

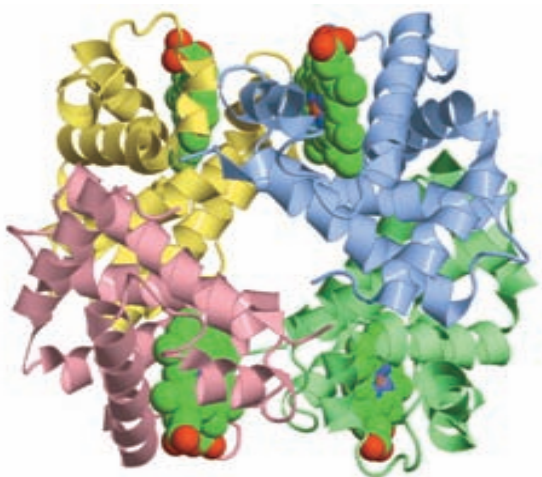
◆◆ Darko Dolenc, Boris Šket ◆◆

KEMIJA

ZA

GIMNAZIJE 3


◆ Učbenik za 3. letnik gimnazij



★ Uvod

★ Predgovor

1. Zgradba molekul organskih spojin

- 1.1 Organska kemija – kemija ogljikovih spojin
- 1.2 Ogljikovodiki – osnovne organske spojine
- 1.3 Ogljikovodiki z dvojnimi in trojnimi vezmi
- 1.4 Hibridizacija 
- 1.5 Od kod toliko spojin – izomerija
- 1.6 Poimenovanje ogljikovodikov
- 1.7 Cikloalkani

Utrdimo

Ponovimo

2. Ogljikovodiki

- 2.1 Lastnosti ogljikovodikov
- 2.2 Organske reakcije
- 2.3 Alkani
- 2.4 Alkane najdemo v nafti in zemeljskem plinu
- 2.5 Pri alkenih nastopa geometrijska izomerija
- 2.6 Pridobivanje alkenov. Reakcije alkenov
- 2.7 Kako poteka adicija na alkene?
Mehanizem reakcije
- 2.8 Aromatski ogljikovodiki
- 2.9 Elektrofилne substitucije

Utrdimo

Ponovimo

3. Organske halogenske spojine

- 3.1 Vrste in organskih halogenskih spojin in njihovo poimenovanje
- 3.2 Fizikalne lastnosti organskih halogenskih spojin
- 3.3 Pridobivanje, reakcije in reaktivnost organskih halogenskih spojin
- 3.4 Uporaba organskih halogenskih spojin in njihov vpliv na okolje

Utrdimo

Ponovimo


4. Organske kisikove spojine

- 4.1 Vrste in poimenovanje organskih kisikovih spojin
- 4.2 Fizikalne lastnosti organskih kisikovih spojin
- 4.3 Alkoholi
- 4.4 Aldehidi in ketoni
- 4.5 Karboksilne kisline in njihovi derivati
- 4.6 Od alkanov do organskih kisikovih spojin

Utrdimo

Ponovimo

5. Pomembne organske kisikove spojine v naravi

- 5.1 Ogljikovi hidrati. Strukturni zapisi monosaharidov
- 5.2 Monosaharidi. Oligosaharidi. Polisaharidi
- 5.3 Lipidi. Triacilgliceroli
- 5.4 Drugi lipidi 

Utrdimo

Ponovimo

6. Organske dušikove spojine

- 6.1 Dušik je v organskih spojinah pogost element
- 6.2 Amini
- 6.3 Aminokisline
- 6.4 Peptidi
- 6.5 Beljakovine
- 6.6 Pomembnejše dušikove spojine v naravi **dodatna znanja**
- 6.7 Organska barvila **dodatna znanja**

Utrdimo

Ponovimo

7. Polimeri

- 7.1 Polimeri – lastnosti in priprava
- 7.2 Naravni polimeri
- 7.3 Različnih umetnih polimerov je zelo veliko

