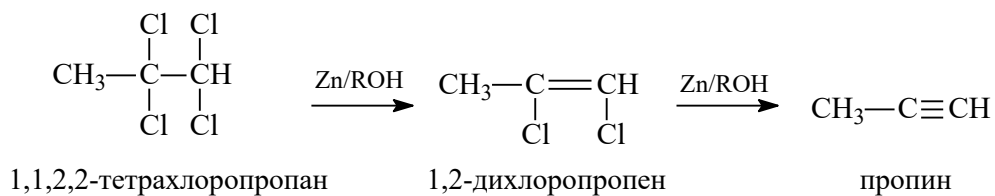
Пример:



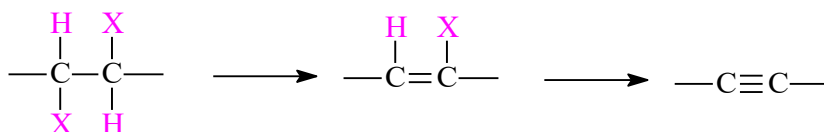
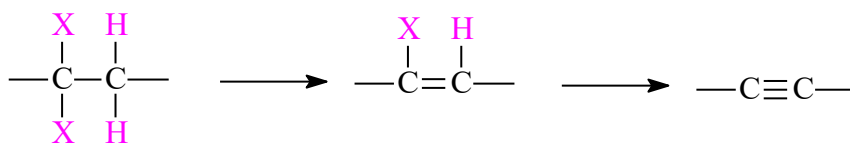
Дехалогенирање



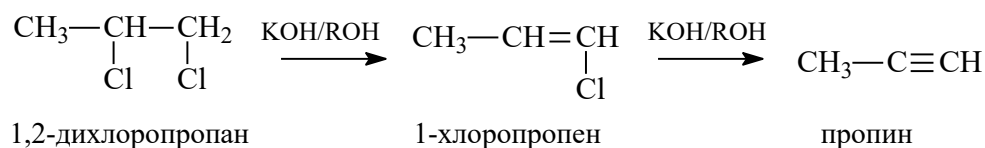
Пример:



Дехидрохалогенирање



Пример:



Запомни!

Алкините може да се добијат со реакции на елиминација и тоа дехидрогенација, дехалогенирање и дехидрохалогенирање.

Прашања и задачи

- Кои се продуктите на дехидрохалогенирање на следниве соединенија:
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHBrCHBrCH}_3$
 - $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHBrCH}_2\text{Br}$
 - $\text{C}(\text{CH}_3)_3\text{CHBrCH}_2\text{Br}$
- Напиши ја рационалната формула на соединението што после дехалогенирање ќе даде $(\text{CH}_3)_2\text{CHC}\equiv\text{CH}$.

4.3 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛКИНИТЕ

4.3.1 Физички својства на алкините

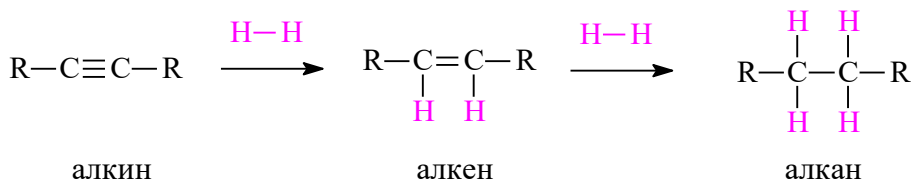
Алкините се неполарни, незаситени јаглеводороди, чии физички својства се слични со оние на алканите и алкените. Алкините се раствораат во органски растворувачи, имаат слаба растворливост во поларни растворувачи и се нерастворливи во вода. Имаат помала густина од водата. Споредено со алканите и алкените, алкините имаат малку повисоки температури на топење и вриење. Агрегатната состојба на алкините се менува со зголемување на молараната маса, така што првите три членови се гасови, до 16-тиот член се течности, а потоа цврсти супстанции. Алкините се без миризба, додека етинот има миризба на лук која се должи на присуството на нечистотии од фосфин.

4.3.2 Хемиски својства на алкините

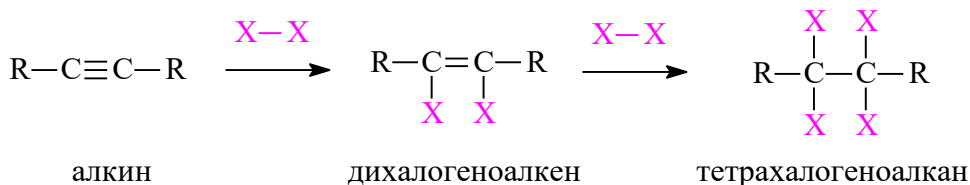
А) Електрофилна адиција

Алкините стапуваат во реакции на *електрофилна адиција*, исто како и алкените. Разликата е што кај алкините е потребно двојно количество од реагенсиот за адиција на тројната врска. Кога несиметричен реагенси се адират на несиметричен алкин, се применува Марковниковото правило. Така, зборуваме за реакции на:

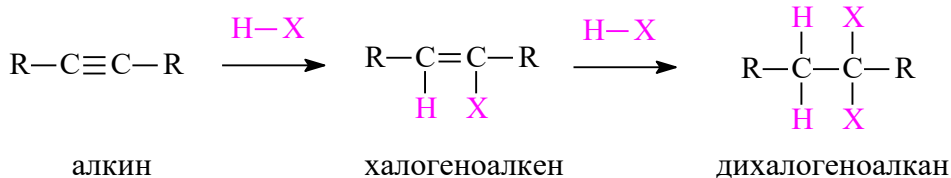
Хидрогенација – адиција на водород (H_2)



Халогенирање – адиција на халоген (Cl_2 или Br_2)

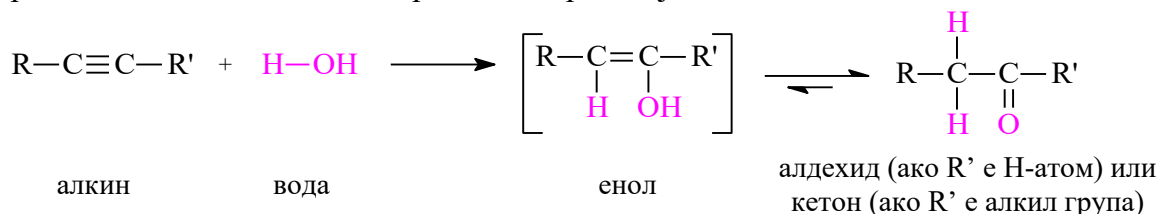


Хидрохалогенирање – адиција на халогеноводород (HCl , HBr или HI)



Хидратација – адиција на вода (H₂O)

Хидратацијата на алкините е посложен процес бидејќи почетниот продукт не е стабилен и брзо се изомеризира. Како што би очекувале, продуктот е алкохол, но, во овој случај, хидроксилната група е сврзана со еден од C-атомите на двојна врска. Овој тип соединенија се нарекува *енол* затоа што е истовремено и алкен (*ен*) и алкохол (*ол*). Енолот е нестабилно соединение и веднаш се изомеризира (прегрупира) или во алдехид или во кетон, како што е прикажано на следната општа равенка на реакцијата:

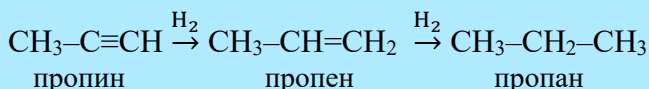


Всушност, доаѓа до поместување на H-атомот од една положба во друга, но истовремено и до промена на локацијата на π врската. За енолот и кетонот велите дека се тавтомери (еден вид структурни изомери), а прегрупирањето меѓу овие две форми е познато како кето-енолна тавтомеризација. Оваа тавтомеризација е рамнотежен процес. Општо земено, кетонот/алдехидот е фаворизираната форма и концентрацијата на енолот е многу ниска.

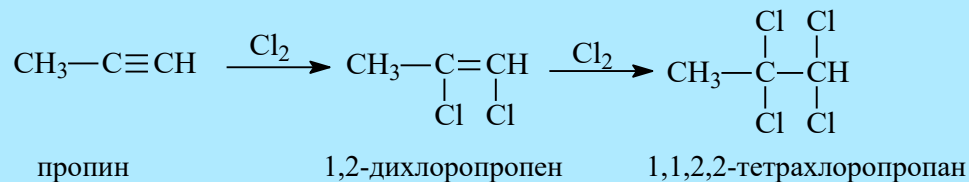
Пример. Напиши ги равенките на реакциите на хидрогенација, хлорирање, хидрохлорирање и хидратација на пропин.

Одговор:

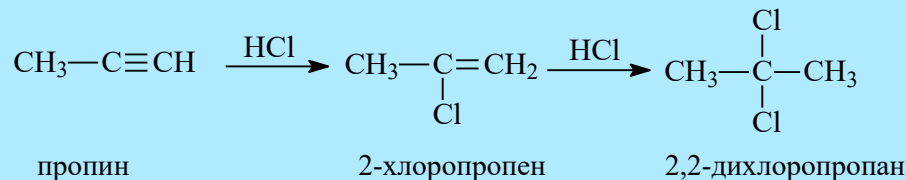
- хидрогенација на пропин



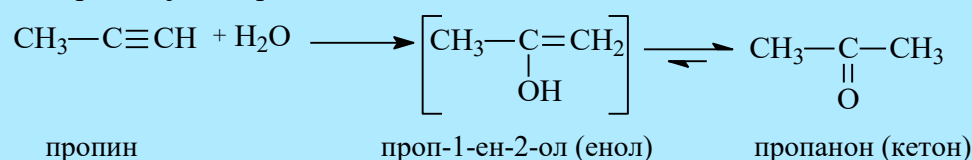
- хлорирање на пропин



- хидрохлорирање на пропин



- хидратација на пропин



Б) Оксидација

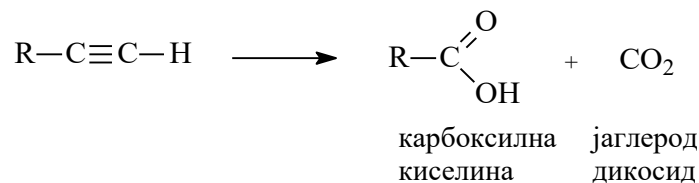
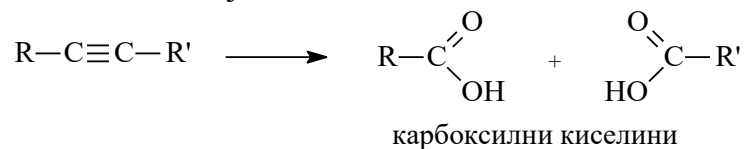
Алкините, слично како и алкените, може да се оксидираат поблаго или посилно во зависност од средината и оксидационите средства што се применуваат. На пример, алкините образуваат вицинални дикарбонили во неутрален раствор од перманганат. При силна оксидација со базен калиум перманганат или озон, се добиваат два продукта, од кои еден е карбоксилна киселина. Всушност, ако се оксидира терминален алкин се образува карбоксилна киселина и јаглерод диоксид, а во другите случаи две карбоксилни киселини.

Блага оксидација



каде што R' е алкил радикал или H-атом

Силна оксидација

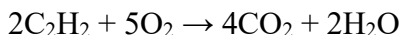


Пример:



В) Горење

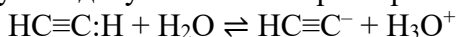
Алкините, како и другите јаглеводороди, горат на воздух и образуваат јаглерод диоксид и вода. При оваа реакција се ослободува големо количество топлина.



Г) Образување на ацетилиди

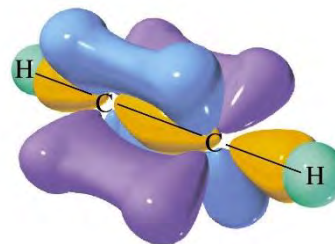
Како што веќе знаеш, кај алкините постои тројна врска, составена од една σ и две π врски. Оваа врска е покуса од единечната и од двојната врска, а заедничките електрони се сместени поблиску до C-атомот. Ова овозможува, при хетеролитичко кинење на врската кај *терминалните алкини* (оние кај кои тројната врска се наоѓа на првиот C-атом) да се образуваат H^+ катјони и карбоанјони. Овие анјони се добри нуклеофили и реагираат со метил и примарни алкил халогениди при што формираат нови C-C врски.

Оттука, може да се заклучи дека терминалните алкини покажуваат делумно кисел карактер.



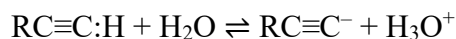
етин

ацетилид



Слика 4.1. Образување на тројна врска

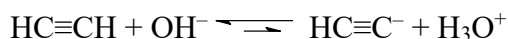
анјон



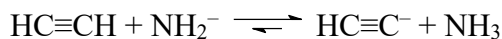
терминален
алкин

ацетирид
анјон

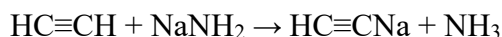
Иако етинот и терминалните алкини се далеку посилни киселини од другите јаглеводороди, сепак тие се многу слаби киселини, многу послаби од водата и алкохолите. Хидроксидните јони (OH^-) се премногу слаби бази и не може да учествуваат во реакција на образување на ацетирид јон од етин (ацетилен). Всушност, рамнотежата е поместена кон образување реактанти. Затоа, вода и алкохоли не може да се користат како растворувачи во кои би се одвивале реакциите на добивање ацетилиди, бидејќи ацетиридот, преку трансфер на протони, преминува во алкин.



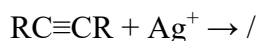
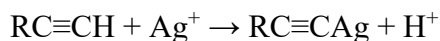
Од друга страна, амидните јони се појаки бази од ацетиридните јони и може квантитативно да го преведат алкиноот во неговата конјугирана база, ацетирид.



Раствори од натриум ацетирид ($\text{HC}\equiv\text{CNa}$) може да се добијат со додавање на натриум амид (NaNH_2) кон етин во течен амонијак како растворувач. Слично, терминалните алкини образуваат соединенија од типот $\text{RC}\equiv\text{CNa}$.



Добивањето на сребро ацетирид е реакција за идентификација на етин и терминални алкини (другите алкини не даваат ваква реакција).



Запомни!

Алкините имаат мала густина, нерастворливи се во вода и имаат температури на вриење слични на алканите.

Алкените стапуваат во реакции на електрофилна адиција и тоа: хидрогенација, халогенирање, хидрохалогенирање и хидратација, потоа оксидација и горење, а поради слабата киселост може да образуваат и ацетилиди.

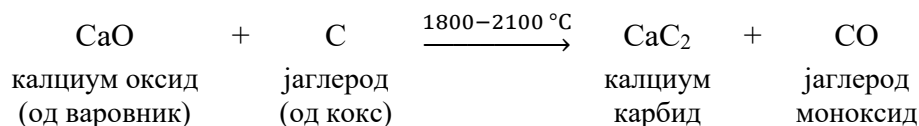
Прашања и задачи

1. Напиши ги равенките на реакциите на хидрогенација, хлорирање, хидрохлорирање и хидратација на $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ и $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCCH}_3$.
2. Што се добива при силна оксидација на $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ и $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCCH}_3$? Напиши ги равенките на реакциите.
3. *Опиши, пишувајќи ги равенките на реакциите, како може да се добие 1,1-дихлороетан од етен.

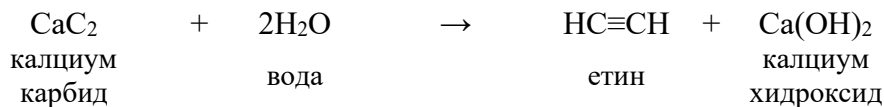
4.4 ЕТИН

Добивање на етин

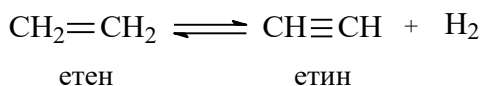
Етинот (тривијален назив е ацетилен) е откриен во 1836 година, но ова не предизвикало големо внимание сè додека неговото **добивање од калциум карбид** не го поттикнало интересот за индустриска примена крајот на XIX век. Во првата фаза од оваа синтеза, варовник и кокс се загреваат во електрична печка и образуваат калциум карбид. Оваа реакција е случајно откриена во 1892 година од канадскиот пронаоѓач Томас Вилсон (Thomas L. Willson) додека барал метод за производство на алуминиум. Реакцијата меѓу калциум карбид и вода се користи и за индустриско и за лабораториско добивање на етин.



Калциум карбид е калциумова сол на карбидните јони ($:\text{C}\equiv\text{C}:^{-}$). Овие јони се силно базни и реагираат со вода образувајќи етин.



Почнувајќи од средината на XX век, почнале да се развиваат алтернативни методи за производство на етин. Една од нив е **дехидрогеноацијата на еџен**.



Реакцијата е ендотермна. Рамнотежата го фаворизира етенот при ниски температури, а етинот над 1150 °C. Навистина, на многу високи температури повеќето јаглеводороди, дури и метанот, се претвораат во етин.

На ова се базира и индустриското добивање на оваа супстанца. Индустриски, етинот се добива со контролирана делумна **оксидација на метан** на високи температури.



Економичноста на оваа постапка се гледа во искористувањето на јаглерод моноксидот и вододот за добивање на алкохол, а помало количество водород се користи како гориво за одржување на температурата потребна за оксидација.

Експеримент:

Добивање и својства на етин



Во пластично шише од 0,5 L стави вода до 1/5 од волуменот на шишето. Направи отвор на сидот на шишето малку над нивото на водата. Додај калциум карбид, а отворот на шишето затвори го згужван лист од весник. Откако ќе забележиш меурчиња, запали го гасот на отворот на сидот од шишето. Што се случува?

Поради опасноста на изведување на овој експеримент се препорачува само да се проследи експериментот преку видео запис на интернет.

Својства и примена на етин

Чистиот етин е безбоен гас со пријатна слаба миризба, но при постапката за добивање од калциум карбид честопати има траги од фосфин и оттука неговата миризба на лук.

Етинот може да се разложи до прости супстанции со ослободување на топлина. Ова разложување може да биде експлозивно или не, во зависност од условите.

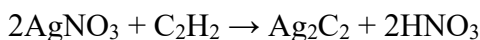
Смеси од воздух и етин се експлозивни во широк опсег (од околу 2,5 % воздух во етин до околу 12,5 % етин во воздух).

Етинот, како и другите алкини, има својство да гори. Кога гори со точно определено количество воздух, етинот дава чиста, бела светлина, и поради ова тој се користел за осветлување на локации без достап на електрична енергија (на пример, светилки на рударите и сигнализација на патот). Согоорувањето на етин ослободува големо количество топлина, поради што наоѓа примена во апаратите за заварување. Етинот достигнува највисока температура (околу 3300 °C) од која било позната смеса на запаливи гасови.



Слика 4.2. Етинот наоѓа примена во апаратите за заварување

Ако гасовит етин се пропушти низ амонијачен раствор од сребро нитрат, се образува сивкастобел талог од сребро ацетирид, Ag_2C_2 . Ова соединение е силно експлозивно и може да се детонира под дејство на топлина, триење или удар.



Етинот има значење како почетен материјал од кој се подготвуваат повисоки алкини. Повеќе од 1000 природни производи содржат тројни C-C врски, како на пример стеаролската $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH})$ и таринската киселина $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{COOH})$, се масни киселини, карбоксилни киселини со неразгранети низи од 12-20 C-атоми. Етинот наоѓа комерцијална примена при производство на различни индустриски производи и производи за широка потрошувачка, како што се етанол, ацеталдехид, синтетички гуми, бои на база на вода, подни облоги, растворувачи за хемиско чистење и спрејови за аеросолни инсектициди.

Запомни!

Најважен начин за добивање на етин е реакција на калциум карбид и вода.

Етинот, при доволно присуство на воздух, гори со чиста, бела светлина.

Се применува во апаратите за заварување, како и во голем број индустриски производи и производи за широка потрошувачка.

Прашања и задачи

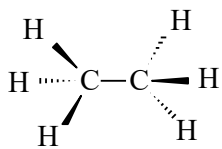
1. Дали етинот може да реагира со бромна вода и калиум перманганат? Изведи експеримент за добивање на етин со твојот/ата наставник/чка и истражи ги својствата на етинот.

4.5 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

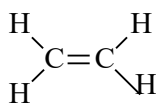
1. Во соединението $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ има:

- а) три σ и две π врски
- б) три σ и една π врска
- в) една σ и две π врски
- г) две σ и две π врски
- д) две σ и три π врски

2. Односот на $\text{H}-\text{C}-\text{C}$ аглите во соединенијата приближно изнесува:



a



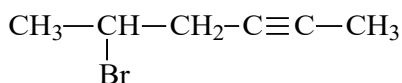
b



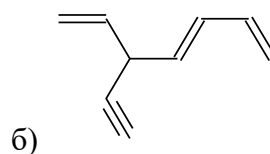
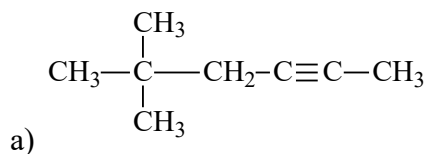
c

- а) $a : b : c = 1 : 1,10 : 1,65$
- б) $a : b : c = 1 : 1 : 1$
- в) $a : b : c = 3 : 2 : 1$
- г) $a : b : c = 1 : 2 : 3,2$
- д) $a : b : c = 1,65 : 1,0 : 1,10$

3. Зошто 2-бромохекс-4-ин е неточен назив за следново соединение? Наведи го точниот назив на соединението.



4. Именувај ги соединенијата претставени со следниве формули:



5. Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија:

- а) окт-1-ин
- б) окт-2-ин
- в) окт-3-ин
- г) окт-4-ин
- д) 2,5-диметилхекс-3-ин
- ѓ) 4-етилхекс-1-ин
- е) етинилциклохексан
- ж) 3-етил-3-метилпент-1-ин

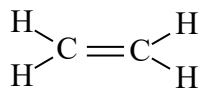
6. Сите соединенија наведени во претходното прашање се изомери, освен едно. Кое?

7. Напиши ја равенката на реакцијата на дехидрохалогенирање на 3,4-дихлорохептан и именувај ги сите учесници во реакцијата.

8. Напиши ги равенките на реакциите на хекс-1-ин со:

- а) 2 mol H_2
- б) 1 mol Br_2
- в) 2 mol HBr
- г) 1 mol H_2O

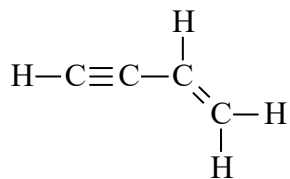
9. Кои од следниве супстанции може да адират бром?



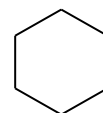
I



II



III



IV

- а) I, II, III
- б) I, III
- в) III, IV
- г) II, IV
- д) I, II, III, IV

10. Што се добива при силна оксидација на окт-2-ин? Напиши ја равенката на реакцијата.

5 АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА

Содржина

Структура на бензенот и Хикеловото правило за ароматичност

Поим, номенклатура и изомерија кај арениите

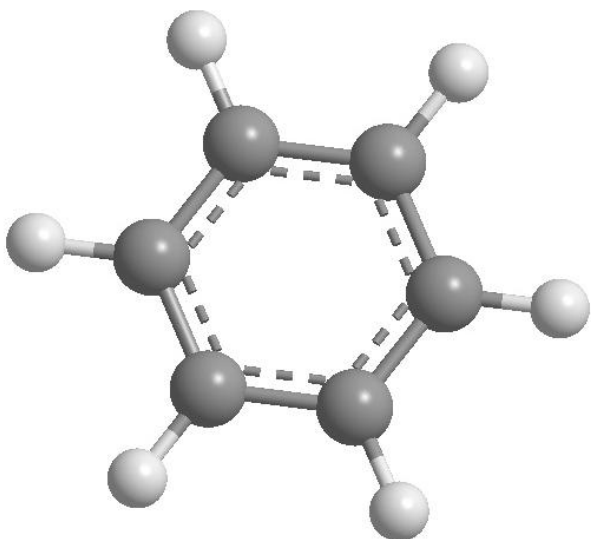
Наоѓање и добивање на бензен и арени

Физички и хемиски својства на бензен и арени

Ароматични соединенија со фузирани бензенски јадра и хетероциклични

Долгата изложеност на бензен може да предизвикува болест која се нарекува **леукопенија** (намалување на белите крвни зрнца во крвта). Метаболитите на бензенот може да реагираат со протеините и ДНК во коскената срж, менувајќи го производството на белите и црвените крвни зрнца.

Затоа кога во лабораториите работите со бензен треба да бидете многу внимателни!



Поими

- бензен, ароматичност, ароматични соединенија, кекулеови структури, резонанција, резонантни структури, резонантен хибрид делокализација
- Хикелово правило
- арени, изомерија (ortho, meta, para)
- фракциона дестилација, алкилирање, електрофилна ароматична супституција, нитирање, халогенирање, алкилирање, ацилирање, адисија
- ароматични соединенија со фузирани бензенски јадра: нафтален, антрацен, фенантрен
- хетероциклични ароматични соединенија: пирол, фуран, тиофен, пиридин

Вовед

Ароматичните соединенија го добиле називот поради пријатната миризба на првите претставници кои биле добиени од растенијата. Такви се, на пример, бензалдехид (од цреши, праска, лешник) и бензен (од јаглероден дестилат). Меѓутоа, денес под ароматични соединенија се подразбираат соединенија кои содржат бензеново јадро.

Првиот претставник на ароматичните соединенија е **бензен**, чија молекулска формула е C_6H_6 .

Еден од најпознатите научници на XIX век, Мајкл Фарадеј (Michael Faraday), во 1825 година, за првпат го изолирал бензенот. Роден е во Англија. Во 1825 година станува директор на лабораторијата на Royal Institutions, а во 1833 година редовен професор по хемија. Познати се неговите истражувања и за електричество и магнетизам.

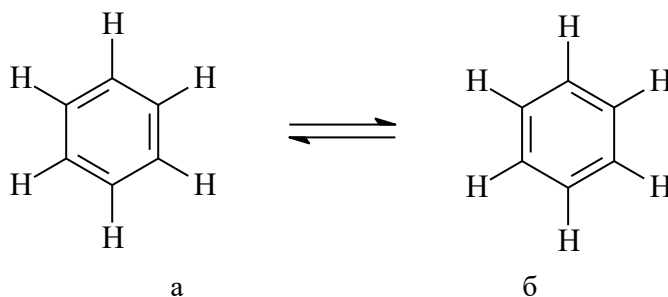


Слика 5.1. Мајкл Фарадеј (1791–1867)

5.1 СТРУКТУРА НА БЕНЗЕНОТ И ХИКЕЛОВОТО ПРАВИЛО ЗА АРОМАТИЧНОСТ

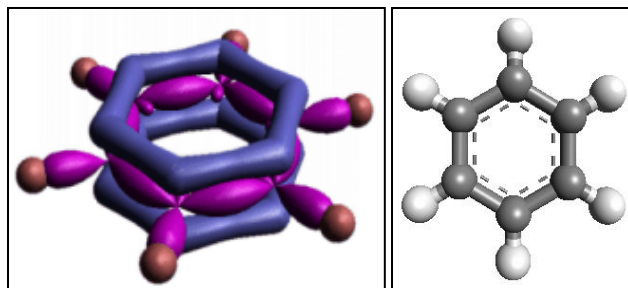
5.1.1 Структура на бензенот

Во 1865 год. научникот Кекуле (August Kekulé) ја претставил првата структурна формула на бензенот во форма на правилен шестоаголник. Во оваа структура, секој јаглероден атом е сврзан со по еден водороден атом и два други јаглеродни атоми, така што секој јаглероден атом е тривалентен. Со оглед на тоа што јаглеродните атоми во органските соединенија се четиривалентни, Кекуле предложил модификација на овие структури, односно дека во рамнотежа постојат две структури. Овие структури денес се познати како *Кекулеови структури*.



Слика 5.2. Кекулеови структури

Според структурната формула на бензенот (Слика 5.2) се претпоставува дека е незаситено соединение. Меѓутоа, експерименталните податоци покажале дека има некои заеднички својства со заситените јаглеводороди (полесно стапува во супституциони реакции одколку во адисиони). Потврдено е дека сите шест C–C врски се еднакви со должина од $1,395 \cdot 10^{-10}$ m, која што е меѓу двојната и тројната врска (сепак, поблиску е до должината на двојната врска).



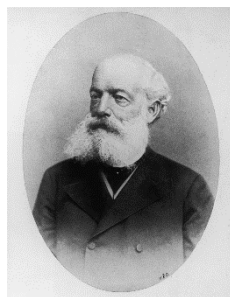
Слика 5.3. Модели на молекулата на бензенот

Истражувај!

Прочитај за животот на Аугуст Кекуле!

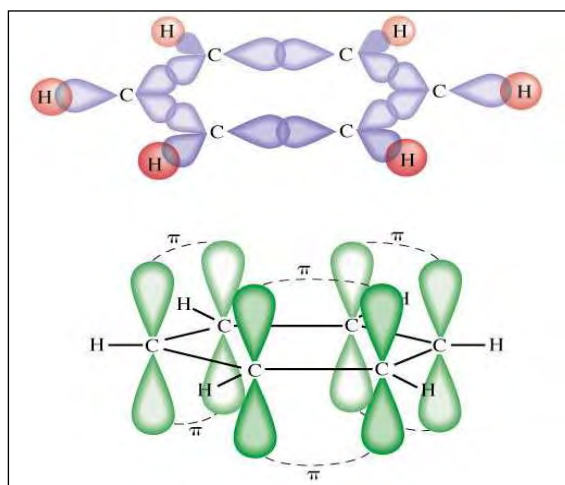
Продлабочи го твоето знаење разгледувајќи видео анимации на интернет за електронската структура на бензенот и за други ароматични соединенија.

Обиди се самостојно да направиш модел на молекулот на бензенот.



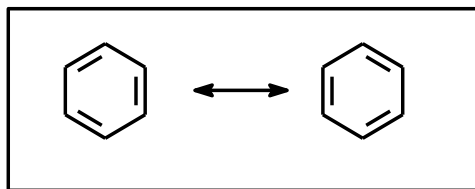
Слика 5.4. Аугуст Кекуле (1829–1896)

Најдоброто објаснение може да се даде ако се разгледа начинот на препокривање на атомските орбитали на јаглеродот. Имено, тука е карактеристична **sp^2 хибридизација**, односно јаглеродните атоми се sp^2 хибридизирани и лежат во една рамнина. Бензенот може да се претстави како правилен шестоаголник во кој C–C–C и C–C–H аглиите изнесуваат 120° . Нехибридираните p орбитали се препокриваат така што нивните електрони се **делокализирани**, односно истовремено им припаѓаат на сите C-атоми. Велиме се образува π -електронски облак, кој доведува до поголема стабилност на бензеновото јадро и поинакво хемиско однесување на бензенот.



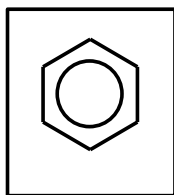
Слика 5.5. Модел на препокривање на орбиталите кај молекулот на бензенот

Посебна заслуга за ова има научникот Лајнус Полинг (Linus Pauling) кој во 1930 година ја претставил современата структура на бензенот. Тој го претставил бензенот преку два графички приказа (Слика 5.6) и ги нарекол **резонантни структури**.



Слика 5.6. Резонантните структури на бензенот

Вистинската структура на бензенот всушност претставува хибрид на овие две еквивалентни структури, наречени *резонантен хибрид*. Овој резонантен хибрид, кој графички ја претставува структурата на бензенот, е даден на Слика 5.7.



Слика 5.7. Вистинска структура на бензенот

Според ова, структурата на бензенот е претставена со правилен шестоаголник со впишан круг, кој ги претставува шесте делокализирани π -електрони. Поради тоа, поправилно би било структурната формула на бензенот да ја запишуваме како на Слика 5.7.

5.1.2 Хикеловото правило за ароматичност

Голем број органски соединенија имаат слични својства на бензенот и се нарекуваат *ароматични*. Секое соединение што го исполнува т.н. *Хикеловото правило за ароматичност* претставува ароматично соединение.

Хикелово правило за ароматичност: соединенијата се ароматични ако молекулата е циклична и планарна и ако содржи $4n + 2$ π -електрони, т.е. електрони кои можат да градат π -врски, каде што n е некој природен број т.е 1, 2, 3, ... Всушност, молекулите со 2, 6, 10 итн. π -електрони може да бидат ароматични.

Пример. Користејќи го Хикеловото правило за ароматичност, провери кои од наредните соединенија се ароматични: а) циклобутадиен, б) бензен.

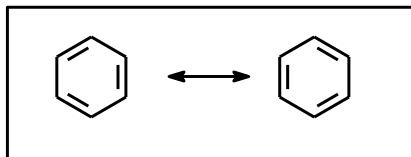
Одговор:

а) Најпрвин утврдуваме дека молекулата е циклична и планарна, а потоа го проверуваме третиот услов – да содржи $4n + 2$ π -електрони. Во молекулата на циклобутадиен има две двојни врски, односно 4 π -електрони. Според тоа, третиот услов не е исполнет и велíme дека ова соединение не е ароматично.

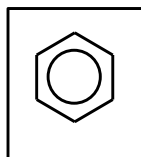
б) Молекулата на бензенот е циклична и планарна. Освен тоа, неа има три двојни врски, односно 6 π -електрони. Според тоа, сите три услови од Хикеловото правило за ароматичност се исполнети и заклучуваме дека бензенот е ароматично соединение.

Запомни!

Можни се две резонантни структури на бензенот.



Структурата на бензенот најточно графички се претставува како *резонантен хибрид* на горенаведените две резонантни структури:



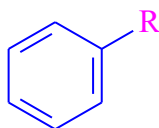
Прашања и задачи

1. Истражи дали сите ароматични соединенија се со пријатна миризба.
2. Каков вид хибридизација е карактеристична за бензен?
3. Нацртај и објасни ги резонантните структури на бензенот!
4. Употребувајќи го Хикеловото правило за ароматичност одреди кои од следните соединенија се ароматични:
 - а) бензен
 - б) циклопентен
 - в) циклопентадиен

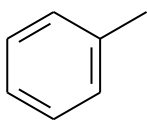
5.2 ПОИМ, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЈА КАЈ АРЕНИТЕ

5.2.1 Поим за арени

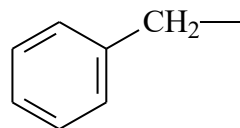
Арениите претставуваат супституирани деривати на бензенот во чијшто молекули еден или повеќе водородни атоми се заменети со алифатични радикали. Значи, тие се составени од **ароматичен** и **алифатичен** дел.



Слично како и досега, радикалите се добиваат со одземање на еден водороден атом од молекулата на ароматичното соединение. Најпознати ароматични радикали се фенил радикалот C_6H_5 (кој се добива од бензенот, C_6H_6) и бензил радикалот, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2$ – (изведен од толуенот).



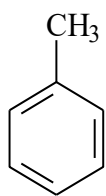
фенил радикал



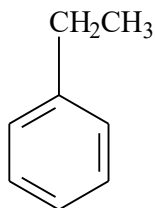
бензил радикал

5.2.2. Номенклатура на арени

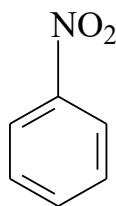
Ароматичните соединенија се именуваат според IUPAC-овата номенклатура, но некои од нив имаат и тривијални називи. Со замена на само еден водороден атом во бензенот со различни атоми или атомски групи се добиваат моносупституирани деривати на бензенот. При нивното именување, пред зборот бензен се додава називот на супституираниот алкил радикал. На пример:



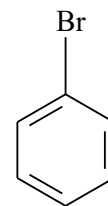
метилбензен
(толуен)



етилбензен

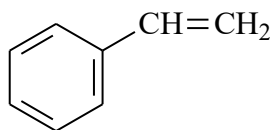


нитробензен



бромобензен

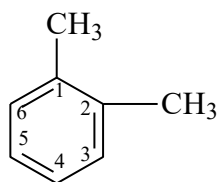
Освен горенаведените радикали, арените во страничните низи може да имаат и алкинил и алкенил радикали. Од арените што имаат алкенил радикал, како најважен претставник можеме да го спомнеме стиренот (етенилбензен), $C_6H_5CH=CH_2$.



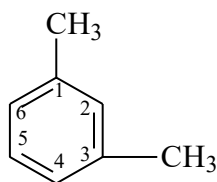
етенилбензен
(стирен или винилбензен)

5.2.2 Изомерија кај арените

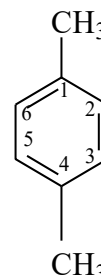
Кај моносупституираните деривати на бензенот не се појавува изомерија, додека кај дисупституираните деривати на бензенот се појавува изомерија како резултат на меѓусебната положба на супституентите. Ако супституентите се наоѓаат на два соседни јаглеродни атоми (положба 1,2-) се добиваат *орто* изомери (*o*-), ако се преку еден јаглероден атом (положба 1,3-) се добиват *мета* изомери (*m*-), и кога супституентите се наоѓаат преку два јаглеродни атоми (положба 1,4-), се добиваат *пара* изомери (*p*-). На пример:



o-ксилен
(1,2-диметилбензен)

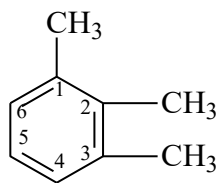


m-ксилен
(1,3-диметилбензен)

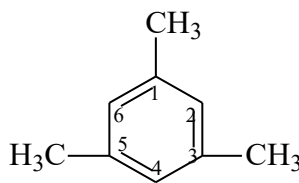


p-ксилен
(1,4-диметилбензен)

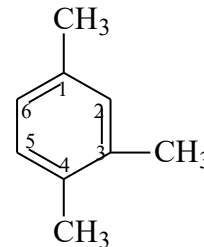
Исто така, се појавува изомерија кај трисупституираните деривати на бензенот. Кога радикалите се идентични можни се три изомери, а ако радикалите се различни, бројот на изомери се зголемува.



