

# Пределные углеводороды

лекция 3

**Углеводороды (УВ) -  
органические соединения,  
состоящие из атомов  
водорода и углерода**

# Классификация углеводородов

по признакам

- 1) строение углеродного скелета
- 2) степень насыщенности (наличие в цепи кратных связей  $C=C$  и  $C\equiv C$ )

Незамкнутая цепь

Замкнутая цепь

Ациклические  
(алифатические)

Циклические

Насыщенные  
(предельные)

Ненасыщенные  
(непредельные)

Алицикли-  
ческие

Аромати-  
ческие

Алканы  
 $C_nH_{2n+2}$

Алкены  
 $C_nH_{2n}$   
Алкадиены  
 $C_nH_{2n-2}$   
Алкины  
 $C_nH_{2n-2}$

Циклоалканы  
 $C_nH_{2n}$

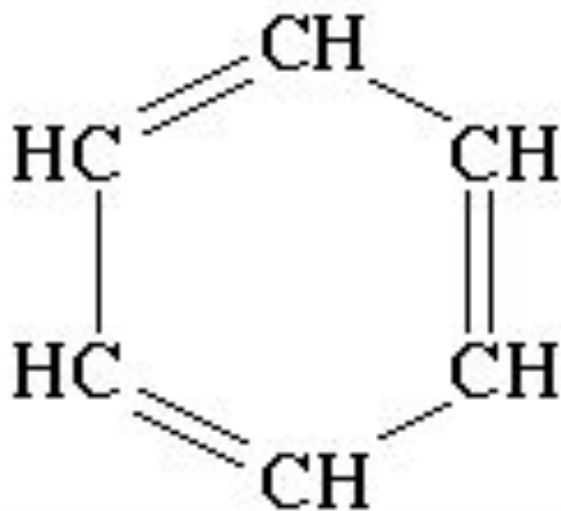
Арены  
 $C_nH_{2n-6}$   
( $n \geq 6$ )

- **насыщенные** (предельные)  
углеводороды, в которых имеются  
только одинарные связи
- **ненасыщенные** (непредельные)  
углеводороды , содержащие кроме  
одинарных, двойные и/или тройные  
связи

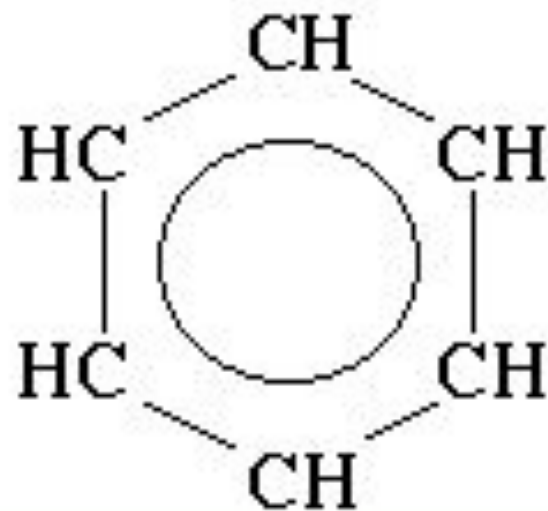
# Арены (ароматические УВ)

- по составу бензол соответствует ненасыщенным циклическим углеводородам
- по свойствам это соединение резко отличается

Бензол  $C_6H_6$



или



# **Пределные углеводороды**

# 1. определение

- **предельные УВ - углеводороды**, в которых атомы углерода связаны между собой одинарными связями в неразветвленные или разветвленные цепи

или

- **предельные УВ - углеводороды**, состав которых выражается общей формулой  $C_n H_{2n+2}$ , где  $n$  – число атомов углерода



## 2. ВОЗМОЖНЫЕ НАЗВАНИЯ

1. **алканы** название предельных углеводородов по международной номенклатуре (ИЮПАК)
2. **парафины**– исторически сложившееся название, отражающее свойства этих соединений (от лат. *parrum affinis* – имеющий мало сродства, малоактивный)
3. **предельными**, или 4. **насыщенными**, эти углеводороды называют в связи с полным насыщением углеродной цепи атомами водорода

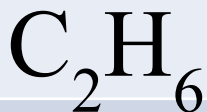


название

**Наизусть !!!!!**



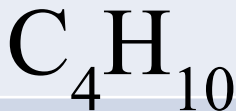
метан



этан



пропан



бутан



пентан



гексан



гептан



октан



нонан



декан

### **3. Номенклатура ИЮПАК (IUPAC)**

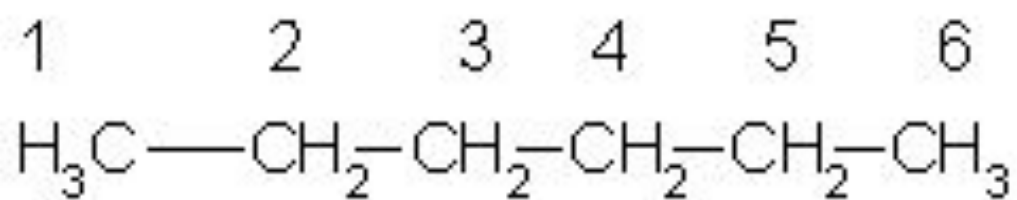
1. Выбирается самая длинная углеродная цепь  
- **главная цепь**.
2. Нумерация главной цепи проводится так, чтобы положение заместителя (радикала) или сумма положений заместителей (если их несколько) имели бы минимальное значение.
3. Название заместителя строится из названия соответствующего алкана с заменой суффикса **-ан** на суффикс **-ил**.

метан - метил

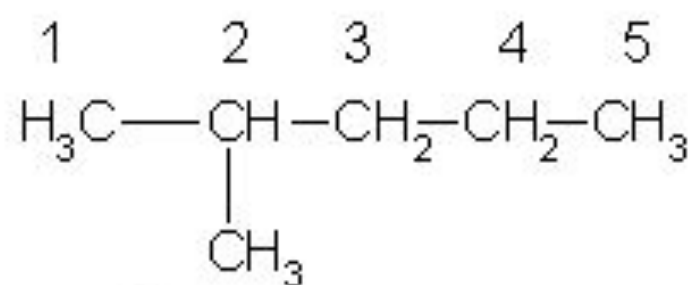
этан - этил

### **3. Номенклатура ИЮПАК (IURAS)**

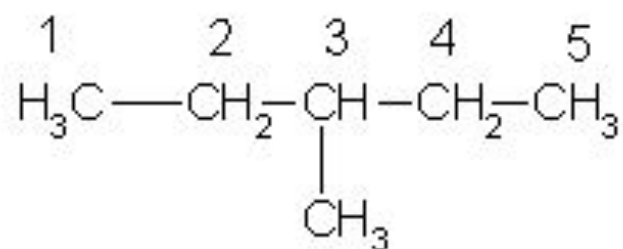
4. Количество одинаковых заместителей обозначается соответствующей приставкой:  
2 шт. - **ди-**;            3 шт. - **три-**;  
4 шт. - **тетра-**;    5 шт. - **пента-**    и т.д.
5. Если в молекуле содержится несколько видов заместителей, то они перечисляются в алфавитном порядке.
6. Структура названия:  
**цифры** (через ,,,) - **приставка + заместитель**  
**+ алкан** главной цепи.



