



# Алканы

- Гомологический ряд.
- Физические свойства.
- Номенклатура.
- Изомерия.



## Гомологический ряд.

Алканы (парафины) — ациклические углеводороды линейного или разветвлённого строения, содержащие только простые связи ( $\sigma$ ) и образующие гомологический ряд с общей формулой  $C_n H_{2n+2}$

| Название алкана |   | структурная формула |
|-----------------|---|---------------------|
| Метан           | $CH_4$  | $CH_4$              |
| Этан            | $CH_3-CH_3$   | $C_2H_6$            |
| Пропан          | $CH_3-CH_2-CH_3$                                    | $C_3H_8$            |
| н-Бутан         | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$                               | $C_4H_{10}$         |
| н-Пентан        | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$                          | $C_5H_{12}$         |
| н-Гексан        | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$                     | $C_6H_{14}$         |
| н-Гептан        | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$                | $C_7H_{16}$         |
| н-Октан         | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$           | $C_8H_{18}$         |
| н-Нонан         | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$      | $C_9H_{20}$         |
| н-Декан         | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ | $C_{10}H_{22}$      |



# Гомологический ряд.

| Алкан                        |          |                | Радикал (алкил)               |                |
|------------------------------|----------|----------------|-------------------------------|----------------|
| Формула                      | Название | Число изомеров | Формула                       | Название       |
| $\text{CH}_4$                | Метан    |                | 1                             | $\text{CH}_3-$ |
| $\text{C}_2\text{H}_6$       | Этан     | 1              | $\text{C}_2\text{H}_5-$       | Этил           |
| $\text{C}_3\text{H}_8$       | Пропан   | 1              | $\text{C}_3\text{H}_7-$       | Пропил         |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | Бутан    | 2              | $\text{C}_4\text{H}_9-$       | Бутил          |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | Пентан   | 3              | $\text{C}_5\text{H}_{11}-$    | Пентил         |
| $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | Гексан   | 5              | $\text{C}_6\text{H}_{13}-$    | Гексил         |
| $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | Гептан   | 9              | $\text{C}_7\text{H}_{15}-$    | Гептил         |
| $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | Октан    | 18             | $\text{C}_8\text{H}_{17}-$    | Октил          |
| $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | Нонан    | 35             | $\text{C}_9\text{H}_{19}-$    | Нонил          |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | Декан    | 75             | $\text{C}_{10}\text{H}_{21}-$ | Децил (декил)  |





# Наиболее часто встречающиеся углеводородные радикалы:

| Формула радикала | Название         | Формула радикала                       | Название   | Формула радикала                     |
|------------------|------------------|--|--|--------------------------------------|
| $C_3H_7-$        | <i>n</i> -Пропил | $CH_3-CH_2-CH_2-$                      | Изопропил  | $CH_3-\overset{ }{CH}-CH_3$          |
| $C_4H_9-$        | <i>n</i> -Бутил  | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$                 | <i>втор</i> -Бутил<br>(вторичный нормальный бутил) | $CH_3-\overset{ }{CH}-CH_2-CH_3$     |
|                  | Изобутил         | $CH_3-\overset{ }{CH}-CH_2-$<br>$CH_3$ | <i>терет</i> -Бутил<br>(третичный бутил)           | $CH_3-\overset{ }{C}-CH_3$<br>$CH_3$ |

# Физические свойства.

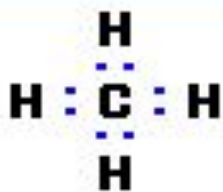
| Алкан                        |          | Физические свойства  |  |  |  |
|------------------------------|----------|--|--|--|--|
| Формула                      | Название | $t_{\text{пл}} \text{ } ^\circ\text{C}$                                      |  | $t_{\text{кип}} \text{ } ^\circ\text{C}$ | Агрегатное состояние   |
| $\text{CH}_4$                | Метан    | -182,5   |  <p>Mr<br/>&gt;<br/><math>T_{\text{пл}}</math><br/><math>T_{\text{ки}}</math><br/>n<br/>&gt;</p> | -161,5                                   | Газы<br><br>$\text{CH}_4$ и $\text{C}_2\text{H}_6$ – имеют специфический запах, остальные обладают запахом бензина |
| $\text{C}_2\text{H}_6$       | Этан     | -182,8   |  | -88,6                                    |  |
| $\text{C}_3\text{H}_8$       | Пропан   | -187,7   |  | -42                                      |  |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | Бутан    | -138,3   |  | -0,5                                     | Жидкости со слабым запахом<br>.... до $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$   |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | Пентан   | -129,7   |  | +36,1                                    |  |
| $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | Гексан   | -95,3  |  | 68,7                                     |  |
| $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | Гептан   | -90,6  |  | 98,4                                     |  |
| $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | Октан    | -56,8  |  | 124,7                                    | от $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ ...  |
| $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | Нонан    | -53,7  |  | 150,8                                    | Твердые без запаха   |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | Декан    | -29,6  |  | 174,0                                    |  |
| $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  | Алкан    | <u>Закон диалектики:</u><br>переход количественных изменений в качественные. |  |  |  |



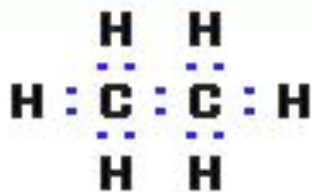
# Строение.

В алканах имеются два типа химических связей: **C–C** и **C–H**.

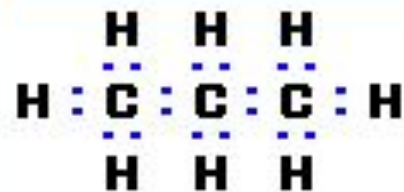
- Связь **C–C** является ковалентной неполярной.
- Связь **C–H** - ковалентная слабополярная, т.к. углерод и водород близки по электроотрицательности ( $\text{ЭО}(\text{C}) = 2,5$ ;  $\text{ЭО}(\text{H}) = 2,1$ ).
- Образование ковалентных связей в алканах за счет общих электронных пар атомов углерода и водорода можно показать с помощью электронных формул:



Метан



Этан

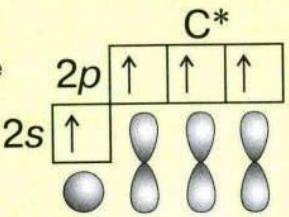


Пропан

# Пространственное строение



возбуждение атома

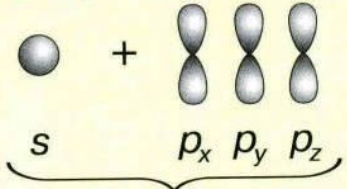


Американский физик и химик. Создатель теории химической связи и аминокислотной теории белка. Нобелевская премия по химии (1954). Нобелевская премия мира (1962).