1,2,3-триметилбензен



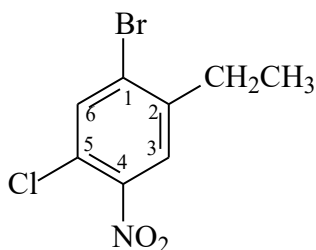
1,3,5-триметилбензен



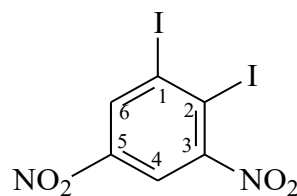
1,3,4-триметилбензен

Изомерната положба (1,2,3) на соединението се нарекува *вицинален изомер*, изомерната положба (1,3,5) на соединението се нарекува *симетричен изомер*, додека изомерната положба (1,3,4) на соединението се нарекува *асиметричен изомер*.

Кај четири и повеќесупституираните деривати на бензенот именувањето се врши така што супституентите да добијат најниски можни бројни вредности според азбучниот редослед. На пример:



1-бромо-2етил-4-нитро-5-хлоробензен



1,2-дијодо-3,5-динитробензен

Запомни!

Ароматичните соединенија се именуваат според IUPAC-овата номенклатура, но некои од нив имаат и тривијални имња во зависност од името што го добиле при нивното откривање.

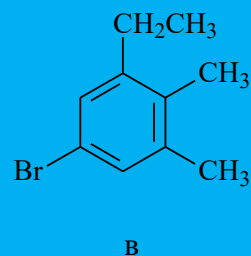
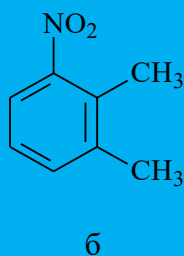
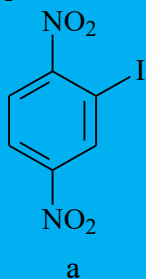
Кај моносупституираните деривати на бензенот не се појавува изомерија.

Кај дисупституираните деривати на бензенот карактеристична е **орто, мета и пара изомерија**.

Кај трисупституираните деривати на бензенот постојат **вицинален, симетричен и асиметричен изомер**.

Прашања и задачи

- Нацртај ги рационалните формули на соединенијата:
а) пропилбензен б) 1,4-диметилбензен в) 1,3,4-триетилбензен
- Нацртај ги сите можни рационални формули на соединенијата:
а) C_6H_5Cl б) $C_6H_4(CH_3)_2$ в) $C_6H_2(NO_3)_3CH_3$
- Напиши ги рационалните формули на сите изомери на диметилбензен и именувај ги според IUPAC. Наведи ги нивните тривијални називи.
- Именувај ги следниве органски соединенија според IUPAC-овата номенклатура:



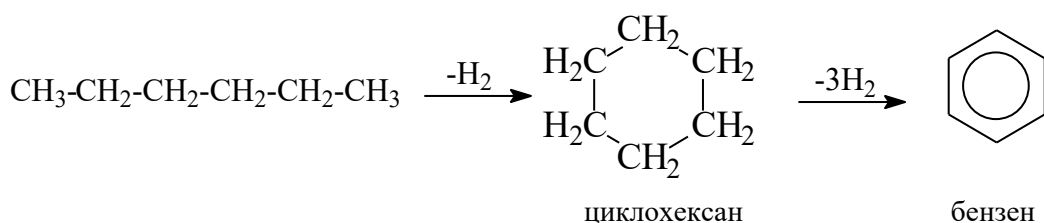
5.3 НАОЃАЊЕ И ДОБИВАЊЕ НА БЕНЗЕН И АРЕНИ

Во денешно време постојат различни индустриски и лабораториски методи за добивање на овие соединенија. Ароматичните соединенија се добиваат од два главни извори: камениот јаглен и нафтата. Различни видови нафта содржат различни видови и количества арени, од каде што може да се добијат со фракциона дестилација. Со термичко разложување на камениот јаглен на 1000 °C, без присуство на воздух, се добива течна фракција, катран на камениот јаглен, од која што со фракциона дестилација може да се добијат бензен, толуен, ксилен, нафтален и други ароматични соединенија.

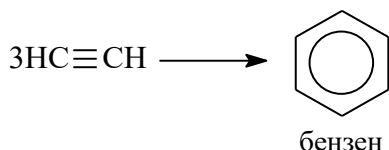
Во поново време, поради нивната широка примена, бензен и арените се добиваат со лабораториски (синтетички) методи.

5.3.1 Добивање на бензен

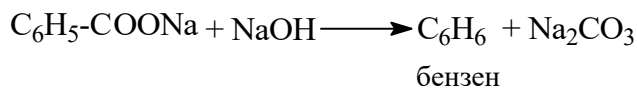
- 1) Бензенот може да се добие од алкани, каде што најпрвин се добива циклично соединение, а потоа се врши дехидрогенизација.



- 2) Полимеризација на алкини (етин).



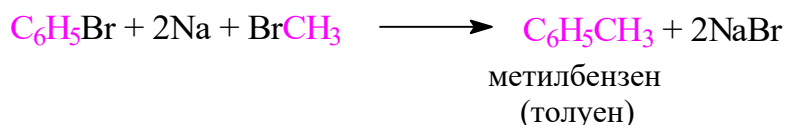
- 3) Декарбоксилација од безводен натриум бензоат.



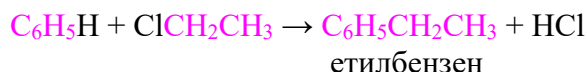
5.3.2 Добивање на арени

Дериватите на бензенот може да се добијат преку следниве начини на **алкилирање**:

- 1) **Фитиговата синтеза** (Fittig) се состои во тоа што метален натриум реагира со смеса од халогенобензен и некој алкил халогенид:



- 2) **Фридел-Крафтовата синтеза** (Friedel-Crafts) се врши со директна супституција на водородните атоми во бензенот со соодветни радикали. При изведување на оваа реакција како катализатор се користи алуминиум хлорид, AlCl_3 :



Ароматичните јаглеводороди со незаситена странична низа (алкенилбензени и алкинилбензени) се добиваат главно според методите за добивање на алкените и аклините.

Истражувај!

Пребарај различни видео експерименти за реакции на алкилирање!

Истражувај од различни извори и подготви проектна задача за индустриско добивање на бензен и поважни арени од нафта и камениот јаглен!

Запомни!

Ароматичните соединенија се добиваат од камениот јаглен и нафтата.

Лабораториски, бензенот може да се добие тргнувајќи од алкан, алкин и од безводен натриум бензоат.

Фитиговата и Фридел-Крафтовата синтеза се користат за добивање арени.

Прашања и задачи

1. Опиши ги начините на индустриско добивање на арени и бензен!
2. Напиши ја општата равенка на реакцијата според која се одвива Фридел-Крафтовата синтеза.
3. Дали Фитиговата синтеза претставува индустриско или лабораториско добивање на арени? Напиши ја општата равенка на оваа реакција.

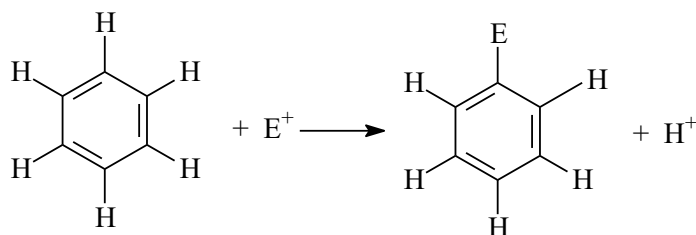
5.4 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА БЕНЗЕН И АРЕНИ

5.4.1 Физички својства на бензен и арени

Арените се безбојни течности со карактеристична миризба. Во вода не се раствораат, но се растворуваат во неполарни растворувачи. Бензенот во гасна фаза е многу отровен, па затоа неговата примена е главно за добивање на други ароматични соединенија. Температурата на топење на бензен е 5,5 °C, додека температурата на вриење е 80 °C. Кај арените со зголемување на моларната маса се забележува зголемување на вредностите за температурите на топење и вриење, иако ова ќе зависи и од обликот на молекулите. Најчесто, овие соединенија имаат помала густина од водата.

5.4.2 Хемиски својства на бензен и арени

Поради карактеристичната структура на бензеновото јадро, односно поради делокализацијата на електроните, молекулата на бензен е исклучително стабилна. За да се зачува стабилноста на бензенот, тој потешко стапува во реакции на адиција, а полесно во реакции на супституција. Карактеристична реакција за бензенот е *електрофилната ароматична супституција*, која се одвива со напад на електрофилна честичка (E^+) на бензеновото јадро (кое е богато со електрони) и замена на еден од водородните атоми.



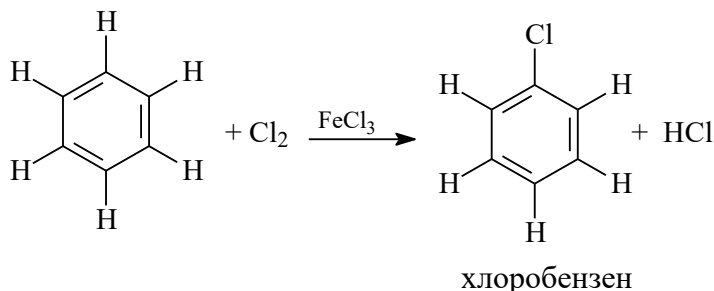
Потсети се за
електрофилни и
нуклеофилни честички.

I. Реакции на електрофилна супституција

Со помош на електрофилна ароматична супституција на ароматичниот прстен може да се заменат различни супституенти. Со избор на соодветен реагенс, бензенот и другите ароматични соединенија може да стапат во следните реакции:

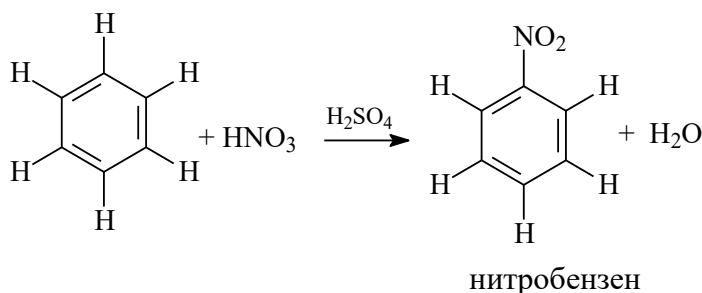
1) Реакција на халогенирање

Ароматичниот прстен може да реагира со халогени елементи (F_2 , Cl_2 , Br_2 и I_2) во присуство на $AlCl_3$ или $FeCl_3$ како катализатор.



2) Реакција на нитрирање

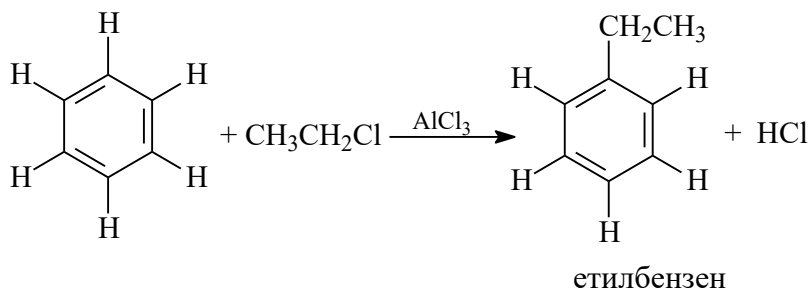
Бензенот може да се нитрира при реакција со смеса од концентрирана азотна и сулфурна киселина. Во оваа реакција како електрофил се јавува нитро групата (NO_2^+), којашто го заменува водородниот атом од ароматичниот прстен. Концентрираната сулфурна киселина се додава за да може да се образува електрофилната честичка (NO_2^+), но помага и во отстранувањето на образуваната вода.



3) Реакција на алкилирање

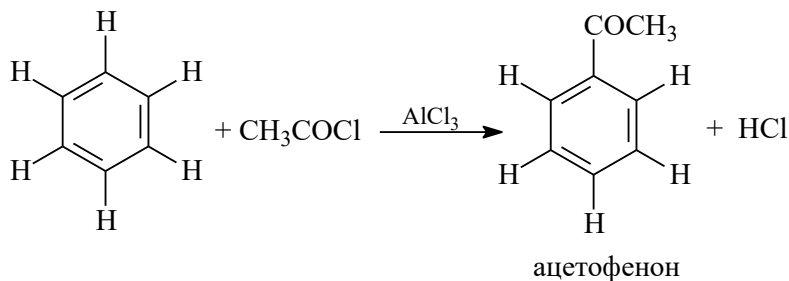
Според истражувањата на Чарлс Фридел (Charles Friedel) и Џејмс Крафт (James Crafts) во 1877 година било докажано дека бензеновото јадро може да се алкилира при реакција на алкил халогениди во присуство на AlCl_3 како катализатор. Всушност, станува збор за реакција на супституција на водород со алкил група.

Чарлс Фридел (Charles Friedel) е роден во Стразбург (Франција) во 1832 год. Студирал во Сорбона, Париз. На почетокот бил професор по минерологија во School of Mines, а потоа работел како професор по хемија во Сорбона (1884-1899). Како минеролог и еминентен хемичар тој за првпат се обидел да добие синтетички дијамант.



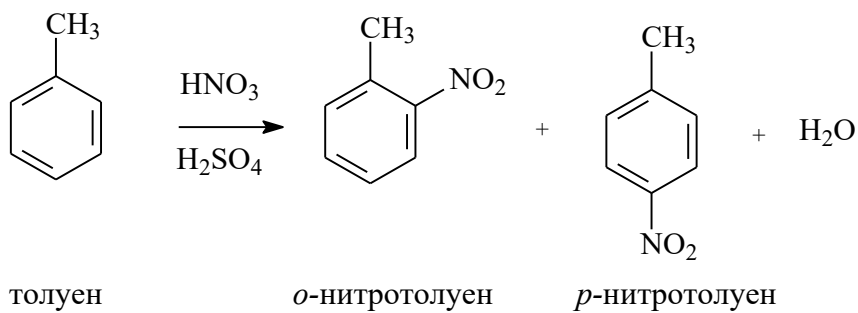
4) Реакција на ацилирање

При реакција на ацилирање, водородниот атом од ароматичниот прстен се заменува со ацил група ($\text{RCO}-$) и се добива соодветен дериват на бензенот.



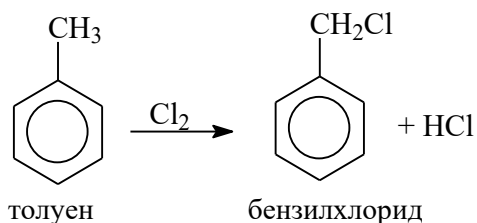
Супституцијата кај арените може да настане на прстенот (односно, во ароматичното јадро) и на страничната низа.

Супституционите реакции во бензенското јадро се одвиваат полесно и побрзо отколку кај бензенот. Освен тоа, супституентите влијаат на местоположбата на супституцијата. Во случај кога се присутни алкил супституенти, се добива смеса од *орџо* и *џара* супституирани арили.



Освен алкил групите ($-R$), во *орџо* и *џара* положба ориентираат и $-NH_2$, $-OH$, халогените елементи и др. За разлика од нив, $-NO_2$, $-CN$, $-COOH$ и $-CHO$ групите ќе даваат *мета* супституирано соединение.

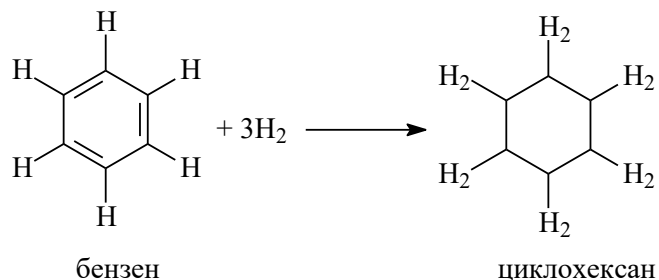
Супституционите реакции во страничната низа кај алкилбензените се слични со оние кај алифатичните соединенија.



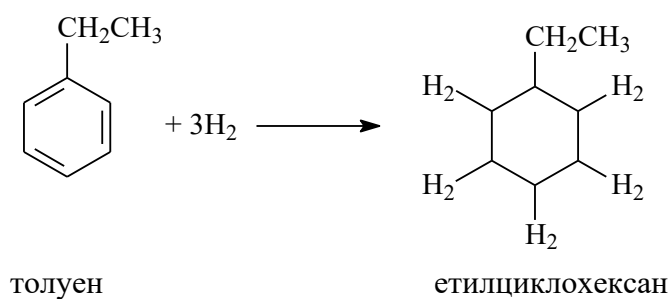
II. Реакции на адиција

Иако спомнавме дека бензенот и ароматичните соединенија потешко стапуваат во реакција на адиција, сепак во посебни услови може да учествуваат и во ваков тип реакции. За одвивање на адиционите реакции потребни се катализатор, повисока температура и притисок.

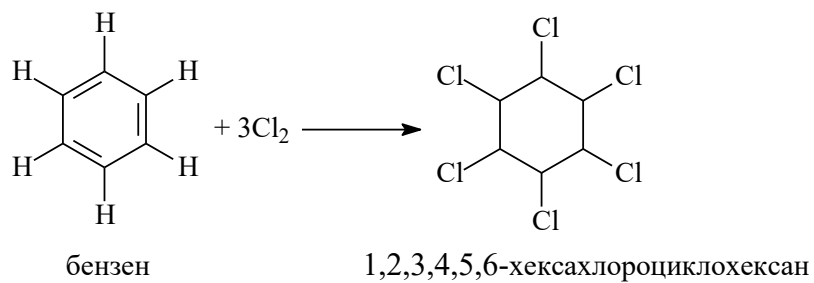
- 1) При **каталитичка хидрогенација** на бензенот се раскинуваат трите двојни врски и се добива циклохексан.



Хидрогенација е можна и кај арените. Така, од толуен се добива етилциклохексан.

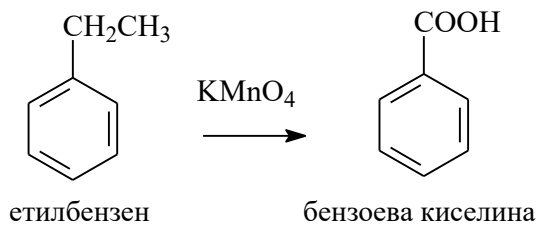


- 2) Реакцијата на **адисија на хлор** се изведува под дејство на сончева светлина.



III. Реакции на оксидација

При оксидација на алкилбензени се добиваат карбоксилни киселини.



Истражувај!

Истражувај за неполарни и поларни растворувачи! Во помали групи изведете демонстрационен експеримент за испитување на растворливоста на бензен во различни поларни и неполарни растворувачи.

Од различни извори пребарај за реактивноста на бензен и изведи демонстрационен експеримент за испитување на реакцијата на бензен со бромна вода.

Запомни!

Бензен е безбојна течност со карактеристична мирисба. Неговите пари се токсични.

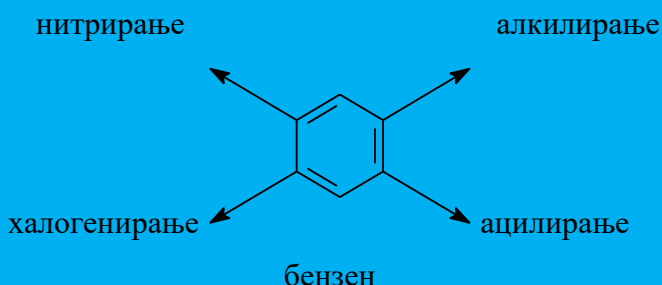
За бензен и арените најкарактеристична е реакцијата на електрофилна ароматична супституција.

Бензенот и арените учествуваат во различни типови на реакции како: *нитрирање, халогенирање, алкилирање и ацилирање*.

При посебни услови, овие соединенија потешко стапуваат во реакција на адисија.

Прашања и задачи

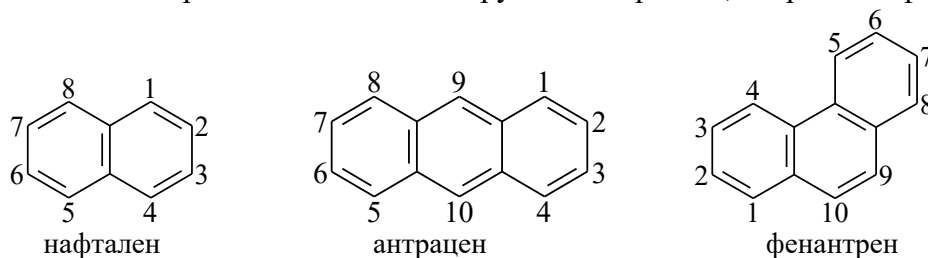
1. Наброј ги физичките особини на бензен и арени!
2. Како зависи типот на реакции во кои стапуваат бензенот и арените од структурата на ароматичниот прстен? Образложи го одговорот!
3. На скицата подолу напиши ги продуктите на реакциите на електрофилна ароматична супституција :



5.5 АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА СО КОНДЕНЗИРАНИ БЕНЗЕНСКИ ЈАДРА И ХЕТЕРОЦИКЛИЧНИ АРОМАТИЧНИ СОЕДИНЕНИЈА

5.5.1 Ароматични соединенија со фузирани бензенски јадра

Ароматични соединенија со фузирани (кондензирани) бензенски јадра претставуваат соединенија кои во своите молекули содржат две или повеќе меѓусебно поврзани бензенови јадра. Поважни претставници во оваа група се: нафтален, антрацен и фенантрен.



Нафталенот содржи два кондензирани бензенови прстени и по своите хемиски својства е сличен на бензенот. С-атомите се sp^2 хибридизирани, а молекулата е планарна. Во молекулата на нафталенот секој С-атом е сврзан со три други С-атоми со σ врски. Преостанатите нехибридизирани p орбитали (по една кај секој С-атом) се препокриваат и образуваат π врски.



Слика 5.8. Структура на нафтален

Пример. Користејќи го Хикеловото правило за ароматичност, провери дали нафталенот е ароматично соединение.

Одговор:

Нафталенот има циклична и планарна структура. Молекулата содржи 10 π -електрони и два прстена ($n=2$), па $4n+2=4\cdot 2+2=10$. Ова покажува дека се исполнети условите и може да сметаме дека нафталенот е ароматично соединение.

На обична температура нафталенот е цврста супстанца со карактеристична миризба. Не се раствора во вода, а полесно се раствора во поларни растворувачи (на пример, алкохол или етер). Нафталенот се употребува како инсектицидно средство, во индустријата за бои и лакови и како антисептик. Неконтролираното користење на оваа соединение ги уништува црвените крвни зрнца во крвта. Подолго изложување на нафтален може да предизвика вртоглавица, гадење, повраќање и дијареа.

Антраценот се наоѓа во катранот на камениот јаглен. Се добива од фракција на камениот јаглен и се вика *антраценско масло*. Претставува бела кристална супстанца со виолетова флуоресценција. Антраценот е органски полупроводник, а се користи за добивање на ализарин и други бои, како инсектицид, материјал за обложување, додека неговите деривати имаат специјализирана употреба.

Фенентренот е изомер на антраценот. Не се раствора во вода, туку во органски поларни растворувачи, како алкохол, толуен, етер, хлороформ и др. Се употребува во индустријата за бои и за добивање на пластика и пестициди. Претставува канцерогено соединение.

Провери дали овие две соединенија го задоволуваат Хикеловото правило за ароматичност.

Истражувај!

Продлабочи го твоето знаење разгледувајќи видео анимации за електронската структура на соединенија со фузирани (кондензирани) бензенски јадра и хетероциклични ароматични соединенија.

Самостојно нацртај ги структурните формули на кондензирани бензенски јадра и со Хикеловото правило провери кои од тие соединенија се ароматични.

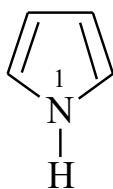
Пребарај кои од ароматичните соединенија се канцерогени.

5.5.2 Хетероциклични ароматични соединенија

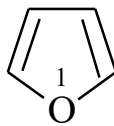
Голем број хетероциклични соединенија се користат во многу области од науката и технологијата. Имено, голем број лекови се добиваат од хетероциклични соединенија. **Хетероциклични ароматични соединенија** (од грчки назив *хеџиро*, што значи *различен*) се циклични соединенија кои во прстенот, освен јаглеродни атоми, содржат атоми од други елементи. Вакви елементи може да бидат O, N, S и други.

Од хетероцикличните ароматични соединенија најголемо значење имаат соединенијата со петочлен и шесточлен прстен. Хетероцикличните соединенија се именуваат според нивните тривијални називи, кои ги добиле според нивното откривање, потеклото, некое својство или начин на добивање. Нумерирањето на атомите во хетероцикличните соединенија започнува од хетероатомот и продолжува во насока на нумерирање на другите хетероатоми или радикали, така што тие да добијат што е можно помал број.

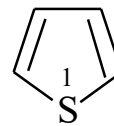
Најважните претставници на петочлените ароматични соединенија се: **пирол, фуран и тиофен**.



пирол

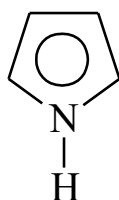


фуран

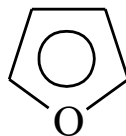


тиофен

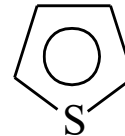
За петочлените хетероциклични ароматични соединенија карактеристична е sp^2 хибридизацијата. Во прстените на овие соединенија секој атом е сврзан преку σ врски со останатите атоми. За образување на овие врски, секој атом учествува со по три sp^2 -орбитали, кои во рамнината лежат под агол од 120° . Со странично препокривање на p орбиталите се образува π -електронски облак, што значи дека електроните им припаѓаат подеднакво на сите атоми во прстенот (тие се делокализирани). Затоа кај пиролот, тиофенот и фуранот наместо две двојни врски во прстенот се става круг кој го претставува ароматичниот секстет.



пирол



фуран



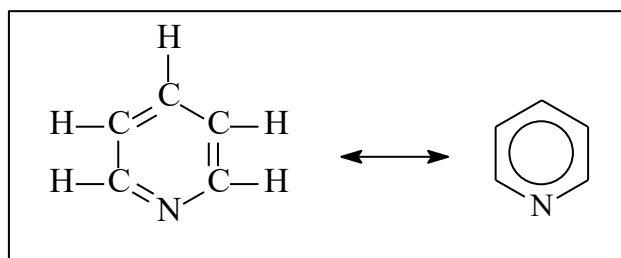
тиофен

Дериватите на пиролот се широко распространети во живиот свет. Пиролни соединенија се наоѓаат во голем број алкалоиди, како што се никотин, морфин, кинин, стрихнин, ефедрин и во други. Витаминот В12 содржи четири пиролни прстени споени во поголем прстенест систем кој се нарекува порфирин. Освен тоа, пиролот се наоѓа во структурите на хемоглобин и хлорофил.

И дериватите на фуранот имаат важна употреба како растворувачи за индустриски цели, како и за добивање на адипинска киселина и хексаметилендиамин, како суровини за добивање на најлон, смоли и пластика. Витаминот С претставува многу важен дериват на фуранот.

Тиофенот и неговите деривати се наоѓаат во катранот на камениот јаглен и суровата нафта, од каде што и може да се добијат со фракциона дестилација. Најважниот биолошки дериват на тиофен е витаминот биотин, В-комплекс.

Најважен претставник на шесточлените хетероциклични ароматични соединенија е **пиридинот**. Тој содржи азот како хетероатом, а структурната формула на пиридинот е слична на бензенот.



пиридин

Како и кај бензенот, и молекулата на пиридинот има планарна структура, во којашто атомите меѓу себе се сврзани под агол од 120° . Во прстенот сите пет јаглеродни атоми, како и азотниот атом, се sp^2 хибридизирани, додека p орбиталите странично се препокриваат и формираат π -електронски облак над и под рамнината на прстенот, односно π -електронски секстет. Поради ова, пиридинот има ароматични својства.

Пиридинот е многу важно соединение во фармацевтската индустрија, се употребува за добивање на туберкулостатици : зонијацид, невирапин како антивирусен лек и феназопиридин како аналгетик. Други важни деривати на пиридинот се користат како хербициди и бои, во текстилната и козметичката индустрија.

Запомни!

Ароматични соединенија со фузирани (кондензирани) бензенски јадра претставуваат соединенија кои во своите молекули содржат две или повеќе меѓусебно поврзани бензенови јадра.

Хетероциклични ароматични соединенија се циклични соединенија кои во прстенот, освен јаглеродни атоми, содржат атоми од други елементи.

За хетероцикличните соединенија карактеристична е sp^2 хибридизацијата.

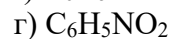
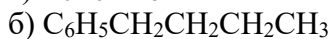
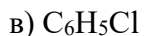
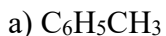
Соединенијата на хетероцикличните соединенија имаат важна улога во фармацевтската индустрија за добивање на многу лекови и алкалоиди.

Прашања и задачи

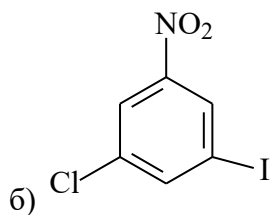
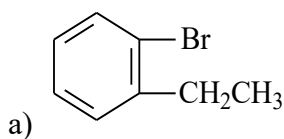
1. Што подразбираш под поимот ароматично соединение со фузирани (кондензирани) бензенови јадра?
2. Која е причината на ароматичниот карактер на пиролот, тιοфенот и фуранот?
3. Каква примена имаат хетероцикличните соединенија? Спроведете дискусија на час!

5.6 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

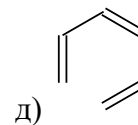
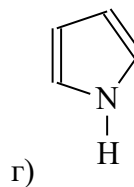
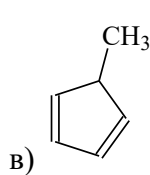
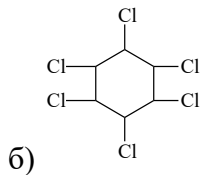
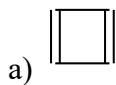
1. Што се ароматични соединенија?
2. Напиши ги рационалните формули на дадените соединенија и именувај ги според IUPAC-овата номенклатура:



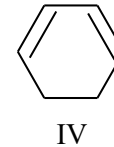
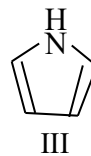
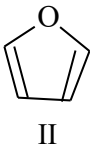
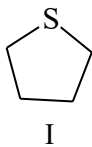
3. Според IUPAC-овата номенклатура, именувај ги следниве соединенија:



4. Кои од следниве соединенија се ароматични? Врз основа на што го заклучи тоа? Об-разложи.

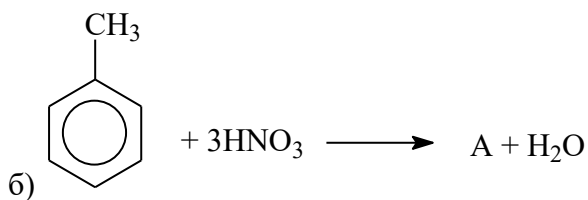
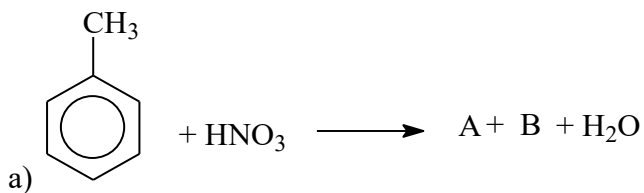


5. Кои од наведените соединенија се ароматични? Врз основа на што го заклучи тоа?



- а) II и III
- б) II, III и IV
- в) IV
- г) II и IV
- д) I, II, III и IV

6. Карактеристични реакции на бензен и арени се:
- а) нуклеофилна супституција
 - б) нуклеофилна адиција
 - в) електрофилна супституција
 - г) електрофилна адиција
7. Напиши ги рационалните формули на сите изомери на тријодоробензенот и именувај ги според IUPAC-овата номенклатура.
8. Напиши ја општата равенка на алкилирање и објасни за механизмот на реакцијата.
9. Што се добива ако на бензен се дејствува со водород во присуство на катализатор, повисока температура и притисок? Каков вид реакција се одвива?
10. Кои продукти се добиваат при нитрирање на толуенот? Рамисли и наведи ги продуктите што се добиваат:



6 АЛКОХОЛИ И ФЕНОЛИ

Содржина

Поим за алкохоли и феноли и класификација на алкохолите

Номенклатура и изомерија на алкохолите

Добивање на алкохоли

Физички својства на алкохолите

Хемиски својства на алкохолите

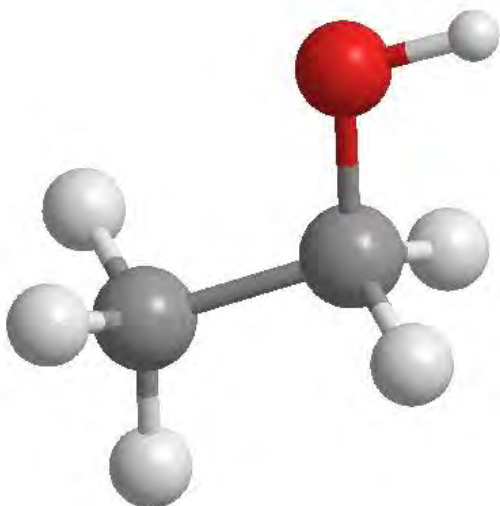
Поделба, номенклатура и својства на фенолите

Поважни претставници на алкохолите и фенолите

Познато е дека алкохолот и алкохолните пијалаци биле користени илјадници години, а една од најстарите методи за добивање на етанолот е *ферментацијата* на јаглехидратите.

При неконтролираното консумирање на етанол се појавува главоболка, гадење, повраќање, замор и пијанство. Ова се случува поради дехидрација предизвикана од стимулација на производството на урина, губење на витамин В и производство на ацеталдехид во телото.

Етанолот од друга страна во медицината има големо значење како антисептик.



Поими

- алкохол, радикал, хидроксилна група
- заситен, незаситен, ацикличен, цикличен, алифатичен, ароматичен, примарен, секундарен, терцијарен, монохидроксилен, дихидроксилен, полихидроксилен алкохол
- хомолошка низа, изомери, изомерија
- поларност, водородна врска, реакциони центри, алкохолан анјон, алкохолати, етери, етерификација
- хидратација, електрофилна адисија, нуклеофилна супституција, алкохолна ферментација, елиминација, дехидратација, оксидација, електрофилна ароматична супституција
- етер (симетричен, несиметричен), функционална изомерија
- фенол (монохидроксилен, дихидроксилен, полихидроксилен, несупституиран, супституиран), фенолан анјон, фенолат
- метанол, дрвен спиритус, етанол, ацетилан алкохол, денатуриран алкохол, гликол, глицерол

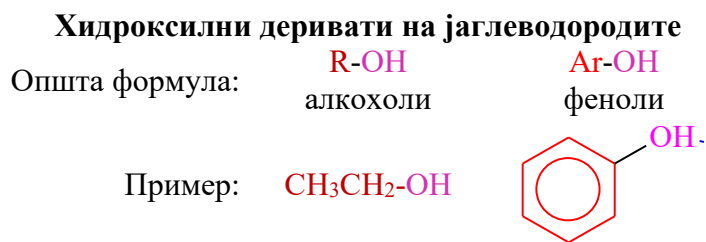
Вовед

Алкохолите се најприменуваните органски соединенија, особено како растворувачи, потоа во текстилната индустрија, градежништвото, рударството, прехранбената индустрија, козметиката, фармацевтијата, медицината и во други индустриски гранки. Фенолите и супституираните феноли, исто така, се широко распространети во природата и имаат различни својства и примена. Дериватите на јаглеродородите што содржат —OH група се викаат *хидроксилни деривати на јаглеродородите*.

6.1 ПОИМ ЗА АЛКОХОЛИ И ФЕНОЛИ И КЛАСИФИКАЦИЈА НА АЛКОХОЛИТЕ

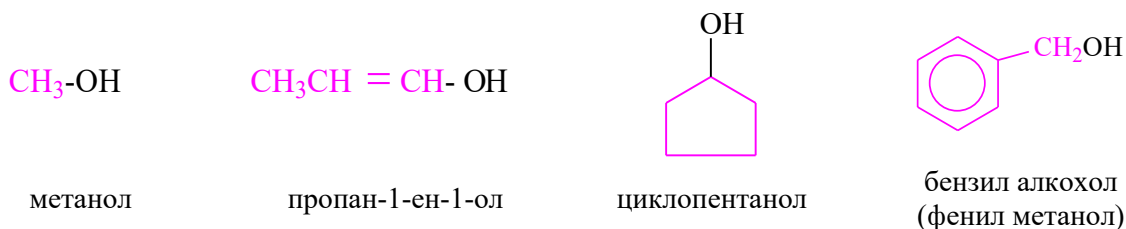
Алкохолите се органски соединенија кои како функционална група ја содржат хидроксилната група (—OH) сврзана за sp^3 -хибридизиран јаглероден атом. Може да ги претставиме со општата формула R—OH . Алкил радикалот може да биде *алифатичен* или *алицикличен*, *суиситиуиран* или *несуиситиуиран* и *заситен* или *незаситен*.

Фенолите се органски соединенија кај кои хидроксилната група е сврзана директно за ароматичниот прстен. Општата формула се претставува како Ar—OH (каде што Ar претставува ознака за арил група, односно арил радикал).

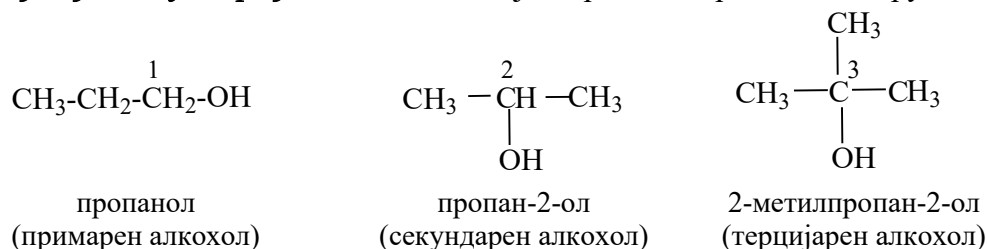


Алкохолите може да се класифицираат на различни начини:

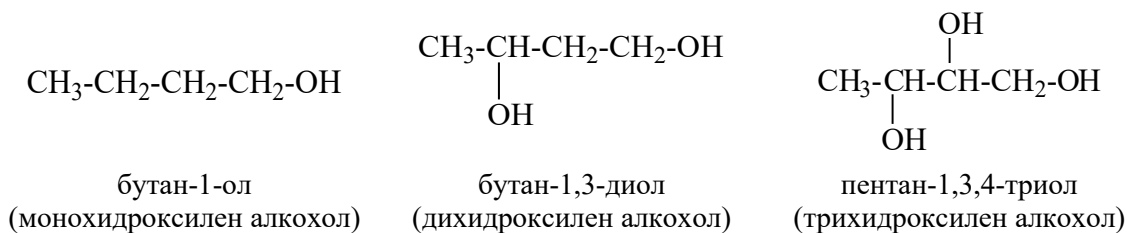
1) *Според радикалот* за кој е поврзана хидроксилната група.



