

***Copyright* Stefan E. Boiadjev, PhD**
© 2018

06. Алкени и циклоалкени. Хомоложен ред и номенклатура. Структура и диастереоизомерия. Получаване. Химични свойства: присъединителни реакции, правило на Марковников. Хидриране, халогениране, присъединяване на полярни молекули, хидробориране-окисление. Окисление и озонολиза. Изомеризация. Полимеризация.

Припомнете:

- електронна структура на C=C;
- нейната геометрична характеристика

Алкените съдържат C=C двойна връзка; тя е функционалната група. Представителите в хомоложния ред алкени (с една двойна връзка) имат обща формула C_nH_{2n} (с $n=1$, :CH₂, карбен, не принадлежи към този ред). Алкените се наричат още **олефини**.

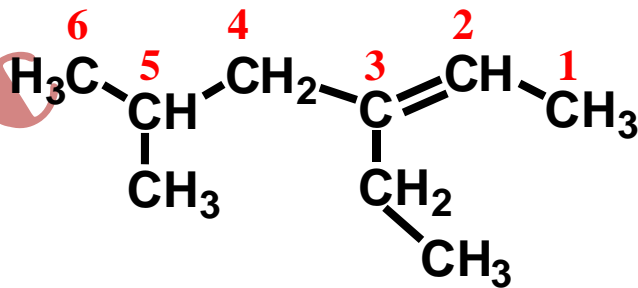
Правила:

1. За главна верига се избира **най-дългата верига, която съдържа C=C двойната връзка**; тя дава основата на наименованието на алкена.

2. Номерирането на главната верига **започва от края, който е по-близо до двойната връзка**. Нейното положение се отбелязва с по-малката цифра от двете за въглеродите в двойната връзка.

3. Имената на алкиловите заместители се подреждат по азбучен ред (възможно противоречие с име на английски, напр.), предшествани от цифра показваща мястото на заместителя в главната верига.

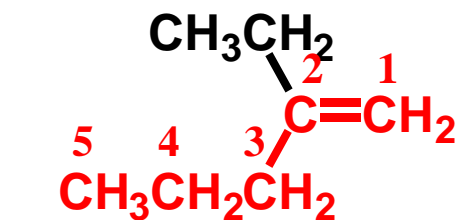
(В случай на две еднакви алкилови групи на един и същ C атом, цифрите са две еднакви и представка ди- пред името на алкила.)



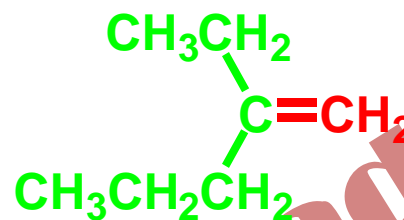
3-етил-5-метилхекс-2-ен

Примери:

1.Избор на главна верига



корен "пентен" НЕ "хексен"; двойната връзка не е в избраната верига



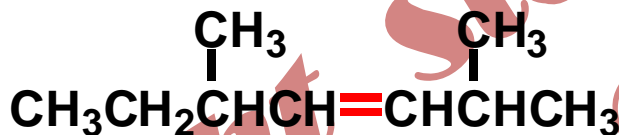
2.Номерация

3.Заместители и тяхното място

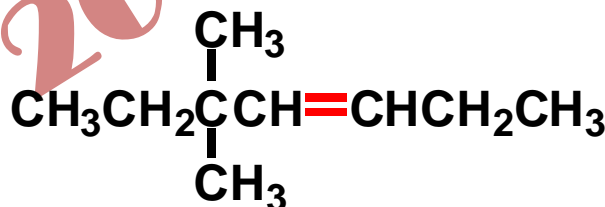
4.Пълно наименование

2-етилпент-1-ен;

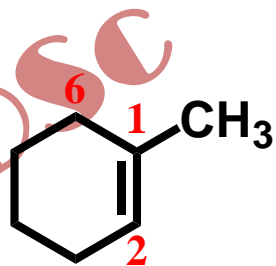
(старо:2-етил-1-пентен)



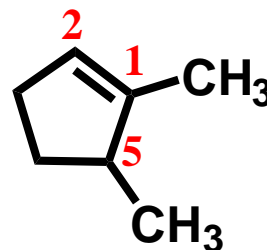
2,5-диметилхепт-3-ен



5,5-диметилхепт-3-ен



1-метилциклохексен

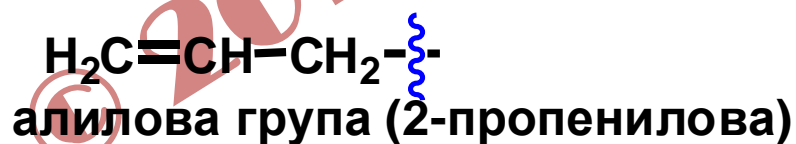
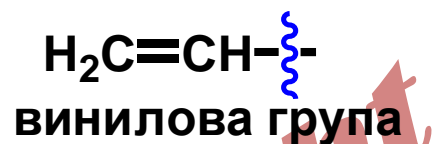
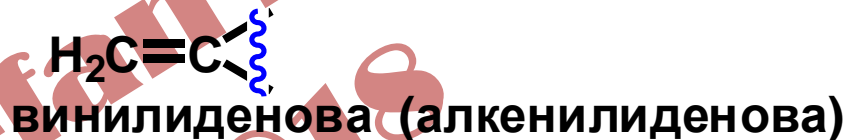
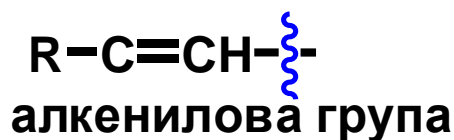


1,5-диметилциклопентен

Наименования на остатъци (като заместители) от алкени

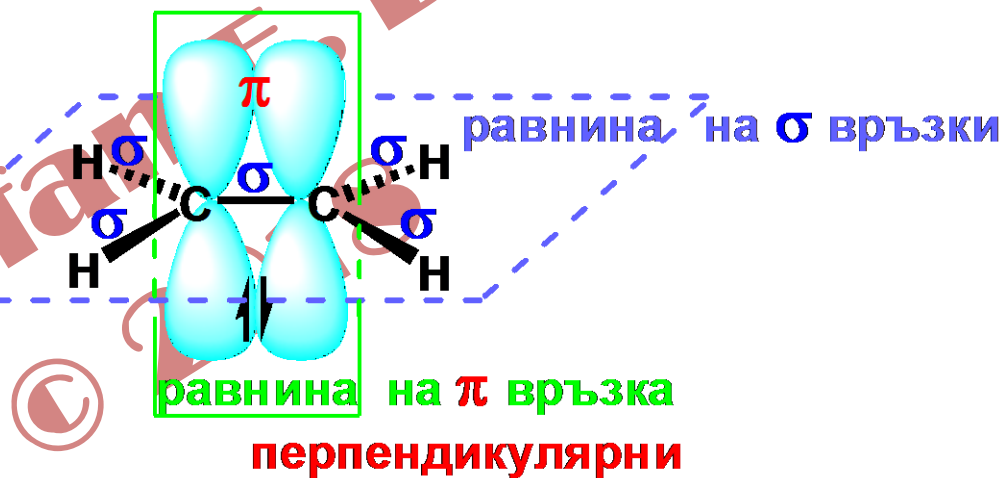
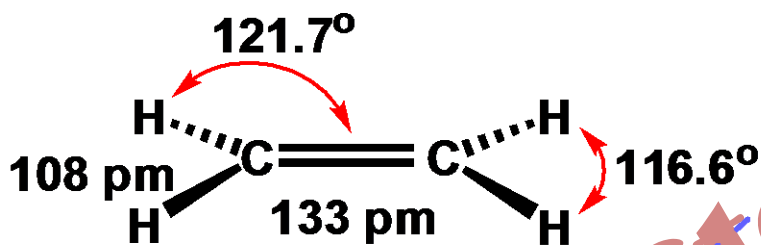
Едновалентните групи се наричат общо **алкенилови групи**, а двувалентните – **алкенилиденови групи**.

Често срещани се наименования са **винилова** и **алилова** група.



Структура на алкени

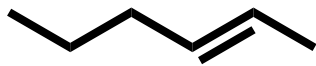
sp^2 Обриталите са с по-малък ефективен размер (от по-голям s -характер), което се отразява в **по-къси и по-здрави връзки в етилена в сравнение с етана**. В етилена $C=C$ е 133 pm и $C-H$ е 108 pm, а в етана – $C-C$ е 154 pm и $C-H$ е 110 pm.



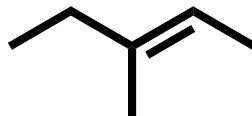
Енергията на $C=C$ връзката в етилена е 636 kJ/mol, а само на π връзката – 260 kJ/mol.

Изомерия

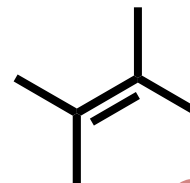
Верижна изомерия



хекс-2-ен



3-метилпент-2-ен



2,3-диметилбут-2-ен
(тетраметилетилен)

Освен верижна изомерия, алкените проявяват **позиционна структурна изомерия**. Тя се определя от мястото на двойната връзка (като функционална група) във въглеродната верига.

Позиционна изомерия



бут-1-ен



бут-2-ен



пент-1-ен



пент-2-ен



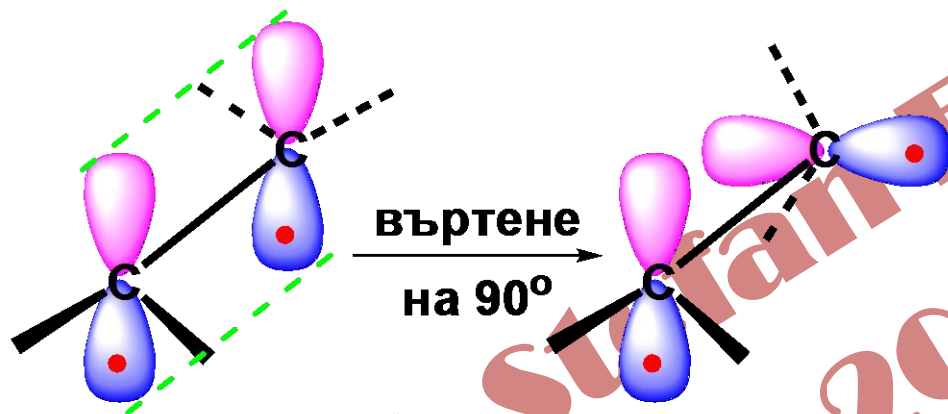
хекс-3-ен

5 4 3 2 1



също пент-2-ен

За разлика от свободното въртене около проста σ C–C връзка (бариера 12 kJ/mol) в алкани, въртенето около двойната връзка в алкени води до разкъсване на π връзката, което изисква много по-висока енергия. Бариерата за такова въртене е поне колкото е енергията на π връзката, около 260 kJ/mol.



π връзка

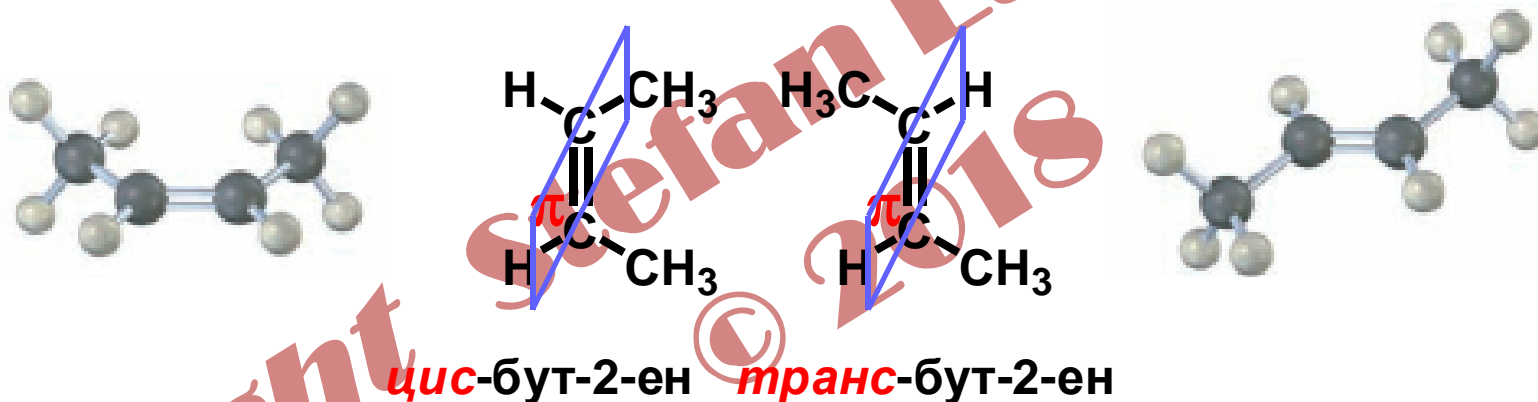
скъсана π връзка след завъртане

(p орбиталите са паралелни; p орбиталите са перпендикулярни)

Отсъствието на въртене около въглерод-въглерод двойна връзка е не само от теоретичен интерес, но има химични последствия. π Връзката дефинира една равнина, а взаимното разположение на заместителите на двата C атома може да е различно. В алкените са възможни диастереомери.

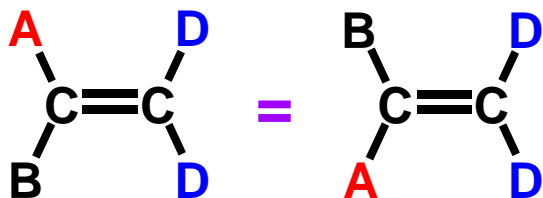
(Позната Ви е като геометрична изомерия или *цис-* / *транс-* изомерия.)

π -Диастереоизомерия възниква в алкени с различни заместители при всеки от въглеродните атоми на C=C групата. Най-простият пример е бут-2-енът. Метилите групи в него може да са разположени **от една и съща страна на π връзката** – *цис*-бут-2-ен, или от противоположни страни на π връзката в *транс*-бут-2-ен.

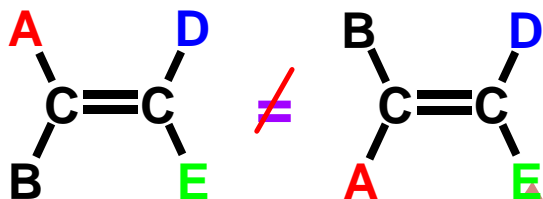


Тъй като въртене не се осъществява в нормални условия, двата изомера не се превръщат спонтанно един в друг; те са различни съединения, които се изолират.

За установяване на *цис-* / *транс-* изомерия е необходимо сравнение по двойки на групите свързани с всеки С атом на двойната връзка – ако двете групи при които и да е са еднакви, няма такива изомери:

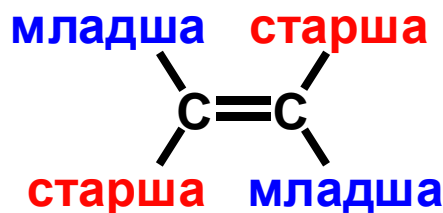


Тези структури са идентични; едно съединение.

