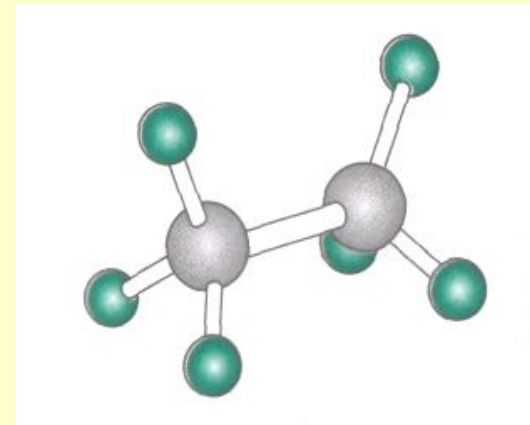
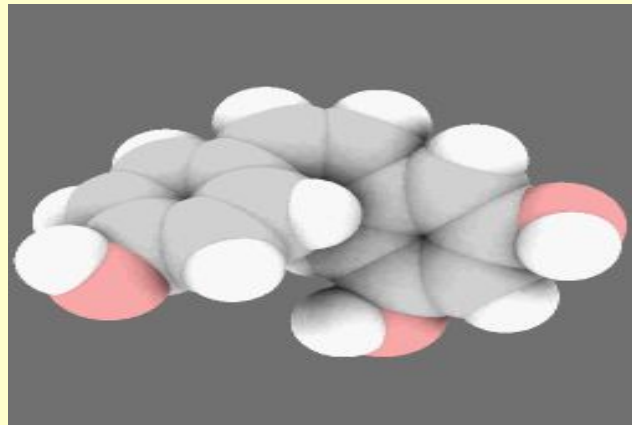


# Тема лекции 1:



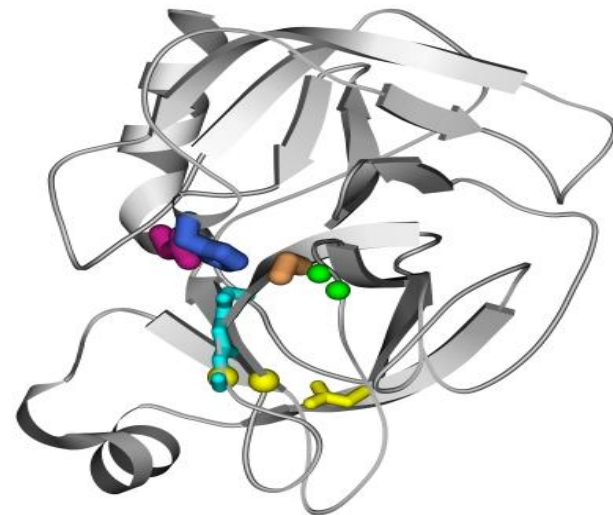
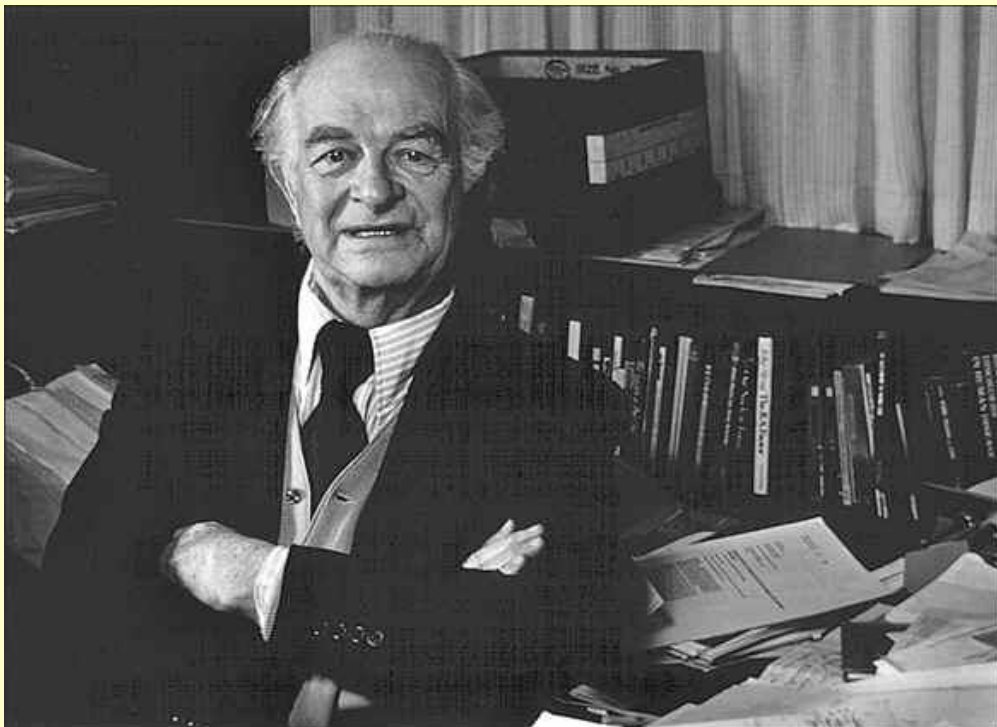
- Введение. Основы современной теории
- пространственного строения органических соединений. Конфигурация и конформации



# Эпиграф к курсу лекций по БОХ

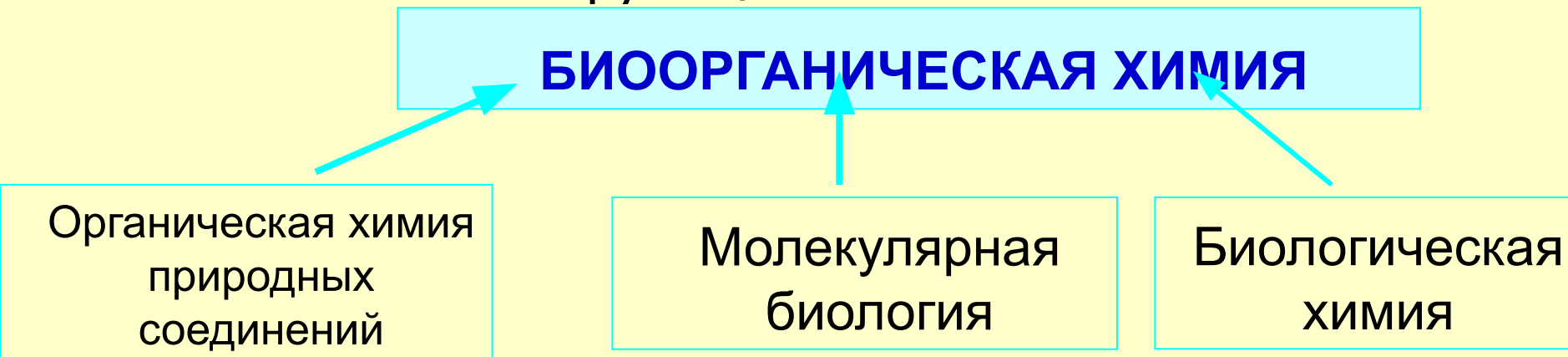
- «Химики и врачи – это те, кто на самом деле понимают мир»

Л.Полинг

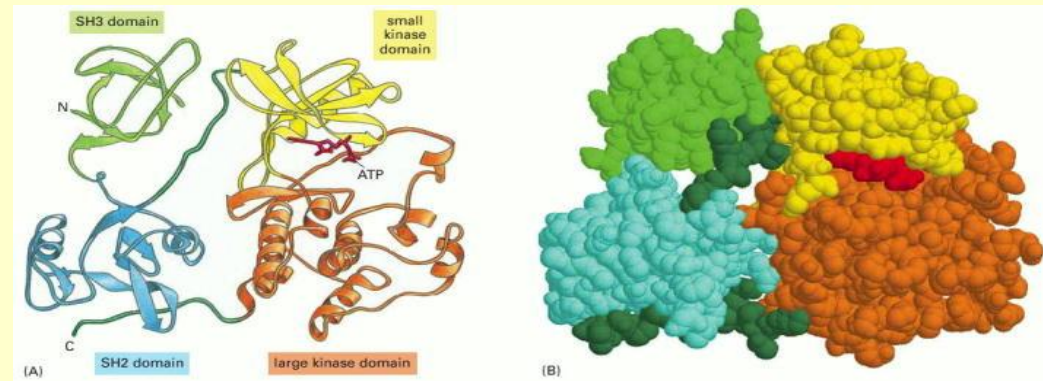


# БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Биоорганическая химия — химическая дисциплина, изучающая пространственную структуру, свойства и механизмы превращений углеродистых соединений, лежащих в основе процессов жизнедеятельности и влияющих на них, в непосредственной связи с их биологическими функциями



**Цель** изучения биоорганической химии -  
формирование **системных знаний** о взаимосвязи между  
пространственным строением, термодинамической  
устойчивостью, свойствами и функциями природных  
**органических соединений**, являющихся метаболитами  
и структурными компонентами биологических  
макромолекул (полисахаридов, пептидов, белков,  
нуклеиновых кислот и др.)



# История становления биоорганической химии

- Началом становления БОХ следует считать 60-е годы XX столетия, когда объектами изучения химиков стали природные соединения: липиды, полисахариды, полипептиды, белки, нуклеиновые кислоты, антибиотики и др. соедин. Годом рождения БОХ считается 1953г., когда Дю Виньо впервые получил химическим синтезом полипептидный гормон вазопрессин.
- Но без истории развития органической химии и химии природных соединений этот синтез был бы невозможным.

# Этапы развития химии природных соединений

- 1. **Эмпирический** (с середины 18 в. до конца 19 в.). От первоначального знакомства человека с органическими веществами до возникновения органической химии как науки. Термин органическая химия был введен шведск.уч.И.Берцеллиусом для определения химии растительных и животных веществ.

# Этапы развития органической химии

- 2. **Аналитический** (конец 18-середина 19в.). Появились методы установления состава органических веществ. Было показано что все органические вещества содержат углерод, а также в их состав могут входить такие элементы как водород, азот, сера, кислород, фосфор. Период господства **витализма** – особой жизненной силы.



# Этапы развития органической химии.

- 3. Синтетический. В 1828 г. Ф. Велер синтезировал орган. в-во мочевины из неорган.-цианата аммония и тем самым положил начало новому этапу развития органической химии.
- 4. Структурный (вт. половина 19-го начало 20 в.). Рождение научной теории строения органических соединений - А. М. Бутлеров, Кекуле, Майер.
- 5. Современный и выделение БОХ (вторая пол. 20 в.).



# Химические и биологические процессы

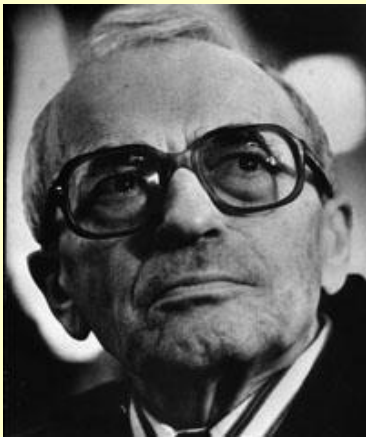
- Реакции с органическими веществами в пробирке (*in vitro*) представляют собой сложные многостадийные процессы. Но несомненно **биологические процессы**, которые могут осуществляются лишь в живых системах – бактериях, клетках (*in vivo*) являются значительно более сложными , т.к. :
- 1) осуществляются с участием органических веществ имеющих, как правило, особый уровень пространственной организации; 2. характеризуются высокой специфичностью, ибо протекают с участием белков-ферментов, и в силу этого отличаются очень высокой скоростью, почти 100% выходом продукта и не дают побочных веществ;

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- 3. для их активации необходимы сигнальные молекулы и энергия АТФ (ГТФ); 4. они саморегулируются, в том числе и с участием генома клетки, и направлены на поддержание гомеостаза в условиях постоянного взаимодействия и обмена с окружающей средой; 5. имеют и многие другие особенности, такие как: способность к самоорганизации, к самообновлению, к росту и развитию, к самовоспроизведению.

# Биологические процессы

- Но очевидно и то, что у природных сложных макромолекул появляются и определенные новые черты, которые Б.Д.Березин называет функциями. Эти функции возникают в результате особенностей пространственной организации макромолекул, а также образованием достаточно часто и надмолекулярных структур. В результате реакционные центры оказываются скрытыми и нереакционноспособными чисто химически.



акад. Виталий Гольданский

**ЖИЗНЬ** — это особая форма существования биополимерных тел (систем), характеризующихся хиральной чистотой и способностью к самоорганизации и саморепликации в условиях постоянного обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией

1986 г.

# Уровни исследования живых организмов

1.	Молекулярный	}	Биоорганическая химия
2.	Надмолекулярный		Бионеорганическая химия Биофизика
3.	Клеточный	}	Гистология
4.	Тканевой, органный		Патанатомия
5.	Организменный	}	Микробиология Биохимия, н.физиология Клинические дисциплины
6.	Популяционный	}	Биология
7.	Биогеоценологический		Эпидемиология Генетика
8.	Биосферный	}	Экология

# Специфика биоорганического подхода к изучению жизнедеятельности

- использование молекулярных моделей, т.е. синтетических пептидов, нуклеотидов, других биологически значимых молекул и биорегуляторов;
- их модифицированных аналогов;
- проведение исследований как *in vitro*, так и *in vivo*;
- стремление понять и объяснить почему клетка, ее структуры, макромолекулы, биорегуляторы устроены так, а не иначе на основе современных химических представлений.

# Объекты, изучаемые биоорганической химией



Компонент	Доля массы клетки, %	Число молекул на клетку	Число видов молекул
<b>НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b>	<b>74,0</b>		<b>~ 830</b>
Вода	70	$4,0 \cdot 10^{10}$	1
Неорганические ионы	1,0	$2,5 \cdot 10^8$	20
Моносахариды и производные	1,0	$2,0 \cdot 10^8$	250
Аминокислоты и производные	0,4	$3,0 \cdot 10^7$	100
Нуклеотиды и производные	0,4	$1,2 \cdot 10^7$	100
Липиды	1,0	$2,5 \cdot 10^7$	50
Другие низкомолекулярные соединения	0,2	$1,5 \cdot 10^7$	~ 300
<b>МАКРОМОЛЕКУЛЫ</b>	<b>26</b>		<b>~ 4600</b>
Белки	15	$1,0 \cdot 10^6$	~ 3000
РНК	6	$3,0 \cdot 10^4$	~1000
ДНК	1	$4,0 \cdot 10^6$	1
Полисахариды	2	$3,9 \cdot 10^4$	50
Фосфолипиды мембран	2	-	40
Всего:	100	-	~5000



# *Объекты, изучаемые биоорганической химией*

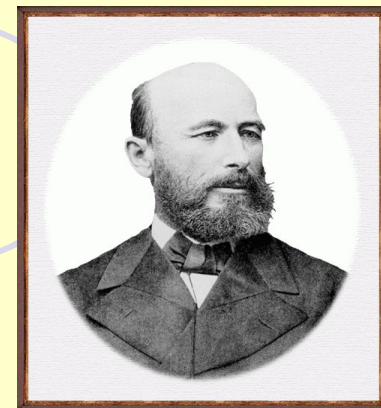
## 1. Низкомолекулярные метаболиты и биорегуляторы

Оксикислоты  
Кетокислоты  
Аминокислоты  
Моносахариды  
Высшие жирные кислоты  
Витамины  
Гормоны  
Нуклеотиды и др.

## 2. Биомакромолекулы

Полисахариды  
Белки  
Нуклеиновые кислоты  
Фосфолипиды  
Синтетические полимерные материалы, применяемые в медицине

# Теоретическая основа БОХ



- 1. Теория строения А.М.Бутлерова, дополненная :

А) квантовой структурой элементов-органогенов

Б) теорией валентных связей Полинга и теорией молекулярных орбиталей Малликена и Хюккеля

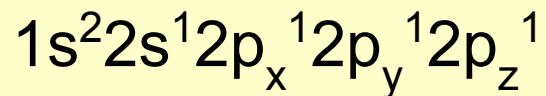
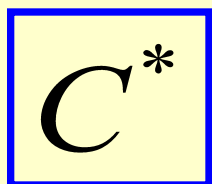
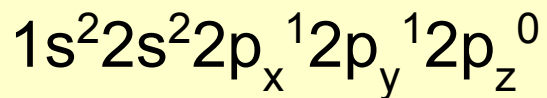
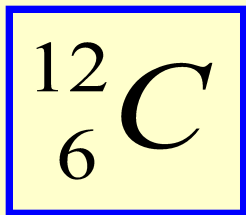
В) стереохимическими представлениями Вант-Гоффа, Э.Фишера, Бартона.

