

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Органическая химия — раздел химии, изучающий структуру, свойства и методы синтеза соединений углерода с другими химическими элементами, относящихся к органическим соединениям. Первоначальное значение термина органическая химия подразумевало изучение только соединений углерода растительного и животного происхождения.

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- **Биоорганическая химия** — наука, которая изучает связь между строением органических веществ и их биологическими функциями. Объектами изучения являются биологически важные природные и синтетические соединения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ А. М. БУТЛЕРОВА

1. Атомы, входящие в состав молекулы органического вещества, не находятся в беспорядочном состоянии, а соединены между собой в определённой последовательности химическими связями (согласно валентности этих атомов). Последовательность соединения атомов в молекулах Бутлеров назвал химическим строением.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ А. М. БУТЛЕРОВА

2. От строения молекул, то есть от того, в каком порядке соединены между собой атомы в молекуле, зависят свойства вещества.
3. Зная свойства вещества, можно установить его строение, и наоборот: химическое строение органического соединения может многое сказать о его свойствах.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ А. М. БУТЛЕРОВА

4. Химические свойства атомов и атомных группировок не являются постоянными, а зависят от других атомов (атомных групп), находящихся в молекуле. При этом наиболее сильное влияние атомов наблюдается в случае, если они связаны друг с другом непосредственно.

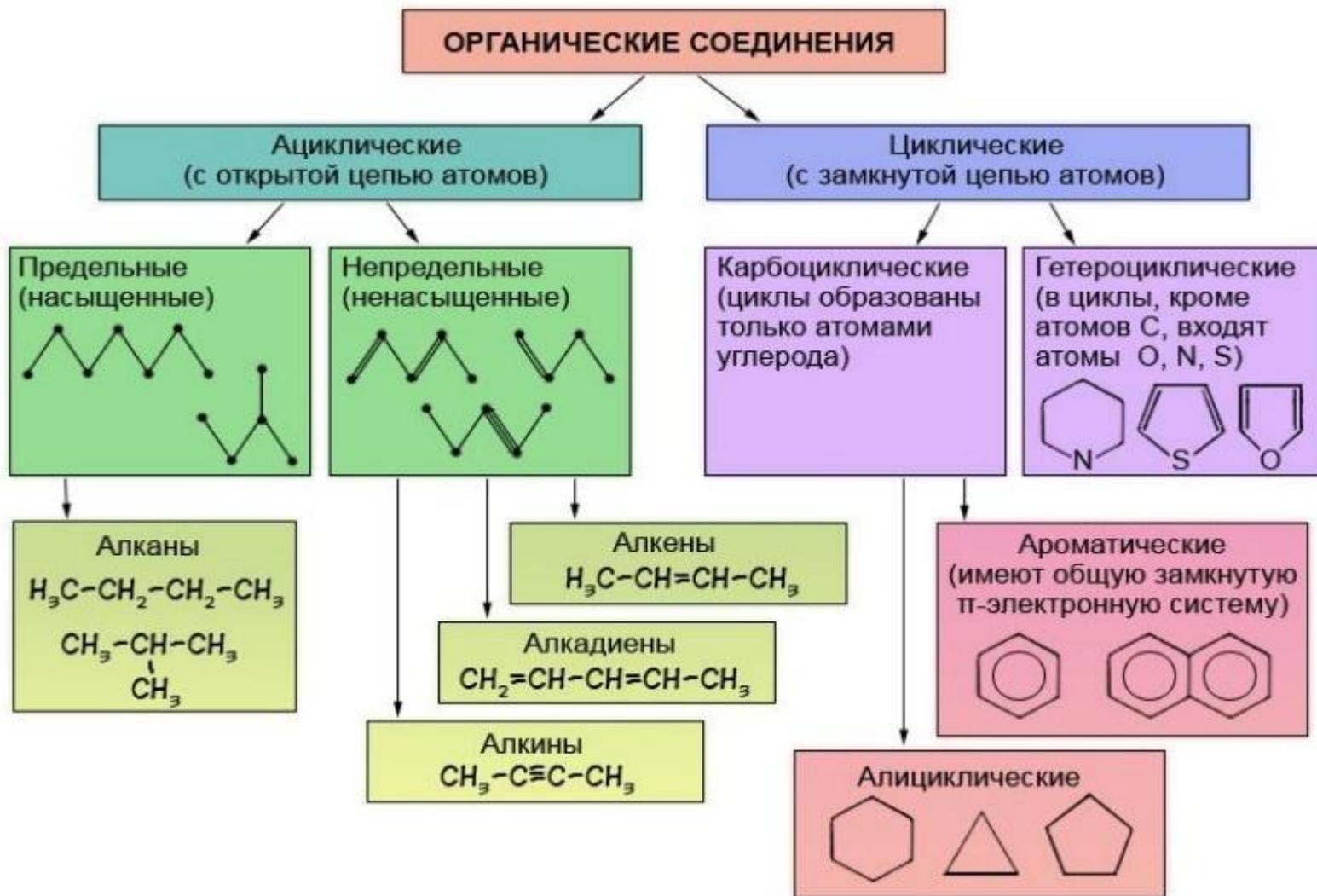
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ А. М. БУТЛЕРОВА

5. Строение молекулы можно выразить при помощи структурной формулы, которая для данного вещества является единственной. Различное строение при одном и том же составе и молекулярной массе вещества обуславливает явление изомерии.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- По типу углеродной цепи
 - По функциональной группе
- Функциональной называется группа атомов, определяющая наиболее характерные свойства вещества и его принадлежность к определенному классу соединений

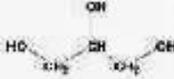
КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ УГЛЕРОДНОЙ ЦЕПИ



КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРУППЕ

Функциональ- ная группа	Название группы	Классы соединений	Общая формула	Пример
-ОН	Гидроксил	Спирты	R-OH	C_2H_5OH этиловый спирт
		Фенолы		 фенол
$>C=O$	Карбонил	Альдегиды	$R \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$	CH_3CHO уксусный альдегид
		Кетоны	$R \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$	CH_3COCH_3 ацетон
$\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$	Карбоксил	Карбоновые кислоты	$R-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$	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

