

Классификация органических соединений и реакций. Изомерия

Лекция 2

Классификация органических соединений

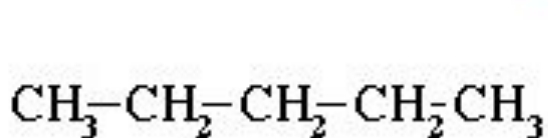
1. По строению углеродной цепи



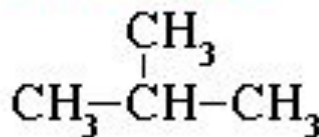
- **Алициклические соединения** – соединения с открытой (незамкнутой) углеродной цепью. Эти соединения называются также *алифатическими*
- Среди ациклических соединений различают **предельные** (насыщенные), содержащие в скелете только одинарные связи С-С и **непредельные** (ненасыщенные), включающие кратные связи С=С и С≡С

Ациклические (алифатические) соединения

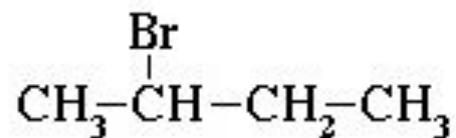
предельные



н-Пентан

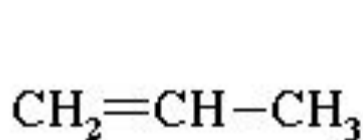


Изобутан

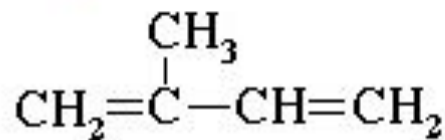


2-Бромбутан

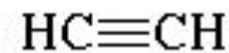
непредельные



Пропилен



Изопреп



Ацетилен

- **Циклические соединения** – соединения с замкнутой углеродной цепью.
- В зависимости от природы атомов, составляющих цикл, различают *карбоциклические и гетероциклические соединения*.

Карбоциклические соединения содержат в

цикле только атомы углерода.

Они делятся на две существенно

различающихся по

химическим свойствам

группы: *алифатические циклические*

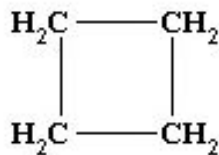
(алициклические) и

ароматические

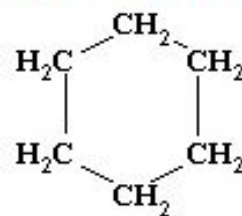
соединения.

Карбоциклические соединения

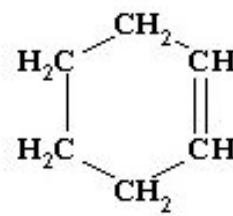
алициклические



Циклобутан

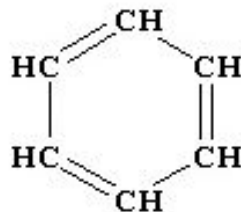


Циклогексан



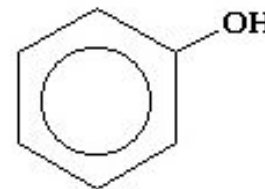
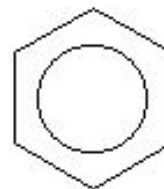
Циклогексен

ароматические



Бензол

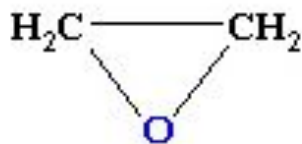
или



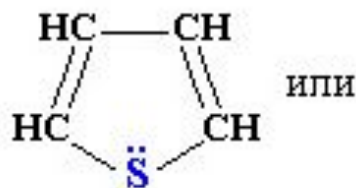
Фенол

- **Гетероциклические соединения** содержат в цикле, кроме атомов углерода, один или несколько атомов других элементов – **гетероатомов** – кислород, азот, серу и другие.

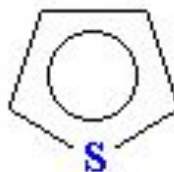
Гетероциклические соединения



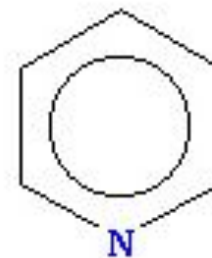
Этиленоксид
(эпоксид)



или



Тиофен



Пиридин

2. По функциональным группам

- В каждом из типов углеродного скелета все соединения распределяются по классам в зависимости от входящих в их состав функциональных групп.
- **Функциональной группой** называют атом или группу атомов, определяющих принадлежность соединения к конкретному классу и ответственных за его химические свойства.
- Например, класс спиртов (группа -ОН), класс аминов (группа -NH₂), класс карбоновых кислот (группа -COOH), класс металлоорганических соединений и т. д.:
- Кратную связь также можно рассматривать как функцию. Соответственно углеводороды, содержащие кратные связи, подразделяются на алкены, алкины, диены и т. д.
- Соединения с несколькими одинаковыми функциональными группами называются *полифункциональными*
- Если в молекуле содержатся разные функциональные группы, то соединение относят к классу *гетерофункциональных*