Г) абсолютной конфигурацией стереоизомеров КИП

Д) механизмами органич.реакций Н.Семенов, Ингольд и др.

Е) теорией кислотности и основности Бренстеда-Лоури, Льюиса.





I валентное состояние -  $sp^3$  - гибридизация

II валентное состояние –  $sp^2$  - гибридизация

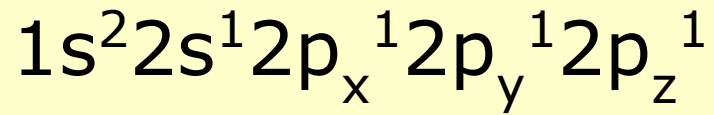
III валентное состояние –  $sp$  - гибридизация

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ  
СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ  
МОЛЕКУЛ. СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ

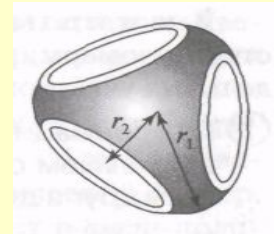
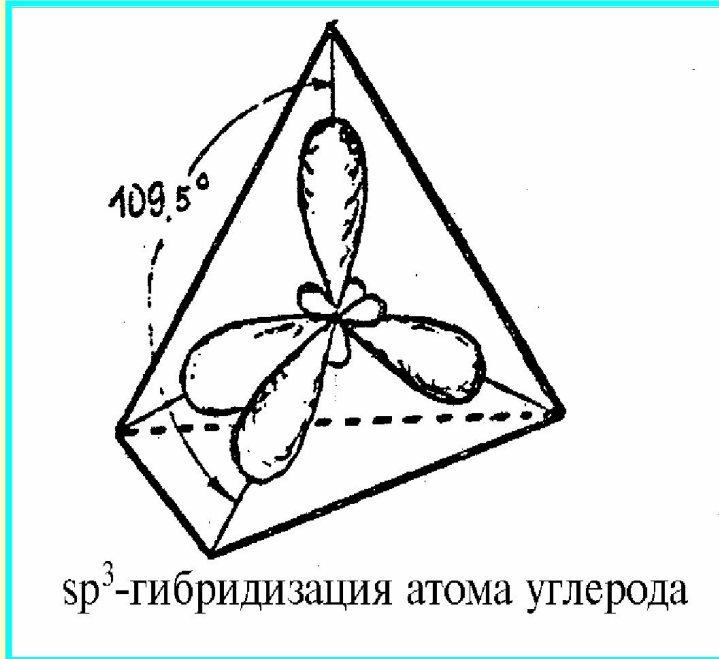
# Химическое строение и структура

- **Химическое строение** (по А.М.Бутлерову - конституция) - последовательность соединения атомов в молекуле с учетом характера химических связей между ними.
- В современное понятие **Структура** включают как химическое строение , так и взаимное пространственное расположение атомов (их ядер) друг относительно друга – конфигурацию и конформации.

I валентное состояние -  $sp^3$  - гибридизация



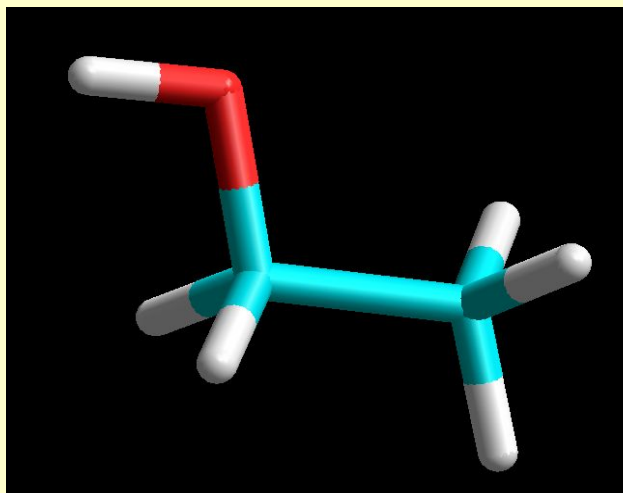
$sp^3$



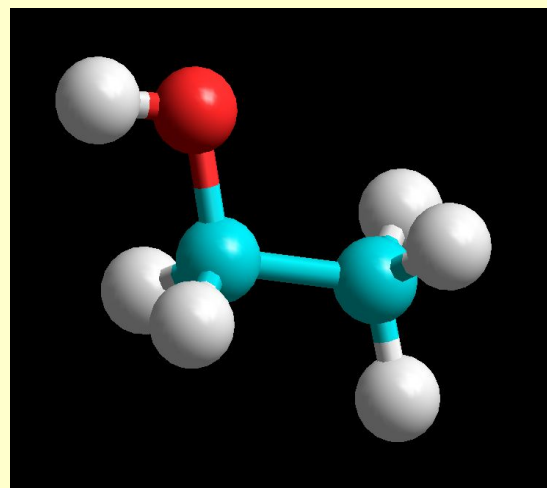
Атом углерода-  
тетрагональный  
или тетраэдрический



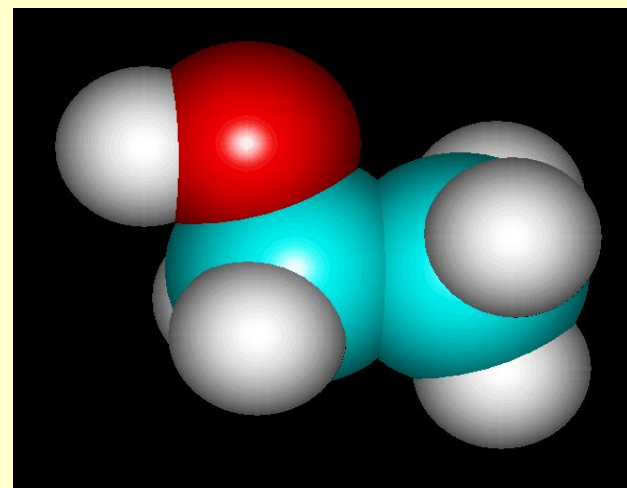
# МОДЕЛИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



1  
1

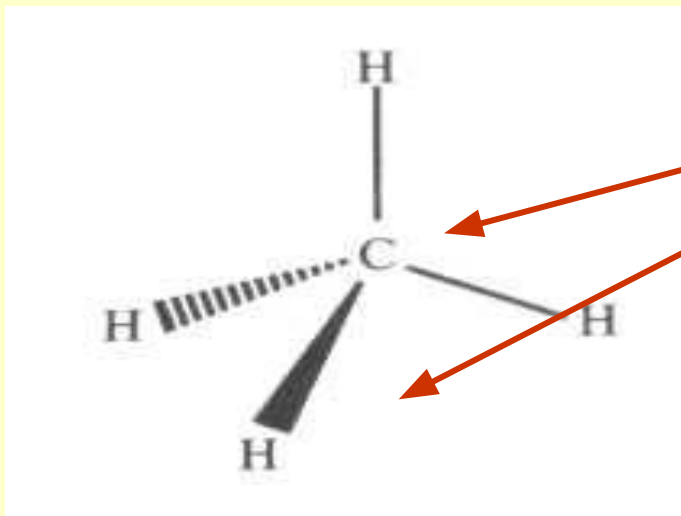


2



3

1-скелетные, 2-шаростержневые (Кекуле), полусферические (Стюарта-Бриглеба).



Тетраэдрический угол  
 $109,5^\circ$

«клиновидная» стереохимическая  
формула

# ***СТЕРЕОХИМИЯ***

**–раздел химической науки, изучающий пространственное строение органических соединений и его влияние на физические и химические свойства, механизм реакций.**

**Изомерами называются соединения с одинаковым элементарным составом, но отличающиеся последовательностью связывания атомов и (или) расположением их в пространстве**

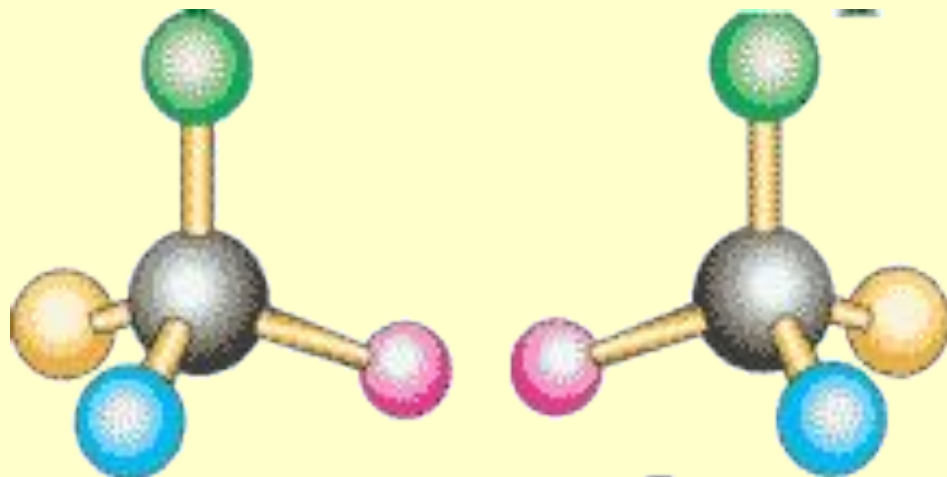
Изомеры

```
graph TD; A[Изомеры] --> B[Изомеры строения]; A --> C[Пространственные (стереоизомеры)];
```

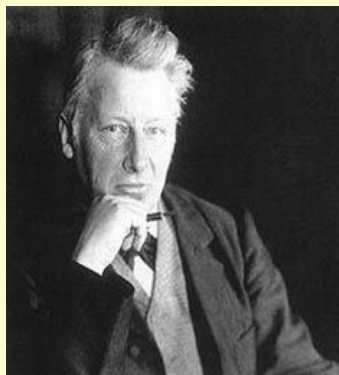
Изомеры строения

Пространственные  
(стереоизомеры)

- ***Стереоизомеры*** – это соединения, в молекулах которых имеется одинаковая последовательность атомов и химических связей между ними, **но различное расположение этих атомов относительно хирального центра или плоскости двойной связи.**

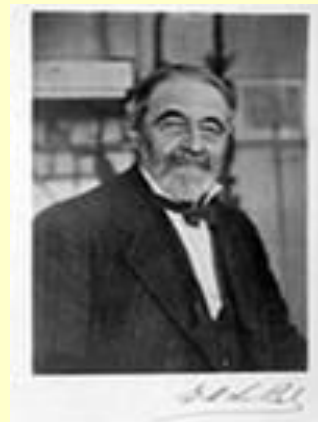


- Основы стереохимии заложены работами **Вант-Гоффа** и **Ле Беля** (1874 г.), которые независимо друг от друга высказали мысль

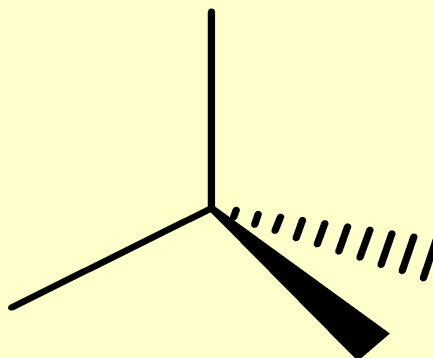


Вант-Гофф

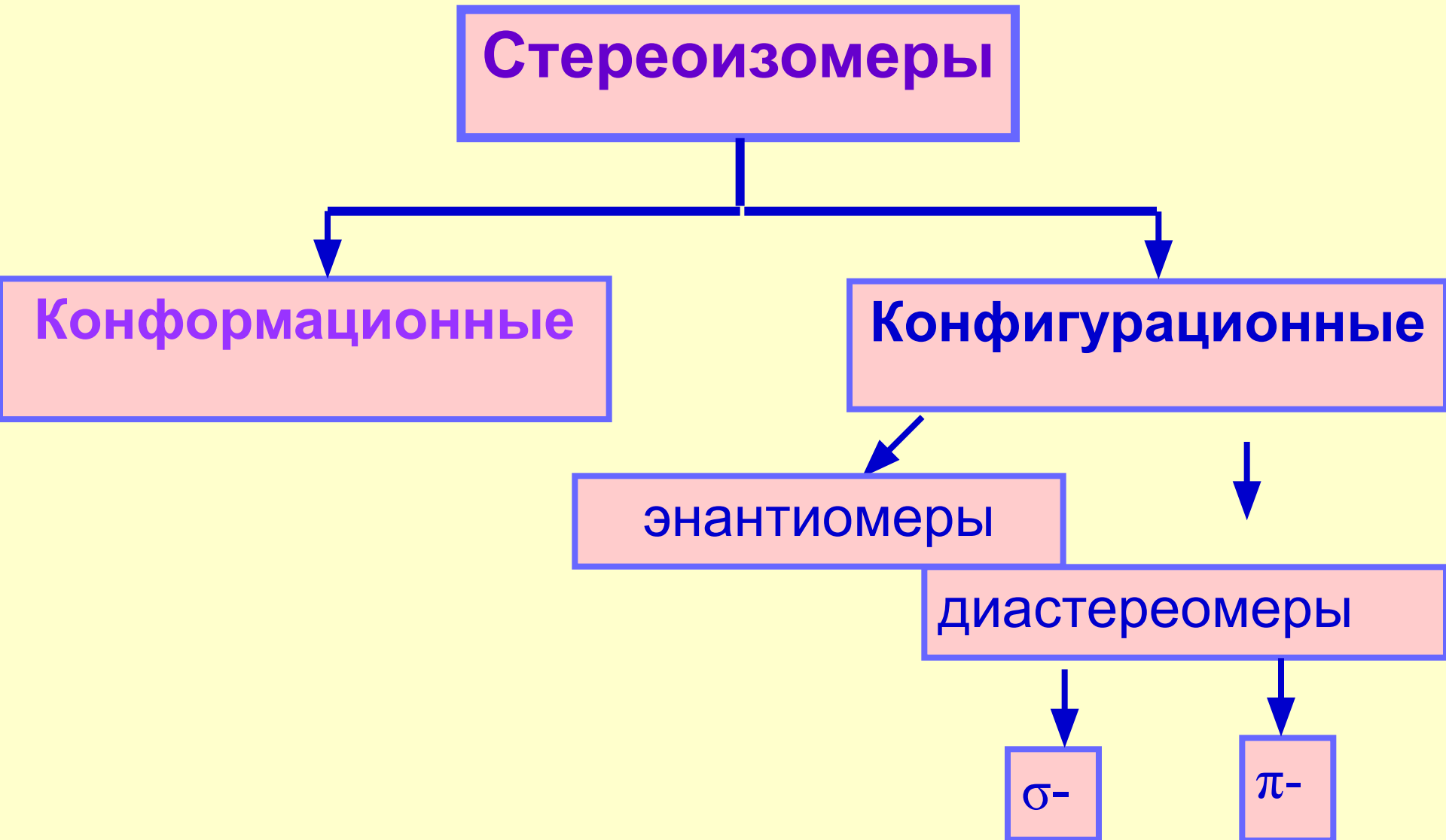
о тетраэдрической направленности валентных орбиталей атома С (конфигурации  $sp^3$ -гибридного атома углерода )



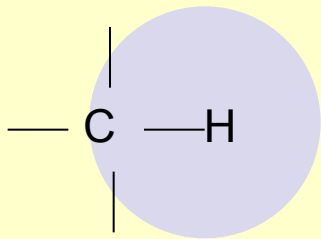
Ле Бель



# КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕРЕОИЗОМЕРОВ

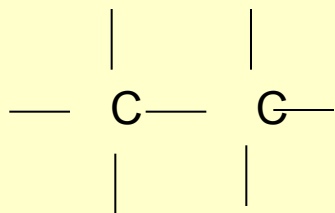
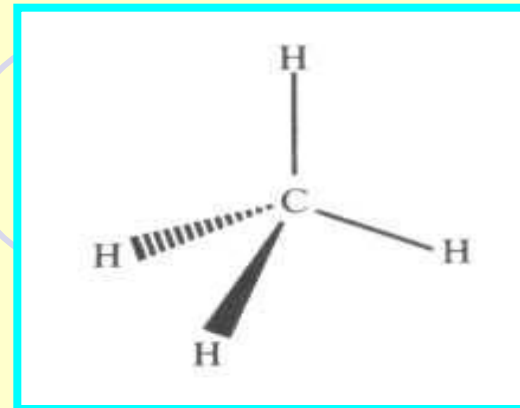