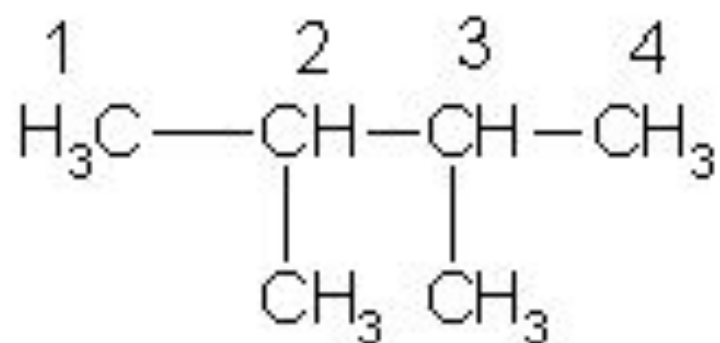
н-гексан



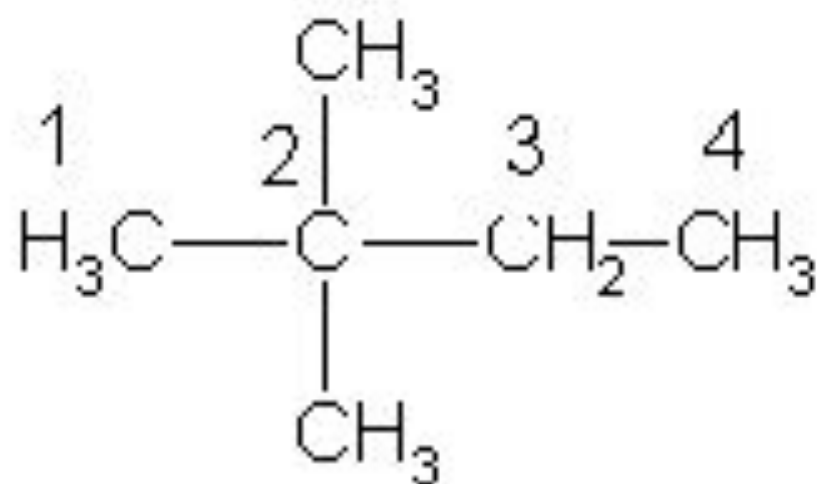
2-метилпентан



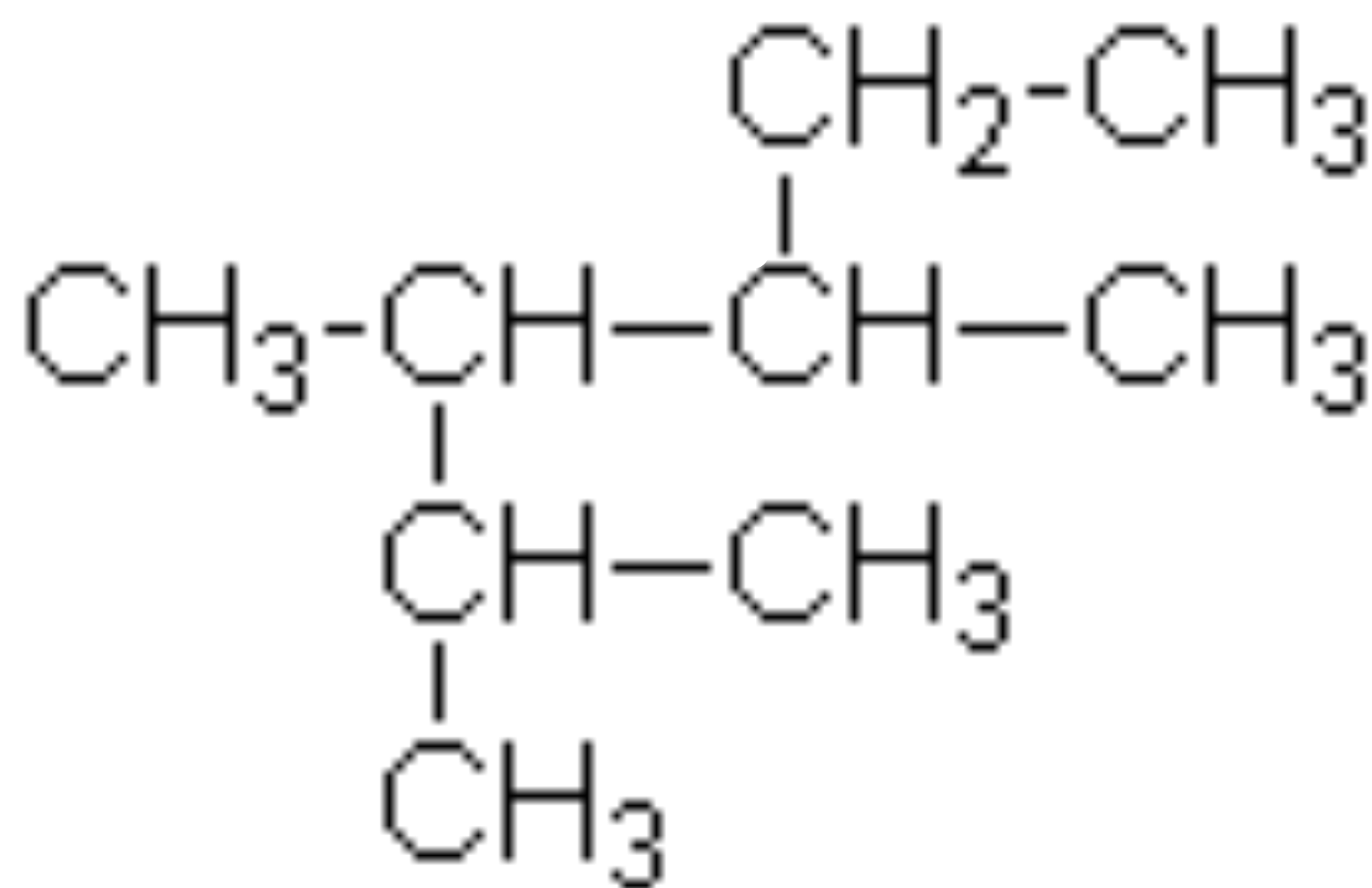
3-метилпентан

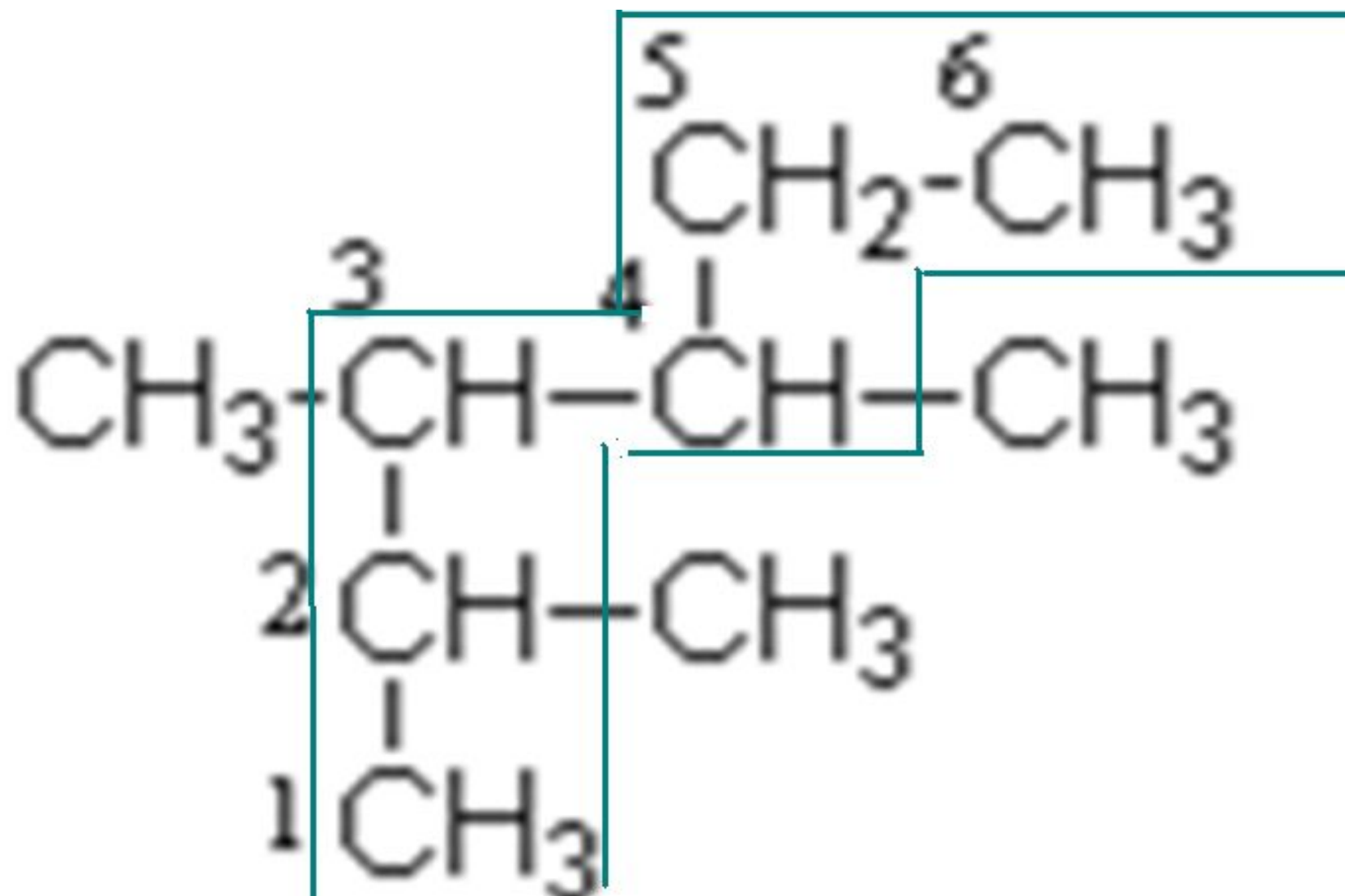


2,3-диметилбутан



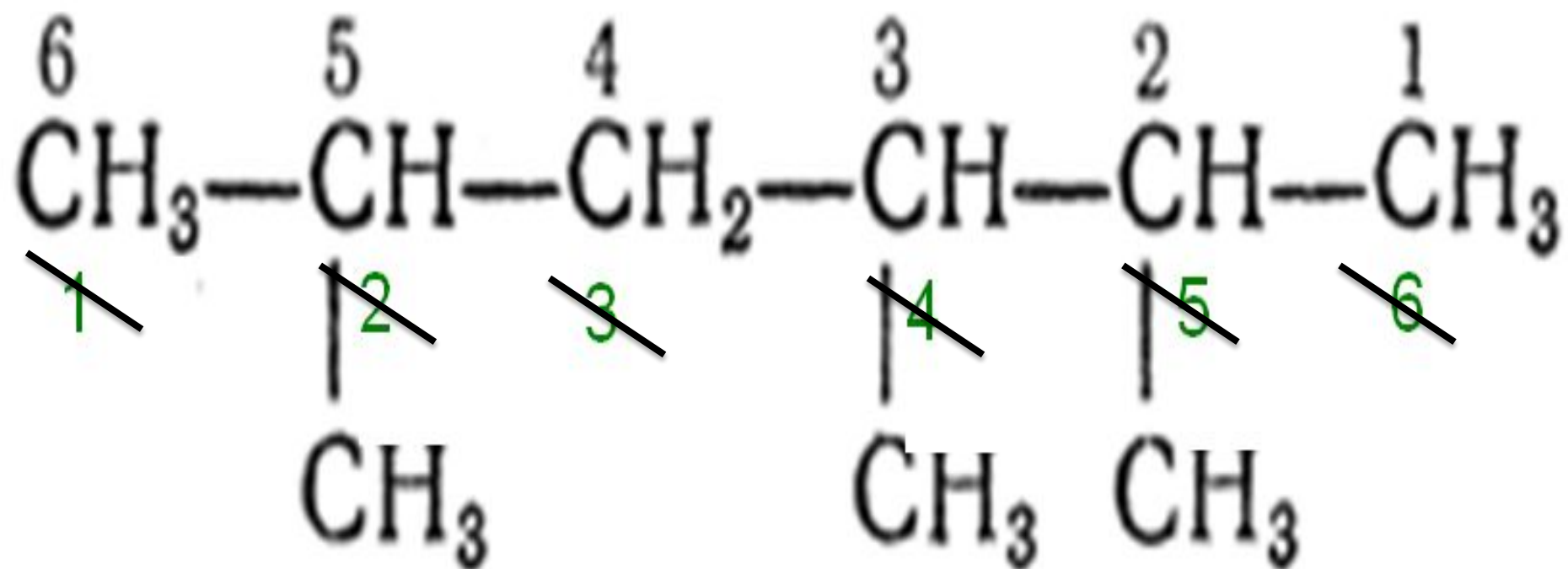
2,2-диметилбутан



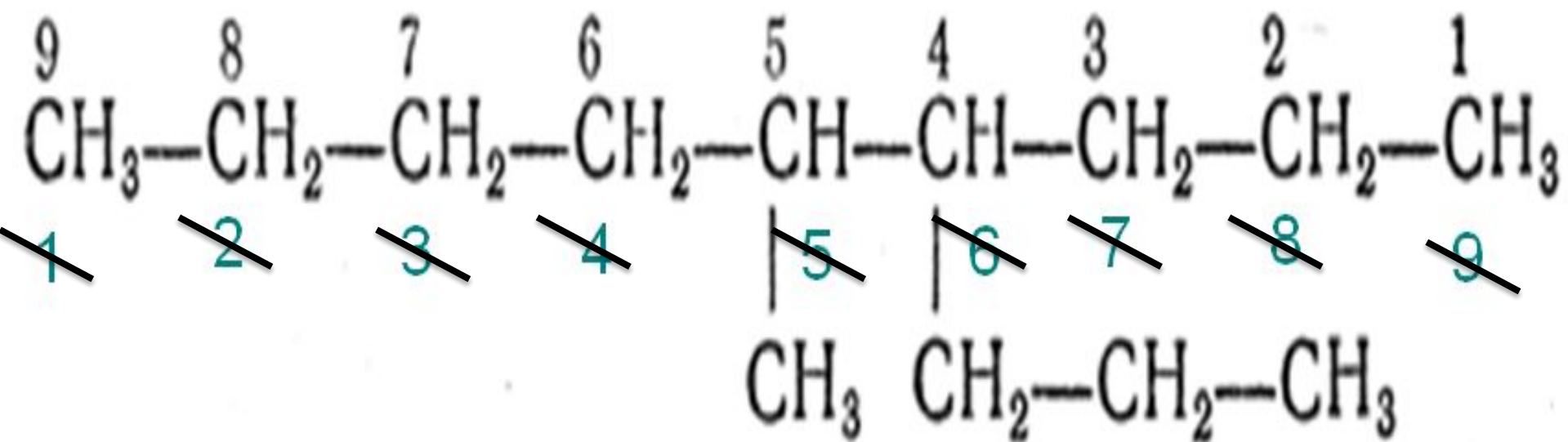


2,3,4-Триметилгексан



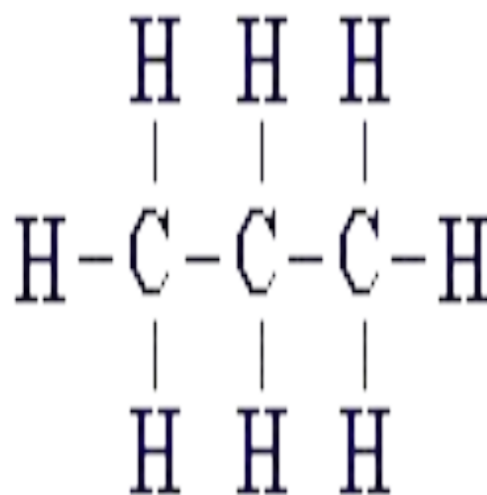