Utrdimo

Ponovimo

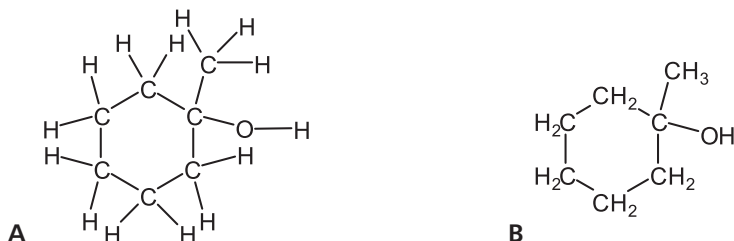
★ Periodni sistem elementov

★ Stvarno kazalo

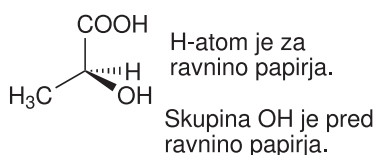
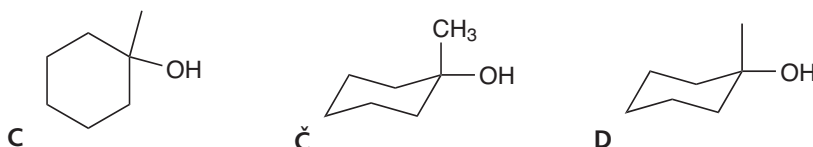
★ Viri

Risanje strukturnih formul

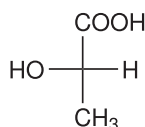
Formule organskih spojin so lahko narisane različno. Izberemo tak način risanja, ki bo čim bolj pregleden in bo dal čim več informacij o neki strukturi.



Slika A predstavlja **strukturno formulo** 1-metilcikloheksanola, ki prikazuje vse atome in vezi v molekuli. Takoj opazimo, da je formula nepregledna, boljša je malo skrčena oblika B, to je **racionalna formula**. Še bolj pregledne so formule v spodnji vrsti, ki nimajo narisanih ogljikovih atomov, temveč le vezi med njimi.



Pri stereokemijskih formulah rišemo vezi v perspektivi.



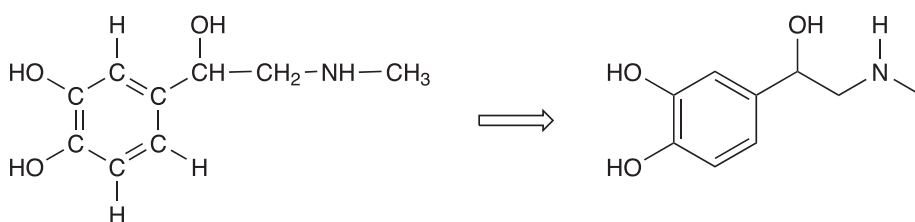
Fischerjeva projekcijska formula je projekcija tetraedra v ravnino.

Slika 30 Stereokemijska (zgoraj) in Fischerjeva projekcijska formula (spodaj) prikazujeta isto molekulo, to je L-(+)-mlečno kislino. O takih formulah in strukturah, ki jih opisujejo, bomo govorili pozneje.

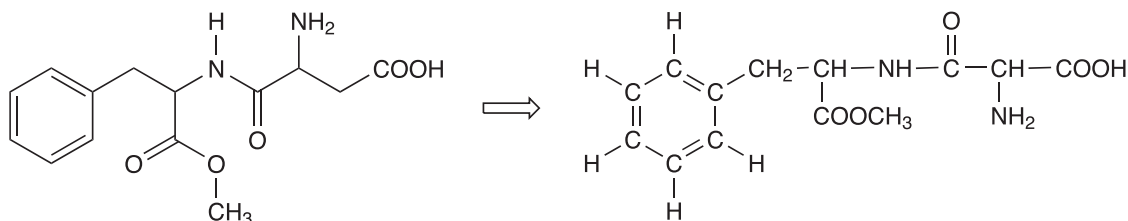
V vsakem ogljišču ali na koncu vezi si predstavljamo atom ogljika, ki ima na sebi vezane atome vodika. Koliko jih je, ni težko izračunati, saj vemo, da je ogljikov atom štirivalenten. Te formule prikazujejo predvsem skelet molekule, zato jih tudi imenujemo **skeletne**. Včasih rišemo skeletno le obroč ali glavno verigo, stranske skupine pa izpišemo v celoti (Č). Vedno pa moramo napisati atome kisika, dušika žvepla itd., to je atome, drugačne od ogljika, in tudi vodikove atome na njih! Formulī Č in D nakazujeta še obliko cikloheksanovega obroča, ki v resnici ni planaren, kot bi lahko sklepali iz formule C.

Poznamo še druge načine pisanja oziroma risanja formul, ki jih uporabljamo za poudarjanje posebnih značilnosti. Na primer **stereokemijske** formule prikazujejo prostorsko razporeditev skupin v molekuli.

Prerišimo racionalno formulo hormona in prenašalca živčnih impulzov adrenalina v skeletno.



Prerišimo skeletno formulo umetnega sladila aspartama v racionalno.



