

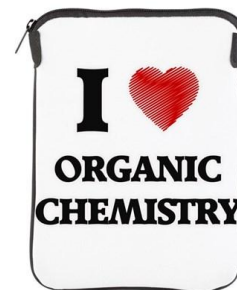
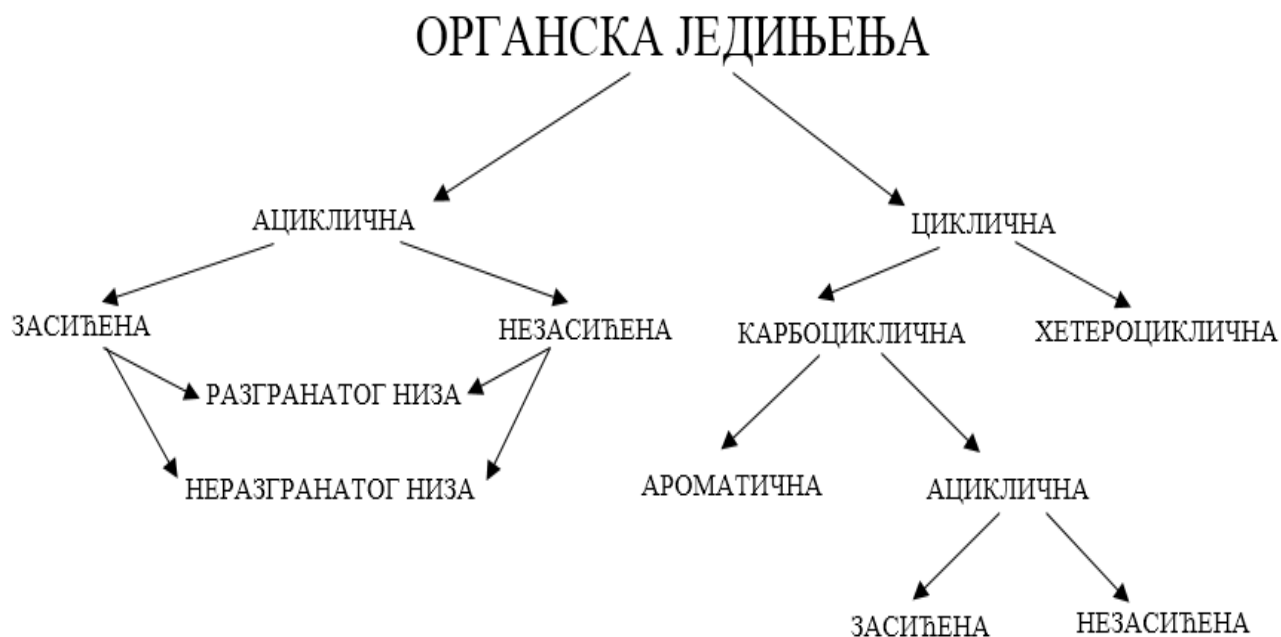


Проф. др Недељко Манојловић



Постоје две основне класификације органских једињења:

- према структури угљоводоничног низа
- према постојању функционалне групе (на класе или врсте)





Угљоводоници

- алифатични угљоводоници у које спадају:

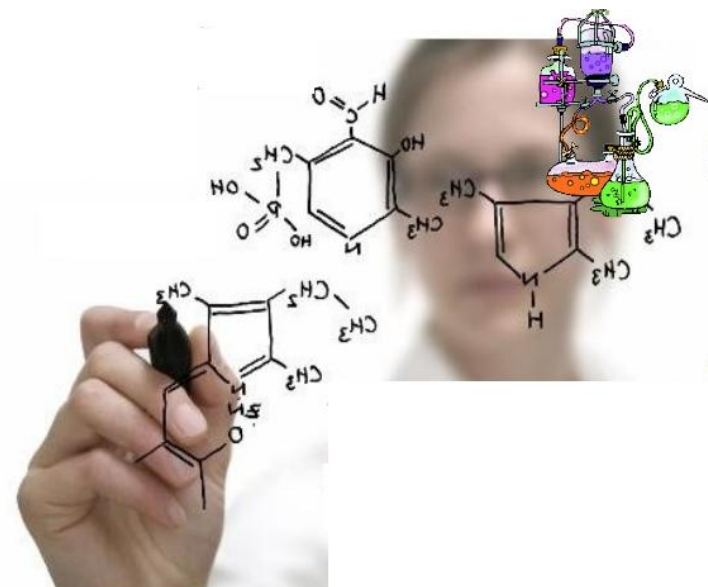
алкани

алкени

алкини

алициклични угљоводоници

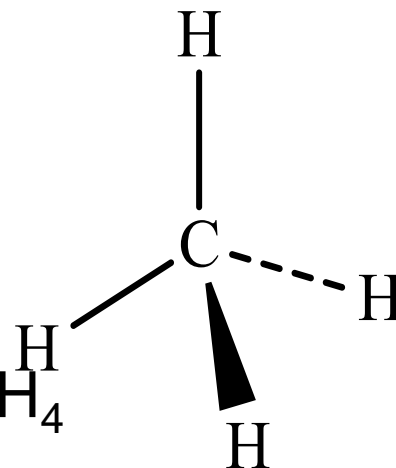
- ароматични угљоводоници





Алкани

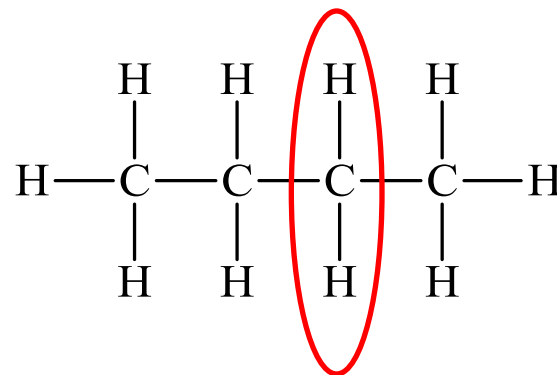
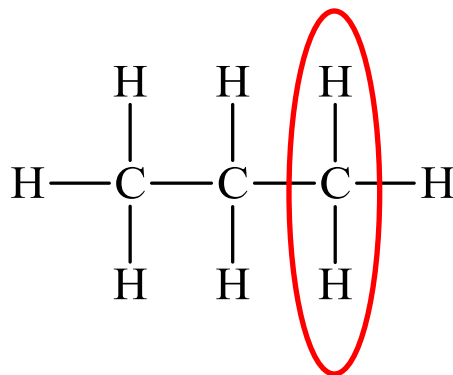
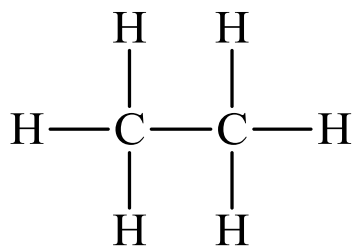
- засићени (ациклични) угљоводоници или парафини (неактиван)
- показују слабу реактивност
- немају функционалну групу!!!
- општа формула алкана **C_nH_{2n+2}**
- најједноставнији пример алкана – метан CH_4





Хомологи низ алкана

- алкани граде хомологи низ у коме се сваки члан разликује од претходног за једну метиленску групу **-CH₂-**
- етан, пропан, бутан...





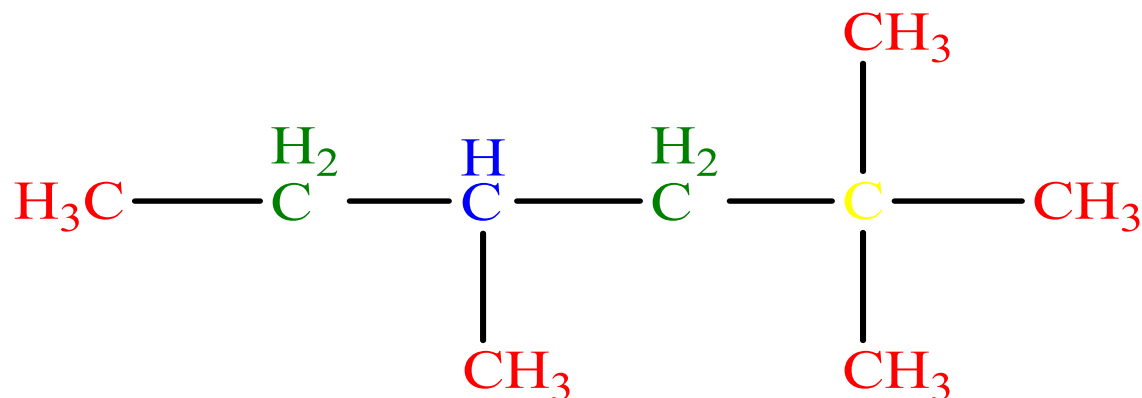
Врсте С-атома

примарни (1°) – везан за само један С атом

секундарни (2°) – везан за друга два С атома

терцијарни (3°) – везан за три С атома

кватернерни (4°) – везан за четири С атома



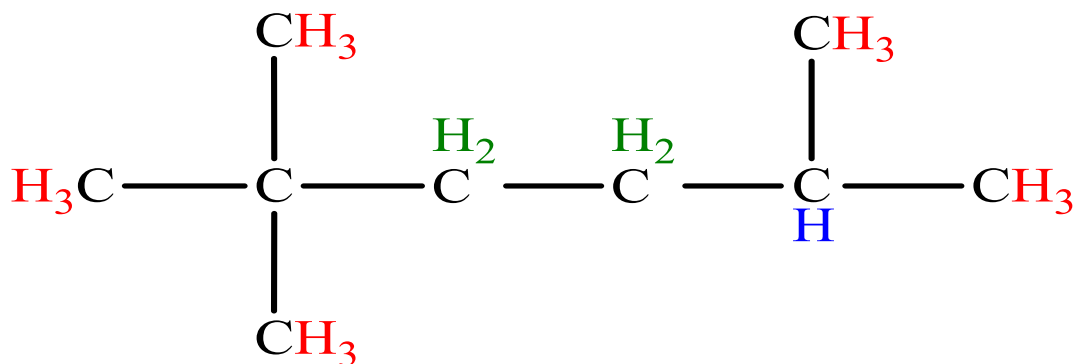


Врсте Н-атома

примарни (1°) – везан 1° С атом

секундарни (2°) – везан 2° С атома

терцијарни (3°) – везан 3° С атома





Изомерија код алкана

Структурна изомерија

- нормални и рачвасти алкани

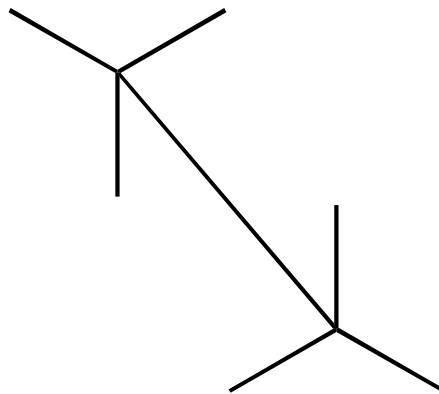
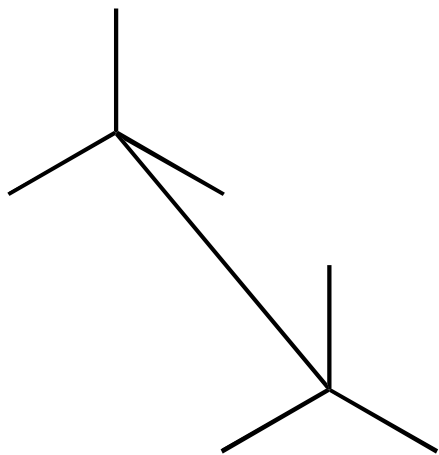
Конформација код алкана