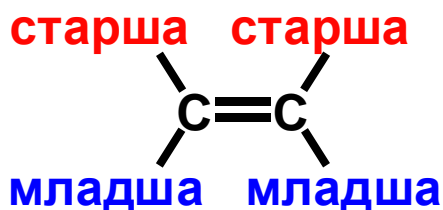


Структурите са на различни диастереомери.

В тризаместени и тетразаместени алкени *цис-* / *транс* номенклатурата не е еднозначна. Затова се използват означенията **E-** (*entgegen*) и **Z-** (*zusammen*).

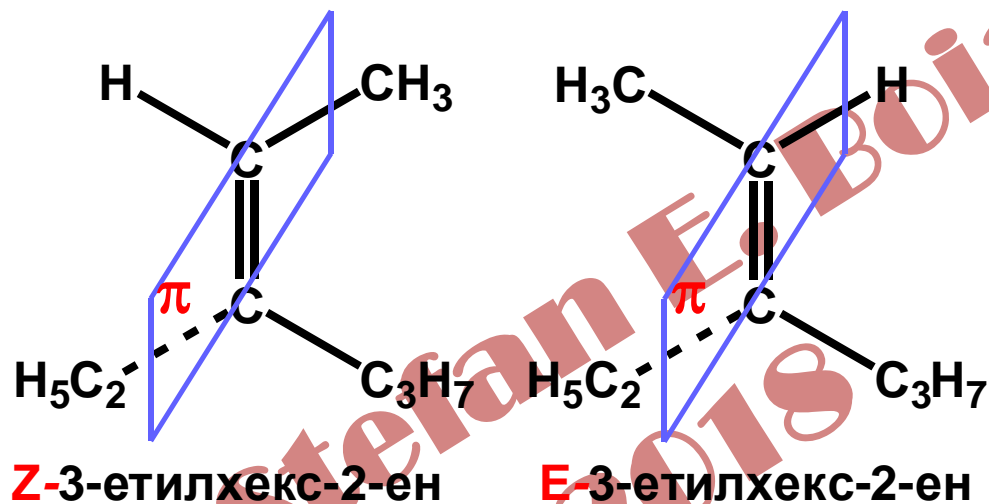


E двойна връзка старшите са от **противни** страни



Z двойна връзка старшите са от **същата** страна

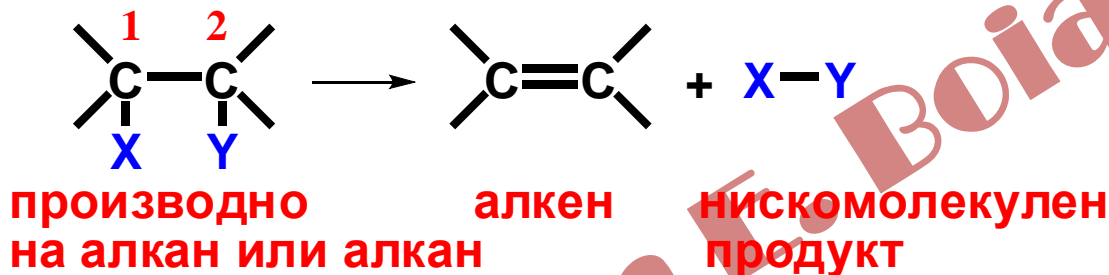
Старшинството се определя по номенклатурата на Каан-Инголд-Прелог, която се използва за означаване на конфигурацията на стереогенен център. (Въпрос 28)



В примера старшинството на заместителите нараства в реда:
 $H < CH_3 < C_2H_5 < C_3H_7$.

Синтез на алкени

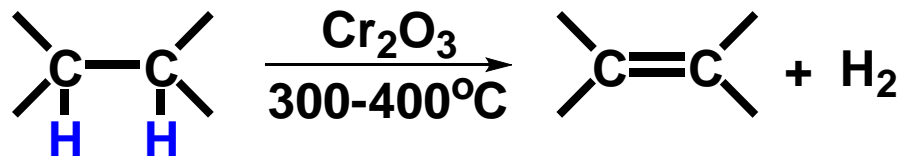
Повечето лабораторни и индустриални методи са основани на реакцията на 1,2-елиминиране (*E* – реакция).



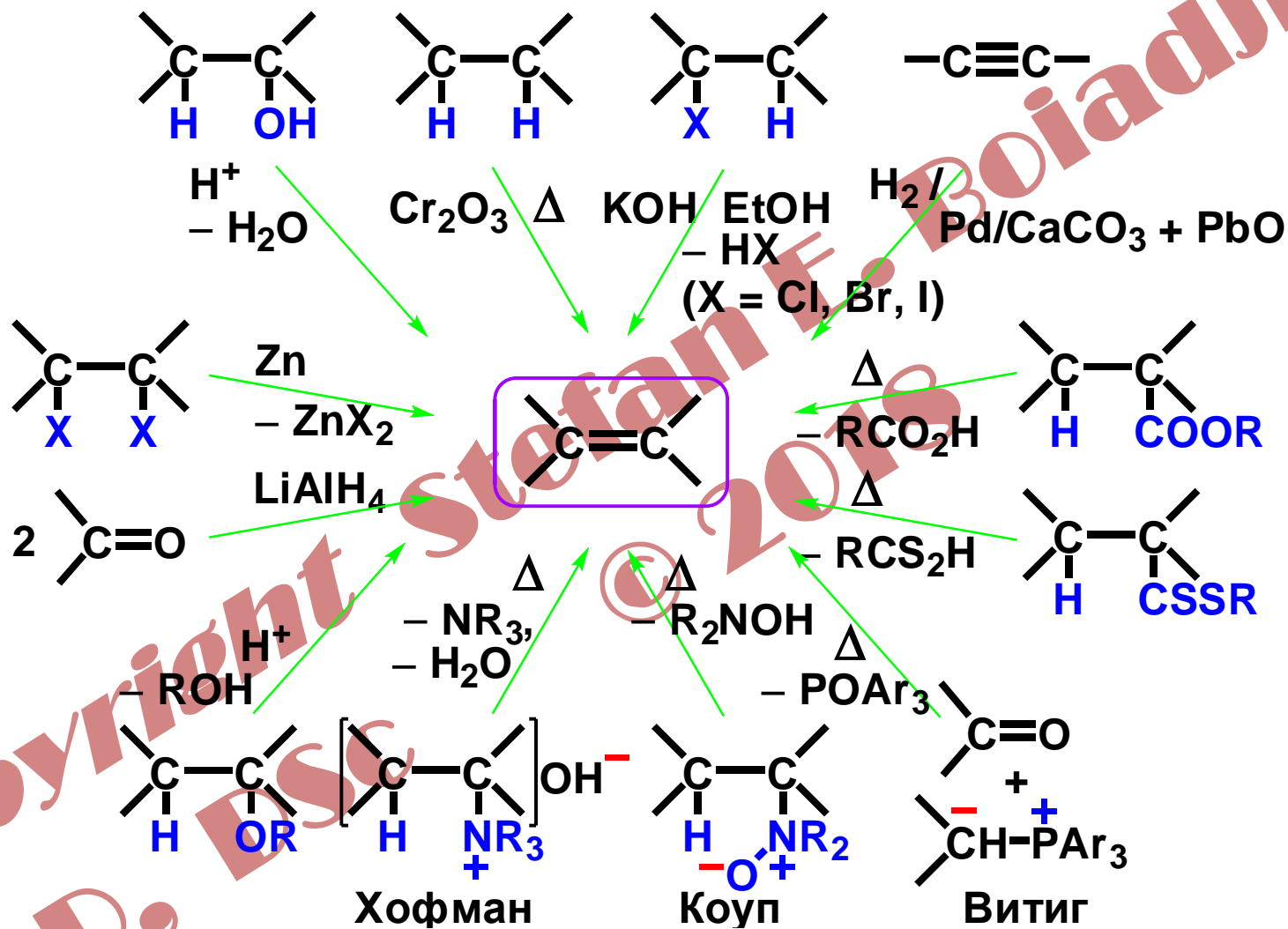
Същността на елиминирането е отделяне на нискомолекулен продукт от два заместителя (атоми или атомни групи), намиращи се при два съседни С атома.

Тъй като изходните съединения принадлежат на класове, производни на алканите, тези реакции ще бъдат разгледани по-подробно като характерни реакции за класа, напр. механизъм на *E1* и *E2* елиминиране – във Въпрос 13, Халогенопроизводни на алканите.

В каталитичен и термичен крекинг:

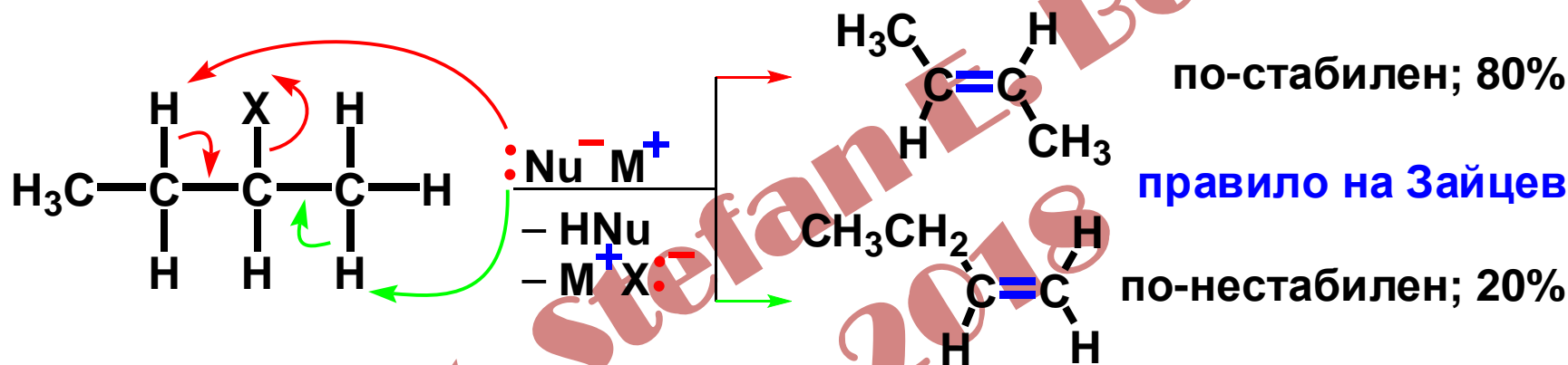


Синтетични подходи за получаване на алкени



Правило на Зайцев, 1875

Елиминирането, особено на халогеноводород или вода, от несиметричен халид (алкохол) може да стане по два начина и обикновено води до смес от алкени. Възниква въпрос за **региоселективност** – кой продукт доминира от загубата на HX ?



В индуцирано от основа елиминиране (E2) обикновено преобладава по-стабилният алкен.

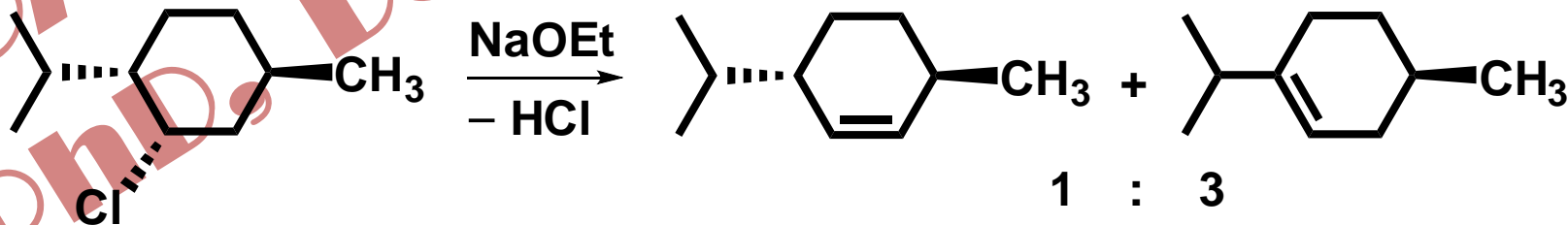
От вторични и третични несиметрични алкилхалогениди предпочетено се формира този алкен, който има най-голям брой алкилови заместители на двата C атома от двойната връзка, т.е. **най-заместеният алкен**.

Стабилността на по-заместените алкени се дължи на:

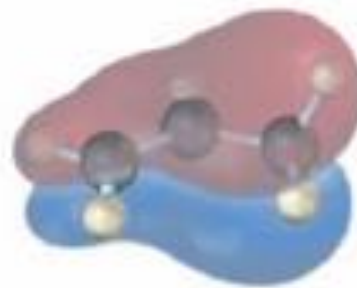
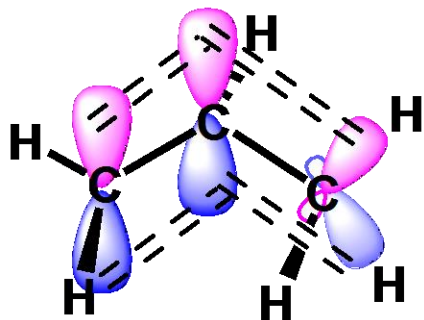
- R групите са с + I ефект и увеличават електронната плътност на π връзката;

- R групите са стерично големи и предпочитат да са отдалечени една от друга;

- **σ - π свръхспрежение** между C–H σ орбитали и π^* от C=C (колкото по-заместен е алкенът, толкова по-ефективно е свръхспрежението).



- σ - π Свръхспрежение – стабилизиращо взаимодействие между $C=C$ π връзка и съседни σ $C-H$ връзки от заместителите. Колкото повече са те, толкова по-голяма е стабилизацията на алкена.