Kakor drugi predmeti in živa bitja morajo imeti tudi kemijske spojine imena, da se lahko pogovarjamo o njih. Dobro je, da ime odseva tudi strukturo spojine. Da bi bilo poimenovanje spojin po vsem svetu čim bolj enotno, so se kemiki v okviru združenja IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) dogovorili o nomenklturnih pravilih. Kljub temu pa je, zaradi izredne raznolikosti in kompleksnosti organskih molekul, v rabi več nomenklturnih sistemov, vsak pa ima svoje prednosti in slabosti. V tem učbeniku se bomo držali predvsem tako imenovane IUPAC **substitutivne** nomenklature, ki je uporabljana daleč najbolj pogosto.

Z imeni enostavnih alkanov, katerih ogljikovi atomi so povezani v verigo, ni večjih težav.

Najenostavnejšim alkanom so kemiki dali imena, še preden so izdelali sistem za imenovanje. To so metan, etan, propan in butan. Njihova imena ne odražajo strukture in so izjema v nomenklturnem sistemu.

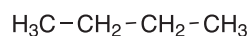
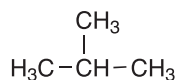
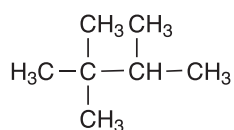
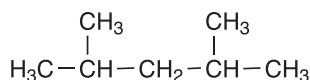
Alkane imenujemo z grškim števnikom, ki izraža število ogljikovih atomov v molekuli, končnica -an pa pomeni, da gre za alkan in ne kakšno drugačno spojino.

CH ₄	CH ₄	metan
H ₃ C-CH ₃	C ₂ H ₆	etan
H ₃ C-CH ₂ -CH ₃	C ₃ H ₈	propan
H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	C ₄ H ₁₀	butan

H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	C ₅ H ₁₂	pentan
H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	C ₈ H ₁₈	oktan
H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	C ₁₂ H ₂₆	dodekan

Vrsti alkanov z nerazvejenimi verigami pravimo tudi **normalni alkani** (označimo jih s predpono *n*-). Posamezne spojine v vrsti se med seboj razlikujejo za eno skupino CH₂ (metilenska skupina). Taki vrsti pravimo **homologna vrsta**, spojine so med seboj homologi.

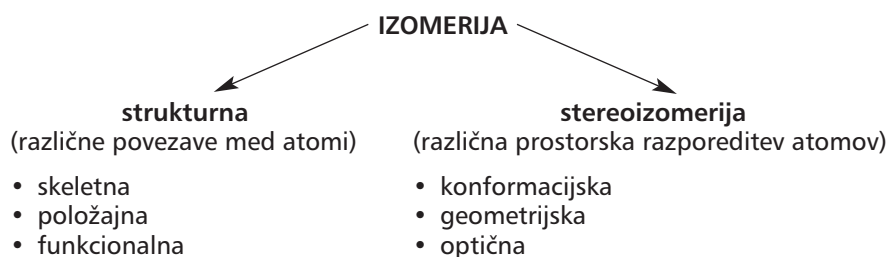
Ogljikovi atomi pa se povezujejo ne le v gladke, linearne verige, temveč tvorijo tudi razvejene strukture.

C₄H₁₀A (T_v = -1 °C)B (T_v = -12 °C)C₇H₁₆C (T_v = 99 °C)Č (T_v = 81 °C)D (T_v = 80 °C)

Slika 31 Ogljikovi atomi v molekulah organskih spojin se lahko povezujejo v različne strukture. Tako nastanejo spojine z isto molekularno formulo, vendar različnimi lastnostmi.

Molekulska formula spojin A in B je C₄H₁₀, vendar je očitno, da imata molekuli različno zgradbo, gre torej za dve različni spojini z različnimi lastnostmi, npr. temperaturo vrelišča. Enako velja za spojine C, Č in D, ki imajo vse tri molekularno formulo C₇H₁₆.

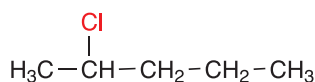
Možnost oziroma pojav, da se atomi različno povezujejo med seboj, pri čemer ostaja molekularna formula nespremenjena, imenujemo **izomerija**. **Izomeri** imajo enako število istovrstnih atomov, razlikujejo pa se po razporeditvi teh atomov. Število možnih izomerov zelo hitro narašča s številom atomov v molekuli. Pozneje bomo spoznali še nekatere vrste izomerije, že zdaj pa jih lahko uvrstimo v dve skupini: **strukturno ali konstitucijsko izomerijo** in **stereoizomerijo**. **Strukturalni** izomeri se med seboj razlikujejo po medsebojnih povezavah atomov, **stereoizomeri** pa po prostorski razporeditvi atomov.