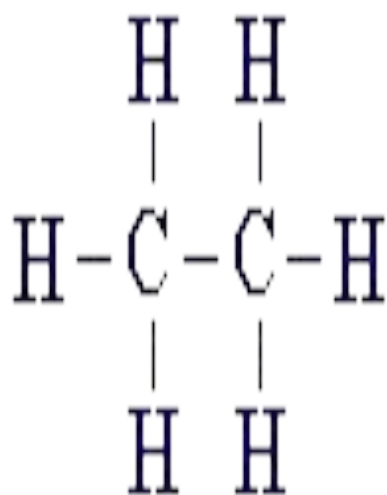
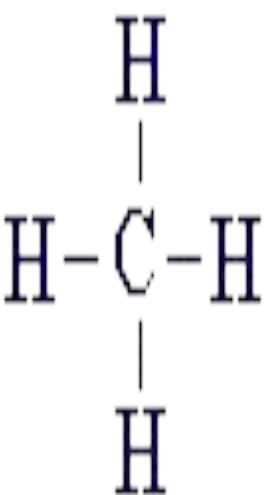


2,3,5-триметилгексан  
(но не 2,4,5-триметилгексан)



5-метил-4-пропилнонан

# Простейшие представители



*структурные  
формулы*

*молекулярные  
формулы*

# Модели молекул



- углерод



- водород



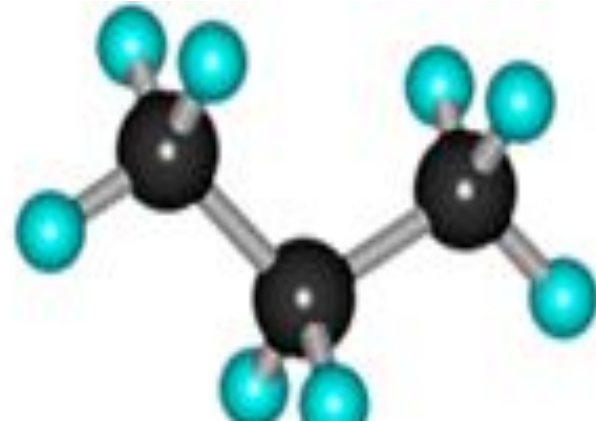
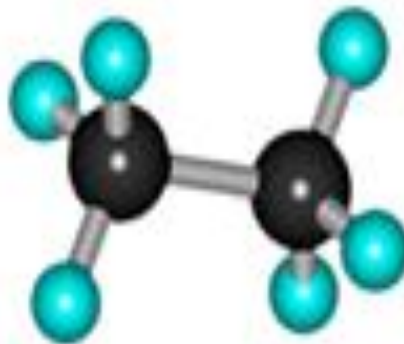
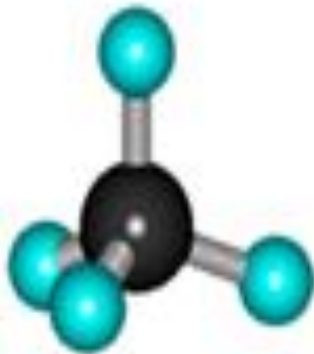
$\text{CH}_4$