$l - 0,109 \text{ нм}$

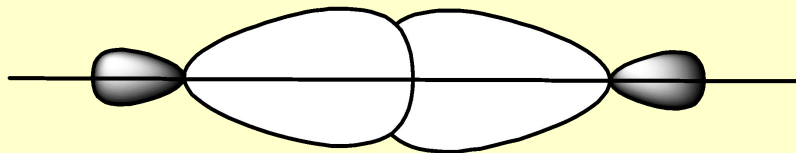
$E - 414 \text{ кДж/моль}$



$l - 0,154 \text{ нм}$

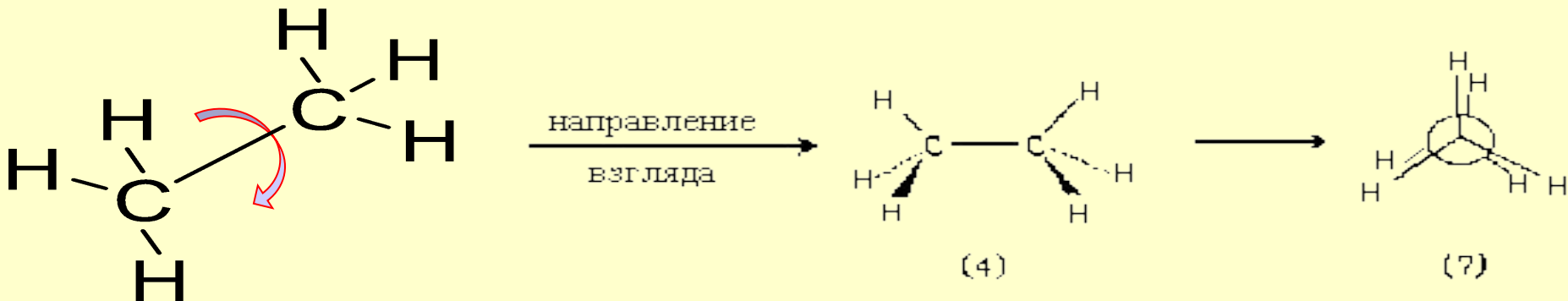
$E - 348 \text{ кДж/моль}$

**σ-СВЯЗЬ** – ковалентная связь, образованная при перекрывании атомных орбиталей по оси, соединяющей ядра двух связываемых атомов с максимумом перекрывания на этой оси

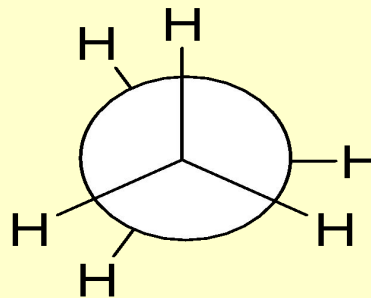
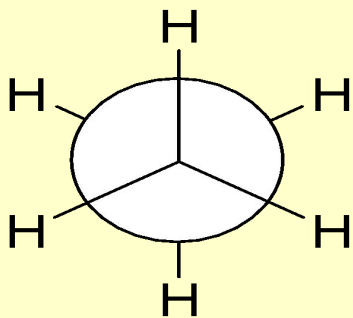


**σ-связь имеет вращательную ось симметрии**

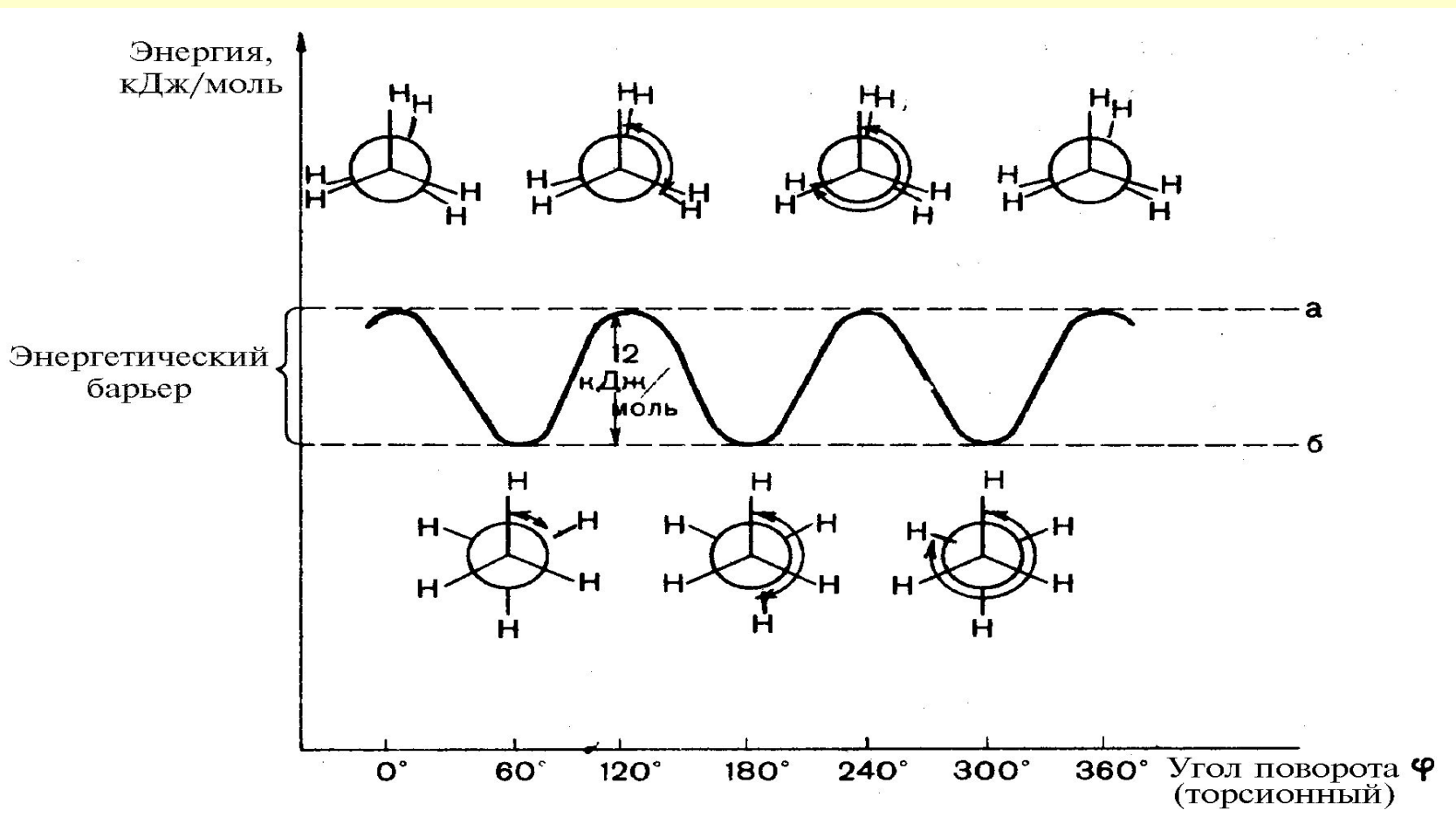
# Конформационные стереоизомеры



## Формулы Ньюмена



# Энергетическая характеристика конформаций этана



# Определение конформаций

- Различные пространственные формы молекул, возникающие в результате вращения одних групп в молекуле относительно других по линии  $\sigma$  - связей и отличающиеся запасом энергии (термодинамической устойчивостью).

***В стереохимии молекулу рассматривают как геометрическое тело в трехмерном пространстве***

- молекула симметрична, если при перестановке в ней местами атомов или атомных групп не происходит никаких изменений ее структуры

## Элементы симметрии :

1 рода

- - оси симметрии

$C_n$

2 рода

- - плоскости симметрии

$\sigma$

- - центры симметрии

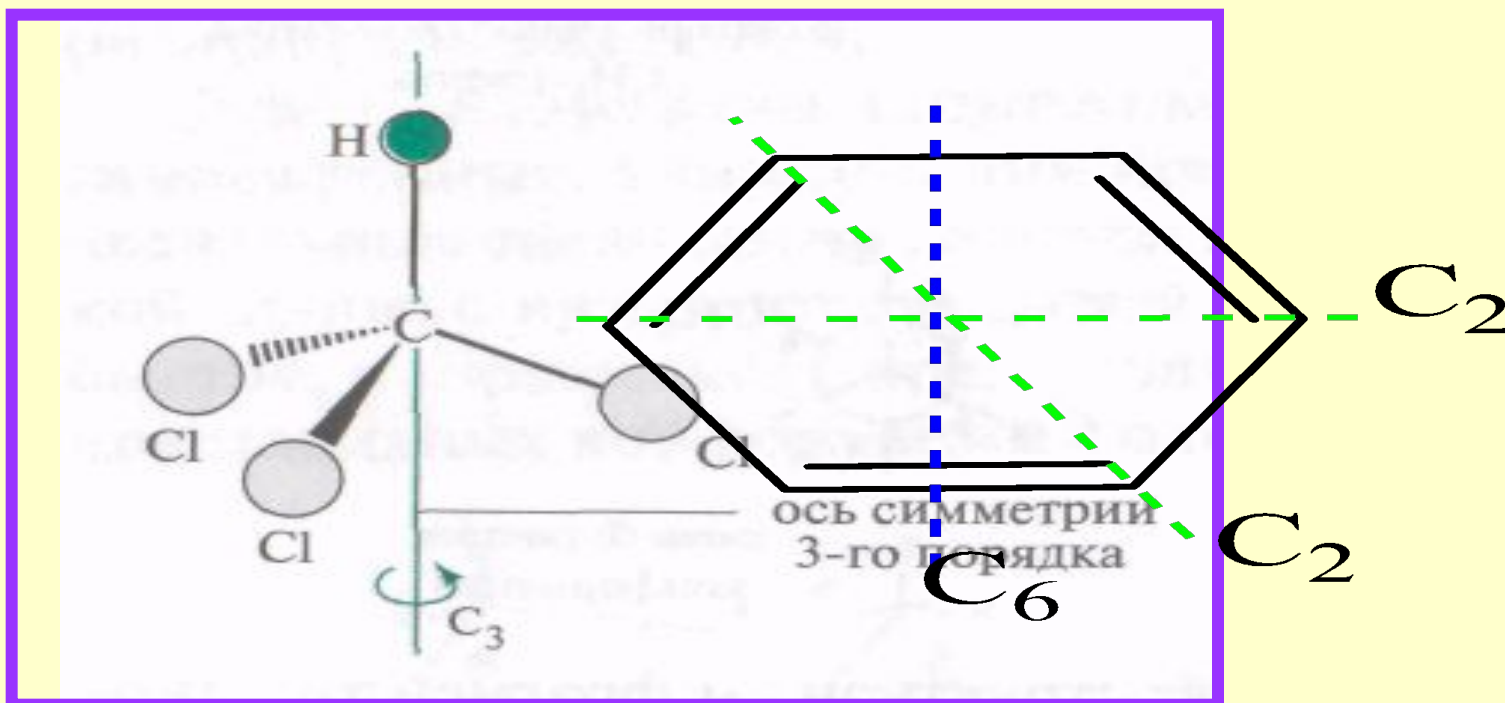
$i$

- - оси зеркального отражения

$S_n$

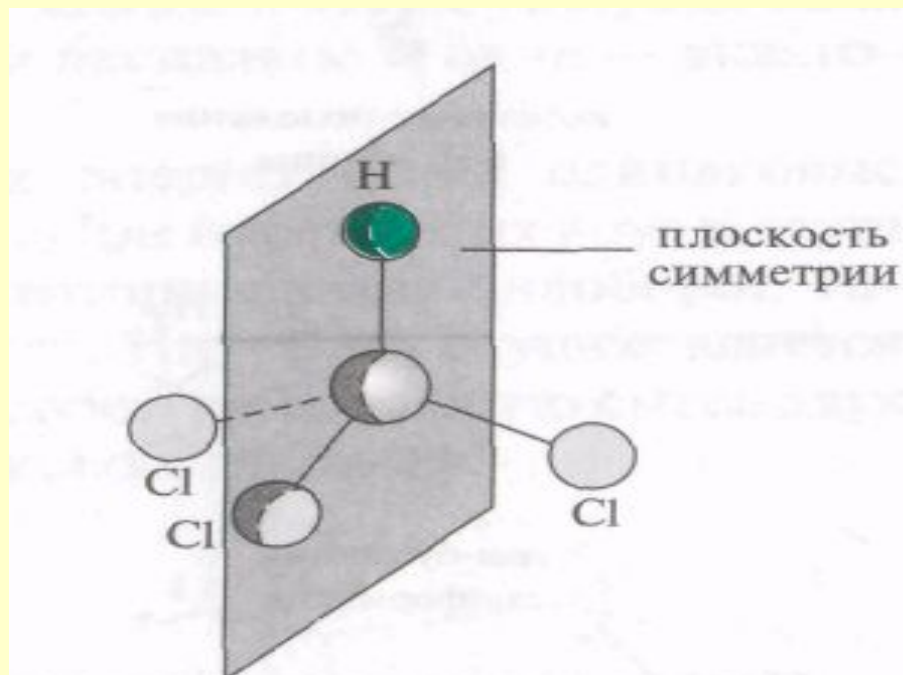
# ОСЬ СИММЕТРИИ

**Ось симметрии  $n$ -го порядка** - ось, при вращении молекулы вокруг которой на угол  $360^\circ/n$  она совмещается с первоначальной структурой  $n$  раз

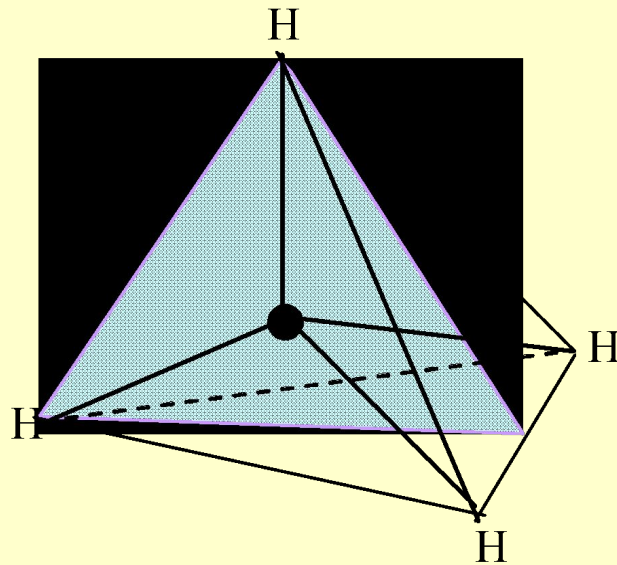


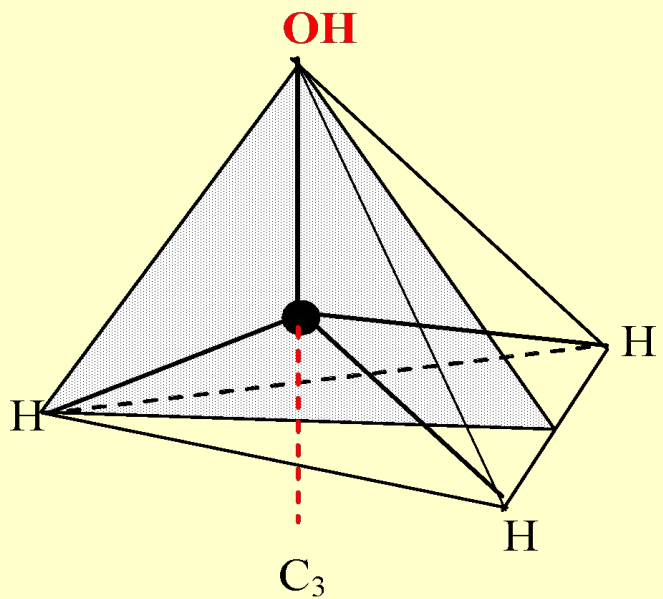


***Плоскость симметрии*** – это плоскость, проходящая через молекулу или атом с его заместителями, лежащими в этой же плоскости и делящая молекулу на две симметричные части