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Номенклатура органических соединений			<i>nomenclatura</i> (лат.) – роспись имен
Тривиальные названия		Систематическая номенклатура	
(По способу получения, источникам, свойствам)		Радикально-функциональная (Радикал+функция или класс соед.)	Заместительная (IUPAC) (Правила IUPAC)
CH_4	Метан	Метан	Метан
C_2H_6	Этан	Этан	Этан
C_3H_8	Пропан	Пропан	Пропан
C_4H_{10}	Бутан	Бутан	Бутан
CH_3OH	Древесный спирт	Метильный спирт	Метанол
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Спирт	Этиловый спирт	Этанол
HCOH	Муравьиный альдегид	не применима	Метаналь
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	Эфир	Диэтиловый эфир	Этоксизтан
CH_3COCH_3	Ацетон	Диметилкетон	Пропанон
HCOOH	Муравьиная кислота	не применима	Метановая кислота
	Глицерин		Пропантриол

- **заместитель**
 - **родоначальная структура (УВ)**
 - **функциональная группа (старшая)**

Разделы 1-2

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- В правилах IUPAC используется несколько типов номенклатур, наиболее универсальная и распространённая из них – *заместительная*.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

- ⊙ Родоначальная структура (главная цепь) - это ациклический неразветвлённый углеводород, насыщенный или ненасыщенный, а также карбоциклическая или гетероциклическая система. Название родоначальной структуры является основой наименования вещества.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

◎ Заместители - атомы или группы атомов условно замещающие в родоначальной молекуле атомы водорода. Их делят на радикалы и характеристические группы.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

⊙ Радикал - в широком понимании - замещённый или незамещённый углеводородный или гетероциклический остаток. Радикал не определяет основной класс, к которому относится вещество, он обязательно содержит, в некотором смысле, родоначальную структуру второго порядка.

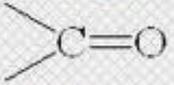
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

- Характеристические группы - это атомы или атомные группировки, обуславливающие химические свойства соединения и принадлежность его к определённому классу^{*}; в свою очередь, формально делятся на функциональные и нефункциональные.
- ^{*} Углерод-углеродные кратные связи к характеристическим группам обычно не причисляют.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

- ◎ Функциональные группы имеют два названия - одно для употребления в суффиксе, когда группа является старшей, и другое - для использования в префиксе, когда она является младшей (или одной из младших). Для таких заместителей существует ряд старшинства.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

Характеристическая группа	Префикс	Суффикс
—(C)OОН	—	-овая кислота
—COОН	карбокси-	-карбоновая кислота
—SO ₃ H	сульфо-	-сульфо кислота
—(C)H=O	оксо-	-аль
—CH=O	формил-	-карбальдегид
	оксо-	-он
—OH	гидрокси- ²	-ол
—SH	меркапто-	-тиол
—NH ₂	амино-	-амин

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

- Местоположения заместителей и ненасыщенных связей в родоначальной структуре указываются цифрами, которые получили название локантов. Расположение локантов подчиняется простому правилу: локанты ставятся перед префиксами, но после суффиксов***. Локанты отделяются друг от друга запятыми, а от префикса, суффикса и названия родоначальной структуры - дефисами.
- ** В английском и других иностранных языках часто используется иной порядок расстановки локантов.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

- ◎ Гомологический ряд - это группа родственных органических соединений, обладающих одинаковыми свойствами и однотипной структурой, каждый последующий представитель которого отличается от предыдущего на одну метиленовую группу - CH_2 - (гомологическую разность)

ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД АЛКАНОВ И ОРГАНИЧЕСКИЕ РАДИКАЛЫ

Метан	CH_4		CH_3-	Метил
Этан	CH_3-CH_3	C_2H_6	CH_3-CH_2-	Этил
Пропан	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	C_3H_8	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-Пропил
н-Бутан	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_4H_{10}	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_2-$	н-Бутил
н-Пентан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	C_5H_{12}	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_2-$	<u>н-Пентил</u>
<u>н-Гексан</u>	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	C_6H_{14}	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_2-$	<u>н-Гексил</u>
н-Гептан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$	C_7H_{16}	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_2-$	<u>н-Гептил</u>
н-Октан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3$	C_8H_{18}		
н-Нонан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$	C_9H_{20}		
<u>н-декан</u>	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$		

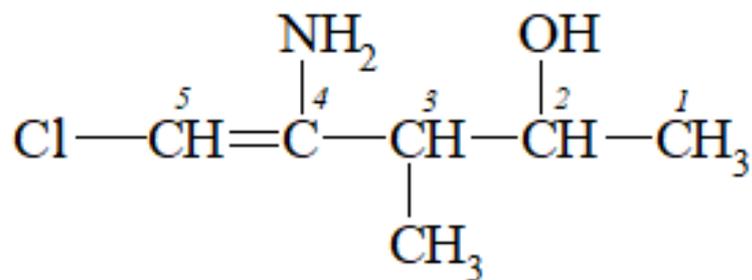
ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ НАЗВАНИЙ

1. Название наиболее длинной углеродной цепи, содержащей главную функциональную группу.
2. Нумерация цепи начинается с того конца, где ближе характеристическая группа или большее число радикалов.
3. Остальные группы считаются в цепи заместителями и перечисляются в названии по алфавиту. Их положение в цепи указывается цифрой, а число - умножающими приставками: ди-, три-, тетра-, пента- и т.д.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮТ ПО СЛЕДУЮЩЕЙ СХЕМЕ:

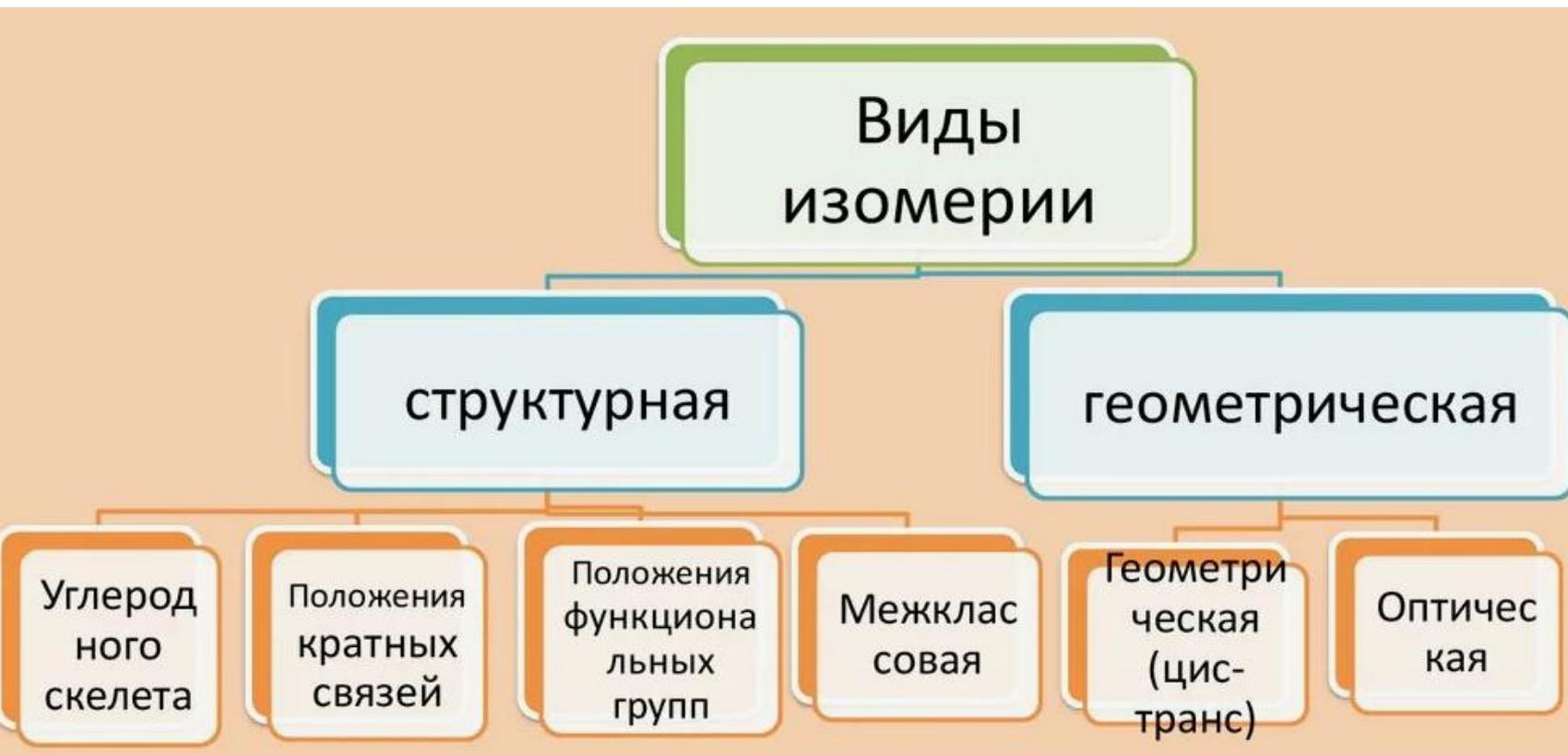
- ◎ Приставка - название младших функциональных групп и радикалов.
- ◎ Корень - название родоначальной структуры (цепь или цикл).
- ◎ Суффикс - название главной функциональной группы или кратная связь.

ЗАМЕСТИТЕЛЬНАЯ НОМЕНКЛАТУРА



РС – родоначная структура, ФГ – функциональная группа,
 НФХГ – нефункциональная характеристическая группа.

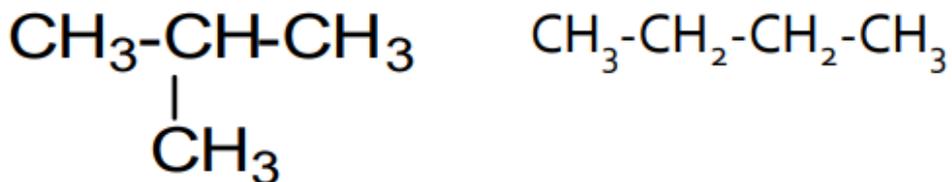
ИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



СТРУКТУРНАЯ ИЗОМЕРИЯ

- Структурная изомерия

а) *изомерия углеродного скелета*



2-метилбутан (изобутан)

бутан

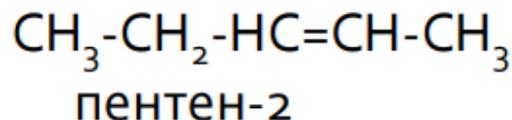
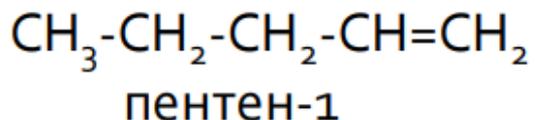
б) *изомерия положения функциональных групп*



пропанол-1

пропанол-2

в) *изомерия положения кратных связей*

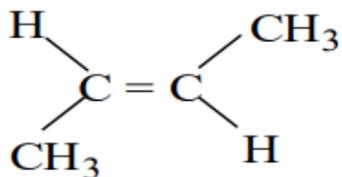


МЕЖКЛАССОВАЯ ИЗОМЕРИЯ

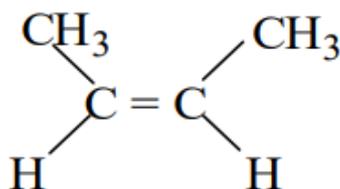
Алкены Циклоалканы	C_nH_{2n}	Циклопропан пропен
Алкины Алкадиены	C_nH_{2n-2}	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$ Бутин $CH_2=CH-CH=CH_2$ бутадиен
Спирты Простые эфиры	$C_nH_{2n+2}O$	CH_3-CH_2-OH этанол CH_3-O-CH_3 диметиловый эфир
Альдегиды Кетоны	$C_nH_{2n}O$	Пропаналь пропанон
Карбоновые кислоты и сложные эфиры карбоновых кислот	$C_nH_{2n}O_2$	Уксусная кислота (этановая кислота) Метиловый эфир муравьиной кислоты (метилформиат)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗОМЕРИЯ

а) геометрическая (цис-транс-изомерия)

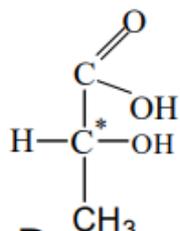


транс-бутен-2

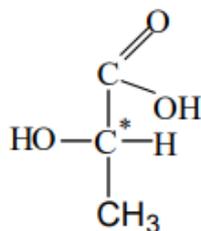


цис-бутен-2

б) оптическая изомерия связана с наличием в органических молекулах асимметрического атома углерода – хиральный центр молекулы (C^{*}). Это углерод в sp³-гибридизации, связанный с четырьмя различными заместителями. Все оптические изомеры условно делятся на стереохимические ряды D и L:



D – молочная кислота



L – молочная кислота

Оптические изомеры не различаются по химическим и физическим свойствам, но обладают разной оптической активностью.