$\text{C}_2\text{H}_6$



$\text{C}_3\text{H}_8$



# 4. Физические свойства алканов

с увеличением числа углеродных атомов

1. повышаются температуры кипения и плавления, увеличивается плотность
2. от  $\text{C}_1\text{H}_4$  до  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – газы
3. от  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  до  $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$  – жидкости
4.  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  и далее – твердые вещества
5. алканы с разветвленным строением кипят при более низкой температуре, чем их неразветвленные изомеры

# 5. Строение алканов

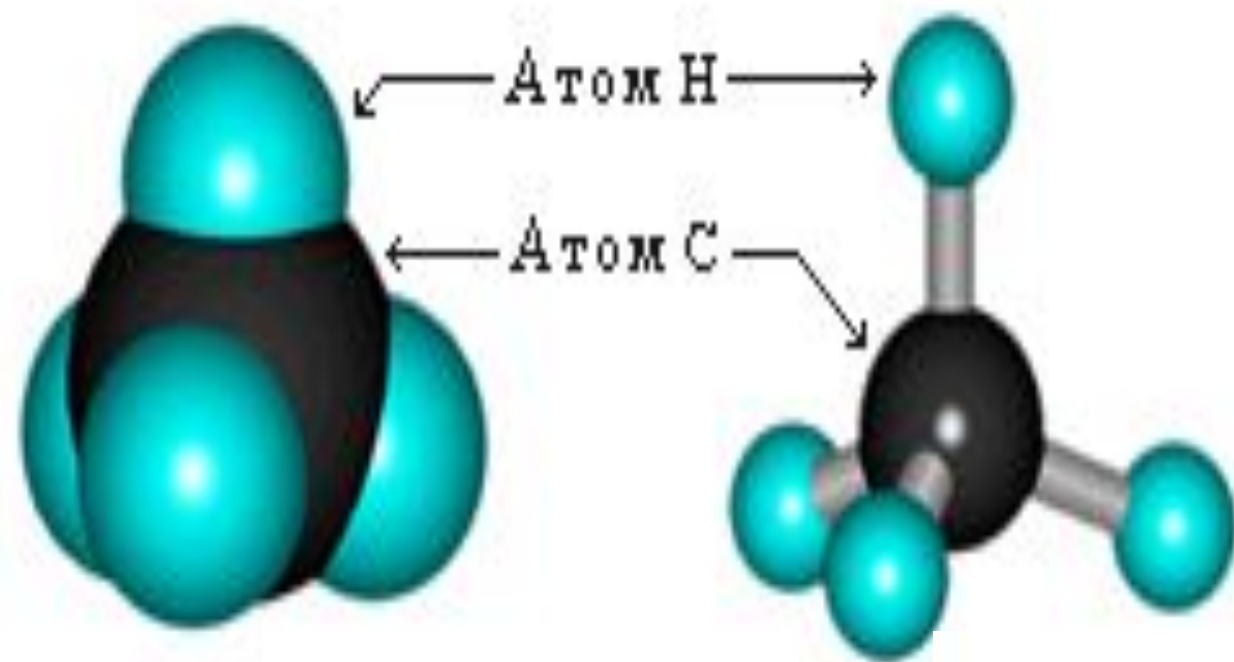
1. два типа химических связей:

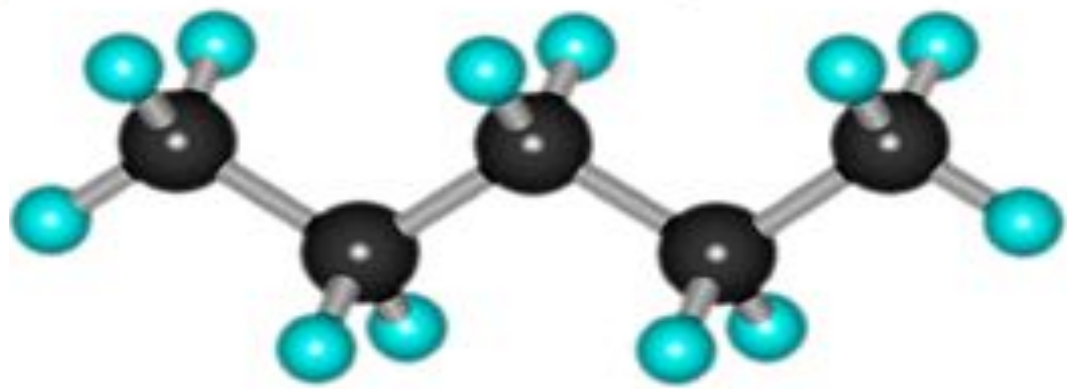
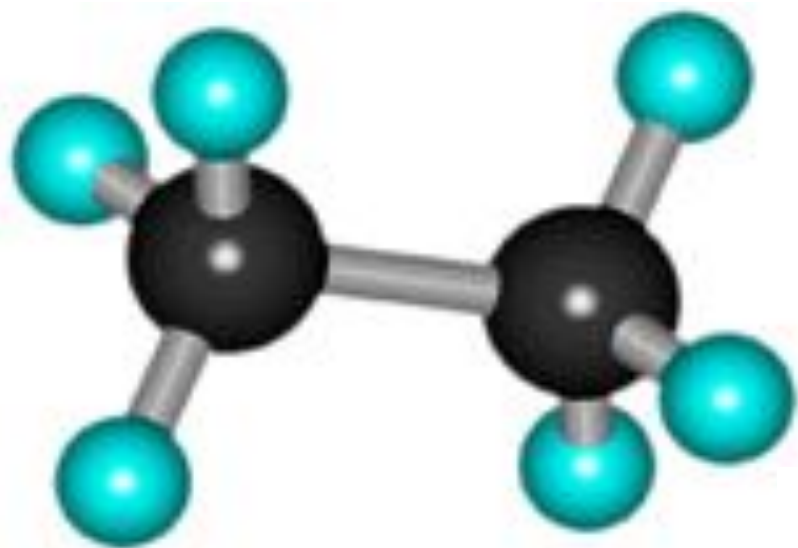
**C–C** ковалентная неполярная

**C–H** ковалентная слабополярная

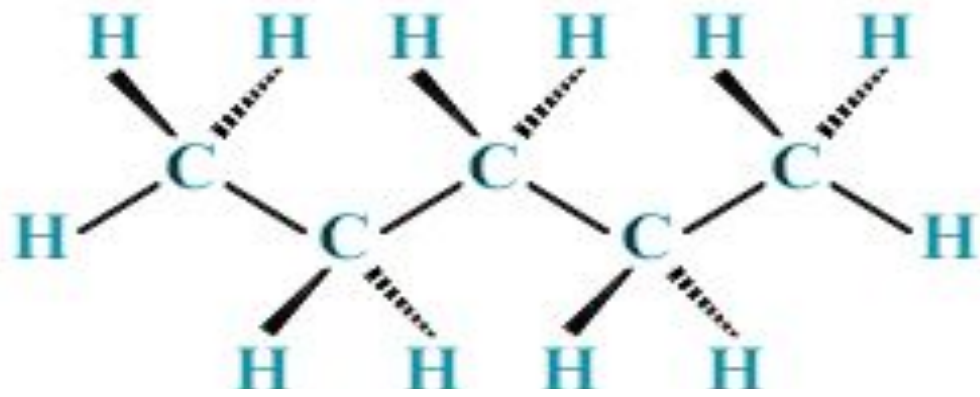
2.  $sp^3$  - гибридизация

3. валентный угол  $109^{\circ}28'$





Модель молекулы

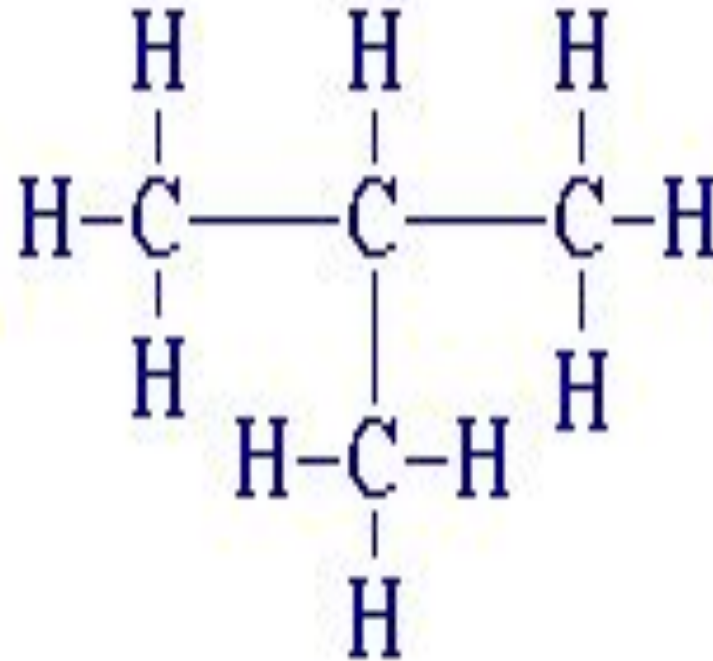
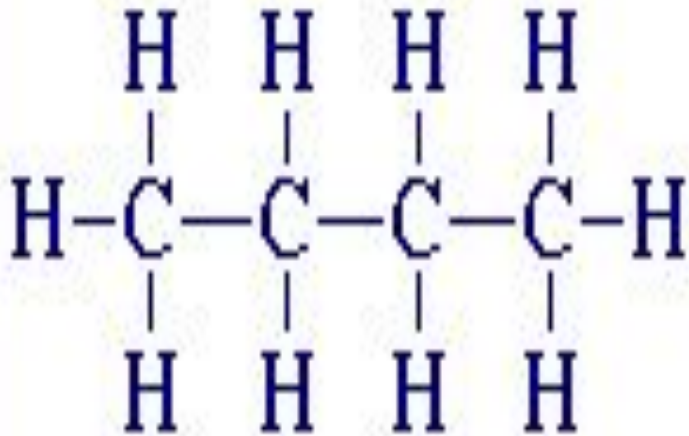




