

# АЛКЕНЫ



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Алкены - класс органических соединений, имеющий двойную связь между атомами углерода, структурная формула -  $C_nH_{2n}$ . Двойная связь в молекулах олефинов - это одна  $\sigma$ - и одна  $\pi$ -связь. Таким образом, если мы представим два атома углерода и разместим их на плоскости,  $\sigma$ -связь будет расположена на плоскости, а  $\pi$ -связь будет располагаться выше и ниже плоскости (если Вы плохо представляете себе, о чём идёт речь, обратитесь к разделу [ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ](#)).

### | ГИБРИДИЗАЦИЯ

В алкенах имеет место  $sp^2$ -гибридизация, для которой угол Н-С-Н составляет 120 градусов, а длина связи С=С равна 0,134 нм.

### | СТРОЕНИЕ

Из наличия  $\pi$ -связи следует, и подтверждается экспериментально, что:

- По своему строению, двойная связь в молекулах алкенов более восприимчива к внешнему воздействию, нежели обычная  $\sigma$ -связь
- Двойная связь делает невозможным вращение вокруг  $\sigma$ -связи, откуда следует наличие изомеров, данные изомеры называются цис- и транс-
- $\pi$ -связь менее прочна, чем  $\sigma$ -связь, поскольку электроны находятся дальше от центров атомов

### | ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Физические свойства алкенов схожи с физическими свойствами алканов. Алкены, имеющие до пяти атомов углерода, находятся в газообразном

состоянии при нормальных условиях. Молекулы с содержанием от шести до 16 атомов углерода находятся в жидком состоянии и от 17 атомов углерода - алкены находятся в твёрдом состоянии при нормальных условиях.

Температура кипения алкенов в среднем увеличивается на 30 градусов на каждую  $\text{CH}_2$ -группу, как и у алканов, ответвления снижают температуру кипения вещества.

Наличие  $\pi$ -связи делает олефины слабо растворимыми в воде, что обуславливает их небольшую полярность. Алкены - неполярные вещества и растворяются в неполярных растворителях и слабо полярных растворителях.

Плотность алкенов выше, чем у алканов, но ниже чем у воды

## | ИЗОМЕРИЯ

- Изомерия углеродного скелета: 1-бутен и 2-метилпропен
- Изомерия положения двойной связи: 1-бутен и 2-бутен
- Межклассовая изомерия: 1-бутен и циклобутан

## РЕАКЦИИ

Характерные реакции алкенов - реакции присоединения,  $\pi$ -связь разрывается и образовавшиеся электроны охотно принимают новый элемент. Наличие  $\pi$ -связи означает большее количество энергии, поэтому, как правило, реакции присоединения носят экзотермический характер, т.е. протекают с выделением тепла.

## РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

### ПРИСОЕДИНЕНИЕ ГАЛОГЕНВОДОРОДОВ

Галогенводороды легко присоединяются к двойной связи алкенов, формируя галогеналкилы. Галогенводороды смешивают с уксусной кислотой, либо напрямую, в газообразном состоянии, смешивают с алкеном. Для рассмотрения механизма реакции, необходимо знать правило Марковникова.

## | ПРАВИЛО МАРКОВНИКОВА

При взаимодействии гомологов этилена с кислотами, водород присоединяется к более гидrogenизированному атому углерода.

Исключение из правила, [гидроборирование алкинов](#), будет рассмотрено в статье об алкинах.

Механизм реакции присоединения галогенводородов к алкенам следующий: происходит гомолитический разрыв связи в молекуле галогенводорода, образовывается протон и анион галогена. Протон присоединяется к алкену образуя карбкатион, такая реакция является эндотермической и имеет высокий уровень энергии активации, поэтому реакция происходит медленно. Образованный карбкатион очень реактивен, поэтому легко связывается с галогеном, энергия активации низкая, поэтому этот этап не тормозит реакцию.