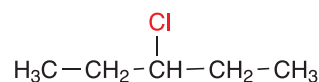
V tej učni enoti bomo obravnavali strukturno izomerijo. O stereoizomeriji bomo govorili pri obravnavi ustreznih organskih spojin. Geometrijsko izomerijo bomo obravnavali pri alkenih, optično pa pri sladkorjih in aminokislinah.

Spojini A in B ter spojine C, Č in D na zgornji sliki so torej strukturalni, točneje skeletni izomeri. Skelet molekul sestavljajo verige ogljikovih atomov, ki so enkrat linearne, drugič pa razvejene, zato tej skeletni izomeriji pravimo tudi **verижna**.

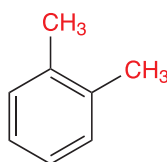
Pri spodnjih dveh parih, E: F in G: H se molekuli razlikujeta po položaju atomov oziroma skupin na verigi ali obroču. Spojine so **položajni izomeri**.



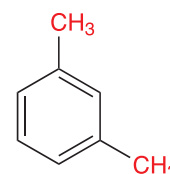
E



F



G



H

Pri spojinah I in J pa ne gre le za položaj kisikovega atoma v verigi. V molekuli I je kisikov atom vezan z obeh strani na ogljikova atoma in tudi vsi vodikovi atomi so vezani na ogljikove. V molekuli J je kisikov atom na koncu verige in nanj je vezan eden od vodikovih atomov. Nastane skupina O–H. Taki skupini, ki je nosilec določenih kemijskih lastnosti, pravimo **funkcionalna skupina**, izomeriji te vrste pa **funkcionalna izomerija**.



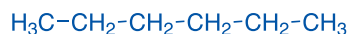
I

J

Število možnih izomerov alkanov hitro narašča s številom ogljikovih atomov, ki sestavljajo molekulo.

Narišimo vse strukturne izomere heksana. Sami pa poskusite še s heptanom.

Najenostavnejša možnost je povezava vseh šestih atomov v verigo.

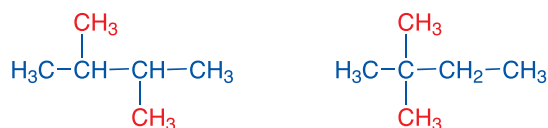


Nato odrežimo en ogljikov atom s konca verige. Postavimo ga tako, da bo vezan na enega od atomov verige, vendar ne na končnega. Zakaj?

Imamo dve možnosti:



Odrežimo še en atom s konca verige in ga poskusimo vezati na enega od preostalih atomov verige. Spet se pokažeta dve možnosti.



Kakorkoli bi še naprej premetavali ogljikove atome, bi dobili eno od že narisanih struktur. Izomerov heksana je torej pet.

Preglednica 2 Število izomerov alkanov hitro narašča s številom atomov v molekuli.

Alkan	Število izomerov
CH ₄ do C ₃ H ₈	1
C ₄ H ₁₀	2
C ₅ H ₁₂	3
C ₆ H ₁₄	5
C ₇ H ₁₆	9
C ₈ H ₁₈	18
C ₉ H ₂₀	35
C ₁₀ H ₂₂	75
C ₁₅ H ₃₂	4 347
C ₂₀ H ₄₂	366 319
C ₃₀ H ₆₂	4,11 × 10 ⁹

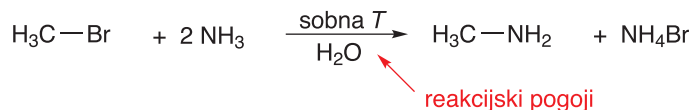
Preveri znanje

1. Kaj je homologna vrsta?
2. Kaj imajo izomeri skupnega in v čem se razlikujejo?
3. Koliko je izomernih trimetilbenzenov? Kakšne vrste izomeri so to?
4. Poskusi narisati vse izomere heptana. Ali se število tvojih izomerov ujema s številom iz Preglednice 2?

Kako zapišemo kemijsko reakcijo?

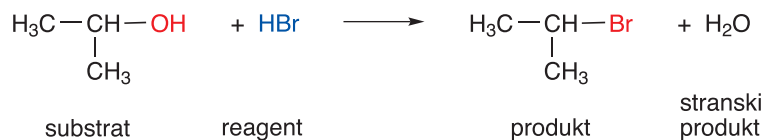
Običajen zapis kemijske reakcije je kemijska enačba.

Pri reakciji bromometana z amoniakom nastaneta metilamin in amonijev bromid.