4 оси 3-го порядка  
3 оси 2-го порядка  
6 плоскостей

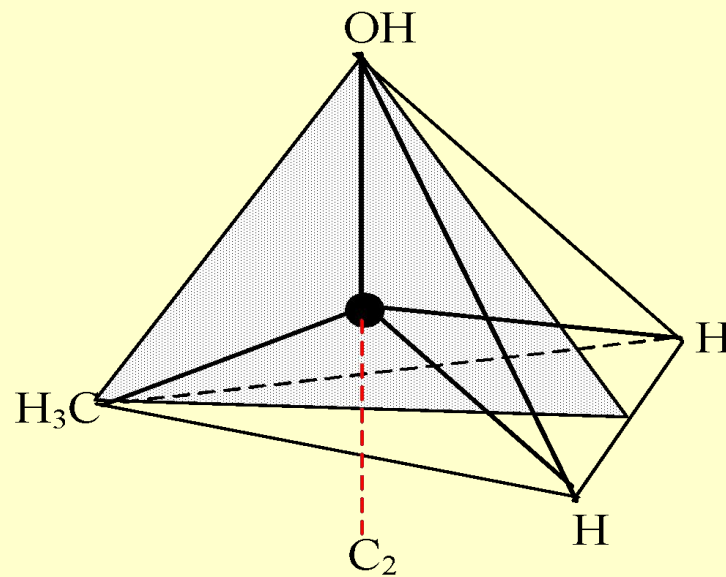




1 ось 3-го порядка  
3 плоскости

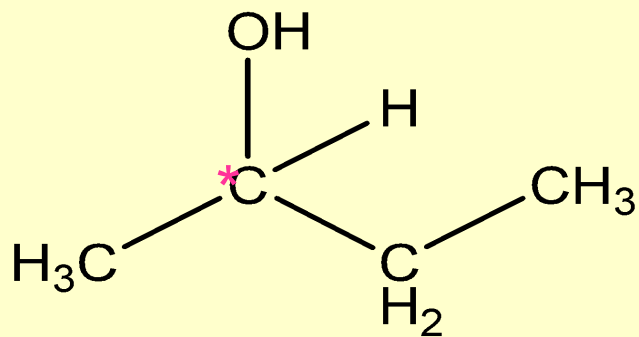
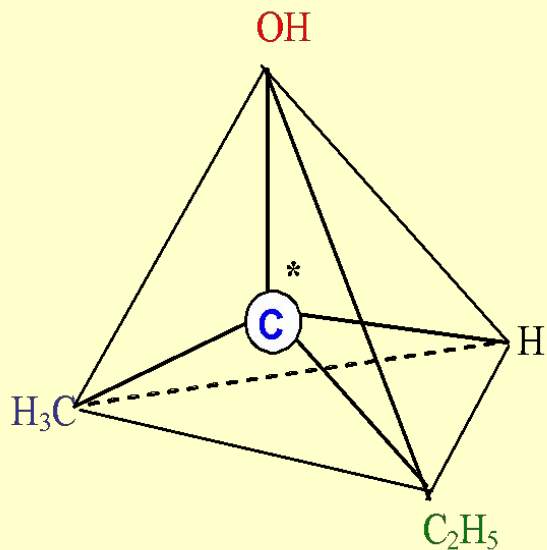
метанол

1 ось 2-го порядка  
1 плоскость



этанол

## бутанол-2



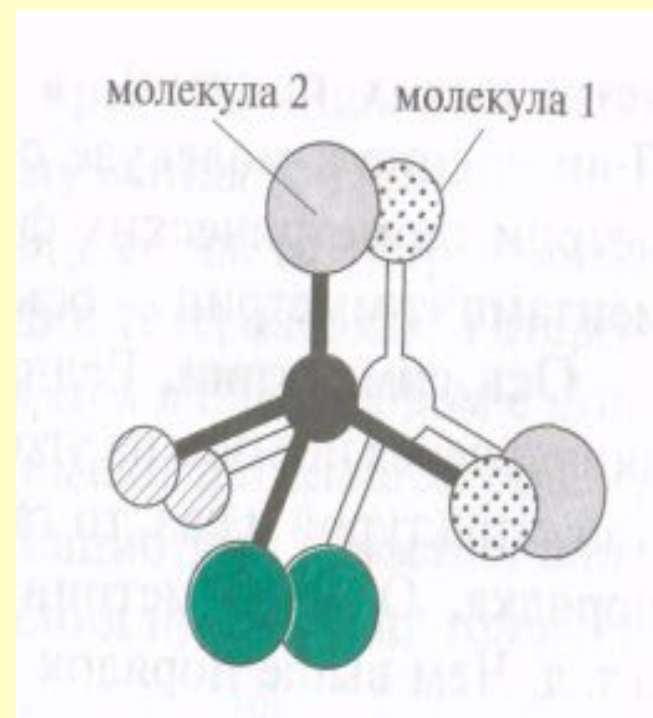
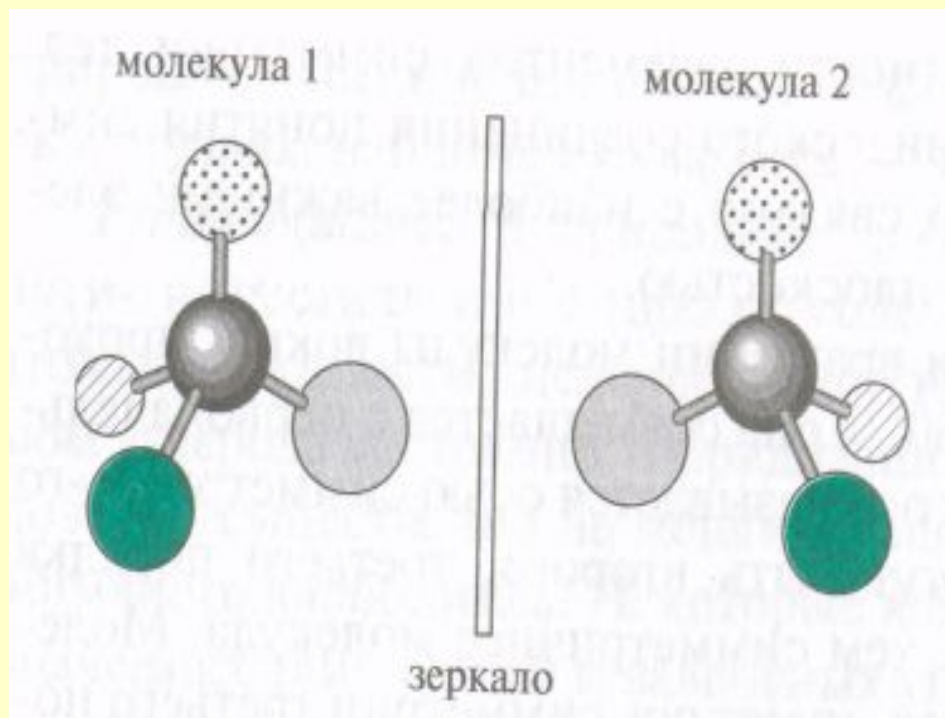
Атом углерода, имеющий  
четыре различных  
заместителя, называют  
*асимметрическим* и  
обозначают \*C

# ХИРАЛЬНОСТЬ

- Молекулы, не обладающие элементами симметрии 2 рода и несовместимые со своим зеркальным изображением, называют **хиральными**
- Термин **«хиральность»** (рукоподобие, *cheir* – рука, греч. ) заключается в парности существования молекул, относящихся друг к другу как правая и левая рука (предмет и его зеркальное отображение).

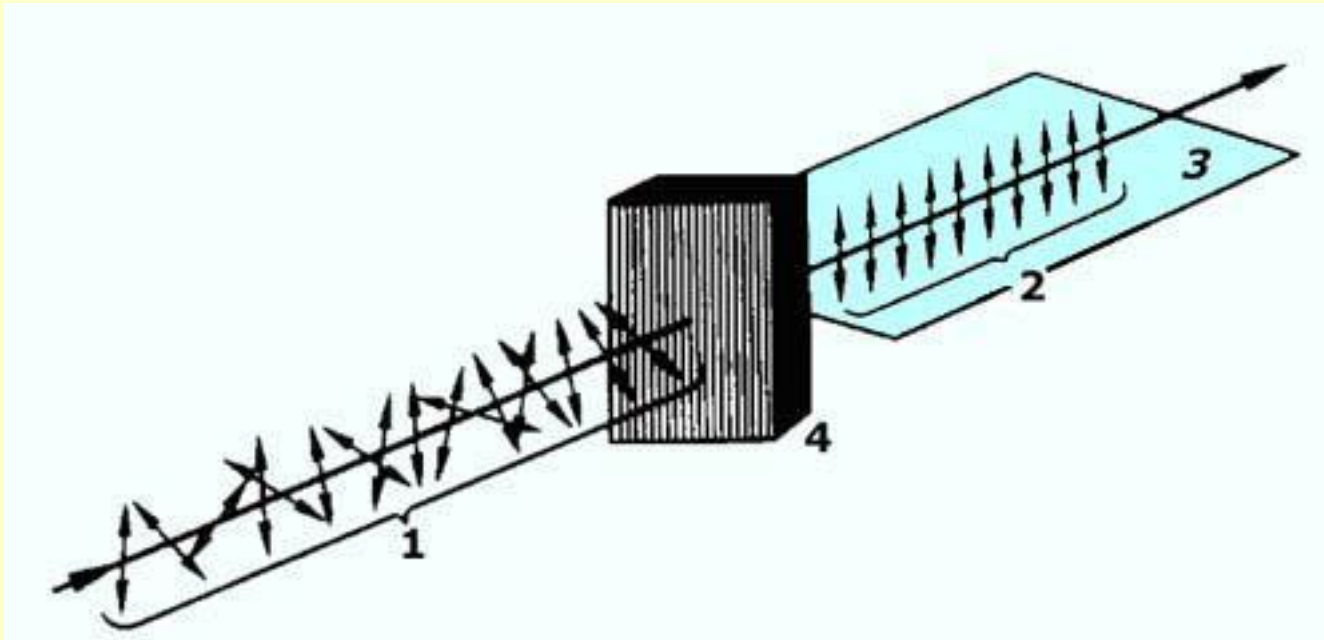
Асимметрический атом углерода – частный случай хирального центра

# ХИРАЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЫ



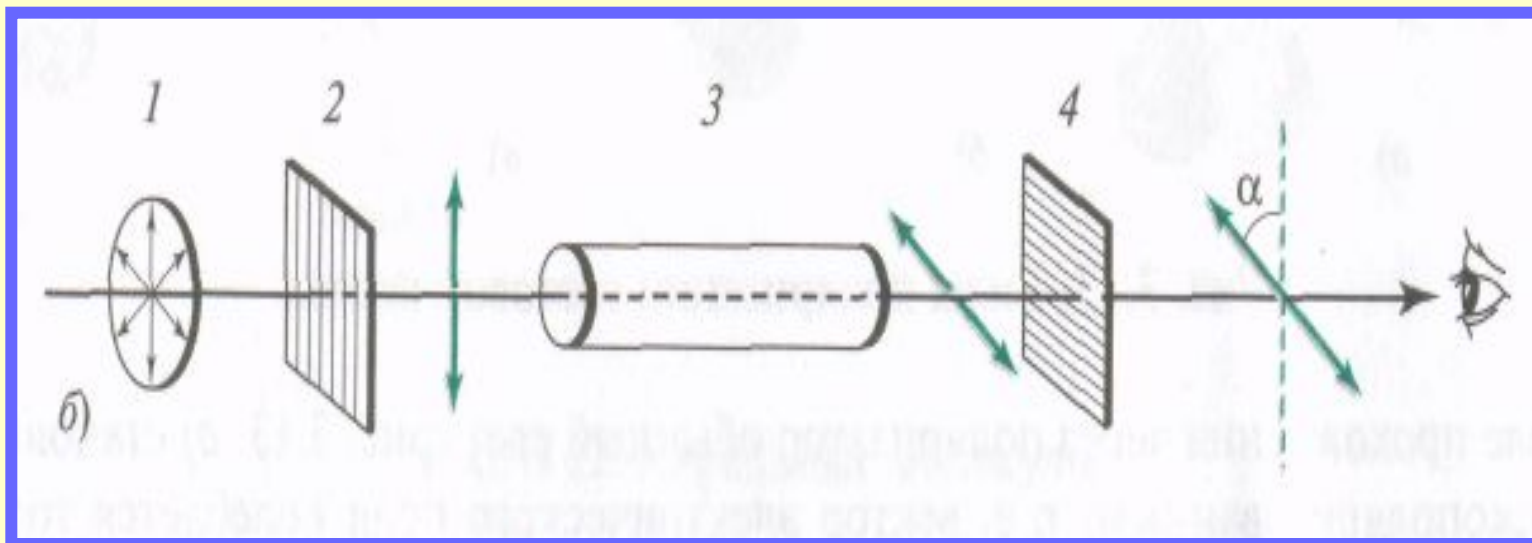
# ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Хиральные соединения обладают оптической активностью при пропускании через них плоскополяризованного света



Плоскополяризованный  
свет

# общая схема поляриметра

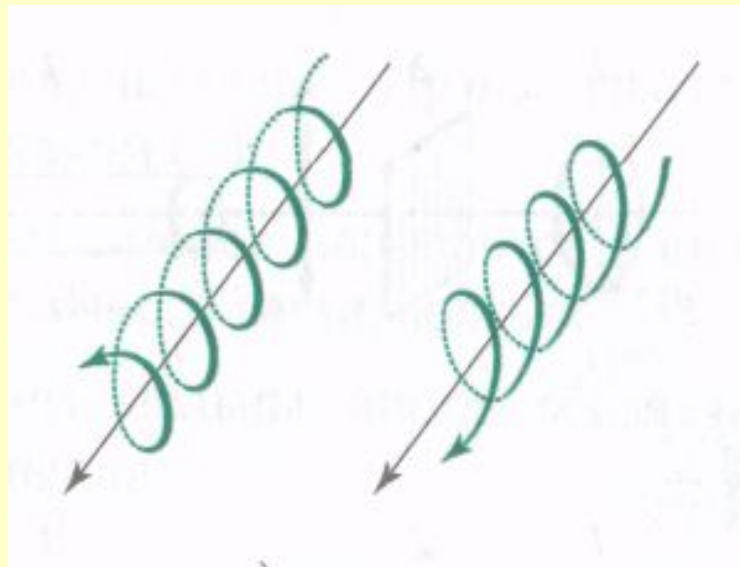


- 1 – источник света
- 2 – поляризатор
- 3 – поляриметрическая трубка
- 4 – анализатор

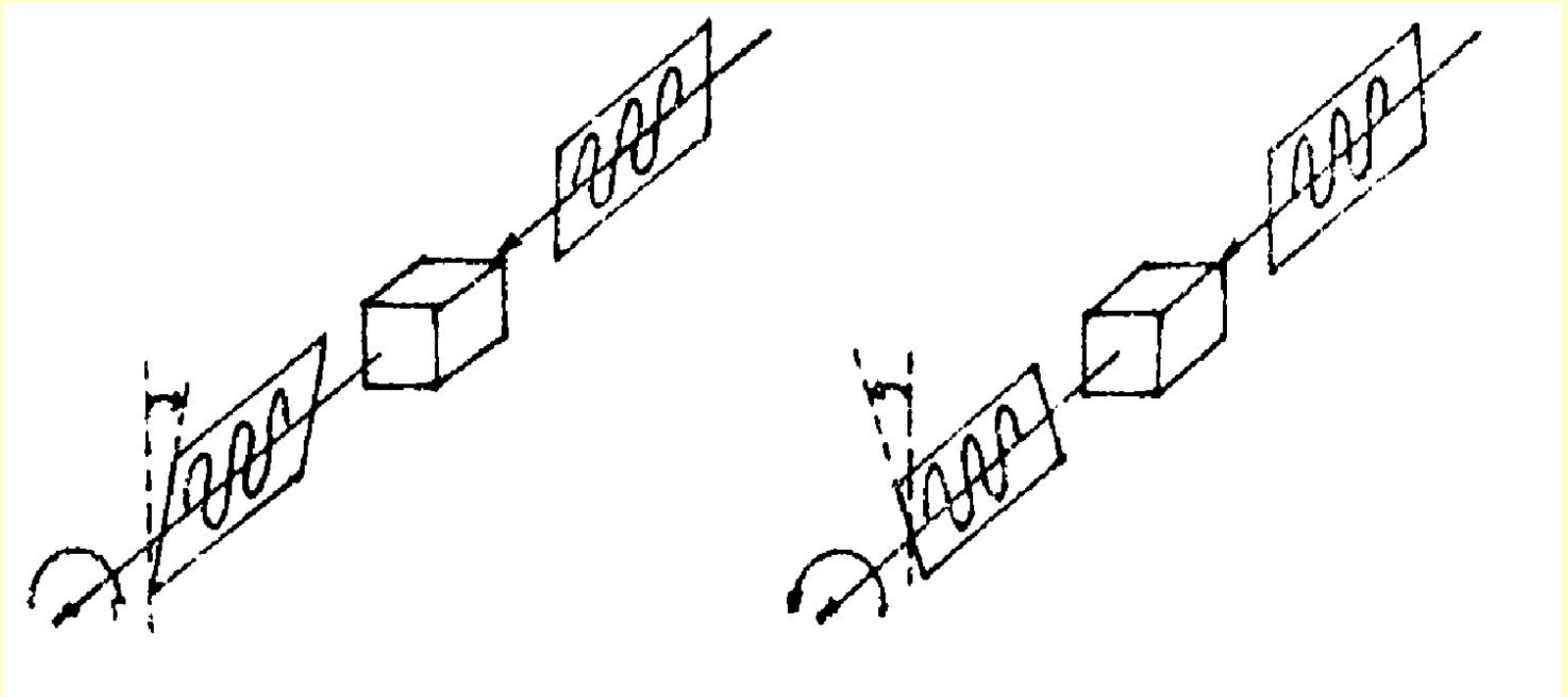


# Поляризованный свет

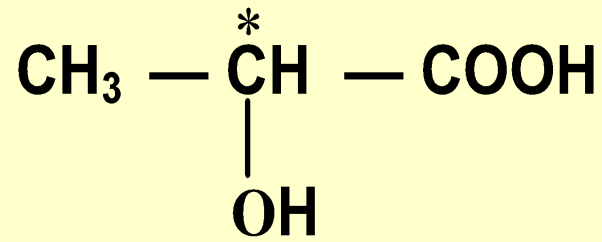
- Поляризованный свет состоит из двух право- и лево- циркулярно поляризованных лучей