2) *Според видот на јаглеродниот атом* за кој е сврзана хидроксилната група.



3) *Сйоред бројоѝ на хидроксилни труѝ* што ги содржи соединението.



Истражувај!

Изработи постер или илустрациона шема за класификација на алкохолите според различни критериуми.

Запомни!

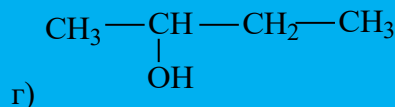
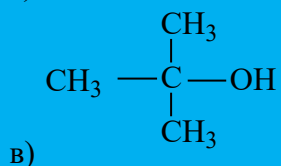
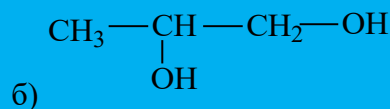
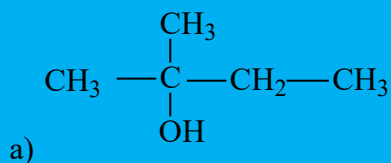
Алкохолите се широко распространети во живиот свет а исто така имаат широка примена во медицината, индустријата, металургијата, фармацијата итн.

Алкохолите како функционална група ја содржат хидроксилната група (**–OH**), додека кај **фенолите** хидроксилната група директно е поврзано за ароматичен прстен.

Алкохолите може да се класифицираат: *сйоред радикалоѝ*, *сйоред бројоѝ на јаглеродни аѝоми* и *сйоред бројоѝ на хидроксилни труѝ*.

Прашања и задачи

- Дали си користел алкохол и за каква намена?
- Долунаведените алкохоли класифицирај ги соодветно според нивната припадност и именувај ги според IUPAC-номенклатурата:



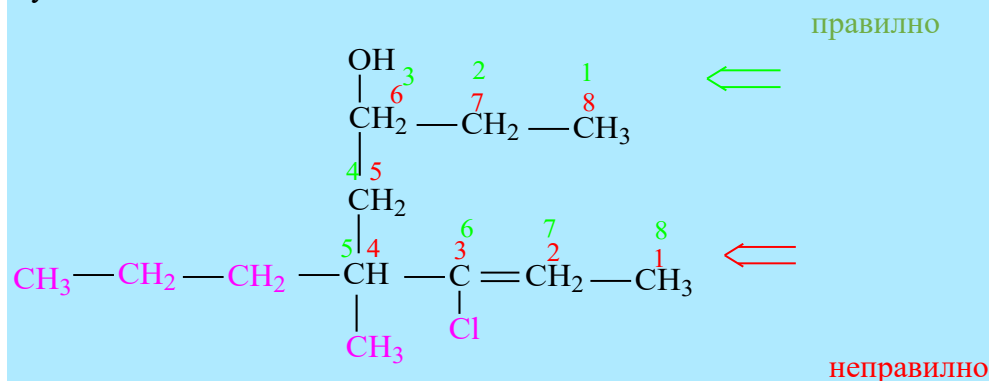
6.2 НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЈА НА АЛКОХОЛИТЕ

6.2.1 Номенклатура на алкохоли

Според старото именување, алкохолите се именуваат така што најпрвин се искажува *називот на радикалот и зборот алкохол*. На пример, CH_3OH – метил алкохол, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – етил алкохол итн. Постојат и *тривијални називи*. Така, метанолот е познат како дрвен шпиритус, етан-1,2-диолот како гликол, а пропан-1,2,3-триолот како глицерол. Сепак, алкохолите најчесто се именуваат според IUPAC-овата номенклатура според следниве правила:

1. Функционалната група на алкохолите мора да се содржи во најдолгата низа.
2. Нумерирањето се врши од оној крај на низата што е поблиску до функционалната група (функционалната група има предност пред алкил групите, двојната, тројната врска и халогените елементи).
3. Идентификување на називите на супституентите.
4. Одредување на локантот на супституентот, така што тој да добие најмала можна бројна вредност.
5. Именување на супституентите според азбучен редослед.

Пример. Именувај го според правилата на IUPAC соединението чија што рационална формула е:



Одговор:

Се определува најдолгата низа, така што нумерирањето се почнува од оној крај што е поблиску до хидроксилната група. Основната низа е *октан*, со оглед на тоа дека ($-\text{OH}$) групата има предност пред двојната врска и пред халогените елементи. Се почнува со нумерирање како што е прикажано со зелена боја. Како супституенти се јавуваат: метил и пропил радикалите на петтиот C-атом и атомот на хлор на шестиот C-атом. Водејќи сметка за азбучниот редослед, најпрвин се именува *метил*, потоа *пропил* и на крај *хлор*. Точното именување ќе биде: *5-метил-5-пропил-6-хлорооктан-6-ен-3-ол*.

6.2.2 Хомолошка низа и изомерија на алкохоли

Општата формула на алкохоли е $C_nH_{2n+1}OH$, со која што можеме да го најдеме кој било учесник од хомолошката низа.

Пример. Која е молекулската формула на заситениот монохидроксилан алкохол со седум јаглеродни атоми?

Одговор:

n претставува број на јаглеродни атоми. Бидејќи $n=7$, тогаш важи $C_7H_{2 \cdot 7 + 1}OH$.

Молекулската формула ќе биде $C_7H_{15}OH$, односно според IUPAC-овата номенклатура се именува *хептано*.

Како и кај алканите, така и кај алкохолите, ако нивните хомоложни соединенија се подредат во низа, се формира *хомолошка низа*. Формулите на два соседни члена во низата се разликуваат за една метиленска група ($-CH_2-$), односно за еден јаглероден и два водородни атоми. Ваквите соединенија се наречени *хомоложни соединенија*, а појавата *хомологија*. Оваа појава е прикажана Табела 6.1.

Табела 6.1. Хомолошка низа на алкохоли

Број на C-атоми (n)	Молекулска формула	Именување според IUPAC
1	CH_3OH	метанол
2	C_2H_5OH	етанол
3	C_3H_7OH	пропанол
4	C_4H_9OH	бутанол
5	$C_5H_{11}OH$	пентанол
6	$C_6H_{13}OH$	хексанол

Кај алкохолите се појавува структурна изомерија. Структурната изомерија може да биде:

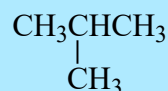
- 1) *Изомерија на низата*, која се јавува поради различниот распоред на јаглеродните атоми во низата.

Пример. Колку изомери на низата може да постојат кај монохидроксилни алкохоли со молекулска формула $C_4H_{10}O$?

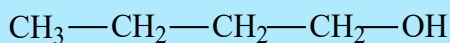
Одговор:

Бидејќи се бара изомерија на низата, како основа може да се земат јаглеродните скелети на изомерите на бутанот.

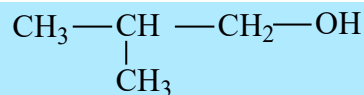
Првиот изомер на бутанот е $CH_3CH_2CH_2CH_3$, а вториот



Најпрвин, ја поставуваме OH групата на прва позиција и добиваме:

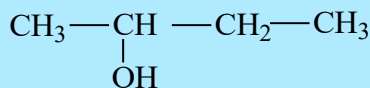


бутиан-1-ол

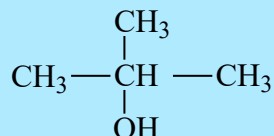


2-метилпропан-1-ол

Ако ја поставиме OH групата на вториот C-атом, ги добиваме следниве два изомера:



бутиан-2-ол



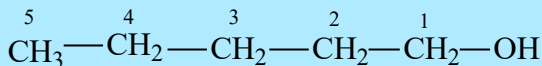
2-метилпропан-2-ол

- 2) **Положбена изомерија**, која се јавува поради различната положба на функционалната група.

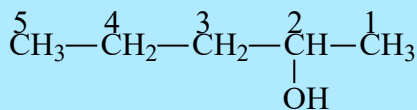
Пример. Напиши ги рационалните формули на положбените изомерни монохидроксилни алкохоли со молекулска формула $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$.

Одговор:

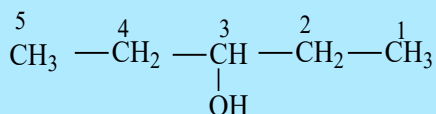
Се појавуваат три положбени изомери при што функционална група може да биде на првиот, вториот или третиот C-атом.



пентан-1-ол



пентан-2-ол



пентан-3-ол

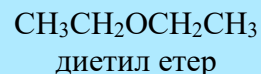
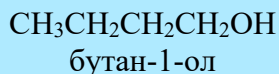
OH групата не може да се постави на четвртиот C-атом, затоа што на тој начин, всушност, се добива изомерот *пентан-2-ол*.

- 3) **Функционална изомерија**, која се јавува кај соединенија со иста моларна маса, но различни својства како резултат на различни функционални групи. Алкохолите се функционални изомери со етерите.

Пример. Напиши ги рационалните формули на функционалните изомери на соединението чија молекулската формула е C_4H_9OH ?

Одговор:

Соединението со молекулска формула C_4H_9OH може да биде алкохол (ROH) или етер (ROR). Според тоа, два од функционалните изомери ќе бидат:



Обиди се да напишеш рационална формула на уште еден изомер од групата на етери.

Запомни!

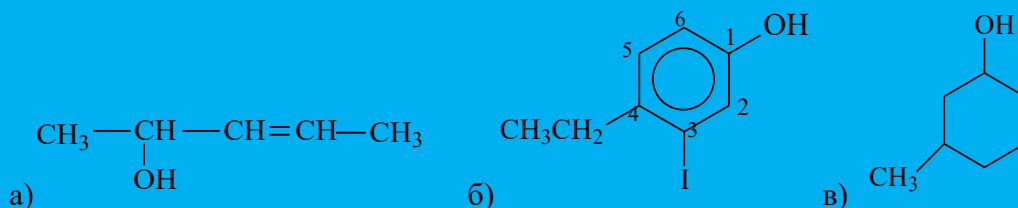
Општата формула на алкохоли е $C_nH_{2n+1}OH$.

Алкохолите се именуваат така што на основната низа на јаглеродородот му се додава наставка **–ол**.

Кај алкохолите се појавува **структурна изомерија**, која понатаму се дели на: **изомерија на низаџа, љоложбена изомерија и функционална изомерија**

Прашања и задачи

1. Напиши ги рационалните формули на секое од следниве соединенија:
а) 2-метилпентан-2-ол б) 2-метилбутан-1-ол в) 2,3-диметилхексан-1-ол
2. Именувај ги според IUPAC-овата номенклатура следниве алкохоли и феноли:



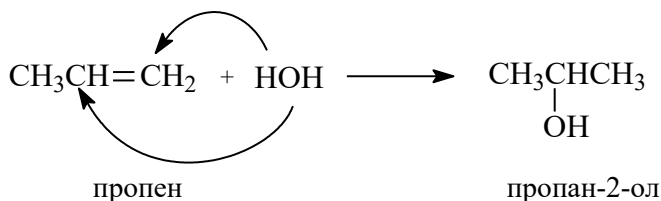
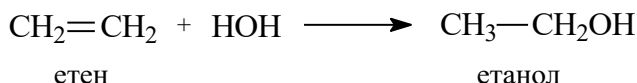
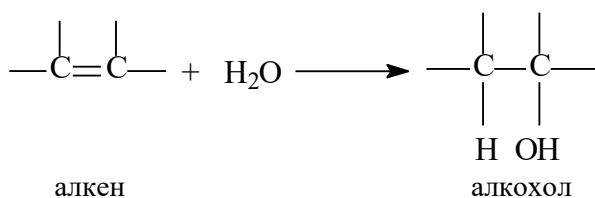
3. Која е молекулската формула на заситениот монохидроксилан алкохол со девет јаглеродни атоми?
4. Колку положбени изомери може да има октанолот? Напиши ги нивните рационални формули.

6.3 ДОБИВАЊЕ НА АЛКОХОЛИ

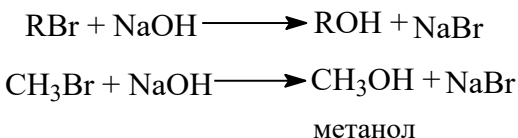
Алкохолите во природата се наоѓаат во сврзана и во слободна состојба. Методите на добивање на алкохолите секогаш биле важни поради нивната широка употреба во медицината и индустријата. Како што и спомнавме претходно, најстариот метод за добивање на алкохолите е ферментирањето на јаглехидратите (шеќери). Зголемената употреба на алкохолите ја зголемило и потребата од повеќе методи за нивно добивање.

Методите за добивање на алкохолите се прикажани во продолжение:

1. **Хидратација на алкени (адисија на вода).** Адисијата на вода (несиметричен реактенс) на алкени се одвива според Марковниковото правило.



2. **Реакција на алкил халогенид со база.** Оваа реакција претставува *нуклеофилна супституција*, при што атомот на халогенот се супституира (заменува) со хидроксидна група и се добива алкохол.



3. **Редукција на алдехиди и кетони.** При редукција на алдехиди се добиваат примарни алкохоли, додека при редукција на кетони се добиваат секундарни алкохоли. Овие реакции ќе бидат подробно претставени во темата за алдехиди и кетони.

Истражувај!

Пребарај различни индустриски методи за добивање на алкохоли!

Истражи го детално индустриското добивање на алкохоли преку реакцијата на алкохолна ферментација на шеќери!

Побарај видео за стариот и современиот индустриски начин на добивање на алкохоли!

Запомни!

Алкохолите може да се добијат со различни методи: адиција на вода на алкени, алкил халогенид со база и редукција на алдехиди и кетони.

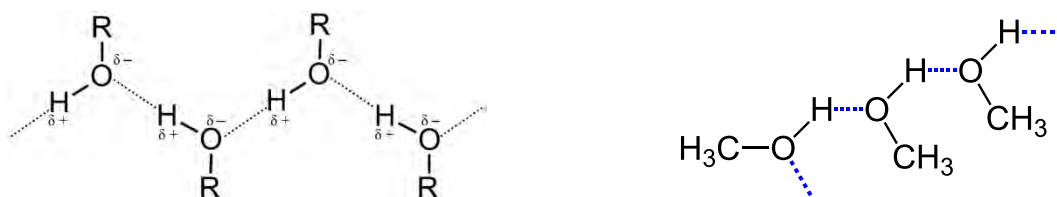
Прашања и задачи

1. Кој алкохол ќе се добие при реакција на адиција на вода со:
 - а) пентен
 - б) 2-метил-бут-1-ен
 - в) 2-етил-бут-2-ен
2. Напиши ја равенката на реакцијата на алкохолна ферментација на шеќери.

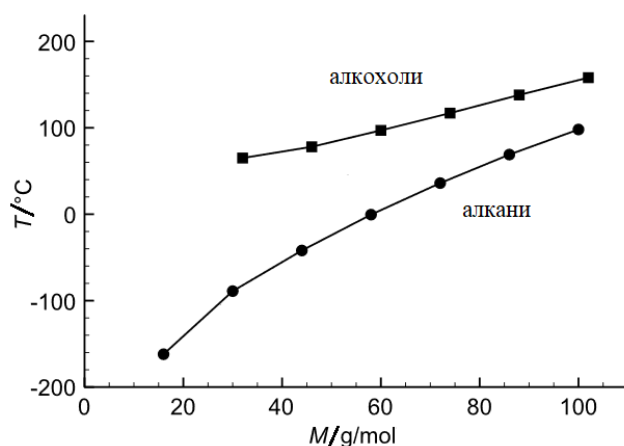
6.4 СВОЈСТВА НА АЛКОХОЛИТЕ

6.4.1 Физички својства на алкохоли

Функционална група кај алкохолите е хидроксилната група и токму од неа зависат најголем број од својствата на алкохолите. Електронегативноста на кислородниот атом во хидроксилната група е поголема од онаа на водородниот. Освен тоа, атомот на кислород има два несподелени електронски парови. Ова резултира со многу поларна врска во која атомот на кислород носи делумно негативен полнеж (δ^-), а атомот на водородот делумно позитивен полнеж (δ^+). Ваквата структура овозможува да се формираат **водородни врски** меѓу молекулите на алкохолите.

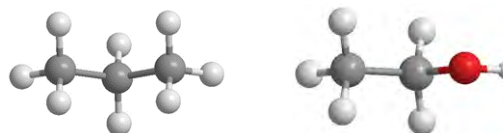


Слика 6.1. Водородни врски меѓу молекули на алкохол



Слика 6.2. Алкохолите имаат повисоки температури на вриење од алканите со слична моларна маса

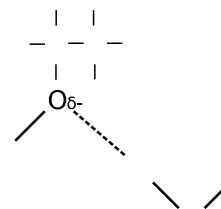
Меѓумолекулските водородни врски се одговорни за значително повисоките температури на вриење на алкохолите во споредба со јаглеводородите со слична моларна маса. Всушност, потребно е поголемо количество топлина за да се раскинат водородните врски со кои се привлекуваат молекулите на алкохолите.



пропан
 $M_r = 44$
 $T_b = -42\text{ °C}$

етанол
 $M_r = 46$
 $T_b = 78\text{ °C}$

Алкохолите се порастворливи во вода отколку алканите како резултат на поларната хидроксилна група („слично се раствора во слично“). Алкохолите кои имаат од еден до четири С-атоми во молекулата се многу растворливи во вода, а оние со пет или шест С-атоми се делумно растворливи во вода. Ова се должи на способноста на хидроксилната група на алкохолот да образува меѓумолекулски водородни врски со молекулите вода.



Слика 6.3. Водородна врска меѓу молекула на етанол и молекула на вода

Со зголемување на моларната маса, растворливоста на алкохолите во вода се намалува бидејќи неполарниот дел од алкохолот (јаглеродната низа) станува поголем во однос на поларниот дел (хидроксилната група). Затоа, алкохолите кои имаат повеќе од седум C-атоми се речиси нерастворливи во вода.

Зголемувањето на бројот на хидроксилни групи долж јаглеродната низа доведува до зголемување на влијанието на поларната хидроксилна група. Оттука, следува дека диолите и триолите се порастворливи во вода отколку алкохолите со само една хидроксилна група во молекулата.

Првите три претставници на алкохолите претставуваат течности со карактеристична миризба и вкус. Од четвртиот до единаесеттиот член се масловидни течности со непријатна миризба, а останатите членови се во цврста состојба и без миризба. Оттука, може да се заклучи дека со зголемување на моларната маса, се зголемува и густината на алкохолите.

Експеримент: Растворливост на алкохоли

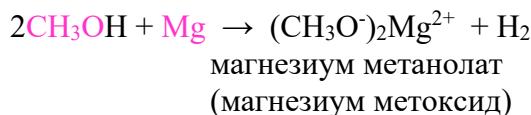
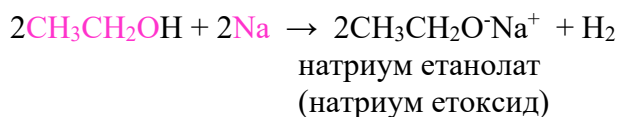


Во три епрувети додај неколку милилитри метанол, етанол и хексанол (или некој виши алкохол што го имате во вашата лабораторија). Потоа, во секоја епрувета додај неколку милилитри вода. Што забележуваш?

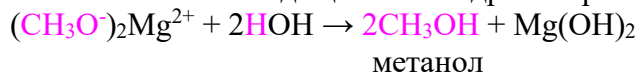
6.4.2 Хемиски својства на алкохолите

Алкохолите имаат амфотерен карактер. Присутноста на хидроксилната група кај алкохолите влијае врз реактивноста на алкохолите. Реакциите во кои што учествуваат алкохолите се должат на постоењето на **реакциони центри**. Овие реакциони центри можат да бидат: кислородниот атом, водородниот атом и јаглеродниот атом сврзан за ОН групата.

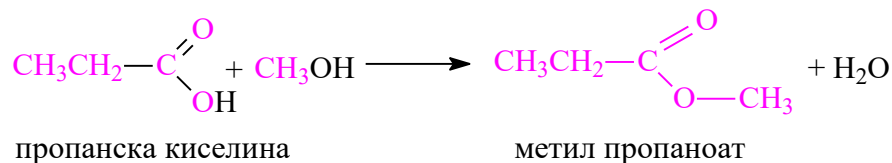
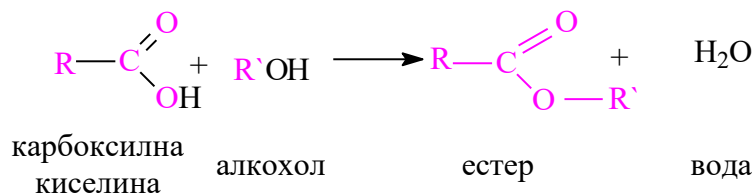
1. Алкохолите реагираат со s-елементите и образуваат **алкохолати** или **алкоксиди**. Во оваа реакција, ОН врската хетеролитички се раскинува и се добиваат алкохолатни (алкоксидни) јони.



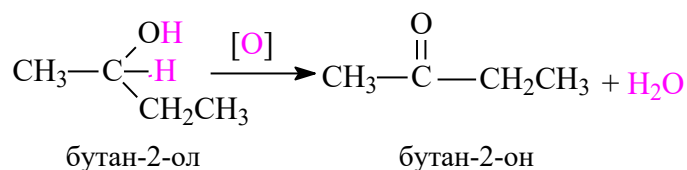
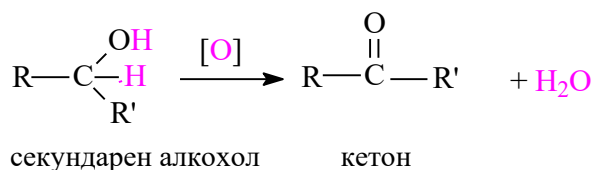
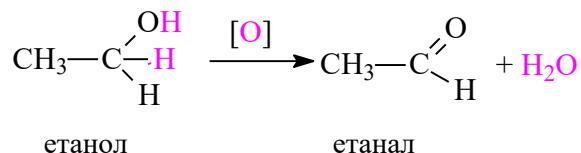
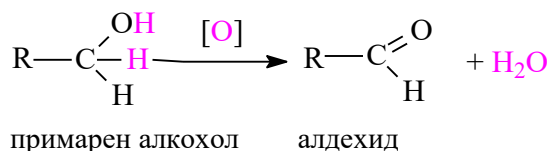
Алкохолатите во вода целосно хидролизираат, при што се добива алкохол.



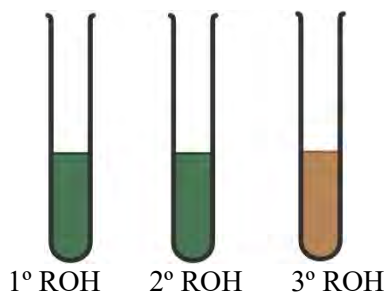
2. **Реакција на естерификација** – реакција на алкохолите со карбоксилни киселини во присуство на минерални киселини како катализатори.



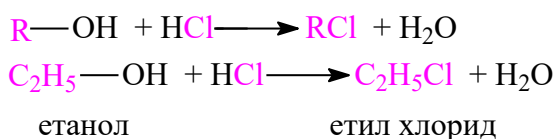
3. При **оксидација** на примарни алкохоли со јаки оксидациони средства (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и др.) се добива *алдехид*, додека со оксидација на секундарен алкохол се добива *кејџон*. Кај терцијарните алкохоли не е можна реакција на оксидација.



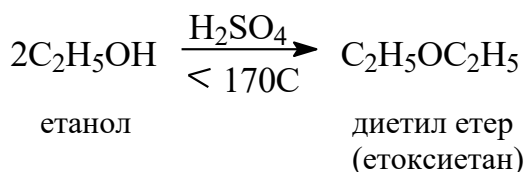
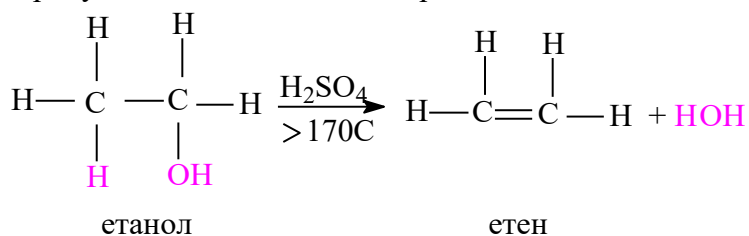
Оваа реакција може да послужи за разликување на терцијарен алкохол од примарен или секундарен. Експериментот се изведува така што неколку капки алкохол се додаваат во епрувета која содржи раствор од калиум дихромат закиселен со разредена сулфурна киселина. Бојата на растворот е жолтеникавопортокалова. Епруветата се загрева во топла водна бања. Ако станува збор за примарен или секундарен алкохол, растворот станува зелен. Со терцијарен алкохол, нема промена на бојата.



4. Алкохолите стапуваат во **реакција на нуклеофилна супституција** со халогениди т.е. халогенидни јони (нуклеофилни честички). При тоа, доаѓа до замена на ОН групата со халоген елемент, а се добива алкил халогенид.

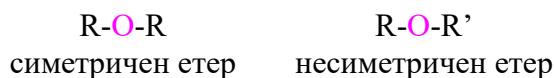


5. **Дехидратацијата на алкохолите** претставува реакција на елиминација на вода и се одвива при загревање и во присуство на концентрирана H_2SO_4 или H_3PO_4 . Продуктите зависат од условите при кои се одвива реакцијата. Така, при загревање на етанол над 170°C се добива етен, додека ако загревањето е под 170°C , како продукт се добива диетил етер.

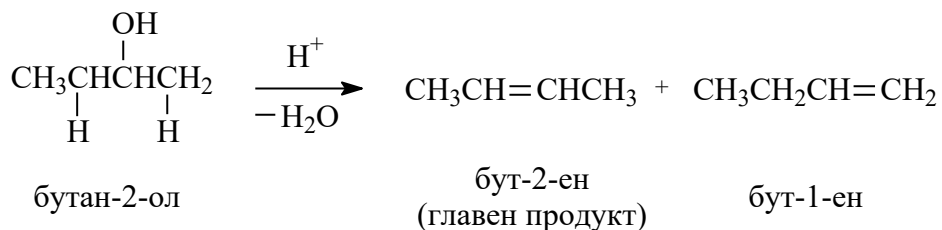


Диетил етер (често се вели само етер) е лесно испарлива и запалива течност со карактеристична миризба. Речиси да не се раствора во вода, но е добар растворувач за други супстанции. Во минатото смеса од етер и хлороформ се користела во медицината за анестезија. Етерите се понестабилни од алкохолите затоа што во воздух се оксидираат и преминуваат во пероксиди.

Општо, во молекулите на етерите, кислородниот атом е сврзан за два исти или различни радикали. Според тоа, се разликуваат симетрични и несиметрични етери.



Во некои случаи, со дехидрација на алкохолите се добива смеса од продукти. Посупституираниот алкен е главниот продукт.



Запомни!

Меѓу алкохолните молекули се формира водородна врска, поради поларниот карактер на хидроксилната група која што ја поседуваат. Водородна врска може да формираат и со молекулите на вода.

Алкохолите имаат повисоки температури на вриење од алканите со слична моларна маса.

Првите членови од алкохолите се растворуваат во вода, додека вишите членови се порастворливи во неполарни растворувачи.

Алкохолите најчесто учествуваат во реакции на естерификација, нуклеофилна супституција, дехидратација и оксидација, а стапуваат во реакција со *s*-елементи.

Прашања и задачи

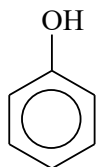
1. Зошто вишите членови на алкохолите не се растворливи во вода? Образложи!
2. Подреди ги следниве алкохоли според зголемување на температурата на вриење (почнувајќи од оној со најниска температура): $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OH}$ и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$.
3. Напиши ги равенките на следниве реакции:
 - а) реакција на етанол и калциум
 - б) оксидација на пропанол
 - в) бутанол со бромоводородна киселина.
4. Напиши ја равенката на реакцијата на оксидација на пентан-2-ол.

6.5 ПОДЕЛБА, НОМЕНКЛАТУРА И СВОЈСТВА НА ФЕНОЛИТЕ

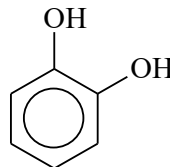
6.5.1 Поделба на феноли

Класификација на фенолите може да се направи на два начина:

- △ Според **бројот на хидроксилни групи** сврзани во бензеновиот прстен. Така што фенолите може да бидат: *монохидроксилни, дихидроксилни, трихидроксилни и полихидроксилни феноли*.

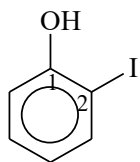


монохидроксилен фенол

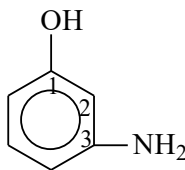


дихидроксилен фенол

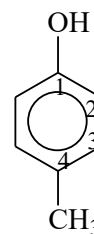
- △ Според тоа **дали бензеновиот прстен е супституиран или не**, разликуваме *несупституирани* и *супституирани феноли*. Кај супституираните феноли, освен хидроксилната група, се среќаваат и други супституенти на бензенскиот прстен ($-\text{CH}_3$, $-\text{NO}_2$, $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$ и други).



2-јодофенол



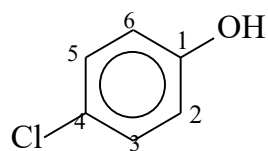
3-аминофенол



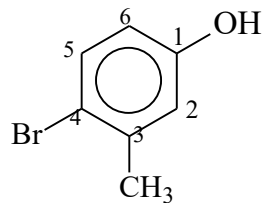
4-метилфенол

6.5.2 Номенклатура на феноли

Фенолите, освен со тривијални називи, се именуваат и според IUPAC-овата номенклатура. Фенолите се именуваат како деривати на бензенот или како деривати на фенолот. Нумерирањето се почнува од C-атомот за кој е сврзана функционалната група.



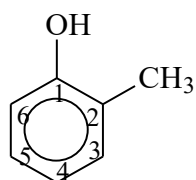
4-хлорофенол



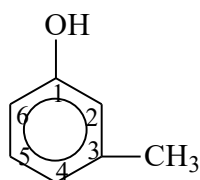
4-бромо-3-метилфенол

6.5.3 Изомерија на феноли

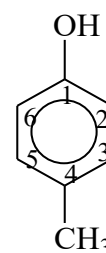
Кај фенолот не се појавува изомерија, но изомерија е можна кај дисупституираните и трисупституираните феноли. За дисупституираните феноли карактеристична е *орџо*, *меџа* и *џара* изомеријата. Пример:



o-крезол
(2-метилфенол)



m-крезол
(3-метилфенол)



p-крезол
(4-метилфенол)

6.5.4 Својства на фенолите

Физички својства

Наједноставните феноли се течности со карактеристичен мирис или цврсти супстанции со ниски температури на топење. Имаат повисоки температури на вриење бидејќи нивните молекули се сврзани со водородна врска. Во чиста состојба се безбојни, но при подолго стоене во воздух се оксидираат и ја менуваат бојата во црвена. Слично како алкохолите, фенолите се поларни соединенија поради присуството на поларната хидроксилна група. Благодарение на оваа група, првите членови на фенолите се растворливи во вода, додека вишите членови не се растворливи во вода.

Фенолите имаат антисептичко дејство. Порано биле користени како дезинфекциони средства, но поради нивната токсичност веќе не се употребуваат.

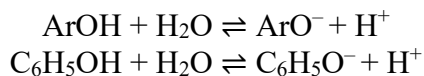
Хемиски својства

Хемијата на фенолите е различна од онаа на алкохолите. Кај фенолите потешко е да се раскине C–O врската. C-атомот кај фенолите за кој е сврзана OH групата е sp^2 хибридиран, а C–O врската е поцврста и појака од C–O врската кај алкохолите (C-атомот кај алкохолите за кој е сврзана OH групата е sp^3 хибридиран).

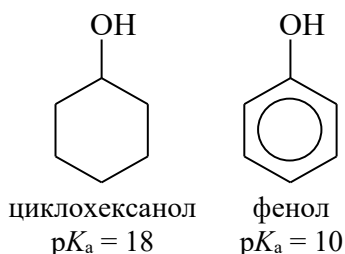
Фенолите може да стапат во реакции во кои учествува –ОН групата и во реакции на ароматичниот прстен.

⚠ Реакции на хидроксилната група

Поради заемното влијание меѓу бензенскиот прстен и ОН групата, електронскиот пар во ОН групата е повеќе привлечен кон О-атом, па откинувањето на Н-атомот е олеснето. Затоа, фенолите покажуваат кисели својства и во воден раствор дисоцираат на водородни катјони (H^+) и фенолатни анјони (ArO^-).



Фенолите се појаки киселини од алкохолите, но сè уште се слаби киселини. За споредба, фенолот е за осум реда на величина (100 милиони пати) покисел од циклохексанолот.



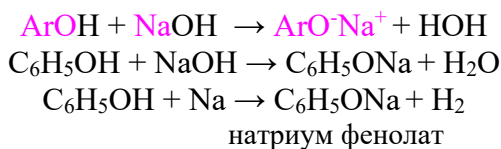
Експеримент: Кисели својства на фенол

Во епрувета додади неколку кристалчиња фенол и малку вода. Натопи индикаторска хартија во смесата во епруветата. Што забележуваш?



Фенолите се покисели од алкохолите затоа што фенолатните анјони (ArO^-) се поставени од алкоксидните анјони (RO^-). Во еден алкоксиден јон, негативниот полнеж е локализиран на кислородниот атом. Меѓутоа, негативниот полнеж кај еден фенолатен јон е резонантно стабилизиран и полнежот е делокализиран низ бензеновиот прстен.

Фенолите реагираат со водни раствори од бази и образуваат **фенолати**. Фенолати се образуваат и при реакција на феноли со алкални метали.

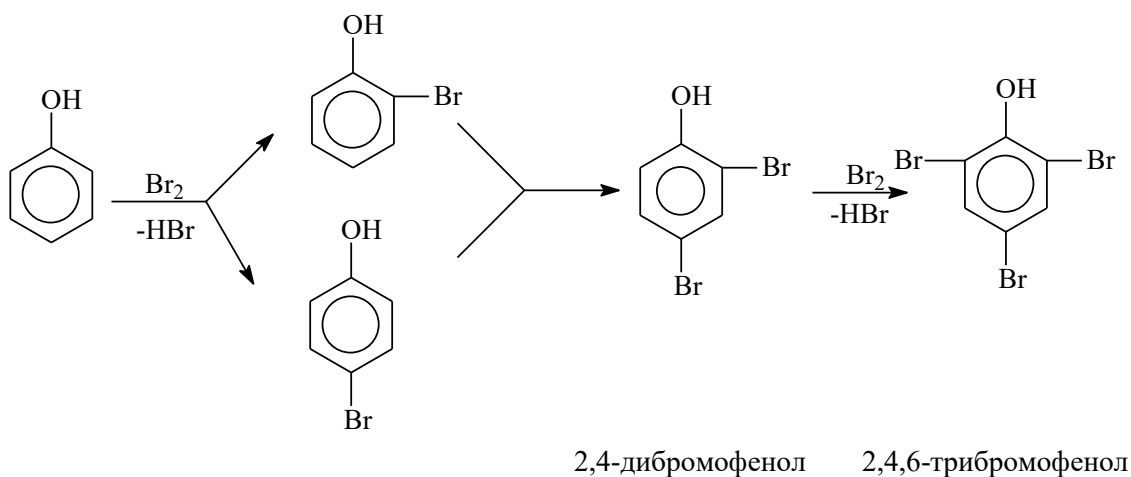


⚠ Ракции на ароматичниот прстен

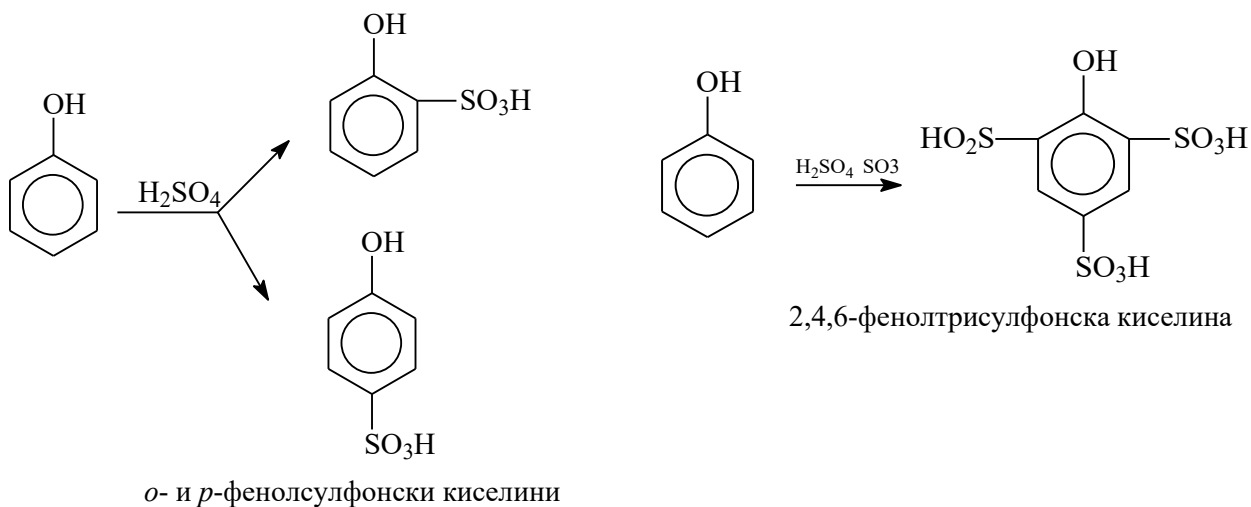
Фенолите стапуваат во реакции на **електрофилна ароматична супституција**. Оваа реакција кај фенолите се одвива полесно отколку кај бензенот поради преместувањето на електроните од кислородниот атом кон ароматичниот прстен.