Классы органических соединений

Функциональная группа	Название группы	Классы соединений	Общая формула	Пример
-ОН	Гидроксип	Спирты	R-OH	C_2H_5OH этиловый спирт
		Фенолы		 фенол
$>C=O$	Карбонил	Альдегиды	$\begin{matrix} R \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \\ H \end{matrix}$	CH_3CHO уксусный альдегид
		Кетоны	$\begin{matrix} R \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \\ R \end{matrix}$	CH_3COCH_3 ацетон
$\begin{matrix} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ OH \end{matrix}$	Карбоксип	Карбоновые кислоты	$R-C \begin{matrix} // \\ O \\ \backslash \\ OH \end{matrix}$	CH_3COOH уксусная кислота
-NO ₂	Нитрогруппа	Нитро-соединения	R-NO ₂	CH_3NO_2 нитрометан
-NH ₂	Аминогруппа	Амины	R-NH ₂	 анилин
-F, -Cl, -Br, -I (Hal)	Фтор, хлор, бром, иод (галоген)	Галогено-производные	R-Hal	CH_3Cl хлористый метил

Примечание: к функциональным группам иногда относят двойную и тройную связи.

Классификация органических реакций

- Классификацию органических реакций проводят на основе общих для всех реакций признаков: строение и состав исходных и конечных продуктов; изменение степеней окисления реагирующих частиц; тепловой эффект реакции; ее обратимость и т.п.
- **Наиболее часто органические реакции классифицируют по следующим признакам:**
 1. **по конечному результату реакции** (на основе сопоставления строения исходных и конечных продуктов);
 2. **по минимальному числу частиц, участвующих в элементарной реакции;**
 3. **по механизму разрыва ковалентных связей в реагирующих молекулах.**
- Тип многостадийных реакций определяют по самой медленной (лимитирующей) стадии. Различные способы классификации часто сочетаются друг с другом.

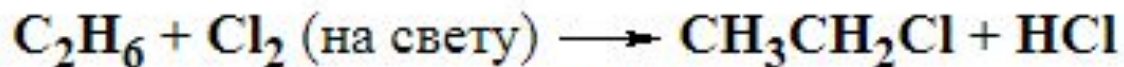
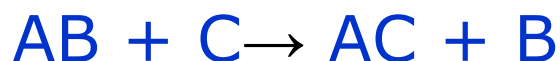
1. Классификация реакций по конечному результату

- В основе этой классификации лежит сопоставление числа, состава и строения исходных и конечных продуктов *по уравнению реакции*. В соответствии с конечным результатом различают следующие типы органических реакций:
- **Замещение (S)** (от англ. substitution) ;
- **Присоединение (A)** (от англ. addition);
- **Отщепление (элиминирование) (E)** (от англ. elimination);
- **Изомеризация (перегруппировка);**
- **Разложение.**

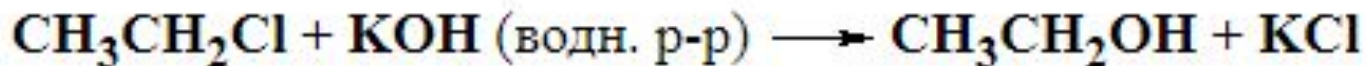
- Если процесс сопровождается изменением *степени окисления атома углерода* в органическом соединении, то выделяют также **реакции окисления и восстановления**.

Реакции замещения

- Атом или атомная группировка в молекуле органического соединения замещается на другой атом (или атомную группировку):



хлорирование этана



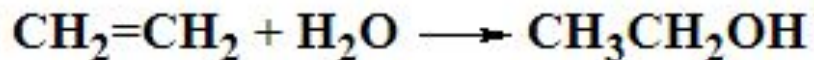
щелочной гидролиз хлорэтана

Реакции присоединения

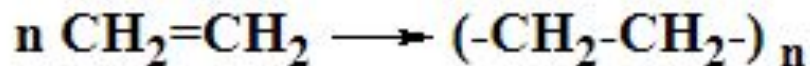
- В реакциях присоединения молекула органического соединения и молекула простого или сложного вещества соединяются в новую молекулу, при этом другие продукты реакции не образуются:



бромирование пропена



гидратация этилена



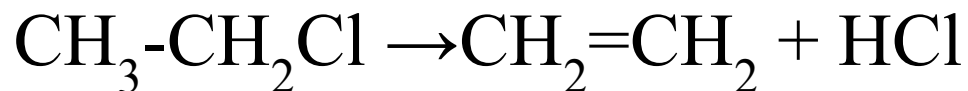
полимеризация
этилена

Реакции отщепления

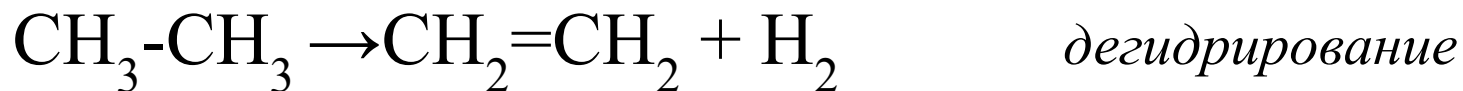
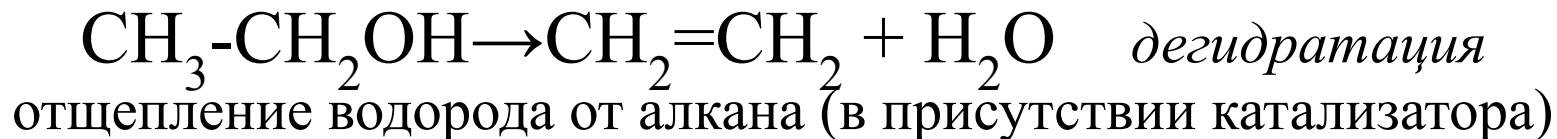
- В реакции отщепления (элиминирования) происходит отрыв атомов или атомных групп от молекулы исходного вещества при сохранении ее углеродного скелета



- отщепление хлороводорода (при действии на хлоралкан спиртовым раствором щёлочи)

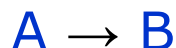


- отщепление воды (при нагревании спирта с серной кислотой)

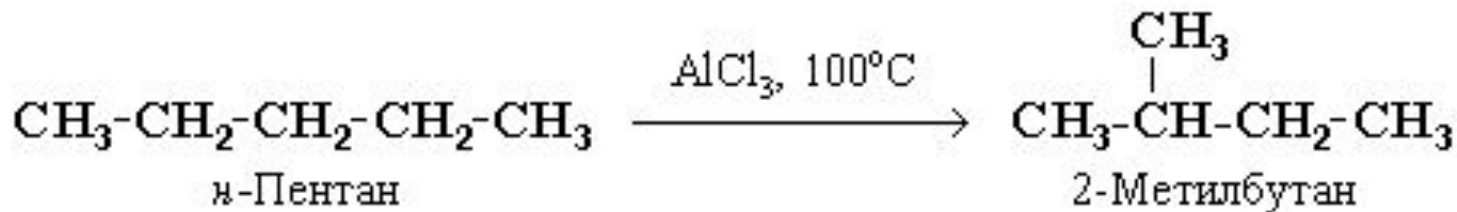


Реакции изомеризации или перегруппировки

- В органическом соединении происходит переход (миграция) отдельных атомов или групп атомов от одного участка молекулы к другому без изменения ее качественного и количественного состава:



- В этом случае исходное вещество и продукт реакции являются *изомерами* (структурными или пространственными).

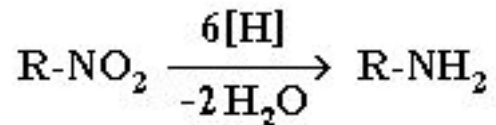


Реакции окисления и восстановления

- Окислительно-восстановительные реакции - реакции, в ходе которых меняется степень окисления атомов, входящих в молекулу. Для органических реакций этого типа применимы те же законы, что и для неорганических.
- Вещество окисляется, если оно теряет атомы Н и (или) приобретает атомы О. Кислородсодержащий окислитель обозначают символом [O]:



- Вещество восстанавливается, если оно приобретает атомы Н и (или) теряет атомы О. Восстановитель обозначают символом [H]:



2. Классификация реакций по числу частиц, участвующих в элементарной стадии

По этому признаку все реакции можно разделить на диссоциативные (мономолекулярные) и ассоциативные (бимолекулярные, тримолекулярные).

Мономолекулярные реакции – реакции, в которых участвует только одна молекула (частица):



К этому типу относятся реакции распада и изомеризации.

Бимолекулярные реакции - реакции типа

$A + B \rightarrow C + \dots$, в которых происходит столкновение двух молекул (частиц).

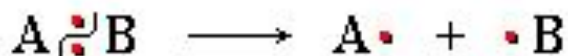
Это самый распространенный тип элементарных реакций.

Тримолекулярные реакции – реакции типа

$2A + B \rightarrow C + \dots$, в которых происходит столкновение трех молекул.