Один из стереоизомеров вращает плоскость поляризованного света по часовой стрелке и называется **правовращающим (+)**, а второй — на такой же угол против часовой стрелки и называется **левовращающим (-)**



## МОЛОЧНАЯ КИСЛОТА

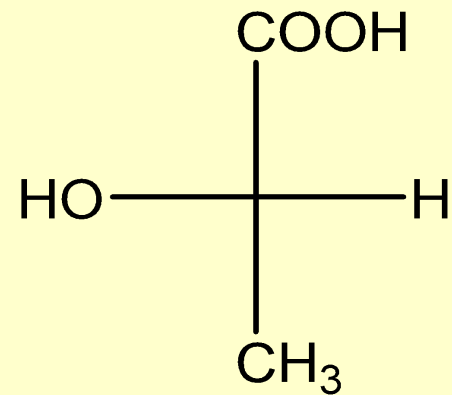
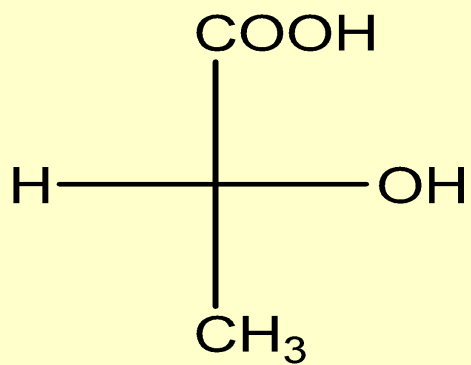
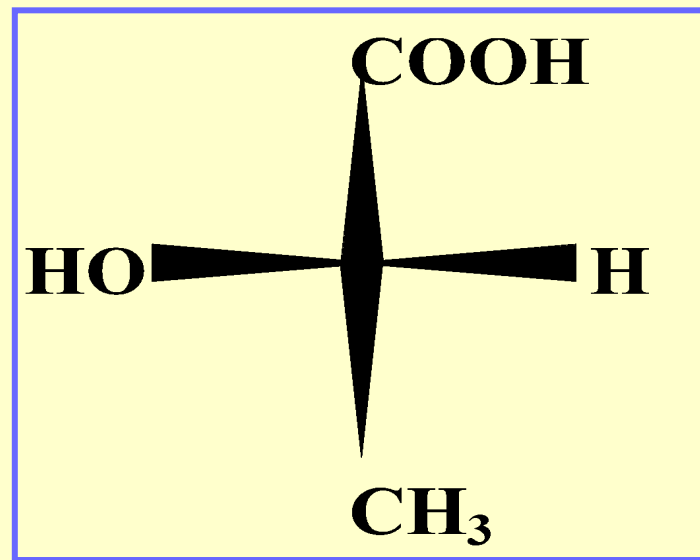
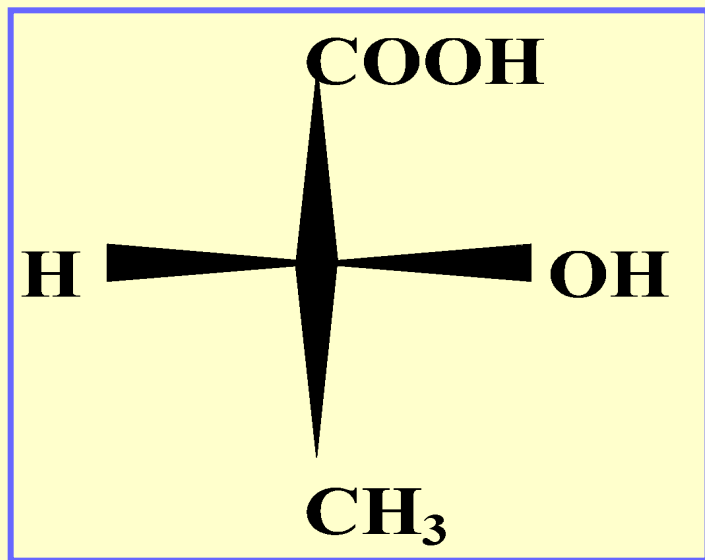


- правовращающая (+)
- левовращающая (-)
- оптически неактивная

# ПРОЕКЦИОННЫЕ ФОРМУЛЫ ФИШЕРА

1. Углеродную цепь располагают *вертикально*
2. Вверху располагают *старшую функциональную группу*
3. *Хиральный атом углерода* переносится на плоскость в точку пересечения горизонтальной и вертикальной линий
4. Расположенные по горизонтали заместители направлены *к наблюдателю*, а по вертикали – «*уходят*» *от наблюдателя*

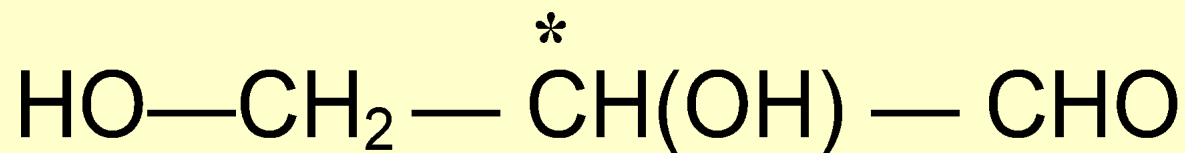
# ПРОЕКЦИОННЫЕ ФОРМУЛЫ ФИШЕРА



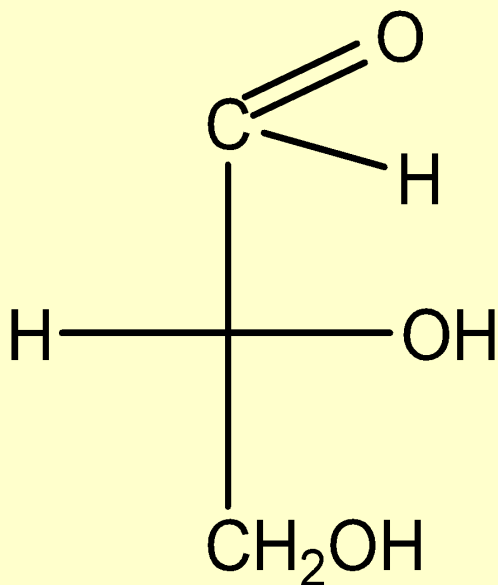
# Относительная D-, L- номенклатура

- Э.Фишер, М.А.Розанов (1906)

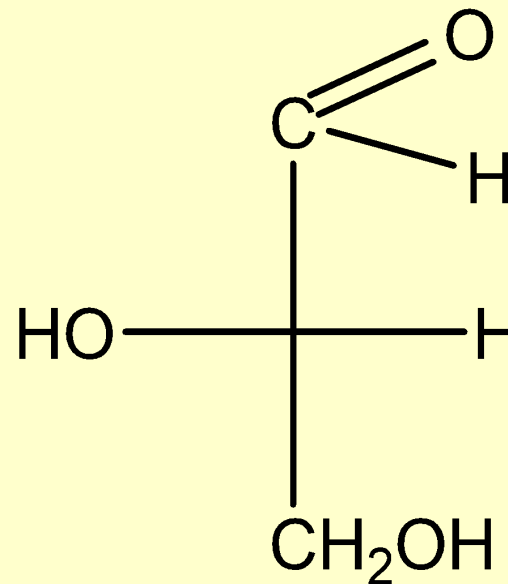
КОНФИГУРАЦИОННЫЙ СТАНДАРТ



*ГЛИЦЕРИНОВЫЙ АЛЬДЕГИД*

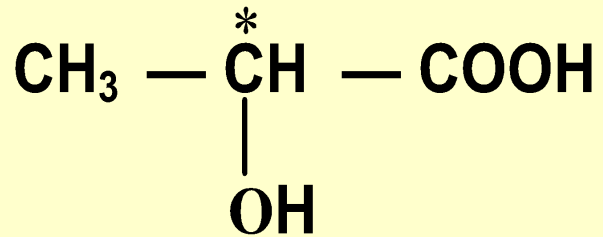


**(+),D - глицериновый альдегид**

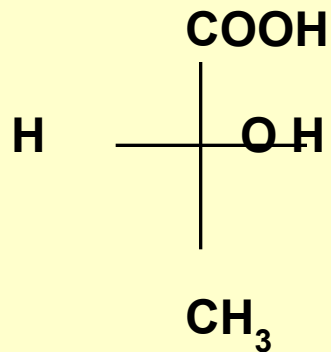


**(-),L- глицериновый альдегид**

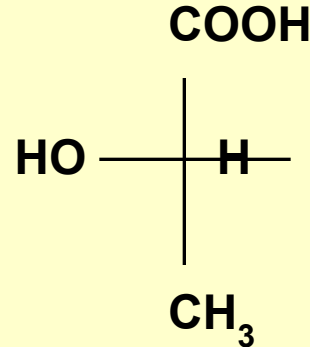
# ЭНАНТИОМЕРЫ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ



Число стереоизомеров  $N = 2^n$ ,  
где  $n$ -число хиральных  
центров



(-), D-молочная кислота



(+), L-молочная кислота



# Определение конфигурации

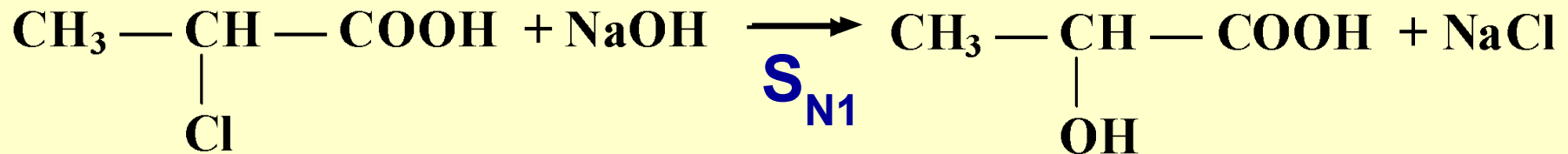
- **Конфигурация**- определенное пространственное расположение заместителей относительно хирального центра или плоскости двойной связи без учета различий в структуре за счет вращения групп по линии  $\sigma$ -связей.

# ЭНАНТИОМЕРИЯ

**Энантиомеры** – пары стереоизомеров, молекулы которых относятся друг к другу как предмет и несовместимое с ним зеркальное изображение в идеальном плоском зеркале и обладают в **ахиральной** среде одинаковыми физическими и химическими свойствами, кроме знака оптического вращения

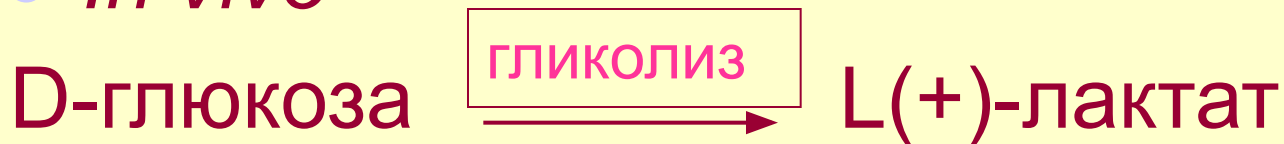
# РАЦЕМИЧЕСКАЯ СМЕСЬ

- Смесь равных количеств энантиомеров называется **рацемической (рацематом)**
- Рацематы **не обладают** оптической активностью

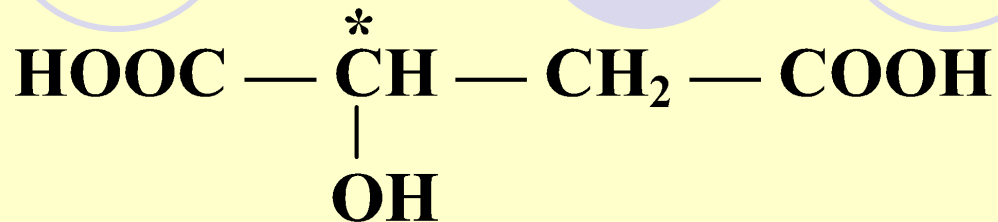


(±), D-, L- молочная кислота

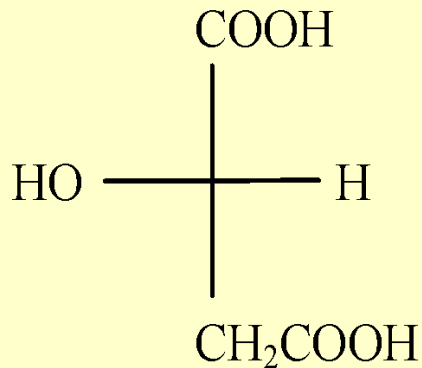
● *In vivo*



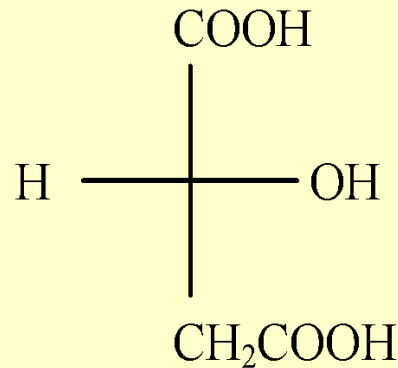
# СТЕРЕОИЗОМЕРЫ ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ



**Яблочная кислота (2-гидроксипутандиовая)**



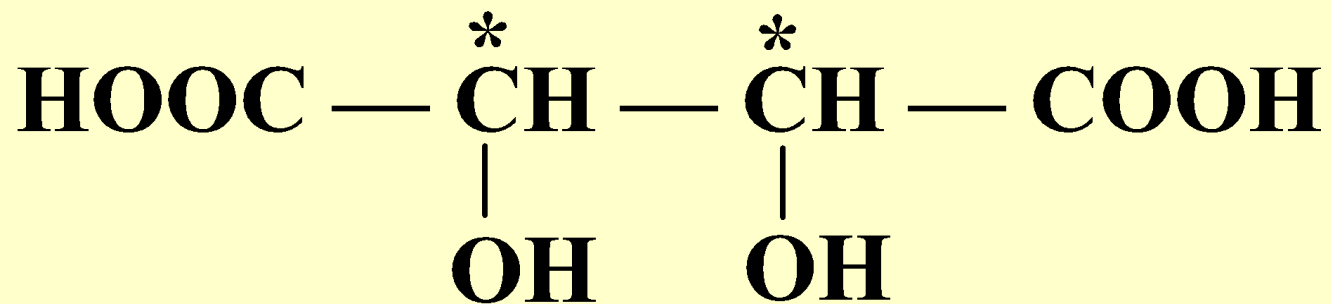
**(-) L-яблочная кислота**



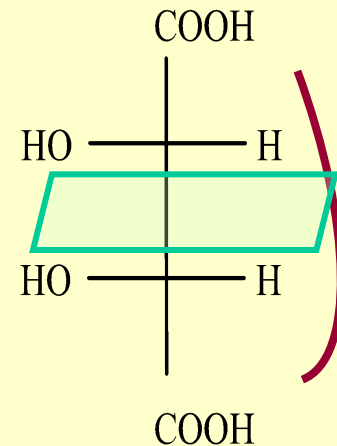
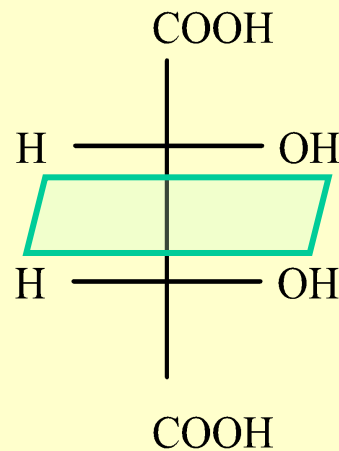
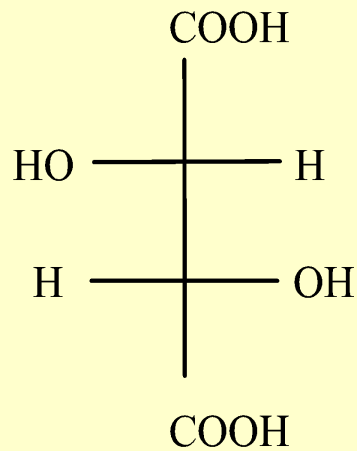
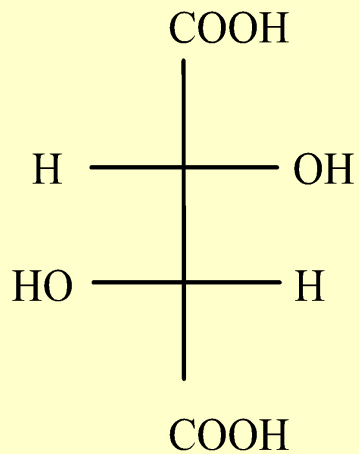
**(+) D-яблочная кислота**

# Стереоизомеры винной кислоты

Винная кислота (*2,3-дигидроксипутандиовая*)



$N=2^2$  - 4 стереоизомера



(+)D-винная кислота      (-)L-винная кислота

**МЕЗОВИННАЯ КИСЛОТА**

**энантимеры**

**правило «оксикислотный ключ»**

У гидроксикислот, имеющих несколько хиральных центров, отношение к D- или L-ряду определяется по конфигурации **верхнего хирального центра.**

- D- и L – винные кислоты - **энантиомеры**
- D-винная кислота и мезовинная к-та – диастереомеры
- L-винная кислота и мезовинная к-та – диастереомеры
- **Диастереомеры** — стереоизомеры, не являющиеся зеркальным отражением друг друга и обладающие различными физическими и химическими свойствами
- **Смесь D- и L - винных кислот называют виноградной кислотой (рацемическая смесь)**

# Абсолютная конфигурация стереоизомеров

- В 1951 году голландский ученый Бийвоет с использованием особого метода рентгеноструктурного анализа определил абсолютную конфигурацию Cs,Rb-соли D-винной кислоты и некоторых солей аминокислот и таким образом подтвердил что правовращающий глицериновый альдегид имеет D-конфигурацию.