Реакцијата на фенол со бром е прикажана со равенките подолу, при што се забележува дека се добиваат различни продукти во зависност од условите на реакцијата. Во првата

фаза се добиваат два продукта и тоа *o*-бромофенол и *p*-бромофенол, кои поради нестабилноста преминуваат во 2,4-дибромофенол. Во втората фаза, пак, со додавање бром на 2,4-дибромофенол се добива стабилно соединение од 2,4,6-трибромофенол.



Сулфонирањето и нитрирањето на фенол, исто така, се одвива полесно одколку кај бензенот. Ако сулфорирањето се изведе на обична температура и со разредена H_2SO_4 , се добиваат *o*- и *p*-фенолсулфонски киселини. Со концентрирана сулфурна киселина се добива само еден продукт (2,4,6-фенол сулфонска киселина).



Запомни!

Фенолите се органски соединенија кај кои хидроксилната група е сврзана директно за ароматичниот прстен. Општата формула е **Ar-OH**.

Според IUPAC-овата номенклатурата, нумерирањето започнува од јаглеродниот атом за кој е сврзана функционалната група.

Кај фенолите се појавува изомерија само кај дисупституираните и трисупституираните феноли.

Благодарение на хидроксилната група на фенолите, првите членови се растворливи во вода, додека вишите членови не се растворливи во вода.

Фенолите покажуваат кисели својства и во воден раствор дисоцираат на водородни катјони и фенолатни анјони. Фенолите се појаки киселини од алкохолите затоа што фенолатните анјони се постабилни од аклоксидните анјони.

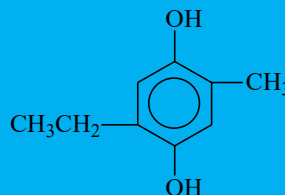
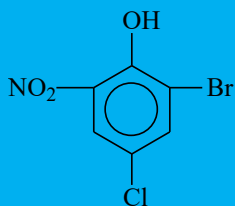
Фенолите стапуваат во:

- **Реакции кои се изведуваат на хидроксилната група** (со алкални метали и водни раствори од бази и образуваат фенолати, а со ацил халиди и анхидриди на карбоксилни киселини образуваат естери) и

- **Реакции на ароматичниот прстен (електрофилна ароматична супституција)** – халогенирање, нитрирање и сулфонирање, кои кај фенолите се одвиваат полесно отколку кај бензенот.

Прашања и задачи

1. Според IUPAC-овата номенклатурата именувај ги следниве феноли:



2. Напиши ги рационалните формули на трите изомери на дихидроксибензенот. Истражи и откриј кои се нивните тривијални називи.
3. Напиши ги продуктите на реакцијата претставена со следнава равенка:
- $$\text{C}_6\text{H}_5\text{I} + \text{NaOH} \rightarrow \text{A} + \text{B}$$
4. Напиши ги равенките на реакциите на електрофилна ароматична супституција на фенол со а) разредена азотна киселина и б) концентрирана азотна киселина.

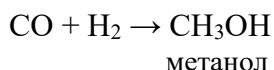
6.6 ПОВАЖНИ ПРЕТСТАВНИЦИ НА АЛКОХОЛИТЕ И ФЕНОЛИТЕ

Метанол (метил алкохол), CH_3OH

Метанолот во слободна состојба се наоѓа во лисјата на костенот и липата, додека во сврзана состојба, во форма на естери со карбоксилните киселини, се наоѓа во составот на етеричните масла.

Метанолот порано се добивал како спореден продукт при сува дестилација на дрвото. Бидејќи може да се направи со загревање на дрво во отсуство на воздух, метанолот често се нарекува *дрвен шиприџус*. Всушност, старите Египќани добивале метанол на овој начин и, измешан со други супстанции, го користеле за балсамирање.

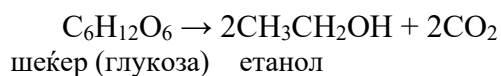
За технички потреби метанолот се добива при реакција на хидрогенација на јаглерод монооксид во присуство на катализатор (ZnO , Cr_2O_3), под притисок и високи температури.



Претставува безбојна течност со карактеристичен мирис и е многу отровен. Ако се употреби како пијалак или ако се вдиши може да предизвика слепило, а во поголеми количества и смрт. Метанолот во индустрија се користи како растворувач, за бои и лакови, за денатурирање на етил алкохолот, како појдовна супстанца за добивање формалдехид и др.

Етанол (етил алкохол), $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Етанолот е еден од најкористените алкохоли. Претставува течност без боја и без мирис. Уште од дамнешни времиња алкохолите и алкохолните пијалаци се добивале со алкохолна ферментација на шеќери од овошјето (грозје и разни овошни плодови). При оваа реакција, моносахаридите се разложуваат до етанол и јаглерод диоксид под дејство на ензими кои се наоѓаат во квасните габички.



Синтетички, етанолот се добива со хидратација на етен, кој настанува при коксирање на јагленот или при крекирањето на јаглеводородите од нафтата. Освен тоа, етанолот може да се добие и со хидратација на ацетилен (етин) во присуство на катализатор и во кисела средина.

Обичниот алкохол претставува смеса од етанол и вода која содржи 92-95 % етанол. Чистиот етанол (100 %) е познат како *ајсолуџен алкохол*. 96 % раствор од етанол се употребува како растворувач при производство на различни козметички препарати, особено за добивање на дезинфекциони средства и при органски синтези.



Слика 6.4. Етанолот се користи како дезинфекциско средство

За да се спречи примената на индустрискиот алкохол како алкохолен пијалак, тој се денатурира (се додаваат супстанции со непријатна миризба), а ваквиот алкохол е познат како **денатуриран алкохол**.

Етанолот е безбојна течност со карактеристичен мирис, гори со син пламен, а со водата се меша во секаков однос. Ако се користи како пијалок, во мали количества, кај човекот може да предизвика вознемирена состојба, додека во поголеми количества делува опивно. Долготрајната употреба на алкохолот предизвикува алкохолизам и предизвикува оштетување на нервниот систем, црниот дроб, срцето, бубрезите и други органи. Употребата на алкохолни пијалоци од страна на бремените жени може негативно да влијае на плодот. Докторите забележале дека новороденчињата родени од жени со хроничен алкохолизам покажале абнормалности, вклучувајќи ментална ретардација, слаб раст пред и по раѓањето и малформации на лицето. Алкохолот консумиран од мајката ја преминува плацентата и навлегува во крвотокот на фетусот. Во рок од околу 15 минути, концентрацијата на алкохол во крвта на фетусот е иста како и на мајката. Сепак, мајката има ензими за детоксикација на алкохолот во нејзината крв; фетусот нема.

Гликол (етан-1,2-диол), $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})$

Гликолот е еден од најважните претставници на дихидроксилните алкохоли. Претставува безбојна течност со сладок вкус, растворлива во вода.

Гликолот се добива со хидролиза на 1,2-дибромоетан под дејство на бази или со оксидација на етен. Индустриски се добива со директна оксидација на етенот со воздушен кислород на температура од 250 °C, а како катализатор се користи среброто.

Се користи како средство против замрзнување (антифриз). 50 % воден раствор од гликол има температура на мрзнење -34 °C.

Поради тоа што е отровен, се ограничува неговата употреба во индустрија на храна и козметика. Меѓутоа претставува важна суровина за добивање на други органски супстанции, како синтетички влакна, експлозиви и др.



Слика 6.5. Антифризот се додава во резервоарите на автомобилите

Глицерол (пропан-1,2,3-триол), $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})$

Глицеролот е еден од најважните претставници на трихидроксилните алкохоли. Во природата, во слободна состојба, го има во крвта и палмовото масло, додека во сврзана состојба е естерифициран и е составен дел на сите животински и растителни масти. Претставува течност со голема густина, сладок вкус и висока температура на вриење.

Глицеролот за прв пат бил изолиран од страна на Шеле (Schele) во 1779 година при сапонификација на масите. Всушност, при реакција на сапонификација се добива глицерол и сапун.



Слика 6.6. Глицерински сапун

Глицеролот се употребува за добивање на нитроглицерол, кој претставува експлозив и наоѓа голема примена во рударството и градежништвото. Нитроглицеролот претставува и лек за срцеви заболувања. Освен тоа, глицеролот наоѓа примена во прехранбената индустрија, козметиката, фармацијата, медицината, текстилната индустрија и др.

Истражувај!

Пребарај на интернет за некои други примени на претставниците на алкохолите и фенолите и дискутирајте на час.

Искористи ја твојата креативност и подготви постери и презентации за овие претставници и презентирајте ги на час.

Фенол, C_6H_5OH

Од фенолните органски соединенија, како најважен претставник ќе го спомнеме фенолот. Чистиот фенол претставува безбојна кристална супстанца со карактеристична миризба. Поради силното антисептичко дејство, порано се користел како дезинфекционно средство, но поради неговата отровност (изгореници на кожата) неговата употреба била забранета.

Во индустријата наоѓа примена за добивање на разни смоли, познати под името бакелит (електроизолационен материјал).



Слика 6.7. Фото апарат изработен од бакелит

Запомни!

Метанолот може да предизвика слепило ако се вдиши, а во поголеми количества и смрт. Етанолот се користи како дезинфекциско средство, како растворувач и др. Долготрајна употреба на етанол предизвикува алкохолизам.

Гликолот се употребува како антифриз (средство против замрзнување на водата во автомобилите).

Глицеролот наоѓа примена за добивање на експлозиви, а се користи и во прехранбената индустрија, козметиката, фармацијата, медицината, текстилната индустрија и др.

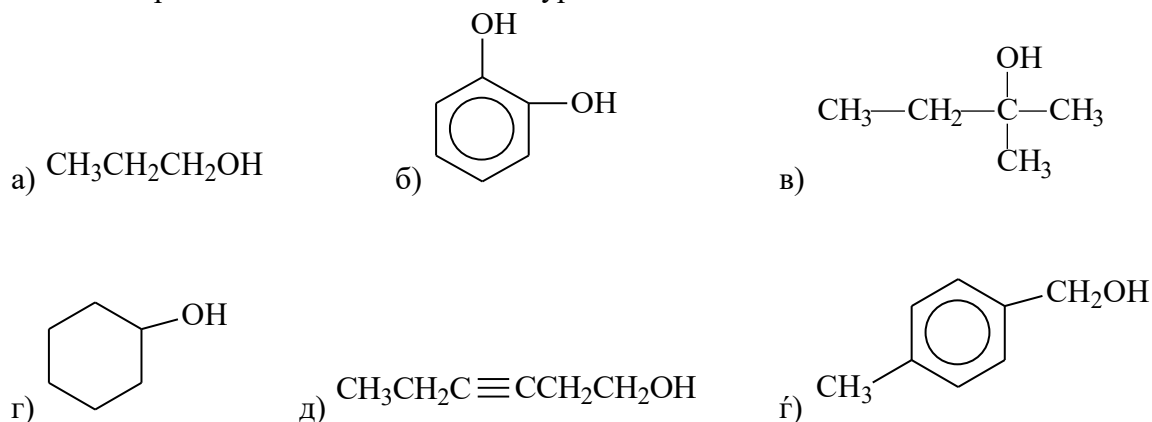
Фенолот наоѓа примена во повеќе гранки на индустријата и во разни органски синтези.

Прашања и задачи

1. Зошто метанолот не се користи како алкохолен пијалок?
2. Каде наоѓа примена етанолот?
3. Која е најстарата метода за добивање на етанол? Напиши ја равенката на реакцијата.
4. Кој алкохол се користи како раствор против замрзнување на водата?
5. Каква е примената на нитроглицеролот во медицината?
6. Дали денес фенолот се користи како дезинфекционно средство? Зошто?

6.7 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија:
а) 3-етилхексан-2-ол б) 3-метилпентан-1-ол в) 2,4-диметилхексан-3-ол
2. Класифицирај ги алкохолите според трите начини на класификација и именувај ги според IUPAC-овата номенклатурата:



3. Колку положбени изомери може да има хексанолот, $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$?
4. Објасни зошто бутан-1-ол е помалку растворлив од пропан-1-ол.
5. Етен-1,2-диол и пропан-1-ол вријат на 198°C и 97°C , соодветно. Објасни зошто овие две соединенија со слични молекулски маси имаат толку различни температури на вриење.
6. Зошто фенолите имаат поизразен кисел карактер во однос на алкохолите?
7. Напиши ги равенките на реакциите на нуклеофилна супституција во која учествуваат:
а) етил бромид и натриум хидроксид
б) 2-бромпропан и натриум хидроксид
8. Напиши кои продукти се добиваат при оксидација на:
а) бутан-1-ол б) бутан-2-ол в) 2-метилпропан-2-ол
9. Напиши ги равенките на реакциите на:
а) добивање на магнезиум пропанолат
б) хлорирање на фенол
10. Какви предности и недостатоци има користењето на етанол?

7 АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ

Содржина

Состав, поделба и изомерија на алдехидите и кетоните

Номенклатура на алдехидите и кетоните

Добивање на алдехиди и кетони

Физички и хемиски својства на алдехидите

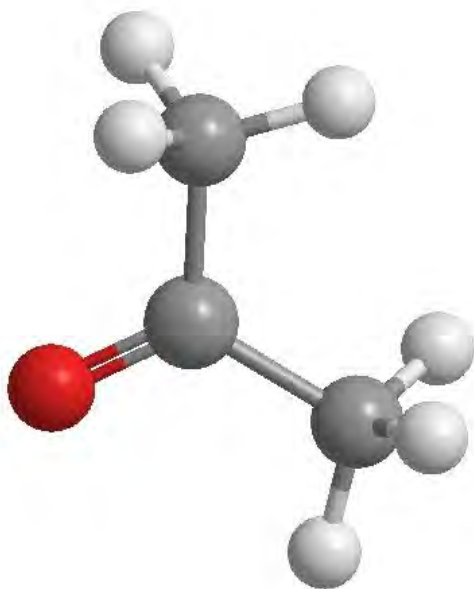
Физички и хемиски својства на кетоните

Поважни претставници на алдехидите и кетоните

Стотици индивидуални алдехиди се користат од страна на хемичарите дневно за да се синтетизираат други соединенија.

Формалдехидот (*формалинот*) се користи за балсамирање, како герамид, фунгицид и инсектицид за растенија и зеленчук. Но, неговата најголема примена е во производството на одредени полимерни материјали. Пластичниот бакелит се добива со реакција помеѓу формалдехид и фенол.

Ацетонот е способен за растворање на многу масти и смоли, како и целулозни етери, целулозен ацетат, нитроцелулоза и други естери на целулоза. Затоа, ацетонот многу се користи во производството на вештачки влакна и експлозиви.

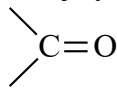


Поими

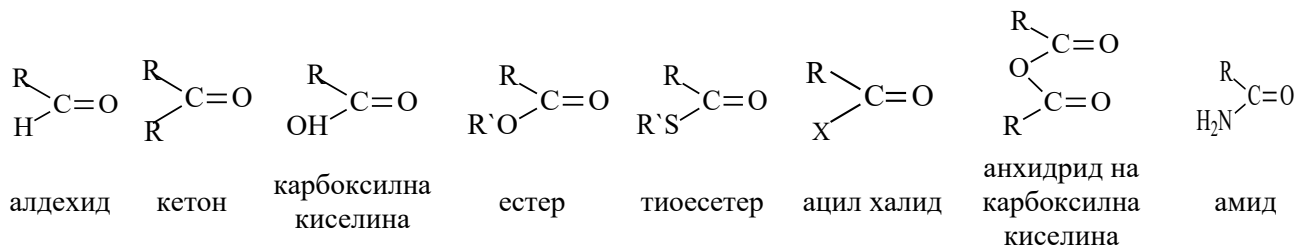
- карбонилна, алдехидна, кетонска група
- карбонилни соединенија, алдехид, кетон
- моноалдехид, диалдехид, полиалдехид
- монокетони, дикетони, поликетони
- симетрични и несиметрични кетони
- положбена и функционална изомерија
- оксидација, хидратација, редукција, нуклеофилна адисија
- цијанхидринска реакција, цијанхидриди
- полуацетал, ацетал, алдолна адисија,
- Толенсова реакција, Фелингова реакција, јодоформна реакција
- формалдехид, ацеталдехид, бензалдехид, ацетон

Вовед

Во составот на многу органски соединенија учествува **карбонилната група**:

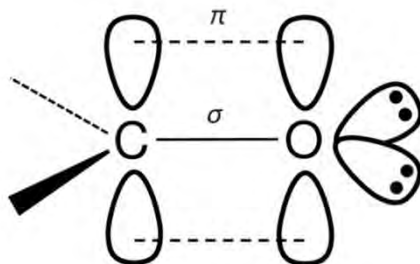


Карбонилната група е составен дел на многу органски соединенија.



Соединенијата што ја содржат карбонилната група како функционална група се нарекуваат **карбонилни соединенија**. Својствата на карбонилната група ги определуваат во најголем дел хемиските својства на карбонилните соединенија.

Да ја разгледаме најпрвин нејзината електронска структура.



Во карбонилната група sp^2 хибридизираниот јаглероден атом гради една σ (сигма) и една π (пи) врска со кислородниот атом. Сигма врската се гради со препокривање на една sp^2 хибридна орбитала од јаглеродниот атом и една p орбитала од кислородниот атом, додека π врската настанува со бочно препокривање на нехибридизираната p орбитала од јаглеродниот атом и една од p орбиталите на кислородниот атом. Другите sp^2 орбитали служат за образување на другите две σ врски. Сите три σ врски лежат во една рамнина. Кај кислородниот атом остануваат две p орбитали со по еден електронски пар. Високата електронегативност на кислородот овозможува силна поларизација на врските меѓу јаглеродниот и кислородниот атом. Поради тоа $\text{C}=\text{O}$ врската е **поларна**. Ваквата електронска структура влијае на хемиското однесување на овие соединенија.

Истражувај!

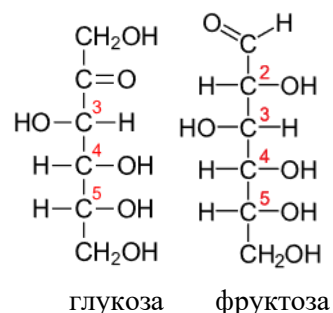
Побарај слики на молекулски модели и анимации за алдехиди и кетони на интернет.

7.1 СОСТАВ, ПОДЕЛБА И ИЗОМЕРИЈА КАЈ АЛДЕХИДИТЕ И КЕТОНИТЕ

Називот алдехид за првпат го вовел Ј. Вон Лиебиг (J.von Liebig) во 1835 година, а е изведен од латинскиот збор *alcohol dehydrogenatus*, што значи алкохол од кој е одземен водород, затоа што алдехидите се добиваат со дехидрогенација на алкохолите.

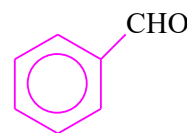
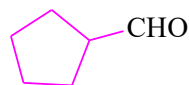
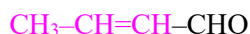
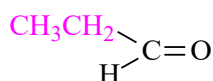
Алдехидиите се соединенија кои во составот содржат **алдехидна група** ($-\text{CHO}$) сврзана за радикал. Нивната општа формула е $\text{R}-\text{CHO}$, односно $\text{Ar}-\text{CHO}$. **Кетониите** се соединенија кај кои карбонилната група (поточно, **кетон група**) е сврзана за два радикала. Општата формула на кетоните може да се запише како $\text{R}-\text{CO}-\text{R}$, $\text{R}-\text{CO}-\text{Ar}$ или $\text{Ar}-\text{CO}-\text{Ar}$, во зависност од видот на радикалите сврзани за карбонилната група (алкил, $\text{R}-$ или арил радикал, $\text{Ar}-$).

Јаглехидратите (шеќерите), исто така, содржат алдехидна или кето група. Најважни претставници на јаглехидратите се глюкоза и фруктоза.

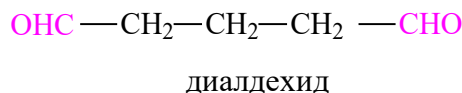
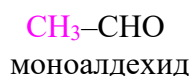


Алдехидите може да се класифицираат според:

- △ **видот на радикалот со кој е сврзана карбонилната група:** ациклични, циклични, алифатични и ароматични алдехиди.

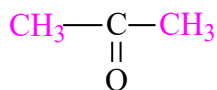


- △ **бројот на алдехидните групи:** моноалдехиди, диалдехиди, триалдехиди и полиалдехиди.

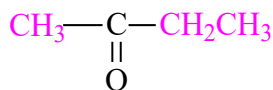


Слично, кетоните ги класифицираме според:

- △ **радикалите со кои е сврзана карбонилната група:** симетрични (имаат еднакви радикали) и несиметрични кетони (имаат различни радикали).

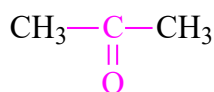


симетричен

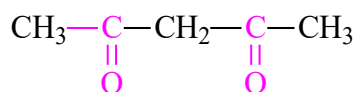


несиметричен

- △ **бројот на кето групите:** монокетони, дикетони, трикетони и поликетони.



монокетон



дикетон

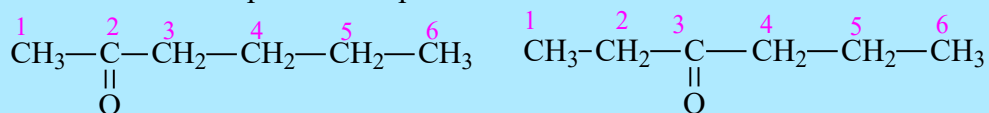
Изработи постер или нацртај илустративна шема за класификација на алдехидите и кетоните според различни критериуми.

Кај алдехидите и кетоните се јавува **скелејтна изомерија**, односно изомерија на јаглеродната низа. **Положбената изомерија** е карактеристична за кетоните, а овие изомери се разликуваат по местоположбата на кето групите. Карактеристично е што алдехидите и кетоните (со иста молекулска формула) меѓусебе покажуваат **функционална изомерија**.

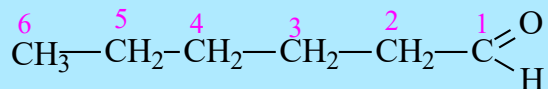
Пример. Колку положбени и функционални изомери има соединението со молекулска формула $C_6H_{12}O$?

Одговор:

Низата содржи шест С-атоми и постојат два положбени кетона кои се разликуваат според местоположбата на кето групата. Кето групата не може да се најде на првиот С-атом. Забележи дека ако кето групата се постави на четвртиот С-атом според оваа нумерација, всушност ќе се добие вториот изомер.



Кетоните покажуваат и функционална изомерија со алдехидите, па во овој случај хексанонот ќе биде изомер со хексаналот. Соединенијата содржат ист број на јаглеродни атоми, но се разликуваат по нивната функционална група се функционални изомери.



Запомни!

Општата формула на алдехидите може да се запише како $R-CHO$ или $Ar-CHO$.

Општата формула на кетоните е $R-CO-R$.

Алдехидите и кетоните се класифицираат: според радикалите сврзани за функционалните групи и според бројот на функционалните групи.

Освен структурна, кај кетоните се појавува положбена изомерија. Алдехидите и кетоните се функционални изомери.

Прашања и задачи

1. Наброј ги соединенијата што имаат карбонилна група како функционална група.
2. Напиши ги рационалните формули на положбените и функционалните изомери на соединението со молекулска формула $C_8H_{16}O$.
3. Напиши примери за:
а) моноалдехид б) трикетон в) тетракетон г) диалдехид

7.2 НОМЕНКЛАТУРА НА АЛДЕХИДИТЕ И КЕТОНИТЕ

7.2.1 Хомолошка низа на алдехидите и кетоните

Општата формула на алдехидите и кетоните е $C_nH_{2n}O$, каде што n го означува бројот на јаглеродни атоми во молекулата ($n = 1, 2, 3, \dots$). Знаејќи ја општата формула, можеме да ја напишеме молекулската формула на кој било претставник на алдехидите и кетоните.

Пример 1. Определи ја молекулската формула на алдехид со 8 C-атоми во молекулата.

Одговор:

Знаеме дека молекулата на алдехидот има 8 C-атоми, така што $n = 8$, а $2+2n = 2+2 \cdot 8 = 18$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на овој алдехид е $C_8H_{18}O$.

Пример 2. Определи ја молекулската формула на кетон со 6 C-атоми во молекулата.

Одговор:

Знаеме дека молекулата на кетонот има 6 C-атоми, така што $n = 6$, а $2+2n = 2+2 \cdot 6 = 14$. Оттука, добиваме дека молекулската формула на кетонот е $C_6H_{14}O$.

Хомолошката низа постои и кај алдехидите и кетоните, како што е прикажано во Табелите 7.1 и 7.2.

Табела 7.1. Молекулски формули и називи на првите шест алдехиди

Молекулска формула	Основа	Назив
CH_2O	мет	метан $ал$
C_2H_4O	ет	етан $ал$
C_3H_6O	проп	пропан $ал$
C_4H_8O	бут	бутан $ал$
$C_5H_{10}O$	пент	пентан $ал$
$C_6H_{12}O$	хекс	хексан $ал$

Табела 7.2. Молекулски формули и називите на првите шест кетони

Молекулска формула	Основа	Назив
C_3H_6O	проп	пропан $он$
C_4H_8O	бут	бутан $он$
$C_5H_{12}O$	пент	пентан $он$
$C_6H_{14}O$	хекс	хексан $он$
$C_7H_{14}O$	хепт	хепта $он$
$C_8H_{16}O$	окт	октан $он$

Се забележува дека формулите на два соседни члена во низата се разликуваат за една метиленска група ($-CH_2-$), односно за еден јаглероден и два водородни атоми. Веќе знаеш дека ваквите соединенија се наречени *хомолотни соединенија*, а појавата *хомологија*. Ако ги подредиме хомологните соединенија според растење на бројот на C-атоми во молекулата, како во Табелите 7.1 и 7.2, ќе добиеме *хомолошка низа*.

7.2.2 Номенклатура на алдехиди и кетони

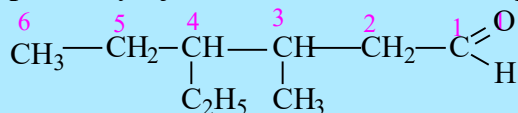
Како и кај сите органски соединенија, така и за алдехидите и кетоните се користи *тривијално именување*. Според IUPAC-овата номенклатура, пак, алдехидите се именуваат така што на името на јаглеводородот од основна низа се додава наставката **–ал**, додека кај кетоните се додава наставка **–он**. Ова можеше да го воочиш од Табелите 7.1 и 7.2. Нумерирањето започнува од оној крај на низата што е поблиску до функционалната група.

Во Табела 7.3 се прикажани тривијалните називи и IUPAC-ови називи на некои алдехиди и кетони.

Табела 7.3. Тривијални и IUPAC-ови називи на некои алдехиди и кетони

Формула	IUPAC-ова номенклатура	Тривијално именување
HCHO	метанал	формалдехид
CH ₃ CHO	етанал	ацеталдехид
C ₆ H ₅ CHO	фенилметанал	бензалдехид
CH ₃ COCH ₃	пропан-2-он (пропанон)	ацетон

Пример. Именувај го следниот алдехид според IUPAC-овата номенклатура:

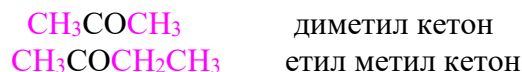


Одговор:

Се избира најдолгата основна низа на јаглеводородот што ја содржи функционалната група, а со нумерирање се започнува од C-атомот од алдехидната група. Се идентификува местоположбата и називот на супституентите. Во овој случај имаме етил радикал на четвртиот C-атом и метил радикал на третиот C-атом. Супституентите се именуваат по азбучен редослед. Основната низа содржи шест C-атоми (хексан) и се додава наставката –ал.

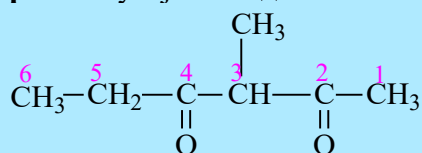
Именувањето на алдехидот ќе биде: **4-етил-3-метилхексанал**.

За кетоните освен тривијалното и IUPAC-овото именување, прифатена е и номенклатура според која називот на кетонот се состои од називите на радикалите и зборот кетон, напишани одделно.



Оваа именување е веќе застарено и ретко се употребува. Наместо тоа, се користи IUPAC-овото именување кое е унифицирано. Овој вид именување е прикажано преку следниов пример.

Пример. Именувај го следнов кетон според IUPAC-овата номенклатура:



Одговор:

Се избира најдолгата основна низа на јаглеродородот што ја содржи функционалната група, а потоа се нумерира така што кето групите да добијат што е можно помала вредност. Така, кето групите се наоѓаат во позиција 2 и 4 (збирот 2+4 е помал од збирот 3+5, доколку би нумерирале од лево), а поради тоа што постојат две кето групи, се додава наставката **-дион**. Се идентификува местоположбата и називот на супституентот (метил радикал на третиот C-атом). Називот на ова соединение ќе биде **3-метилхексан-2,4-дион**.

Запомни!

Општата формула на алдехидите и кетоните е $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$, каде што n го означува бројот на јаглеродни атоми во молекулата ($n = 1, 2, 3, \dots$).

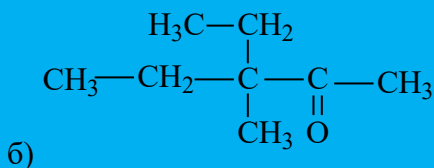
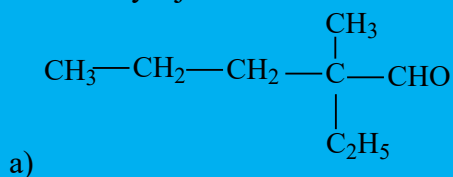
Ако ги подредиме хомологните соединенија според растење на бројот на C-атоми во молекулата, ќе добиеме хомолошка низа.

За именување на алдехидите и кетоните се користат тривијалните називи и правилата на IUPAC.

Според IUPAC-овата номенклатура алдехидите се именуваат така што на името на јаглеродородот од основна низа се додава наставката **-ал**, додека кај кетоните се додава наставка **-он**.

Прашања и задачи

- Опреди ја молекулската формула на:
 - алдехид со 7 C-атоми во молекулата
 - кетон со 10 C-атоми во молекулата
- Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија:
 - 4,4-диетил-2-метилхексанал
 - 3-етил-2-метилхептан-4-он
- Именувај ги следниве алдехиди и кетони според IUPAC-овата номенклатура:



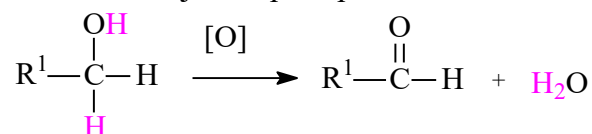
7.3 ДОБИВАЊЕ НА АЛДЕХИДИ И КЕТОНИ

Постојат различни индустриски и лабораториски начини за добивања на алдехидите и кетоните.

1) Оксидација на алкохоли

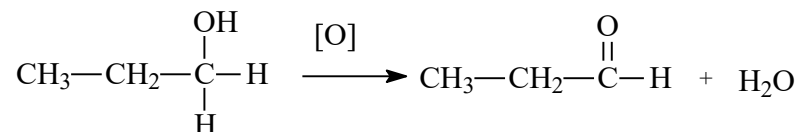
Алкохолите може да се оксидираат со различни оксидациони средства до алдехиди, кетони и карбоксилни киселини. Најчесто користени оксидациони средства се базен раствор на калиум перманганат ($\text{KMnO}_4/\text{OH}^-$) и хромна киселина (H_2CrO_4). Символот $[\text{O}]$ над стрелката во хемиските равенки се користи за да се означи кое било оксидационо средство. Оксидацијата често се означува како губење на водород или добивање кислород. При оксидација на алкохоли, два H-атома се отстрануваат од молекулата на алкохолот, при што се формира карбонилна група.

Со оксидација на примарни алкохоли се добиваат **алдехиди**.



примарен алкохол

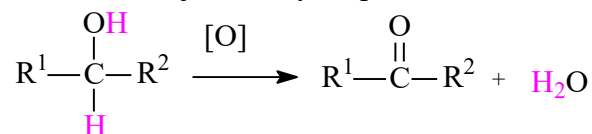
алдехид



пропан-1-ол

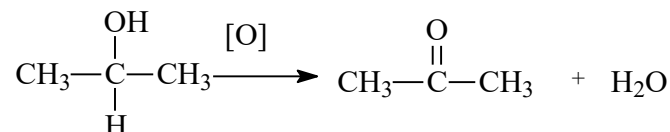
пропанал

Со оксидација на секундарни алкохоли се добиваат **кетони**.



секундарен алкохол

кетон

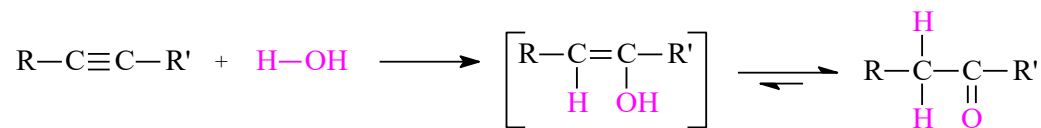


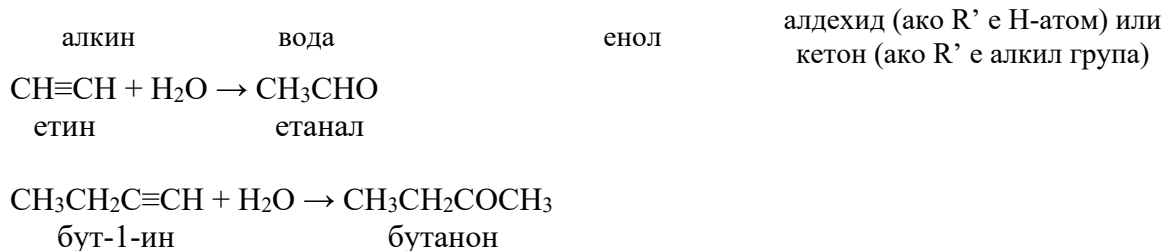
пропан-2-ол

пропанон

2) Хидратација на алкини

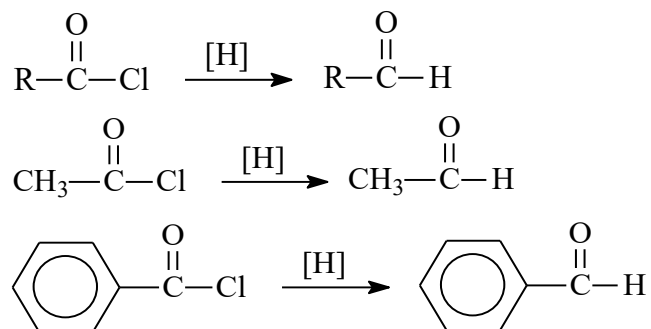
Кога зборуваме за хемиски својства на алкини, спомнавме дека со хидратација на алкините најпрвин се добива енол, кој е нестабилен веднаш се изомеризира (прегрупира) или во алдехид или во кетон.





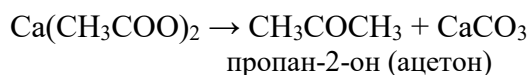
3) Редукција на киселински хлориди

Алдехиди и кетони може да се добијат и со редукција на алифатични и ароматични киселински хлориди.



4) Со пиролиза на калциумови или бариумови соли на карбоксилните киселини.

Наједноставниот кетон, ацетонот, може да се добие со пиролиза на калциум ацетат.



Запомни!

Постојат различни начини на добивање на алдехидите и кетоните, но најважниот е оксидација на алкохоли. Со оксидација на примарни алкохоли се добиваат алдехиди. Со оксидација на секундарни алкохоли се добиваат кетони.

Прашања и задачи

1. Напиши ги равенките на реакциите на:
 - а) оксидација на бутан-1-ол
 - б) оксидација на бутан-2-ол
2. Доврши ги равенките на реакциите:
 - а) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 - б) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

7.4 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛДЕХИДИТЕ

7.4.1 Физички својства на алдехидите

Поради поларниот карактер на карбонилната група, температурите на вриење кај алдехидите се повисоки од оние на алканите со приближно иста релативна молекулска маса. Од друга страна, алдехидите имаат пониски температури на вриење од алкохолите, бидејќи меѓу самите молекули на алдехиди не се образува водородна врска.



бутан

$$M_r = 58$$

$$T_b = -0,5\text{ }^\circ\text{C}$$



пропан-1-ол

$$M_r = 60$$

$$T_b = 97,2\text{ }^\circ\text{C}$$

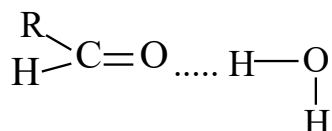


пропанал

$$M_r = 58$$

$$T_b = 49\text{ }^\circ\text{C}$$

Алдехидите градат водородни врски со молекулите на водата, што овозможува да бидат растворливи во вода. Со зголемување на јаглеродородната низа, се намалува нивната растворливост во вода. Повисоките членови на алдехидите се нерастворливи во вода, а се раствораат во органски растворувачи.



Првиот член на алдехидите (формалдехид) при обични услови е гас со непријатен и остар мирис, наредните членови имаат задушлив мирис, додека повисоките членови имаат пријатен мирис.

7.4.2 Хемиски својства на алдехидите

На почетокот на оваа тема спомнавме дека поради електронската структура на карбонилната група и високата електронегативност на кислородниот атом доаѓа до силна поларизација помеѓу двојната врска меѓу јаглеродниот и кислородниот атом. С-атомот е делумно позитивно наелектризиран и е подложен на напад на нуклеофилни честички. При нуклеофилен напад се менува хибридизацијата на С-атомот. Првично, во молекулите на алдехидите и кетоните тој е sp^2 хибридизиран и има планарно тригонална геометрија, а по нападот станува sp^3 хибридизиран со тетраедарска геометрија.