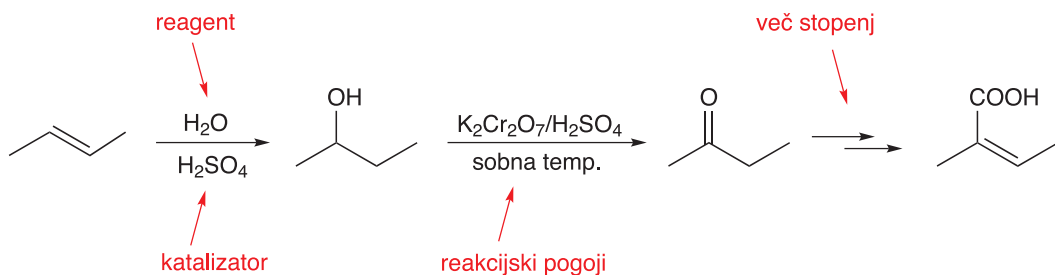


Enačba je urejena; število istovrstnih atomov na levi in desni strani je enako. Včasih zapisu dodamo še opombe o pogojih reakcije, npr. temperaturi, topilu, katalizatorju ipd.

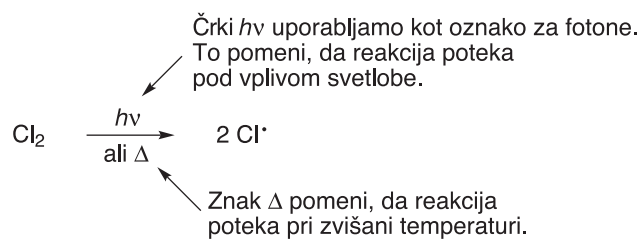
Kemijske reakcije so pretvorbe molekul ene vrste v drugo. Pri tem se vezi trgajo in nastajajo nove. Spojino, pri kateri izvedemo pretvorbo, običajno imenujemo **substrat**, snov, s katero smo povzročili pretvorbo, pa **reagent**.



V organski kemiji, kjer se srečujemo s kompleksnimi strukturami in večstopenjskimi reakcijami, bi bile enačbe pogosto težko napisati ali bi bile nepregledne. V takih primerih uporabljamo **reakcijske sheme**. V njih napišemo le formule spojin, katerih pretvorbe nas zanimajo, in reagente, s katerimi povzročimo pretvorbe, včasih pa tudi pogoje, pri katerih potekajo reakcije.

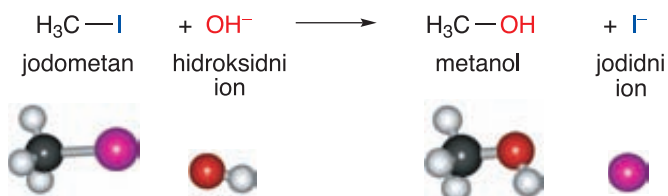


Kemijske reakcije pogosto sprožimo s segrevanjem ali z obsevanjem s primerno svetlobo. Za označevanje segrevanja ali obsevanja pri reakciji pogosto uporabljamo naslednja znaka:



Razlikujemo več vrst kemijskih reakcij. Med najbolj pogoste štejemo substitucije, adicije in eliminacije.

a) Reakcijam, pri katerih se v molekulah zamenjajo posamezni atomi ali atomske skupine, pravimo **substitucije**.



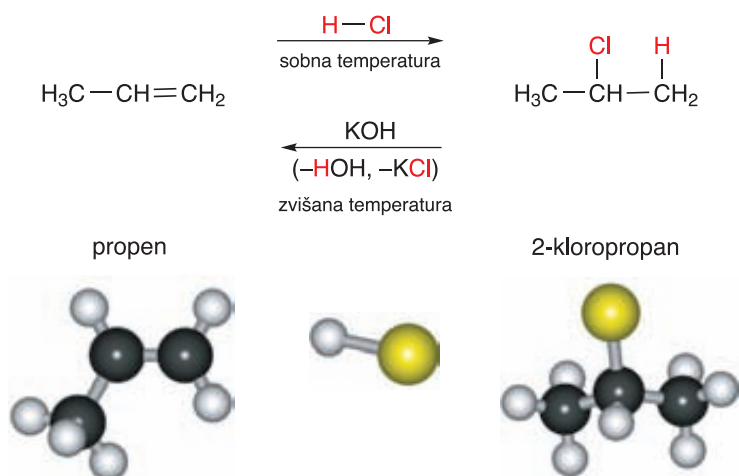
Pri tej substituciji se je atom joda zamenjal s hidroksilno skupino.

b) Značilna reakcija alkenov je **adicija** (lat. *additio*, dodajanje, prištevanje) na dvojno vez. Pri adiciji molekule A-B na molekulo alkena se pretrgata vez A-B in π -vez molekule alkena, na ogljikova atoma se vežeta atoma A in B.