Copyright
PhD, DSC

Stefan

© 2020

Boiadziev,

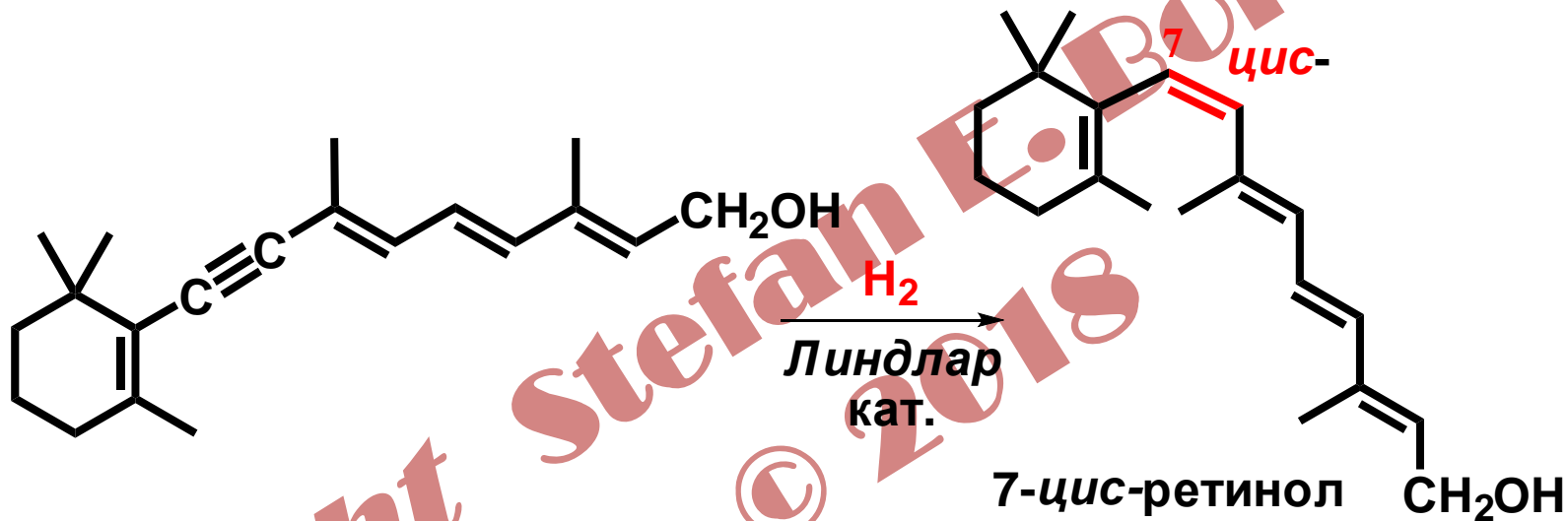
Хидриране на алкини до алкени

Каталитичната редукция на алкин (H_2 , Pd/C) отива до край, до алкан, но може да се спре до алкен когато се използва дезактивиран катализатор, напр. **катализатор на Линдлар**. Той представлява фино диспергиран паладий върху носител CaCO_3 и дезактивиран с оловен ацетат или хинолин. Хидрирането с този катализатор е **стереоселективно (син-) до цис-алкен**.



Индустриално приложение от фармацевтичната фирма Hoffmann–LaRoche за синтез на Витамин А.

Частичното хидриране на тройна връзка в предшественик дава 7-цис- продукт, който се изомеризира чрез нагряване във Витамин А с *транс*- двойна връзка на C7.

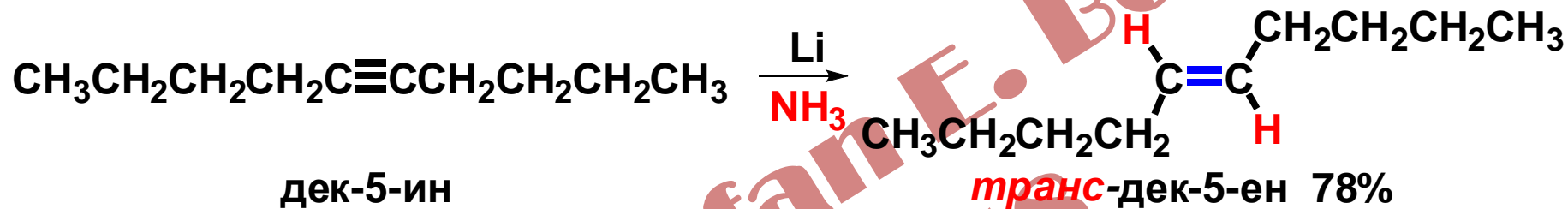


Copyright
PhD, DSC

Stefan E. Boiadinev,
© 2018

Алтернативен и комплементарен метод за превръщане на алкин в алкен е използването на **литий** или **натрий** като **редуктор**, разтворен в **течен амоняк**.

Продуктът от редукцията е с *транс*-конфигурация.

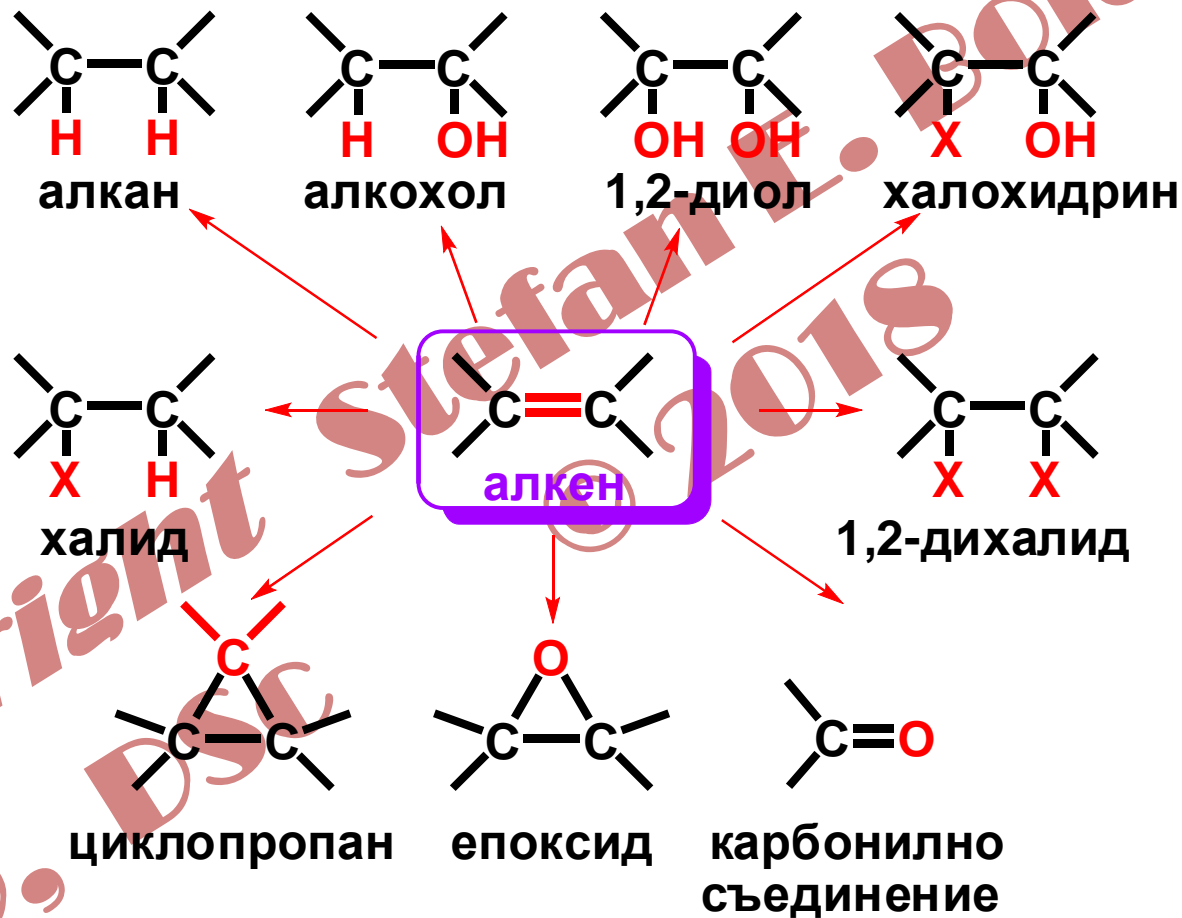


Copyright
PhD, DSC

Stefan E. Boladjiiev,
© 2019

Характерни реакции

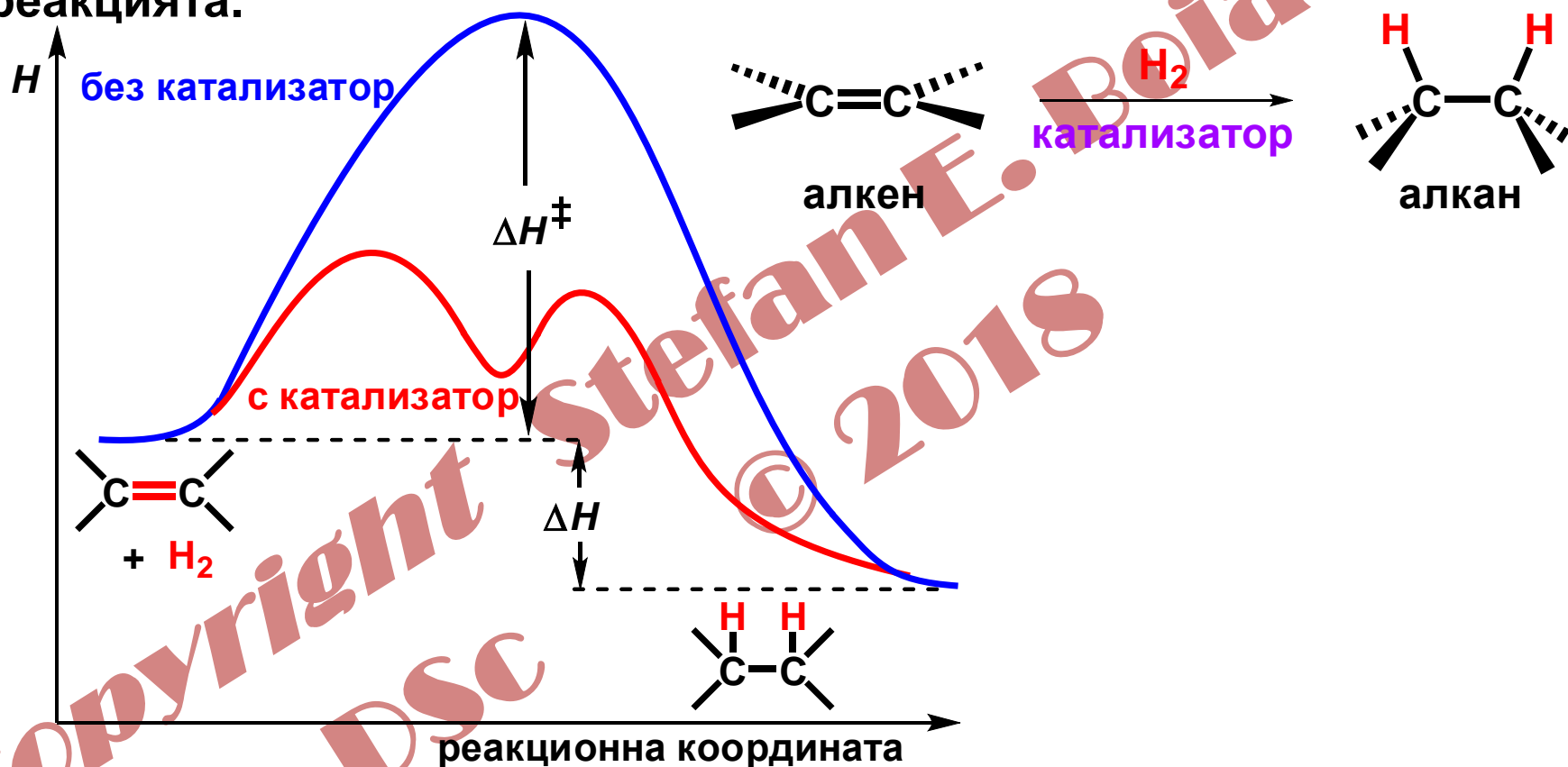
Функционалната група $C=C$ е много по-реакционна. Алкените може да се превърнат в разнообразни съединения с редица полезни за синтеза ФГ.



Типични са присъединителните реакции, A_{E2} и A_R .

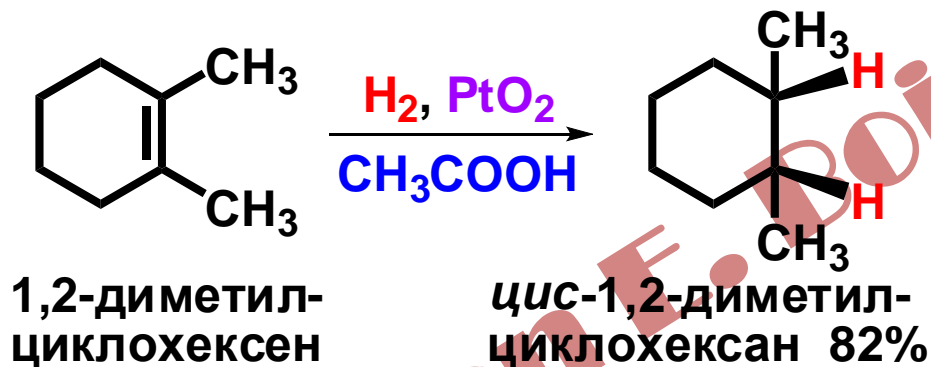
Хидриране (хидрогениране)

Присъединяване на молекула H_2 към $C=C$. Необходим е катализатор. Провежда се в хетерогенна или хомогенна среда. Катализаторът понижава активиращата енергия и с това ускорява реакцията.



Обратната реакция се нарича **дехидриране (дехидрогениране)** и може да се установи равновесие. Катализаторът ускорява и двете реакции, без да променя равновесното състояние.

Хетерогенни катализатори са преходни метали – Ni, Pd, Pt. Скъпи са и може да са фино диспергирани върху инертен носител. Типични лабораторни са Pd/C и PtO₂ – катализатор на Адамс.



Хидрирането обикновено протича със *син*-стереохимия: двата водорода се присъединяват от една и съща страна на двойната връзка.