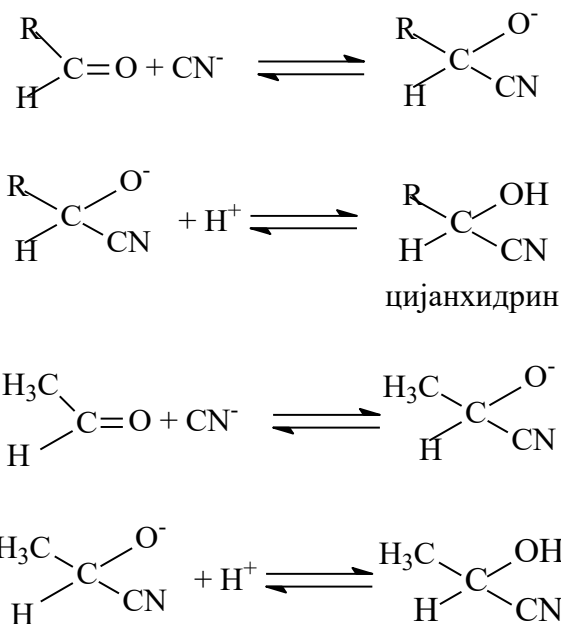
Алдехидите се пореактивни од кетоните кон нуклеофилен напад. Ова се должи главно на два фактора:

- △ *Стерни пречки*. Во молекулата на кетон има две алкил групи, а во молекулата на алдехид има една алкил група и водороден атом. Водородниот атом е помал од алкил групата и не го попречува патот на нуклеофилните честички.
- △ *Електронски ефект*. Како што веќе спомнавме, алкил групите донираат електрони (покажуваат позитивен индуктивен ефект). Поради ова, парцијално позитивниот полнеж кај алдехидите е помалку стабилизирани за разлика од оној кај кетоните.

- 1) **Нуклеофилната адисија** е една од најважните реакции во кои стапуваат алдехидите. Јаглеродниот атом од карбонилната група е парцијално позитивно наелектризиран, така што ќе биде нападнат од нуклеофилни честички ($-\text{OH}^-$, $-\text{CN}^-$ и други).

Цијанхидринска реакција

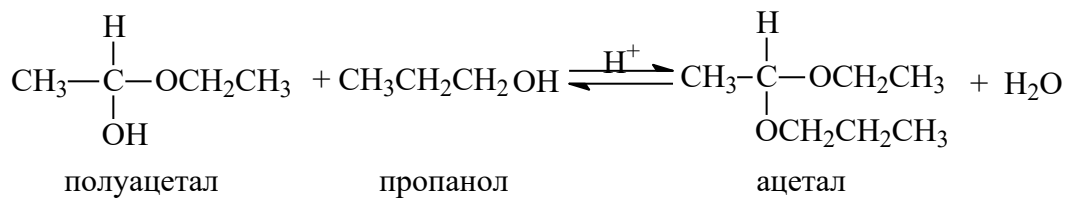
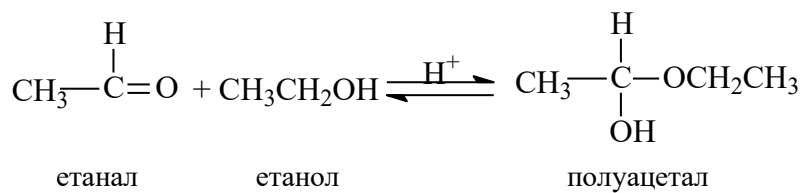
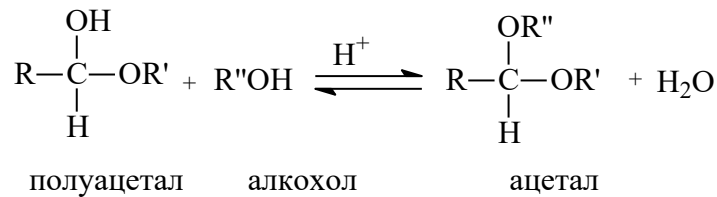
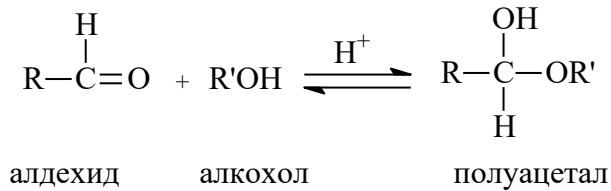
Алдехидите лесно адираат CN^- јони и образуваат соединенија **цијанхидрини**. Кај овие соединенија за ист C-атом се сврзани една OH и една CN група. При оваа реакција најпрвин се врши нуклеофилна адисија на цијанидниот јон (CN^-) кон карбонилниот јаглероден атом, а потоа водородниот јон (H^+) се адира на кислородниот атом.



Добивање на полуацетали и ацетали

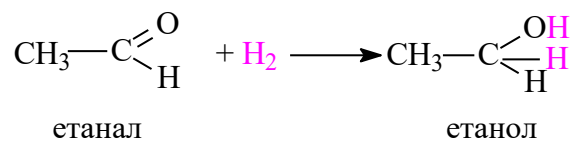
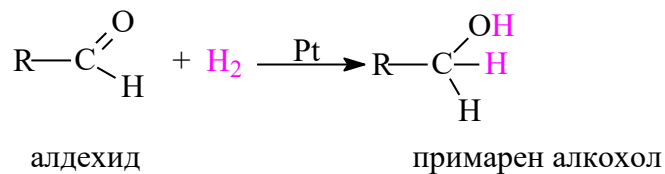
Во првата фаза на реакцијата во кисела средина алдехидите може да адираат алкохол на карбонилна група. При тоа се добива соединение наречено **полуацетал**, коешто е нестабилно и со мал вишок од алкохол може да премине во стабилно соединение кое се нарекува **ацетал**.

Пример за реакција на адисија е реакцијата со алкохоли во присуство киселина како катализатор. Во оваа реакција, H-атомот од молекулата на алкохолот се адира на карбонилниот O-атом. Алкокси групата од молекулата на алкохолот ($-\text{OR}$) се адира на карбонилниот C-атом. Добиеното соединение е наречено **полуацетал** и се карактеризира со C-атом на кој се сврзани една OH и една OR група. Хемиацеталите се нестабилни и во присуство на киселина и вишок од алкохол преминува во стабилно соединение наречено **ацетал**. Всушност, доаѓа до супституција на OH групата од молекулата на полуацеталот со друга OR група од молекулата на алкохолот. Така, во молекулата на ацеталот, за еден C-атом се сврзани две OR групи.



2) Редукција на алдехиди

При редукција на алдехидите се добиваат примарни алкохоли. Реакцијата се одвива во присуство на катализатори (Ni, Pt, Pd и др), а понекогаш потребно е и загревање.



3) Оксидација на алдехиди

Алдехидите се оксидираат под дејство на различни оксидациони средства (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и др.), при што се добиват карбоксилни киселини.



Во органска хемија за докажување на присуството на алдехидната група се користи *реакција на сребрено огледало (реакција со Толенов реагенс)* и *реакцијата со Фелингов раствор*.

Експеримент 1:

Реакција со Фелингов раствор

Се подготвуваат растворите од Фелинг I (раствор од бакар(II) сулфат) и Фелинг II (калиум натриум тартарат и натриум хидроксид). Се мешаат исти волумени од овие раствори при што се добива Фелингов раствор со темно сина боја. Кон овој раствор се додава некој алдехид и се загрева на водна бања. Што забележуваш? Што се докажува со овој експеримент?

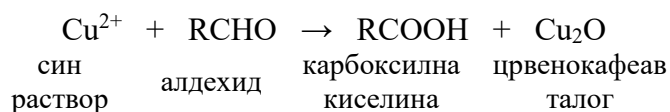


При Фелинговата реакција, алдехидот се оксидира до карбоксилна киселина. Појавата на црвенокафеав талог од Cu_2O е доказ за присуство на алдехидна група. Фелинговот тест најчесто се користи за утврдување на присуството на алдехидна група во јаглехидратите, бидејќи кетоните (освен т.н. α -хидрокси кетони, односно кетони кај кои карбонилната група е сврзана за $-\text{CH}_2\text{OH}$ група) не стапуваат во вакви реакции на оксидација. Овој тест се изведува и во медицински установи за да се открие присуство на глюкоза во урината. Ова помага да се идентификува дали пациентот има дијабетес или не.



Слика 7.1. Појавата на црвенокафеав талог укажува на позитивен Фелингов тест

Недостатокот на оваа реакција е тоа што ароматичните алдехиди не може да се детектираат и тоа што реакцијата мора да се изведува во базна средина.



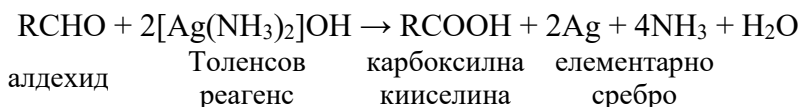
Експеримент 2: Реакција со Толенов реагенс



Подготовка на Толенов реагенс: Во епрувата се ставаат неколку капки раствор од сребро нитрат и се додаваат неколку капки од раствор од амониум хидроксид до образување на сив талог, а потоа уште неколку капки од растворот од амониум хидроксид сè додека талогот не се раствори.

Постапка за докажување: Во епрувета се ставаат 2 mL од приготвениот Толенов реагенс. Потоа, се додаваат неколку капки алдехид и се загрева на водна бања. Што забележуваш? Што се докажува со овој експеримент?

И при Толеновата реакција, како и кај Фелинговата, алдехидот се оксидира до карбоксилна киселина. Во овој случај, доколку се добие темно сив талог или т.н. сребрено огледало велиме дека тестот е позитивен.



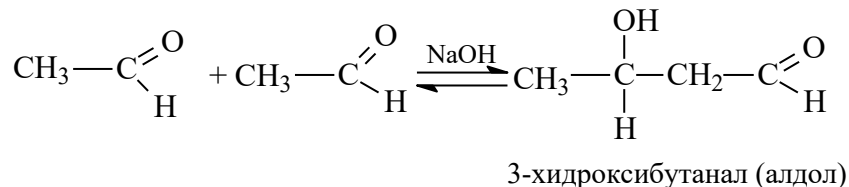
Толеновиот тест редовно се изведува во хемиските лаборатории за квалитативна органска анализа, при разликувањето на алдехидите од кетоните. Овој тест се користи и за разликување на редуцирачките од нередуцирачките шеќери. При тоа, некои јагленхидрати кои немаат алдехидна група може да дадат позитивен резултат на Толеновиот тест заради изомеризација на ваквите шеќери под алкални услови.



Слика 7.2. Појавата на сив талог или сребрено огледало укажува на позитивен Толенов тест

4) Алдолна адиција

Алдехидите кои содржат α -водородни атоми во присуство на разредени бази може меѓу себе да реагираат и да формираат соединенија наречени **алдоли**. Оваа реакција е позната под името алдолна адиција.



Запомни!

Поради поларниот карактер на карбонилната група алдехидите имаат повисоки температури на вриење од алканите, а пониски од алкохолите со слични моларни маси.

Алдехидите се хемиски пореактивни од кетоните. Карактеристични реакции се: нуклеофилна адиција, оксидација, редукција и алдолна адиција.

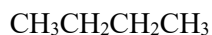
Прашања и задачи

1. Која е причината што алдехидите имаат пониски температури на вриење од алкохолите?
2. Што се добива при реакција на адиција на цијановодород на бутанал? Напиши ја равенката на реакцијата.
3. Дали пропанал ќе даде позитивен Фелингов и Толенсов тест? Доколку сметаш дека тоа ќе биде случај, напиши ги равенките на реакциите.

7.5 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА КЕТОНИТЕ

7.5.1 Физички својства на кетоните

Физичките својства на кетоните се слични со оние на алдехидите. Така, кетоните имаат повисоки температури на вриење од алканите поради поларноста на кето групата, а пониски од алкохолите бидејќи не постои водородна врска меѓу молекулите на кетоните.



бутан

$$M_r = 58$$

$$T_b = -0,5\text{ }^\circ\text{C}$$



пропан-1-ол

$$M_r = 60$$

$$T_b = 97,2\text{ }^\circ\text{C}$$



пропанон

$$M_r = 58$$

$$T_b = 56\text{ }^\circ\text{C}$$

Само пониските членови на алдехидите градат водородни врски со молекулите на водата, што овозможува да бидат растворливи во вода. Повисоките членови на алдехидите се нерастворливи во вода, а се раствораат во органски растворувачи. Ниските членови од кетоните имаат пријатен мирис како и најголем дел од средните членови.

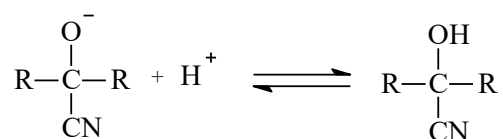
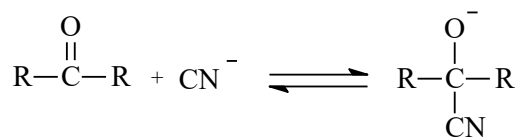
7.5.2 Хемиски својства на кетоните

И алдехидите и кетоните ја содржат карбонилната група, па тие покажуваат слични својства. Така, и кетоните може да учествуваат во реакција на **адиција, редукција и оксидација**. Меѓутоа, како што беше спомнато и претходно, алдехидите се пореактивни од кетоните.

1) Нуклеофилна адиција

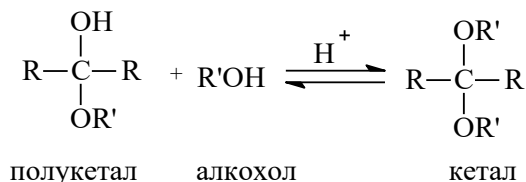
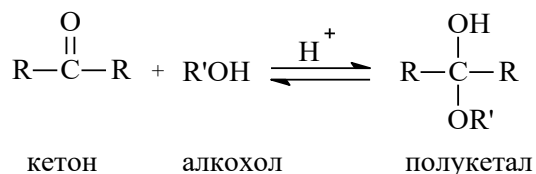
Кетоните, исто како алдехидите, може да адират HCN и алкохоли. Реакцијата на нуклеофилна адиција потешко се одвива кај кетоните за разлика од алдехидите.

Цијанхидринска реакција



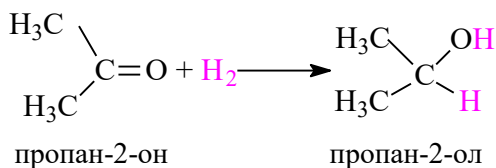
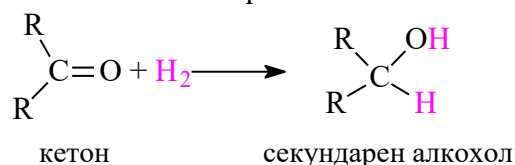
Добивање на полукетали и кетали

Кетоните може да се адират алкохол на карбонилна група, при што најпрвин се добиваат полуацетали, а со вишок алкохол се образуваат ацетал.



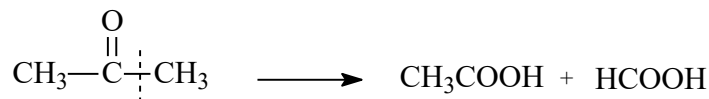
2) Редукција на кетони

Со редукција на кетони се добиваат секундарни алкохоли. Реакцијата се изведува во присуство на катализатор.



3) Оксидација на кетони

Реакцијата се одвива во посебни услови и во присуство на оксидациони средства, какви што се KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или CuO . Оксидацијата се одвива потешко кај кетоните отколку кај алдехидите. При оваа реакција се образува смеса од карбоксилни киселини.



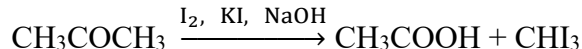
Во лабораториски услови, за докажување на кетони, се користи **јодоформна реакција**.

Експеримент: Јодоформна реакција



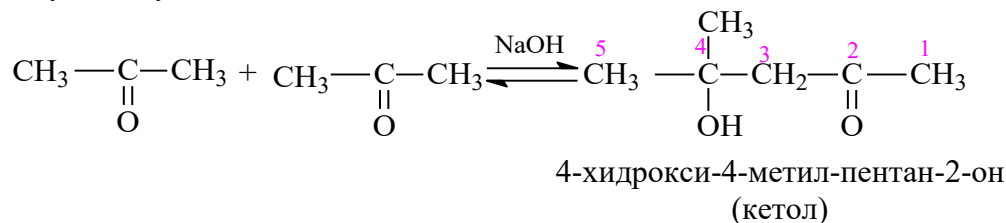
Се приготвува раствор од I_2 во KI (во епрувета со раствор од KI се додаваат неколку кристали од јод). Во друга епрувета се става 2 mL ацетон, 1 mL раствор од натриум хидроксид и 10 mL од приготвениот раствор на I_2 во KI . Епруветата умерено се загрева. Што забележуваш? Што се докажува со овој експеримент?

Појавата на црвена боја, како резултат на издвојувањето на јодоформ, е доказ за присуството на ацетон.



4) Алдолна адиција

При оваа реакција α -водородниот атом од една молекула кетон се присоединува кон карбонилната група на другата молекула кетон градејќи нова C-C врска. Вакви реакции се можни и меѓу молекули на алдехиди и кетони.



Запомни!

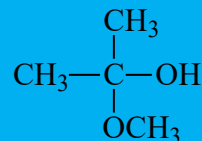
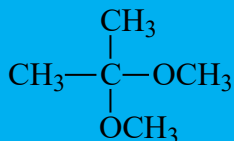
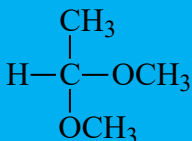
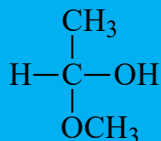
Кетоните имаат слични физички својства со алдехидите.

Кетоните учествуваат во реакции на: нуклеофилна адиција, оксидација, редукција и алдолна адиција. Кетоните се помалку реактивни од алдехидите, па некои реакции кај нив потешко се одвиваат.

Во лабораториски услови, за докажување на кетони, се користи јодоформната реакција.

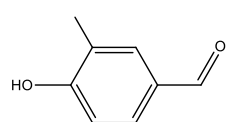
Прашања и задачи

- Опиши зошто кетоните се помалку реактивни од алдехидите.
- Што се добива при реакција на редукција на бутан-2-он.
- Напиши ја равенката на реакцијата на алдолна адиција на:
 - бут-2-он
 - бут-2-он и етанал (можни се два продукта)
 - бензалдехид (размисли!)
- Опреди кои од следниве структури се полуацетали, а кои ацетали:



7.6 ПОВАЖНИ ПРЕТСТАВНИЦИ НА АЛДЕХИДИТЕ И КЕТОНИТЕ

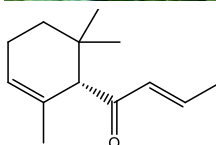
Многу алдехиди и кетони се користат за добивање на лекови и земјоделски хемикалии. Тие се особено важни за прехранбената индустрија, каде што се користат како вештачки и/или природни додатоци на храната. Така, на пример, ванилин е главна компонента на природна ванила. Вештачката арома со вкус на ванила претставува разреден раствор на синтетички ванилин во етанол.



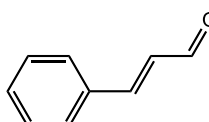
ванилин
(ванила)



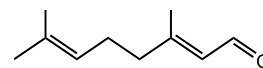
октан-2-он
(печурки)



α -дамаскон
(бобинки)



цинамалдехид
(цимет)



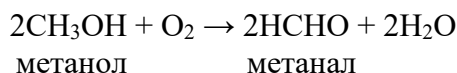
цитрал
(лимонова трева)

Тука ќе се задржиме само на некои поважни претставници што имаат поширока примена.

Метанал (формалдехид), HCHO

Метаналот претставува отровен гас со остра миризба. Во вода е растворлив, а неговиот 40 % воден раствор во индустријата е познат како **формалин**.

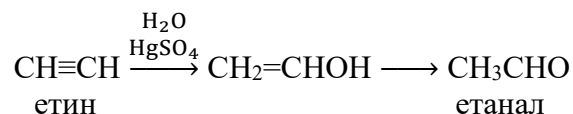
Метаналот се добива со оксидација на метанолот во присуство на оксидациони средства. За индустриски цели се добива со реакција на каталитичка оксидација и дехидрогенација на метанолот, во присуство на сребро или платина како катализатор.



Формалдехидот има бактерицидно дејство и затоа се користи како дезинфекциско средство, односно за чување на анатомски препарати. Лесно продира во клетките и предизвикува денатурација на протеините. Ова соединение се користи за добивање на фенол-формалдехидни смоли (полимери со фенол), лекови, бои и др.

Етанал (ацеталдехид), CH_3CHO

Етаналот претставува безбојна, лесно испарлива течност, со пријатна миризба. Учествува во сите карактеристични реакции на алдехидите. За индустриски цели се добива со дехидратација на етинот или со оксидација на етанол.



Ацеталдехидот наоѓа примена при добивање на голем број органски соединенија како на пример, оцетна киселина, етанол, бутанол, вештачки смоли и лекови, во медицината како хипнотик и др.

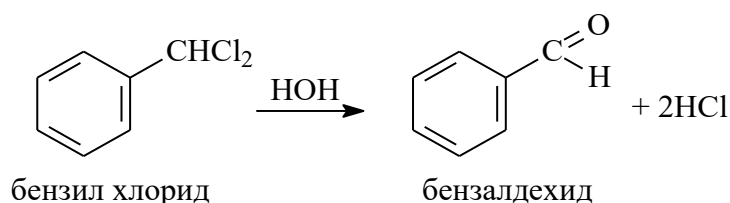
Бензалдехид, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$

Бензалдехидот претставува ароматичен алдехид. Тоа е безбојна течност со миризба на горчливи бадеми. Во форма на гликозид се наоѓа во горчливите семки на овошните плодови на бадеми, цреши, праски, кајсии и др.



Слика 7.3. Семките на бадемите содржат бензалдехид

Бензалдехидот за индустриски цели се добива со хидролиза на бензил хлорид



Се употребува за разни органски синтети, за добивање на бои, антибиотици и различни козметички препарати.

Пропанон (ацетон), CH_3COCH_3

Ацетонот е еден од најважните претставници на кетоните. Тој претставува безбојна, лесно испарлива течност, со карактеристична миризба и сладок вкус. Се раствора во вода во секаков однос.

Порано, ацетонот се добивал со сува дестилација на дрвото во смеса со други соединенија. Други начини на кои се добива се: пиролиза на калциум ацетат, хидролиза на

етин, оксидација на изопропил алкохол, ацетонско вриење на простите шеќери и други методи.

Ацетонот е најважниот комерцијален кетон, со производство од повеќе од 3 милијарди килограми секоја година. Ацетонот е вообичаен индустриски растворувач. Поради тоа што може да раствори голем број органски материјали, но исто така е растворлив и во вода, наоѓа широка примена како растворувач на бои, лакови, лепила, смоли и голем број органски супстанции. Ацетонот е запалив и затоа треба внимателно да се работи со него.



Слика 7.4. Ацетонот се користи и за отстранување на лакот од ноктите

При заболување на човечкиот организам од шеќерна болест (од латинскиот назив *diabetis mellitus*) доаѓа до образување на ацетон којшто се издвојува со урината. Поради тоа, се употребува за аналитички цели преку ленти за тестирање за одредување на ацетон во урина. Се користи за добивање на јодоформ, хлородорм и при многу синтези, во фармација, козметологија и др.

Запомни!

Метанал, етанал и бензалдехид се најважни претставници на алдехидите, додека ацетонот е најважен претставник на кетоните.

Метаналот се раствора во вода и неговиот 40 % раствор е познат како формалин.

Ацеталдехидот се користи за добивање на оцетна киселина, смоли, лекови многу други органски супстанции.

Бензалдехидот има широка примена во фармација за добивање на антибиотици.

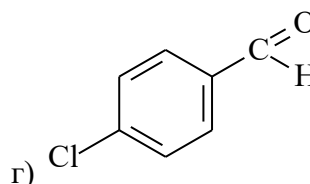
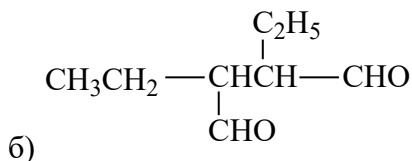
Ацетонот наоѓа широка примена како растворувач на голем број органски супстанции.

Прашања и задачи

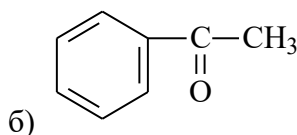
1. Напиши ја равенката на реакцијата на добивање на етанал.
2. Каква примена има бензалдехидот?
3. Преку кој тест може да се одреди шеќерната болест кај диабетичари? Истражи повеќе за ова и презентирај пред твоите соученици.

7.7 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

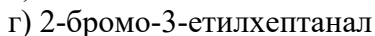
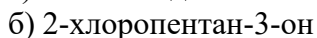
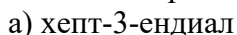
1. Именувај ги следниве алдехиди:



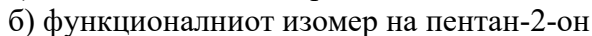
2. Именувај ги следниве кетони:



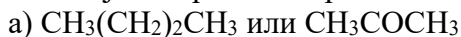
3. Напиши ги рационалните формули на следниве соединенија:



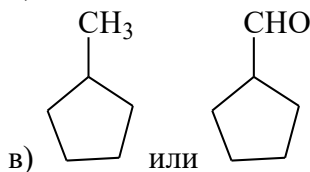
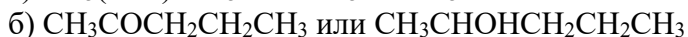
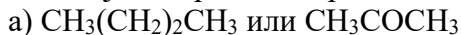
4. Напиши ја рационалната формула на:



5. За секој од паровите определи кое соединение има повисока температура на вриење:



6. За секој од паровите определи кое соединение е порастворливо во вода:



7. Напиши ја равенката за реакцијата за добивање на пентанал тргнувајќи од:
а) соодветен алкохол
б) соодветен алкин
8. Доврши ги следниве равенки на реакции:
а) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO} + \text{HCN} \rightarrow$
б) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3 + \text{HCN} \rightarrow$
в) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow$
г) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3 + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow$
9. Што се добива при редукција, а што при оксидација на:
а) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
б) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$
10. Зошто реакцијата со Толенсов реагенс е позната уште и како реакција на сребрено огледало?

8 КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ДЕРИВАТИ НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

Содржина

Состав, поделба и номенклатура на карбоксилните киселини

Добивање на карбоксилни киселини

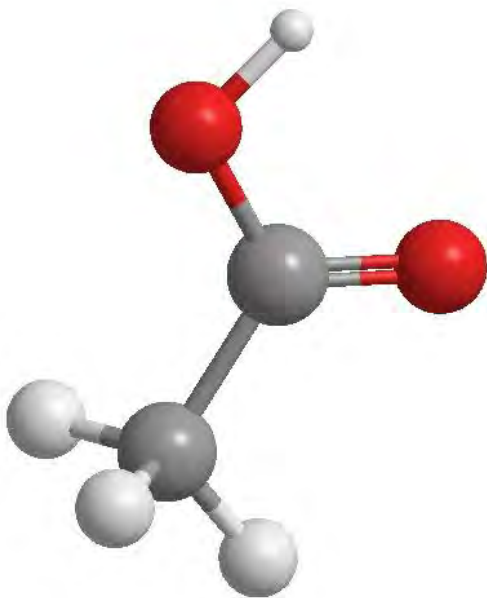
Физички и хемиски својства на карбоксилните киселини

Функционални деривати на карбоксилните киселини

Поважни карбоксилни киселини

Поважни естери

Карбоксилните киселини и нивните деривати, естерите, се дел од нашето секојдневие. *Етјанската* (оцетната) киселина, која е составен дел на оцетот, го дава киселиот вкус на салатите. *Пропанската* киселина го дава оној јак вкус на швајцарското сирење. Карбоксилните киселини со долга низа се нарекуваат масни киселини и тие образуваат естри при реакција со алкохоли. *Маслиновото* масло во преливот за салата и цврстите масти во месото и сирењето се примери за такви триглицериди. *Млечната* киселина е продукт на нашиот метаболизам што се собира во мускулите и крвта кога вежбаеме толку силно што не можеме да обезбедиме доволно кислород на мускулите. Јадејќи овошна салата уживаме во голем број естери со вкус на овошје, какви што се *2-метилбутил етаноат* (банани) или *метил изобутираноат* (јагоди).



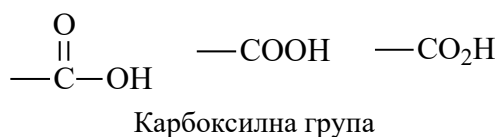
Поими

- карбоксилна група, карбоксилни киселини
- оксидација, хидролиза, нитрили, редукција
- карбоксилатен анјон, делокализација
- водородна врска, јачина на киселина, индукутивен ефект
- реакција на неутрализација, сол
- функционални деривати на карбоксилни киселини, ацилхалиди, анхидриди, амиди, естери
- метанска, етанска, галактична оцетна, етанска, бензоева, ацетилсалицилна киселина
- есенција, оцет
- виши масни киселини, естер, масли, масла
- естерификација хидролиза, салионификација, салин

8.1 СОСТАВ, ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

8.1.1 Состав и поделба на карбоксилните киселини

Карактеристична функционална група на карбоксилните киселини е карбоксилната група. Терминот *карбоксилна* доаѓа од поимите *карбонилна* и *хидроксилна*, двете структурни единици што ја сочинуваат карбоксилната група. Зборот *киселина* во името ни кажува една од најважните својства на овие соединенија: тие се дисоцираат во вода и даваат протони. Според тоа, тие се киселини.

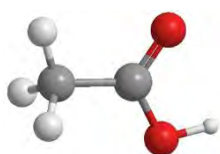


Општата формула на карбоксилните киселини е:

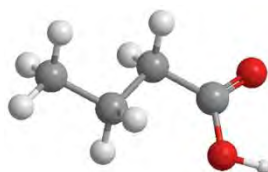


каде што R е алифатичен, а Ar ароматичен радикал. Исклучок претставува метанската (мравската) киселина, кај која карбоксилната група е врзана за водороден атом.

Овие соединенија се распространети во природата и се одговорни за некои познати мириси.



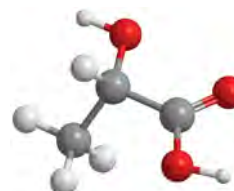
Оцетна киселина
(миризба на оцет)



Бутанска киселина
(миризба на путер)

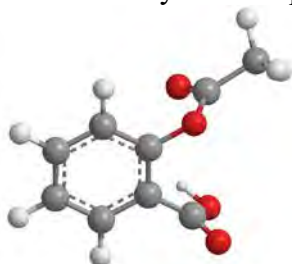


Хексанска киселина
(миризба на валкани чорапи)

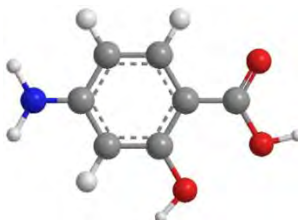


Млечна киселина
(вкус на кисело млеко)

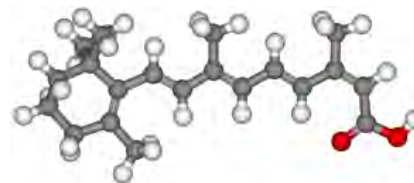
Карбоксилните киселини се наоѓаат и во голем број фармацевтски препарати кои се користат за лекување на разни болести.



Ацетилсалицилна киселина
(аспирин, широко користен
аналгетик)



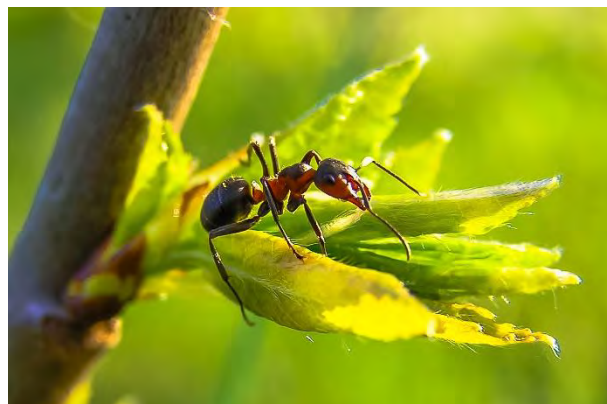
4-аминосалицилна киселина
(се користи во третман на
туберкулоза)



Изотретиноин
(се користи во третман
на акни)



Слика 8.1. Копривите (и некои други растенија) во себе содржат органски киселини.



Слика 8.2. Мравската киселина во природата ја има најмногу во отровот на мрави и на пчели.



Слика 8.3. Бутанската и хексанската киселина се одговорни за непријатната миризма на семињата од гинко.



Слика 8.4. Јаболковата и лимонската киселина придонесуваат за киселиот вкус на многу овошја и зеленчуци.

Карбоксилните киселини може да ги поделиме според:

- 1) Видот на радикалот: алифатични, ароматични киселини итн.
- 2) Бројот на карбоксилните групи: монокарбоксилни, дикарбоксилни киселини итн.
- 3) Супституирани карбоксилни киселини: хидрокси киселини, кето (окси) киселини, аминокиселини итн.

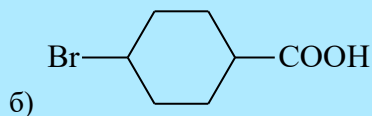
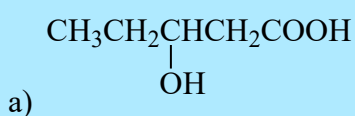
8.1.2 Номенклатура на карбоксилните киселини

При именувањето на карбоксилните киселини постапуваме слично како и досега, иако постојат различни начини на именување. Карактеристична наставна е **-ска киселина**. Киселините со повеќе карбоксилни групи содржат префикси **-ди**, **-три** итн. Во принцип, кај алифатичните карбоксилни киселини ќе важат IUPAC-овите правила:

- 1) Се определува основната (најдолгата) низа што ја содржи карбоксилната група.
- 2) Се нумерираат С-атомите во основната низа, така што С-атомот од карбоксилната група да има број 1.

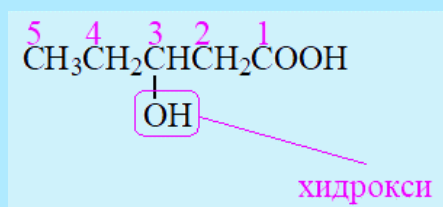
- 3) Именувањето на супституентите се врши на воочаениот начин.
- 4) Карбоксилната група има предимство за именување со наставка, па називите на супституираните карбоксилни киселини се образуваат така што кон називот на киселината се додаваат соодветни префикси (*оксо-* за =O група, *формил-* за -CHO група и *хидрокси-* за -OH група).
- 5) Кога карбоксилната група е поврзана за прстен, соединението се именува со додавање на наставката **-карбоксилна киселина** кон називот на соодветниот јаглеродород во кој не се вклучени C-атомите од карбоксилните групи.

Пример 1. Именувај ги соединенијата претставени со формулите:



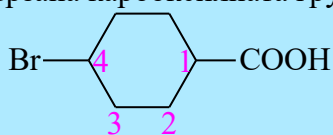
Одговор:

а) Најпрвин, ја определуваме основната низа и го нумерираме C-атомот од карбоксилната група со број 1.



Понатаму, го именуваме супституентот како хидрокси и добиваме *3-хидрокси-5-оксопентанска киселина*.

б) Во овој случај се работи за циклична карбоксилна киселина, па наставката ќе биде -карбоксилна киселина. Нумерирањето на C-атомите во прстенот започнува од оној C-атом за кој е сврзана карбоксилната група.



Називот на ова соединение ќе биде *4-бромциклохексанкарбоксилна киселина*.

Пример 2. Напиши ја рационалната формула на пентандиска киселина.

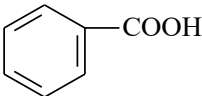
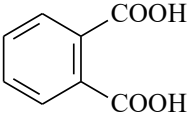
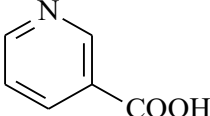
Одговор:

Називот пентан ни кажува дека во низата има 5 C-атоми, а наставката диска дека има две карбоксилни групи. C-атомите од карбоксилните групи се вклучени во нумерирањето. Формулата ќе биде:

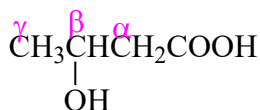
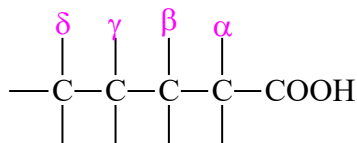


И денес познати се некои тривијални називи на карбоксилните киселини. Некои од нив се дадени во Табела 8.1.

Табела 8.1. Тривијални називи на некои карбоксилни киселини

Рационална/кондензирана формула	Тривијален назив
HCOOH	мравска киселина
CH_3COOH	оцетна киселина
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	пропионска киселина
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	бутерна киселина
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	палмитинска киселина
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	стеаринска киселина
$\begin{array}{c} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7 \quad \quad (\text{CH}_2)_7\text{COOH} \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{C} = \text{C} \\ \quad \quad \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	олеинска киселина
$\text{HOOC}-\text{COOH}$	оксална киселина
$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	малонска киселина
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	килибарна киселина
	бензоева (бензоеска) киселина
	фтална киселина
	никотинска киселина

Понекогаш, при именувањето на супституираните карбоксилни киселини се користат грчки букви за означување на положбата на супституентот. Јаглеродниот атом сврзан за карбоксилната група се нарекува α -јаглерод, следниот е β -јаглерод итн.



Така, соединението

ќе се чита β -хидроксибутерна киселина.

Запомни!

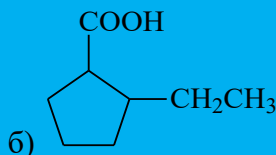
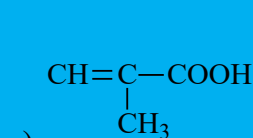
Функционална група на карбоксилните киселини е карбоксилната група, $-\text{COOH}$.

Карбоксилните киселини може да се поделат според видот на радикалот, бројот на карбоксилните групи и на супституирани карбоксилни киселини.