Reakcija lahko poteče tudi v nasprotno smer. Atoma A in B, ki sta vezana na sosednjih ogljikovih atomih, se odstranita, eliminirata iz molekule, nastane dvojna vez. Reakcijo imenujemo **eliminacija**.

Adicija poteka takrat, ko so vezi, ki nastajajo, močnejše od vezi, ki se trgajo. V zgornjem primeru nastajata vezi C-A in C-B, vez A-B in π -vez C-C pa se pretrgata. Takšna reakcija je eksotermna in poteka spontano. Eliminacija pa običajno ni spontana; povzročimo jo z reagenti, ki vežejo enega od izstopajočih atomov, ali celo oba, ter z zvišano temperaturo.



Formalno se je v tem primeru iz molekule 2-kloropropana izločil vodikov klorid in včasih reakcijo tako tudi pišemo. V resnici pa ni nastal HCl, temveč kalijev klorid in voda.

Substitucije, adicije in eliminacije so večina reakcij, s katerimi narava in kemiki pretvarjajo organske spojine drugo v drugo.

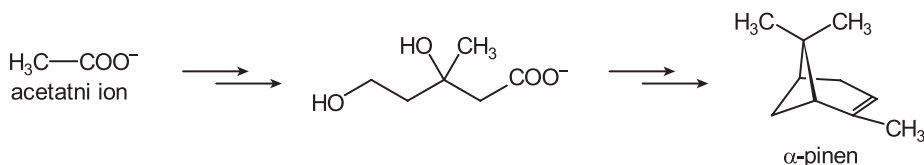


Slika 4 V laboratoriju izvajamo kemijske sinteze v ustreznih aparataturah, ki omogočajo mešanje reaktantov, segrevanje ali ohlajanje reakcijske zmesi, delo pod inertno atmosfero itd.

2.2 Organske reakcije



Organska sinteza je pravzaprav graditev, izdelava novih molekul. Ta poteka postopno, posamezne stopnje so največkrat substitucije, adicije ali eliminacije. Narava uporablja preproste osnovne gradnike, kot so acetatni ioni. Iz njih v nizu pretvorb živi organizmi sintetizirajo komplicirane molekule, kot je α -pinen v eteričnih oljih smreke in bora.



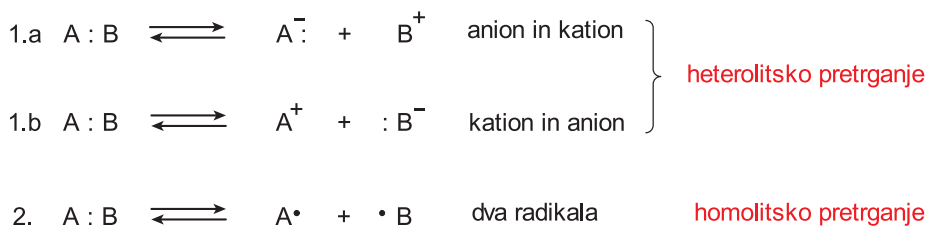
Slika 5 Zapleteno zgrajene molekule nastajajo v naravi iz preprostejših gradnikov. α -pinen nastaja v iglavih iz acetata.



Slika 5 Organske sinteze pogosto izvajamo v bučki s povratnim hladilnikom.

V laboratoriju pogosto izvajamo sinteze v bučki s povratnim hladilnikom. Reaktante raztopimo v primernem topilu in segrevamo zmes v bučki. Vemo, da reakcije hitreje potekajo pri zvišani temperaturi. Na bučko natakemo hladilnik tako, da topilo, ki vre, v njem kondenzira in se vrača v bučko (zato mu rečemo povratni).