## ГАЛОГЕНИРОВАНИЕ

При комнатной температуре алкены реагируют с хлором и бромом в присутствии тетрахлорметана. Механизм реакции присоединения галогенов выглядит следующим образом: электроны с  $\pi$ -связи воздействуют на молекулу галогена  $X_2$ . По мере приближения галогена к олефину, электроны в молекуле галогена смещаются к более отдалённому атому, таким образом молекула галогена поляризуется, ближайший атом имеет положительный заряд, более удалённый - отрицательный. Происходит гетеролитический разрыв связи в молекуле галогена, образуется катион и анион. Катион галогена присоединяется к двум атомам углерода посредством электронной пары  $\pi$ -связи и свободной электронной пары катиона. Оставшийся анион галогена воздействует на один из атомов углерода в молекуле галогеналкена разрывая цикл C-C-X и образовывая дигалогеналкен.

Реакции присоединения алкенов находят два основных применения, первое - количественный анализ, определение количества двойных связей количеством поглощенных молекул  $X_2$ . Второе - в промышленности. Производство пластика основано на винилхлориде. Трихлорэтилен и тетрахлорэтилен - отличные растворители ацетиленовых жиров и резин.

## ГИДРИРОВАНИЕ

Присоединение газообразного водорода к алкену происходит с катализаторами Pt, Pd или Ni. В результате реакции образуются алканы. Основное применение реакции каталитического присоединения водорода - это,

во-первых, количественный анализ. По остатку молекул  $H_2$  можно определить количество двойных связей в веществе. Во-вторых, растительные жиры и жиры рыб являются непредельными углеводами и такое гидрирование приводит к увеличению температуры плавления, преобразуя в твёрдые жиры. На данном процессе основано производство маргарина.

## ГИДРАТАЦИЯ

При смешивании алкенов с серной кислотой образуются алкил-гидросульфаты. При разбавлении алкил-гидросульфатов водой и сопутствующем нагревании, образуется спирт. Пример реакции - смешивание этена (этилен) с серной кислотой, последующее смешивание с водой и нагревание, результат - этанол.

## ОКИСЛЕНИЕ

Алкены легко окисляются различными веществами, такими как, например,  $KMnO_4$ ,  $O_3$ ,  $OsO_4$  и т.д. Существует два вида окисления алкенов: разрыв  $\pi$ -связи без разрыва  $\sigma$ -связи и разрыв  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи. Окисление без разрыва сигма-связи называется мягким окислением, с разрывом сигма-связи - жёстким окислением.

Окисление этена без разрыва  $\sigma$ -связи образует эпоксиды (эпоксиды - это циклические соединения C-C-O) или двухатомные спирты. Окисление с разрывом  $\sigma$ -связи образует ацетоны, альдегиды и карбоновые кислоты.

## ОКИСЛЕНИЕ ПЕРМАНГАНАТОМ КАЛИЯ

Реакции окисления алкенов под воздействием перманганата калия называются были открыты Егором Вагнером и носит его имя. В реакции Вагнера, окисление происходит в органическом растворителе (ацетон или этанол) при температуре  $0-10^\circ C$ , в слабом растворе перманганата калия. В результате реакции образуются двухатомные спирты и обесцвечивается перманганат калия.

## ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

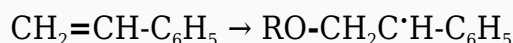
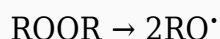
Большинство простых алкенов могут испытывать реакции самоприсоединения, формируя таким образом большие молекулы из структурных единиц. Такие большие молекулы называются полимерами, реакция, которая позволяет

получить полимер называется полимеризацией. Простые структурные единицы, образующие полимеры, называются мономерами. Полимер обозначается заключением повторяющейся группы в скобках с указанием индекса "n", что означает большое количество повторений, например: " $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$ " - полиэтилен. Процессы полимеризации - основа производства пластика и волокон.