Карактеристична наставка што се користи при именување на карбоксилните киселини е **-ска киселина**. Киселините со повеќе карбоксилни групи содржат префикси *-ди*, *-три* итн. Кога карбоксилната група е поврзана за прстен, соединението се именува со додавање на наставката **-карбоксилна киселина**.

Прашања и задачи

1. Именувај ги карбоксилните киселини претставени со следниве формули:



Дали наведените карбоксилни киселини се алифатични или ароматични?

2. Напиши ги рационалните формули на следниве карбоксилни киселини:

- а) 4-метилпентанска киселина
б) 2,3-диоксохексанска киселина

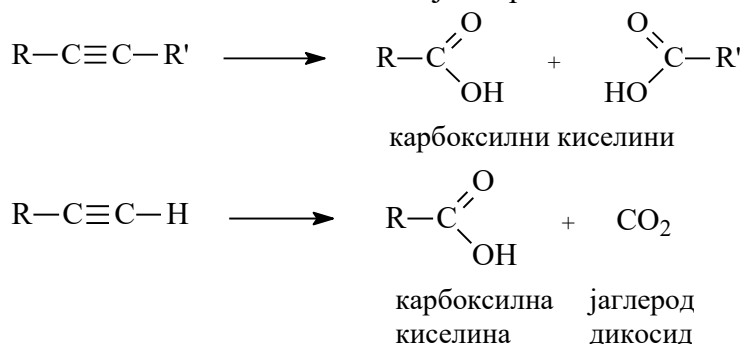
Зошто соединението под б е карбоксилна киселина, а не кетон?

3. Напиши ги системските имиња (според IUPAC-овата номенклатура) на карбоксилните киселини чии формули се дадени во Табела 8.1.
4. Истражи и одговори кој е називот според IUPAC-овата номенклатура на соединение чиј тривијален назив е лимонска киселина. Напиши ја рационалната формула на ова соединение.

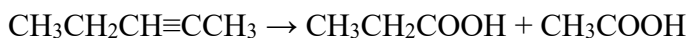
8.2 ДОБИВАЊЕ НА КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ

Карбоксилните киселини може да се одбијат на повеќе начини, а со некои од нив веќе се запозна во претходните теми. Така, кажавме дека со оксидација на алкини, алкохоли, алдехиди и кетони може да се добијат карбоксилни киселини.

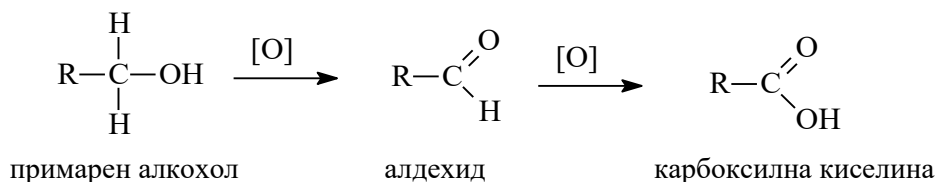
- 1) **Оксидација на алкини.** При силна оксидација на алкини со базен калиум перманганат или озон може да се добијат карбоксилни киселини.



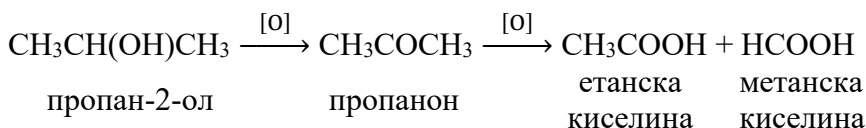
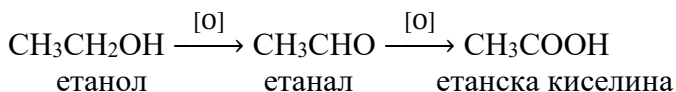
Пример:



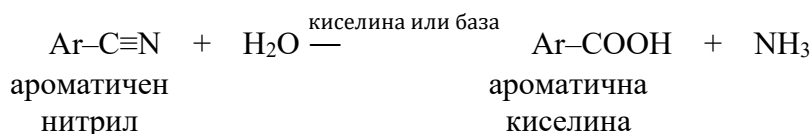
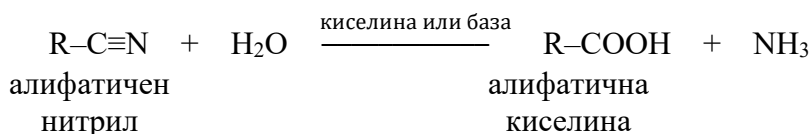
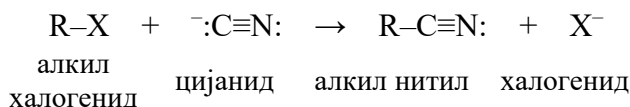
- 2) **Оксидација на алкохоли.** При оксидација на примарни алкохоли со силни оксидациони средства (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и др.) се добиваат алдехиди, а со понатамошна оксидација се образуваат карбоксилни киселини. Со оксидација на секундарни алкохоли се добиваат кетони, од каде што, при посебни услови, може да се добијат карбоксилни киселини.



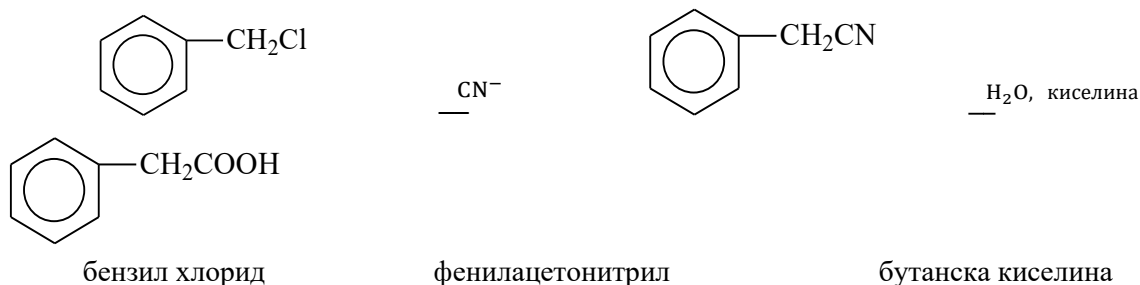
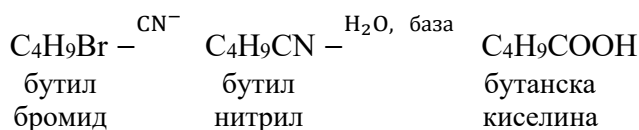
Пример:



- 3) **Хидролиза на нитрили.** Тргувајќи од алкил халогенид, преку супституција со цијанидни јони, може да се добијат карбоксилни киселини. На овој начин се добиваат соединенија со поголема јаглеродна низа од онаа кај појдовното соединение.



Пример:



- 4) **Хидролиза на деривати на карбоксилни киселини.** Еден од продуктите на хидролизата на функционалните деривати на карбоксилните киселини (естери, анхидриди, амиди и др.) е карбоксилна киселина. Со овие реакции ќе се запознаеш подоцна.

Запомни!

Карбоксилните киселини се добиваат со оксидација на алкини, алкохоли, алдехиди и кетони, хидролиза на нитрили и на деривати на карбоксилни киселини.

Прашања и задачи

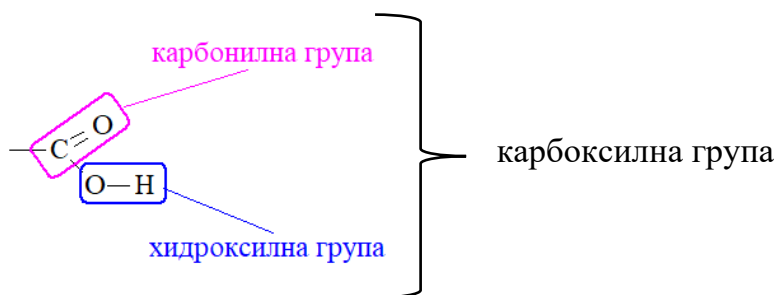
- Објасни и напиши ги равенките на реакциите на добивање на бутанска киселина тргнувајќи од соодветен алкил халогенид.
- Што се добива при оксидација на а) пентан-1-ол и б) пентан-3-ол? Напиши ги равенките на овие реакции.

8.3 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

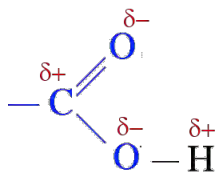
8.3.1 Физички својства на карбоксилните киселини

Јаглеродниот атом од карбоксилната група е sp^2 хибридизиран и поседува тригонално планарна геометрија, со агли на врските близу до 120° .

Карбоксилните киселини се многу поларни соединенија. Ова се должи на карбоксилната група, која се состои од две многу поларни функционални групи, карбонилната група и хидроксилната група.



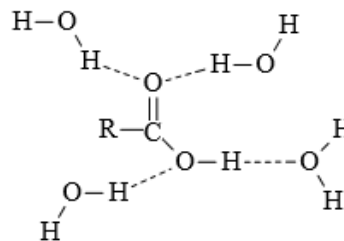
Карбонилната група е поларна бидејќи О-атом е поелектронегативен од С-атомот. Ова произведува дипол во кој О-атом има делумно негативен полнеж, а С-атомот делумно позитивен полнеж. Ова овозможува меѓумолекулаки дипол-дипол интеракции. Од друга страна, пак, хидроксилната група е многу поларна бидејќи О-атомот има значително поголема електронегативност од Н-атомот. Покрај тоа, О-атомот има два несподелени електронски парови. Ова резултира со многу поларна врска во која О-атом е делумно негативно наелектризиран, а Н-атомот делумно позитивно.



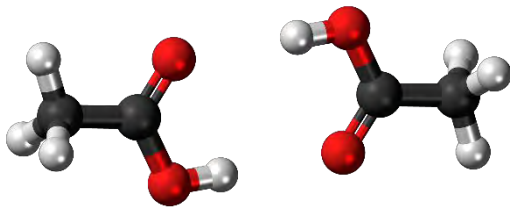
Ова дозволува да се формираат водородни врски. Така, молекулите на карбоксилните киселини може да градат водородни врски меѓу себе, но и со молекулите на поларни растворувачи, како што е водата.



Водородно сврзување меѓу две молекули на карбоксилна киселини и образување димери



Водородно сврзување меѓу молекули на карбоксилна киселина и молекули вода



Слика 8.5. Молекулски приказ на водородно сврзување во оцетна киселина

Поради водородното сврзување и силните дипол-дипол интеракции, карбоксилните киселини вријат на повисоки температури од алдехидите, кетоните или алкохолите со споредлива молекулска маса (Табела 8.2).

Табела 8.2. Споредба на температури на вриење на неколку групи органски соединенија

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	CH_3COOH
бутан	етил метил етер	пропан-1-ол	пропанал	етанска киселина
$M_r = 58 \text{ g/mol}$	$M_r = 60 \text{ g/mol}$	$M_r = 60 \text{ g/mol}$	$M_r = 58 \text{ g/mol}$	$M_r = 60 \text{ g/mol}$
$T_b = -0,5 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_b = 7,0 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_b = 97,2 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_b = 49 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_b = 118 \text{ }^\circ\text{C}$

Слично како и кај алкохолите, нижите карбоксилни киселини се растворливи во вода. Сепак, растворливоста опаѓа со зголемување на моларната маса бидејќи содржината на јаглерод во карбоксилната киселина се зголемува (неполарниот дел). Така, на пример, оцетната киселина е целосно растворлива во вода, но хексадеканската киселина е нерастворлива во вода.

Карбоксилните киселини со помала моларна маса имаат остар, кисел вкус и карактеристична миризба. Мравската киселина се користи како хемиска одбрана од мравките и предизвикува чувство на печење при убод од мравка. Оцетна киселина се наоѓа во оцетот, пропанската киселина е одговорна за вкусот на швајцарското сирење, а бутанската киселина за миризбата на расипан путер. Голем број карбоксилни киселини имаат непријатна миризба. Карбоксилните киселини со подолга низа обично се нарекуваат масни киселини и се важни компоненти на биолошките мембрани и триглицеридите.

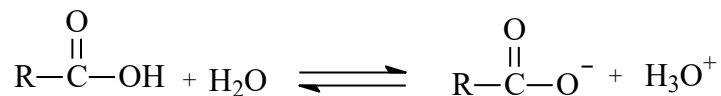
8.3.2 Хемиски својства на карбоксилните киселини

Поради поларноста на карбоксилната група и разликата во електронегативностите на атомите што ја сочинуваат, во неа постојат повеќе реакциони центри, па карбоксилните соединенија се реактивни соединенија. Според тоа, можни се повеќе типови реакции:

- 1) Реакции со кинење на $\text{O}-\text{H}$ врската
- 2) Реакции со кинење на $\text{C}-\text{OH}$ врската
- 3) Реакции на $\text{C}=\text{O}$ врската
- 4) Реакции во страничната низа

Киселинско-базни реакции

Карбоксилните киселини се однесуваат како киселини затоа што се донори на протони. Тие се слаби киселини кои дисоцираат, при што образуваат карбоксилатни анјони и хидроксонииум катјони, како што е прикажано на следната равенка:



Карбоксилните киселини се слаби киселини, бидејќи тие делумно се дисоцирани во воден раствор. Тоа значи дека поголемиот дел од киселината останува недисоциран (обично, помалку од 5% од киселината е јонизирана, што значи пет карбоксилатни јони на секои деведесет и пет молекули карбоксилна киселина). При дисоцијацијата се воспоставува рамнотежа, која е поместена кон карбоксилната киселина. K_a вредностите на карбоксилните киселини се околу 10^{-4} или 10^{-5} mol/L (или pK_a е меѓу 4 и 5). Споредено со неорганските киселини (на пример, HCl или H_2SO_4), карбоксилните киселини се многу послаби, но ако ги споредиме со другите органски соединенија (на пример, алкохолите) тие се релативно кисели. Така, оцетната киселина е за околу 10^{11} пати покисела од етанолот.

Експеримент:

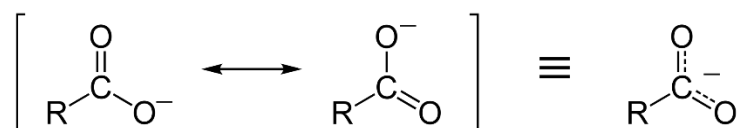
Киселост на карбоксилните киселини



Во пет епрувети означени со 1А, 1Б, 1В, 1Г и 1Д додај HCl до околу 1/3 од волуменот на епруветата. Во други пет епрувети означени со 2А, 2Б, 2В, 2Г и 2Д додај ист волумен CH_3COOH . Во првите епрувети од двете серии (1А и 2А) стави парче индикаторска (или лакмусова) хартија, во епруветите 1Б и 2Б – лента магнезиум, во епруветите 1В и 2В – 2-3 гранули цинк, во епруветите 1Г и 2Г – парченце калциум оксид, а во епруветите 1Д и 2Д направи мини титрација така што најпрвин ќе додадеш индикатор (дискутирај со наставникот/чката кој е најсоодветен индикатор за оваа титрација), а потоа додавај капка по капка раствор од NaOH сè до постигнување на завршната точка на титрација.

Што се случува епруветите? Испитај ги својствата на HCl и CH_3COOH , направи споредба меѓу реагирањето на овие две киселини и објасни ги набљудувањата.

Киселоста на карбоксилните киселини главно се должи на стабилноста на карбоксилатниот јон (конјугираната база), кој е резонантно стабилизан. Во конјугираната база на оцетна киселина, негативниот полнеж се делокализира над два атома на кислород и затоа е постабилен од конјугираната база на етанол.



Видот на супституентите влијае на јачината на карбоксилните киселини. Јачината на карбоксилните киселини (воедно, и киселоста) се намалува со растење на должината на низата. Причина е позитивниот индуктивен ефект на алкил групите (се намалува парцијално позитивниот полнеж на C-атомот од карбоксилната група, а OH врската станува помалку поларана, па H-атомот потешко може да се откине).

Бензенскиот прстен покажува негативен индуктивен ефект, па затоа ароматичните карбоксилни киселини, во принцип, се појаки од алифатичните.

Сличен ефект имаат и други групи кои содржат електронегативни атоми (F, Cl, Br и други).



$pK_a = 4,8$



$pK_a = 3,2$



$pK_a = 2,9$



$pK_a = 2,8$



$pK_a = 2,6$

Колку е посилено изразен негативниот индуктивен ефект, толку киселината е појака (помала pK_a вредност означува појака киселина).

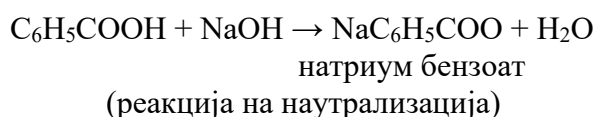
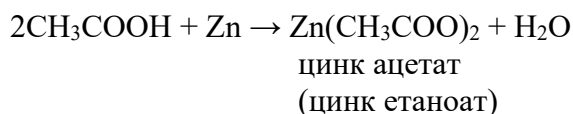
CH_3COOH	$CH_2ClCOOH$	$CHCl_2COOH$	CCl_3COOH
$pK_a = 4,8$	$pK_a = 2,8$	$pK_a = 1,3$	$pK_a = 0,9$

Се забележува дека pK_a вредностите се намалуваат со секој дополнителен супституент на хлор поради негативниот индуктивен ефект на атомите на хлор, кои може да ја стабилизираат конјугираната база.

Ефектот на групата што повлекува електрони зависи од нејзината близина до карбоксилната група. Ефектот е најизразен кога ваква група се наоѓа во α положба. Како што растојанието помеѓу атомот на хлор и карбоксилната групата киселина се зголемува, така ефектот на атомот на хлор се намалува.

$CH_2ClCOOH$	CH_2ClCH_2COOH	$CH_2ClCH_2CH_2COOH$
$pK_a = 2,9$	$pK_a = 4,1$	$pK_a = 4,5$

Како и неорганските киселини, и карбоксилните киселини може да реагираат со метал, базен оксид и со хидроксид, при што се образуваат соли. Солите на карбоксилните киселини се јонски соединенија и затоа се порастворливи во вода одошто соодветните карбоксилни киселини. При именувањето, солите добиваат наставка **-ат**. И во овој случај, понекогаш се користат и тривијални називи.

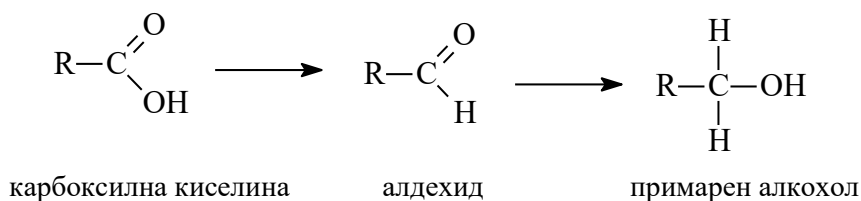


Табела 8.3. Тривијални називи на анјони (соли)

Киселина	Анјон	Киселина	Анјон
мравска	формат	лимонска	цитрат
оцетна	ацетат	винска	тартарат
млечна	лактат	оксална	оксалат

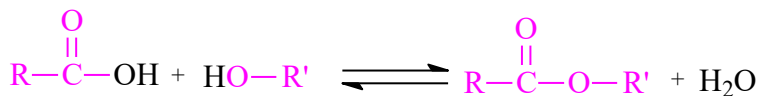
Редукција на карбоксилни киселини

Карбоксилните киселини се редуцираат најпрвин до алдехиди, а потоа и до алкохоли. Како редукциони средства се користат литиум алуминиум хидрид ($LiAlH_4$) или боран (BH_3). Се претпочита редукцијата да се врши со боран, бидејќи тој е поселективен кон карбоксилната група (ако во соединението постои и карбоксилна група и кето група, ќе се редуцира само карбоксилната група, што нема да биде случај ако се користи литиум алуминиум хидрид).



Естерификација

Карбоксилните киселини реагираат со алкохоли и образуваат естери и вода. Општата равенка на оваа реакција, наречена естерификација, е:



Со реакцијата на естерификација и естерите ќе се запознаеш малку подоцна во оваа тема.

Запомни!

Молекулите на карбоксилните киселини може да градат водородни врски меѓу себе, но и со молекулите на поларни растворувачи, како што е водата. Поради тоа, тие имаат повисоки температури на вриење од другите органски соединенија со слична моларна маса.

Карбоксилните киселини се послаби киселини од неорганските киселини, но појаки од другите органски соединенија. Киселоста на карбоксилните киселини главно се должи на стабилноста на карбоксилатниот јон (конјугираната база), кој е резонантно стабилизан. Видот на супституентите влијае на јачината на карбоксилните киселини.

Карбоксилните киселини може да реагираат со метал, базен оксид и со хидроксид, при што се образуваат соли.

Карбоксилните киселини се редуцираат најпрвин до алдехиди, а потоа и до алкохоли.

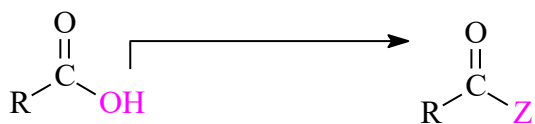
Карбоксилните киселини реагираат со алкохоли и образуваат естери и вода.

Прашања и задачи

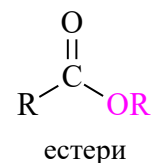
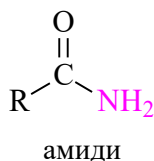
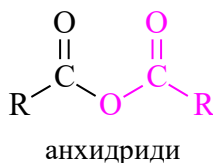
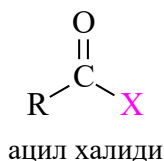
- Претстави го образувањето на водородни врски меѓу:
 - две молекули пропанска киселина
 - молекула на пропанска киселина и молекула на вода
- Ако секоја од наведените парови молекули има иста должина на јаглеродната низа (приближно иста моларна маса), кое соединение би имало пониска температура на вриење?
 - карбоксилна киселина или алдехид
 - алкохол или алкан
 - алдехид или алкохол
- Напиши ја равенката на реакцијата на неутрализација меѓу пропанска киселина и натриум хидроксид. Именувај ја добиената сол.
- Што се добива при редукција на бутанска киселина? Напиши ја равенката на реакцијата.

8.4 ФУНКЦИОНАЛНИ ДЕРИВАТИ НА КАРБОКСИЛНИТЕ КИСЕЛИНИ

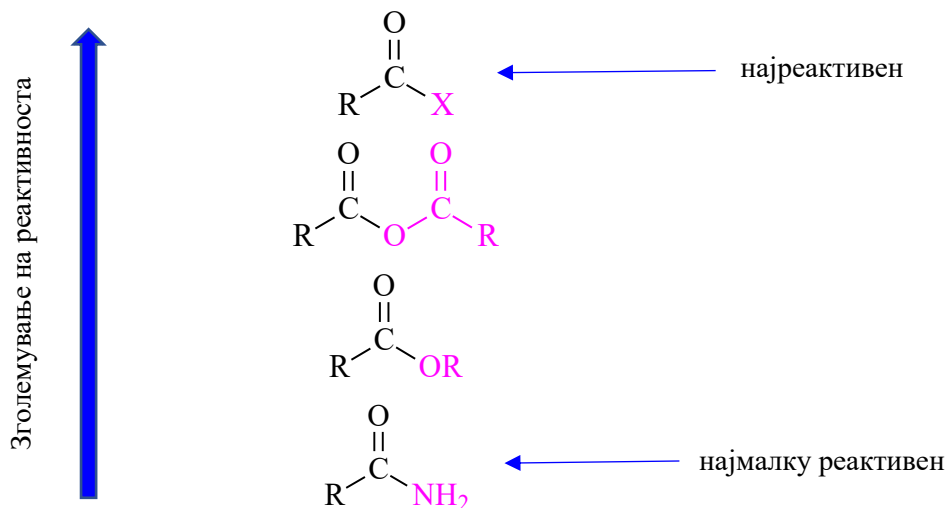
Во овој дел ќе се запознаеш со уште еден тип хемиски реакции на карбоксилните киселини. Кај овие реакции OH групата се заменува со друга група (Z), при што не доаѓа до промена на оксидационите броеви ако Z е хетероатом (Cl, O, N и др.). Овие соединенија се нарекуваат *функционални деривати на карбоксилните киселини*.



Четириите најважни функционални деривати на карбоксилните киселини се:



Функционалните деривати на карбоксилните киселини меѓусебно се разликуваат по реактивноста. Најреактивни се ацил халидите, а најмалку реактивни амидите. Карбонилната група кај ацил хлоридите е најмалку, а кај амидите најмногу стабилизирана. Конверзијата на една класа соединенија во друга е изводлива само во насоката што води кон постабилизирана карбонилна група, т.е. од пореактивно во помалку реактивно соединение.

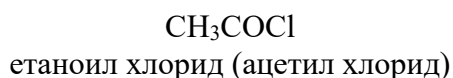
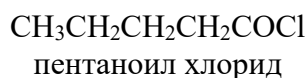


Оваа разлика во реактивноста е многу значајна, особено при хидролиза на овие деривати. Како што знаеме, протеините се од клучно значење за самиот живот, а амидните врски во нив се одговорни за структурата на протеините. Овие амидни врски се околу 100 пати постабилни кон хидролиза од естерските врски. Тие се доволно стабилни за да го одржат структурниот интегритет на протеините во водна средина кога е потребно.

Ацилхалиди

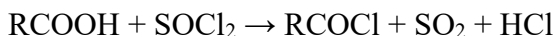
Ацил халиди се деривати на карбоксилните киселини во кои ОН групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со атом на халоген елемент. Иако ацил флуоридите, бромидите и јодидите се познати, тие не се среќаваат толку често како ацил хлоридите.

При именувањето на ацил халидите за основа на називот се зема називот на соодветната киселина, а наставката -ска киселина се заменува со наставката **-оил халид** (хлорид, бромид, ...). Понекогаш е дозволено е користење на тривијалниот назив на ацил радикалот.

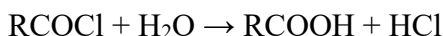


Ацил халидите се штетни, иритирачки супстанции и мора да се третираат многу внимателно. Тие се малку поларни и вријат приближно на иста температура како и соодветниот алдехид или кетон со споредлива моларна маса. Тие реагираат бурно со вода и затоа не може да се растворот во овој растворувач. Ацил халидите имаат мало комерцијално значење, но важна е нивната употреба како појдовни супстанции во синтезата на анхидриди, естери и амиди преку нуклеофилна супституција.

Ацил хлориди може да се добијат со третирање на карбоксилни киселини со тионил хлорид (SOCl_2) или фосфор пентахлорид (PCl_5).

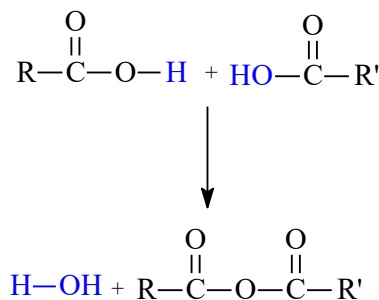


При реакција со вода, ацил халидите хидролизираат до карбоксилни киселини. Во присуство на база, се добива сол на карбоксилната киселина. Оваа реакција нема големо практично значење, затоа што самото добивање на ацил халиди е од карбоксилни киселини.

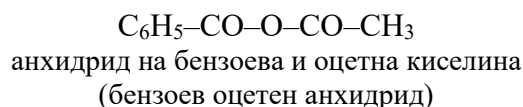
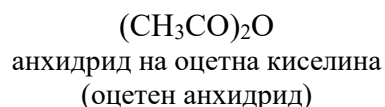


Анхидриди на карбоксилни киселини

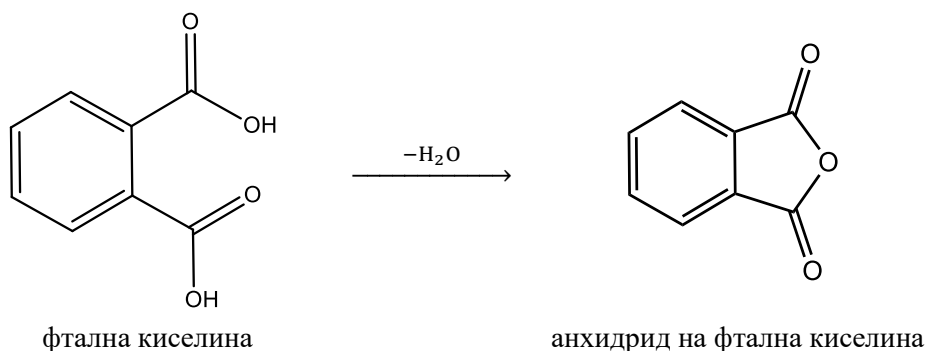
Анхидриди се деривати на карбоксилните киселини во кои ОН групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со RCOO група. Ова се соединенија што формално се изведени со одземање на една молекула вода од две карбоксилни групи. Зборот *анхидрид* значи *без вода*.



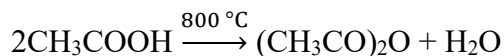
Анхидридите се класифицираат како *симетрични*, ако и двете ацил групи се исти и *несиметрични*, кои имаат две различни ацилни групи. Симетричните анхидриди се именуваат описно со употреба на парафразата „анхидрид на (киселина)“. Кај несиметричните анхидриди, односно кај оние изведени од различни киселини, се користи парафразата „анхидрид на (киселина) и (киселина)“, при што називите на киселините се редат по азбучен ред. Освен овој начин, анхидридите се именуваат и со супститутивни називи, така што се наведуваат придавките од називите на киселините и додава зборот анхидрид.



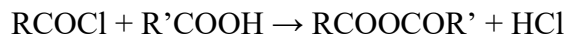
Кај дикарбоксилните киселини, издвојувањето на вода може да настане од карбоксилни групи во иста молекула (кои треба да бидат во *o*-положба кај ароматичните дикарбоксилни киселини).



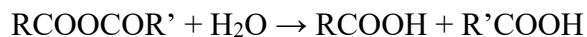
Анхидридите на карбоксилните киселини се добиваат со интензивно загревање од карбоксилните киселини, но овој метод е практичен само за оцетната киселина.



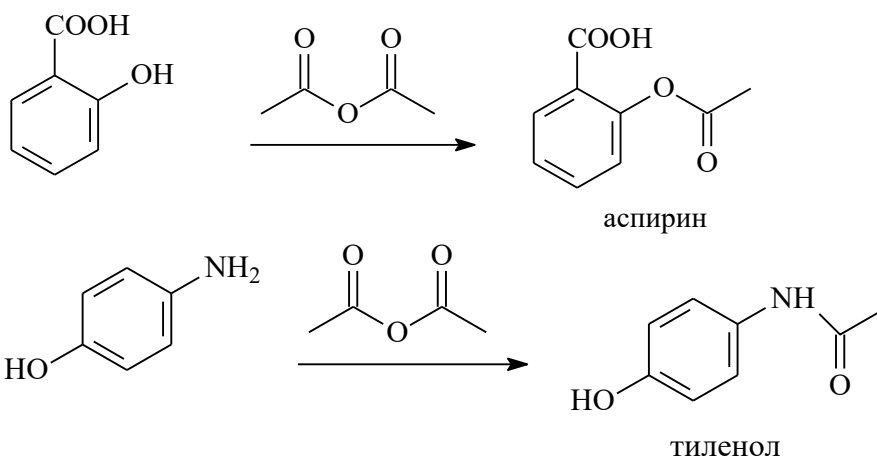
Друг начин на добивање на анхидридите на карбоксилните киселини е преку реакција на ацил халиди со карбоксилна киселина, во присуство на пиридин. Пиридинот има улога на катализатор, но делува и како база која ја неутрализира добиената хлороводородна киселина.



Анхидридите на карбоксилните киселини се корозивни течности, реактивни и осетливи на вода и може да хидролизираат до соодветната киселина. Брзината на хидролизата се зголемува во присуство на траги од хидроксид.



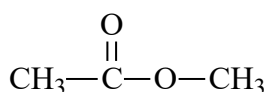
Реакции меѓу анхидрид и алкохол или анхидрид и амин се користат при комерцијално производство на аспирин и тилебол.



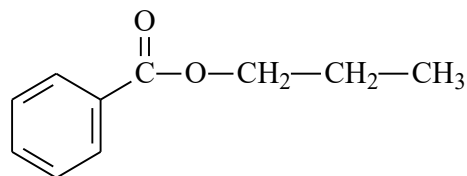
Естери

Естерите се деривати на карбоксилните киселини во кои ОН групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со RO група.

Се именуваат на ист начин како солите на киселините. Така, најпрвин се наведува називот на алкил или арил радикалот од алкохолната компонента, а потоа називот на киселинскиот анјон. Освен овој начин на именување, називите на естерите може да се образуваат со употреба на парафразата „(алкил или арил) естер на (киселина)“.

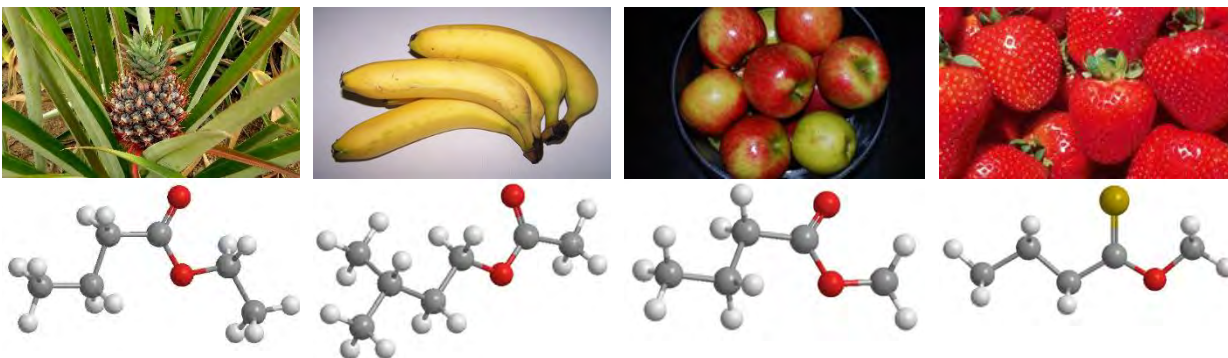


метил етаноат (метил ацетат)
(метил естер на оцента киселина)



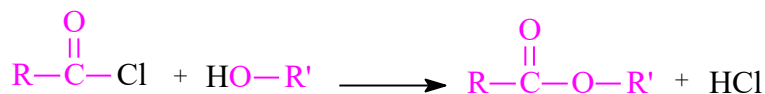
пропил бензоат
(пропил естер на бензоева киселина)

Естерите имаат пријатни ароми. Многу од нив се наоѓаат во природни прехранбени производи, како на пример изоамил ацетат во банана, етил бутаноат во ананас и др. Естерите често се јавуваат меѓу супстанците што ги користат инсектите за да комуницираат едни со други. На пример, една од составните делови на половиот феромон на машкиот ориентален овошен молец е етил цинамат.

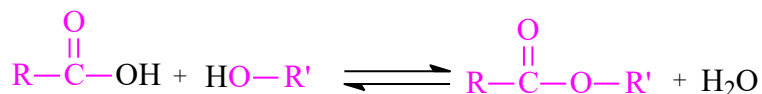


Слика 8.6. Естерите во природата

Естерите може да се добијат при реакција на алкохол со ацил халид, анхидрид на киселина или со карбоксилна киселина. Реакцијата на алкохол со ацил халид обично се изведува во присуство на пиридин кој ја неутрализира ослободената хлороводородна киселина, а при реакцијата на алкохол со анхидрид како катализатор се користи или пиридин или киселина (H^+).



Конверзијата на карбоксилна киселина во естер се врши под дејство на топлина и катализатор (киселина). Кога естерите се добиваат директно од карбоксилна киселина и алкохол, се ослободува вода, па затоа реакцијата на естерификација може да ја сметаме за реакција на кондензација.



Реакцијата на естерификација е повратна и може да се контролира со примена на принципот на Ле Шателје и Браун. Така, образувањето на естер може да се фаворизира или со употреба на вишок алкохол или со отстранување на вода од реакционата смес. Затоа, најчесто при реакцијата на естерификација се додава концентрирана сулфурна киселина, која има улога на катализатор и дехидратационо средство.

Обратната реакција, хидролиза на естерот, може да се постигне со употреба на вишок вода. Хидролизата на естерите може да се изведува со присуство на киселина или база. За ова ќе стане збор подоцна.



Експеримент:

Добивање на етил естер на оцетна киселина



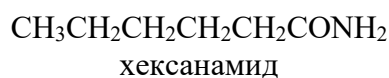
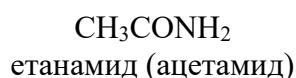
Во мал ерленмаер се ставаат 2,5 mL етанол, 2 mL концентрирана сулфурна киселина (ова се прави многу внимателно, со постепено додавање на киселината, мешање и ладење под вода) и 2,5 mL 96 % етанол. Се загрева на решо и, по извесно време, се помисува со замавнување на раката. Напиши ја равенката на реакцијата.

Амиди на карбоксилни киселини

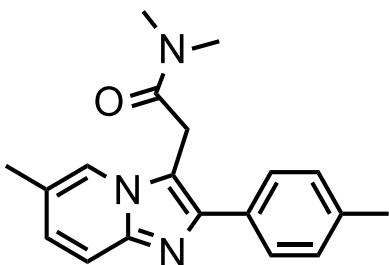
Амиди се деривати на карбоксилните киселини во кои ОН групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со NH_2 група. Всушност, амидите може да ги поделиме на:

- △ примарни амиди (моноацил деривати на амонијакот), со општа формула RNH_2
- △ секундарни амиди (диацил деривати на амонијакот), со општа формула $(\text{RCO})_2\text{NH}$
- △ терцијарни амиди (триацил деривати на амонијакот), со општа формула $(\text{RCO})_3\text{N}$

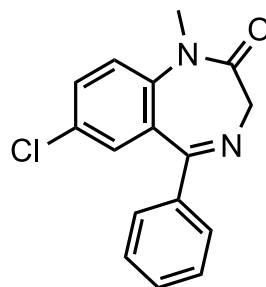
Во овој дел ќе се задржиме само на примарните амиди. Тие се именуваат со замена на наставката -ска киселина со наставката **-амид**. Понекогаш е дозволено е користење на тривијалниот назив на ацил радикалот.