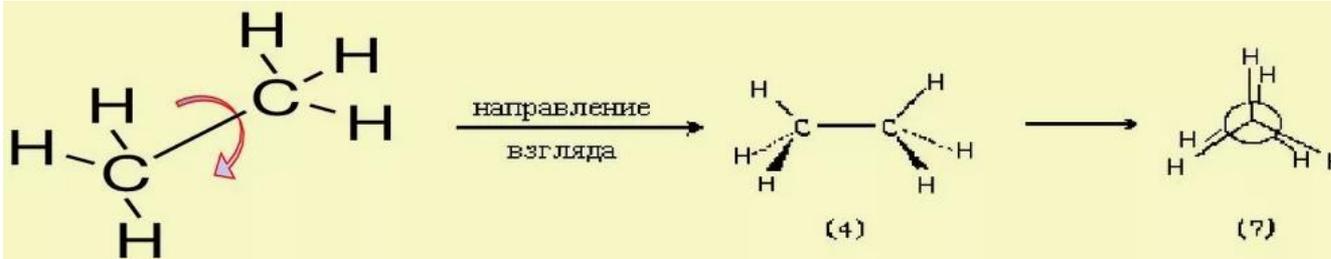
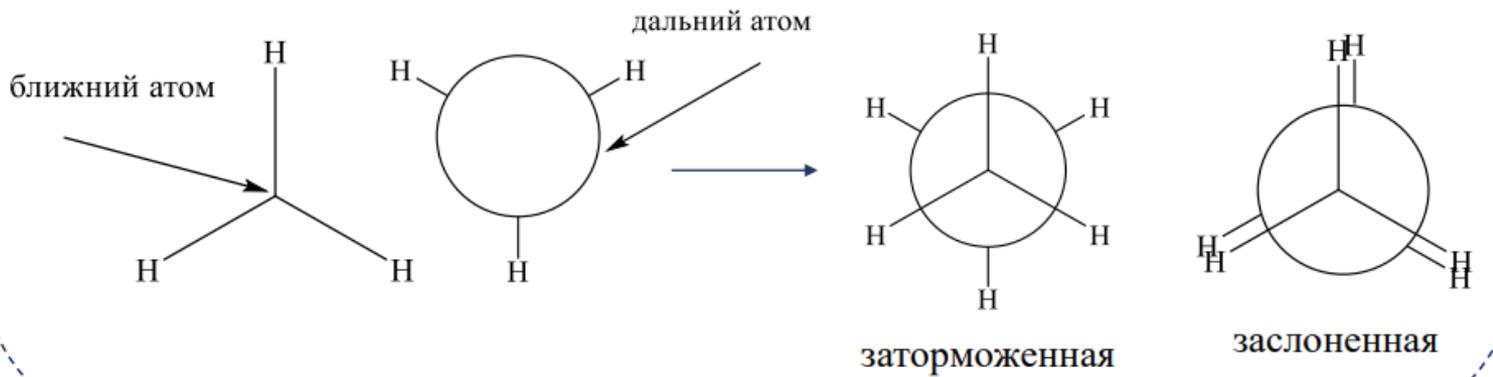
КОНФОРМАЦИОННАЯ ИЗОМЕРИЯ

- ◎ Конформации - это формы молекул, образующиеся в результате вращения одной части молекулы относительно другой вокруг σ -связей. Конформационные изомеры превращаются друг в друга без разрыва химических связей.

КОНФОРМАЦИОННАЯ ИЗОМЕРИЯ

- Проекционные формулы Ньюмена, получающиеся при проецировании на плоскость молекулы вдоль С-С-связи, применяют для описания конформаций. Ближайший к наблюдателю атом углерода обозначают точкой в центре круга, а сам круг символизирует удалённый атом углерода. Три связи каждого атома изображают в виде линий, расходящихся из центра круга - для ближайшего атома углерода, или отходящих от окружности - для удалённого атома углерода.