- конформација се може дефинисати као облик који молекул добија у простору услед ротације око једноструке везе



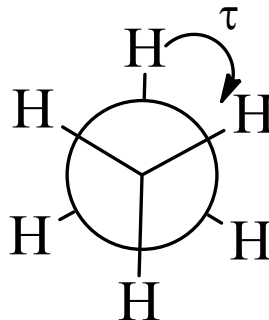
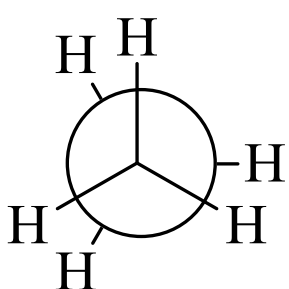
Представљање конформација

- један од начина представљања конформације је помоћу развијених структурних формула код којих је проста веза између два С-С атома око које се врши ротација приказана дијагонално и нешто је дужа него остале везе





Newman-ове пројекционе формуле



- торзиони угао τ
- еклипсне и степеничасте конформације



Номенклатура алкана

У данашње време користе се три основна система номенклатуре органских једињења:

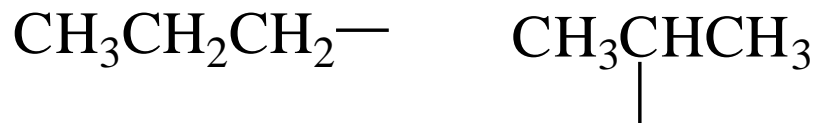
- тривијална или обична имена
 - супституисана или изведена имена
 - (IUC или IUPAC) номенклатура
- тривијална имена су давана једињењима којима није била позната структура и најчешће су указивала на њихово порекло или неку специфичну особину



- алкани до четири угљеникова атома имају тривијална имена, која потичу од тривијалних имена алкохола са истим бројем угљеникових атома (метил-, етил-, пропил-, бутил-алкохол)
- за више угљоводонике користе се основе грчких и латинских назива бројева који означавају број угљеникових атома у молекулу, иза којих следи наставак –**ан**
- сви алкани нормалног низа почевши од бутана имају префикс **n**
- префикс изо- се користи за алкане који садрже групу $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-$, а префикс нео- за алкане са $(\text{CH}_3)_3\text{C}-$ групом.
- употреба префикса нео- је ограничена само на неопентан и неохексан



- код алкил група се такође јавља изомерија
- зависно од тога који је водоников атом замењен (примарни или секундарни), разликује се *n*-пропил и изопропил-група:



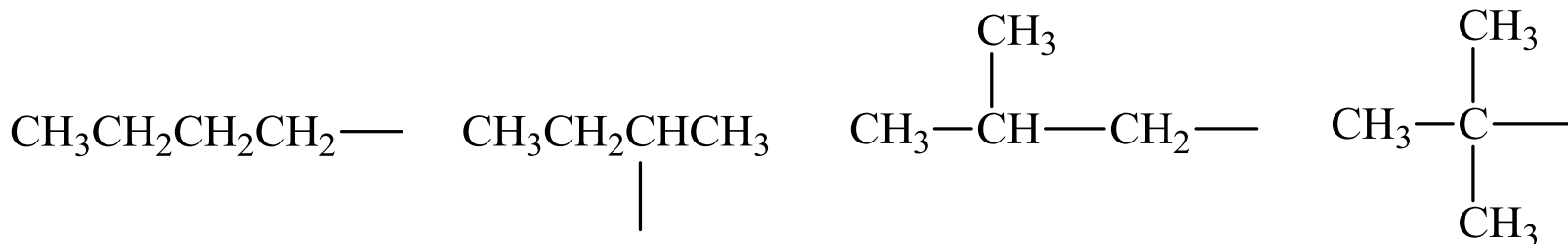
- постоје 4 бутил-групе, 2 изведене од нормалног, а две од рачвастог бутана:

n-бутил-

sek-бутил-

изобутил-

terc-бутил-





IUPAC номенклатура

- прва два система номенклатуре нису могла да обухвате многа сложена једињења
- 1892. године у Женеви је одржан састанак Међународне Уније за чисту и примењену хемију на коме је усвојена тзв. Женевска номенклатура или **IUPAC** систем номенклатуре



IUPAC називи алкана равног низа

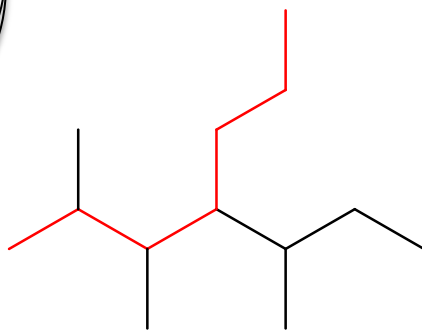
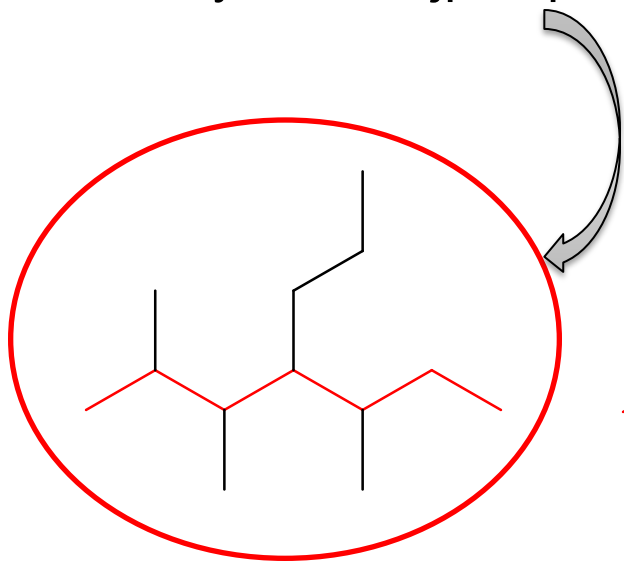
број C-атома	назив	структура
1	метан	CH_4
2	етан	CH_3CH_3
3	пропан	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
4	бутан	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
5	пентан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$
6	хексан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
7	хептан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$
8	октан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$
9	нонан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$
10	декан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$
11	ундекан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$
12	додекан	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$



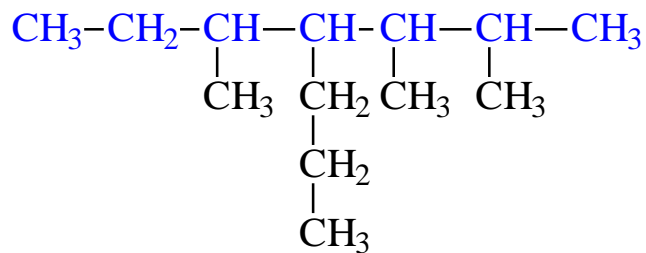
Основна правила номенклатуре

1. Наћи и именовати **најдужи низ у молекулу**

- групе везане за основни низ су супституенти
- ако постоје два или више низова исте дужине, за основни се узима најразгранатији низ (низ са више супституената)



погрешно





2. Именовати све **алкил-супституенте** везане за најдужи низ

- једновалентне групе, које се изводе из засићених неразгранатих ацикличних угљоводоника одузимањем водониковог атома са терминалног угљениковог атома, именују се тако да уместо завршетка –ан у имену тог угљоводоника добијају наставак –ил
- угљеников атом који има слободну валенцу означава се бројем 1
- овакве групе класификују се као нормални алкили, односно алкили са неразгранатим низом
- уколико је алкил група рачваста, примењују се иста IUPAC правила као и за основни низ, тражи се најдужи низ те алкил групе, одређују супституенти и додају одговарајући наставци

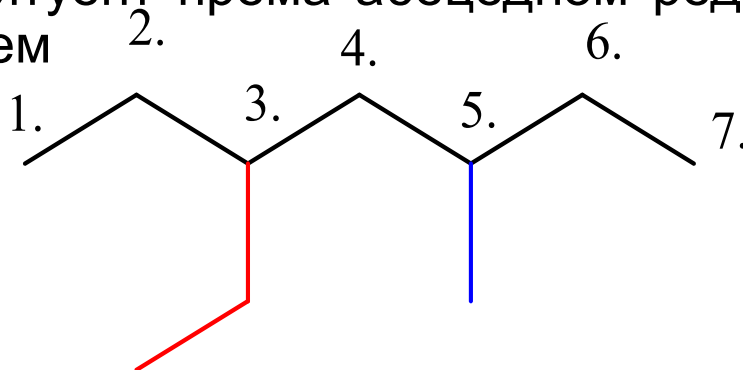


3. **Нумерисати угљеникове атоме најдужега низа,**
полазећи од оног краја који је најближи супституенту



Исправно 1. 2. 3. 4.

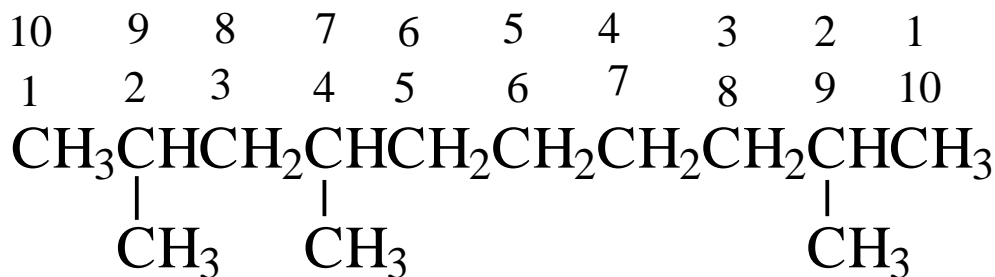
- ако се два супституента налазе на истом растојању од два различита краја низа, низ се нумерише према абecedном реду супституента
- први супституент према абecedном реду везан је за угљеник са мањим бројем





Када има 3 и више супституената:

- најпре се нумерише основни низ са једног, па са другог краја;
- упореде бројеви C-атома за које су везани супституенти;
- исправан начин нумерисања садржи најмање бројеве (принцип разликовања на првој тачки).