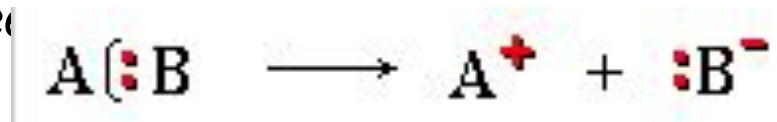
3. Классификация реакций по механизму разрыва связей

- В зависимости от способа разрыва ковалентной связи в реагирующей молекуле органические реакции подразделяются на **радикальные** и **ионные реакции**.
- Ионные реакции в свою очередь делятся по характеру реагента, действующего на молекулу, на **электрофильные** и **нуклеофильные**.
- Разрыв ковалентной связи может происходить двумя способами, обратными механизмам ее образования.
- Разрыв связи, при котором каждый атом получает по одному электрону из общей пары, называется **гомолитическим**:



В результате гомолитического разрыва образуются частицы, каждая из которых имеет неспаренный электрон - **свободные радикалы**.

- Если при разрыве связи общая электронная пара остается у одного атома, то такой разрыв называется гетеролитическим



- В результате образуются разноименно заряженные ионы – катион и анион. Если заряд иона сосредоточен на атоме углерода, то катион называют *карбокатионом*, а анион – *карбанионом*.
- **Электрофильной** называется реакция, в которой молекула органического вещества подвергается действию электрофильного реагента.
- **Электрофильные («любящие электроны») реагенты или электрофилы** – это частицы (катионы или молекулы), имеющие свободную орбиталь на внешнем электронном уровне.
- Примеры электрофильных частиц: H^+ , CH_3^+ и другие карбокатионы, NO_2^+

- **Нуклеофильной** называется реакция, в которой молекула органического вещества подвергается действию нуклеофильного реагента.
- **Нуклеофильные («любящие ядро») реагенты, или нуклеофилы** - это частицы (анионы или молекулы), имеющие неподеленную пару электронов на внешнем электронном уровне.
- Примеры нуклеофильных частиц: OH^- , Cl^- , Br^- , CN^- , H_2O , CH_3OH , NH_3 .
- Благодаря подвижности π -электронов, нуклеофильными свойствами обладают также молекулы, содержащие π -связи: $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, C_6H_6

Изомерия органических соединений

- **Изомерия** – это явление существования отличающихся по свойствам химических соединений с одинаковым качественным и количественным составом и молекулярной массой, т. е. с одинаковой молекулярной формулой

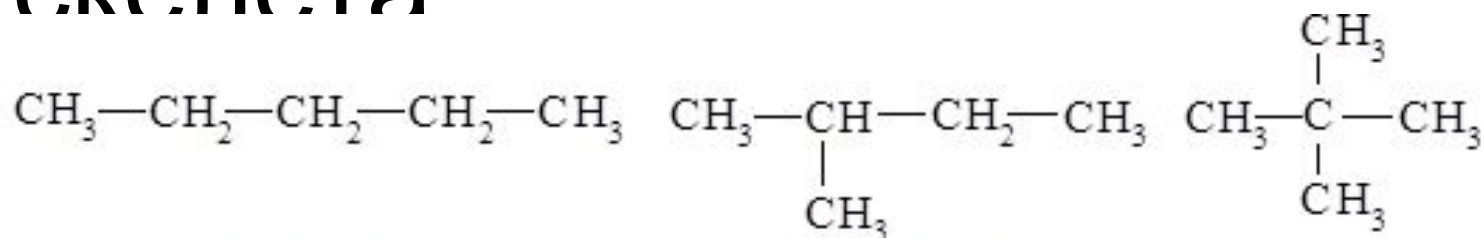
- **Виды изомерии:**

1. Структурная
2. Динамическая
3. Пространственная

1. Структурная изомерия

- **Структурные изомеры** – это изомеры, имеющие разную структурную формулу, т. е. разный порядок соединения атомов в молекуле.
- Различное строение имеет следствием существенное отличие в физических и химических свойствах изомеров.
- **Виды структурной изомерии:**
 - 1) Изомерия углеродного скелета
 - 2) Изомерия положения заместителя и взаиморасположения функциональных групп
 - 3) Метамерия