Copyright
PhD, DSC





метален катализатор



H₂ свързан с метала

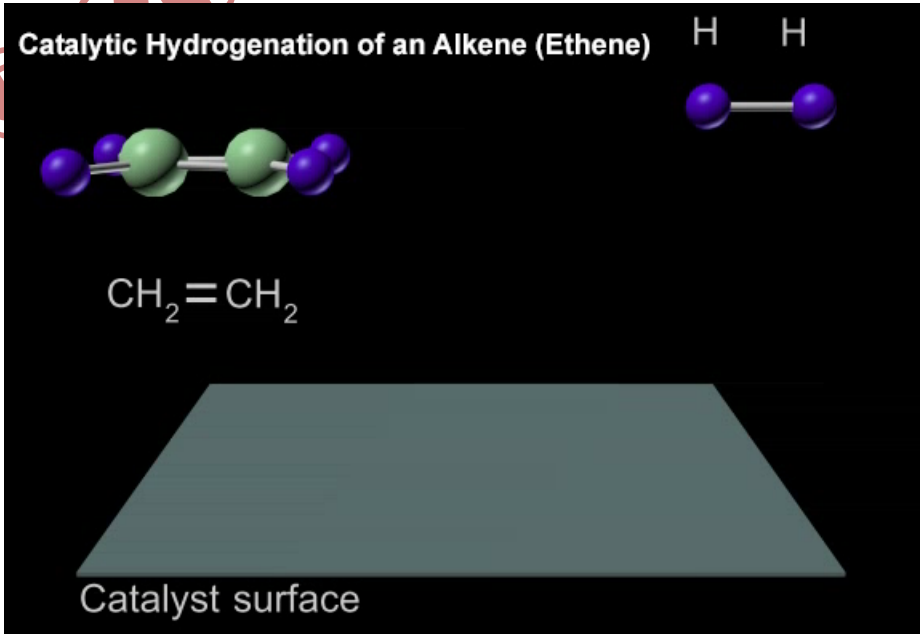
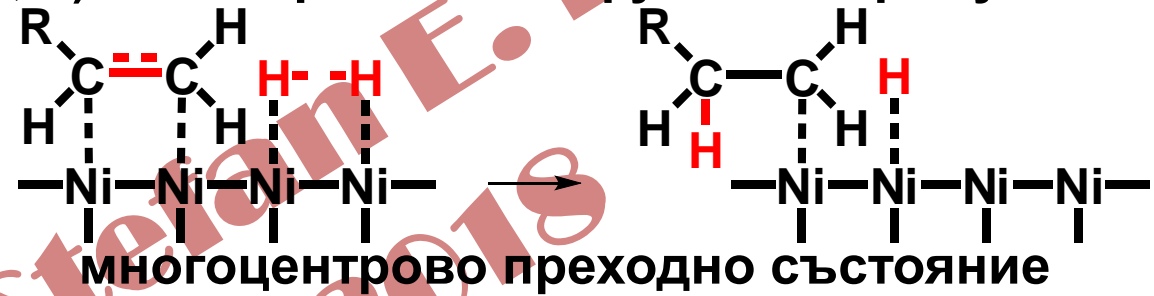


и алкена е свързан с катализатора в близост до H₂



алкан и регенериран катализатор

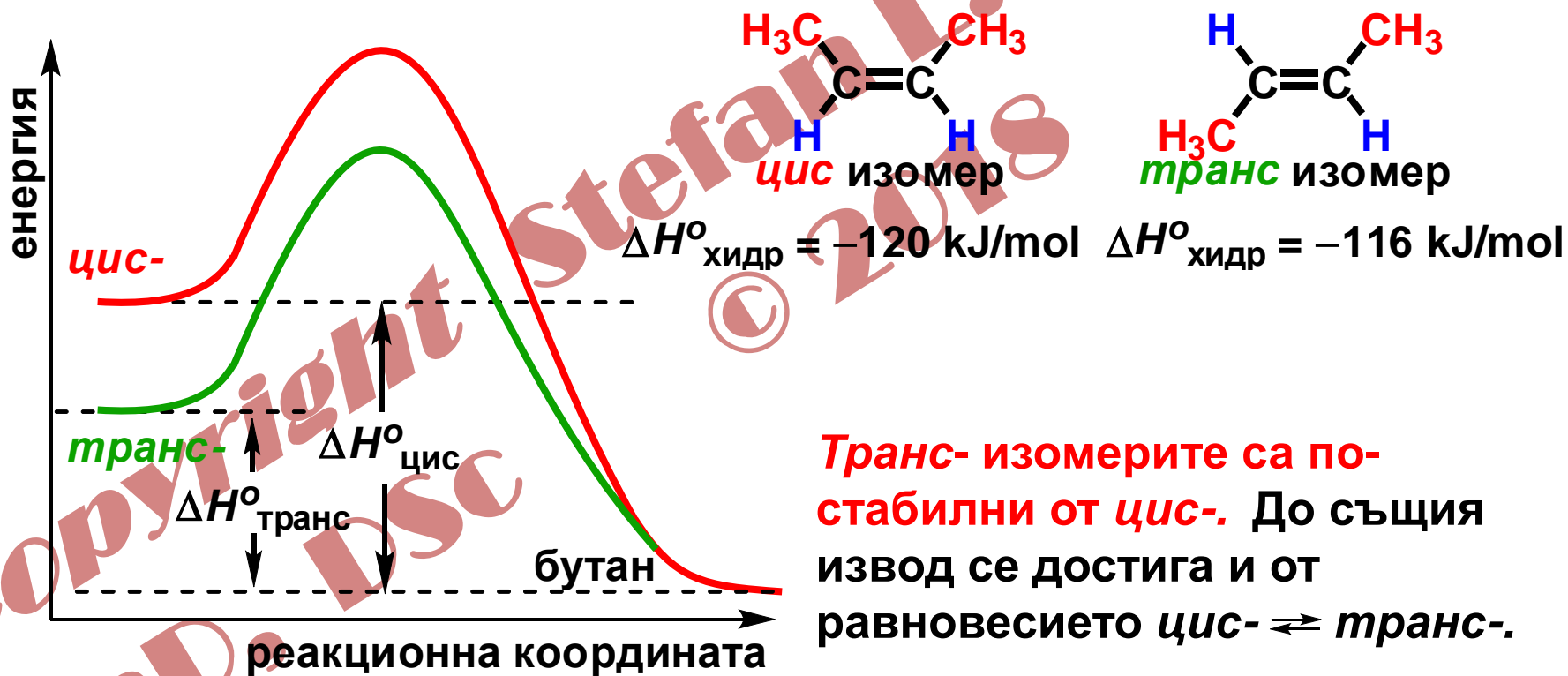
Механизъм: **1)** адсорбция на H₂ на повърхността на катализатора; **2)** комплексиране на алкена с метала (негова вакантна орбитала взаимодейства със запълнена π орбитала); **3)** частично разкъсване на връзките в реагентите; **4)** вмъкване на H към единия C; **5)** формиране на втората C-H връзка; **6)** деадсорбция и дифузия на продукта.



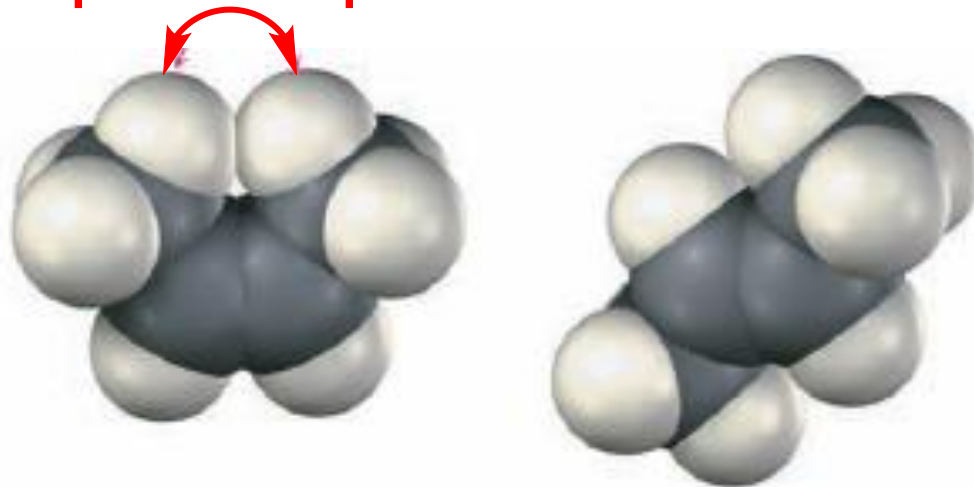
Хидрирането е екзотермична реакция.

Отделеното количество топлина от хидриране на 1 мол вещество при нормални условия се нарича топлина на хидриране, ΔH° ; тя е промяната на стандартната енталпия на тази реакция.

Топлината на хидриране на различните алкени варира между 111-139 kJ/mol. Колкото по-малка е топлината на хидриране на един алкен, толкова той е по-стабилен.



стерично напрежение



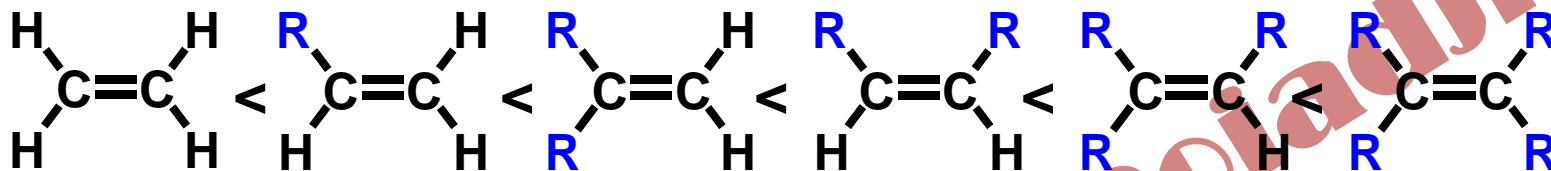
цис-бут-2-ен транс-бут-2-ен

Цис-алкените са по-малко стабилни поради пространствено пречене между заместителите, които са от една и съща страна на C=C връзката (подобно на напрежението от 1,3-диаксиално взаимодействие в циклохексани).

Copyright © 2019
PhD, DSC

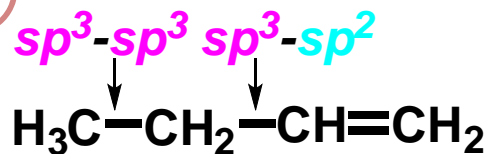
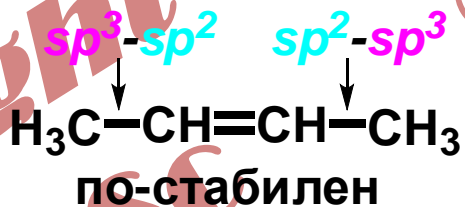
adijev,

Стабилността на алкените нараства в реда:

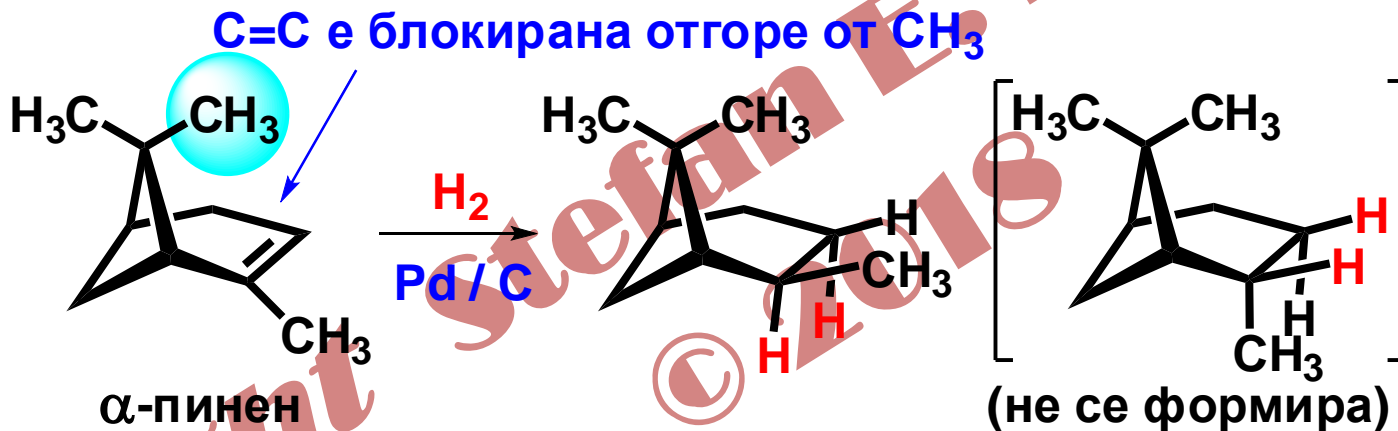


Фактори: 1. Свръхспрежение

2. Съотношение sp^2-sp^3 ($=C-C$, по-здрава от $C-C$) към sp^3-sp^3 $C-C$. По-заместените алкени имат по-голямо съотношение на sp^2-sp^3 връзки към sp^3-sp^3 връзки и затова са по-стабилни.



Интересна характерна черта на **каталитичното хидриране** е, че то е **изключително чувствително към стерични фактори**. Често субстратът подхожда към повърхността на катализатора от страната, която е пространствено свободна. Такъв селективен подход води до стереоселективност на реакцията.



Хомогенно каталитично хидриране

Класически катализатори са комплекси на родий. Работят при стайна температура, 1 atm H₂, инертен разтворител. Предимства във фини и фармацевтични производства.