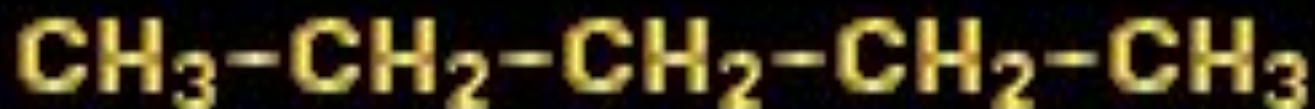
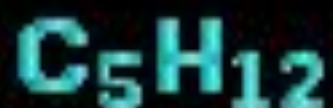
# 6. Виды изомерии

## алканов

### 1. изомерия углеродного скелета



# Структурные изомеры

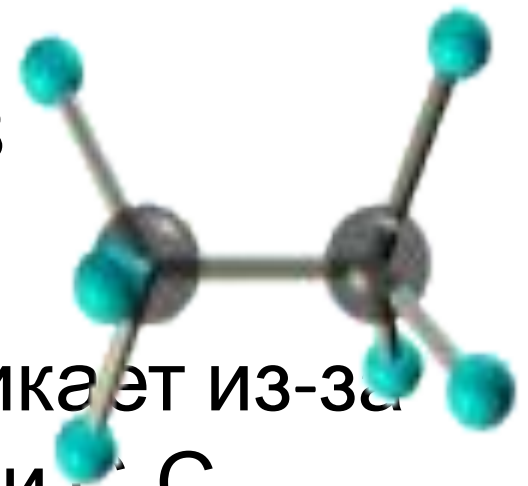


н-пентан

- с увеличением числа атомов углерода увеличивается количество изомеров

|                              |    |
|------------------------------|----|
| $\text{CH}_4$                | 1  |
| $\text{C}_2\text{H}_6$       | 1  |
| $\text{C}_3\text{H}_8$       | 1  |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | 2  |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | 3  |
| $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | 5  |
| $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | 9  |
| $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | 18 |
| $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | 35 |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | 75 |

# Изомерия алканов

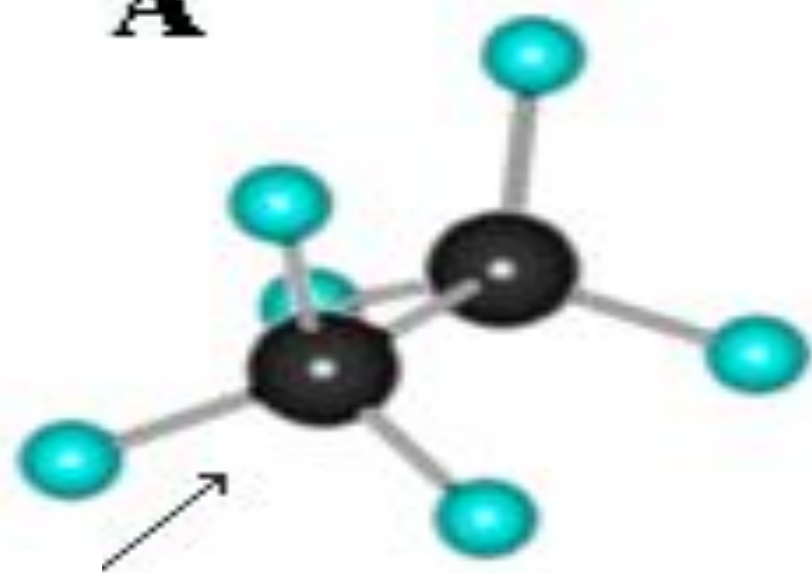


2. *поворотная изомерия* возникает из-за вращения относительно связи C-C

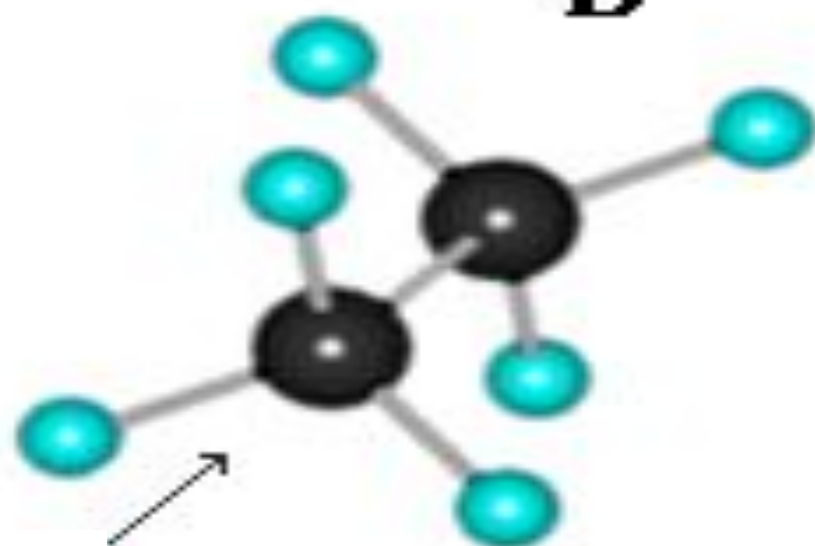
*поворотные изомеры (конформации, конформеры) - это различные пространственные формы молекулы, переходящие друг в друга*

# *Поворотная изомерия*

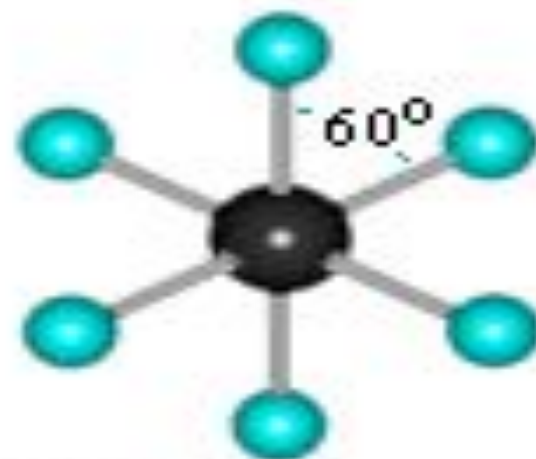
- поворотные изомеры не удается выделить в индивидуальном виде, но их существование доказано физическими методами
- некоторые конформации более устойчивы (энергетически выгодны) и молекула пребывает в таких состояниях более длительное время

**А**

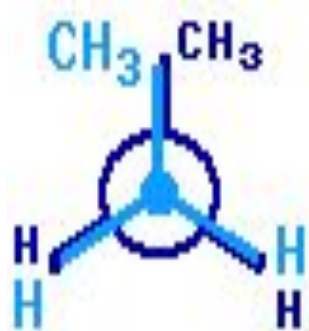
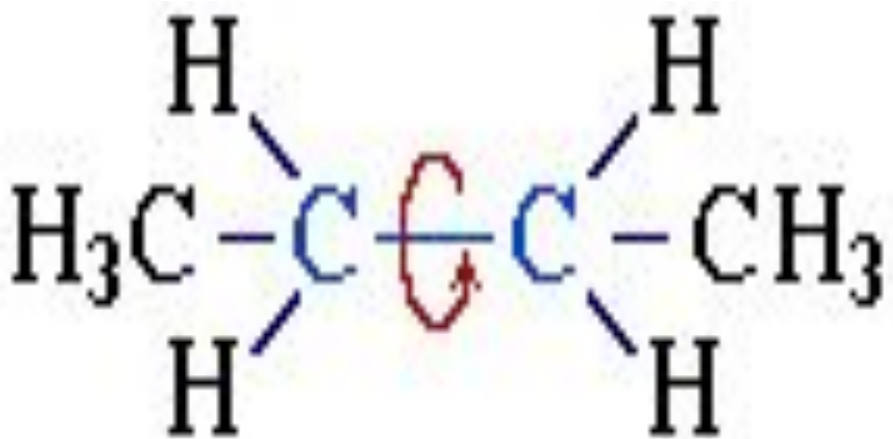
**Заслоненная  
конформация**