бројеви супституисаних C-атома 2, 4, 9 (исправно)

2, 7, 9 (неисправно)



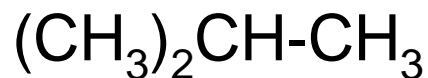
4. Написати име алкана ређати супституенте према **абecedном реду**

- сваком супституенту претходи број угљеникових атома за који је везан и цртица (-), а затим додати име основног низа (без цртице или размака између имена алкил-група и основног низа)
- присуство више истих, несупституисаних алкил-група обележава се префиксима di-, tri-, tetra- итд.
- уколико се на истом C-атому налазе две исте алкил-групе, број тог C-атома се понавља у имену

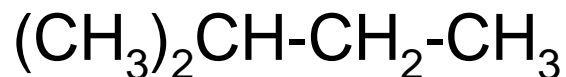


Следећа имена могу се користити само за
несупституисане угљоводонике:

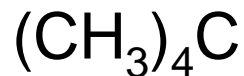
изобутан



изопентан



неопентан

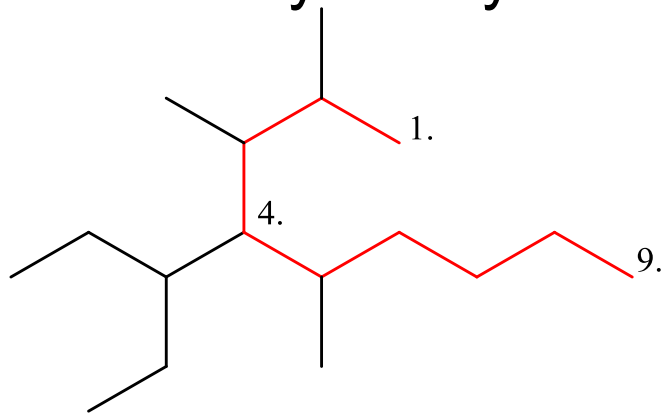


изохексан





- присуство више сложених супституената означава се префиксима **bis-**, **tris-**, **tetrakis-**, **pentakis** итд, иза којих следи име сложеног супституента у загради
- префикси di-, tri-, tetra- итд, као и *sek-*, *terc-* не распоређују се по абecedном реду, осим ако су део имена сложеног супституента



4-(1-етилпропил)-2,3,5-
триметилнонан



Физичке особине алкана

Поларност

- алкани су **неполарни** (мала разлика у електронегативности С и Н)
- везе су усмерене на потпуно симетричан начин тако да се и мала поларност појединачних веза поништава
- између молекула делују **Лондонове силе** (интеракција типа индуковани дипол-индуковани дипол)
- силе делују само на додирној површини и што је већа површина јача је сила

Зашто у молекулима алкана може да се јави тренутни дипол?

У ком агрегатном стању су нижи, а у ком виши алкани?



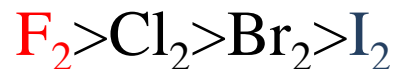
Хемијске реакције алкана

- на собној температури **инертна** – слабо реактивна – једињења; отуда им и назив парафини (латински: *parumaffinis*)
- под оштријим условима и према одређеним реагенсима, алкани могу бити врло реактивни
- реакције којима подлежу не користе се много у лабораторијама, али имају велику индустријску примену
- реакције алкана врше се **преко слободних радикала**
- основни тип реакција: **супституција**



Халогеновање

- до реакције долази излагањем смеше алкана и халогена (најчешће Cl_2 или Br_2) извору **светлости**, неког другог зрачења или топлоте
- ова реакција тече **слободно-радикалским механизмом** у фазама:
 - иницијација;
 - пропагација 1 и 2;
 - терминација.
- релативна реактивност халогена према супституцији:



- до јодовања не долази, а реакције са флуором су веома бурне



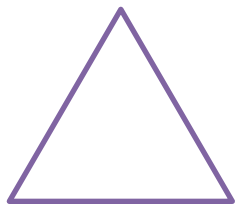
Циклоалкани

- угљеникови атоми повезани у ланце- једињења отвореног низа
- угљеникови атоми повезани тако да формирају прстен-циклична једињења
- угљеникови атоми повезани С-С везом тако да формирају прстен- циклоалкани
- општа формула C_nH_{2n}
- хемија ових једињења је слична хемији алкана, међутим прстенаста форма даје неким од ових једињења специфична својства

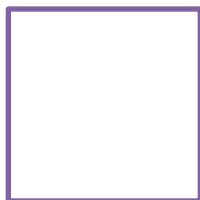


Номенклатура

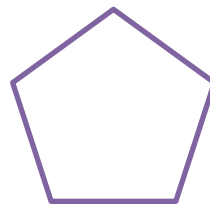
- именују се тако што се префикс цикло- додаје на име алкана са истим бројем С атома



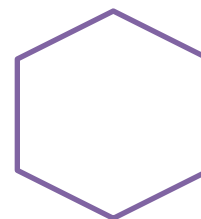
циклопропан



циклобутан



циклопентан

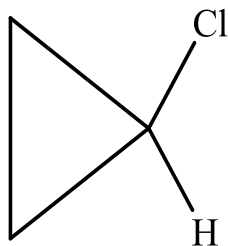


циклохексан

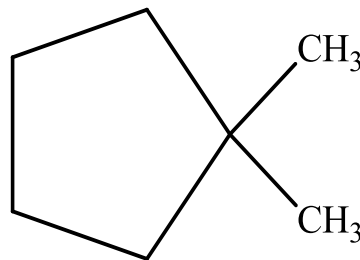


Супституенти у прстену се именују и њихов положај означава бројевима

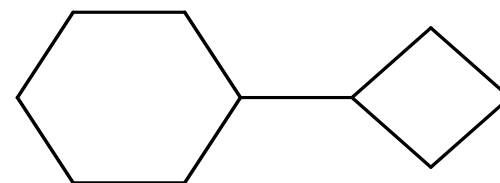
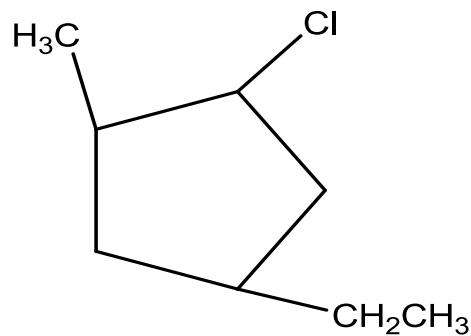
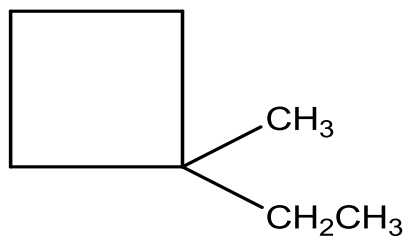
- код моносупституисаних циклоалкана угљеник за који је везан супституент означава се са 1
- ако постоји већи број супституената њихов положај се означава најнижим могућим бројевима
- ако су могућа два редоследа нумерисања, приоритет се одређује на основу абecedног редоследа супституената
- ако је супституент циклоалкил група, при навођењу имена већи прстен има приоритет



хлорциклопропан



1,1-диметилциклопентан



1-етил-1-метилциклобутан 1-хлор-4-етил-2-метилциклопентан циклобутилциклохексан



Алкени

- алкени су угљоводоници који на једном месту у свом молекулу имају два суседна угљеникова атома спојена двогубом (незасићеном) везом
- општа формула алкена је C_nH_{2n}
- двогуба веза — узрок разлика између алкена и алкана
- двогуба веза као функционална група



- алкени су врло реактивна једињења
- за разлику од алкана, растварају се у концентрованој сумпорној киселини, брзо реагују са хлором и бромом и подлежу великом броју других реакција
- по првом члану хомологог низа алкени се још називају и **етилени**
- **олефини** - још један назив за алкене (*oleum* – уље, *faceo* – чинити, правити)

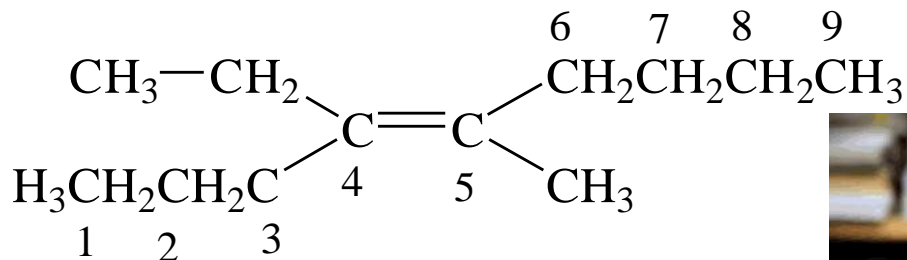


IUPAC систем номенклатуре

- користи се за сложеније алкене
- за основну структуру узима се најдужи низ који има двогубу везу (уколико постоје дужи низови који не садрже двогубу везу, не узимају се у обзир)
- једињење се именује као да је изведено из основног низа заменом водоникових атома алкил-групама
- назив основног низа изводи се од алкана са истим бројем C-атома, тако што се уместо наставка –ан додаје суфикс –ен



- положај двогубе везе означава се бројем, при чему бројање почиње од краја који је ближи двогубој вези
- означава се само двогубо везани С- атом са мањим бројем
- положај алкил-група везаних за основни низ означава се бројем, као и код алкана

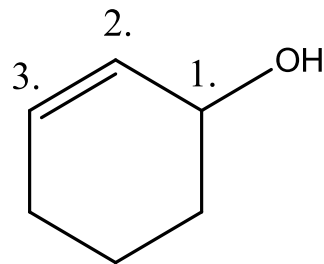
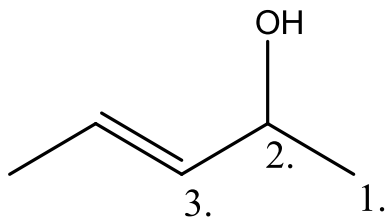
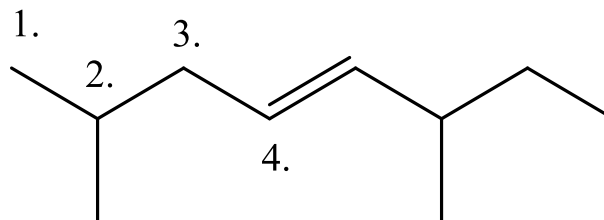
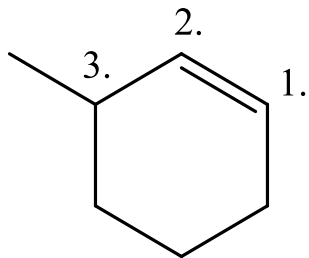