# R,S-номенклатура (КИП)

Кан, Прелог, Ингольд

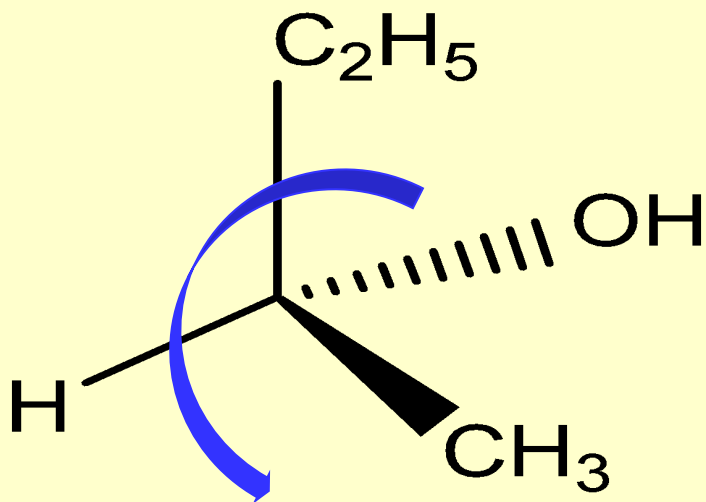
принадлежность к ряду R- или S- определяется порядком убывания старшинства заместителей у хирального центра

Старшинство заместителей – по порядковому номеру в табл. Менделеева

**Убывание по часовой стрелке - R** (от лат. *rectus* – правый)

**Убывание против часовой стрелки - S** (от лат. *sinister* – левый).

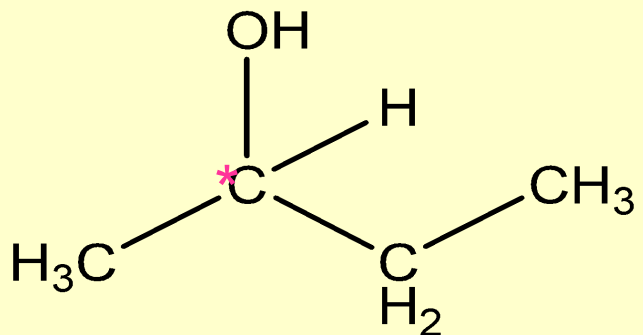
# R,S-НОМЕНКЛАТУРА



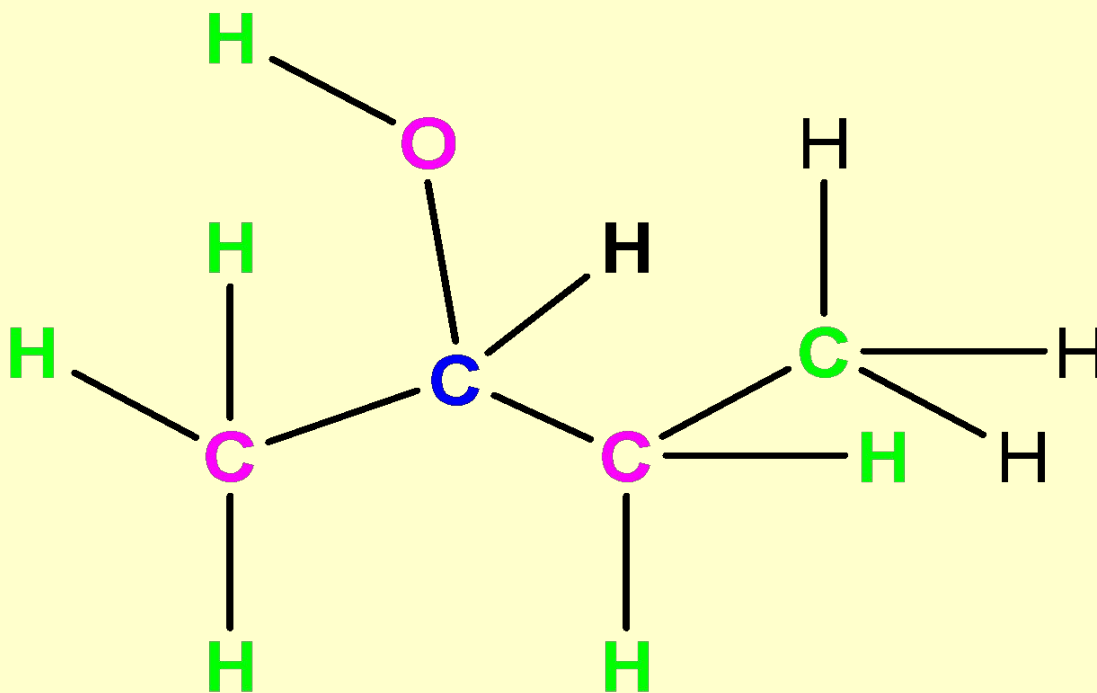
ВЗГЛЯД

S-изомер

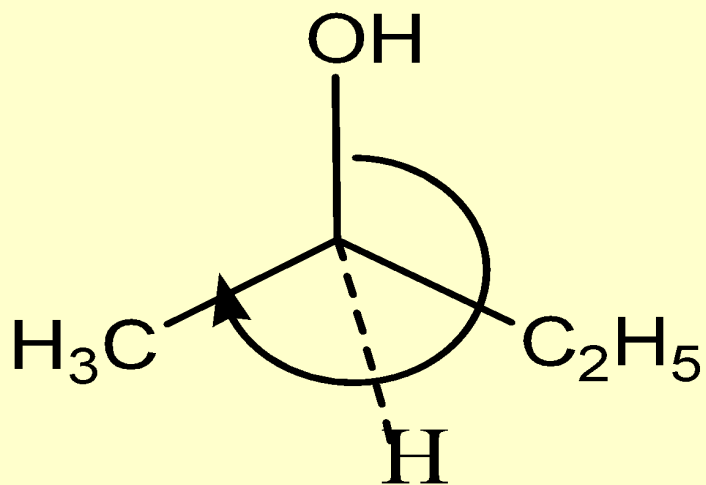
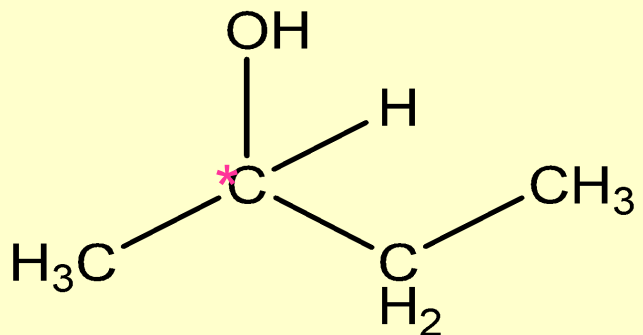
# R,S-номенклатура



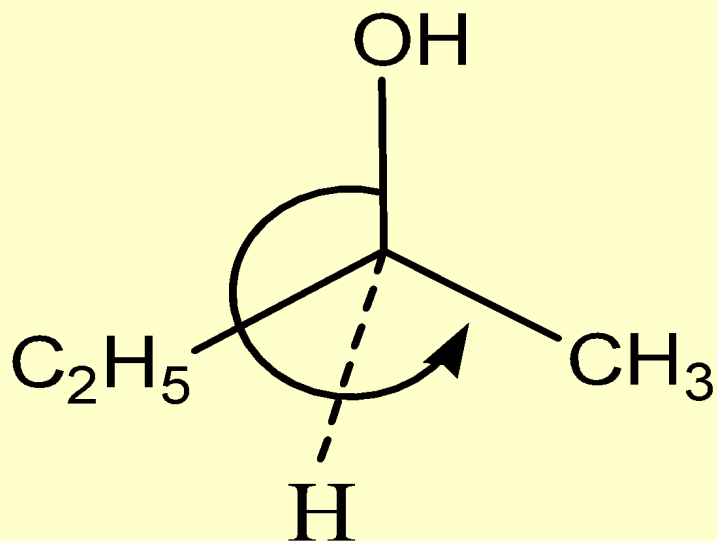
порядок старшинства:  
**- OH > - C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> > - CH<sub>3</sub> > - H**



# R,S-номенклатура



R-изомер



S-изомер

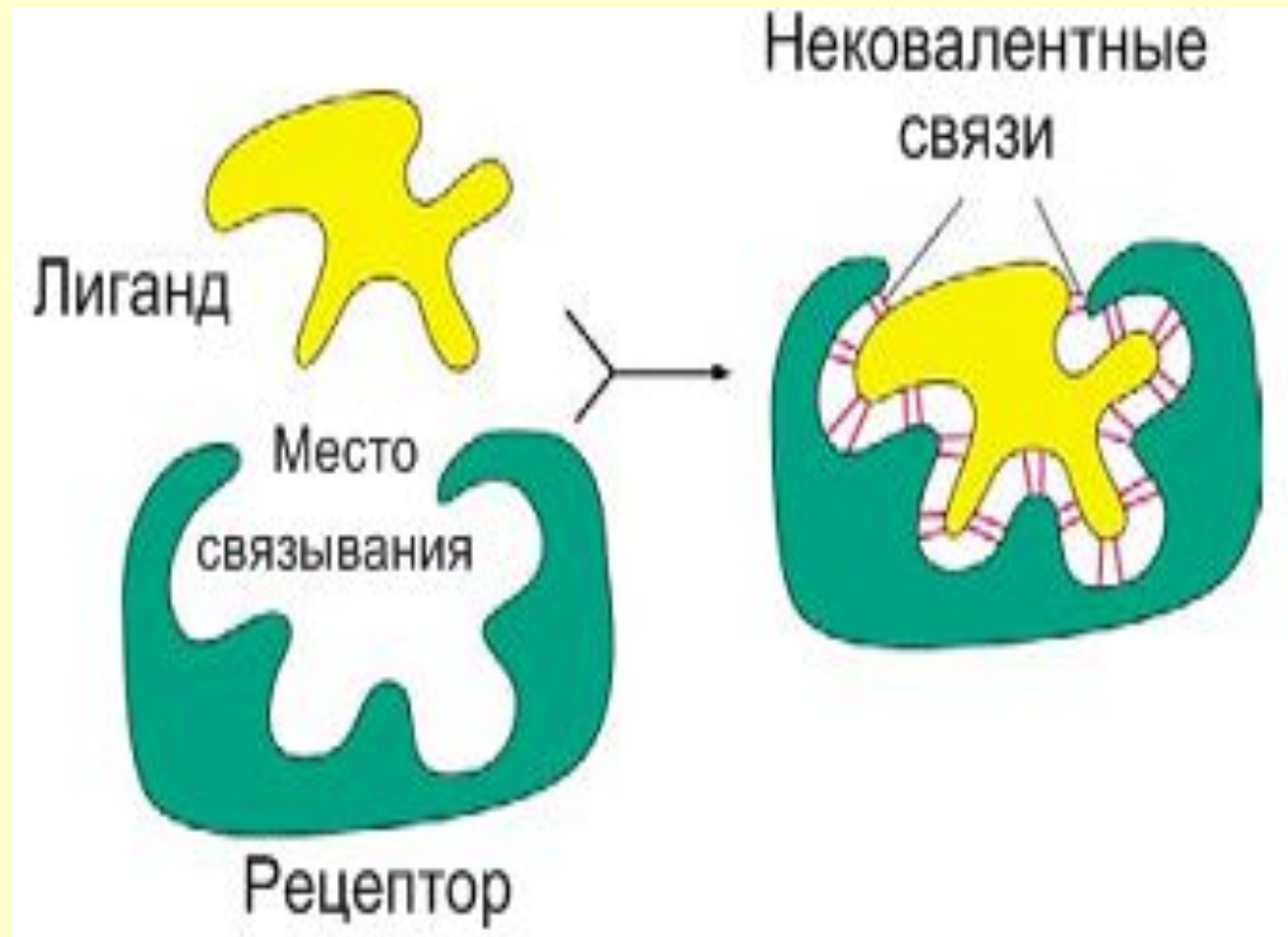
# СВЯЗЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СТРОЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ С ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

- В организме реакции протекают с участием биокатализаторов – ферментов. Ферменты построены из хиральных молекул  $\alpha$ -L-аминокислот, поэтому они чувствительны к хиральности взаимодействующих с ними субстратов.
- Хиральными молекулами являются также углеводы, фосфолипиды, витамины, гормоны, нуклеиновые кислоты.

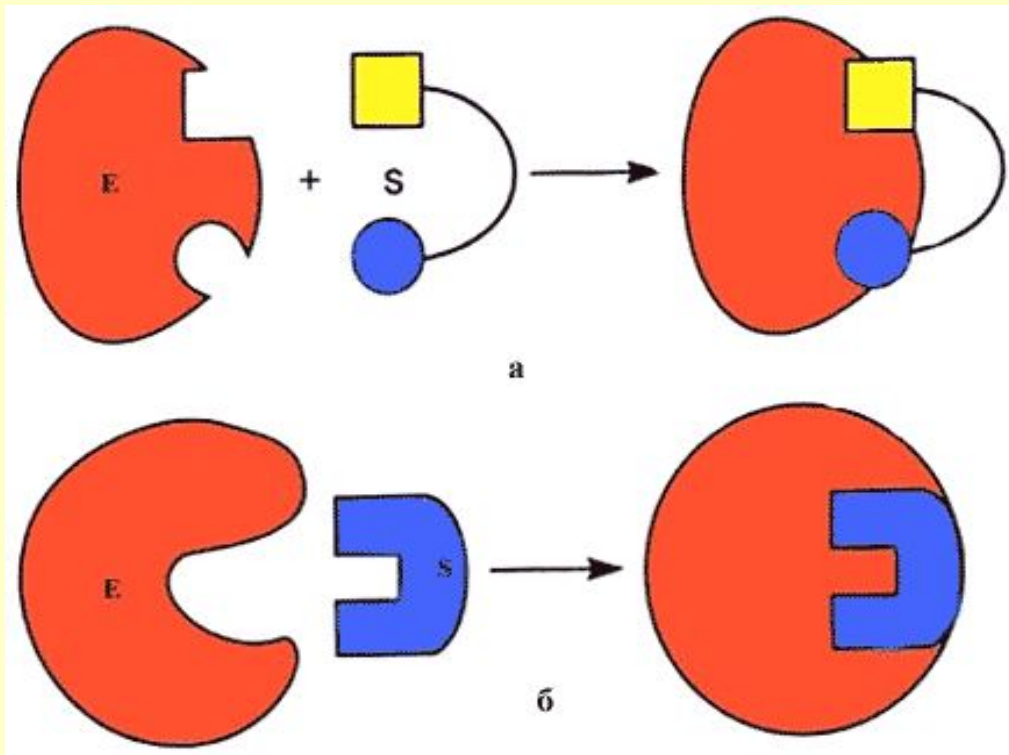
# Определение комплементарности

- **Комплементарность** - пространственная взаимодополняемость (соответствие) поверхностей взаимодействующих молекул или их частей, приводящая, как правило, к образованию дополнительных (ван-дер-ваальсовых, водородных, ионных) связей между ними. Уникальность и прочность комплементарных структур определяется высокой избирательностью и значительной площадью гидрофобного взаимодействия на уровне атомных группировок или зарядов по принципу «ключ-замок» или «рука-перчатка».