Амидната група влегува во состав на голем број седативи. Седативите се соединенија кои ја намалуваат вознемиреноста и предизвикуваат сон. Нашите тела користат многу природни седативи, вклучувајќи мелатонин. Нивото на мелатонин кај луѓето се зголемува ноќе, а потоа се намалува наутро. Поради ова, многу луѓе земаат додатоци на мелатонин за лекување на несоница. Во структурата на мелатонин присутна е амидната група. Оваа група се среќава кај многу лекови кои се продаваат како седативи (на пример, золпидем и дијазепам).

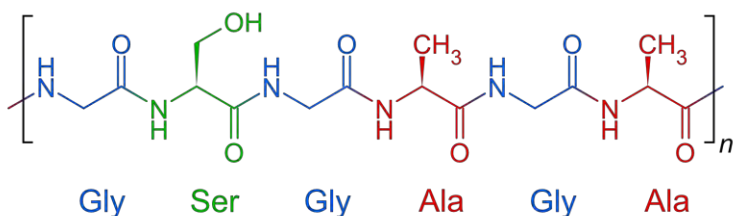


золпидем (за лекување на несоница)



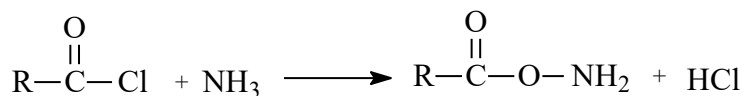
дијазепам/валиум (третман на прекумерна вознемиреност)

Амидите се застапени и во живите организми. На пример, амидните врски се составен дел на протеините.

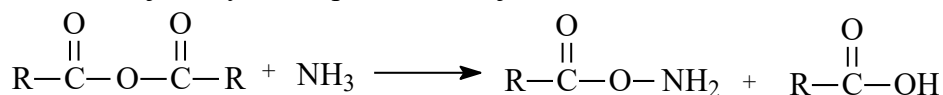


Амидите можат да се добијат од кој било од функционалните деривати на карбоксилните киселини (потсети се на нивната реактивност). Сепак, амидите најефикасно се добиваат од ацил хлориди бидејќи тие се најреактивни, па приносот ќе биде најголем.

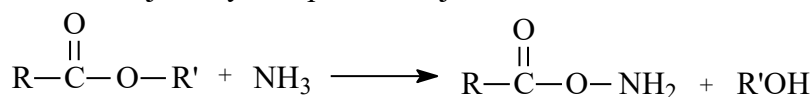
- Реакција меѓу ацил халид и амонијак во присуство на пиридин



- Реакција меѓу анхидрид и амонијак



- Реакција меѓу естер и амонијак



Амидите може да се хидролизираат во присуство на воден раствор од киселина, при што се образуваат карбоксилни киселини, но потребно е загревање за реакцијата да се одвива со значителна брзина. Хидролизата на амидите е можна и во присуство на база, но овој процес е многу бавен.



Запомни!

Четириите најважни функционални деривати на карбоксилните киселини се ацил халиди, анхидриди, амиди и естери.

Најреактивни се ацил халидите, а најмалку реактивни амидите.

За секој дериват постојат правила за именување и повеќе начини на негово добивање.

Една од поважните реакции е реакцијата на естерификација, во која од карбоксилна киселина и алкохол се добива естер и вода.

Прашања и задачи

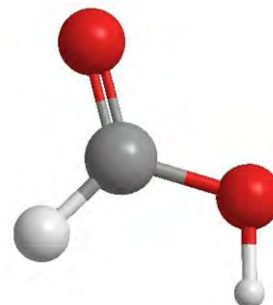
- Именувај ги соединенијата претставени со следниве формули и определи за кој дериват на карбоксилна киселина станува збор:

а) $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO})_2\text{O}$	б) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COC}\text{Cl}$	в) $\text{CH}_3\text{COOCOC}\text{H}_2\text{CH}_3$
г) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$	д) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$	ѓ) $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$
- Напиши ги хемиските формули и називите на естерите чии молекулски модели се дадени на слика 8.6.
- Напиши по еден пример за секоја реакција претставена со општа равенка во оваа лекција.
- Објасни ја врската меѓу реактивноста на дериватите и нивното добивање.

8.5 ПОВАЖНИ КАРБОКСИЛНИ КИСЕЛИНИ

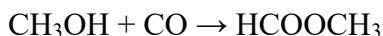
Метанска (мравска) киселина

Метанската киселина (тривијален назив е мравска киселина) е наједноставната карбоксилна киселина со хемиска формула HCOOH . Називот потекнува од латинскиот збор за мравка, *formica*, поради нејзината изолација од телата на мравките. Освен во отровните жлезди на црвените мравки, оваа киселина се среќава и во некои видови пчели, гасеници, борови иглички и во листовите од коп-ривите. Солите и естерите изведени од оваа киселина се наречени *формати*.

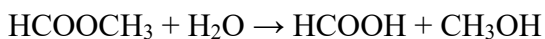


Слика 8.7. Модел на метанска киселина

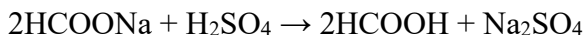
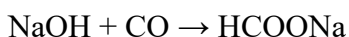
Индустриски, мравската киселина се добива од метанол. Кога метанол и јаглерод моноксид се реагираат во присуство на силна база, се добива метил формат, според следнава хемиска равенка:



Во индустријата, оваа реакција се изведува во течна фаза при покачен притисок. Типични услови при кои се изведува реакцијата се $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 40 atm , а најчесто како база се користи натриум метоксид. Со хидролиза на метил формат се образува мравска киселина. За ефикасна хидролиза на метил формат е потребен голем вишок вода.



Лабораториски се добива со делување на сулфурна киселина врз натриум формат, кој, пак, се добива од јаглерод моноксид и натриум хидроксид.

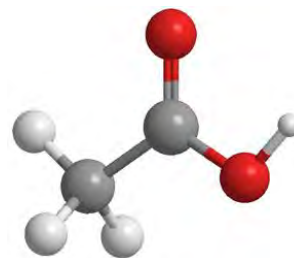


Мравската киселина е безбојна течност со остра миризба и температура на вриење $101\text{ }^{\circ}\text{C}$. Посилна е од другите монокарбоксилни киселини и во допир со кожата предизвикува печење и пликови. Мравската киселина не е типична карбоксилна киселина. Таа се разликува по својата јачина, неможноста да формира анхидрид и однесувањето како редукционо средство. Ова се должи на $-\text{CHO}$ групата, што ѝ дава одреден карактер на алдехид. Може да реагира со Толенсов и Фелингов раствор. Концентрирана сулфурна киселина ја дехидрира мравската киселина до јаглерод моноксид.

Мравската киселина им антисептичко дејство и наоѓа примена како конзерванс, во синтезата на бои во текстилната и кожарската индустрија, во фармацевтската индустрија и др.

Етанска (оцетна) киселина

Етанската киселина (тривијален назив е оцетна киселина) е една од најпознатите карбоксилни киселини и има хемиска формула CH_3COOH . Во вид на естери се наоѓа во етеричните масла на некои растенија.



Слика 8.8. Модел на етанска киселина

Чистата оцетна киселина е безбојна течност со остра миризба. Со водата се меша во секој однос. На $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ преминува во цврста состојба. Безводната оцетна киселина е кристална прозрачна супстанца (како мраз) со карактеристичен остра миризба. Позната е под називот *гласијална оцетна киселина*. Во трговијата доаѓа како концентриран раствор под името *есенција* и разредена (3–9 %), како *оцет*, се употребува исхраната. Наоѓа примена при различни синтеси: добивање на ацетон, пластични маси, вештачки бои, лакови, лекови и др.

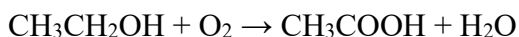


Слика 8.9. Гласијална оцетна киселина

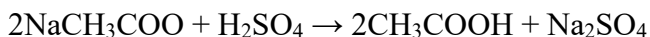
Нејзините соли се викаат ацетати и наоѓаат примена во медицината и земјоделството. Алуминиум ацетатот, $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$, се употребува како антисептик, а бакар(II) ацетатот, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, наоѓа примена како инсектицид.

Се добива со оцетно-киселинска ферментација на виното под дејство на ферментот алкохолоксидаза (познато уште и како „скиснување“ на виното).

Лабораториски може да се добие со каталитичка оксидација на етанол.



Уште еден начин на добивање е кога на некој ацетат се делува со појака киселина од оцетната.



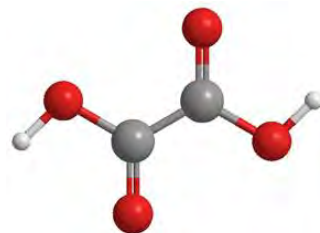
Експеримент: Добивање на оцетна киселина



Во аванче се ситни малку натриум ацетат (околу половина лажичка). Се додаваат неколку милилитри сулфурна киселина. Супстанците се мешаат, а потоа се помирисува со замавнување на раката. Според мирисот се заклучува за природата на продуктот.

Етандиска (оксална) киселина

Етандиската киселина (тривијален назив е оксална киселина) е наједноставната дикарбоксилна киселина со хемиска формула $(\text{COOH})_2$, а вообичаено се јавува во форма на кристалохидрат, $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Називот потекнува од цветни растенија од родот *Oxalis*, од каде што била изолирана.



Слика 8.10. Модел на етандиска киселина

Оксалната киселина, која циркулира во крвните садови, брзо се сврзува со серумскиот калциум, образувајќи кристали од калциум оксалат и го зголемува ризикот од хипокалцемија поради исцрпување на калциумот. Калциум оксалатот е најчестата компонента на камењата во бубрезите.

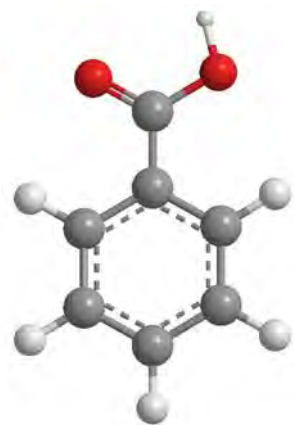
Тоа е бела кристална цврста супстанца. Се среќава во различни видови храна, но прекумерното внесување оксална киселина или продолжен контакт со кожата може да биде опасно. Оксалната киселина ефикасно ги отстранува дажките од ‘рѓа и мастило, бидејќи ги претвора повеќето нерастворливи соединенија на железо во растворливи комплексни соединенија. Од истата причина, оваа киселина ја има во многу комерцијални препарати што се користат за отстранување на бигорот од автомобилските радијатори. Нејзината калиумова сол се користи во клиничките лаборатории за да се спречи коагулација на примероци од крв.

Се добива со загревање на натриум формат во присуство на алкален катализатор, со оксидирање на јаглехидрати со азотна киселина, со загревање на струготини со каустични алкалии. Оксалната киселина може да се добие во лабораторија со оксидирање на сахароза со азотна киселина во присуство на мало количество ванадиум (V) оксид како катализатор.

Бензоева киселина

Бензоевата киселина е наједноставната ароматична карбоксилна киселина со хемиска формула $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$. Називот потекнува од бензоин (бенјамин), балсамична смола добиена од кора на неколку видови дрвја од родот *Styrax*, кој долго време бил единствен извор на оваа киселина.

Бензоевата киселина се среќава во многу растенија и служи како средство за биосинтеза на многу секундарни метаболити. Бензоевата киселина е важна појдовна супстанца во синтезата на многу други органски супстанции.

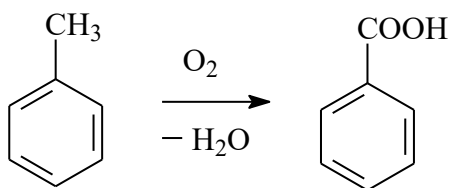


Слика 8.11. Модел на бензоева киселина

Бензоевата киселина е бела (или безбојна) цврста супстанца. Чистата бензоева киселина се топи на 122 °C и е многу малку растворлива во вода.

Наоѓа примена како конзерванс на храна и во производството на разни козметички производи, бои, пластика и средства за отстранување средства за инсекти. Бензоевата киселина е составна маста Витфилд, која се користи за третман на габични заболувања на кожата.

Комерцијално се добива со делумна оксидација на толуен со кислород на температура околу 200 °C во присуство на соли на кобалт и манган како катализатори.



Солите и естерите на бензоева киселина се познати како *бензоати*. Меѓу дериватите на бензоева киселина е натриум бензоат (сол која се користи како конзерванс на храна), бензил бензоат (естер кој се користи како митицид) и бензоил пероксид (кој се користи при белење на брашно и при иницирање хемиски реакции за подготовка на одредени пластични материи).

Запомни!

Едни од поважните карбоксилни киселини се метанска (мравска), етанска (оцетна), етандиска (оксална) и бензоева киселина.

Овие киселини наоѓаат широка примена во индустријата и во секојдневниот живот.

Прашања и задачи

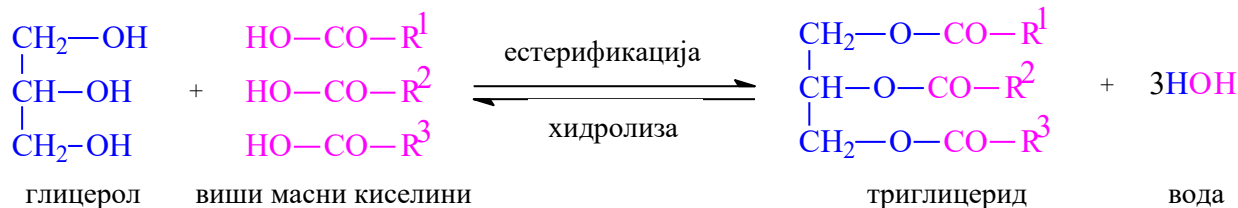
1. Која е разликата меѓу оцет и есенција?
2. Опиши го наједноставниот начин за добивање на оцетна киселина во лабораторија.
3. Пребарај и опиши како експериментално ќе ги испиташ својствата на етанската и етандиската киселина. Направи споредба меѓу овие две киселини.

8.6 ПОВАЖНИ ЕСТЕРИ

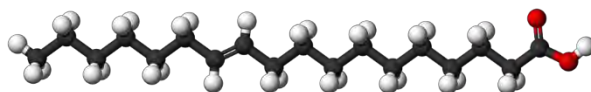
Веќе знаеш дека естерите се многу распространети природни соединенија. Тие се одговорни за пријатната миризба на овошјата и цвеќињата. Естерите, исто така, се присутни и во животинските масти и во многу други биолошки важни соединенија. Естерите се применуваат и во хемиската индустрија за различни цели. Така, етил ацетатот се користи како растворувач, а дибутил фталатот како пластификатор (спречува полимерите да станат трошливи).

Од посебна важност се естерите на глицеролот со вишите масни киселини, наречени **триглицериди**. Глицеролот, во својата молекула, има три хидроксилни групи на кои може да настане естерификацијата. При тоа може да се добијат:

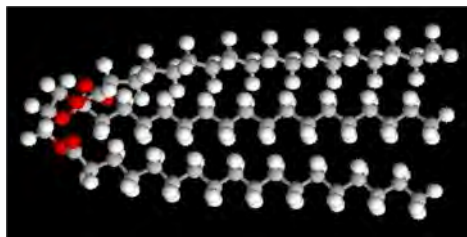
- △ *моноглицериди*, ако естерификацијата настанува на една хидроксилна група
- △ *диглицериди*, ако естерификацијата настанува на две хидроксилни групи
- △ *триглицериди*, ако естерификацијата настанува на три хидроксилни групи



Мастите и маслата се смеси од повеќе глицериди. Мастите и маслата се составени од 95 до 97 % триглицериди. **Мастите** се цврсти на собна температура и се главно од животинско потекло, а триглицеридите во нив содржат заситени масни киселини, од кои најзастапена е палмитинската. **Маслата** се течности, по правило се од растително потекло и содржат незаситени масни киселини (најчесто олеинска и линолеинска). Мастите и маслата се извор на масни киселини наречени есенцијални, а главна функција им е да бидат извор и резерва на енергија.



Слика 8.12. Карбоксилните киселини со долга низа добиени од масти и масла со хидролиза се познати како масни киселини



Слика 8.13. Триглицерид на стеаринска киселина

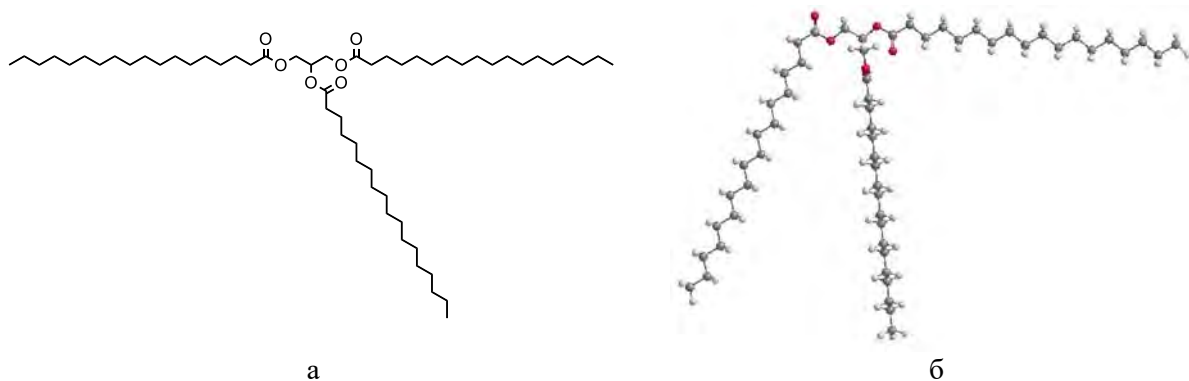
Мастите и маслата се полесни од водата. Тие се неполарни соединенија и не се раствораат во вода, туку во неполарни растворувачи.

Кога мастите и маслата се изложени на светлина и влага, се шири непријатна миризба. Оваа миризба е последица на две реакции: хидролиза и оксидација на мастите и маслата. Така, под дејство на топлина и свтлина при хидролиза на мастите доаѓа до издвојување на глицерол и масни киселини кои, кога се со помала молекулска маса, непријатно мирисаат. Непријатната миризба кај маслата, пак, е последица на реакцијата на оксидација. За да се спречи оваа појава, во прехранбената индустрија кон мастите и маслата се додаваат антиоксиданси, најчесто витамин С или витамин Е.

Една важна примена во прехранбената индустрија е производството на маргарин од евтини растителни масла, како замена за путерот. Во третата тема, при изучување на реакцијата на хидрогенација, спомнавме дека токму оваа реакција е одговорна за адицијата на водород на двојните врски присутни во незаситените киселини.

Табела 8.4. Поважни виши масни киселини

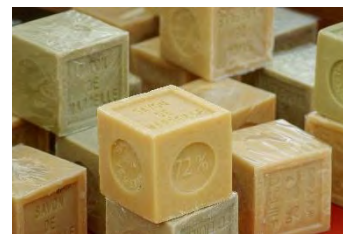
Формула	Тривијален назив	Системски назив
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	палмитинска киселина	хексадеканска киселина
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	стеаринска киселина	октадеканска киселина
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	олеинска киселина	<i>cis</i> -октадек-9-енска киселина
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	линоленска киселина	<i>cis</i> -октадек-9,12-диенска киселина



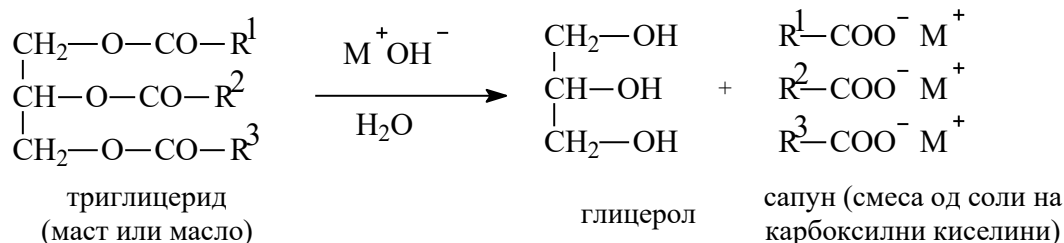
Слика 8.14. Скелетна формула (а) и модел (б) на глицерол тристеарат

Претходно спомнавме дека естерите може да хидролизираат во кисела или во базна средина. За разлика од киселинско катализираната хидролиза, хидролизата на естерите во базна средина е неповратен процес бидејќи наместо карбоксилна киселина се добива нејзин сол. Всушност, образувањето на стабилизирани карбоксилатни јони е движечка сила која ја поместува рамнотежата кон образување на продукти. Откако реакцијата ќе заврши, со додавање на јака киселина (протонизирање на карбоксилатните јони) може да се образува карбоксилната киселина. Хидролизата на естерите во присуство на база се нарекува **сапонификација**, што значи „правење сапун“.

Во основа, сапуните се натриумови или калиумови соли на вишите масни киселини. Тие се синтетизираат со хидролиза, на повишена температура, на масти и масла (односно, триглицериди на вишите масни киселини) во водни раствори од натриум или калиум хидроксид. Велиме дека при оваа постапка доаѓа до сапонификација на мастите или маслата.

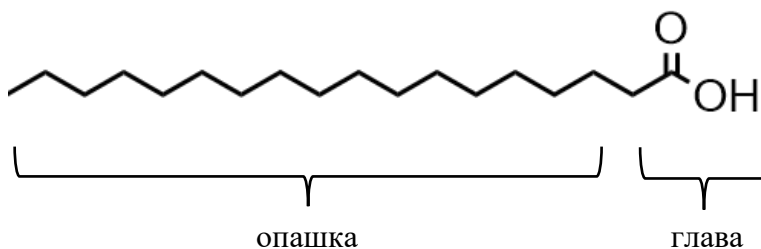


Слика 8.15. Постојат различни видови сапуни

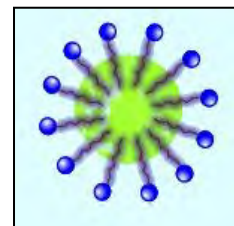


M⁺ означува Na⁺ или K⁺

Улогата на сапунот во отстранувањето на маснотиите најдобро може да се разбере со разгледување на функционалните групи во единките на сапунот и разбирањето како тие се однесуваат кон маслото и водата. Сапунот е сол на масна киселина со долга низа. Долгата јаглеродородна низа (т.н. опашка) наликува на алкан и се раствора во неполарни соединенија. Бидејќи ја „одбива“ водата се опишува како хидрофобен дел (не сака вода). Од друга страна, карбоксилатниот дел (т.н. глава) е многу поларен и има способност да се сврзе со молекулите на вода со водородна врска. Овој дел на сапунот е опишан како хидрофилен (сака вода).

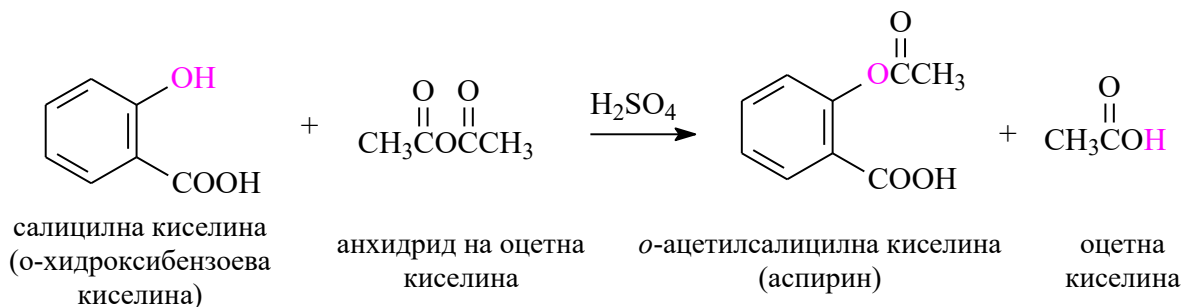


Ако има мрсна дамка на облека потопена во вода со додаден сапун или детергент, опашките (хидрофобните делови) се насочуваат кон дамката, а главите (хидрофилните делови) кон водата, овозможувајќи на тој начин отстранување на дамката.

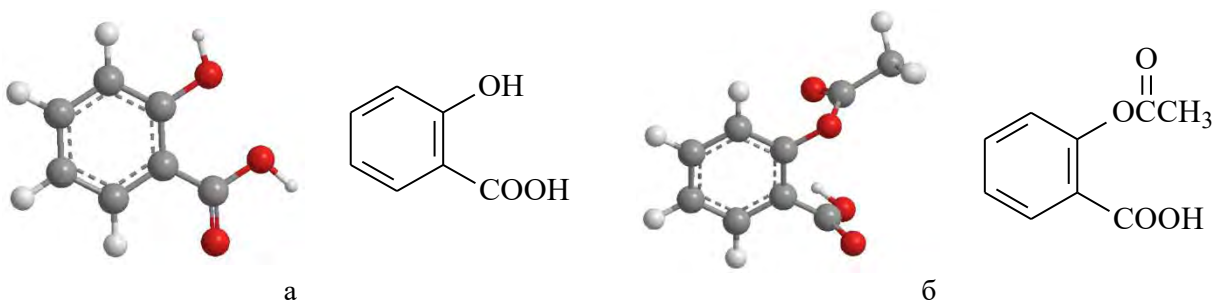


Слика 8.16. Отстранување на мрсна дамка

На крајот ќе спомнеме уште едено соединение од групата на естери кое наоѓа голема практична примена. Најпознат естер на салицилната киселина е *o*-ацетилсалицилна киселина, попозната како **аспирин**. Се подготвува со ацетилација на фенолната хидроксилна група на салицилна киселина.



Аспиринот поседува голем број својства што го прават често препорачан лек. Тој е аналгетик, ефикасен во ублажување на болката во главоболката, а исто така е и антиинфламаторно средство. Аспиринот е антипиретично соединение, односно ја намалува треската.



Слика 8.17. Модел и формула на салицилна киселина (а) и на аспирин (б)

Запомни!

Глицериди се естери на глицеролот со вишите масни киселини.

Мастите и маслата се смеси од повеќе глицериди.

Хидролизата на естерите во присуство на база се нарекува **сапонификација**.

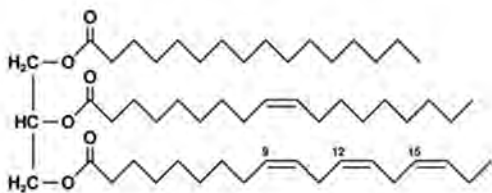
Најпознат естер на салицилната киселина е *о*-ацетилсалицилна киселина, попозната како **аспирин**.

Прашања и задачи

1. Користејќи ги податоците од табела 8.4 и слика 8.14 напиши по една формула на моноглицерид, диглицерид и триглицерид и именувај ги.
2. Напиши хемиска равенка на реакцијата на добивање глицерол дипалмитат стеарат.
3. Кое е значењето на аспиринот денес?

8.7 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

- Именувај ги соединенијата претставени со следниве формули:
а) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHONCH}_2\text{COOH}$ в) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
б) $\text{CH}_3\text{COOCOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ г) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
- Напиши ги формулите на следниве соединенија:
а) етил бутаноат в) пентаноил хлорид
б) цинк пропанат г) бутанамид
- Напиши ја равенката на реакцијата за добивање на карбоксилна киселина со оксидација на 2-метилпропанол. Именувај ја добиената карбоксилна киселина.
- Објасни:
а) Зошто карбоксилните киселини се пополярни и имаат повисока температура на вриење од алдехидите со споредлива моларна маса?
б) Зошто карбоксилните киселини се пополярни и имаат повисока температура на вриење од алкохолите со споредлива моларна маса?
- Напиши равенка на реакција на естерификација меѓу мравска киселина и бутанол (со рационални формули). Која е улогата на сулфурната киселина?
- Како се вика амидот изведен од бензоевата киселина? Напиши ја неговата формула.
- Именувај ги продуктите и напиши ги равенките на реакциите меѓу:
а) пропанска киселина и калиум хидроксид
б) бутанска киселина и бариум хидроксид
в) бензоева киселина и натриум хидроксид
- Напиши ги равенките на реакциите меѓу следниве соединенија и именувај ги продуктите:
а) анхидрид на бензоева киселина и метанол
б) хексаноил хлорид и хексанска киселина (во присуство на пиридин)
в) анхидрид на пропанска киселина и вода
г) безоил хлорид и бутанол
- Колку начини на добивање на оцетна киселина познаваш? Напиши ги равенките на реакциите.
- Именувај го триглицеридот



9 АМИНИ

Содржина

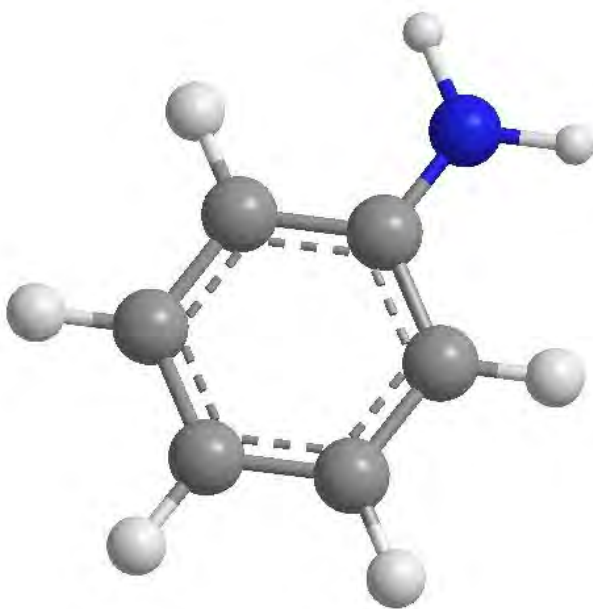
Поим, поделба и номенклатура на амини

Добивање на алифатични и ароматични амини

Физички и хемиски својства на алифатични и ароматични амини

Поважни претставници на амините

Амините и нивните деривати влегуваат во составот на голем број лекови коишто се користат во фармацијата. *Хлорфениламин* е антихистамин кој помага при алергиските нарушувања како резултат на настанка, чешање на кожата, каснувања од инсекти и убоди. *Морфиум*, *кодеин* и *хероин* се терцијарни амини кои што имаат смирувачки дејства. Освен тоа, постојат и голем број на амински деривати што се користат за добивање на деконгестиви и антидепресивни лекови.



Поими

- амино група
- амин (алифатичен, ароматичен, примарен, секундарен, терцијарен)
- кватернерна амониева сол
- редукција
- нуклеофилна сујстипуција
- диазотирање, diazonium соли
- електрофилна ароматична сујстипуција
- индукивен ефект
- метиламин
- фениламин
- биогени амини

Вовед

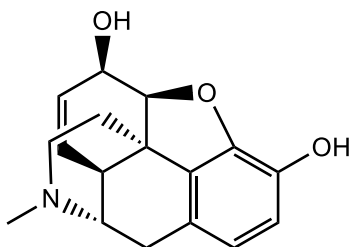
Голем број органски соединенија, освен јаглерод и водород содржат и други атоми како кислород и азот. Органските соединенија што содржат азот се нарекуваат **азотни органски соединенија**. Ова е многу важна група органски соединенија бидејќи нив ги има и во живите организми. Во азотни органски соединенија спаѓаат: нитросоединенијата, амините, аминокиселините, протеините, нуклеинските киселини и др.

Во оваа поглавје ќе се задржиме повеќе на именувањето, класификацијата, својствата и примената на амините и нивните деривати.

9.1 ПОИМ, ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА АМИНИ

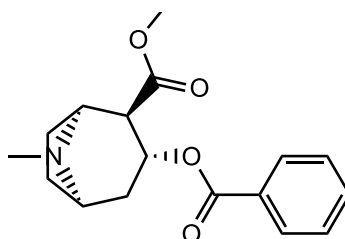
9.1.1 Поим и поделба на амини

Амините се органски соединенија кои во својата структура како хетероатом имаат азот. Амините се соединенија коишто се застапени во природа. Амините може да се изолираат од растенијата се нарекуваат **алкалоиди**. Такви се морфиум, кокаин и никотин.



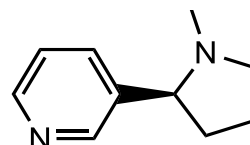
морфиум

(потентен аналгетик изолиран од незрелите семиња на растението афион *papaver somniferum*)



кокаин

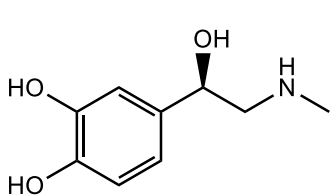
(потентен стимуланс изолиран од лисјата на растението кока)



никотин

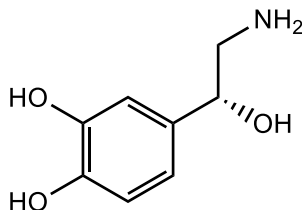
(токсично соединение кое се наоѓа во тутунот и предизвикува зависност)

Многу амини играат витална улога во неврохемијата. Такви се адреналин, норадреналин и допамин.



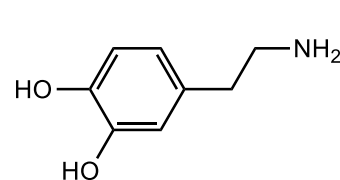
адреналин

(хормон кој делува како бронходилататор, се ослободува во крвотокот како одговор на опасност или возбуда)



норадреналин

(го регулира срцевиот ритам и ги шири воздушните премини)

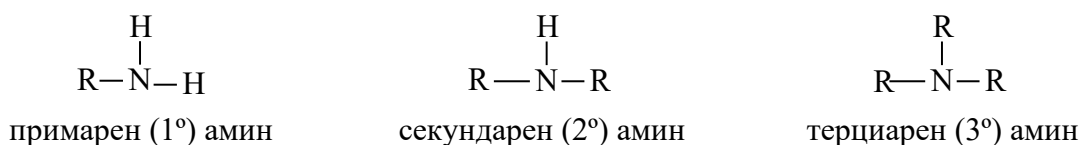


допамин

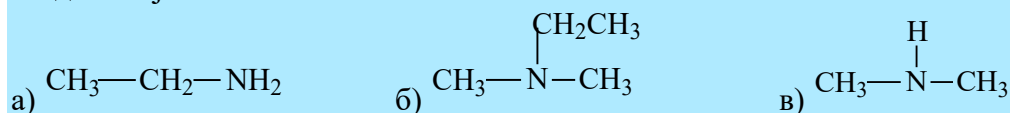
(ги регулира моторните вештини и емоциите)

Општите формули на амините се: RNH_2 , R_2NH или R_3N . Може да сметаме дека амините се деривати на амонијакот, каде што еден или повеќе водородни атоми се заменети со алкил или арил групи. Значи, радикалот може да биде алкил $-\text{R}$ (алифатичен) или арил $-\text{Ar}$ (ароматичен).

Според бројот на јаглеродните атоми сврзани за азотниот атом, амините се класифицираат како: **примарни** (RNH_2), **секундарни** (R_2NH) и **терцијарни** (R_3N).



Пример 1. Класифицирај ги како примарни, секундарни или терцијарни амини следниве соединенија:



Одговор:

За аминот под а) се забележува дека само еден алкил радикал (CH_3CH_2-) е сврзан за атомот на азот, па според тоа велиме дека оваа соединение е примарен амин.

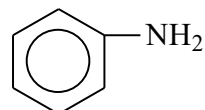
Во втората формула, за азотниот атом се сврзани три радикали (еден CH_3CH_2- и два CH_3- радикала) и велиме дека ова е терцијарен амин.

Кај последното соединение два радикала (две CH_3- групи) се сврзани за азотниот атом, па може да заклучиме дека се работи за секундарен амин.

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

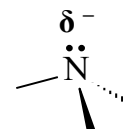


алифатичен амин



ароматичен амин

Кај амините (слично како и кај амонијакот) азотниот атом е sp^3 хибридизиран. Три од sp^3 орбиталите се користат за градење на $\text{C}-\text{N}$ и $\text{H}-\text{N}$ врските, а во четвртата хибридна орбитала се наоѓа слободен електронски пар.



Кај примарните амини амино групата ($-\text{NH}_2$) е изградена од два водородни атоми и еден азотен атом, кој има поголема електронегативност. Затоа, азотниот атом добива парцијално негативен полнеж, додека водородните атоми имаат парцијално позитивен полнеж.

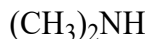
Истражувај!

Разгледај анимација за електронската структура на амино групата, односно на амините.

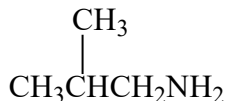
9.1.2 Номенклатура на амини

Амините може да се именуваат на повеќе начини.

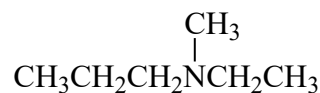
Според традиционалното именување, што е прифатено и од IUPAC, најпрвин се наведува називот на радикалот, а потоа наставката **-амин**. Во овој случај, за разлика од ваквото именување кај кетоните или алкохолите, називот на соединението се пишува слеано, а не како одделни зборови. Ако има повеќе радикали, тие се редат по азбучен ред, а да се олесни читањето вториот се става во заграда.



диметиламин



изобутиламин

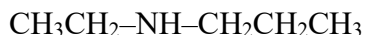


етил(метил)пропиламин

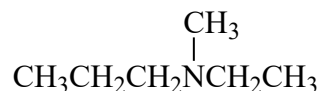
Алтернативно, овие соединенија се именуваат така што кон називот на основниот јаглеродород се додава наставката **-амин**. Секундарните и терцијарните амини се именуваат како *N*-супституирани деривати на примарниот амин. Тука азотот се јавува како локант и се пишува со коса латинска голема буква *N*. Така, кај второто соединение подолу, за основа се избира најдолгата низа (во овој случај пропанамин). Другите два радикала се редат по азбучен ред.



пропанамин

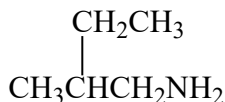


N-етилпропан-1-амин

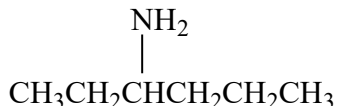


N-етил-*N*-метилпропан-1-амин

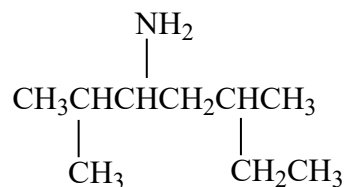
Според постарата IUPAC-ова номенклатура, амините се именуваат така што кон називот на основниот јаглеродород се додава претставката **-амино**.