КОНФОРМАЦИОННАЯ ИЗОМЕРИЯ

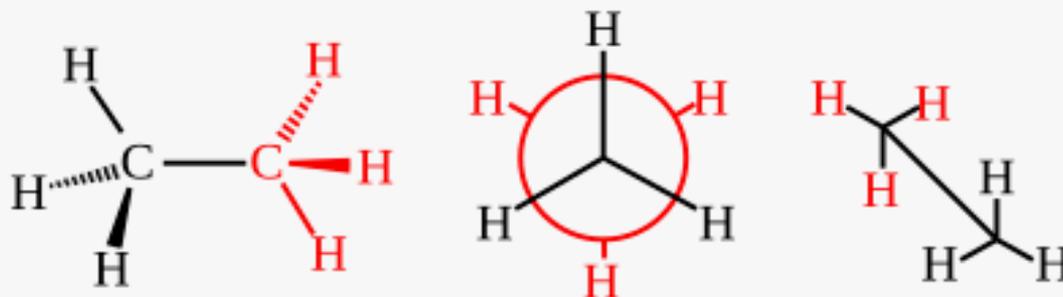


Формулы Ньюмена

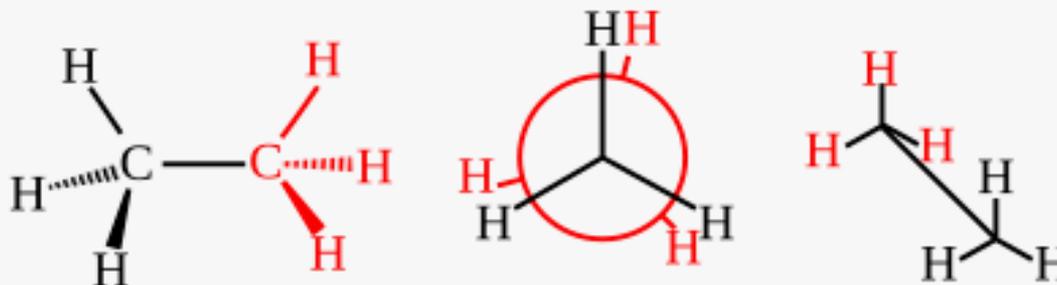


КОНФОРМАЦИИ ЭТАНА

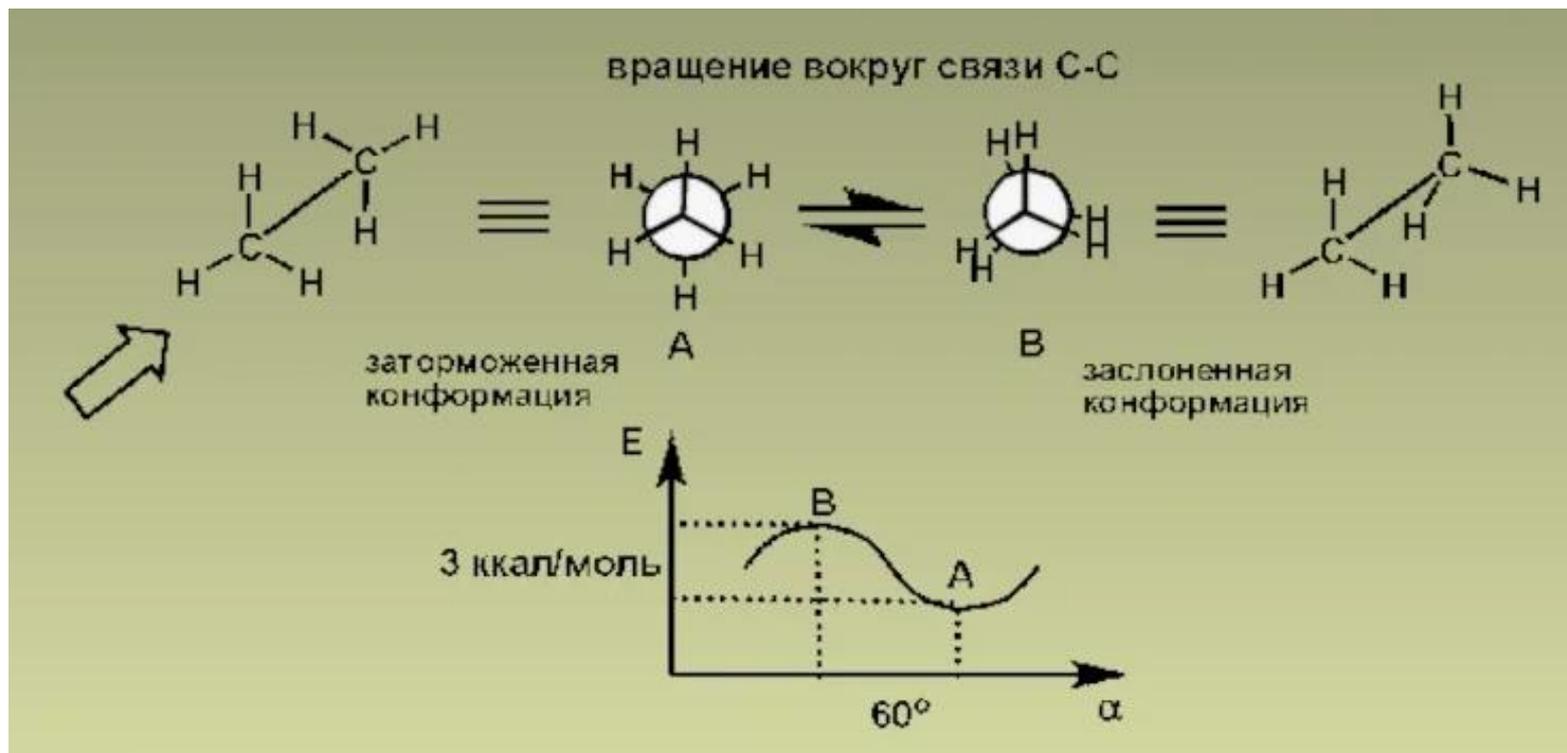
Заторможенная конформация



Заслонённая конформация



КОНФОРМАЦИИ ЭТАНА

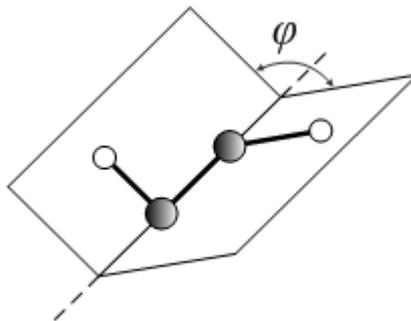


КОНФОРМАЦИОННАЯ ИЗОМЕРИЯ

- Заслонённые конформации этана неустойчивы, причиной этого является отталкивание электронных оболочек противостоящих связей, называемое торсионным напряжением. Торсионным напряжением объясняется неустойчивость некоторых конформаций у более сложных молекул

КОНФОРМАЦИОННАЯ ИЗОМЕРИЯ

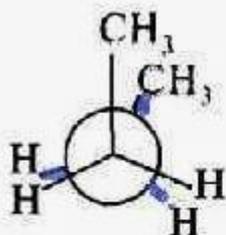
- Важнейшей характеристикой конформации, определяющей и энергию, и устойчивость, является торсионный угол (φ) - двухгранный угол, образованный плоскостями, в которых лежат связи соседних атомов четырёхатомного фрагмента.



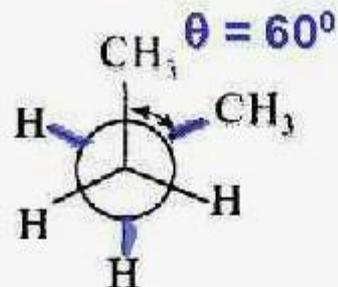
КОНФОРМАЦИИ БУТАНА

Конформации *n*-бутана

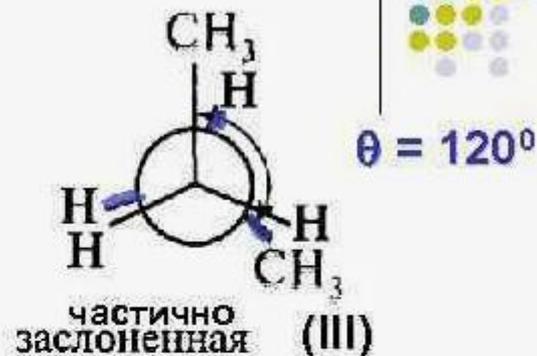
$\theta = 0^\circ$



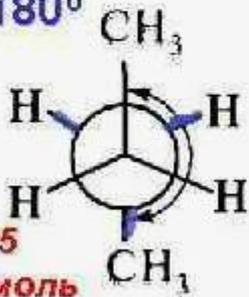
(I) полностью заслоненная



скошенная (гош-) (II)



$\theta = 180^\circ$

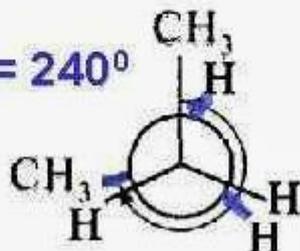


-25 кДж/моль

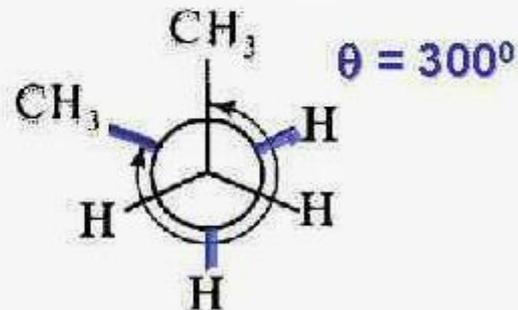
заторможенная (анти-) (IV)