**Б**

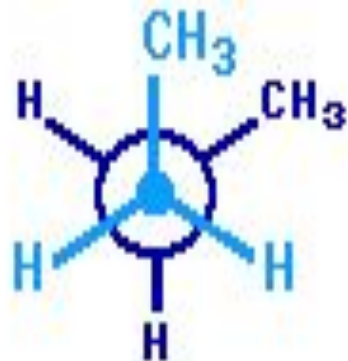
**Заторможенная  
конформация**



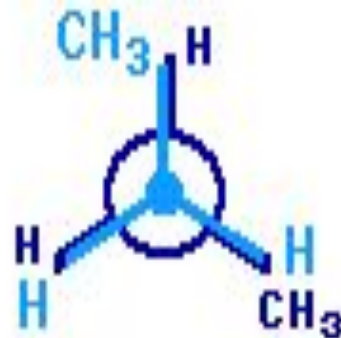
- конформация **А** энергетически не выгодна
- конформация **Б** более выгодна



I



II



III



IV

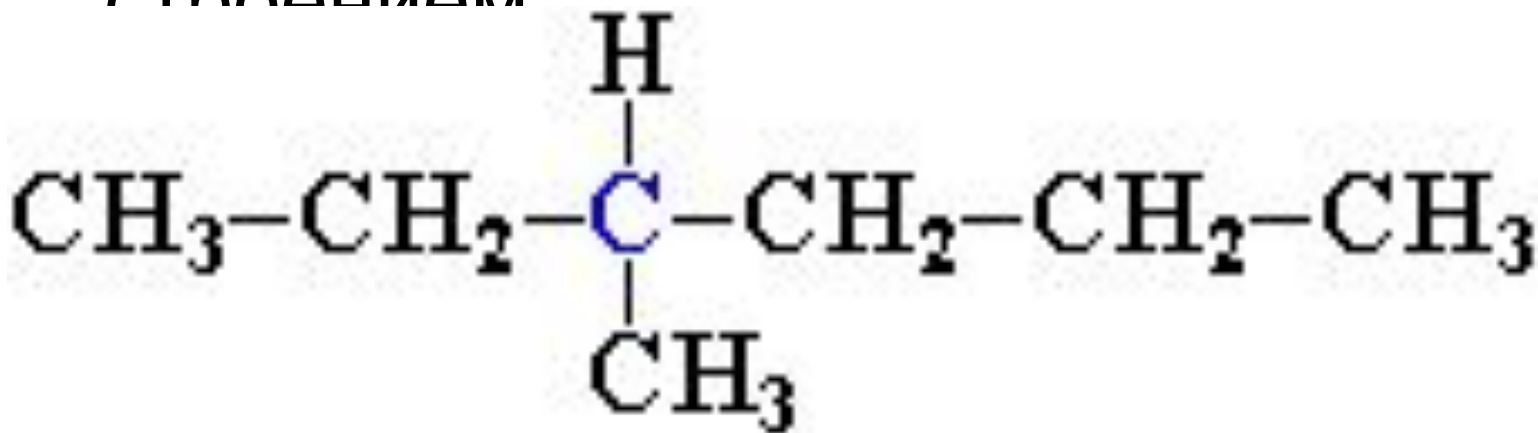
наиболее устойчивым является конформер IV



# Изомерия алканов

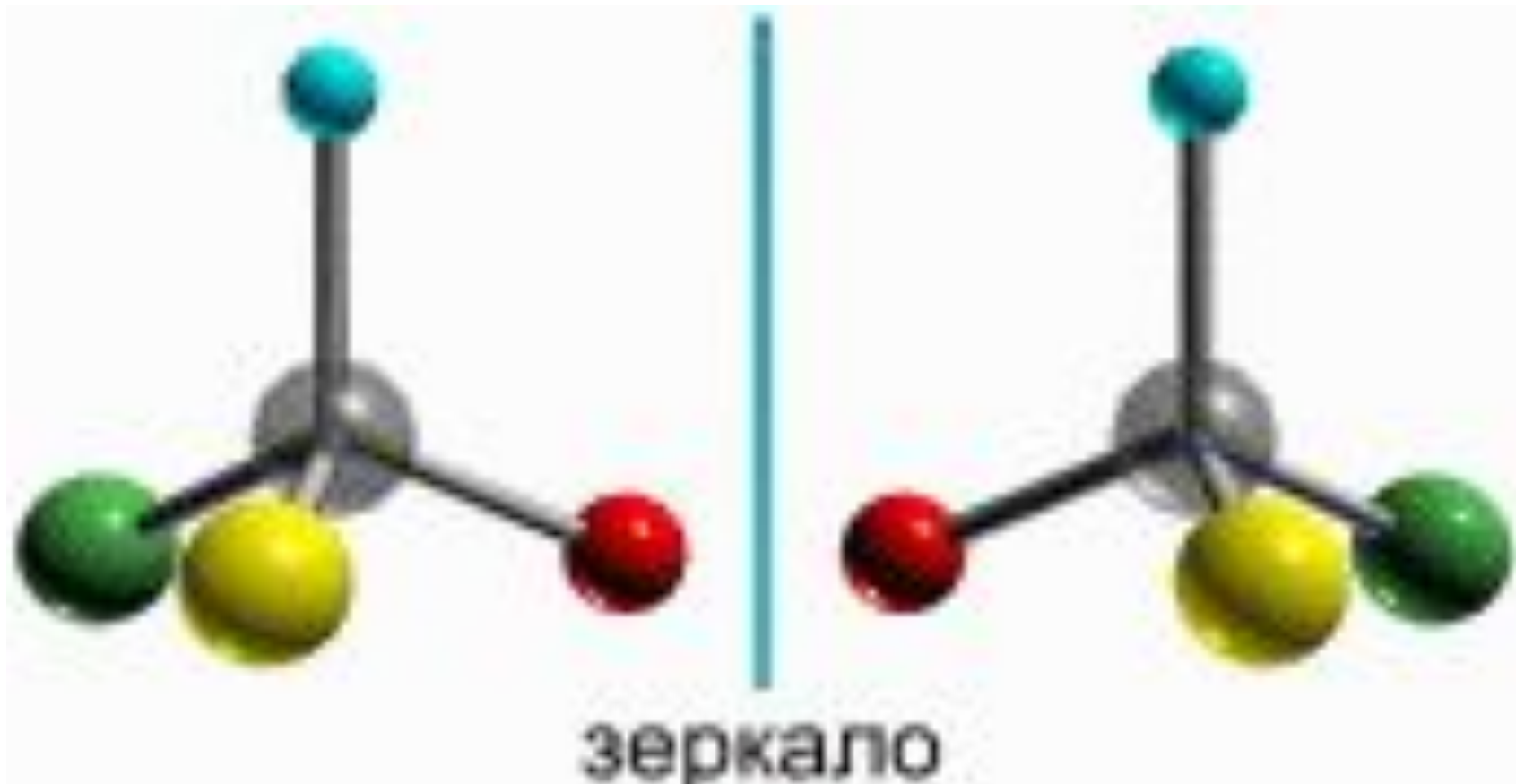
## 3. оптическая изомерия

- если атом углерода в молекуле связан с четырьмя различными атомами(атомными группами), то существуют соединения, отличающихся пространственным строением



- молекулы таких соединений относятся друг к другу как предмет и его зеркальное изображение и являются **пространственными изомерами**
- изомерия этого вида называется **оптической**
- изомеры – **оптические изомеры** или **оптические антиподы**