Ob zgoraj navedenih primerih vidimo, da se pri reakciji nekatere vezi med atomi trgajo, druge pa nastajajo. Kemijska reakcija je pravzaprav vedno trganje starih in nastajanje novih vezi med atomi, razen izjemoma, ko imamo samo trganje ali samo nastanek. Kovalentna vez je elektronski par, nahaja se v molekularni orbitali med dvema atomoma in ju s tem povezuje. Kaj se dogaja s tem elektronskim parom, ko se vez pretrga ali nastane? Možnosti sta dve:



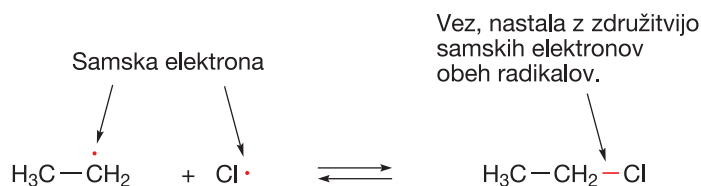
V prvem in drugem primeru je elektronski par pristal na enem od fragmentov, nastalih pri pretrganju vezi. Tako pretrganje vezi imenujemo **heterolitsko** ali **ionsko**. V zadnjem primeru pa sta nastala dva delca (atoma ali atomski skupini), ki imata vsak po en samski, neparjen elektron. Takim delcem pravimo **radikali**, včasih jih imenujejo tudi prosti radikali, pretrganje vezi pa imenujemo **homolitsko** ali **radikalsko**. Nepolarne vezi se pogosto trgajo homolitsko, polarne pa heterolitsko.

Če zgornjo shemo pogledamo z druge strani, vidimo, da tudi vez lahko nastane na dva načina. Ena možnost je, da prispeva vsak od partnerjev po en elektron, to je nastanek vezi med dvema radikaloma. Druga možnost je, da prvi prispeva cel elektronski par, drugi pa ta par sprejme. Po tem, kako se vezi pri kemijskih reakcijah trgajo in nastajajo, razlikujemo radikalne in ionske reakcije.

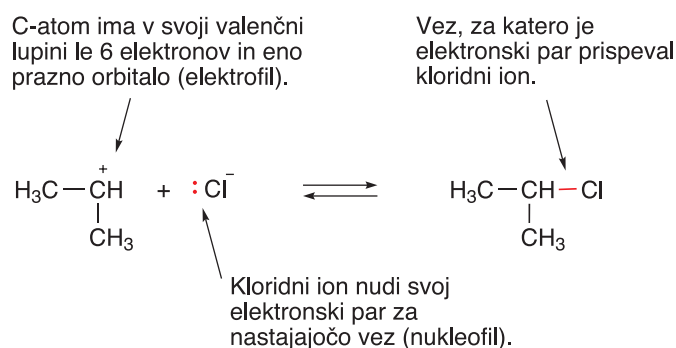


Potek reakcije, reakcijski intermedijati

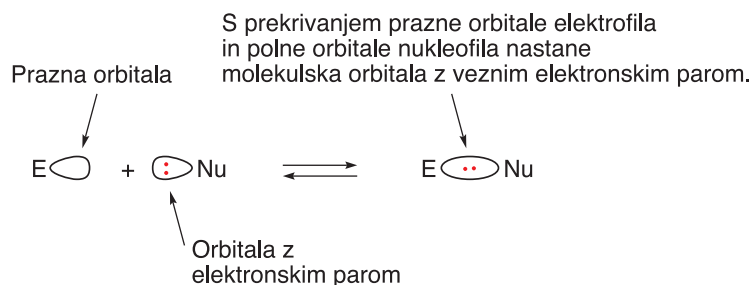
V radikalskih reakcijah prispevata k nastanku vezi oba partnerja, torej radikala ali atoma, po en elektron.



Pri ionskih reakcijah eden od partnerjev daje cel elektronski par v bodočo vez, drugi pa ta par sprejema. Dajalcu (donorju) elektronskega para pravimo tudi **nukleofil**, sprejemniku (akceptorju) pa **elektrofil**. Beseda elektrofil pomeni tistega, ki »ljubi« elektrone, sam ima torej pomanjkanje teh. Beseda nukleofil pa bi pomenila »ljubitelja« atomskih jeder, torej nekoga, ki ima svojih elektronov dovolj in išče partnerja, ki mu jih primanjkuje.



ali splošno



Za sprejem elektronskega para mora biti na voljo prazna orbitala ali kakšna druga možnost za namestitev sprejetega elektronskega para. Atomi z izpolnjeno zunanjo lupino ne morejo sprejemati dodatnih elektronov in tako tvoriti dodatnih vezi. Elektrofilni so torej delci z manjšim številom elektronov od običajnega, največkrat, vendar ne vedno, so to kationi. Nasprotno pa so nukleofili delci s prostimi elektronskimi pari, ki jih prispevajo za tvorbo vezi. Pogosto so to anioni.