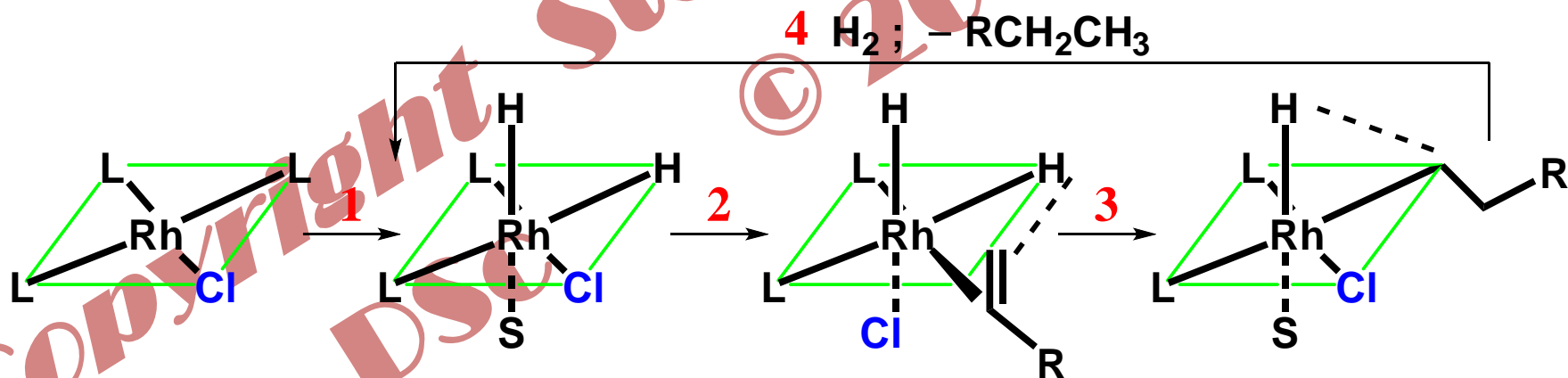
Катализатор на Уилкинсън, RhCl(PPh₃)₃

Стадии: **1.** Окислително присъединяване на H₂ към катализатора

2. π-Комплексиране на алкена

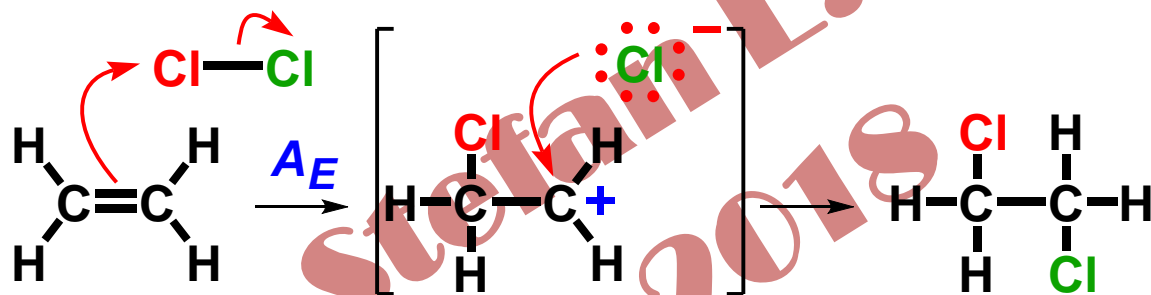
3. Вътрешномолекулен трансфер на хидрид

4. Редуктивно елиминироване на продукта



Халогениране

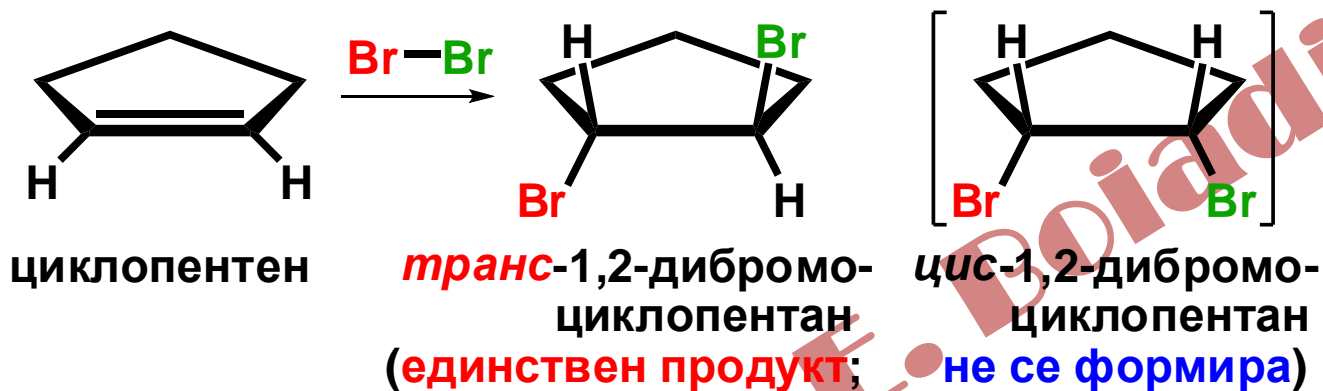
Хлор и бром се присъединяват бързо към алкени и дават 1,2-дихалиди в реакцията, наречена халогениране. Милиони тонове 1,2-дихлороетан (етилен дихлорид) годишно се синтезират чрез хлориране на етилен. Продуктът се използва за разтворител, за производство на поливинилхлорид, PVC, и др..



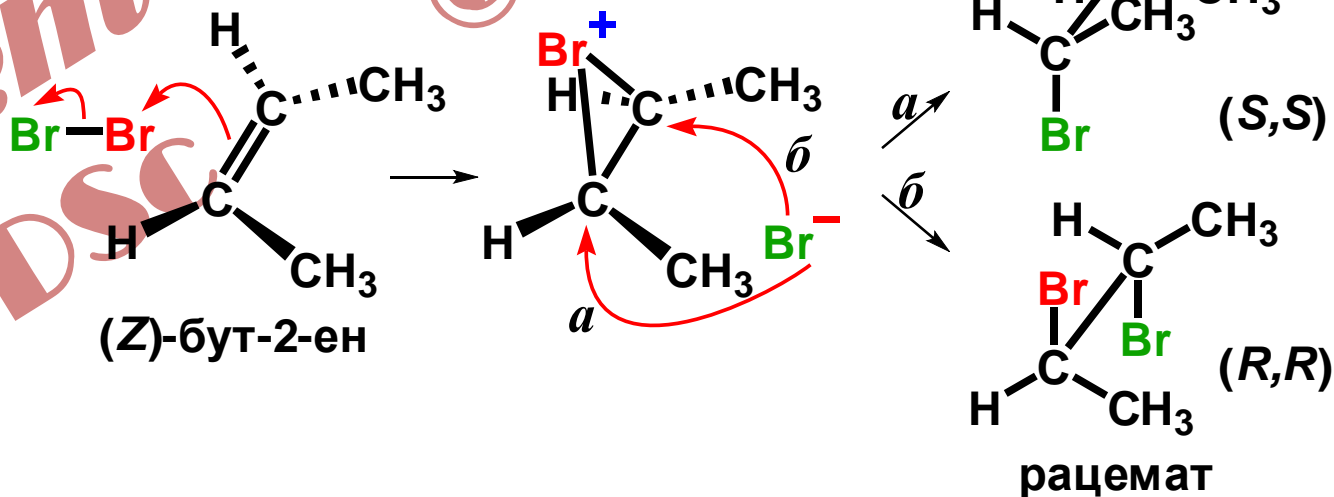
Флуорът е прекалено реакционно способен за да се контролира реакцията в лаборатория. Йодът не реагира с повечето алкени в нормални условия.

(По-горната схема не показва точния механизъм! Подробно описание на механизма на тази и подобни реакции ще бъде разгледано в следващата тема 07.)

Халогенирането протича като *анти*-присъединяване, което се обяснява с механизма.



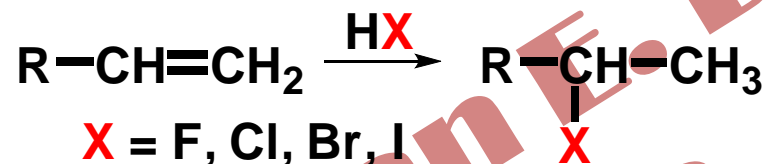
По този начин, присъединяването е *стереоспецифично*, напр. от *Z*-бут-2-ен се получава рацемичен 2,3-дихлоробутан, но продуктът от *E*-бут-2-ен е мезо 2,3-дихлоробутан.



Присъединяване на полярни молекули към двойна връзка

– Присъединяване на халогеноводород

Халогеноводородите (HF, HCl, HBr, HI) се присъединяват към алкени по електрофилен механизъм A_E , съгласно правилото на Марковников, и водят до съответните алкилхалогениди.

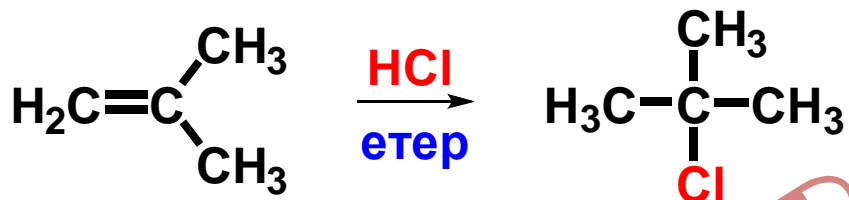


Правило на Марковников: водородсъдържаща полярна молекула се присъединява към несиметричен алкен като нейният водороден атом се свързва с този С атом от $\text{C}=\text{C}$, който има повече на брой водородни атоми. (Алтернативно: в присъединяване на HX , атомът/групата X се свързва с този С от $\text{C}=\text{C}$, който носи повече алкилови групи.)

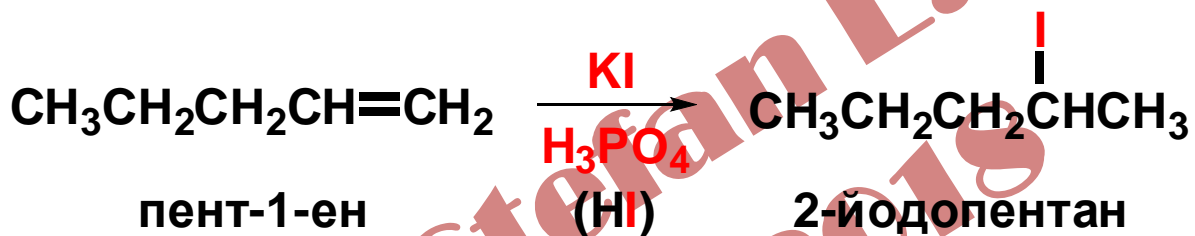
Правилото се извежда от механизма – Тема 07.

Скоростта на реакцията с HX нараства в реда: $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$

Примери за присъединяване на халогеноводороди към алкен:

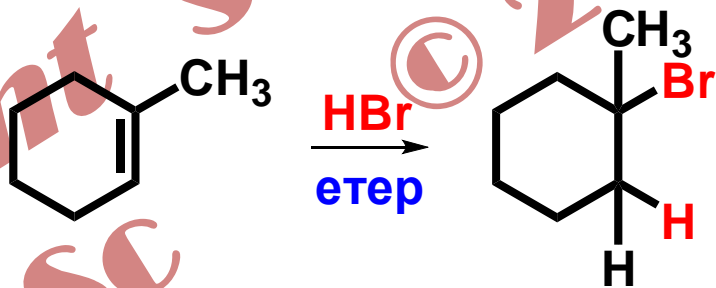


2-метилпропен 2-метил-2-хлоропропан 94%



пент-1-ен

2-йодопентан

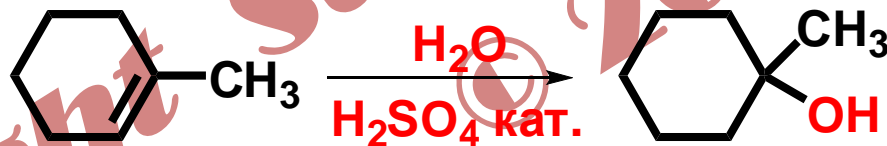
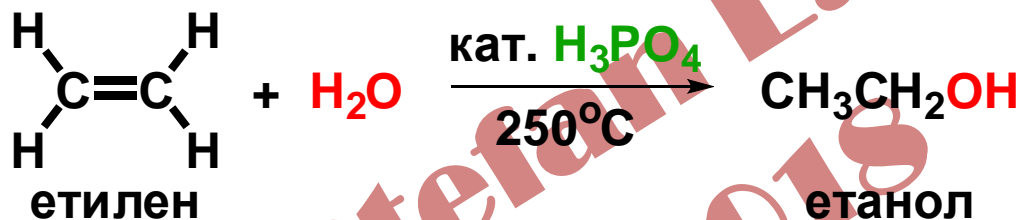


1-метилциклохексен

1-бромо-1-метилциклохексан

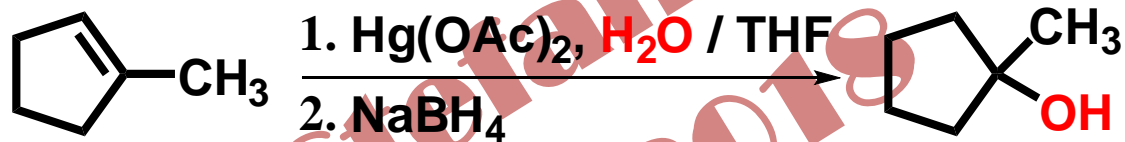
– Присъединяване на вода

Реакцията се нарича **хидратиране** (обратната е обезводняване, дехидратиране). Ориентацията на присъединяването следва правилото на Марковников. Реакцията протича в присъствие на киселина като катализатор и продуктът е алкохол. Прилага се за индустриален синтез на етанол.



1-метилциклохексен 1-метилциклохексанол

В лабораторни условия алкените често се **хидратират** чрез процедура с **хидроксимеркуриране-демеркуриране**. Първият стадий е електрофилно присъединяване на живачен ацетат ($[\text{Hg}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2]$) към $\text{C}=\text{C}$ във воден тетраhydroфуран (THF), след което във втори стадий, органичното съединение се третира с натриев борхидрид за да се получи алкохолът.

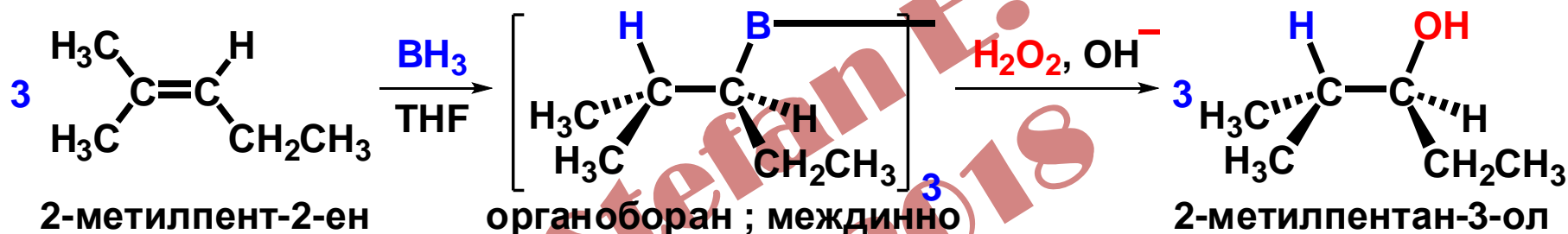


1-метилциклопентен 1-метилциклопентанол 92%

Copyright
PhD, DSC

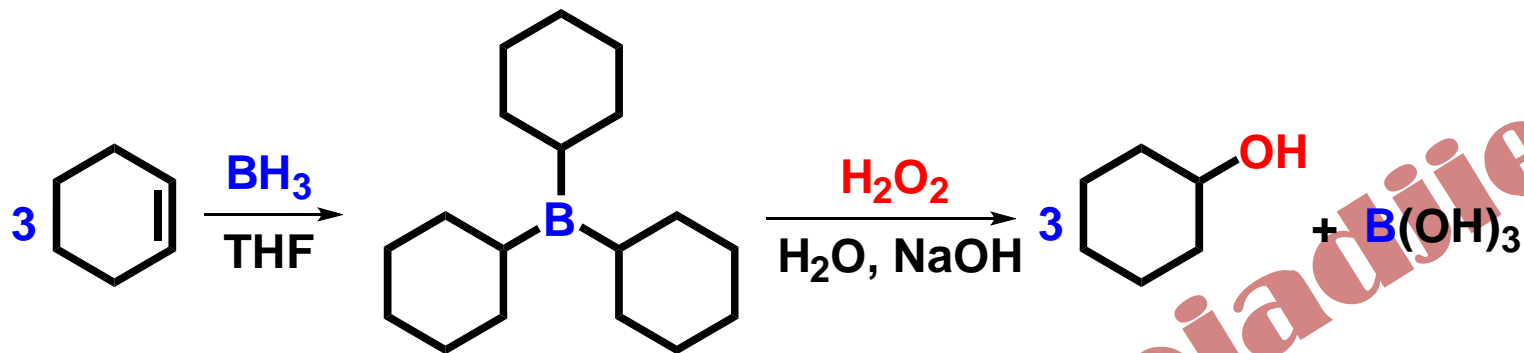
Хидратиране на алкени чрез хидробориране-окисление

Реакцията е открита в 1959 от Н.С. Brown и включва присъединяване на **B–H** (Люисова киселина) връзка от боран BH_3 (съществува като диборан B_2H_6) към алкена давайки междинно органоборно съединение. То се окислява с алкален водороден пероксид до алкохол, напр.