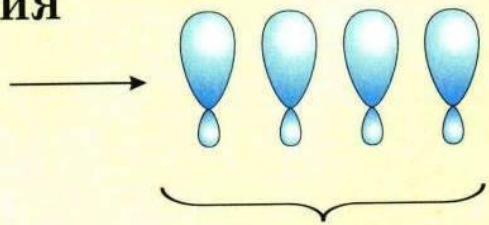


Л. Полинг (1901–1994)

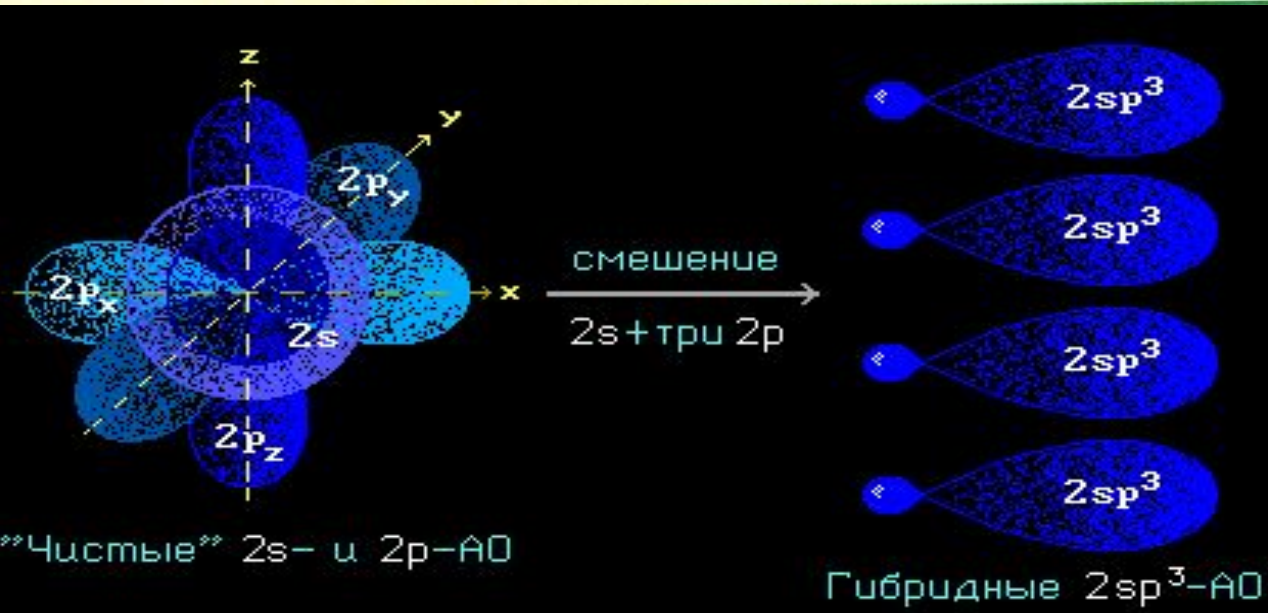
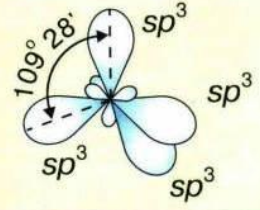
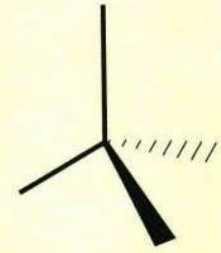
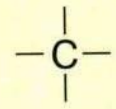
## 1 $sp^3$ -ГИБРИДИЗАЦИЯ



четыре негибридизованные орбитали ( $s+3p$ )



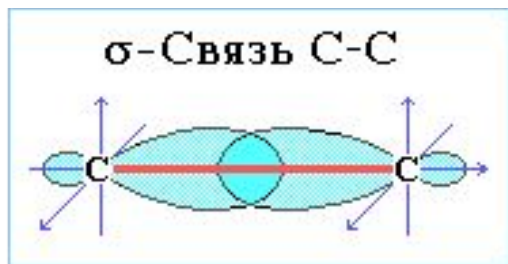
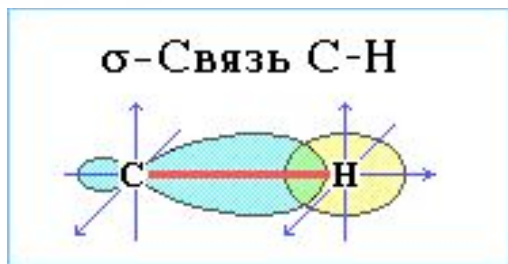
четыре гибридные орбитали ( $sp^3$ )



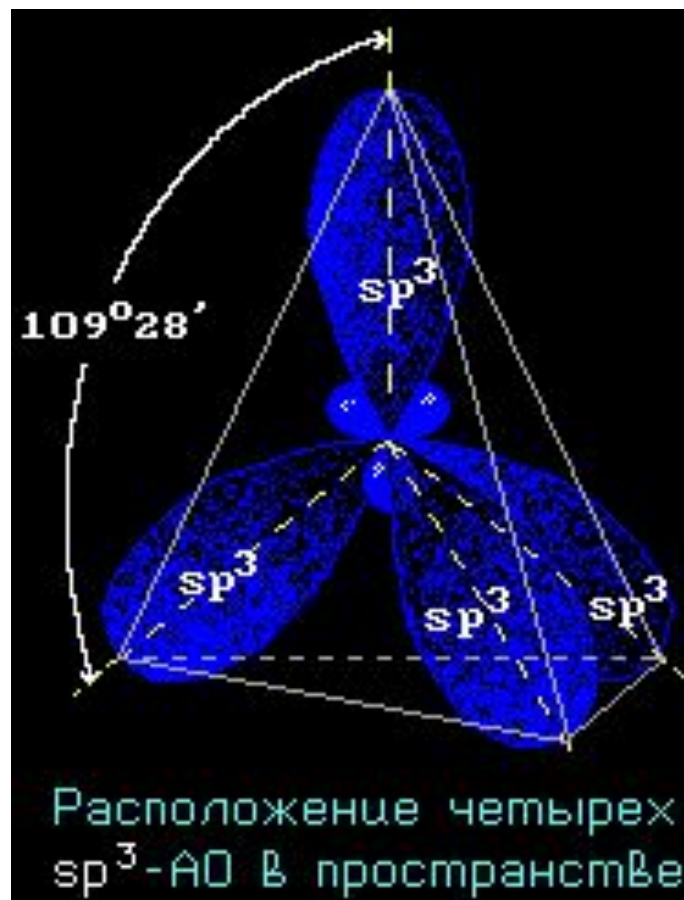


# Пространственное строение

- Каждая из четырех  $sp^3$ -гибридных АО углерода участвует в осевом ( $\sigma$ -) перекрывании с s-АО водорода или с  $sp^3$ -АО другого атома углерода, образуя  $\sigma$ -связи C-H или C-C:



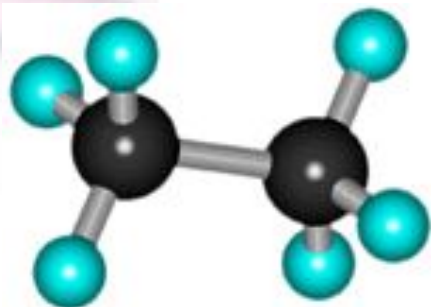
- Четыре  $\sigma$ -связи углерода направлены в пространстве под углом  $109^\circ 28'$ , что соответствует наименьшему отталкиванию электронов.
- Поэтому молекула простейшего представителя алканов – метана  $CH_4$  – имеет форму тетраэдра, в центре которого находится атом углерода, а в вершинах – атомы водорода.