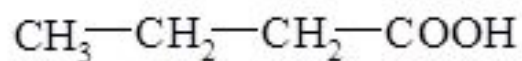
Изомерия углеродного скелета



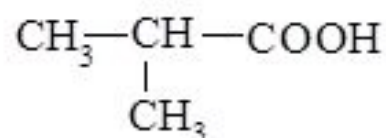
пентан

2-метилбутан

2,2-диметилпропан



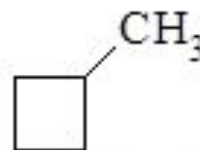
бутановая кислота



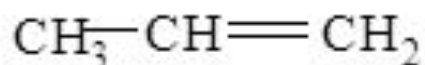
2-метилпропановая кислота



циклопентан



метилциклобутан

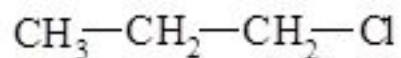


пропилен

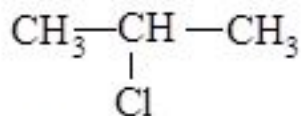


циклопропан

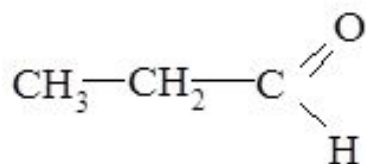
Изомерия положения и взаиморасположения функциональных групп



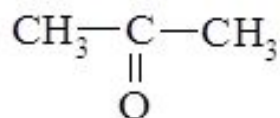
1-хлорпропан



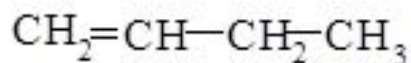
2-хлорпропан



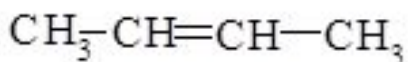
пропаналь



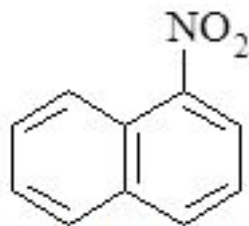
пропанон (ацетон)



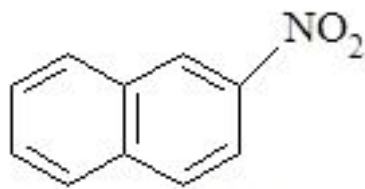
бутен-1



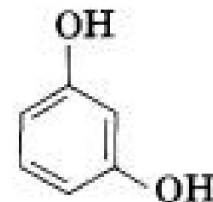
бутен-2



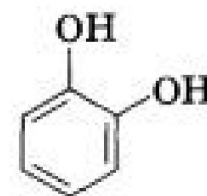
1-нитронафталин



2-нитронафталин



резорцин



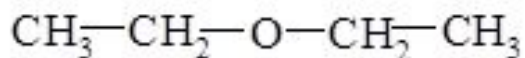
пирокатехин



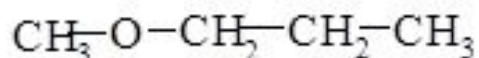
гидрохинон

Метамерия

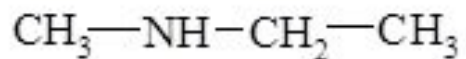
- **Метамерами** называются изомеры, отличающиеся величиной углеводородных радикалов у одного и того же многовалентного атома. В качестве такого атома может быть кислород, сера, азот и др.
- Метамерия характерна для простых эфиров, аминов, гетероциклов и др. соединений.



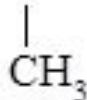
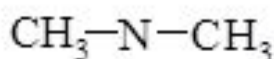
диэтиловый эфир



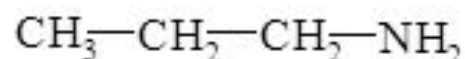
метилпропиловый эфир



метилэтиламин



три метиламин



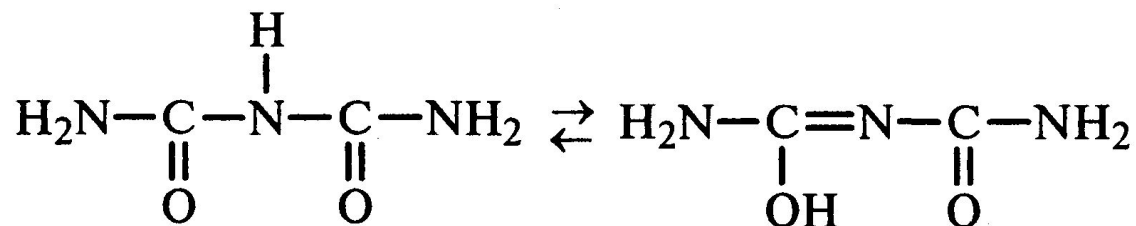
пропиламин

2. Динамическая изомерия

- **Таутомерия** – явление равновесной динамической изомерии, при которой происходит быстрое обратимое самопроизвольное превращение структурных изомеров, сопровождаемое миграцией подвижной группы между двумя или несколькими центрами в молекуле.