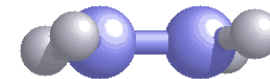
4-етил-5-метил-4-нонен





- ако је основни низ алкена симетричан, нумерише се тако да први супституент има мањи број
- хидроксилна група има предност над двоструком везом
- алкохоли са двоструком везом се именују као **алкеноли**





Геометријска изомерија код алкена

- настаје услед спречене ротације око двоструке везе
- геометријска изомерија припада посебној врсти изомерије која се бави просторним распоредом атома и назива се стереоизомерија
- изомери као што су *cis*- и *trans*-2-бутен, који се разликују само по просторном распореду атома, називају се стереоизомери
- јавља се само ако су са обе стране двогубе везе различити супституенти



Физичке особине алкена

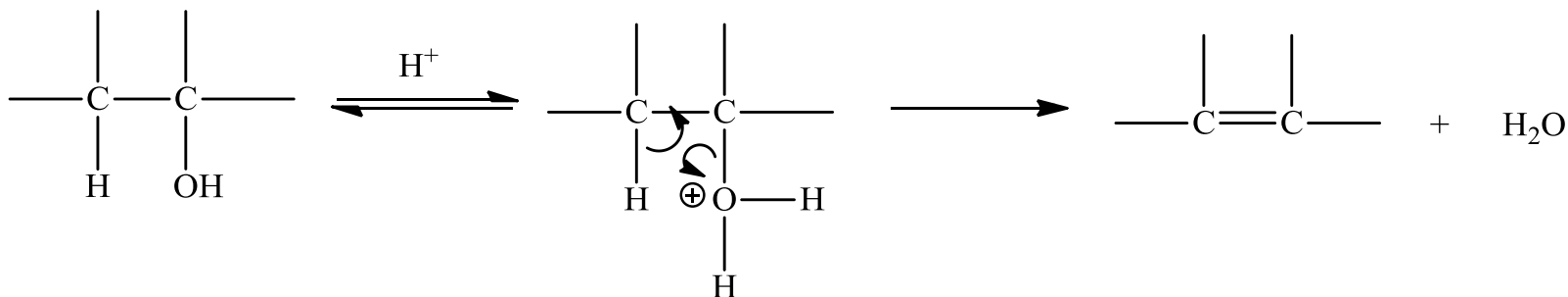
- сличне су особинама алкана
- степен растворљивости у води је нешто већи него код алкана (већа електронска густина на двогубој вези омогућава извесно асосовање са диполним молекулима воде)
- **растворни у неполарним растварачима**
- густина им је мања од густине воде (као и код алкана)
- двогуба веза нема знатнијег утицаја на тачке кључања и тачке топљења



Добијање алкена

1. Дехидратација алкохола

- алкени се добијају дехидратацијом алкохола помоћу сумпорне или фосфорне киселине на температури од 200 °C, или превођењем пара алкохола преко катализатора, као што је алуминијум-оксид, на 350-400 °C

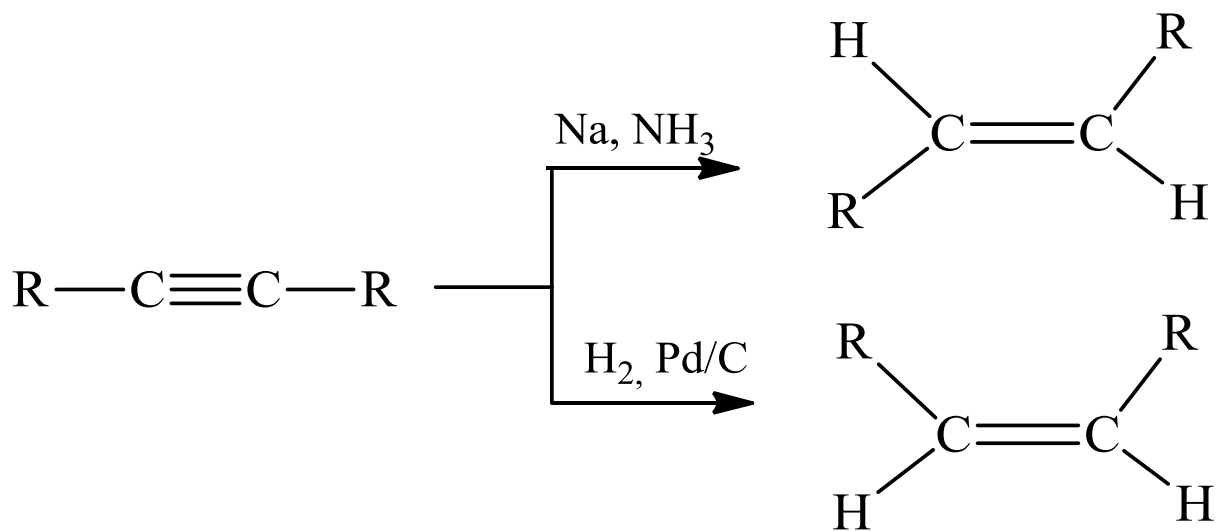


- лакоћа дехидратације зависи од структуре алкохола
- најлакше се дехидратишу **терцијарни**, а најтеже **примарни** алкохоли



2. Редукција алкина

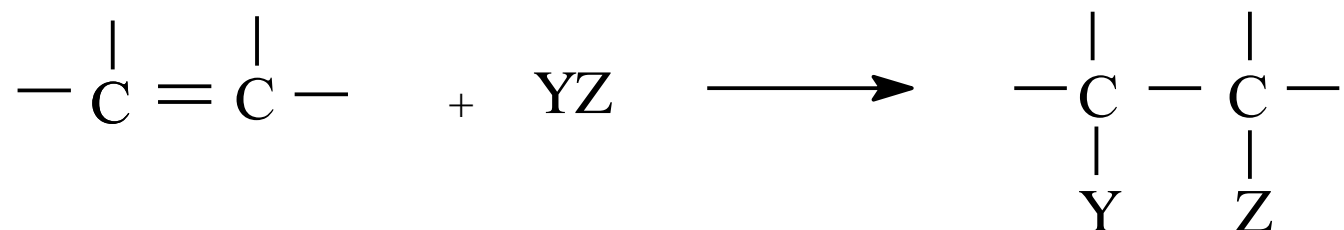
- редукцијом алкина добија се *cis*- или *trans*-алкен, зависно од редукујућег реагенса





Реакције алкена

- двогуба веза састављена је из јаке δ - и слабе π -везе
- у реакцијама **адисије** код алкена π -веза се раскида, а гради се јака δ -веза

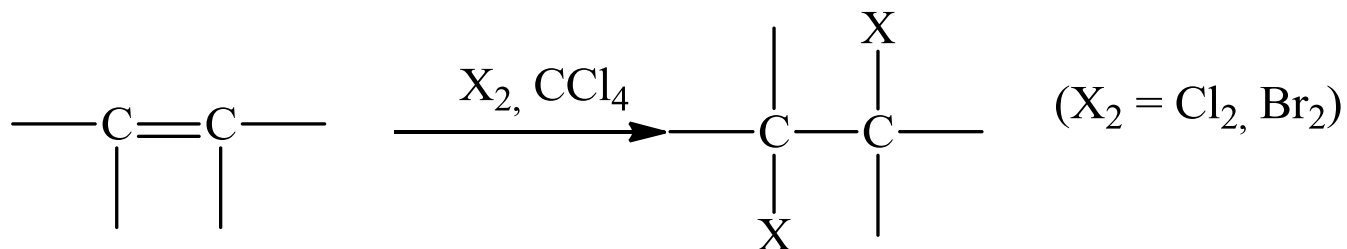


- реакције у којима се два молекула спајају у један називају се адисионе реакције



1. Адиција халогена

- приликом адиције хлора или брома на двогубу везу алкена добија се 1,2-дихалогенид

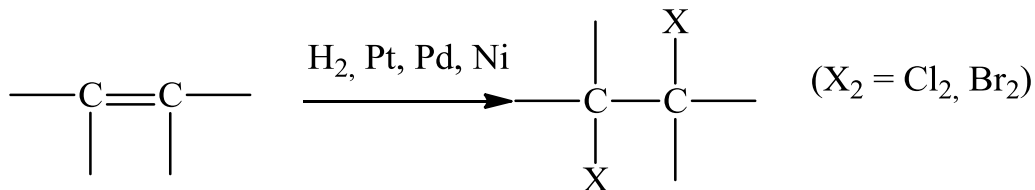


- флуор реагује сувише бурно да би реакција могла да се контролише, а јод практично не реагује или даје нестабилна једињења



2. Адиција водоника

- олефини адирају водоник у присуству фино иситњеног металног катализатора и дају алкан
- процес се назива каталитичка хидрогенизација
- катализатори су најчешће никл, платина или паладијум
- реакција је стереоспецифична *sin*-адиција, односно оба водоникова атома се везују са исте, мање заштићене стране двогубе везе