наиб.уст. (IV) 69%

$\theta = 240^\circ$



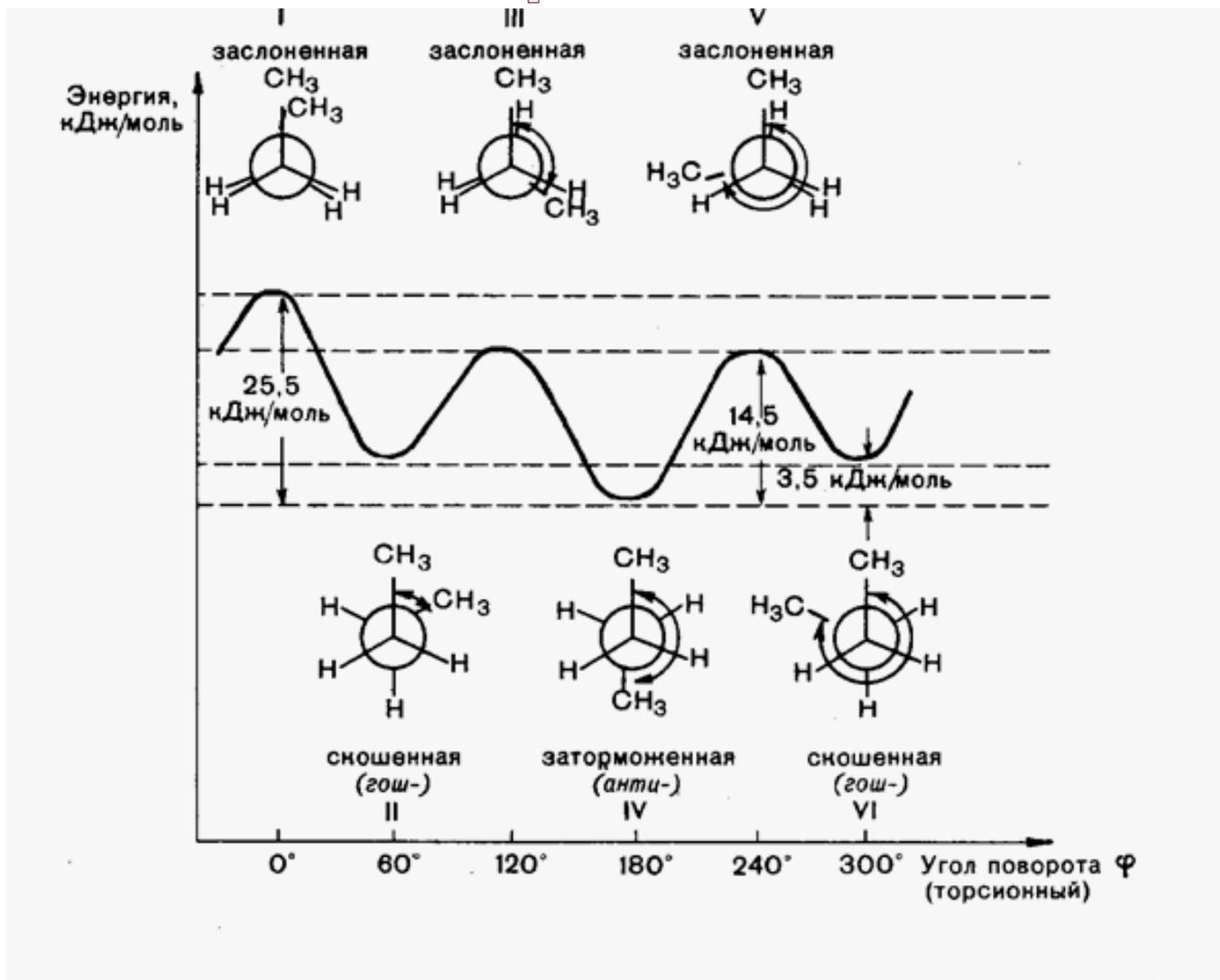
(V) заслоненная частично



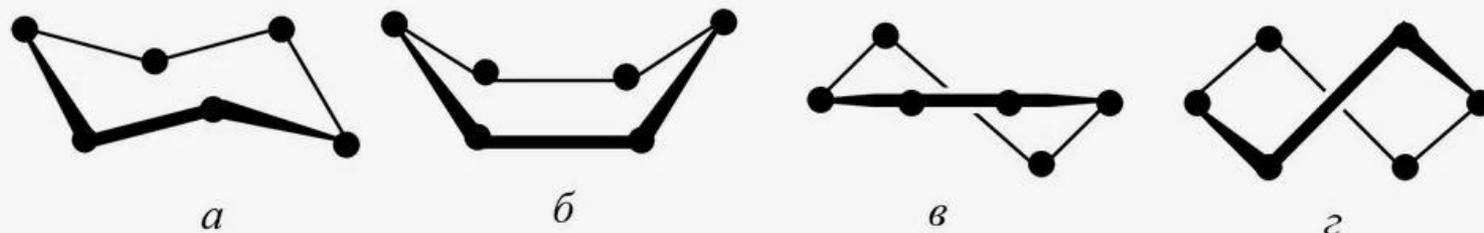
скошенная (гош-) (VI) 31%



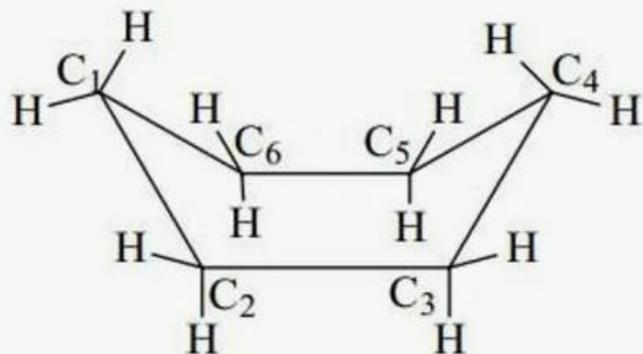
КОНФОРМАЦИИ БУТАНА



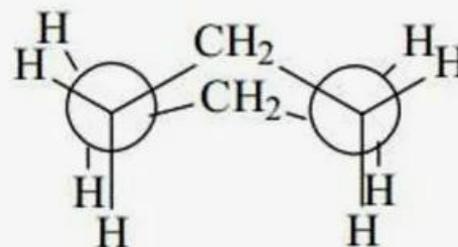
КОНФОРМАЦИИ ЦИКЛОГЕКСАНА



a – форма «кресло», *б* – форма «ванна», *в* – форма «полутвист», *г* – форма «твист»