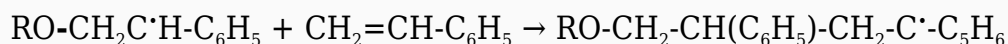
## РАДИКАЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

Радикальная полимеризация инициируется при помощи катализатора - кислорода или пероксида. Реакция состоит из трёх этапов:

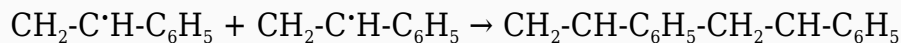
### Инициация



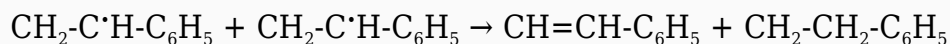
### Рост цепи



### Обрыв цепи рекомбинацией

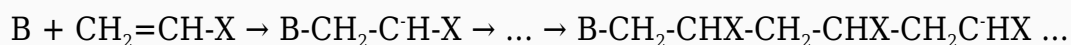
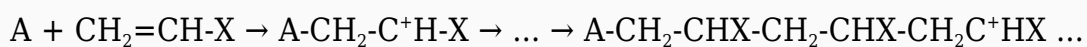


### Обрыв цепи диспропорционированием



## ИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

Другой способ полимеризации алкенов - это ионная полимеризация. Реакция протекает с образованием промежуточных продуктов - карбкатионов и карбанионов. Образование первого карбкатиона, как правило, осуществляется при помощи кислоты Льюиса, образование карбаниона происходит, соответственно, при реакции с основанием Льюиса.



## РАСПРОСТРАНЁННЫЕ ПОЛИМЕРЫ

Наиболее распространёнными полимерами являются:

Мономер	Формула	Полимер
Этен	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	Полиэтилен
Хлорэтилен (винилхлорид)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$	Поливинилхлорид (ПВХ)
Фенилэтен	$\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$	Тефлон
Пропеннитрил (поリアкрилонитрил)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$	Нитрон
Метилметакрилат	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$	Оргстекло

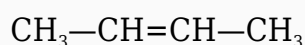
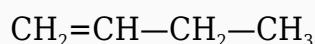
**Таблица 1.** Распространённые полимеры

## НОМЕНКЛАТУРА

Название алкенов, аналогично алканам, состоит из первой части - префикса, обозначающего количество атомов углерода в главной цепи, и суффикса -ен. Алкен - соединение с двойной связью, поэтому молекулы алкена начинаются с двух атомов углерода. Первый в списке - этен, эт- - два атома углерода, -ен - наличие двойной связи.

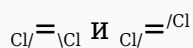


Если в молекуле более трёх атомов углерода, то необходимо указывать позицию двойной связи, например, бутен может быть двух видов:



Для обозначения позиции двойной связи, необходимо добавить цифру, для примера выше это будут 1-бутен и 2-бутен соответственно (также применяются названия 1-бутен и 2-бутен, но они не являются систематическими).

Наличие двойной связи влечёт за собой изомерию, когда молекулы могут находиться по разные стороны от двойной связи, например:



Данная изомерия именуется цис- (Z-zusammen, с немецкого вместе) и транс-

(E-entgegen, с немецкого напротив), в первом случае цис-1,2-дихлорэтен (или (Z)-1,2-дихлорэтен), во втором - транс-1,2-дихлорэтен (или (E)-1,2-дихлорэтен).

---

**УДК: ГРНТИ:**

**Автор статьи:** Телятников З.А.

**Дата написания статьи:** 18.05.2017

**Адрес статьи в интернете:** [http://k-tree.ru/articles/himiya/organicheskaya\\_himiya/alkeny](http://k-tree.ru/articles/himiya/organicheskaya_himiya/alkeny)

**Дата формирования документа:** 22.10.2017 03:56

---

Все материалы данного файла являются объектами авторского права (в том числе дизайн).  
Запрещается копирование, распространение (в том числе путем копирования на другие сайты и ресурсы в Интернете) или любое иное использование информации и объектов без предварительного согласия правообладателя.