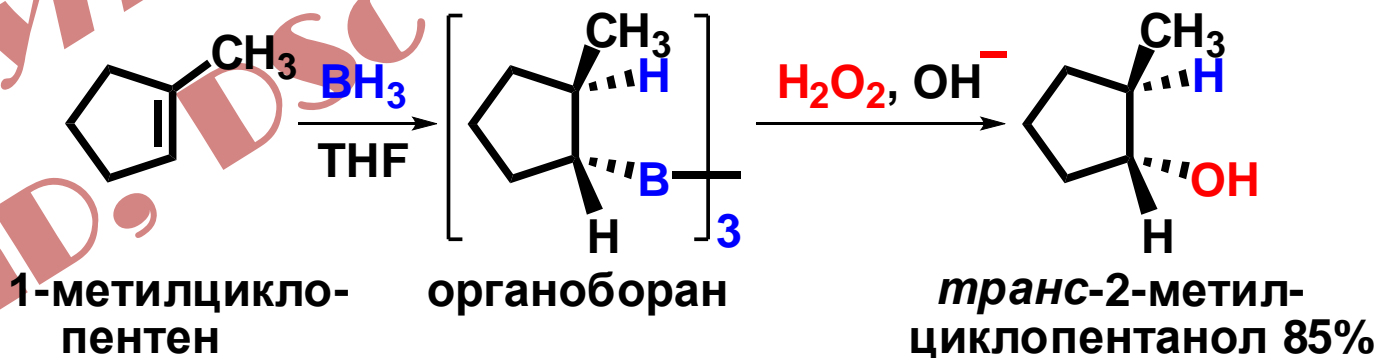
Присъединяването на вода чрез хидробориране-окисление протича анти-Марковников.

Въпреки изписването в някои източници на междинното съединение като $\text{R}-\text{BH}_2$, и трите водородни атома от борана се заместват с въглеводородни остатъци.



циклохексен трициклохексилборан циклохексанол 87%

Хидробориране-окислението е ценна реакция заради нейната региохимия в несиметрични алкени. Борът и водородът се присъединяват от една и съща страна на C=C – **син-стереохимия** (*анти*- когато борът и водородът са от противоположни страни на C=C). Окислението запазва положението на бора и стереохимичният резултат от хидробориране-окисление е **син анти-Марковников присъединяване на H₂O**. Тази реакция е комплементарна на хидроксимеркуриране-демеркуриране с нейната региохимия по Марковников.

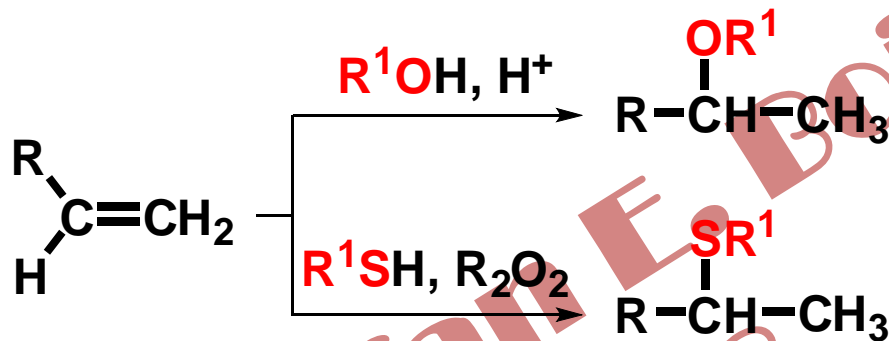


1-метилцикло-
пентен

органоборан

транс-2-метил-
циклопентанол 85%

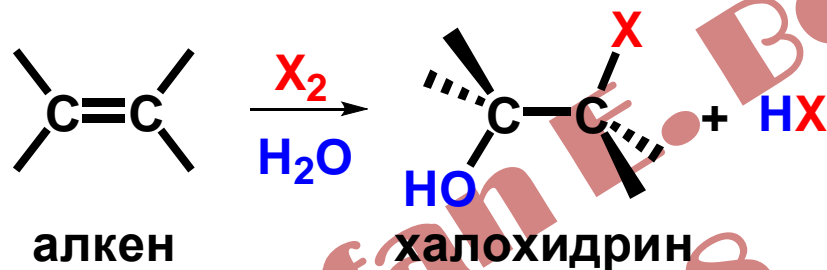
Алкохоли и тиоли се присъединяват към алкен до съответните етери и тиоетери.



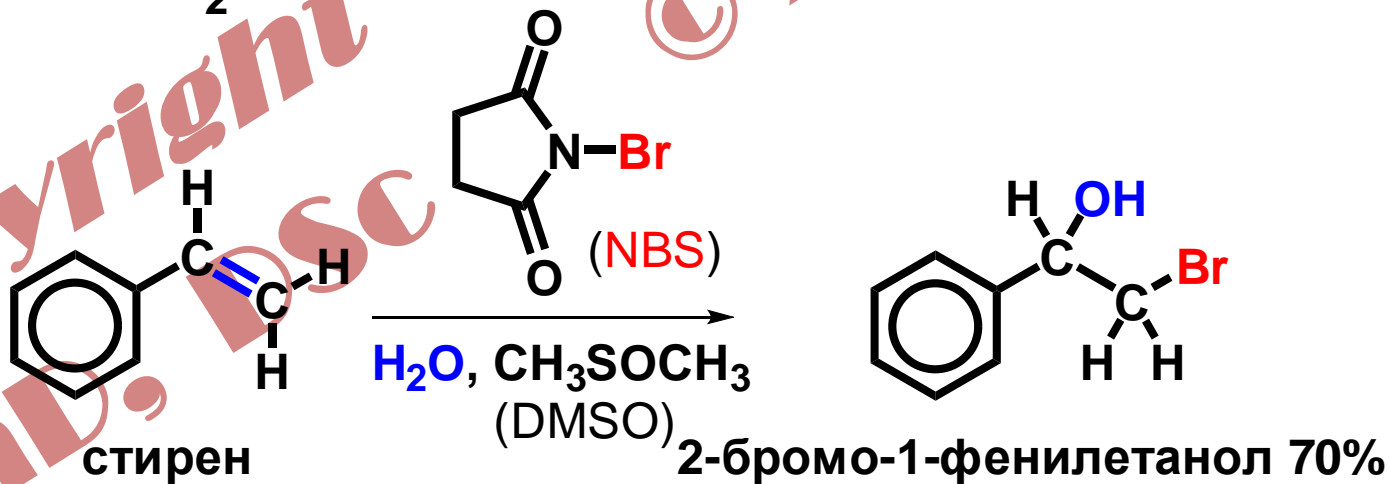
Copyright
PhD, DSC

Stefan E. Boiadjev,
© 2018

Реакцията между алкен и халоген в присъствие на вода дава **халогенохидрин**. Тя е електрофилно присъединяване по общия механизъм, което може визуално да се обясни с присъединяване на HOCl или HOBr към C=C, но такова присъединяване не протича директно с хипохлорна или хипобромна киселина.



В практиката, поради неразтворимост във вода на повечето алкени, се използва реагентът N-бромосукцинимид в DMSO като източник на Br₂.



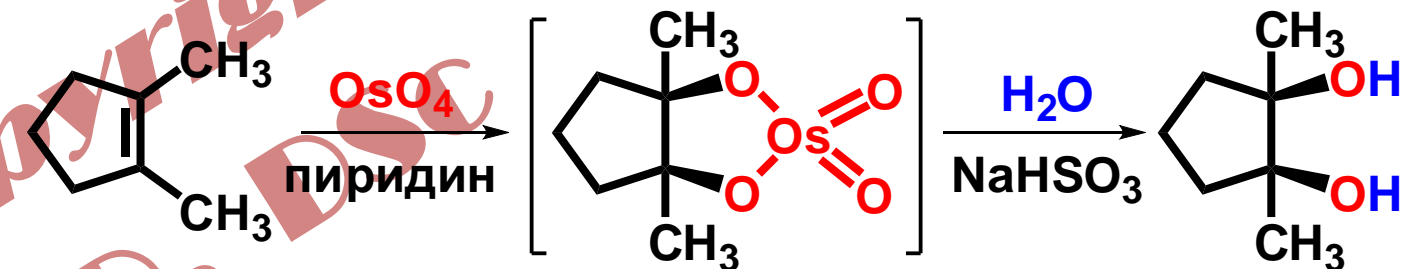
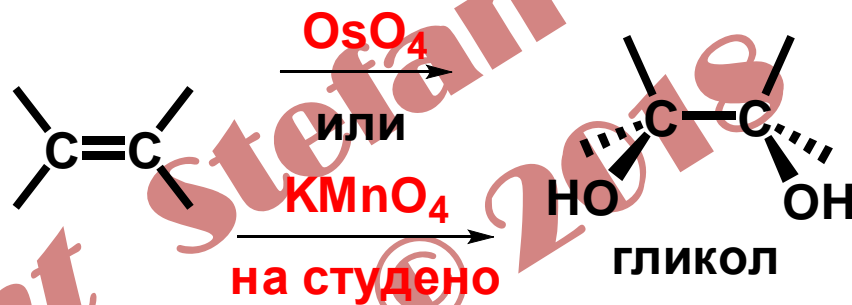
Окисление на алкени

– пълно горене

– хидроксилиране до гликол

Реакция на алкен с много силния окислител KMnO_4 на студено или с OsO_4 (много силно отровен) води до 1,2-диол.

Трансформацията е със *син*-стереохимия.

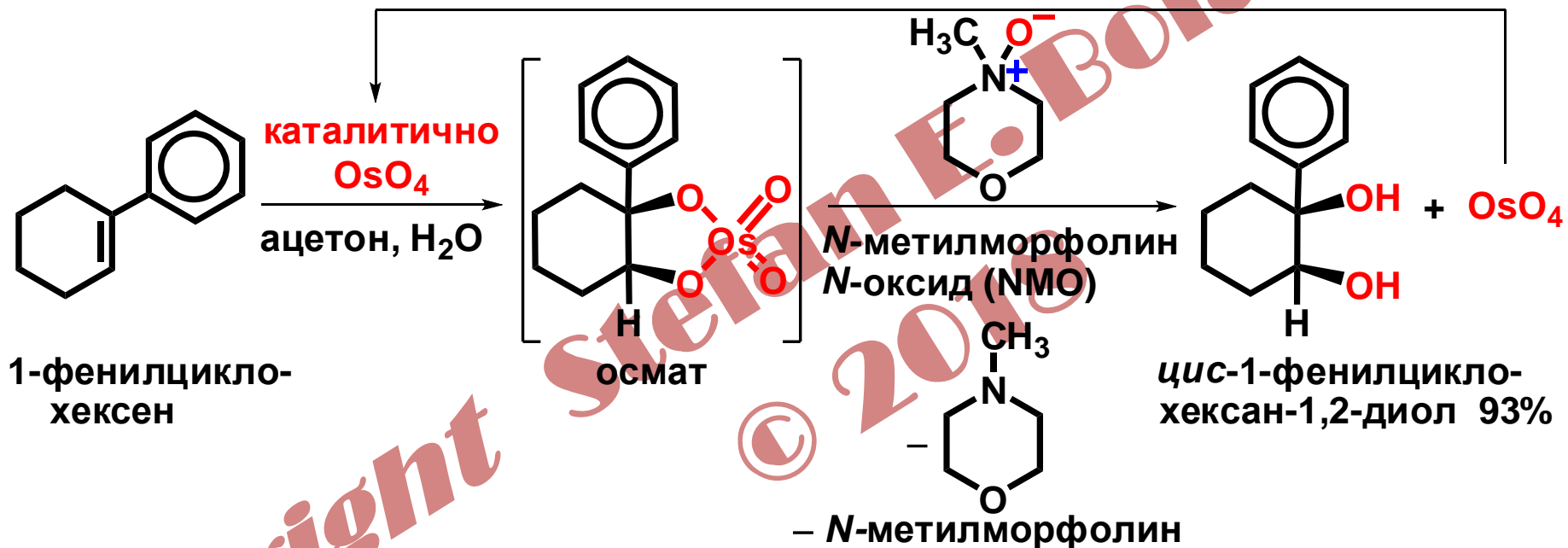


1,2-диметил-
циклопентен

циклически осмат
междинно

цис-1,2-диметилцикло-
пентан-1,2-диол 87%

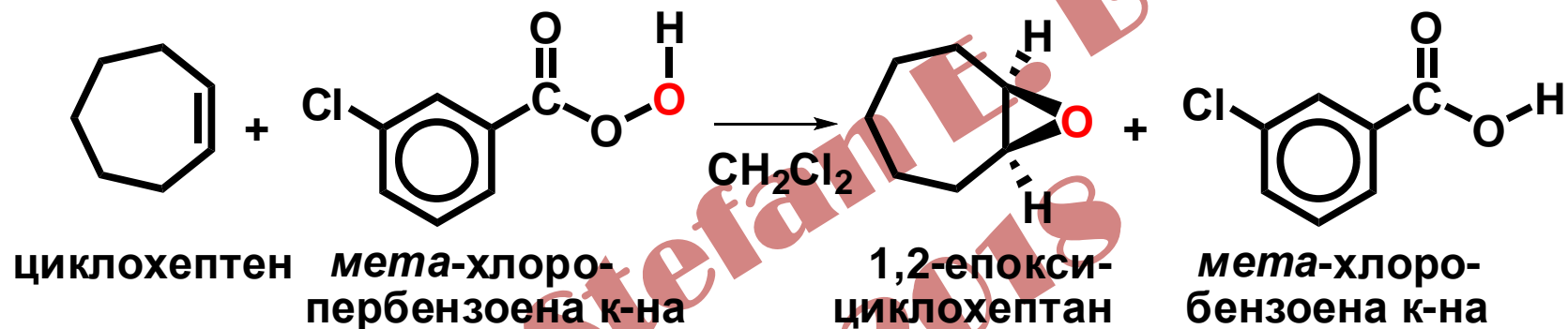
Поради високата токсичност на OsO_4 реакцията може да използва малко каталитично количество и ко-окислител, стехиометрично количество евтин N-метилморфолин-N-оксид.