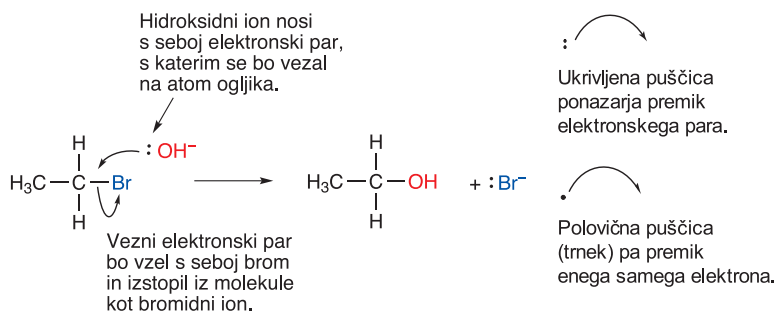
Pri kemijskih reakcijah se vezi lahko tvorijo in trgajo različno. Glede na to, kdo daje elektronski par v nastajajočo vez, ločimo nukleofilne, elektrofilne ali radikalske substitucije, adicije itd.

Nukleofili, ki jih pogosto srečamo v organski kemiji: halogenidni ioni, OH^- , RO^- , CN^- , karboanioni (C^-), π -vezi alkenov ali aromатов, H_2O , NH_3 , ROH (alkoholi).

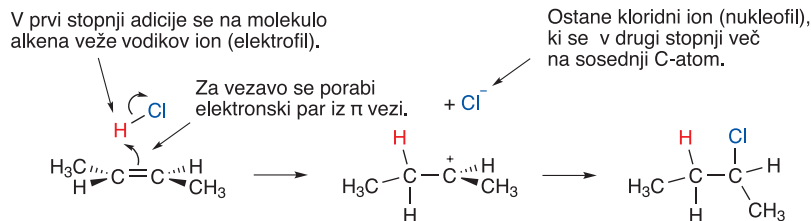
In še nekaj elektrofilov: H^+ , vodikovi halogenidi (HX), halogeni (X_2), NO_2^+ , SO_3 , C-atom karbonilne skupine, BF_3 , AlCl_3 .

Ponazorimo z nekaj primeri.

Nukleofilna substitucija. Na atomu ogljika se zamenjata dva nukleofila.

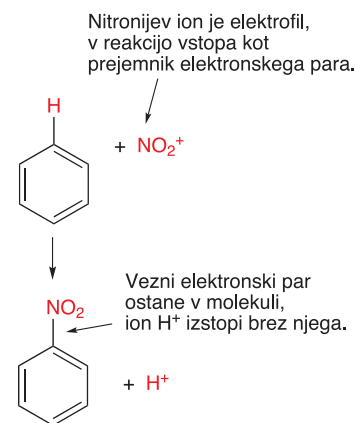


Elektrofilna adicija. Na alken se v prvi stopnji veže vodikov ion, ki nima svojega elektronskega para (elektrofil). Za vezavo se porabi elektronski par iz π -vezi. Ostane kloridni ion (nukleofil), ki se v drugi stopnji veže na sosednji ogljikov atom (kation, elektrofil).



V molekulah najdemo različne atome ali atomske skupine. Nekateri atomi ali skupine imajo nevezne elektronske pare ali π -elektrone. Taki deli molekul se obnašajo kot nukleofili in pri kemijskih reakcijah reagirajo z elektrofilii. Drugim delom molekul pa primanjkuje elektronov, obnašajo se kot elektrofilii in s temi reaktivnimi mesti reagirajo nukleofili. Poznavanje reaktivnosti različnih spojin nam omogoča načrtovanje pretvorb enih molekul v druge.

Elektrofilna substitucija. Nitronijev ion (NO_2^+) dobi elektronski par za vezavo od molekule benzena.



Preveri znanje

1. Katere so osnovne reakcije, s katerimi pretvarjamo organske spojine drugo v drugo?
2. Koliko produktov nastane pri substituciji, koliko pri adiciji?
3. Ali je eliminacija navadno spontana reakcija? Če ni, kako dosežemo, da steče?
4. Kakšno je število valenčnih elektronov v običajnih organskih molekulah, sodo ali liho ali ni pravila?
5. Kaj se zgodi z veznim elektronskim parom kovalentne vezi pri homolitskem pretrganju vezi?
6. Kako nastane kovalentna vez pri ionski reakciji?
7. Katere vezi nastajajo, katere se trgajo pri reakciji med H^+ in NH_3 ? Kaj pa med H_3O^+ in NH_3 ?
8. Kako (ionsko ali radikalno) se vezi iz 7. vprašanja trgajo oziroma tvorijo?
9. Ali lahko v reakcijah iz 7. vprašanja določiš elektrofil(e) in nukleofil(e)?