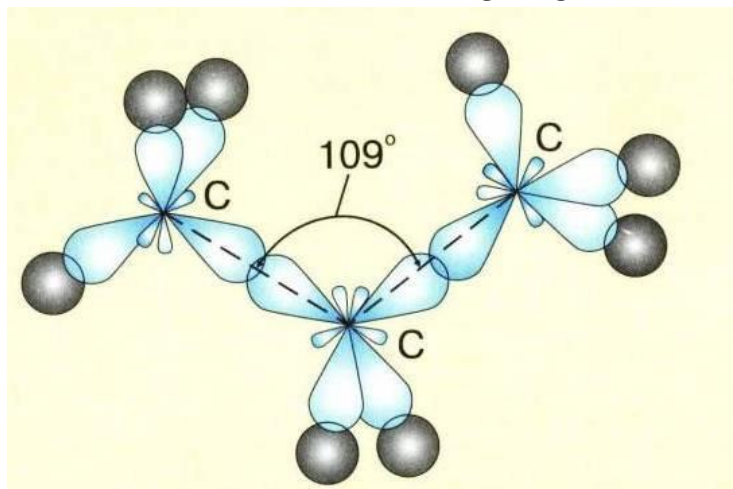
# Строение гомологов:



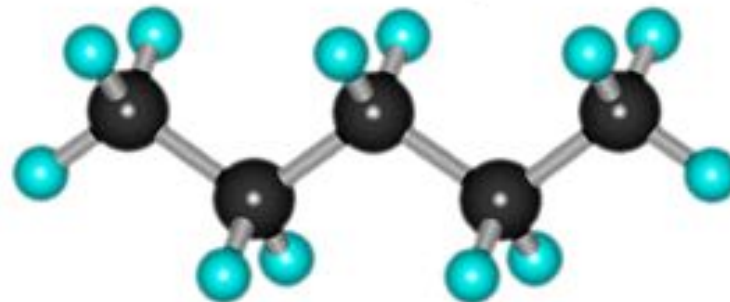
В молекуле следующего гомолога – этана  $C_2H_6$  – два тетраэдрических  $sp^3$ -атома углерода образуют более сложную пространственную конструкцию.

Для молекул алканов, содержащих свыше 2-х атомов углерода, характерны изогнутые формы под углом  $109^{\circ} 28'$

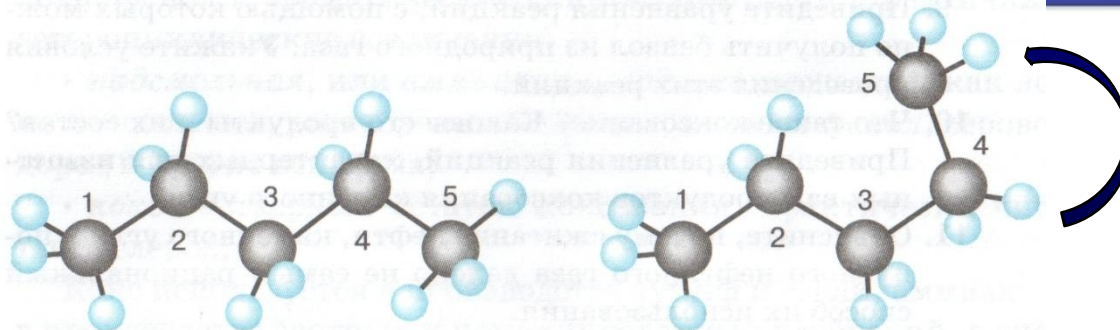
## Пропан $C_3H_8$



## Пентан $C_5H_{12}$

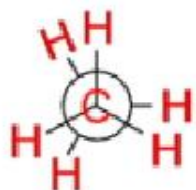


# Образование конформеров:

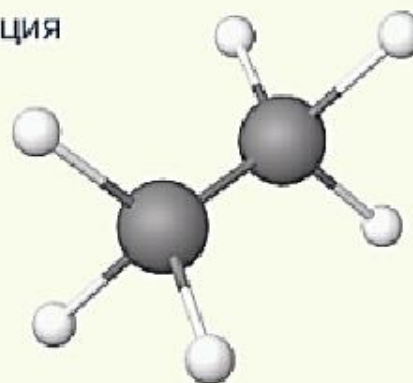
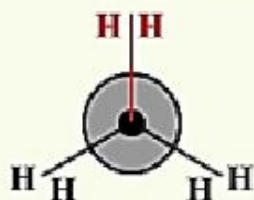


- Зигзагообразная цепь атомов углерода, особенно в длинноцепочечных молекулах, может принимать различные пространственные формы. Это связано с тем, что атомы в молекуле могут относительно **свободно вращаться вокруг химических (С-С)  $\sigma$  – связей на угол  $90^0$  или  $180^0$  без разрыва химической связи.**
- Такое свободное вращение существует в молекулах как проявление **теплового движения.**
- Различные геометрические формы молекул, переходящие друг в друга путем вращения вокруг простых связей, называют **конформациями** или **поворотными изомерами (конформерами).**

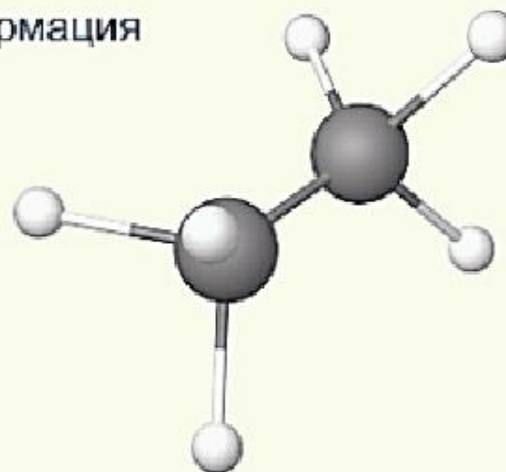
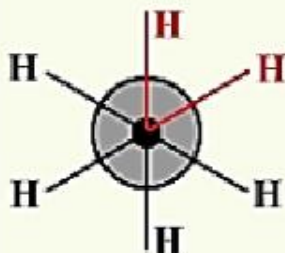
# Конформации этана



Заслоненная конформация



Заторможенная конформация





# Пространственное строение – самое главное !

• **4  $\sigma$  – СВЯЗИ**

•  **$sp^3$  - ГИБРИДИЗАЦИЯ**

•  **$109^{\circ}28'$  - ВАЛЕНТНЫЙ УГОЛ**

• **ТЕТРАЭДР - ФОРМА В ПРОСТРАНСТВЕ**

• **0,154 нм – ДЛИНА СВЯЗИ C — C**



# *Химическая номенклатура*

- это система правил составления формул и названий химических веществ.