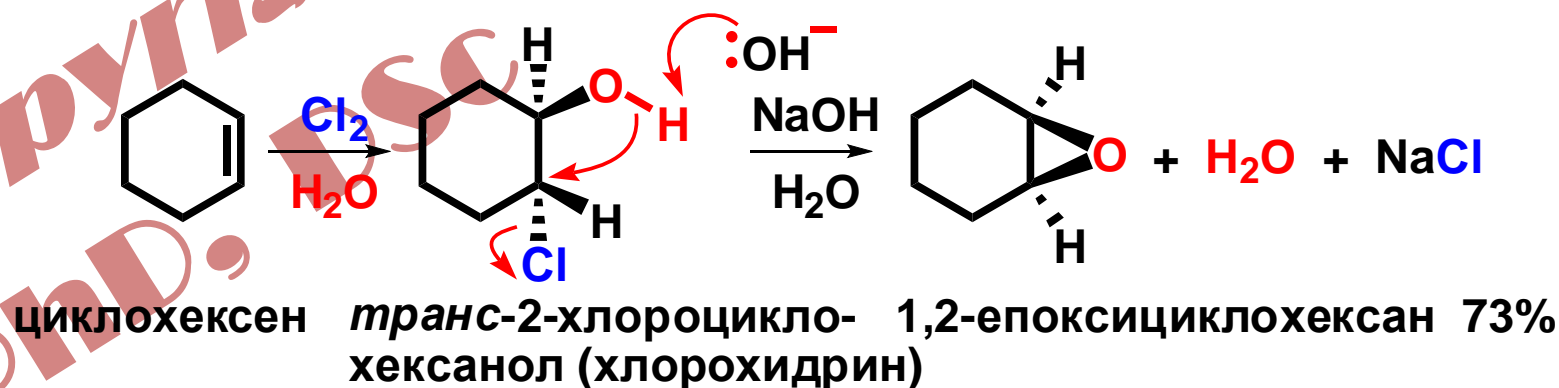
Copyright
PhD, DSC

– епоксидиране на алкени

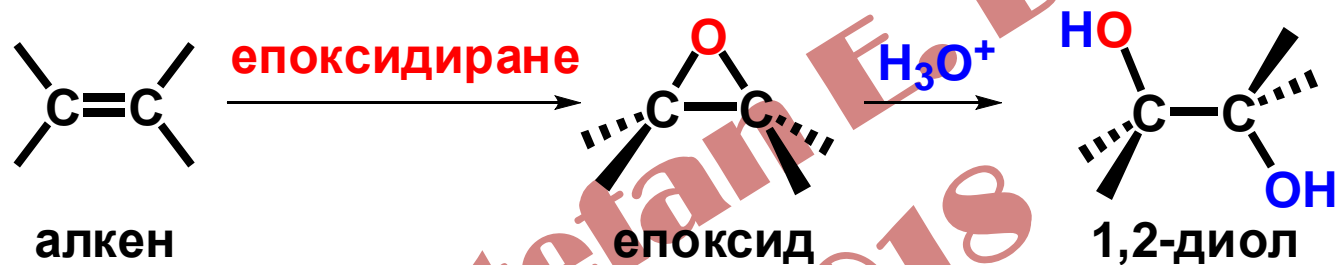
Алкените се окисляват лабораторно до епоксиди с помощта на пероксикиселини, RCO_3H . Продуктът, с тричленен кислородсъдържащ пръстен се нарича **епоксид** или **оксиран** (цикличен етер). Пероксикиселината прехвърля кислороден атом, с разкъзване на $\text{C}-\text{C}$ връзката, със *син*-стереохимия.



Друг метод разчита на халохидрин, от който при третиране с основа се елиминира HX и се образува епоксид.



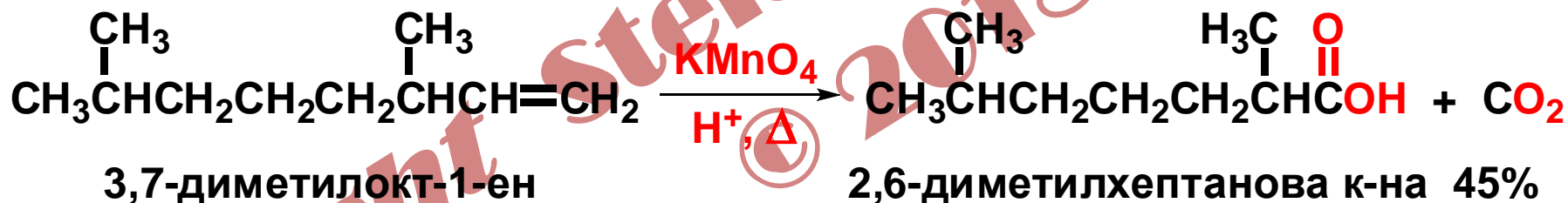
Епоксидите са много напрегнати съединения, чиито пръстен се отваря лесно, напр. в киселинно-катализирана реакция с вода, която дава 1,2-диол. Милиони тонове/год. етилен гликол, $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, който е автомобилен антифриз, се произвеждат от етилен чрез епоксидиране/хидролиза (= хидроксилиране).



Етиленоксидът също е многотонажен продукт с най-разнообразни приложения. Индустриалното окисление на етилен до етиленоксид е с въздух в присъствие на катализатор, а лабораторното с катализатор Ag_2O или с алкилпероксиди и Mo, V, W катализатор.

Окисление на алкени с разкъсване на двойната връзка

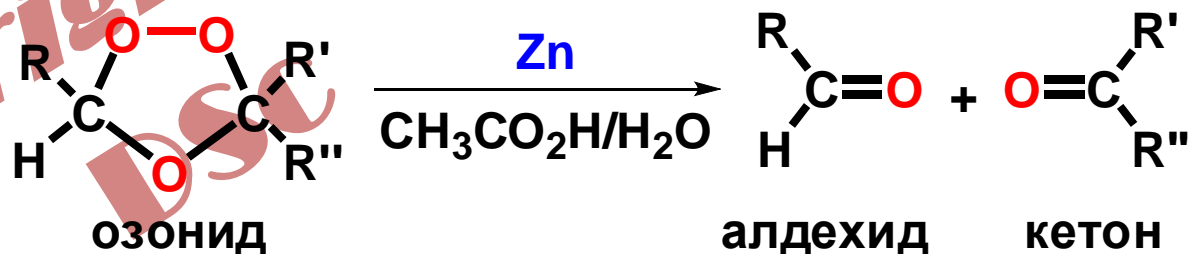
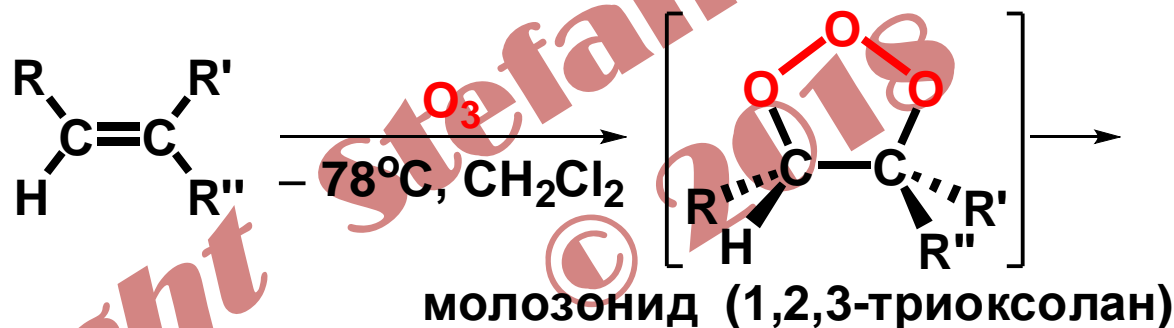
Няколко силни окислителя може да причинят разкъсване на двойната връзка до карбонилни съединения или карбоксилни киселини. Такива окислителни не се прилагат често тъй като обикновено не са селективни.



1-Алкен се окислява до киселина и CO₂.

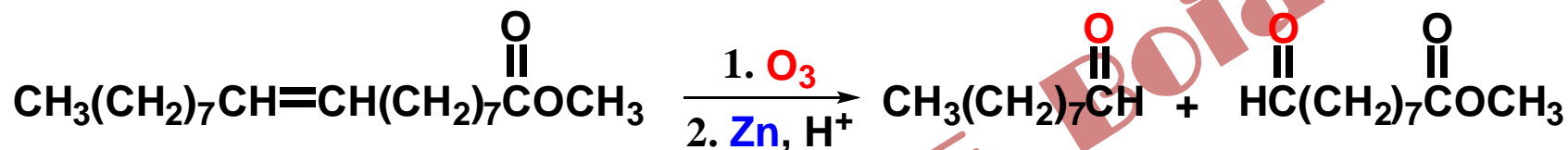
– озонолиза

Озонът (O_3), вероятно, е най-полезният реагент за окисление на алкен с разкъсване на $C=C$. Озон се генерира чрез високоволтов разряд през ток от кислород. При ниска температура O_3 се присъединява бързо към $C=C$ до междинен молозонид, който спонтанно се прегрупира до **озонид**.



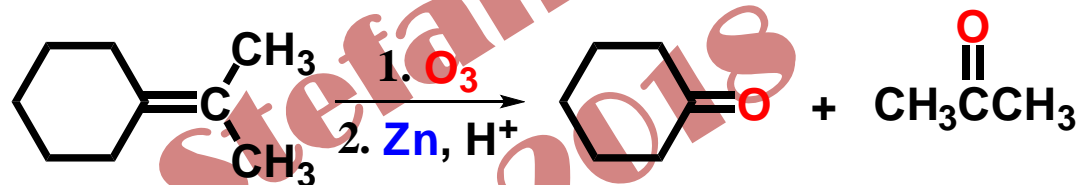
Редукционно разработване с Zn , Me_2S (неприятна миризма) дава карбонилни съединения.

Крайният резултат от озонлиза/редукция в случай на тетразаместен, несиметричен алкен са два различни кетона, а в случай на тризаместен – алдеhid и кетон. От структурата им може да се заключи за позицията на C=C в алкена.



метил октадек-9-еноат (дизаместен)
ако е (Z)- метил олеат

нонанал метил 9-оксононаноат
два алдехида 78%



изопропилиденцикло-
хексан (тетразаместен)

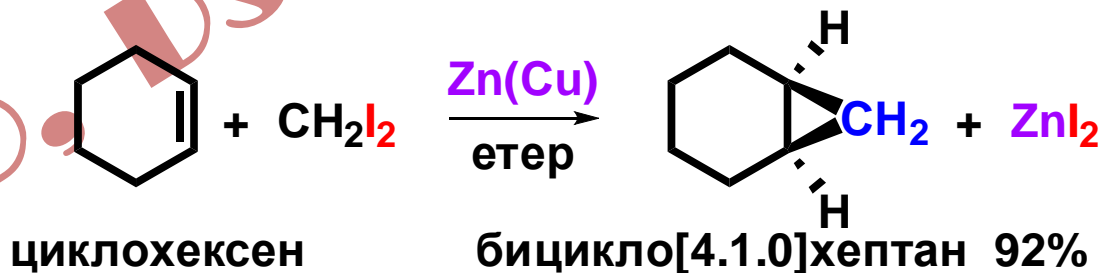
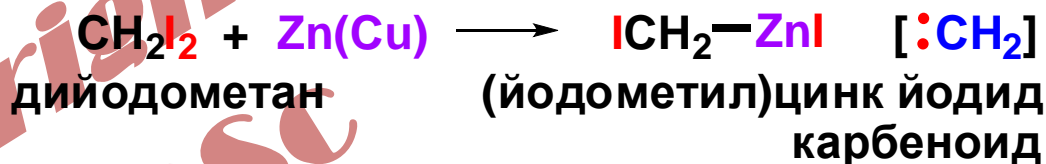
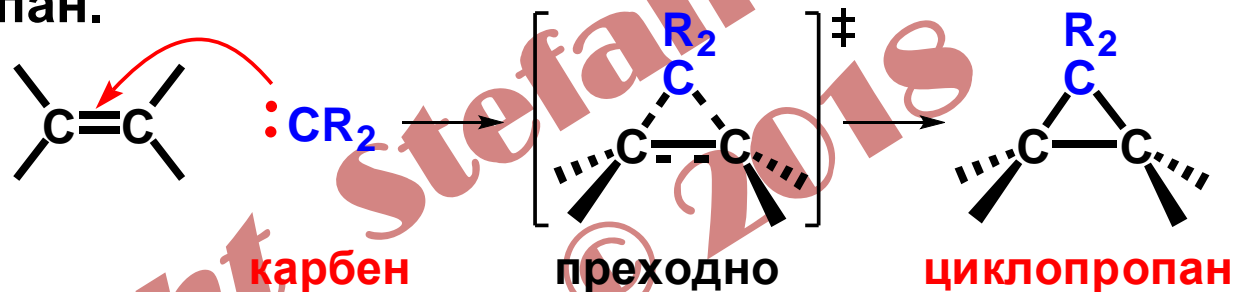
циклохексанон ацетон
два кетона; 84%

Copyright © 2019
PhD, DSC

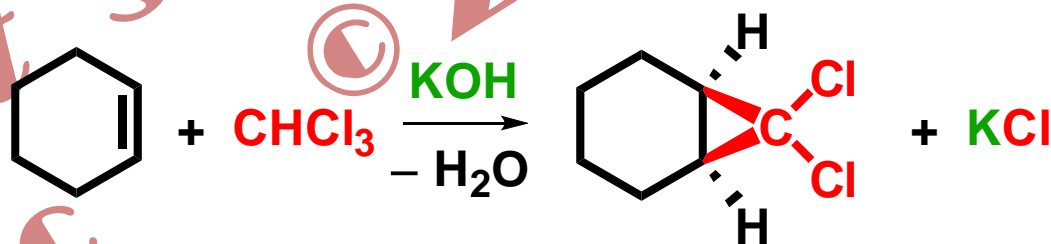
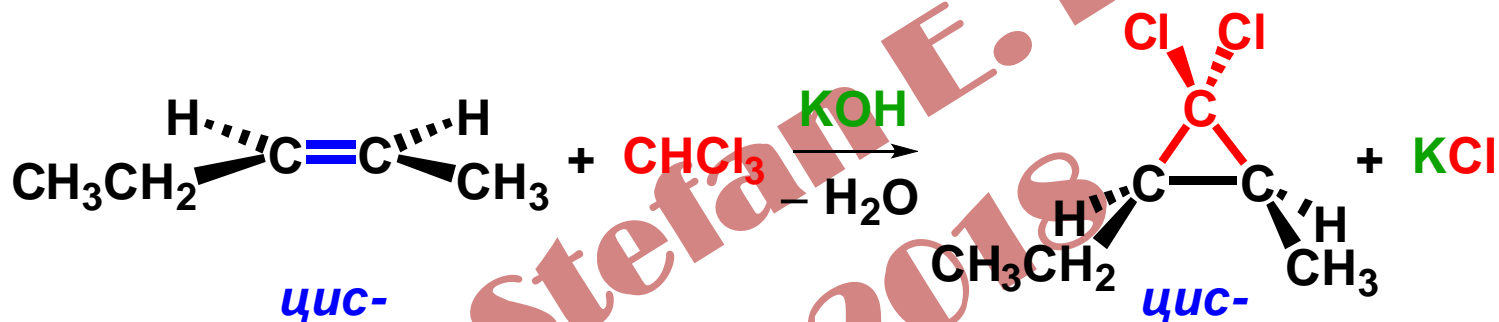
Присъединяване на карбен

Карбен R_2C : е неутрална молекула, чийто **въглерод има само шест e^-** във валентния слой. Затова е високо реактивоспособен и се образува само като реакционен интермедиат; не се изолира. Тъй като карбенът е електронно-дефицитен, той реагира с $C=C$, в елементарна стъпка без междинни съединения.