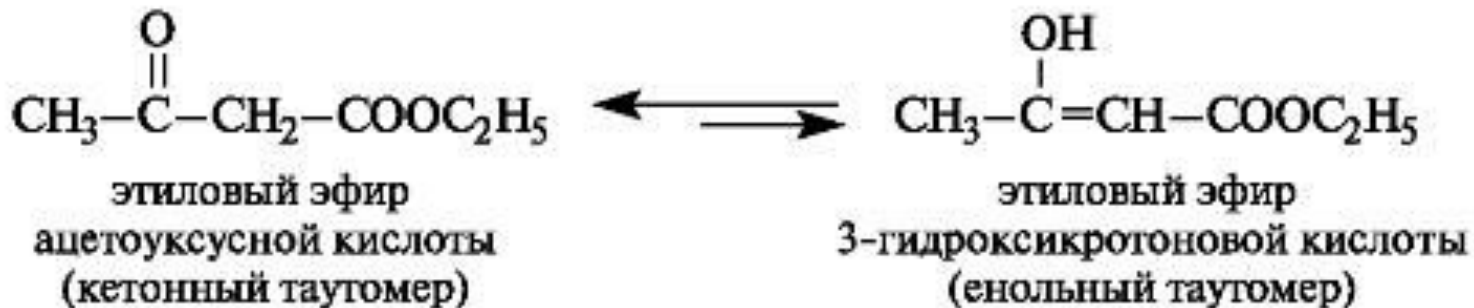
1. **Кето-енольная**
2. **Цикло-цепная**

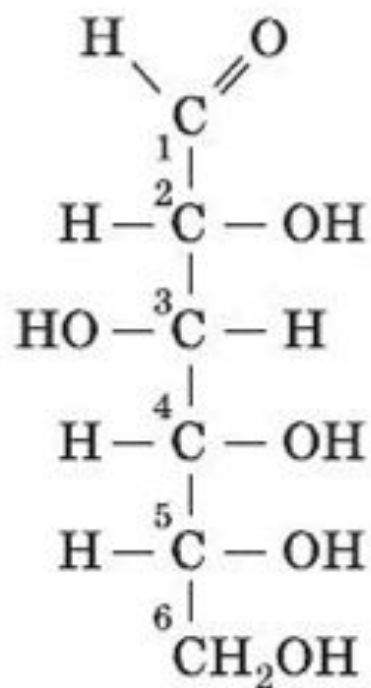
биуре
т



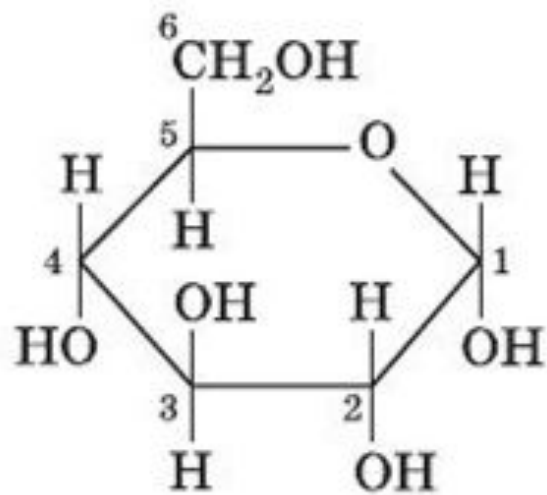
кето-
форма

енольная-
форма





линейная форма
D-глюкозы



α -D-глюкоза

3. Пространственная изомерия

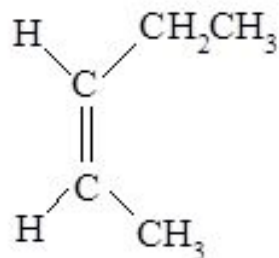
- **Пространственные изомеры (стереоизомеры)** – это вещества, имеющие одинаковую структурную формулу, т. е. одинаковый порядок соединения атомов молекуле, но различное их пространственное положение.

Виды:

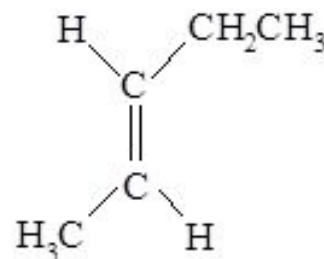
- **Геометрическая**
- **Оптическая**
- **Конформационная**

Геометрическая изомерия

- **Геометрические изомеры** отличаются пространственным расположением заместителей относительно связи (или системы связей), вращение вокруг которой невозможно или сильно затруднено и при обычных условиях не происходит.