**Виды  
номенклатур**

**Тривиальная**  
(историческая)

**Рациональная**

**Систематическая**  
(международная,  
женевская)



# Тривиальная номенклатура

- Включает случайные названия и названия от греческих числительных (по количеству атомов углерода):

$C_4H_{10}$  – бутан (буто – четыре)

$C_6H_{14}$  – гексан (гексо - шесть)

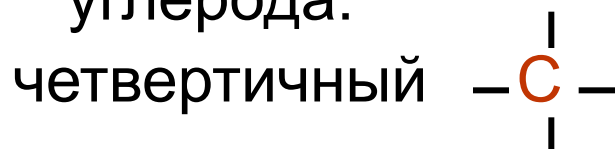
$C_7H_{16}$  – гептан (гепто – семь)

$C_8H_{18}$  – октан (окто – восемь)



# Рациональная номенклатура

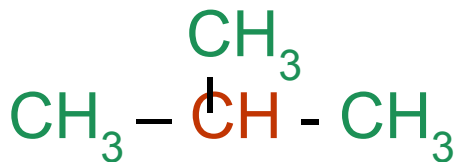
- Углеводороды рассматриваются как **производные метана**, у которого один или несколько атомов водорода замещены на радикалы.
- За основу выбирается самый разветвленный атом углерода:



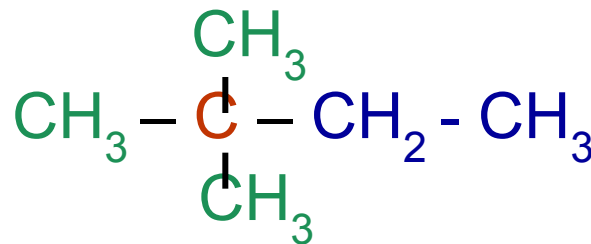
Примеры:



Диметил**метан**



Триметил**метан**



Триметил-этил**метан**



# Правила систематической номенклатуры ЮПАК (IUPAC).

- **Правило главной цепи:** главную цепь выбирают, руководствуясь последовательно следующими критериями:
  - ❖ **Максимальное** число функциональных заместителей.
  - ❖ **Максимальное** число кратных связей.
  - ❖ **Максимальная** протяженность.
  - ❖ **Максимальное** число боковых углеводородных групп.
- **Правило наименьших номеров :**
  - ❖ Главную цепь нумеруют от одного конца до другого арабскими цифрами.
  - ❖ Каждый заместитель (радикал) получает номер того атома углерода главной цепи, к которому он присоединен.
  - ❖ Последовательность нумерации выбирают таким образом, чтобы **сумма номеров заместителей была наименьшей.**





# Правила систематической номенклатуры ЮПАК (IUPAC).

## ■ Правило радикалов:

- ❖ Все углеводородные боковые группы рассматривают как одновалентные (односвязные) радикалы.
- ❖ Если боковой радикал сам содержит боковые цепи, то в нем по приведенным выше правилам выбирается дополнительная главная цепь, которая нумеруется, начиная с атома углерода, присоединенного к главной цепи.

## ■ Правило алфавитного порядка:

- ❖ Название соединения начинают с перечисления заместителей, указывая его **номер** в главной цепи и **названия в алфавитном порядке**.
- ❖ Наличие нескольких заместителей обозначают префиксами-числителями: **ди-, три-, тетра-** и т. д.
- ❖ После этого называют углеводород, соответствующий **главной цепи**.



# Систематическая номенклатура

- Любая разветвленная цепь рассматривается как длинная (главная), в которой атомы водорода замещены на радикалы – (боковая цепь):  
главная цепь

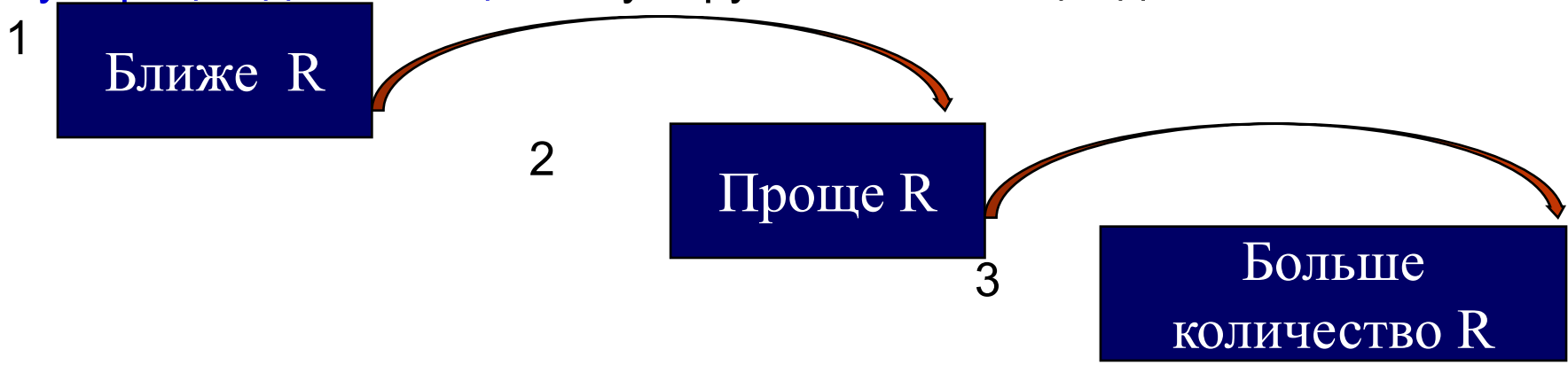


боковая цепь

- Выбор длинной цепи: выбираем самую длинную цепь атомов С с учетом разворота атомов на угол  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  вокруг  $\delta$  связи

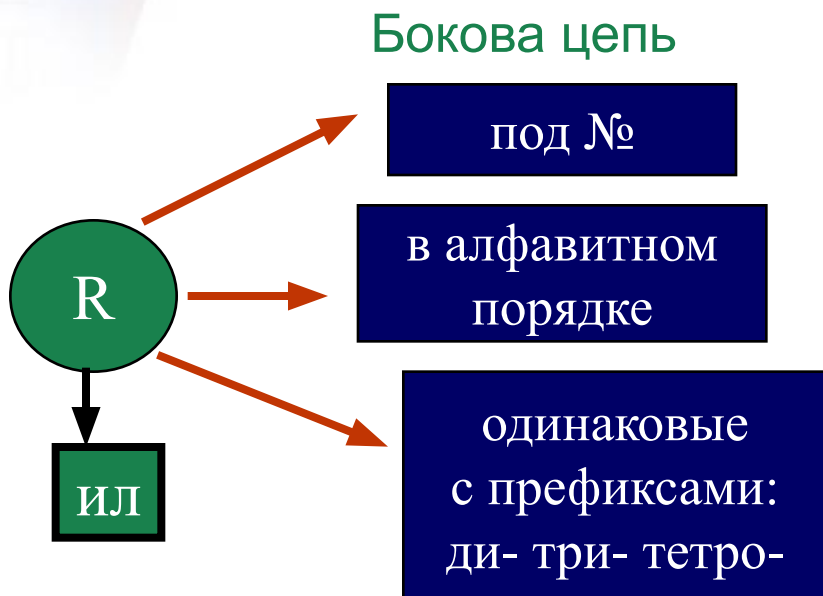


- Нумерация длинной цепи: нумеруем с того конца где





■ Название веществ:



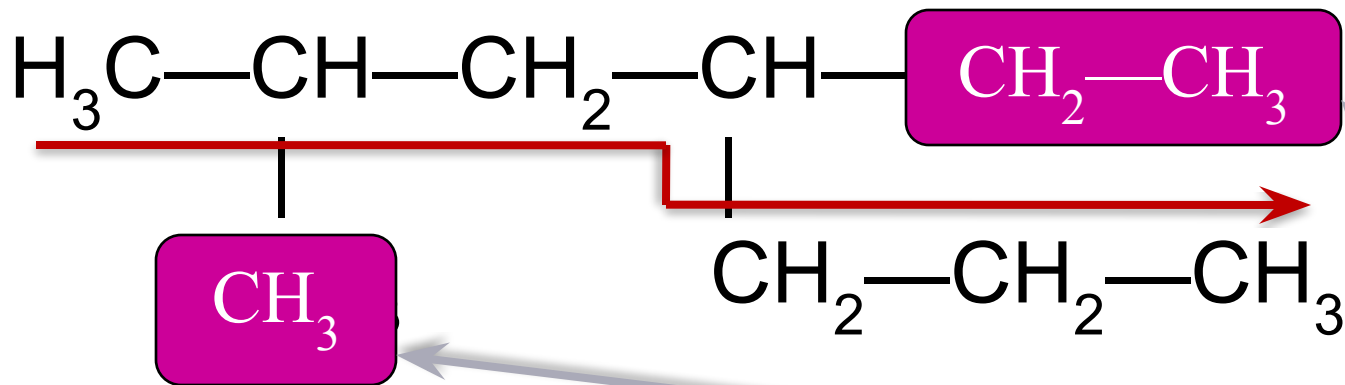
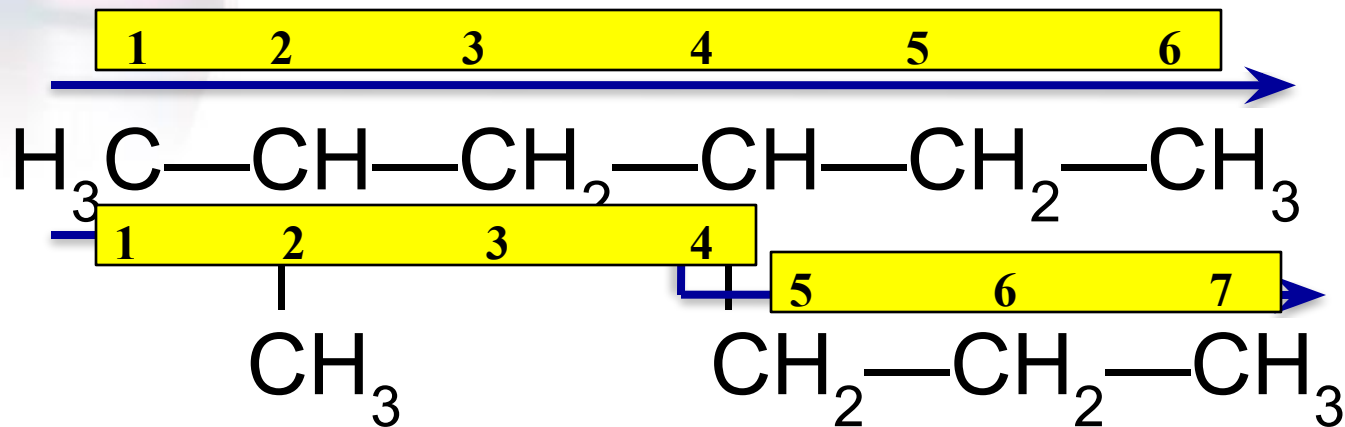
+ Длинная цепь  
по количеству атомов С  
с окончанием **ан**

№..... R ИЛ + алкан



Пример:

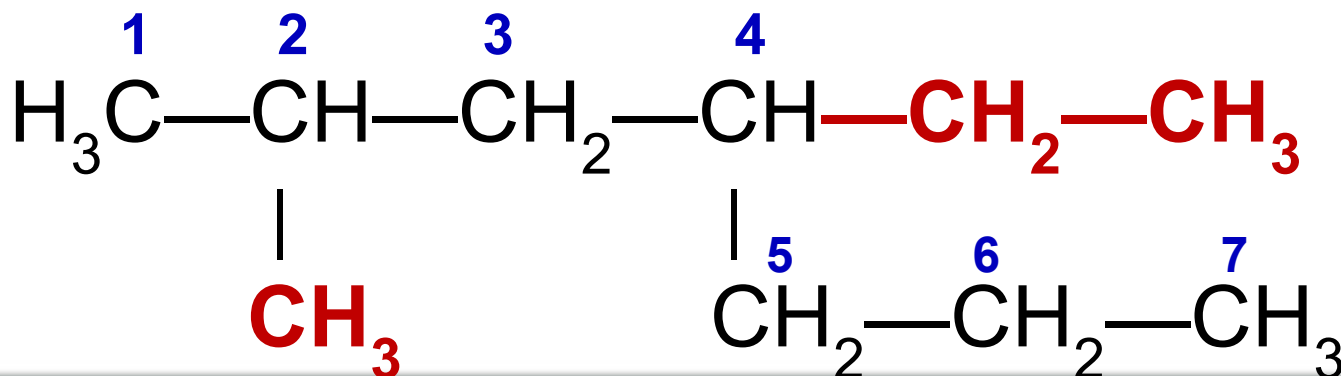
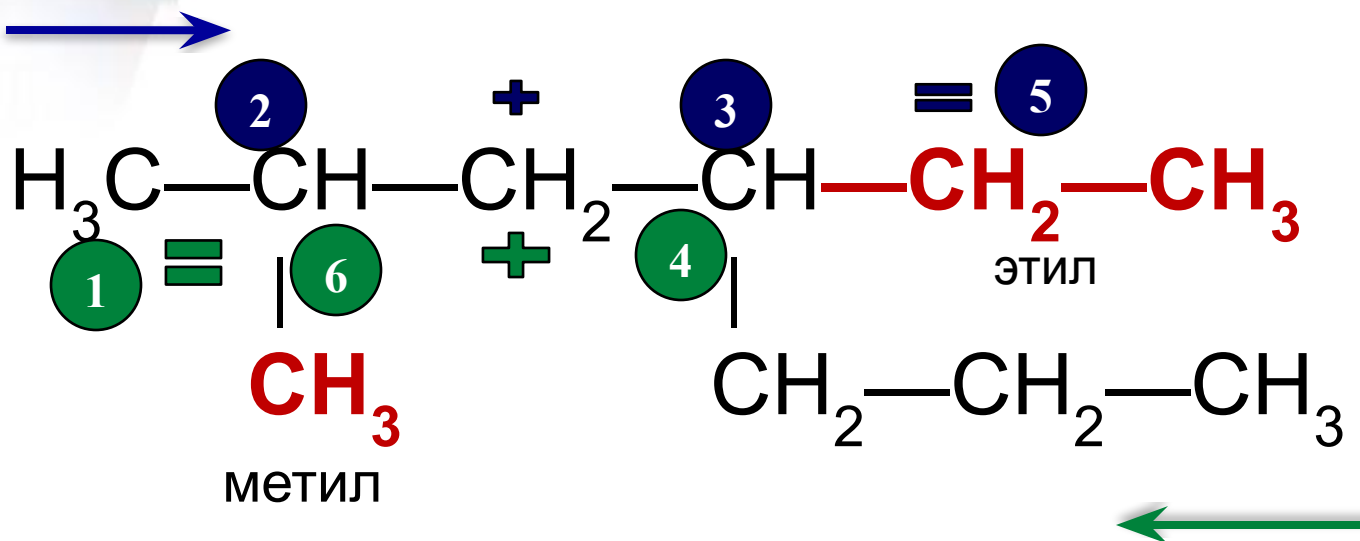
# 1. выбор длинной цепи