# ТЕОРИЯ ФИШЕРА



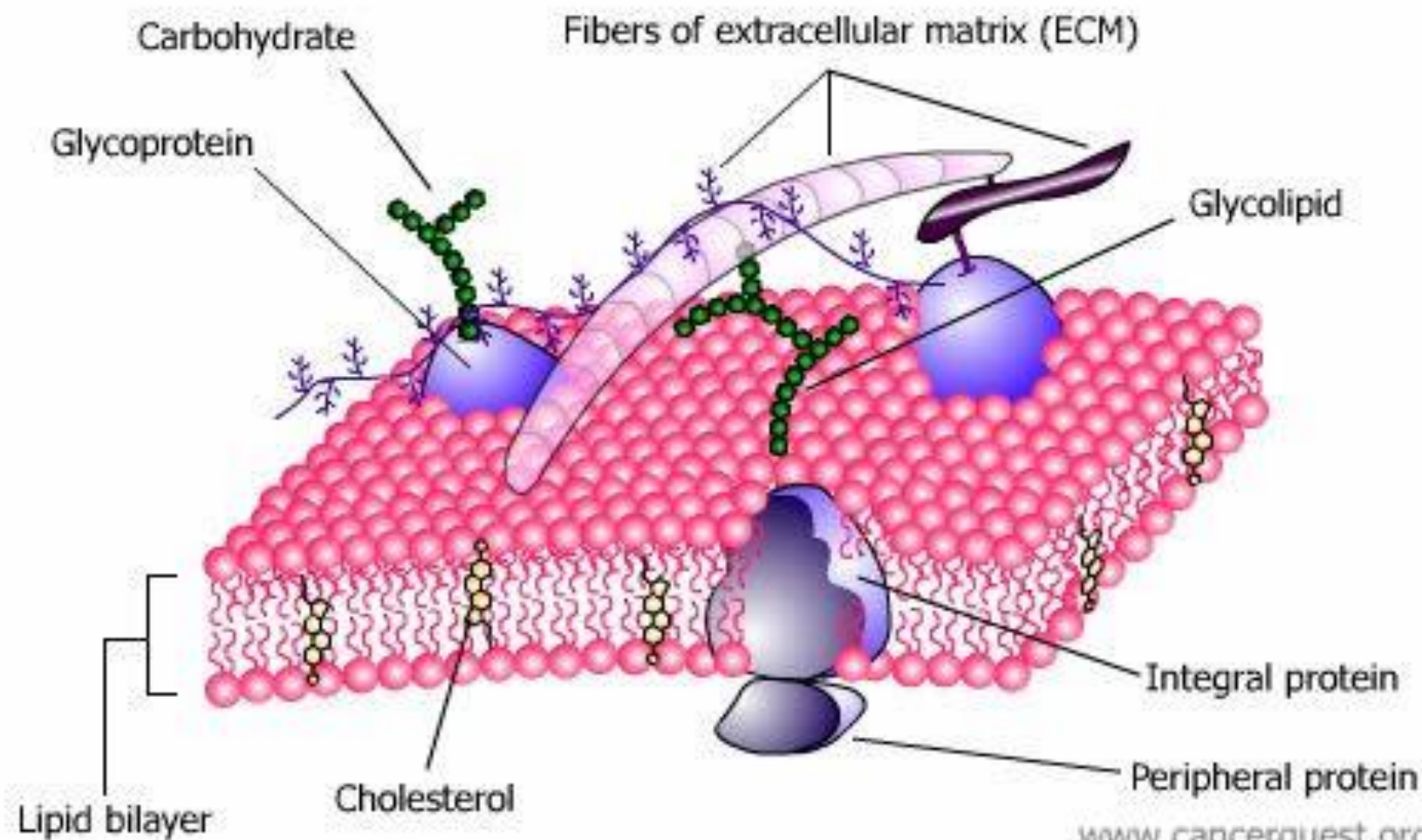
# Теория индуцированного соответствия Кошленда



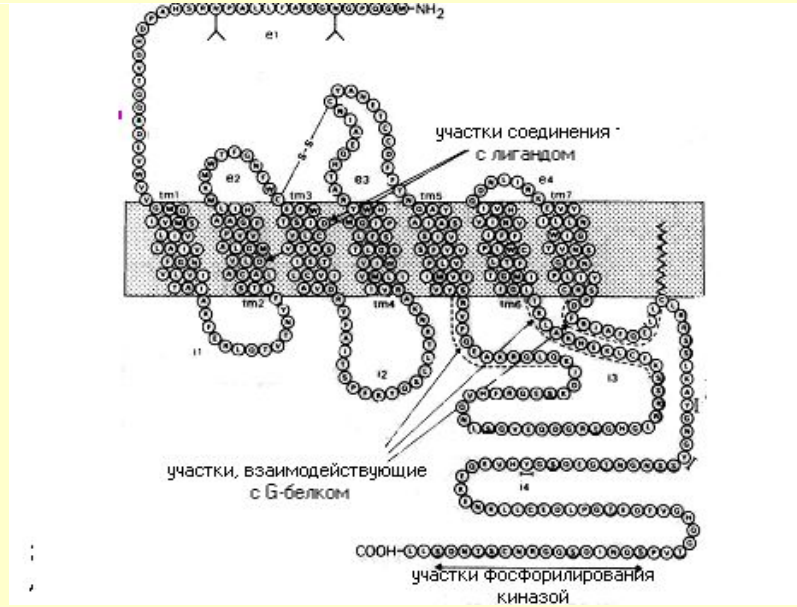
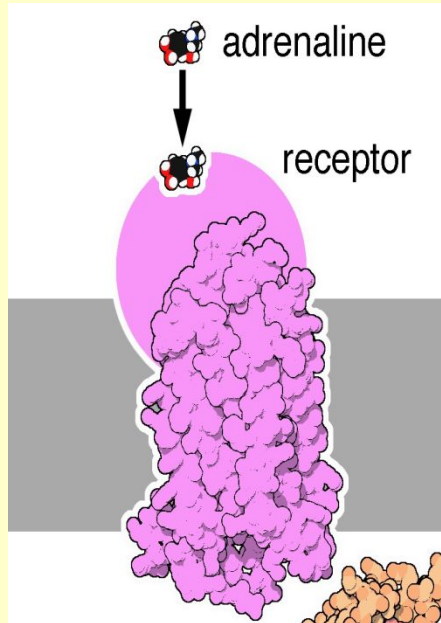
А) модель Фишера «ключа и замка»

Б) модель «руки и перчатки» Кошленда

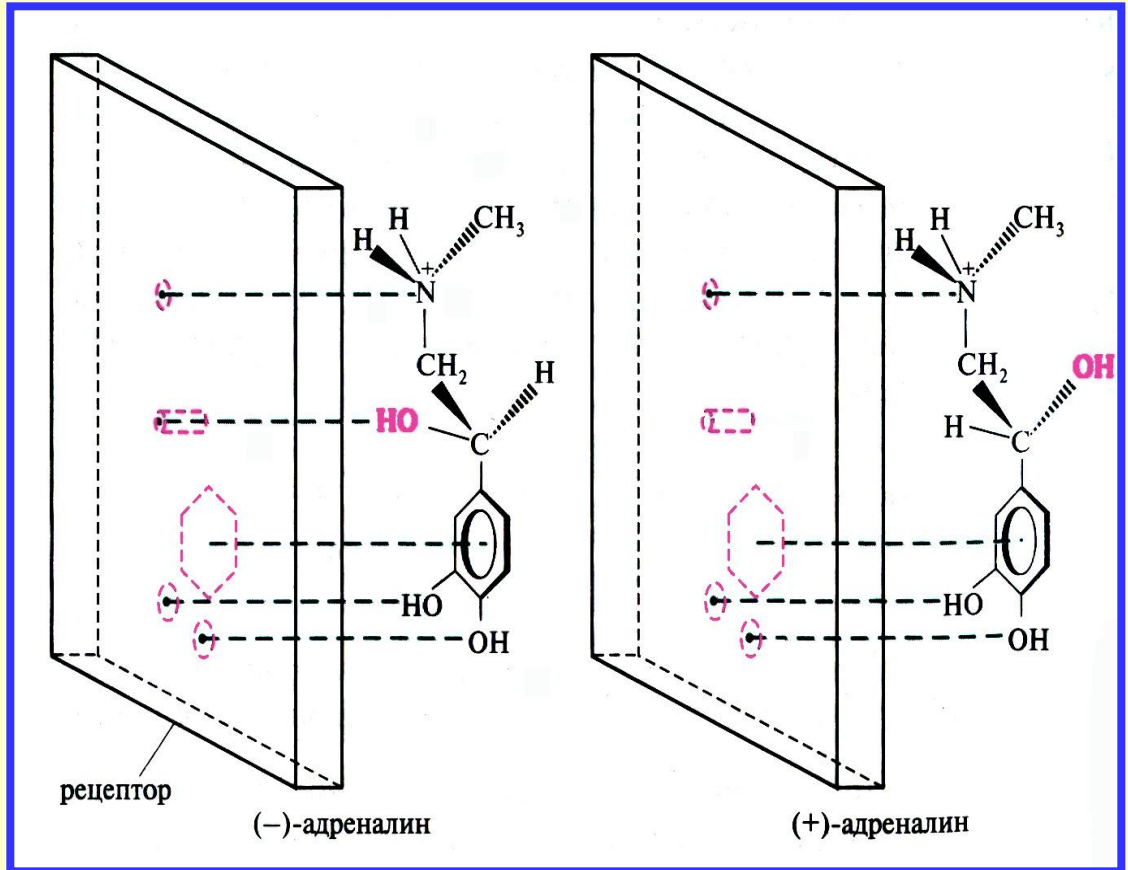
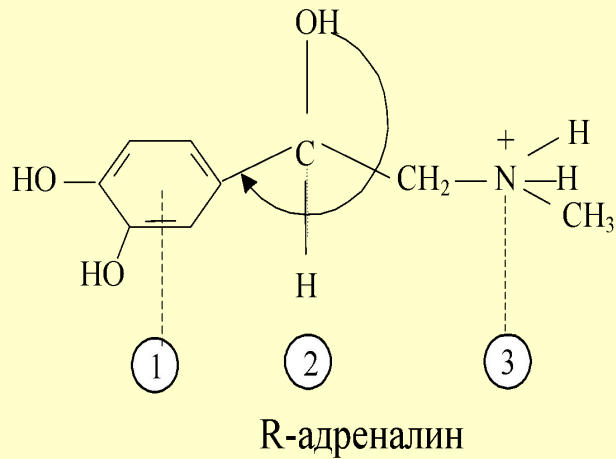




# Связь пространственного строения соединений с их биологической активностью

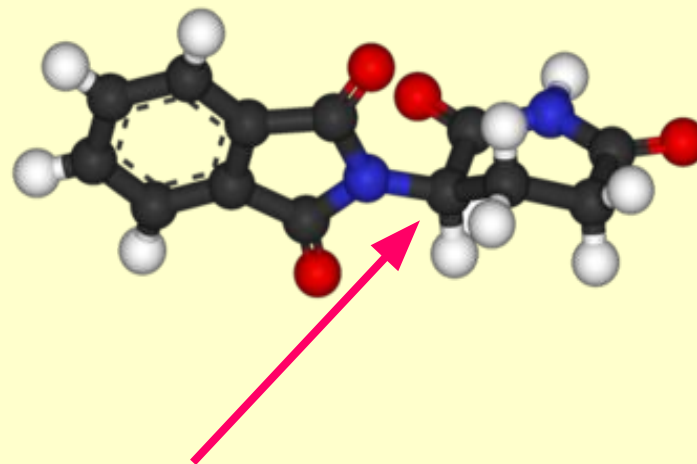
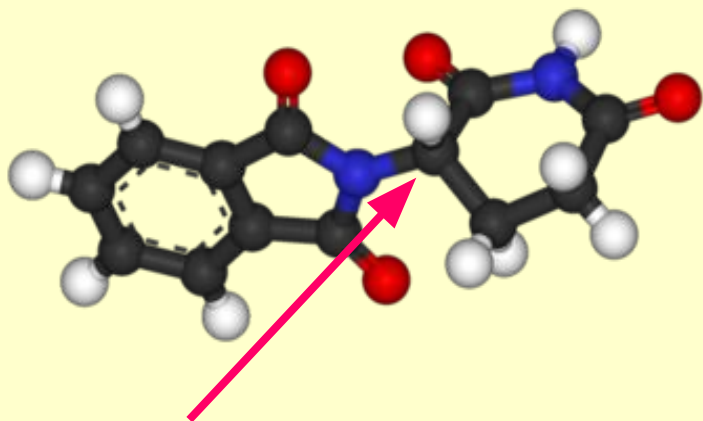
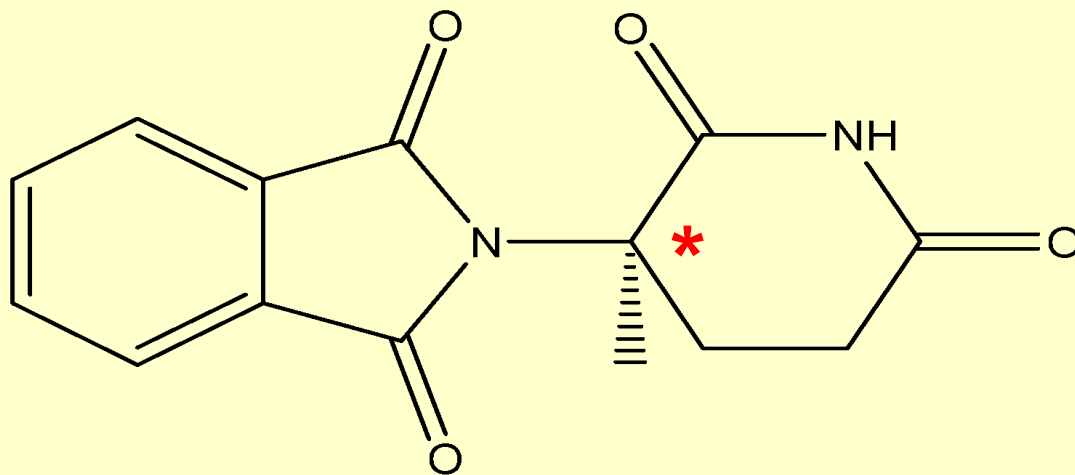


# Схема взаимодействия энантиомеров адреналина с рецептором



Наибольшую гормональную активность проявляет левовращающий адреналин («-», R-адреналин)

# талидомид



# ДЕТИ – ЖЕРТВЫ ТАЛИДОМИДА



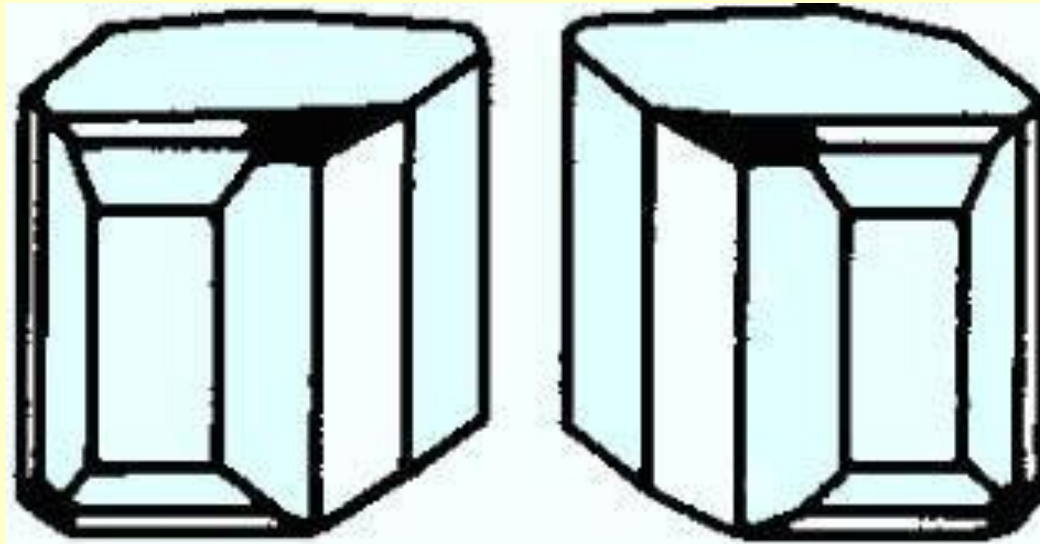


# СПОСОБЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ РАЦЕМАТОВ

- Механический

1848 г. Л.Пастер

вручную разделил энантиоморфные кристаллы  $\text{Na-NH}_4$  тартрата



# СПОСОБЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ РАЦЕМАТОВ

- Микробиологический, (биохимический) –  
основан на использовании  
микроорганизмов, способных потреблять  
одну из энантиомерных форм