***Молекулы оптических изомеров  
несовместимы в пространстве***



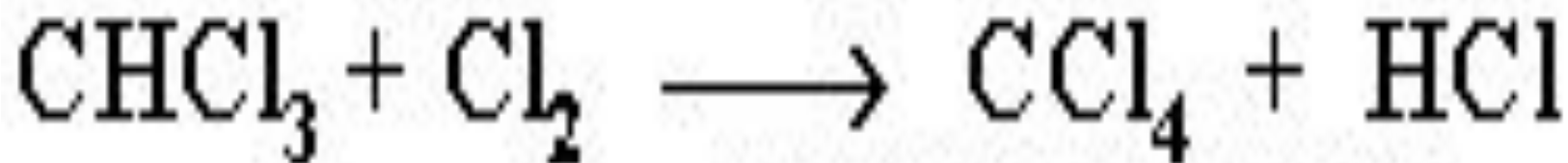
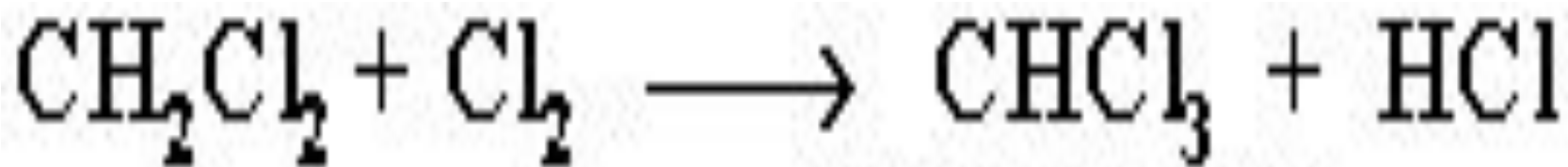
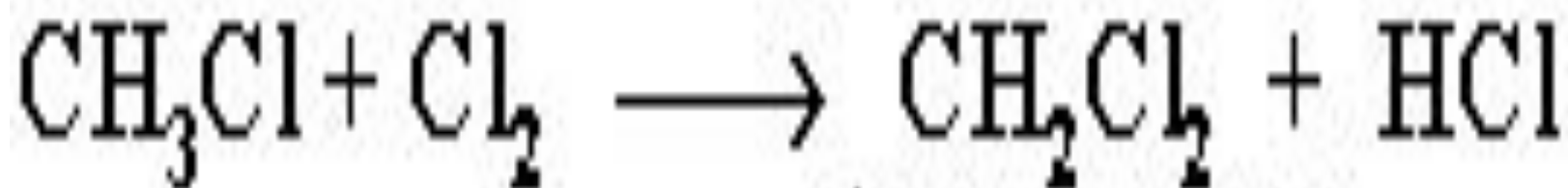
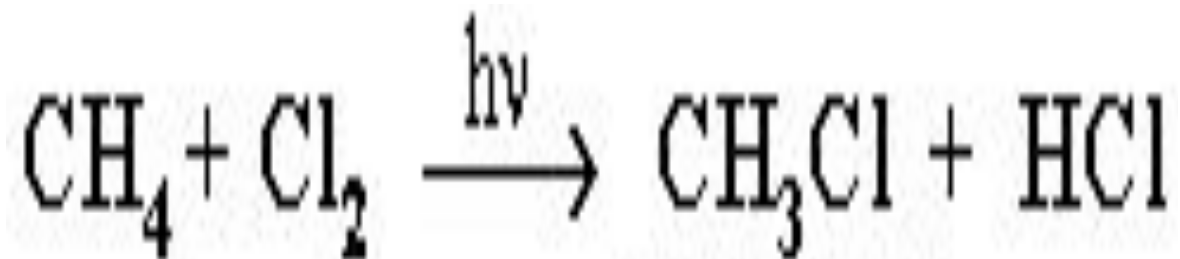
- **оптическими изомерами** называются пространственные изомеры, молекулы которых относятся между собой как предмет и несовместимое с ним зеркальное изображение
- они имеют одинаковые физические и химические свойства, но различаются отношением к поляризованному свету, т.к. обладают оптической

# 7. Химические свойства алканов

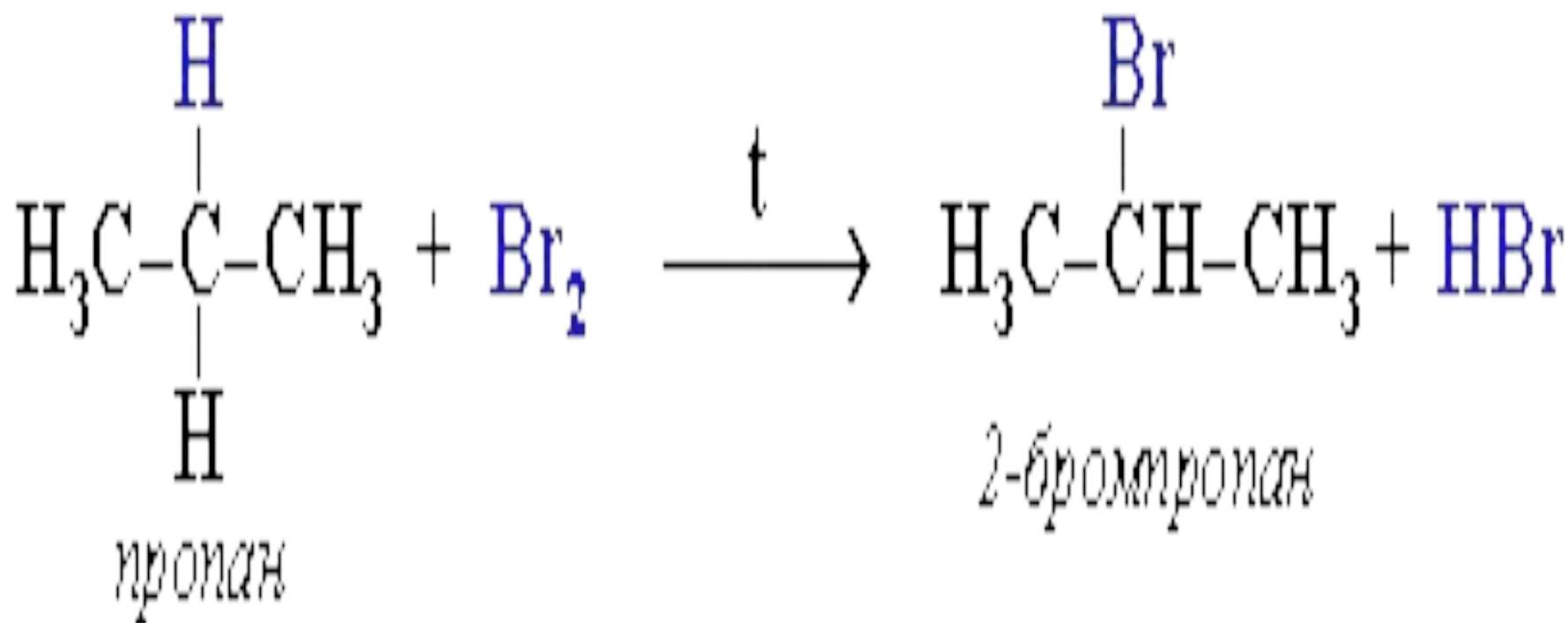
## 1) *реакции замещения*

- галогенирование - реакция замещения одного или более атомов водорода в молекуле алкана на галоген (Cl, Br, I)
- нитрование - реакция замещения одного или более атомов водорода в молекуле алкана на нитрогруппу  $-NO_2$

## *хлорирование метана*

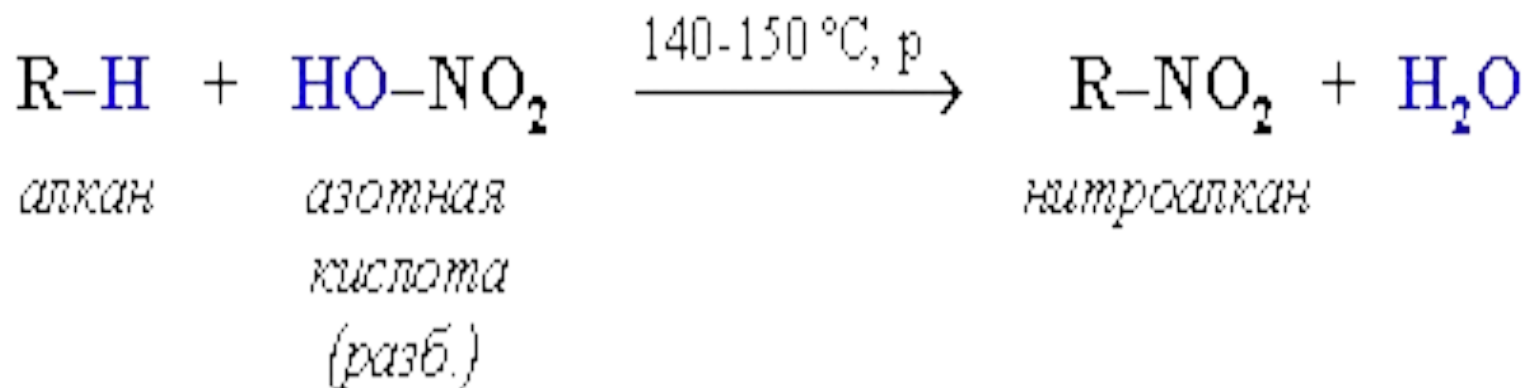


- легче всего идет замещение водорода у **третичного** атома, потом у **вторичного** и труднее всего у **первичного**



# нитрование (р-ция Коновалова)

- на алканы действует разбавленная азотная кислота при нагревании и давлении
- происходит замещение атома водорода на нитрогруппу - NO<sub>2</sub>