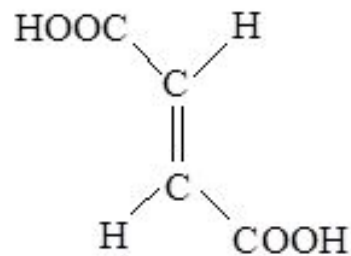
цис-пентен-2



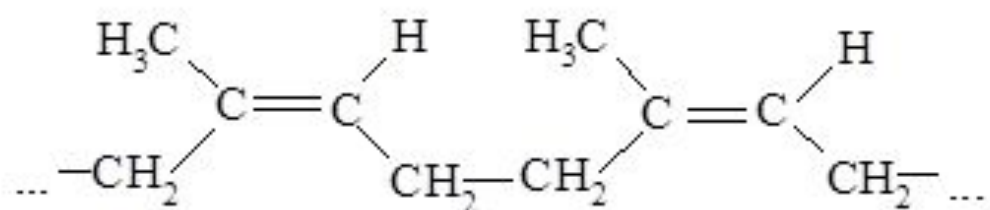
транс-пентен-2



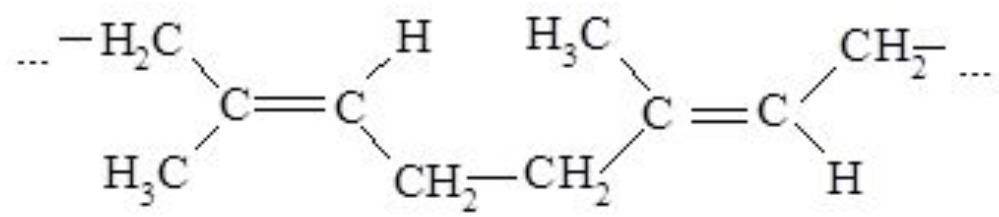
цис-бутендиовая кислота
(малеиновая)



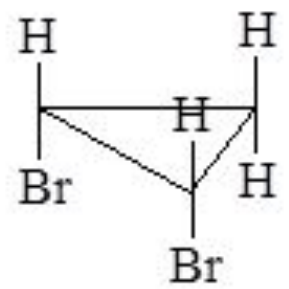
транс-бутендиовая кислота
(фумаровая)



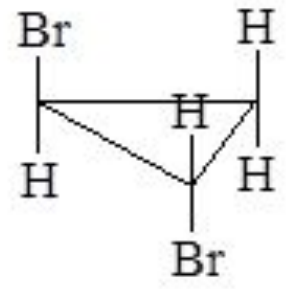
природный каучук



гуттаперча



цис-1,2-дибромциклопропан

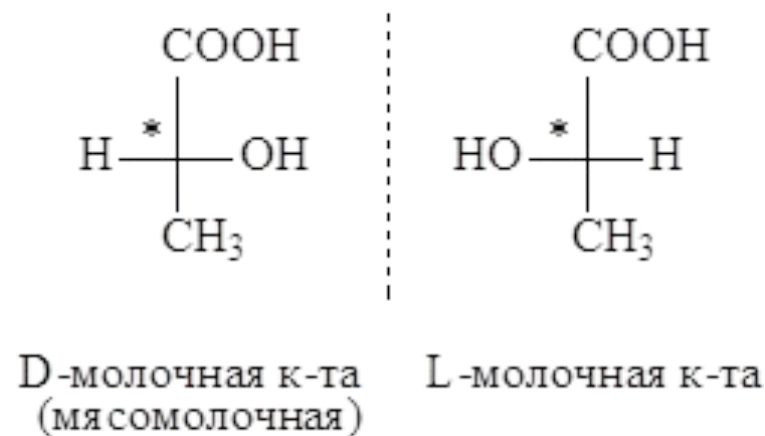
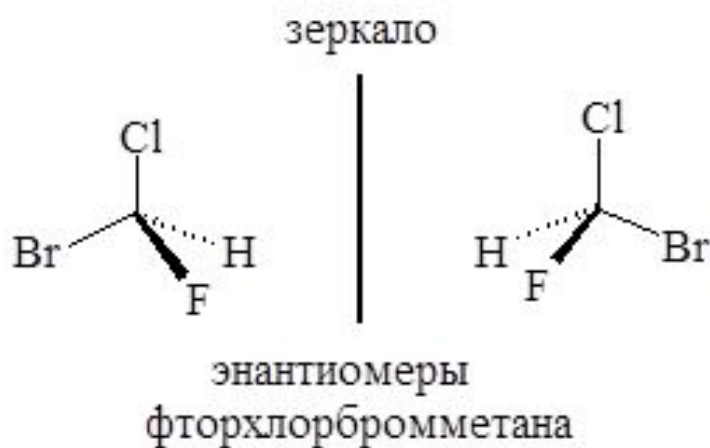