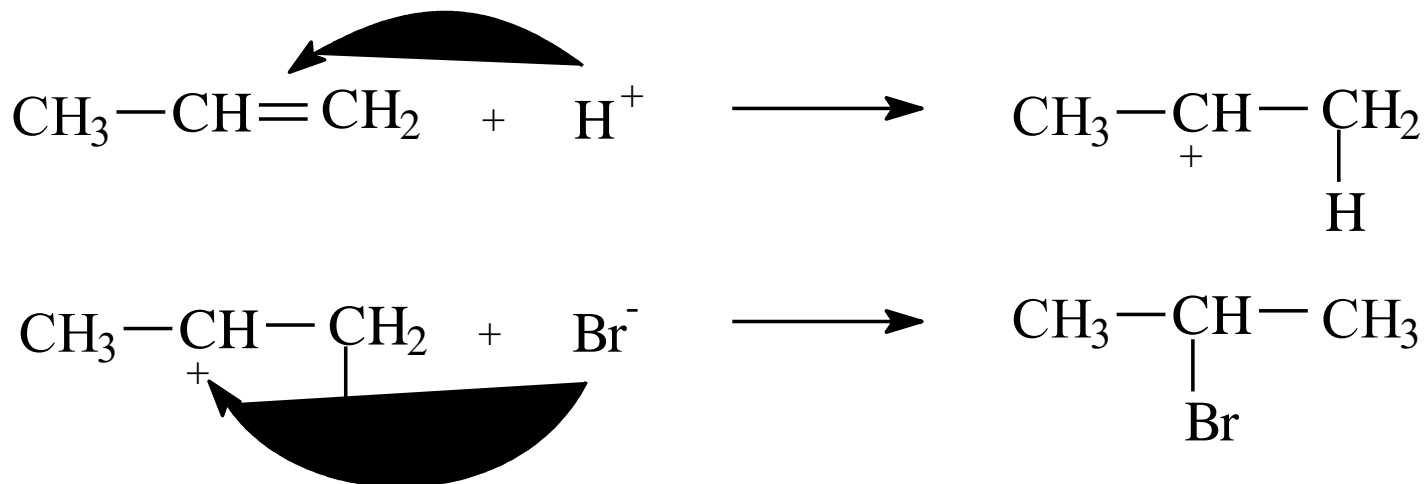


Адиција несиметричних адуката

1. Адиција халогеноводоника

Увођењем гасовитог халогеноводоника у алкен добија се халогеноалкан

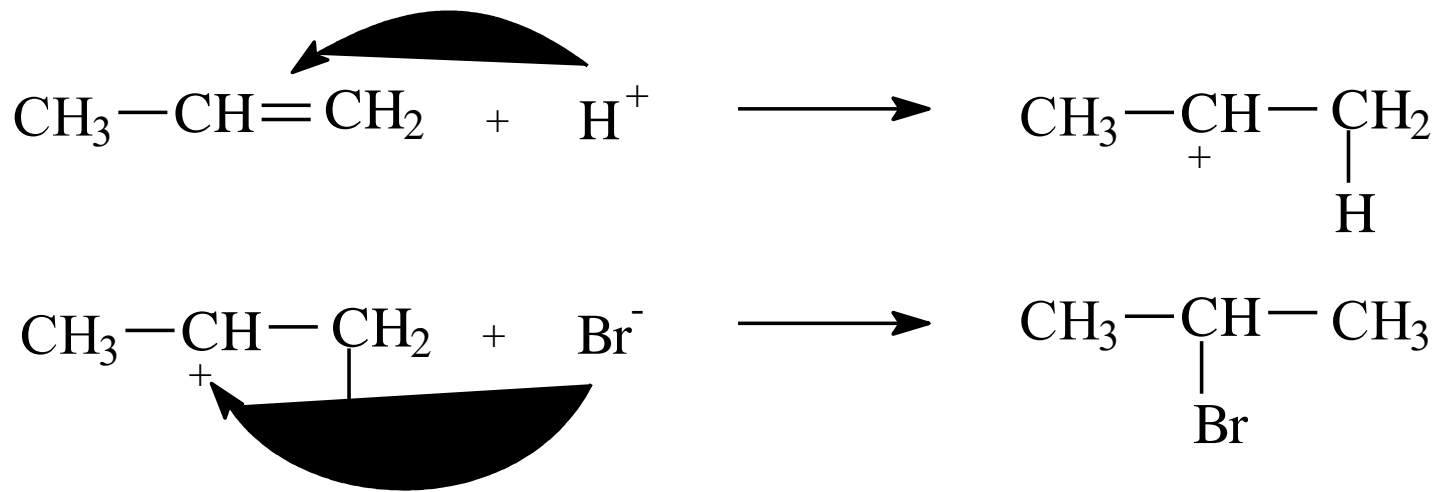
Пример: адиција НВr на пропен





Марковниковљево правило

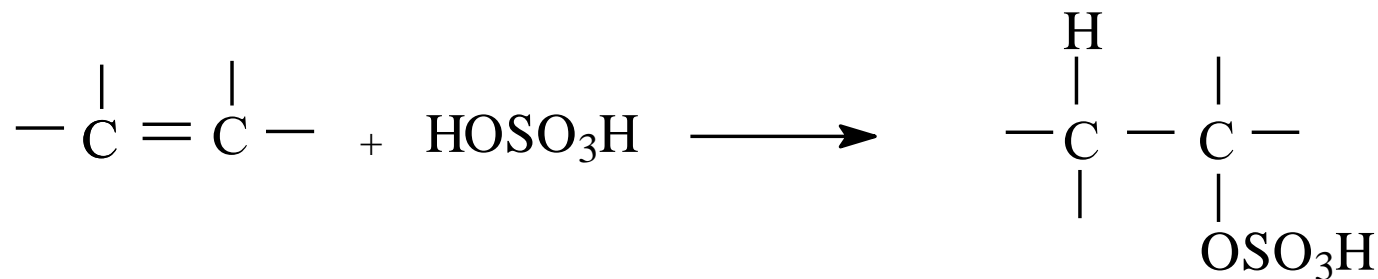
Ово је тзв. региоселективна електрофилна адиција на несиметричне алкене и тече по Марковниковљевом правилу - водоников атом сваког несиметричног реагенса везује се за онај угљеников атом двогубе везе који има за себе везан већи број водоникових атома





2. Адиција сумпорне киселине

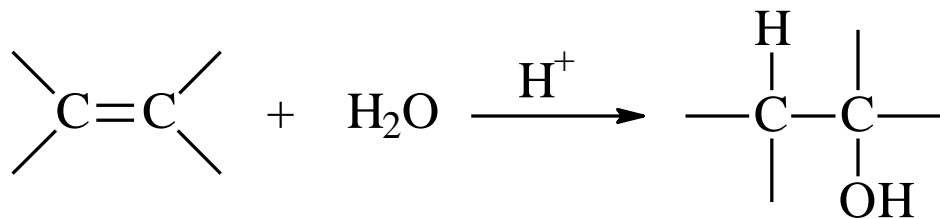
Провођењем гасовитог алкена кроз хладну, концентровану сумпорну киселину, или мућкањем течног алкена с киселином, гради се адиционо једињење – алкил-хидроген-сулфат, ROSO_3H





3. Адиција воде

Директном адицијом воде на олефине, у присуству киселине, добијају се такође алкохоли



Механизам реакције је исти као код адиције сумпорне киселине или халогеноводоника:

- електрофилни напад протона из киселине
- нуклеофилни напад воде на настали карбонијум-јон



Остали халогеноводоници

- HCl и HI не дају анти-Марковниковљеве адиционе производе на алкене, без обзира на присуство пероксида

Разлог:

- неповољна кинетика једне од фаза пропације

Закључак:

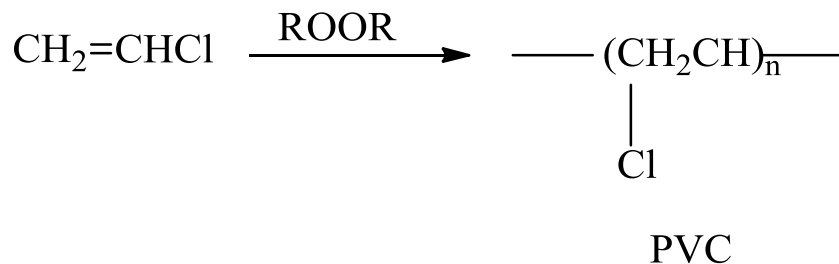
- слободнорадикалски иницијатори мењају механизам адиције HBr на алкене из јонског у слободно радикалски последица је анти-Марковниковљева региоселективност
- Од свих халогеноводоника једино HBr подлеже слободно радикалској реакцији адиције



Поливинилхлорид

ПВЦ се добија такође радикалском полимеризацијом

Реакција је региоселективна, јер се пероксидни иницијатор и интермедијерни радикали адирају искључиво на несупституисани крај мономера

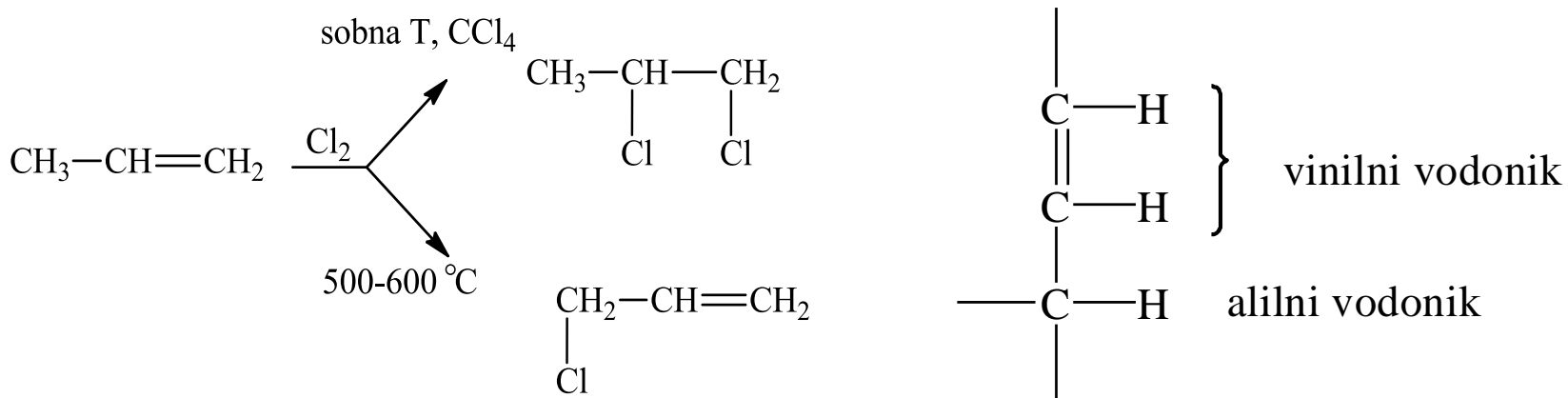


Излагање дејству хлоретена (винил-хлорида) доводи до ретког облика рака јетре (ангиокарцинома)



Супституција алкена

Осим двогубе везе, у извесним случајевима реактивни део молекула код алкена могу бити и присутне алкил-групе
Потребни услови за реакцију алкил-групе (супституцију):
висока температура или дејство светлости, односно зрачења одређене таласне дужине





Алил група

Реактивност зависи од стабилности радикала, која расте у следећем низу:

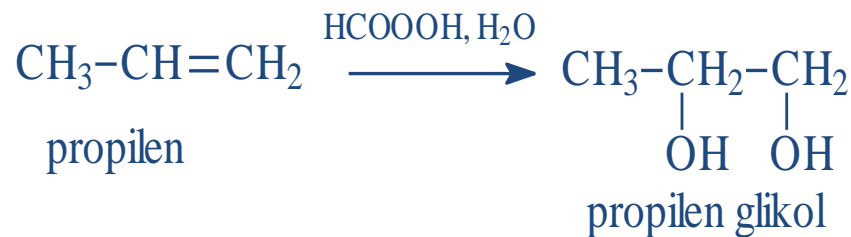
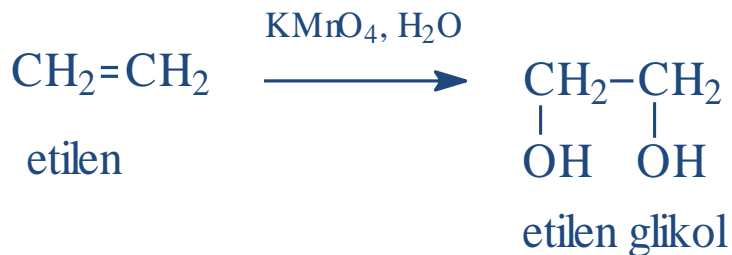


- двогуба веза повећава стабилност алил-радикала, а смањује стабилност винил-радикала