Боковая цепь



# Пример: 2. нумерация длинной цепи





# Систематическая номенклатура

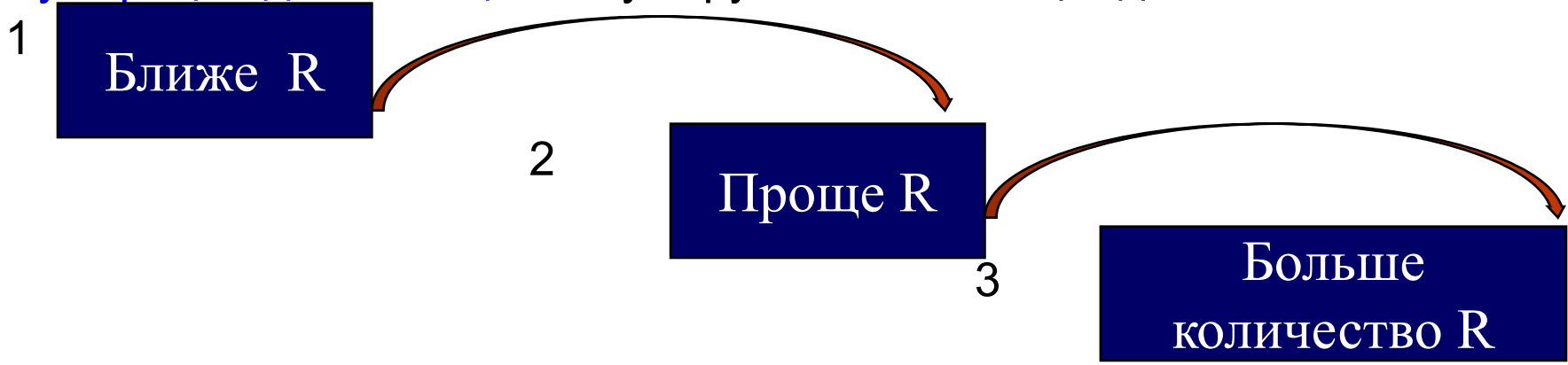
- Любая разветвленная цепь рассматривается как длинная (главная), в которой атомы водорода замещены на радикалы – (боковая цепь):  
**главная цепь**



- **Выбор длинной цепи:** выбираем самую длинную цепь атомов С с учетом разворота атомов на угол  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  вокруг  $\delta$  связи

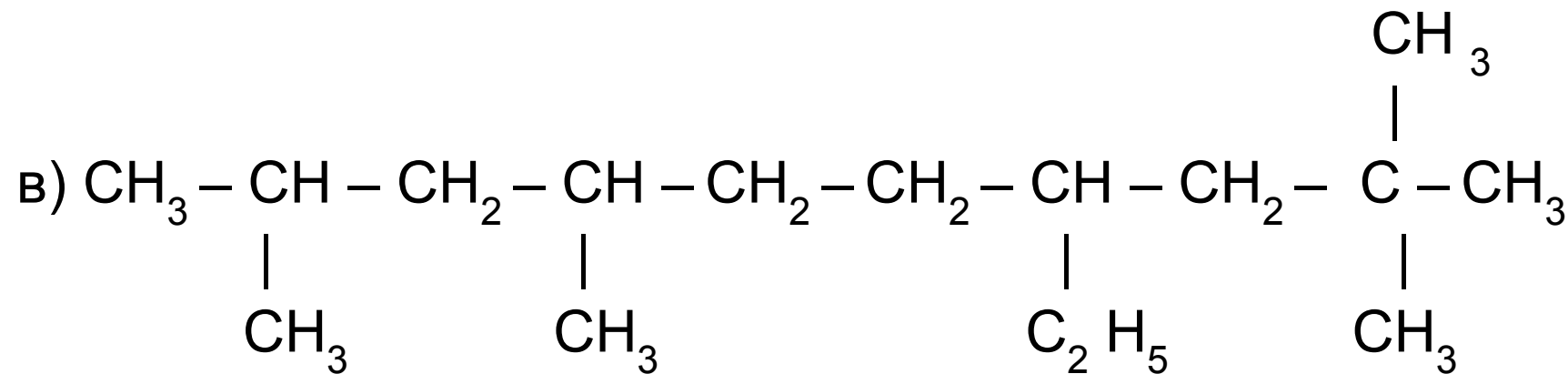
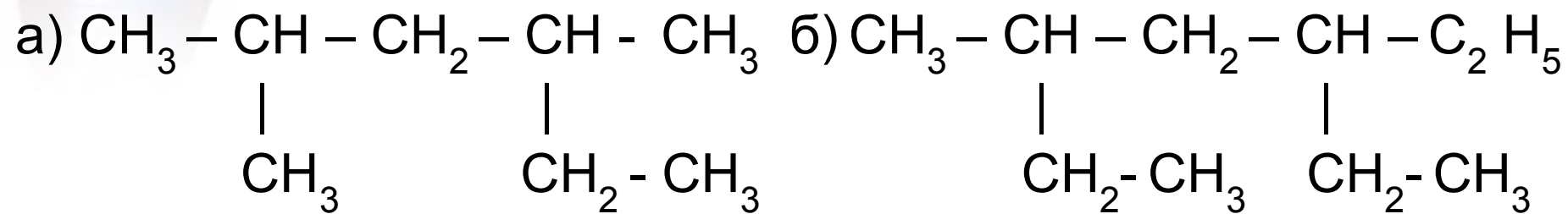


- **Нумерация длинной цепи:** нумеруем с того конца где





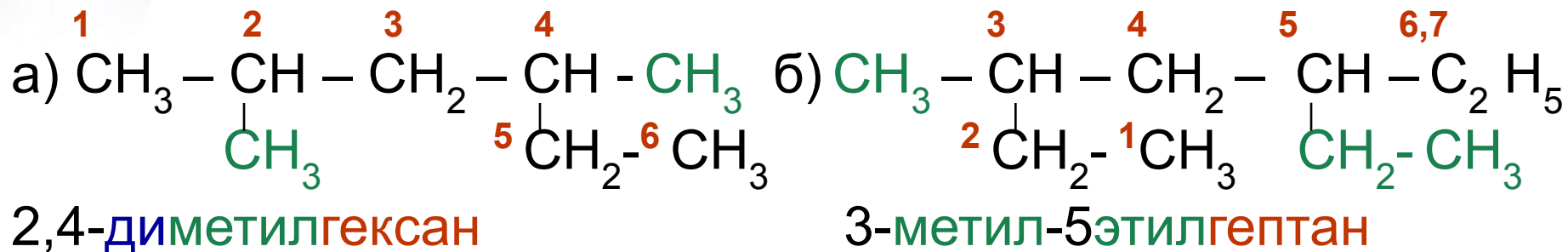
# Задание: назвать вещества по систематической номенклатуре.