3-метиламинобутан

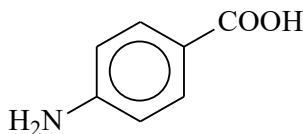


3-аминохексан



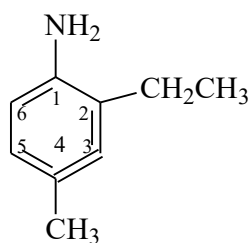
2,5-диметил-3-аминохептан

Претставката -амино се користи и кога во структурата на аминот има друга функционална група со поголема предност.

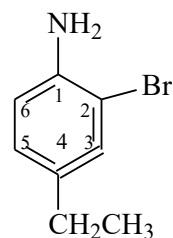


4-аминобензоева киселина
(*p*-аминобензоева киселина)

Кај ароматичните амини, именувањето се одвива така што најпрвин се нумерира функционалната група, односно amino групата. Ако има други супституенти, тие се нумерираат така што да добијат најмала можна вредност.

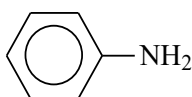


2-етил-4-метилфениламин
(2-етил-4-метиланилин)

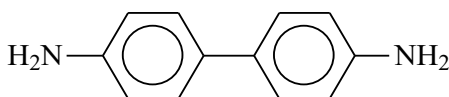


2-бромо-4-етилфениламин
(2-бромо-4-етиланилин)

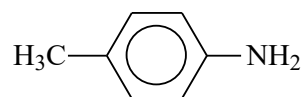
Во горните примери, називот *аланин* е тривијален назив. При именувањето дозволена е и употребата на некои тривијани називи.



аланин



бензидин



толуидин
(*p*-изомер)

Запомни!

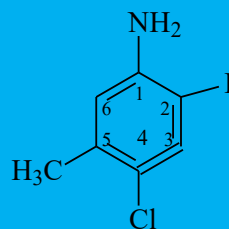
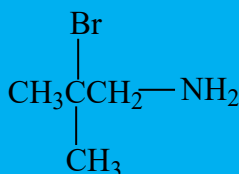
Амините се органски соединенија кои во својата структура како хетероатом имаат азот.

Според бројот на јаглеродните атоми сврзани за азотниот атом, амините се класифицираат како: **примарни** (RNH_2), **секундарни** (R_2NH) и **терцијарни** (R_3N). Во зависност од природата на групите сврзани за азотниот атом, амините се делат на: **алифатични** и **ароматични амини**.

Амините може да се именуваат со **традиционални називи**, со **тривијални називи** и според **IUPAC-овата номенклајтура**.

Прашања и задачи

- Класифицирај ги како примарни, секундарни или терцијарни амини следните соединенија:
 - $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$
 - $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—NH}_2$
- Каков вид хибридизација постои кај амините?
- Именувај ги дадените соединенија.

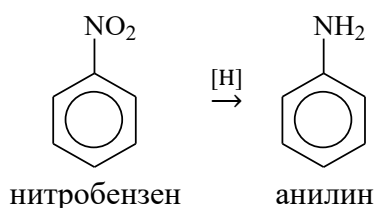
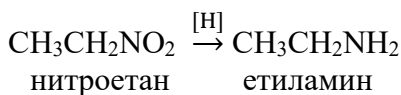
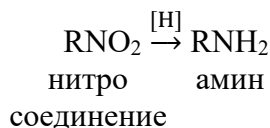


9.2 ДОБИВАЊЕ НА АЛИФАТИЧНИ И АРОМАТИЧНИ АМИНИ

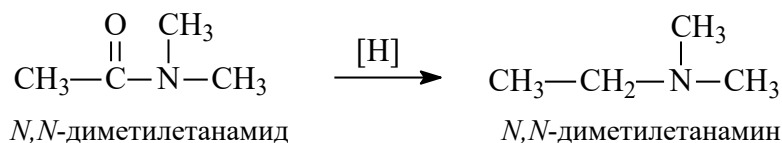
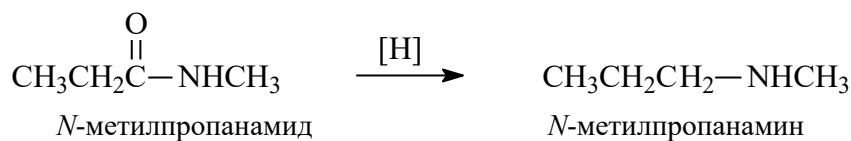
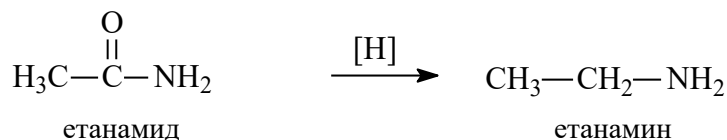
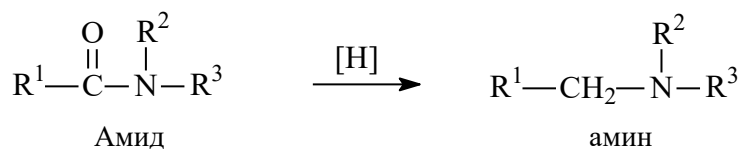
Амините најчесто се добиваат со реакција на редукција и нуклеофилна супституција.

1) Добивање на амини со редукција

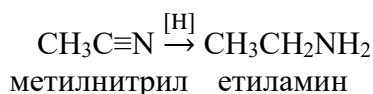
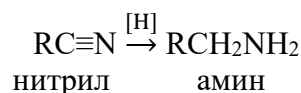
- △ Редукција на нитро соединенија (соединенија што содржат нитро група, $-\text{NO}_2$) во присуство на редукциони средства. Во равенките ознаката $[\text{H}]$ означува редукција. За редукција може да се користат различни редукциони средства, на пример, металното железо и киселина може да се користат за редукција на ароматични нитро соединенија, а LiAlH_4 во етер за редукција на амиди.



△ Редукција на амиди

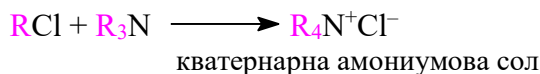
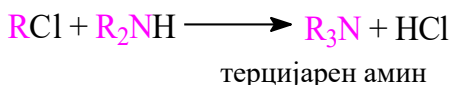
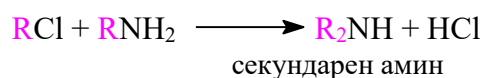
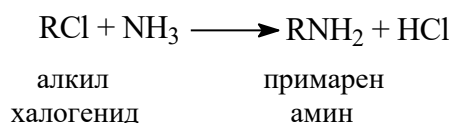


△ Редукција на нитрили



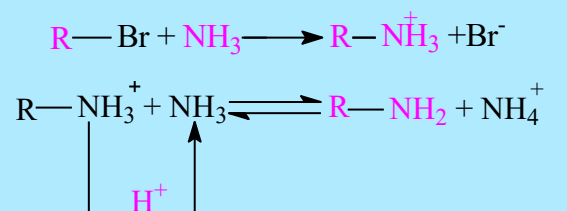
2) Добивање на амини со нуклеофилна суштитиуција

При серија од реакции се добиваат примарен, секундарен и терцијарен амин и на крајот *кватернарна амониумова сол*.

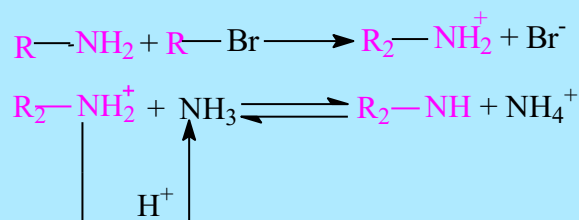


Ако при оваа реакција амонијакот е во вишок се добиваат примарни и секундарни амини, додека, пак, ако алкил халогенидот е во вишок се добиваат терцијарни амини и кватернарни амониумови соли.

Механизмот на овие реакции ќе биде прикажан на следен начин:



Реакцијата се изведува во две фази при што како краен продукт се добива примарен амин.



Истражувај!

Разгледај видео експерименти за различни начини на лабораториско добивање на алифатичните и ароматичните амини.

Запомни!

При редукција на нитро соединенија, амиди и нитрили се добиваат амини.

При реакција на алкил халогениди со амонијак, во зависност од количеството на амонијак, може да се добијат примарни, секундарни, терциарни и т.н кватернерни амониумови соли.

Прашања и задачи

1. Што се добива со редукција на нитропропан?
2. Напиши ја равенката на реакцијата на редукција на 2-хлоро-нитробензен.
3. Напиши ја равенката на реакција на хлорометан и триметиламин.

9.3 ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА АЛИФАТИЧНИ И АРОМАТИЧНИ АМИНИ

9.3.1 Физички својства на алифатични и ароматични амини

Ниските членови на алифатичните амини се во гасовита состојба со миризба на амониа, средните членови се течности, а вишите членови се цврсти супстанции со миризба на риба. Ароматичните амини имаат непријатен мирис.

Атомот на азот е поелектронегативен од водородниот атом. Како резултат на ова, врската N–H е поларна. Освен тоа, атомот на азот содржи несподелен електронски пар. Сето ова овозможува формирање на водородни врски меѓу молекулите на амините и меѓу молекулите на амините и водата. Може да кажеме дека амините се поларни соединенија и меѓу себе градат водородни врски од видот N–H...N.

Можноста примарните и секундарните амини (но не и терцијарните) да образуваат N–H...N доведува до повисоки температури на вриење од јаглеводородите со приближно иста молекулска маса. Со оглед на тоа што азотниот атом има помала електронегативност од кислородниот, амините имаат пониски температури на вриење со соодветните алкохоли.



пропан

$$M_r = 44 \text{ g/mol}$$

$$T_b = -42,2 \text{ }^\circ\text{C}$$



етанамин

$$M_r = 45 \text{ g/mol}$$

$$T_b = 16,6 \text{ }^\circ\text{C}$$



етанол

$$M_r = 46 \text{ g/mol}$$

$$T_b = 78,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температурите на вриење на секундарните амини се пониски од оние на примарните, а терцијарните амини имаат уште пониски температури на вриење. Секундарните амини градат водородни врски меѓу себе, но азотниот атом е на средина на јаглородната низа, па врската N–H е помалку поларна. Терцијарните амини воопшто немаат N–H врска, па не може да градат водородни врски меѓу себе.



пропанамин (1° амин)

$$M_r = 59 \text{ g/mol}$$

$$T_b = 48,7 \text{ }^\circ\text{C}$$



N-метилетанамин (2° амин)

$$M_r = 59 \text{ g/mol}$$

$$T_b = 36,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

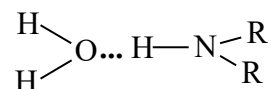


N,N-диметилметанамин (3° амин)

$$M_r = 59 \text{ g/mol}$$

$$T_b = 2,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

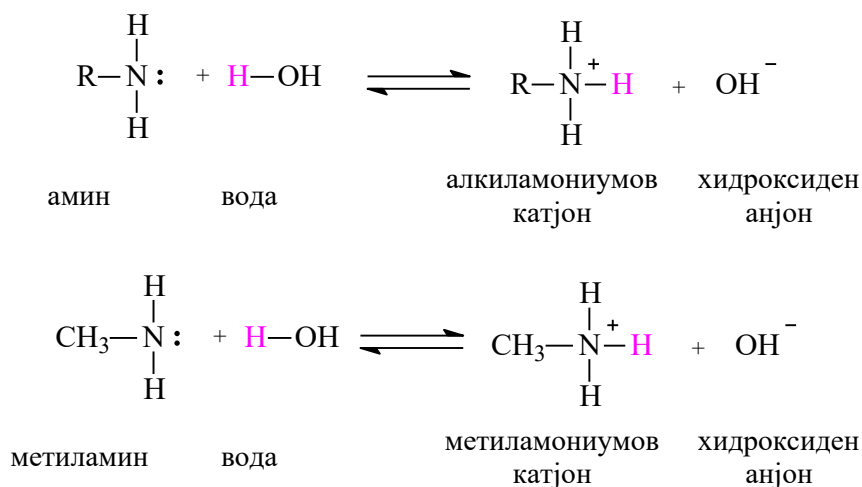
Сите амини образуваат водородни врски со водата (O–H...N). Амините со ниска молекулска маса (со шест или помалку C-атоми во молекулата) се растворливи во вода, додека, пак, со зголемување на молекулската маса на амините, растворливоста во вода се намалува.



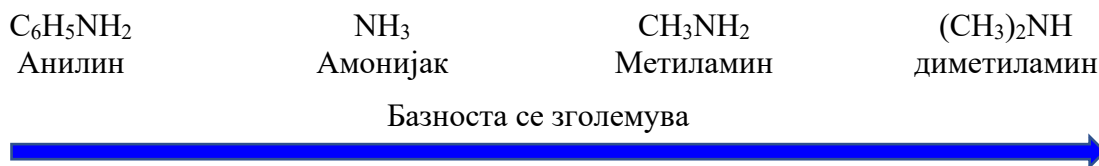
9.3.2 Хемиски својства на алифатични и ароматични амини

1) Базни својства на амините

Една од најважните својства на амини е нивната базност. Генерално, амините се по-силни бази од алкохолите или етерите, па тие можат ефикасно да се протонираат дури и од слаби киселини. Како што видовме, кај амините, азотниот атом содржи еден слободен електронски пар во една од четирите sp^3 хидридни орбитали, па според тоа амините се однесуваат како нуклеофили. Од тука произлегува дека амините се однесуваат како **бази** (бренштедовски и луисовски).

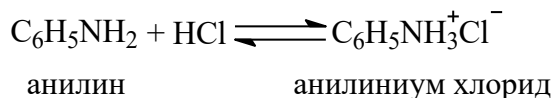
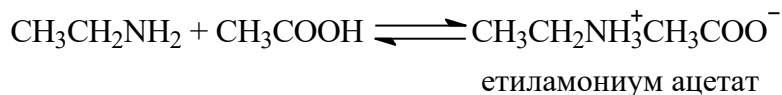


Најголемиот број алифатични амини се појаки бази и од амонијакот. Кај алифатичните амини, со зголемување на бројот на алкил групи (групи што оддаваат електрони, односно покажуваат позитивен индуктивен ефект), се зголемува базноста. Анилинот, пак, е послаба база и од амонијакот и од алифатичните амини поради делокализацијата на слободниот електронски пар од атомот на азотот кон бензенското јадро.



Поради базните својства на амините тие може да стапат во реакции со киселини да градат соли. Овие реакции се познати како **реакции на неутрализација**.

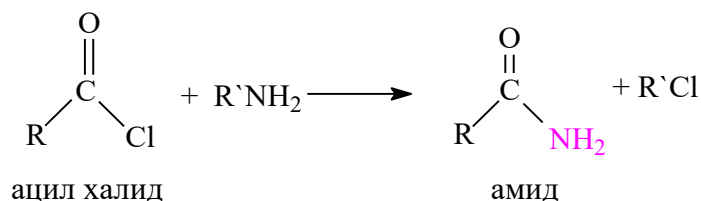




Многу важни лекови претставуваат амини. Тие обично се администрираат како алкиламониум соли, бидејќи солите се јонски соединенија и затоа се многу порастворливи во водни раствори и во телесните течности.

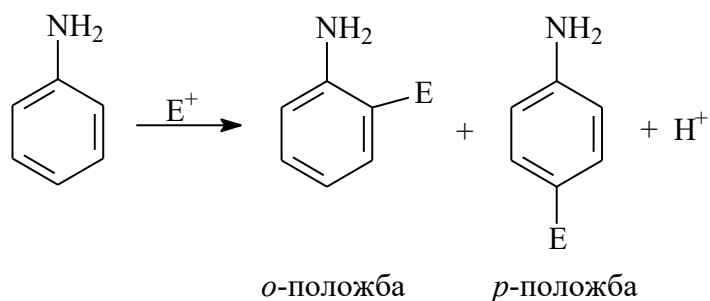
2) Реакции на нуклеофилна супституција

Поради присуството на слободниот електронски пар на азотниот атом, овие соединенија покажуваат особини на нуклеофилни супстанции. Тие учествуваат во неколку карактеристични реакции на *нуклеофилна супституција*, при што образуваат *амиди*.



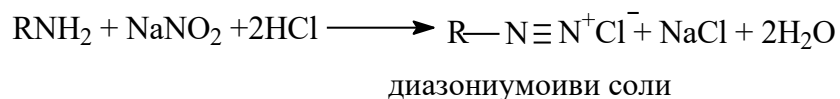
3) Реакција на електрофилна ароматична супституција кај ароматични амини

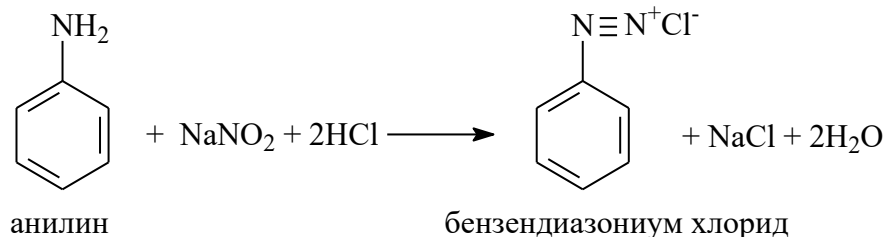
Ароматичните амини лесно стапуваат во реакција на *електрофилна ароматична супституција*, при што се добиваат смеса од продукти во орто и пара положби. Ароматичните амини се сулфонираат, нитрираат и халогенираат во присуство на катализатори.



4) Реакција на диазотирање кај алифатични и ароматични амини

Примарните амини со азотестата киселина даваат *дiazониумови соли*.





Истражувај!

Разгледајте видео анимации за хемиските својства на алифатичните и ароматичните амини.

Запомни!

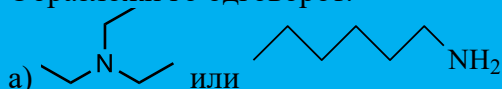
Водородните врски меѓу молекулите на амините и меѓу молекулите на водата и амините се одговорни за релативно повисоките температури на вриење и растворливоста на амините.

Амините се базни соединенија и се однесуваат како бренштедовски и како луисовски бази.

Алифатичните и ароматичните амини стапуваат во различни хемиски реакции меѓу кои се: реакција на неутрализација, реакција на нуклеофилна супституција, реакција на електрофилна ароматична супституција и реакција на диазотирање.

Прашања и задачи

- Кој член на секој од следниве парови има поголема температура на вриење? Образложи го одговорот.

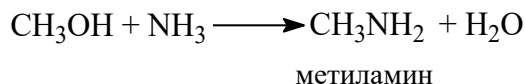


- Скицирај го образувањето на водородна врска меѓу:
 - две молекули на пропиламин
 - молекула на пропиламин и молекула на вода
- Доврши ги следниве равенки на реакциите и именувај ги сите учесници.
 - $\text{CH}_3\text{COCl} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \rightarrow$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NHCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 - $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HI} \rightarrow$
 - $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH} + \text{HCl} \rightarrow$

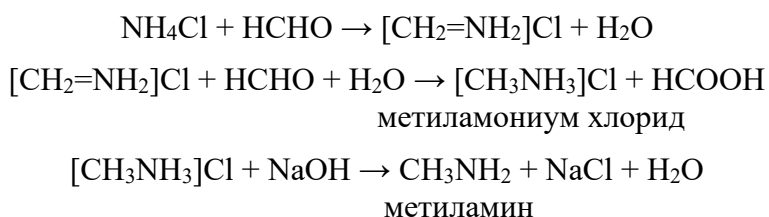
9.4 ПОВАЖНИ ПРЕТСТАВНИЦИ НА АМИНИТЕ

Метиламин, CH_3NH_2

Метиламинот претставува безбоен гас со непријатна миризба. Индустриски се добива при реакција на амонијак и метанол во присуство на катализатори.



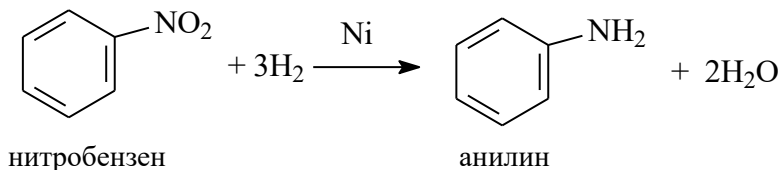
Во лабораторија се добива од формалдехид и амониум хлорид. Добиената сол, метиламониум хлорид, се преведува во амин со додавање на силна база (на пример, натриум хидроксид).



Метиламинот има базни својства и се користи како растворувач. Претставува важно соединение за добивање на *метамфеџамин*. Метамфетамин и дезоксифедрин се психостимуланти од класата на психоактивни лекови фенетиламин и амфетамин. Се користат за лекување на дефицит на внимание и хиперактивно пореметување. Дозата треба да биде контролирана од страна на лекар, затоа што прекумерните дози предизвикуваат манија и зависност.

Анилин (фениламин), $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

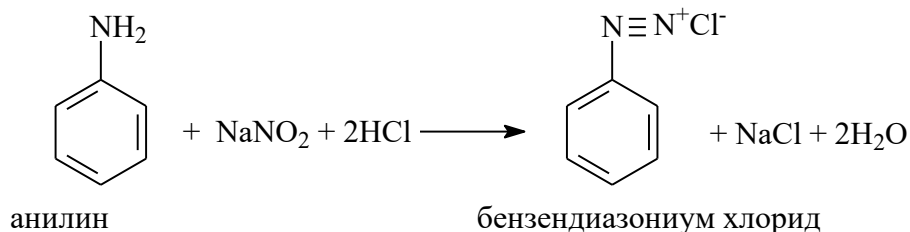
Анилиноот претставува ароматичен амин кој има најширока примена. Името анилин потекнува од шпанскиот збор *анил*, што значи индиго боја од каде е и добиен во 1841 година. Како што видовме претходно, анилиноот индустриски може да се добие со редукција на нитробензен.



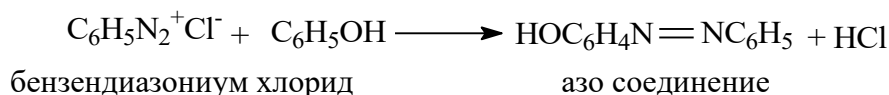
Ароматичниот прстен на којшто е сврзана $-\text{NH}_2$ групата, содржи делокализирани π -електрони, кои може да го делокализираат и слободниот електронски пар на азотот. Токму поради ова, анилиноот е и послаба база и од алифатични амини, но и од амонијакот. Поради своите базни својства, тој може да стапи во реакција со киселини и да гради соли. Оваа реакција е позната како **реакција на неутрализација**.

Во вода е малку растворлив, а добро се раствара во органски растворувачи.

Како што спомнавме и претходно, анилинот може да реагира со азотеста киселина, при што се добиваат **дiazониум соли**. Реакцијата претставува **нуклеофилна ароматична сујстипијација**.



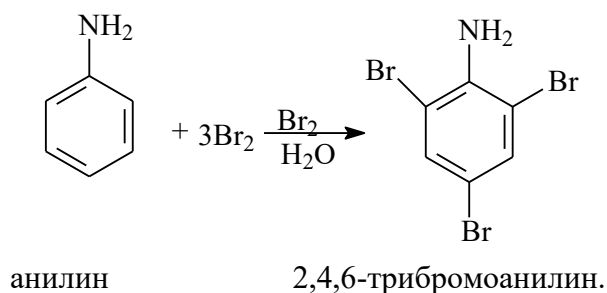
Добиените продукти се употребува за добивање на анилински бои, фармацевтски производи и за добивање на органски соединенија. Бензендиазониум хлоридот учествува во **реакција на кјулување (сјреѓање)**, при што се добива жолто-портокалов талог. Оваа реакција се употребува во индустрија за добивање на органски бои (азо бои).



Истражувај!

Продлабочи го твоето знаење и истражи повеќе за реакцијата на диазотирање на анилинот и за примената на оваа реакција.
Подготви проектна задача за анилински бои и презентирај ја на час.

Анилинот стапува во реакција на **електрофилна ароматична сујстипијација**. Поголемата густина на електрони во орто и пара положбите го прави анилинот активен во тие положби во однос на поврзувањето со електрофили. Меѓутоа, при реакција на бромирање со вода на собна температура се добива бел талог од 2,4,6-трибромoанилин. Добиениот продукт е супституиран и во орто и во пара положба поради високата активност на $-\text{NH}_2$ групата.



Анилинот е отровна супстанца, особено за крвта и централниот нервен систем. Освен што има употреба во индустрија за добивање на азо бои, се користи и во фармацијата. Дериватите на анилинот се присутни во многу лекови какви што се: ацетанилидот, сулфурни деривати, 3-флуорометиланилин. Учествува во составот на парацетамол во вид на ацетаминофен. Парацетамолот претставува антипиретик, додека 3-флуорометиланилин се користи како интермедијар за добивање на хербициди и фунгициди. Сулфонамидите се користат во фармацијата за добивање на анти-микробни лекови.

Биогени амини

Биогени амини се биогени супстанции со една или повеќе амински групи. Тие се основни азотни органски соединенија добиени со декарбоксилација на аминокиселини или со аминирање или трансаминирање на алдехиди и кетони кои се формираат за време на нормалните метаболички процеси во живите клетки и затоа се присутни кај животните, растенијата, микроорганизмите и луѓето. Во биогени амини спаѓаат голем број органски супстанции.

Од имидазоламините ќе го спомнеме соединението *хистидин*. Претставува супстанца добиена од аминокиселината хистидин која делува како невротрансмитер, како и провоспалителен сигнал ослободен од мастоцитите како одговор на алергиски реакции или оштетување на ткивото. Хистаминот е и важен стимуланс на лачењето на HCl од желудникот преку рецептори на хистамин H2.

Од индоламините најважен претставник е *сераптоноин*. Претставува невротрансмитер на централниот нервен систем добиен од аминокиселината триптофан. Вклучен е во регулирање на расположението, спиењето и апетитот.

Во **катехоламини** спаѓаат овие претставници:

Норадреналин – невротрансмитер активен при спиење и будност, внимание и однесување при хранење, како и стрес хормон ослободен од надбубрежните жлезди кој го регулира симпатичкиот нервен систем.

Епинефрин (адреналин) – претставува надбубрежна жлезда која при стресни ситуации лачи поголемо количество за да ја стабилизира стресната ситуацијата во организмот.

Дојамин – претставува невротрансмитер кој се излачува во поголемо количество при мотивација, награда и координација на движењето на телото.

Запомни!

Метиламинот се користи за добивање на метамфетаминот, кое што се користи како лек против дефицит на внимание и хиперактивно пореметување.

Анилинот се користи во индустрија за добивање на анилински бои.

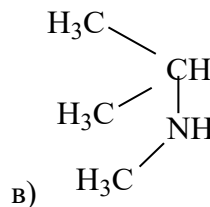
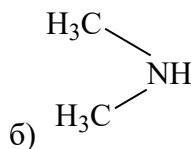
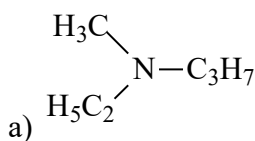
Дериватите на анилинот имаат широка примена во фармацевтијата за добивање на разни анти-микробни лекови, антипиретиви и др.

Прашања и задачи

1. Каква примена има метиламинот?
2. Напиши ја равенката на реакцијата на сулфонирање на анилинот.
3. Напиши равенка на реакцијата на диазотирање на метиламин

9.5 ПРОВЕРИ ГО ТВОЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Именувај ги следните соединенија:



2. Напиши ги рационалните формули на:

- а) анилиниум бромид
- б) 2,3-диметиланилин
- в) 3-етилпентанамин

3. Кој/кои од следниве соединенија е секундарен (2°) амин?

- а) $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NCH}_3$
- б) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
- в) CH_3NHCH_3

4. Кое соединение од секој од следниве парови има повисока температура на вриење?
Образложи го одговорот.

- а) метанол или метиламин
- б) диметиламин или вода
- в) метиламин или етиламин
- г) пропиламин или бутан

5. Напиши ги сите изомерни амини со молекулска формула $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$. Именувај го секој изомер и определи дали е примарен, секундарен или терцијарен.

6. Зошто првите членови на амините се растворуваат во вода, а вишите членови не?

7. Која е причината на базниот карактер на амините?

8. Напиши ги равенките на реакциите:

- а) на редукција на 2-метилнитробензен
- б) меѓу етиламин и хлороводородна киселина
- в) на електрофилна супституција во која учествуваат анилин и хлор
- г) на диазотирање на бутиламин

9. Кои две реакции се применливи во индустријата за добивање на анилински бои?

10. Повеќето лекови што содржат амински групи не се администрираат како амини, туку како амониумови соли. Зошто е тоа така?

ТЕРМИНОЛОШКИ РЕЧНИК

Агловен напон: отстапување од идеалниот тетраедарски агол во молекулата на некои циклоалкани.

Алдехиди: кислородни органски соединенија кои во составот содржат алдехидна група ($-\text{CHO}$) сврзана за радикал.

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

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

Алкани: заситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои постојат единствено единечни $\text{C}-\text{C}$ и $\text{C}-\text{H}$ ковалентни врски.

Алкени: незаситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои постои една двојна врска меѓу два јаглеродни атоми.

Алкенил радикали: радикали изведени од алкените.

Алкил радикали: радикали изведени од алканите.

Алкени: незаситени јаглеводороди во чиј состав влегуваат само елементите јаглерод и водород и кај кои има тројна врска меѓу два јаглеродни атоми.

Алкенил радикали: радикали изведени од алкените.

Алкохоли: кислородни органски соединенија кои како функционална група ја содржат хидроксилната група ($-\text{OH}$) сврзана за sp^3 -хибридизиран јаглероден атом.

Амиди: деривати на карбоксилните киселини во кои OH групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со NH_2 (амино) група.

Амини: органски соединенија кои во својата структура како хетероатом имаат азот; деривати на амонијакот, каде што еден или повеќе водородни атоми се заменети со алкил или арил групи.

Анхидриди на киселини: деривати на карбоксилните киселини во кои OH групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со RCOO група.

Арени: супституирани деривати на бензенот во чијшто молекули еден или повеќе водородни атоми се заменети со алифатични радикали.

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

Ароматични соединенија: органски соединенија што го исполнуваат Хикеловото правило ароматичност.

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

Ацил халиди: деривати на карбоксилните киселини во кои OH групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со атом на халоген елемент.

Баеров напон: види агловен напон.

Геометриска (цис-транс) изомерија: стереоизомерија што се јавува поради различниот просторен распоред на атомите и атомските групи, односно поради спречената ротација на атомите и атомските групи околу двојната врска, т. е. околу прстенот.

Глицериди: естери на глицеролот со вишите масни киселини.

Делокализирани електрони: електрони во молекулата кои не се локализирани меѓу еден пар атоми, туку се припаѓаат на повеќе атоми истовремено.

Диени: незаситени јаглеводороди чии молекули содржат две двојни врски.

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

Електрофилна адиција: реакција на адиција во која двојната врска е цел на напад на електрофилна честичка, односно два атома или атомски групи атоми се адираат на C-атомите од двојната врска.

Електрофилна супституција: реакција на супституција во која еден електрофил заменува водород или друга група во органската молекула.

Електрофилна честичка: честичка со непополнет октет на еден од атомите во молекулата; претставува луисовска киселина и ги напаѓа местата со негативен полнеж или парцијално негативен полнеж.

Емпириска формула: хемиска формула во која индексите претставуваат најмал целоброен однос на количествата на елементите.

Естери: деривати на карбоксилните киселини во кои OH групата (која е дел од COOH групата) на киселината е заменета со RO група.

Естерификација: реакција на алкохолите со карбоксилни киселини во присуство на минерални киселини како катализатори.

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

Изомери: соединенија што имаат иста молекулска формула, но различен распоред на атомите.

Изомерија: појава некои соединенија да постојат во повеќе изомери.

Изомерија на низата: вид структурна изомерија која се должи на различниот распоред на C-атомите во низата.

Индуктивен ефект: поместување на електроните од σ врската долж јаглородната низа во молекулата како одговор на електронегативноста на соседниот атом.

Јаглеводороди: органски соединенија чии молекули содржат само јаглерод и водород.

Карбоанјон: анјон што содржи негативно наелектризиран јаглороден атом кој се добива со хетеролитичко кинење на врската.

Карбокатјон: катјон што што содржи позитивно наелектризиран јаглороден атом кој се добива со хетеролитичко кинење на врската.

Карбоксилни киселини: органски киселини кои во својот состав содржат карбоксилна група (COOH).

Кетони: кислородни органски соединенија кај кои карбонилната група (кето групата) е сврзана за два радикала.

Луисовски бази: супстанции што се донори на електронски парови.

Луисовски киселини: супстанции што се акцептори на електронски парови.

Луисовски формули: формули во кои заедничките електронски парови и неподелените електронски парови се запишуваат со две точки наместо со цртичка, а неспарените електрони со една точка.

Марковниково правило: правило кое го дал Владимир Марковников, според кое кога несиметричен реагенс од типот A–B се адира на несиметричен алкен, H-атомот од реагенсот се сврзува за оној C-атом од двојната врска на алкенот за кој се сврзани повеќе водородни атоми.

Молекулска формула: формула во која е даден точниот број атоми од секој елемент во молекулата.

Мономер: супстанца од која се добива полимер при реакција на полимеризација или поликондензација.

Неполарна врска: врска во која заедничките електрони се подеднакво поделени меѓу двата атома.

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: честичка со неподелен електронски пар на еден од атомите во молекулата; претставува луисовска база и ги напаѓа местата со позитивен полнеж или парцијално позитивен полнеж.

Органски соединенија: соединенија на јаглерод (освен јаглерод монооксидот, јаглерод диоксидот, цијановодородната киселина, јаглеродната киселина и нејзините соли).

Органска хемија: дел од хемијата што ги изучува органските соединенија.

Поларна врска: ковалентна врска во која заедничките електрони се нееднакво поделени меѓу двата атома.

Поларна молекула: молекула која има диполен момент.

Полимер: соединение со голема релативна молекулска маса што се добива при реакција на полимеризација.

Полимеризација: реакција на адиција при која од голем број мономерии се добива полимер.

Положбена изомерија: изомерија која се јавува поради различниот распоред на функционалните групи во молекулата.

Примарен јаглероден атом: јаглероден атом сврзан за само уште еден друг јаглероден атом.

Слободен радикал: честичка што содржи неспарен електрон на еден од атомите која се добива при хомолитичко кинење на ковалентната врска.

Рационална формула: формула во која врските меѓу јаглеродните и водородните атоми не се прикажуваат со валентна црта.

Реакционен центар: местото во молекулата на супстратот кој е нападнат од реагенсот, најчесто функционалните групи или некои поларни места во молекулите.

Резонанција: претставување на електронската структура на една молекула со повеќе од една луисовска формула.

Резонантен хибрид: структура којашто ги зема предвид сите можни резонантни структури.

Сапонификација: хидролиза на естерите во присуство на база.

Секундарен јаглероден атом: јаглероден атом сврзан за два други јаглеродни атоми.

Скелетна изомерија: види изомерија на низата.

Скелетна формула: формула во која симболите за јаглеродните и водородните атоми не се пишуваат, а повеќекратните врски се пишуваат со повеќе цртички.

Стереоизомерија: изомерија која се јавува поради различниот распоред на атомите и атомските групи во просторот.

Сtereo формула: формула во која се користат цели цртички за претставување на врските што лежат во рамнината на хартијата, испрекинати цртички за врските што се насочени зад рамнината на хартијата и клинести цртички за врските што се насочени од рамнината на хартијата кон нас.

Структурна изомерија: изомерија која се јавува поради различниот редослед на сврзување на атомите и атомските групи во молекулата.

Структурна формула: формула која го покажува распоредот и начинот на поврзување на атомите во молекулата.

Терцијарен јаглороден атом: јаглороден атом сврзан за три други јаглородни атоми.

Феноли: органски соединенија кај кои хидроксилната група е сврзана директно за C-атом од ароматичниот прстен.

Функционална група: атом или атомска група одговорна за хемиските и физичките својства на молекулата во која се наоѓа.

Функционална изомерија: изомерија што се јавува кај соединенија кои имаат различни функционални групи, но иста молекулска формула.

Хетеролитичко раскинување на врската: раскинување на ковалентната врска така што електронскиот пар останува на еден од атомите што ја образувале врската, при што се образуваат карбокатјон и карбоанјон.

Хетероциклични соединенија: циклични органски соединенија што, освен јаглородни и водородни атоми, содржат атоми од други елементи (O, N, S и други).

Хибридизација: еден вид мешање на атомските валентни орбитали во јаглородниот атом, т.е. на орбиталите од последниот валентен електронски слој, при што се формираат хибридни орбитали што имаат идентична енергија и форма на неправилна осумка.

Хикелово правило за ароматичност: правило кое го дал Хикел, според кое соединенијата се ароматични ако молекулата е циклична и планарна и ако содржи $4n + 2$ π -електрони, т.е. електрони кои можат да градат π -врски, каде што n е некој природен број т.е 1, 2, 3, итн.

Хомолитичко раскинување на врската: раскинување на ковалентната врска така што на секој од атомите што ја градат врската му останува по еден електрон, при што се образуваат слободни радикали.

Хомологни соединенија: соединенија чии формули на два соседни члена во низата се разликуваат за една метиленска група ($-\text{CH}_2-$).

Хомолошка низа: низа од хомологни соединенија подредени според растење на бројот на C-атоми во молекулата.

Циклоалкани: циклични јаглеводороди во кој сите C-C врски се единечни.

Циклични јаглеводороди: јаглеводороди во кои основната јаглородна низа е затворена во прстен.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Carey, F.A. & Giuliano, R.M. (2017). *Organic Chemistry* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
2. Klein, D. (2017). *Organic chemistry* (3rd ed.). John Wiley and Sons, Inc.
3. McMurry, J. (2004). *Organic chemistry* (6th ed.). Brooks/Cole—Thomson Learning. [превод од англиски: д-р Јане Богданов и д-р Богдан Богданов - Скопје 2007].
4. Ouellette, R.J. (1994). *Organic chemistry: A brief introduction*. Prentice-Hall, inc.