Оксидација алкена

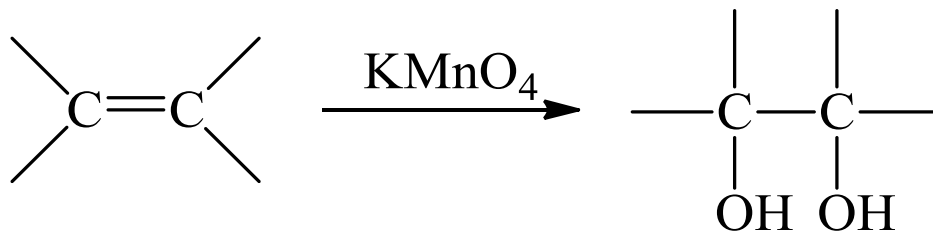
- алкени се могу оксидовати на двогубој вези помоћу различитих реагенса
- при томе се добијају 1,2-диоли (односно гликоли) и епоксиди
- гликоли: вицинални двохидроксилни алкохоли, а носе имена алкена из којих су настали





Оксидација перманганатом

- благом оксидацијом перманганатом (на температури од 0-5 °C и у неутралном до слабо алкалном раствору), две хидроксилне групе се адирају на двогубу везу алкена, при чему се добијају одговарајући вицинални (или 1,2-) *sin*-диоли





Алкини

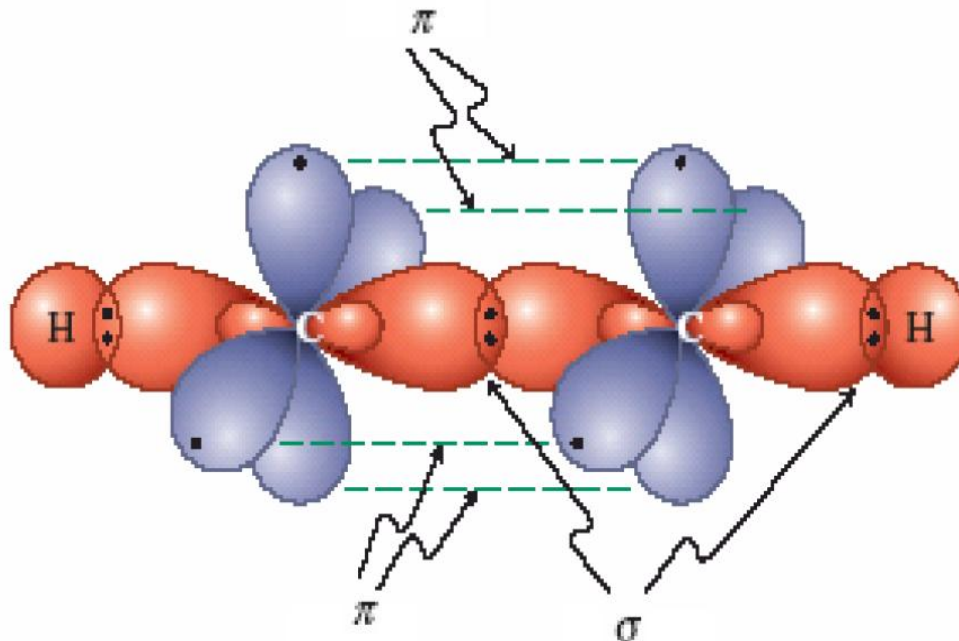
Алкини су угљоводоници који на једном месту у свом молекулу имају два суседна угљеникова атома спојена **трогубом везом**, односно незасићеном везом коју сачињавају три електронска пара



функционална група

Општа формула алкина: **$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$**

- *sp* хибридизација
- линеарни распоред хибридних орбитала
- трогубу везу чини једна σ и две π -везе, које леже у међусобно нормалним равнинама
- геометрија дела молекула који садржи трогубу везу је линеарна



σ - веза је
јака, док су
 π -везе слабе



Номенклатура

- први члан хомологе серије је ацетилен, C_2H_2 , по коме се читава класа једињења назива ацетиленима

Алкини се именују по два система:

- као деривати ацетилена
 - по IUPAC номенклатури
-
- као деривати ацетилена: сматра се да су водоникови атоми у ацетилену замењени алкил групама



IUPAC номенклатура

- добијају имена по истим правилима која важе за алкане и алкене, само што добијају наставак —**ин**
- основна структура је најдужи низ који садржи трогубу везу
- присуство две, три итд. трогубних веза назначавана се именом **алкадиин**, **алкатриин**, итд.
- положаји трогубе везе и супституената означавају се бројевима
- нумерисање почиње од краја ближег трогубој вези, а обележава се први угљеников атом трогубе везе



Физичке особине алкина

- **сличне су физичким особинама алкана и алкена**
- не растварају се у води, растварају се у неполарним органским растварачима као што је бензен, угљентетрахлорид, етар
- густина им је мања од густине воде
- тачке кључања расту са повећањем броја угљеникових атома и сличне су тачкама кључања одговарајућих алкана и алкена

2-4 C атома – гасови

5-13 C атома- течни

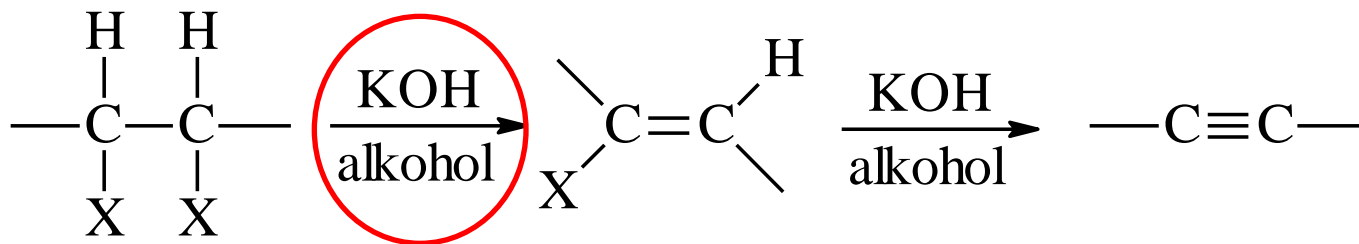
>13 C атома - чврсти



Добијање алкина

1. Двострука елиминација из 1,2-дихалогеноалакана

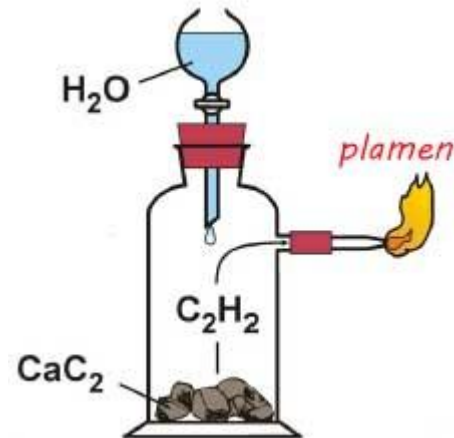
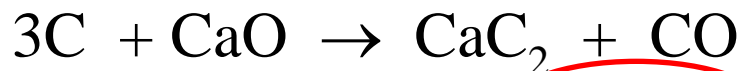
- будући да се дихалогеналкани лако добијају из одговарајућих алкена адицијом халогена, ова реакција омогућава превођење двогубе у трогубу везу у неколико корака





Индустријско добијање алкина

- ацетилен се индустријски добија из јефтиних природних сировина, кокса, кречњака и воде





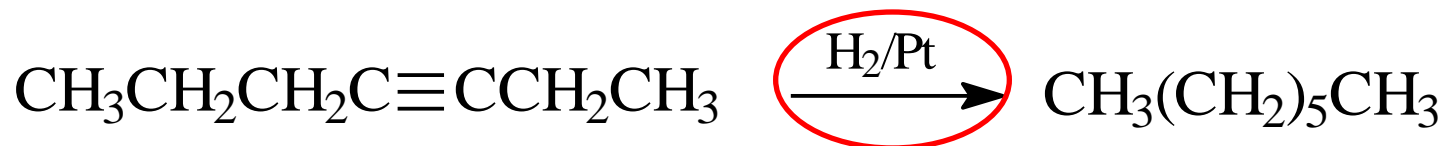
Реакције алкина

- реакције алкина су последица **трогубе везе** и слабо киселог **терминалног ацетиленског водоника**
- аналогне су реакцијама алкена - реакције електрофилне адиције
- трогуба веза је нешто мање реактивна према електрофилним реагенсима од двогубе, али је реактивнија у реакцијама нуклеофилне адиције
- у случају терминалног положаја трогубе везе у молекулу алкина, они подлежу још неким специфичним реакцијама



1. Адиција водоника

Уколико се као **катализатор** за адицију водоника примени платина или паладијум на угљу, суспендовани у раствору који садржи алкин, па се кроз раствор пропусти водоник, доћи ће до потпуног засићења трогубе везе и добијања алкана

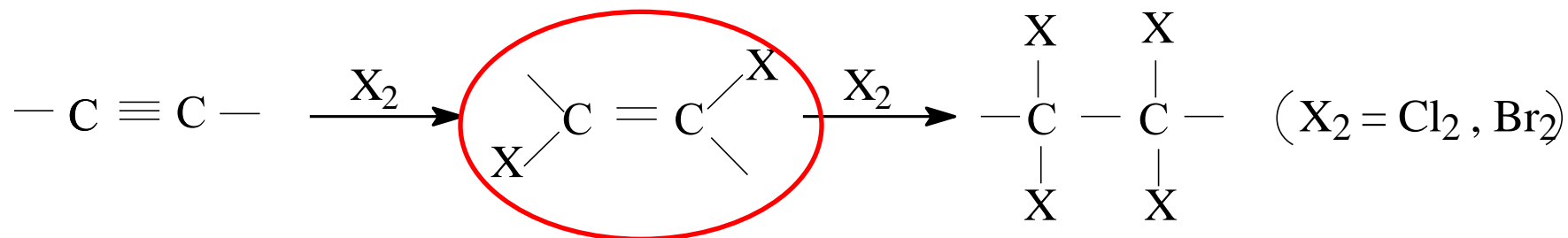




2. Адиција халогена

После првог ступња добијају се незасићени дихалогениди, који су обично мање реактивни према даљој адицији од самих алкина