# Проверка:

## ■ Примеры:



Ближе R

Проще R



Больше R

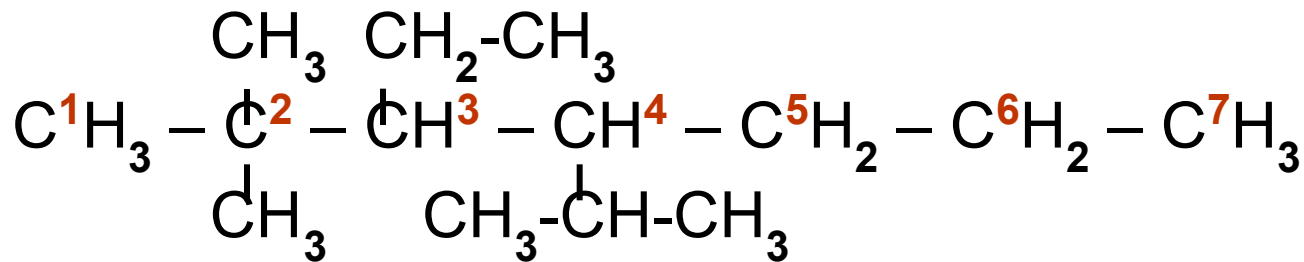




# Составление формул по названию веществ.



- **Длинная цепь:** записываем атомы С и нумеруем их (произвольно) если есть расставляем кратную связь
- **Боковая цепь:** располагаем под соответствующими № R
- Дописываем недостающие атомы Н, учитывая что **валентность С – IV**
- Пример: 4-изопропил-2,2-диметил-3-этилгептан





# Изомерия алканов.

Виды изомерии

Структурная

Пространственная  
(оптическая или  
зеркальная)



# Структурная изомерия - это изомерия углеродного скелета.

Правила составления изомеров.

Принцип: *длинная цепь укорачивается, а боковая разветвляется.*



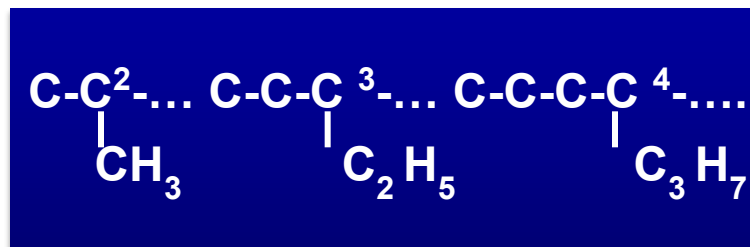
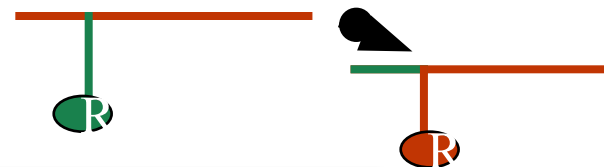
- отходить от крайних атомов C длинной цепи

*так как происходит разворот атомов C вокруг  $\delta$ -связи и R является длинной цепью*



- содержать больше атомов C, чем концевой участок длинной цепи

*для нумерации выбираем самую длинную цепь атомов C и R становится длинной цепью, а концевой участок R*





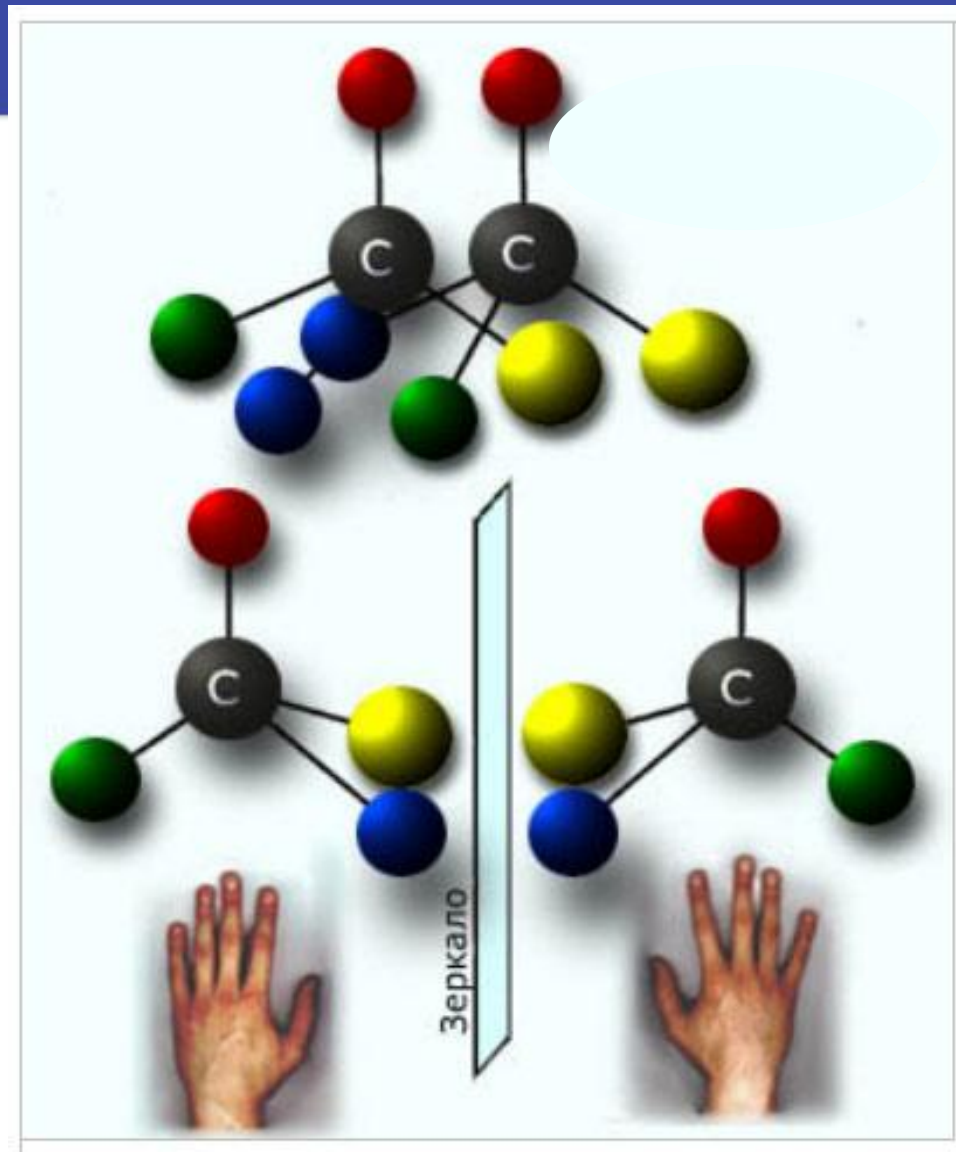
Пространственная изомерия - это изомерия расположения атомов в пространстве.