Конформация ванны



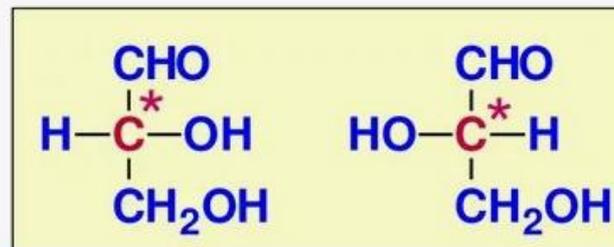
Проекция Ньюмена для формы ванны

КОНФИГУРАЦИОННАЯ ИЗОМЕРИЯ

- ⊙ Конфигурация - это порядок расположения атомов в пространстве, который не может быть изменён вращением вокруг простых связей, а способен меняться только при разрыве соединения между атомами, то есть в результате химической реакции.
- ⊙ В соответствии с таким определением конфигурационные изомеры - это разные вещества, имеющие одинаковое строение, но отличающиеся друг от друга расположением атомов в пространстве, а также определённым набором физических и химических свойств.

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- Stereoisomers differ by different spatial arrangement of atoms or functional groups.
- The basis of stereoisomerism are asymmetric or **chiral** centers in the molecule.
- Carbon, bonded to four different substituents, is called a **chiral center**.
 - The number of stereoisomers is 2^n , where n – the number of chiral carbons.
 $n=1$; $\text{изомеров}=2^1=2$



глицеральдегид

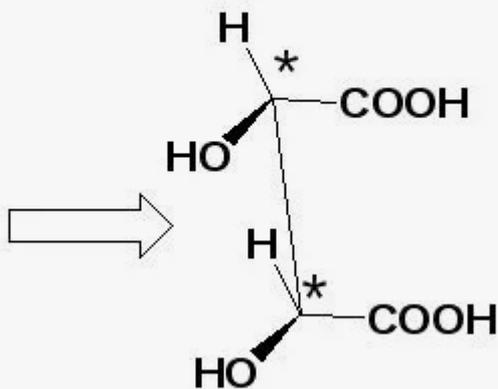
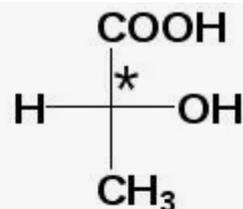
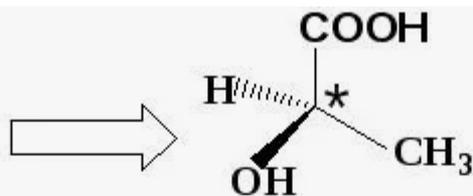
D

L

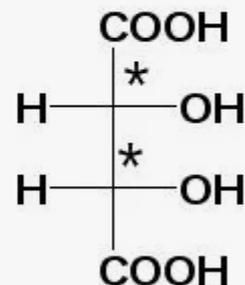
СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

С помощью формул Фишера изображают молекулы, имеющие в своем составе асимметрический атом углерода, т.е. тетраэдрические атомы с 4 различными лигандами.

В структурных формулах такие атомы С обозначают *.

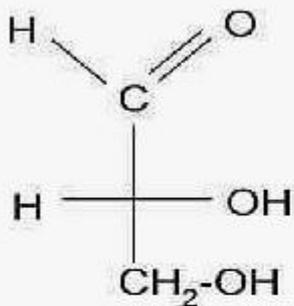


заслоненная
конформация

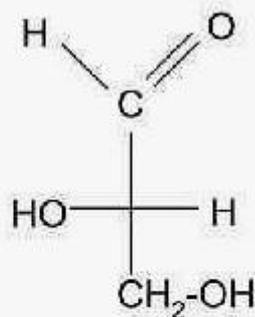


СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

За конфигурационный стандарт принят **глицериновый альдегид**
(Розанов А.М. 1906 г)



(+) D гл. альдегид

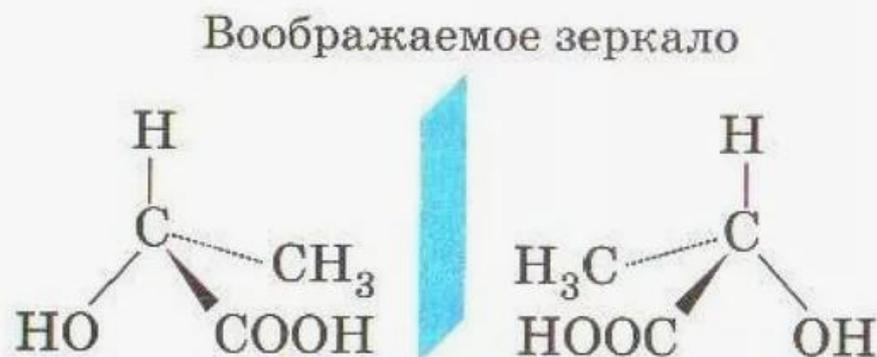
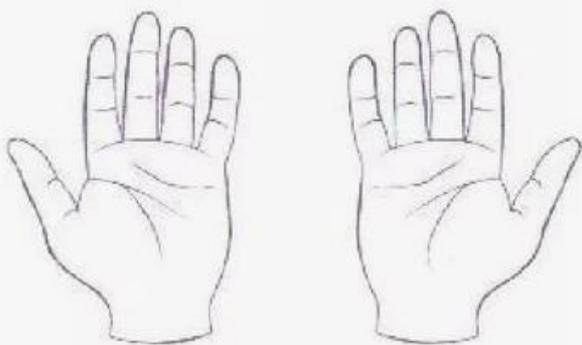


(-) L гл. альдегид

Его право - и левовращающм энантиомерам приписали определенные конфигурации : **D(+)** и **L(-)** глицериновые альдегиды.

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- Оптические изомеры являются зеркальным изображением друг друга, подобно двум ладоням, и не совместимы.



С греческого **хирос** – рука – образец несимметричной фигуры

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

○ Энантиомеры являются оптически активными соединениями (способны вращать плоскость поляризованного света на один и тот же угол, но в разные стороны), поэтому их называют оптическими антиподами.

○ Энантиомерам присущи:

- Одинаковые физические свойства, за исключением оптической активности;
- Одинаковые химические свойства. Энантиомеры могут существенно различаться по биологическим свойствам

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- Диастереомеры органических соединений — это стереоизомеры, которые не являются зеркальными изображениями друг друга.
- Диастереомерия возникает, когда соединение имеет несколько стереоцентров.