Они се могу изоловати и то су производи *anti*-адиције

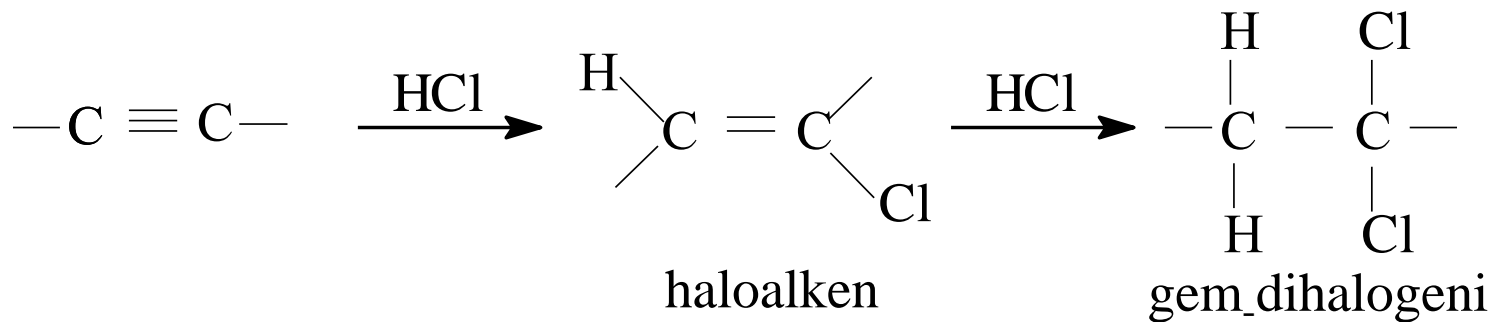




3. Адиција халогеноводоника

Алкини адирају халогеноводонике (HCl и HBr) и граде незасићене халогениде или гемаиналне дихалогениде

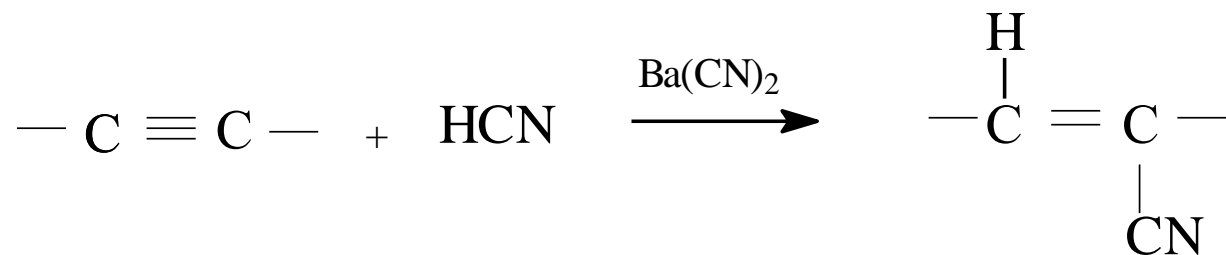
Оба ступња реакције следе **Марковниковљево правило**





4. Адиција цијановодоника

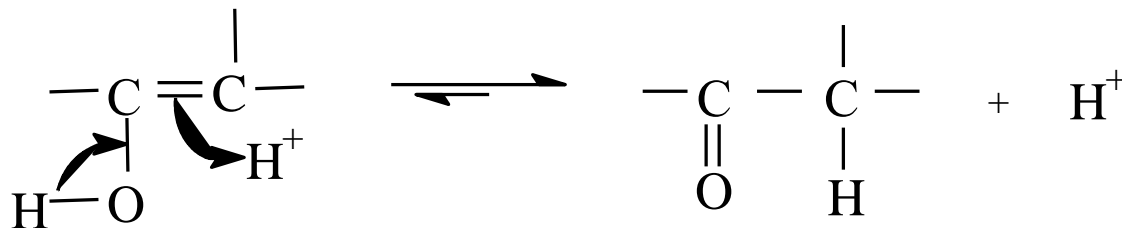
Цијановодоник се адирала на ацетилен у присуству баријум цијанида као катализатора и гради винил цијанид





Овакав тип изомерије, где се два облика разликују по положају двогубе везе ($>C=C<$ и $>C=O$) и положају водониковог атома ($-O-H$ и $\equiv C-H$) назива се **таутомерија** (тауто – исто)

Таутомерија представља динамичку равнотежу (брз прелаз) између два изомера уз симултано премештање атома водоника и двогубе везе

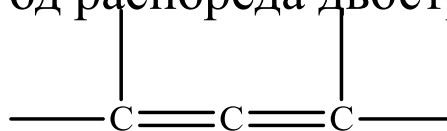




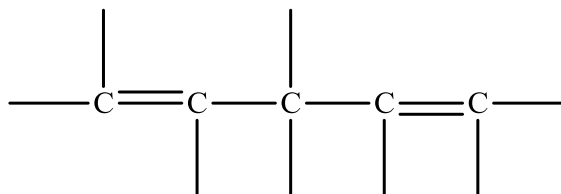
Диени

- диени су алкени који садрже две двоструке везе у молекулу
- имају особине сличне алкенима, али и неке битно различите
- могу се поделити у зависности од распореда двоструких веза на:

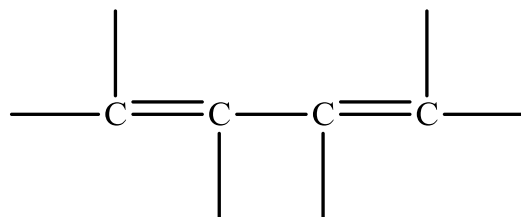
кумуловане



изоловане



конјуговане

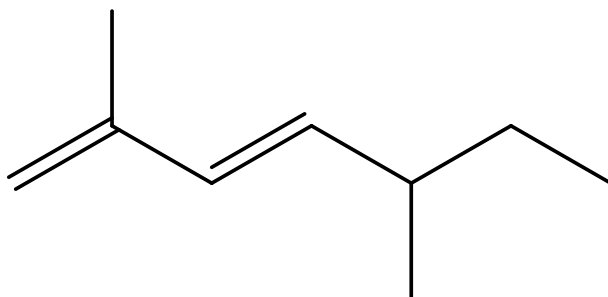




Номенклатура диена

- имена диена се изводе према IUPAC-и исто као и за алкене, осим што се наставак –ен мења наставком –диен, а положај двоструких веза означава са два броја испред имена

- овај начин именовања може се примењивати и на једињења са већим бројем двоструких веза



2,5-диметилхептан-1,3-диен



Кумуловани диени

- кумулени или алени
- двоструке везе се налазе једна до друге
- изузев првог члана алена по коме су и остали добили имена, алени се тешко добијају
- веома су реактивни
- познато је само неколико чланова хомологог низа



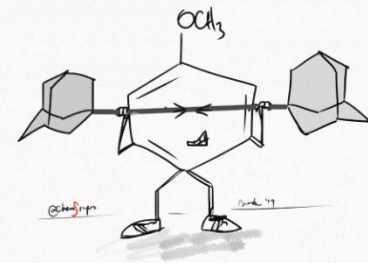
Конјуговани диени

Разликују се од једноставних алкена по томе што су:

- стабилнији
- подлежу 1,4-адисији
- реактивнији код адисија слободних радикала

Стабилност конјугованих диена

- топлота хидрогенизације-показатељ стабилности неког незасићеног једињења
- за једињења са две двоструке везе укупна топлота хидрогенизације требало би да представља збир топлота хидрогенизације сваке двоструке везе појединачно (ово међутим не важи за ову врсту диена)
- разлог стабилности конјугованих диена је **делокализација π -електрона**



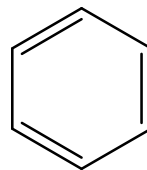
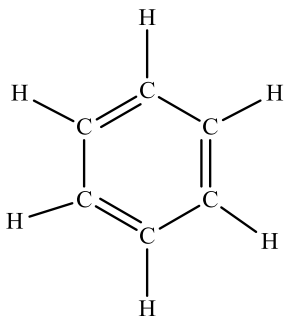
Ароматични угљоводоници

- циклични угљоводоници високог степена незасићења који се по својим хемијским особинама доста разликују од циклоалкана и алифатичних једињења
- угљеник - угљеник веза је по дужини између просте и двоструке
- отпорни су према оксидационим и адиционим реакцијама
- имају велику резонанциону енергију, односно веома су стабилни



Зашто назив ароматични?

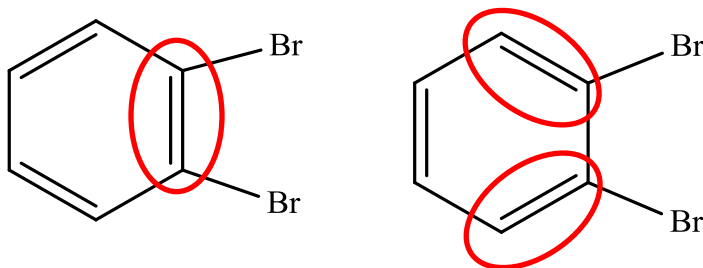
- једињења карактеристичног (пријатног) **мириса**, први пут изолована из етеричних уља
- данас ова реч се претежно односи на хемијску особину
- први представник ових једињења је бензен (бензол), из кога се изводе сви остали ароматични угљоводоници као и његови деривати.
- чист бензен је изолован још 1825. године (Michael Faraday)
- права структура бензена откривена је 1865. године (August Kekule)



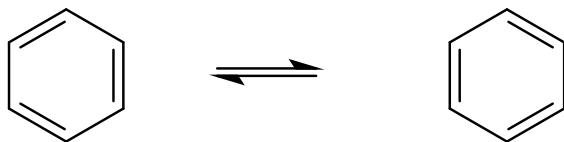
Кекуле-ова формула бензена



- оваква структура бензена је у складу са експерименталном чињеницом да су сви водоникови атоми у бензену **еквивалентни** и да постоји само један моносупституциони производ
- међутим, ако би бензен заиста имао такву структуру морала би постојати два изомерна 1,2-дибром бензена



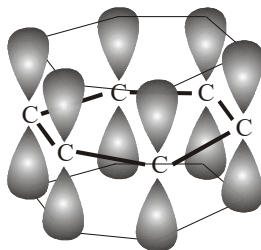
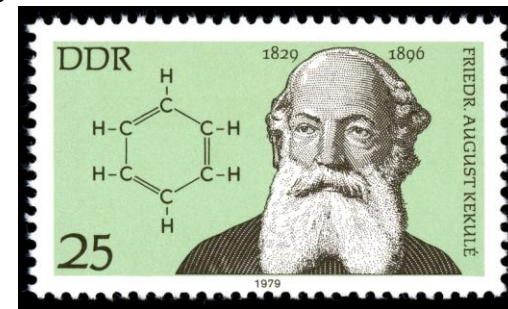
Кекуле је претпоставио да бензен и његови деривати постоје у два облика који су у динамичкој равнотежи



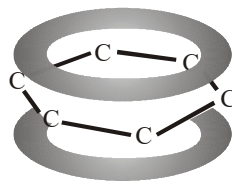


Структура бензена је данас потпуно разрешена
и објашњава се на два начина

- методом резонанције
- молекулско-орбиталном теоријом
- према методи резонанције молекул бензена је резонанциони хибрид који се представља двама граничним **Kekule-овим структурама**.
- молекулско-орбитална теорија полази од тога да су сви угљеникови атоми који граде молекул бензена **sp^2 хибридовани**, да су међусобно повезани **σ везама** насталим преклапањем хибридованих орбитала и да се налазе **у једној равни**
- у том случају на сваком C-атому преостаје по једна нехибридована p-орбитала са по једним неспареним електроном



a)



b)