## Оптическая изомерия

### Оптические изомеры

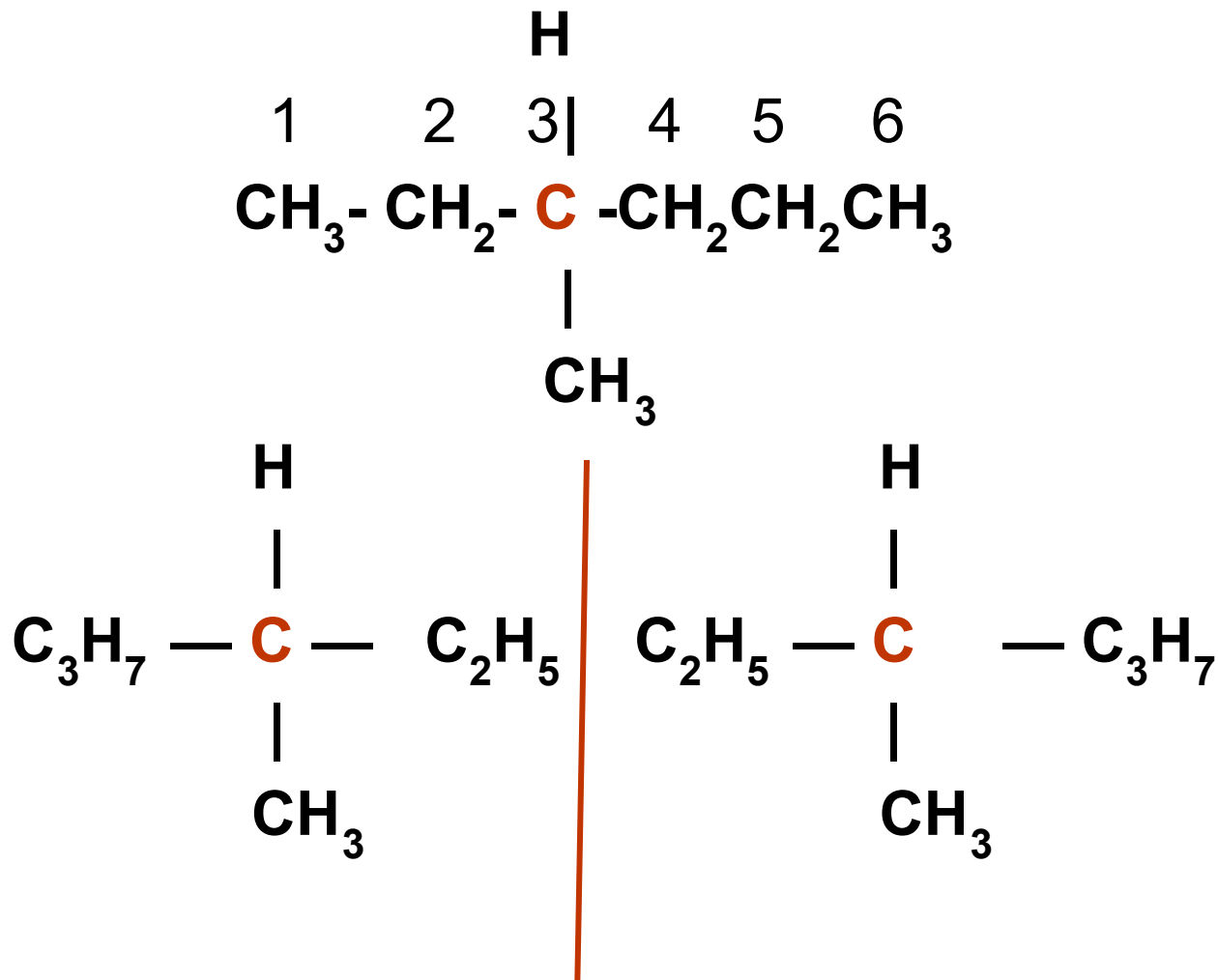
имеют одинаковое химическое строение, но отличаются расположением отдельных частей молекулы так, что представляют собой взаимные зеркальные отражения

*(принцип левой и правой руки).*

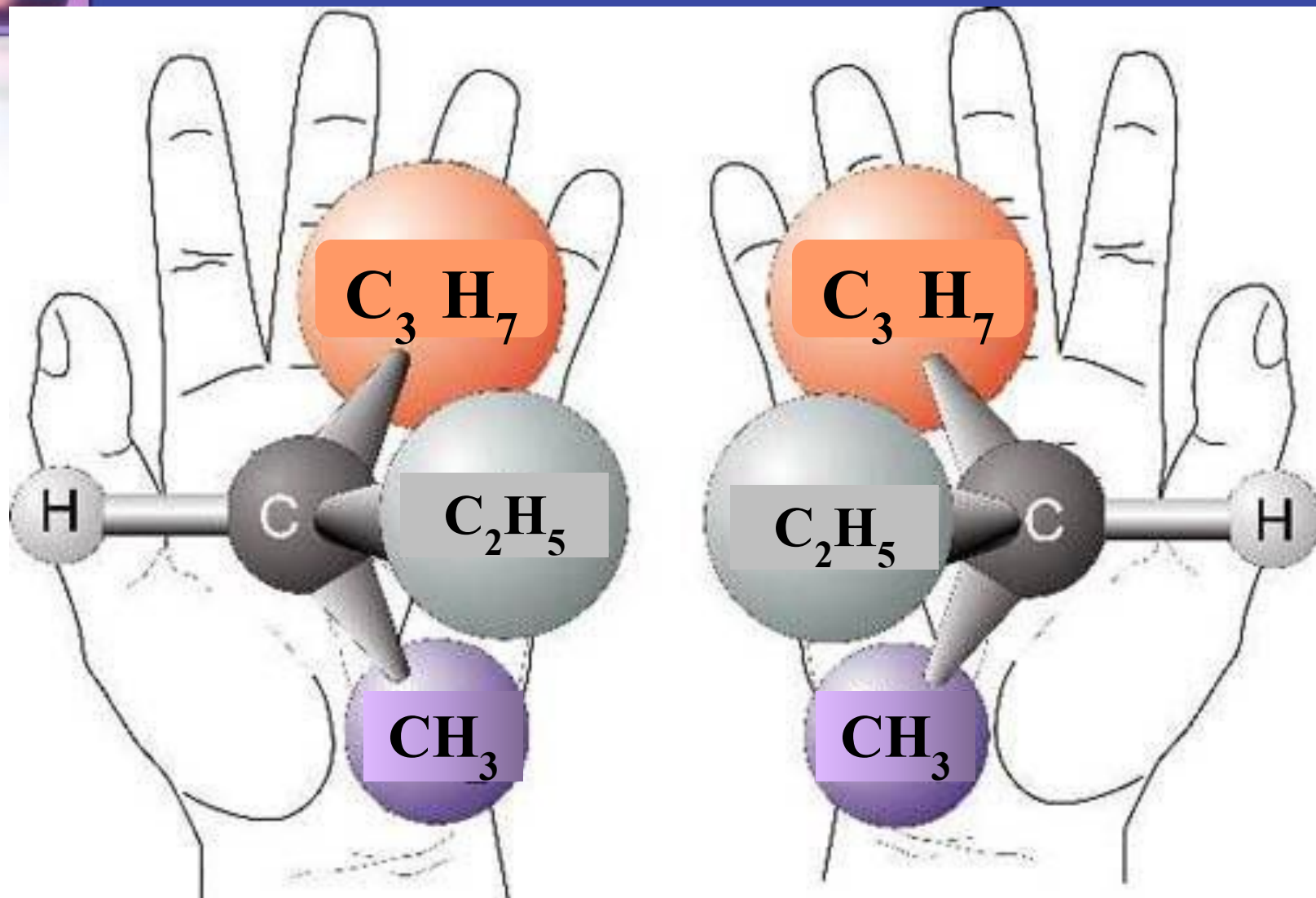


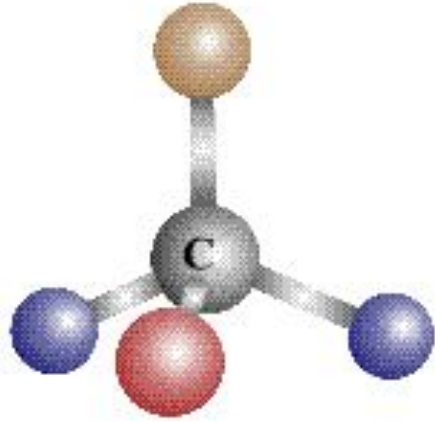


# Пример: 3 – метилгексан



чтобы обладать оптическими свойствами изомер должен содержать асимметричный атом С – связанный с четырьмя разными заместителями.





Зеркало