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- В зависимости от того, относительно какой плоскости рассматриваются стереоизомеры, их делят на σ - и π -диастереомеры:
- σ -Диастереомеры образуются относительно плоскости σ -скелета, их существование обусловлено наличием в молекуле нескольких хиральных центров.
- π -Диастереомеры (геометрические изомеры) отличаются друг от друга пространственным расположением заместителей относительно плоскости двойной связи. Например, малеиновая и фумаровая кислоты отличаются друг от друга взаимным расположением карбоксильных групп у двойной связи.

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- Диастереомеры имеют разные физические свойства (температуру кипения, растворимость, температуру плавления, хроматографическую подвижность, плотность, показатели преломления и др.), что позволяет разделять их физическими методами, например, кристаллизацией, перегонкой, хроматографически. Кроме того, диастереомеры проявляют различную биологическую активность.

σ - ДИАСТЕРЕОМЕРЫ ВИННОЙ КИСЛОТЫ



КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Авторы теории	Основание	Кислота
Аррениус	Вещество, диссоциирующее в воде с образованием гидроксид-ионов (NaOH, KOH)	Вещество, диссоциирующее в воде с образованием протонов (H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , CH ₃ COOH)
Брэнстед-Лоури	Акцептор протона (NH ₃ , H ₂ O, амины, анионы и др.)	Донор протона (HCl, CH ₃ COOH, H ₂ O и др.)
Льюис	Донор электронов (NH ₃ , H ₂ O, амины, анионы, алкены, бензол и др.)	Акцептор электронов (H ⁺ , AlCl ₃ , BF ₃ , бензохинон, тетрацианоэтилен и др.)

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Для оценки кислотных и основных свойств органических соединений наибольшее значение имеют две теории:

- ⊙ Протолитическая (протонная) теория
- ⊙ Бренстеда-Лоури. Электронная теория Льюиса.

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Классификация органических кислот

ОН-кислоты: спирты, фенолы, карбоновые кислоты, сульфокислоты, гидроксикислоты, аминокислоты

SH-кислоты: тиоспирты, SH-содержащие соединения

NH-кислоты: амины, имины, гетероциклические соединения с атомом азота

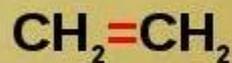
СН-кислоты: углеводороды, радикалы гетерофункциональных соединений

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Типы оснований Брэнстеда

Источники основных свойств
(пара электронов)

электроны π -связи



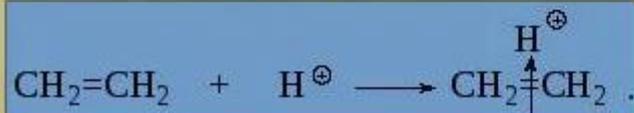
π -основания

неподеленная пара



n -основания

электроны аниона



нейтральные

анионные

сила основности

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КИСЛОТНЫЕ СВОЙСТВА

- ⊙ Радиус кислотного центра (поляризуемость);
- ⊙ Электроотрицательность атома, отдающего протон;
- ⊙ Характер радикала, связанного с кислотным центром (электронные эффекты заместителей, участие в сопряжении, в т. ч. в ароматической системе, стабилизация за счёт образования водородных связей);
- ⊙ Влияние растворителя.

ПРИНЦИП ЖМКО ПИРСОНА

Жесткие кислоты - это кислоты Льюиса, имеющие акцепторные атомы небольших размеров, обладающие большим положительным зарядом, большой электроотрицательностью и низкой поляризуемостью.

Мягкие кислоты - это кислоты Льюиса, имеющие акцепторные атомы больших размеров с небольшим положительным зарядом, низкой электроотрицательностью и высокой поляризуемостью.

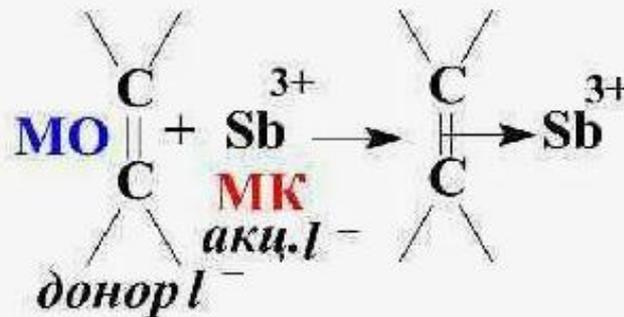
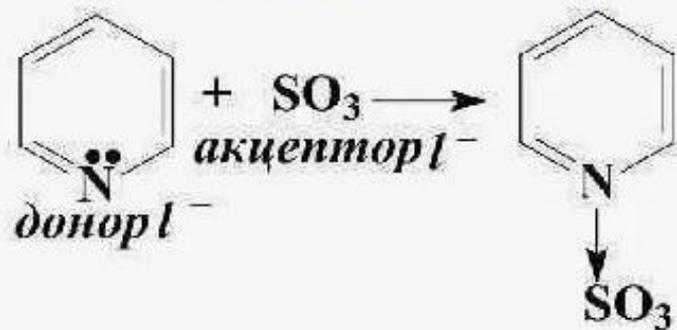
Жесткие основания - это донорные частицы с высокой электроотрицательностью, низкой поляризуемостью, трудно окисляющиеся.

Мягкие основания - это донорные частицы с низкой электроотрицательностью, высокой поляризуемостью, легко окисляющиеся.

Жесткие кислоты преимущественно координируются с жесткими основаниями, а мягкие кислоты – с мягкими основаниями.

ПРИНЦИП ЖМКО ПИРСОНА

- Принцип ЖМКО: **ЖК** реагируют с **ЖО**, а **МК** - с **МО**



ПРИНЦИП ЖМКО ПИРСОНА

ЖЕСТКИЕ И МЯГКИЕ КИСЛОТЫ И ОСНОВАНИЯ. ЖМКО.			
ОСНОВАНИЯ		КИСЛОТЫ	
ЖЕСТКИЕ	МЯГКИЕ	ЖЕСТКИЕ	МЯГКИЕ
$H_2O; HO^-$	$RSR; RSH; RS^-$	$H^+; Na^+; K^+$	$Ag^+; Cu^+$
$ROH; RO^-$	$H^-; I^-; CN^-$	$Mg^{2+}; Ca^{2+}$	Hg^{2+}
$NH_3; NH_2^-$	$R_2C = CR_2$	$Al^{3+}; AlCl_3$	I_2
$RNH_2; RNH^-$		Mn^{2+}	
$ROR; RCOO^-$		$R - C^+ = O$	$O = \text{benzene ring} = O$
$Cl^-; F^-$			
ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ		ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ	
$Br^-; C_6H_5NH_2, \text{benzene ring}$		$Cu^{2+}, Fe^{2+}, Zn^{2+}, C_6H_5^+, R_3O^+, RC^+H, RC^+H_2$	