Hückel-ово правило

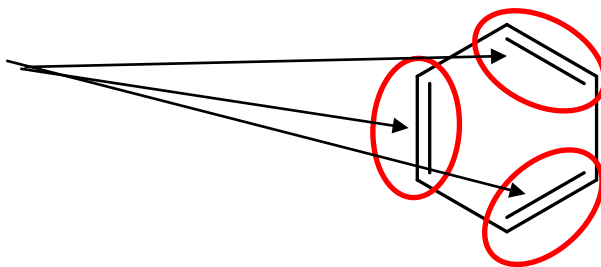
На основу Hückel-овог правила ароматичности $(4n+2)$ могуће је предвидети да ли неко једињење има ароматични карактер

- моноциклична, планарна једињења са коњугованим везама, која имају $(4n+2)$ π -електрона ($n = 0, 1, 2, \dots$) и попуњене све везне π -молекулске орбитале, показују изузетну стабилност и каже се да имају ароматични карактер

$$(4n+2) = 6$$

$$4n = 4$$

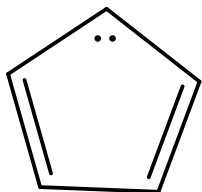
$$n = 1$$



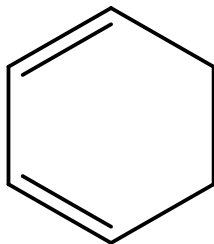


Користећи Hückel-ово правило утврдити да ли су наведена једињења ароматична

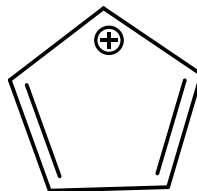
1.



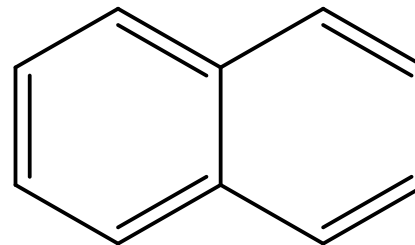
2.



3.



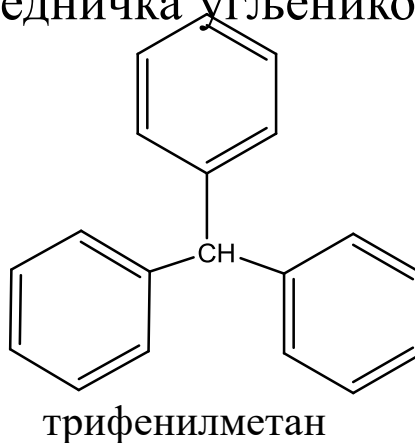
4.





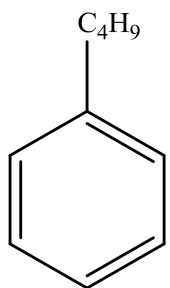
Подела и номенклатура

- према својој структури арени се деле на мононуклеарне и полинуклеарне (моноцикличне и полицикличне)
- **мононуклеарне** чине бензен и његови алкил-супституисани деривати, док су **полинуклеарни арени** угљоводоници који у својим молекулима садрже више бенzenових прстенова (језгара)
- међу полинуклеарним аренима разликују се угљоводоници код којих су бенzenова језгра везана непосредно (као дифенил, ди- и полиарилалкани (као трифенилметан) и кондензовани арени код којих два прстена имају два заједничка угљеникова атома (нафтален, антрацен, фенантрен).

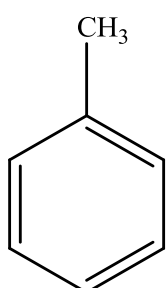




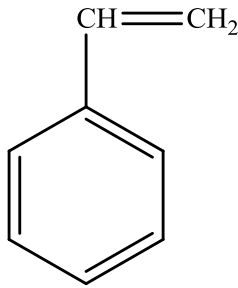
Моноsubституисани мононуклеарни ацени имена добијају на основу назива алкил група (на пример бутил-бензен), али често су познатији по тривијалним именима (метил-бензен је познат као толуен; винил-бензен као стирен итд.)



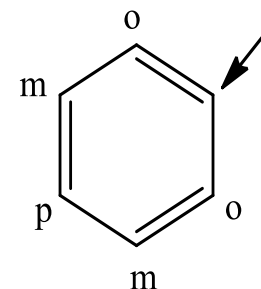
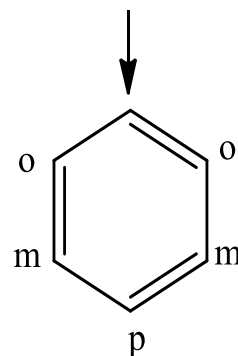
бутил-бензен



метил-бензен
(толуен)



винил-бензен
(стирен)



положај другог супституента

C_6H_5 - фенил-група

$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2$ - фенилметил-група (бензил-група)



Особине бензена

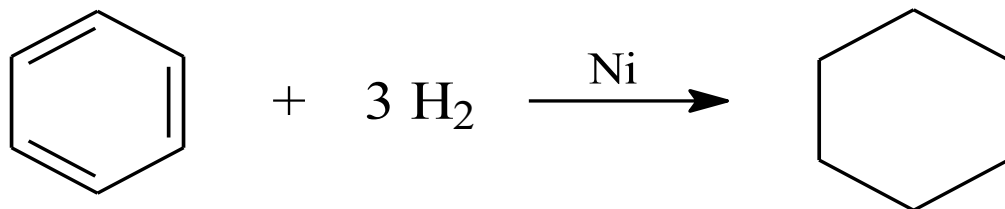
- покретљива безбојна течност, која се не раствара у води, а добро се меша са органским растварачима
- показује надражујуће дејство на кожу, а његове паре су отровне
- по својим хемијским реакцијама се веома разликује од алкена и алкина
 - ✓ док је за ова једињења карактеристично да лако ступају у реакције адиције, бензен и његови хомолози лакше подлежу реакцијама супституције, што је пре одлика засићених једињења
 - ✓ тако понашање се објашњава повећаном стабилношћу бензена (ароматичним карактером)
 - ✓ под драстичним условима, бензен и његови деривати могу подлећи и неким реакцијама адиције.



Реакција адиције на бензен

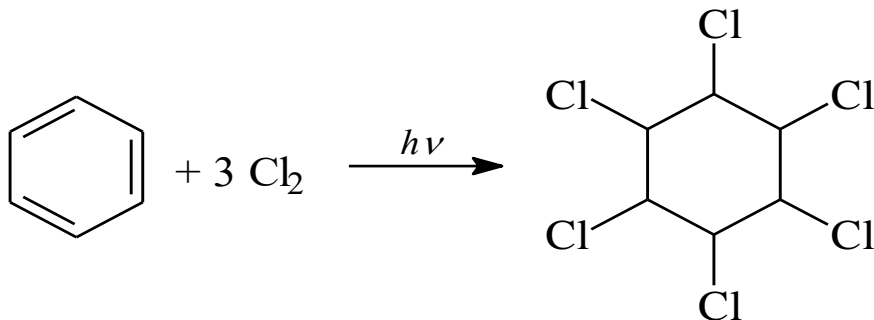
1. Адиција водоника

- адицијом водоника на бензен у присуству катализатора и на повишеном притиску и температури добија се циклохексан.



2. Адиција халогена

- под дејством ултраљубичастог зрачења халогени елементи (хлор и бром) се адирају на бензен градећи 1,2,3,4,5,6 – хексахалогенциклохексане.





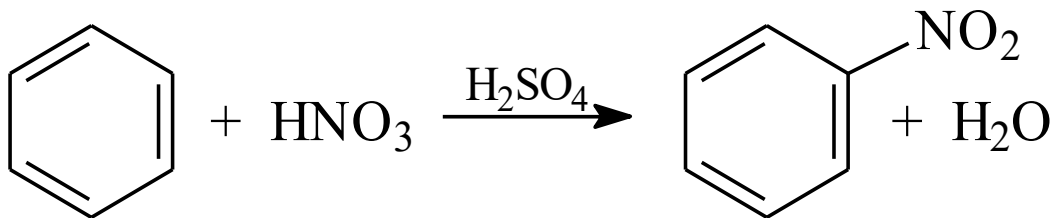
Електрофилна супституција

Најважнија особина бензена и његових деривата су реакције супституције у којима се један или више водоникових атома мењају неким другим атомом или атомском групом

Пошто сам бензен има нуклофилни карактер (са другим супстанцама реагује преко својих π – електрона) водоникови атоми могу бити супституисани неком електрофилном групом, зато се ове реакције сврставају у електрофилне ароматичне супституције.

1. Нитровање

Дејством смеше концентроване азотне и сумпорне киселине на бензен добија се нитробензен:





2. Сулфовање

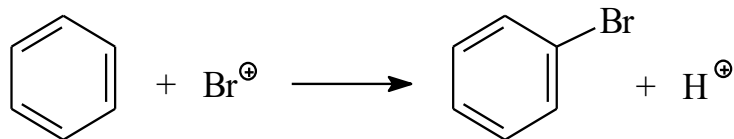
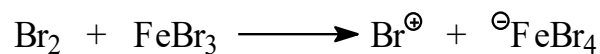
Реакцијом бензена и пушљиве сумпорне киселине добија се бензенсулфонска киселина:



3. Халогеновање

За разлику од алкена, који са хлором и бромом реагују и у мраку дајући дихалогеналкане, бензен с овим елементима реагује тек у присуству Lewis-ових киселина као катализатора, дајући халоген-бензене као производе електрофилне супституције

Улога катализатора је да награди електрофилну честицу халонијум-јон.





Арилалкани

Арилалкани или алкиларени су једињења код који су један или више водоникових атома у молекулу бензена замењени алкил-групама, које представљају бочни низ

Групе у бочном низу могу бити и незасићене па се тада ради о арил-алкенима и арилалкинима

Арилалкани су течности или чврсте супстанце (у зависности од групе у бочном низу), сличне по физичким особинама бензена

Код ових угљоводоника разликују се два типа реакција:

- реакције које се одвијају на бочном низу
- реакције бензеновог језгра

Поједини реагенси, као халогени елементи, могу реаговати у бочном низу и са бензеновим језгром, али под сасвим различитим условима



Бензен и други ароматични угљоводоници немају важну улогу у функционисању биосистема, али треба имати у виду да су **отровни**

Доказано је њихово **канцерогено дејство**

Отровност ароматичних угљоводоника смањује се увођењем алкил-група у њихове молекуле, посебно ако је алкил група сложенија