Метилен, $:CH_2$, в реакция на Симонс-Смит (**карбеноид** в метален комплекс) се вмъква в двойната връзка до заместен циклопропан.

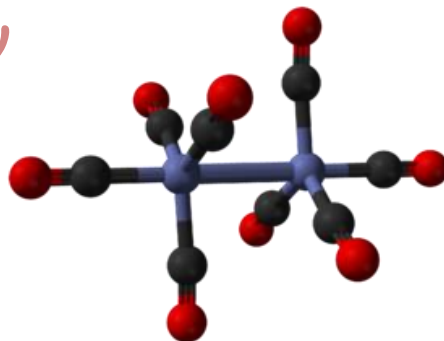
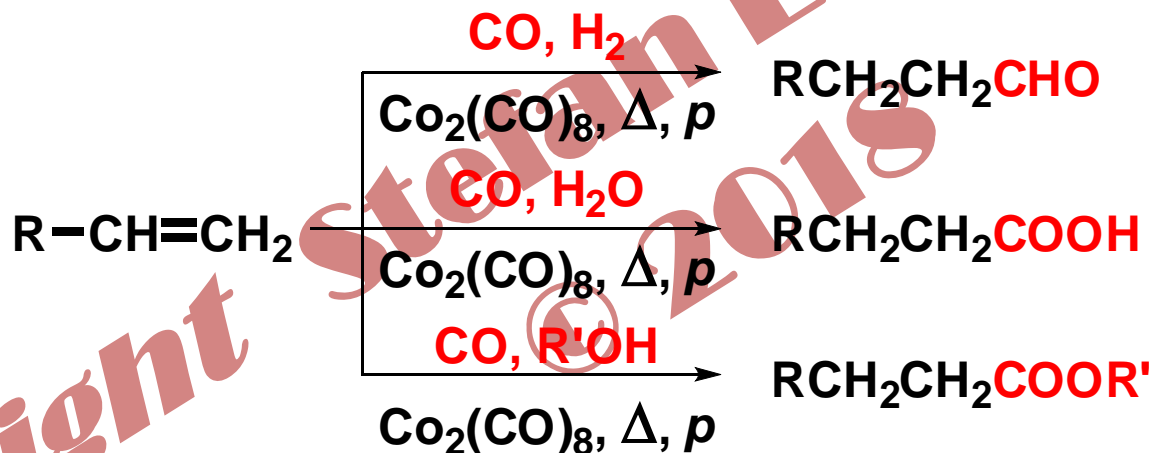


Дихлорокарбен, :CCl_2 , се генерира лесно от хлороформ и силна основа. Този карбен **реагира стереоспецифично** с алкени – от *цис*-пент-2-ен се образува единствен стереоизомер, *цис*-дизаместен циклопропан; от *транс*-алкен – само *транс*-дизаместен циклопропан.



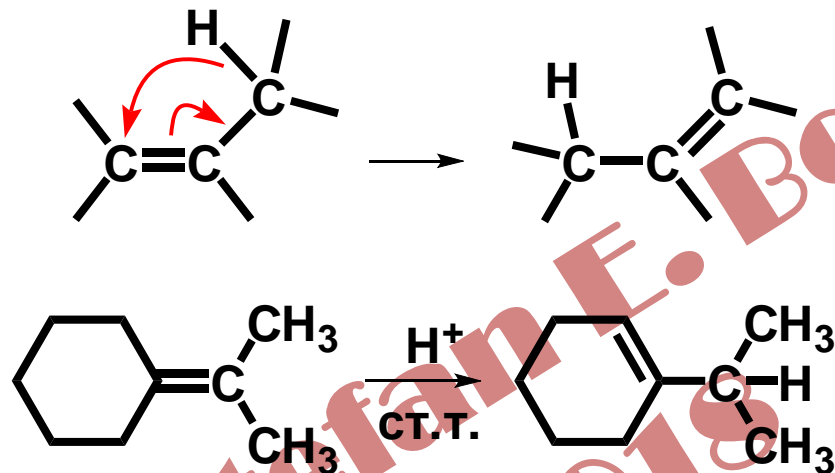
Хидроформиране (оксосинтеза)

В индустриални условия алкените, особено нискомолекулните, са ценни изходни съединения за разнообразни продукти. Реакцията хидроформиране използва CO и H₂ в присъствие на катализатор кобалтов октакарбонил, която превръща **алкен в алдехид**. Така функционализираните продукти са с по-ценни свойства.



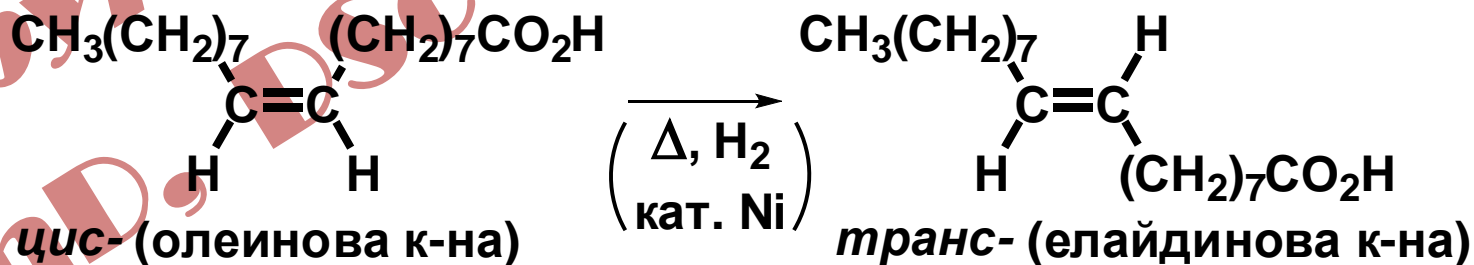
Изомеризация

Вид прегрупировка с изместване на π връзката във въглеродния скелет и миграция на водороден атом/и/.

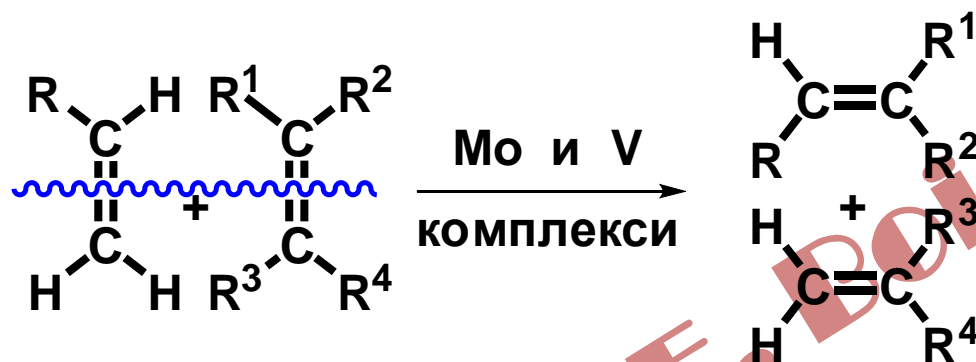


Движеща сила обикновено е по-голямата стабилност на продукта.

Цис- / транс- изомеризация е по-често срещана и е с индустриално значение.



Метатеза на алкени (гр. *Methathesis* – разместване)



Две молекули различни алкени се преобразуват в два нови алкена чрез разкъсване на C=C и реформиране на двойни връзки в присъствие на специализирани комплекси на преходни метали.



И. Шовен

Р. Грубс

Р. Шрок

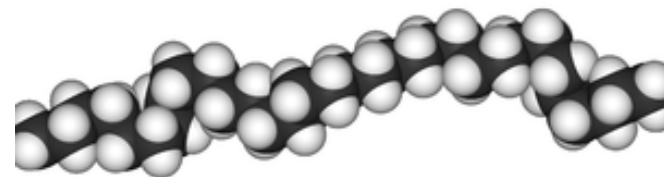
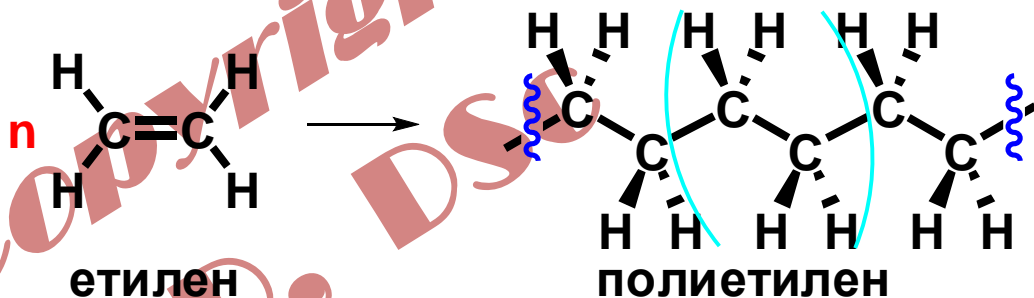
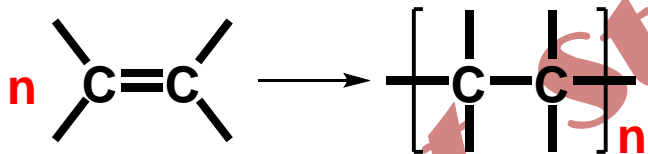
2005 Нобелова награда за
“разработване на метода
метатеза в органичния
синтез”

Полимеризация на алкени

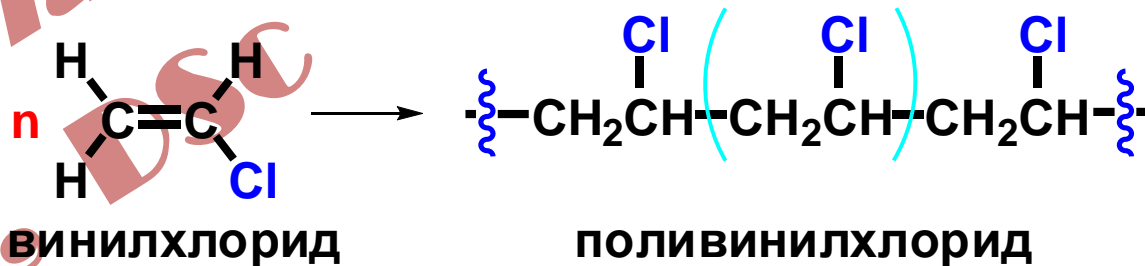
Полимер – голяма (понякога *много голяма*) молекула, построена от повтарящо се еднотипно свързване на много на брой малки молекули. Повтарящото се звено се нарича **мономер**.

Най-простите синтетични полимери произхождат от алкени, които се свързват един с друг в присъствие на подходящ катализатор.

От етилен – полиетилен; може да е с огромна $M_w \sim 6 \times 10^6$ и > 200000 мономерни звена. Годишно > 80 милиона тона.

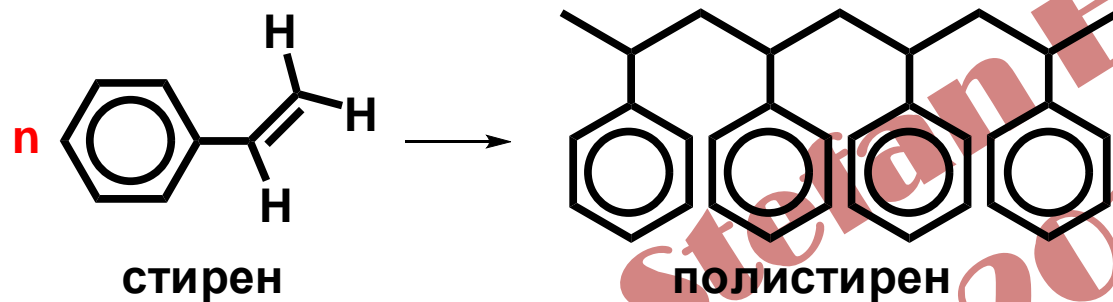


Мономер	Формула	Име на полимера	Приложение
Етилен	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	полиетилен, LDPE	опаковки, бутилки
Пропен (пропилен)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_3$	полипропилен	отливки, въжета
Хлороетилен (винилхлорид)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$	поливинилхлорид, PVC	тръби, филм, изолация
Стирен	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHC}_6\text{H}_5$	полистирен	пяна, отливки
Тетрафлуороетилен	$\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$	тефлон	незалепващи покрития, смазки
Акрилонитрил	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHC}\equiv\text{N}$	Орлон, PAN	влакна
Метилметакрилат	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{CH}_3$	плексиглас	бои, лист, отливки
Винилацетат	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHOCOSCH}_3$	поливинилацетат	бои, адхезиви, пяна

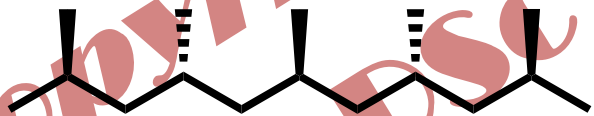


Много от заместените етилени, наречени общо **винилови мономери**, също полимеризират до дълги вериги с алтерниращи заместен-незаместен въглерод, както всички примери в предходната таблица.

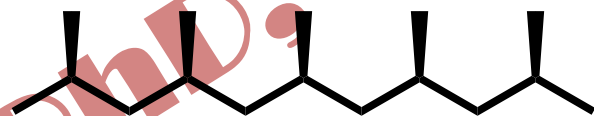
С наличие на заместители възниква въпросът за тяхното относително един спрямо друг пространствено разположение.



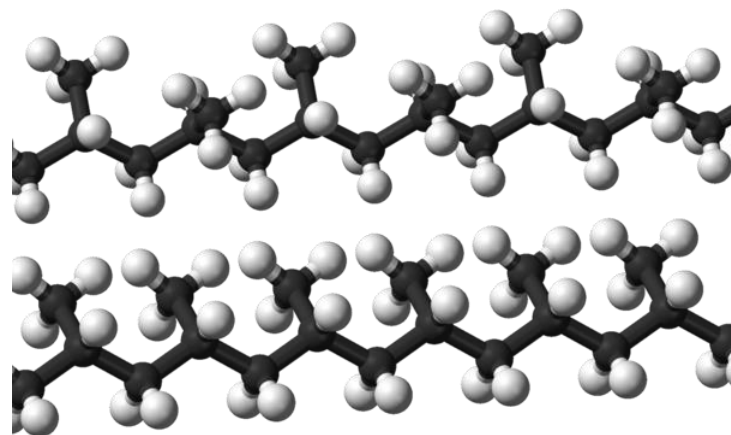
атактен



синдиотактен



изотактен



***Copyright* Stefan E. Boiadjev, PhD**
© 2018