транс-1,2-дибромциклопропан

Оптическая изомерия

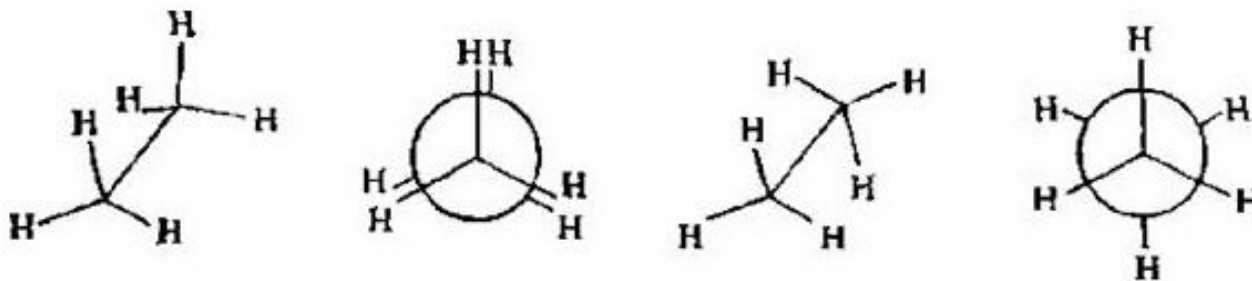
- В 1815 году французский физик Ж.Б. Био обнаружил, что некоторые природные органические вещества в жидком состоянии и в растворе проявляют особые свойства: при пропускании через них луча плоскополяризованного света они отклоняют его плоскость поляризации на некоторый угол в одну или другую сторону.
- Это явление называют вращением плоскости поляризованного света, а вещества, обладающие такой способностью – **оптически активными веществами**.
- В 1848 году французский химик и микробиолог Л. Пастер обнаружил различную оптическую активность у веществ, имеющих одну и ту же структурную формулу.

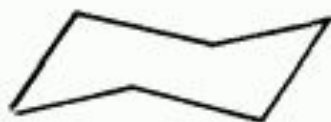
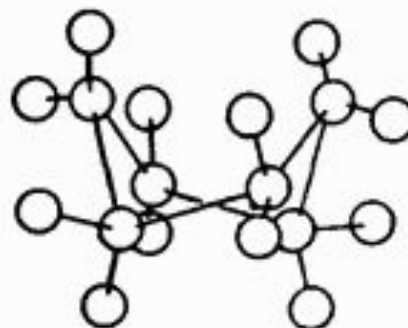
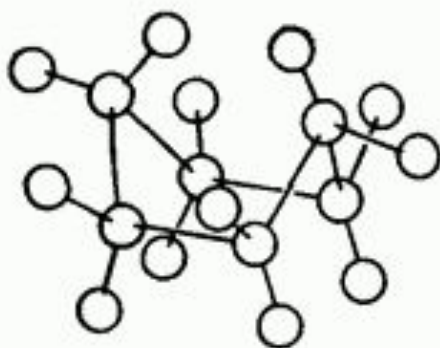
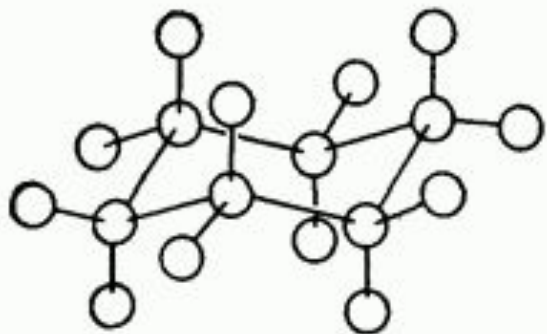
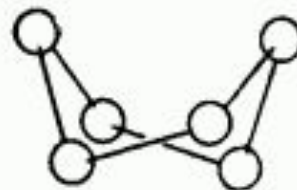
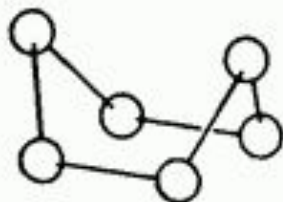
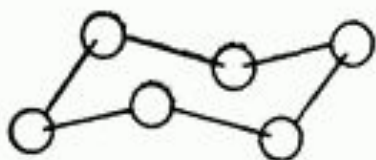
- Оптической активностью обладают соединения, в молекулах которых есть **асимметрический атом**.
- **Асимметрический атом углерода** – это атом, связанный с четырьмя разными заместителями. В этом случае возможно два способа расположения заместителей по углам тетраэдра.
- При этом возникают две формы молекулы, которые нельзя совместить в пространстве и которые относятся друг к другу как предмет и его зеркальное отображение. Такие стереоизомеры называются **энантиомерами**



Конформационная изомерия

- **Конформационная (поворотная) изомерия** обусловлена вращением атомов или атомных групп вокруг одной или нескольких простых **σ -связей**.
- В результате вращения вокруг С–С-связей молекулы могут иметь различные пространственные формы, которые называют **конформациями**
- Молекула этана вследствие вращения вокруг углерод-углеродной связи может принимать бесконечное множество конформаций. Две крайние конформации называют **заслоненной** и **заторможенной**.





*конформация
кресла*



*конформация
ванны
(максимум энергии)*



*Гвист-
конформация*