*Penicillium glaucum*

(+, -) рацемат винной кислоты

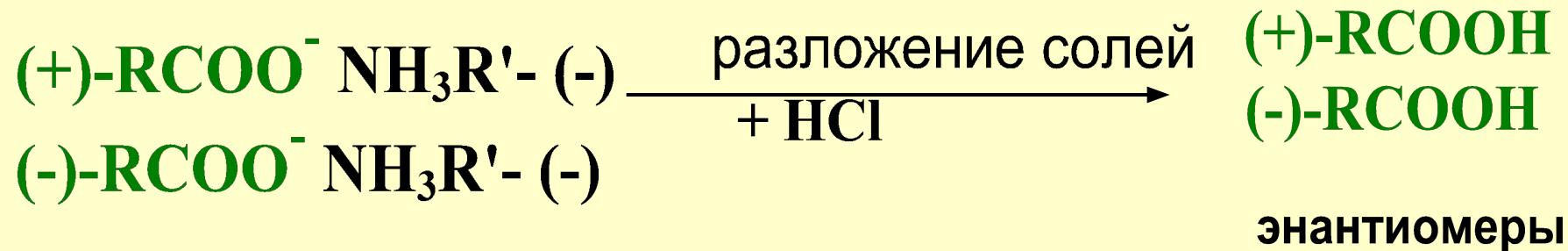
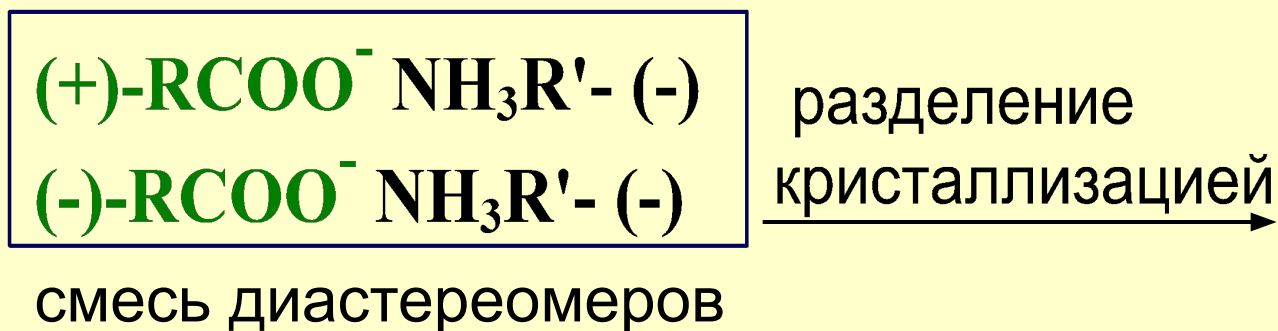
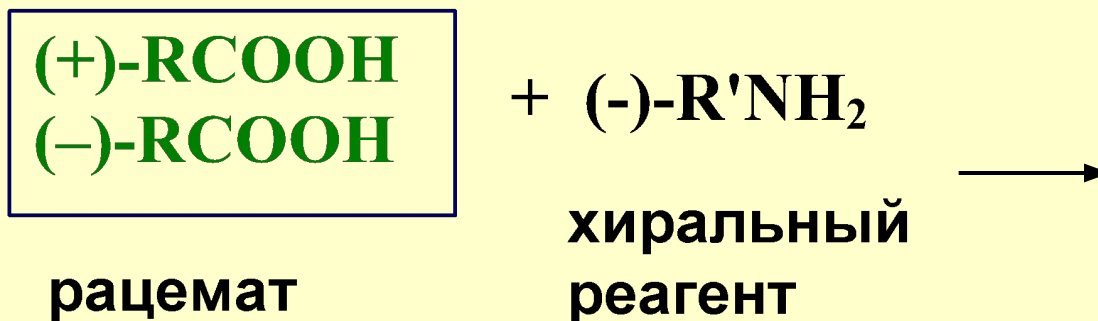
- винная кислота

Используют  
микроорганизмы

+ винной кислоты

# СПОСОБЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ РАЦЕМАТОВ

## Химический





# АФФИННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ

*разделение рацемической смеси с помощью оптически активных хиральных сорбентов*

- Аффинная хроматография основана на избирательной способности хирального сорбента связывать один из энантиомеров смеси

- Так, в биохимической практике при пропускании через хроматографическую колонку с хиральным сорбентом биоэкстрактов выделяют: белки - ферменты, моноклональные антитела, рецепторные белки и др.

# ***ПЕДФАКУ ПОСВЯЩАЕТСЯ***

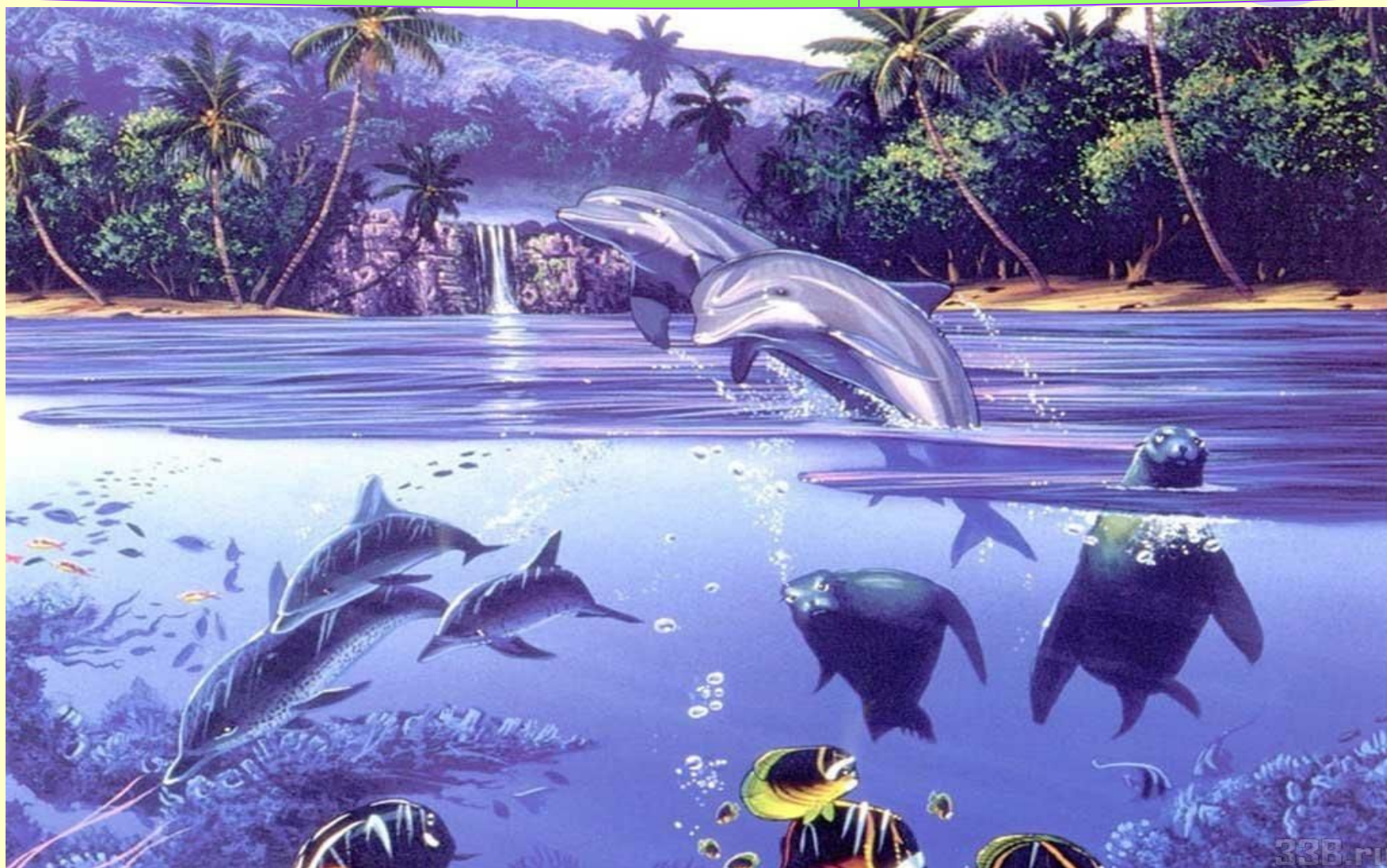
- *Вы в выгодной, удобной конформации*
- *И засветился вдруг экран,*
- *Я не совру Вам ни на гран,*
- *Поверьте лучшей радости мне нет,*
- *Уж на протяжении многих лет*
- *И это достоверный факт -*
- *Чем постоянно лекции читать*
  - *Тебе любимый мой - ПЕДФАК !*

**БЛАГОДАРЮ ЗА  
ВНИМАНИЕ!**



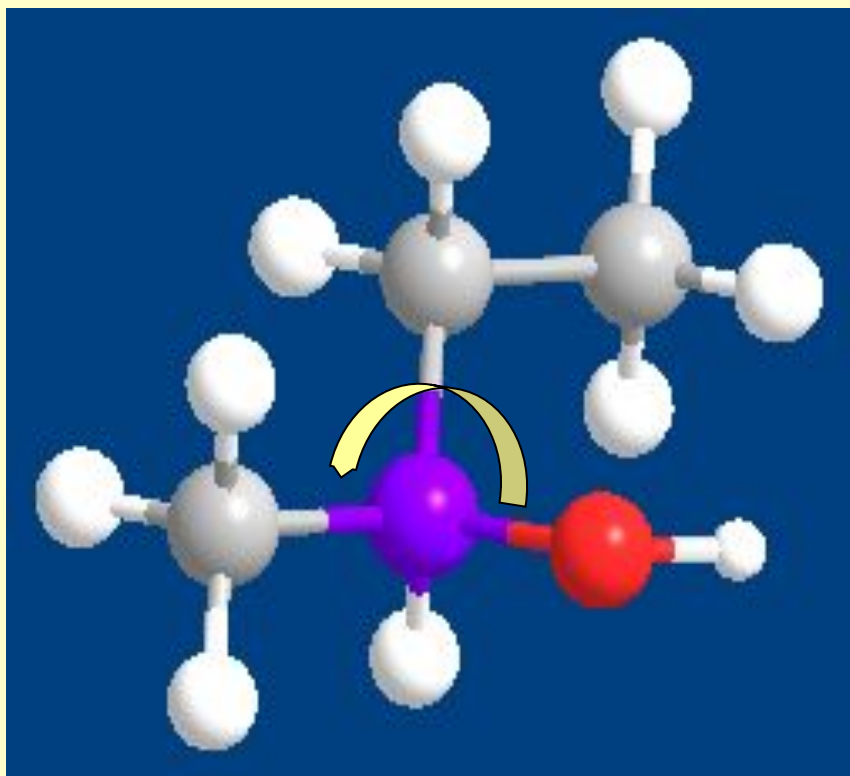


**БЛАГОДАР  
Ю ЗА  
ВНИМАНИЕ!**

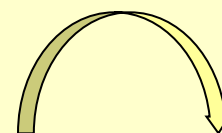


# R,S-НОМЕНКЛАТУРА

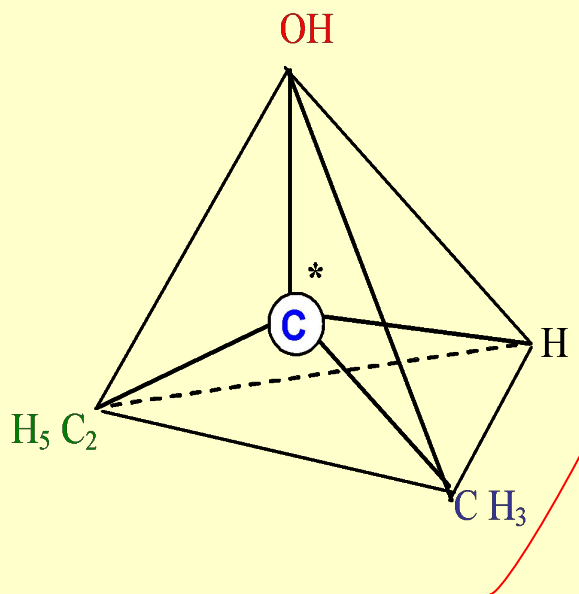
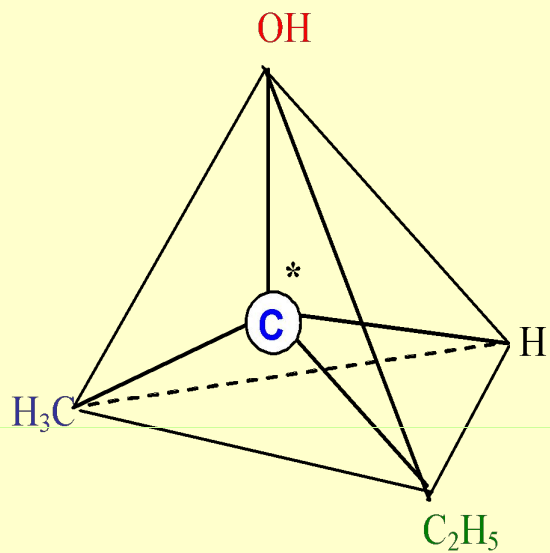
S-изомер



R-изомер



# бутанол-2



М. Ломоносов 1751

«Слово о пользе химии»

« ...медик без довольного знания химии  
совершенен быть не может...»

Для выделения  
соединения из  
биологического  
материала

Высоковольтный электрофорез

Хроматография:

Тонкослойная  
Ионообменная  
Газовая  
Жидкостная

Изоэлектрическое фокусирование

Ультрацентрифугирование

Для изучения  
состава сложных  
молекул

Кислотный и щелочной гидролиз

Избирательное расщепление определенных  
связей



# Методы биоорганической химии

Для  
определения  
структуры  
соединений

Рентгеноструктурный анализ

Электронография

Электронный парамагнитный резонанс - ЭПР

Ядерный магнитный резонанс - ЯМР

Спектроскопия

# Особенности биоорганического подхода

- *Химики-биоорганики в своей работе руководствуются следующей логикой: выделяют вещество из природного объекта, удостоверяются в его чистоте, а затем определяют его структуру, свойства. На следующем этапе синтезируют это соединение в химической лаборатории, а затем вводят животному (в биохимической лаборатории), чтобы сравнить свойства природного соединения и его синтезированного аналога. Только так можно доказать, что вещество данной химической структуры обладает определёнными свойствами*

# Уровни изучения живого

<i>Уровни исследования живой природы</i>	<i>Центральное определение</i>
<b>Молекулярный</b>	Все живое состоит из молекул, способных к сложной организации и выполнению уникальных биофункций
<b>Субклеточный</b>	Взаимосвязь субклеточных структур (органелл) – <b>первый биохимический цикл</b> , лежащий в основе функционирования живого организма
<b>Клеточный</b>	<b>Клетка</b> – это элементарная структурная, функциональная, генетическая единица многоклеточного организма
<b>Тканевый</b>	<b>Ткань</b> – это совокупность клеток, одинаковых по строению, свойствам и происхождению
<b>Органый</b>	<b>Орган</b> – часть тела, состоящая из нескольких тканей и выполняющая определенные функции
<b>Организменный</b>	<b>Организм</b> – это целая одноклеточная или многоклеточная система, способная к самостоятельному существованию
<b>Популяционно-видовой</b>	<b>Популяция</b> – это совокупность особей, которые свободно скрещиваются и дают потомство. <b>Вид</b> – совокупность популяций
<b>Биогеоценологический</b>	<b>Биогеоценоз</b> – это однородный участок земной поверхности, имеющий определенный состав живых (биоценоз) и косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и т.д.) компонентов и динамическим взаимодействием между ними (обмен веществ и энергии)
<b>Биосферный</b>	<b>Биосфера</b> – это область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы

# К теории топохимического соответствия