# 7. Химические свойства алканов

2) *крекинг* – процесс термического разложения углеводородов, в основе которого лежат реакции расщепления углеродной цепи крупных молекул с образованием соединений с более короткой цепью

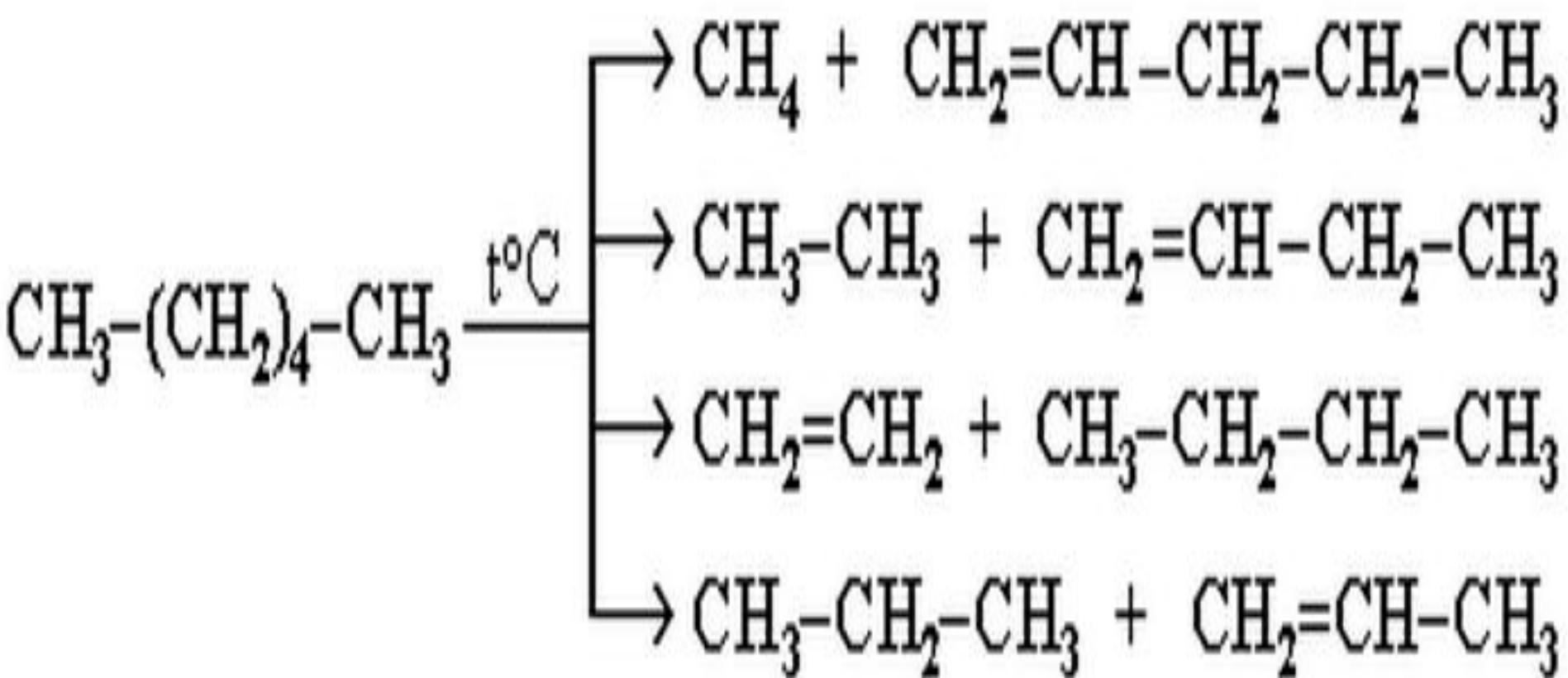
может быть:

2а) термический  
каталитический

2б)

## 2а. Термический крекинг

- при температуре 450–700 °С образуются алканы и алкены с меньшим числом углеродных атомов
- разрыв С–С-связи возможен в любом случайном месте молекулы, поэтому образуется смесь алканов и алкенов

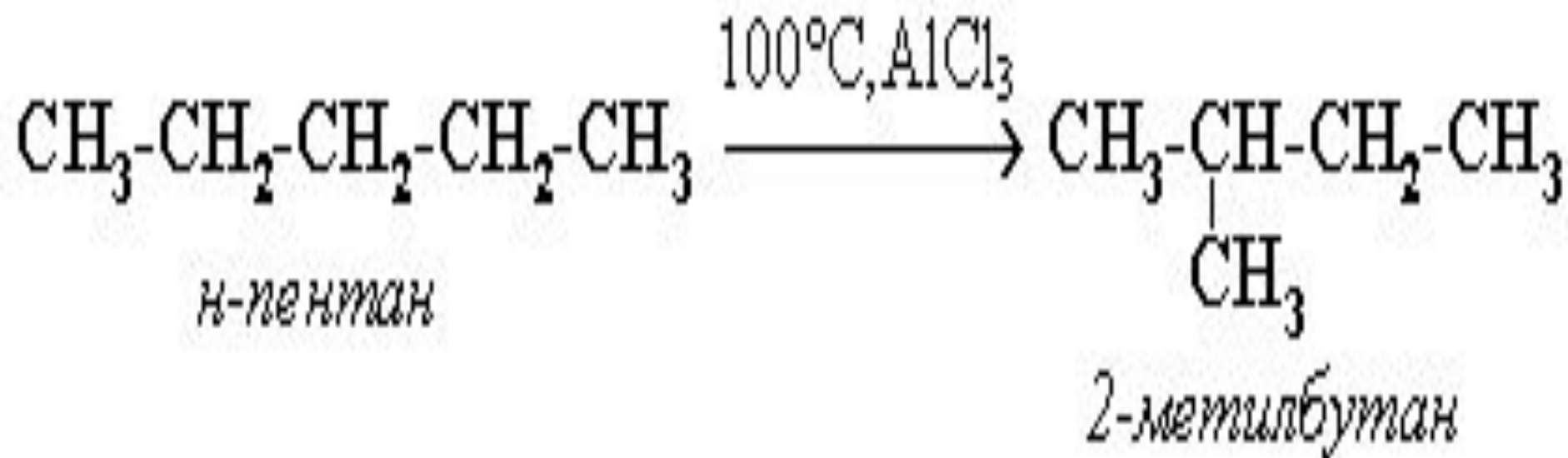


## 26. Каталитический крекинг

- проводят в присутствии катализаторов (обычно  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ ) при температуре  $450^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении
- при этом наряду с разрывом молекул происходят реакции изомеризации и дегидрирования

# 7. Химические свойства алканов

## 3) Изомеризация алканов



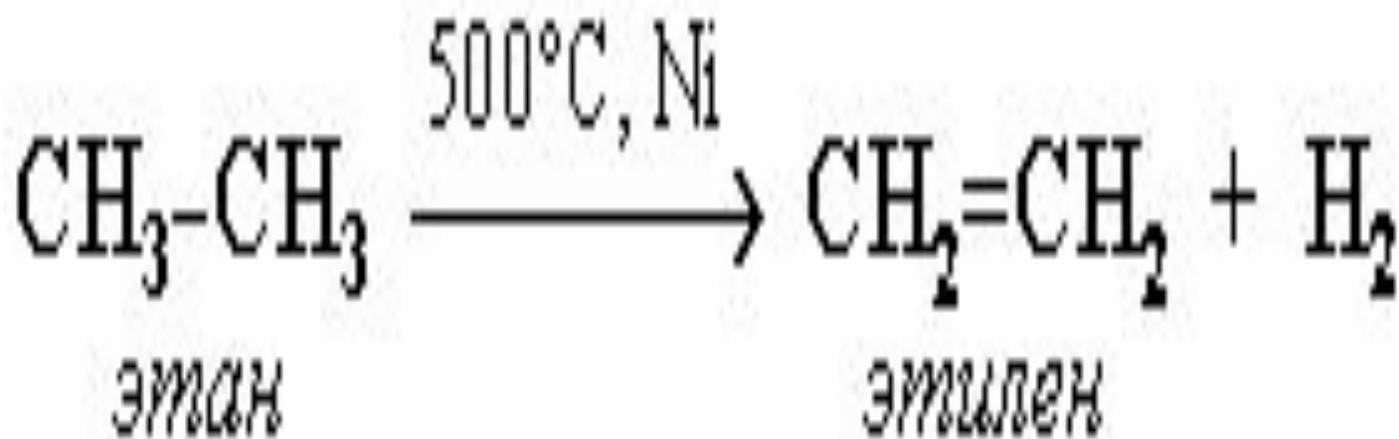
# 7. Химические свойства алканов

4) *дегидрирование алканов* - отщепление атомов водорода за счет разрыва связей C—H

- происходит при нагревании в присутствии катализаторов (Pt, Pd, Ni, Fe, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO)
- строение продуктов дегидрирования зависит от условий реакции и длины цепи в молекуле исходного алкана

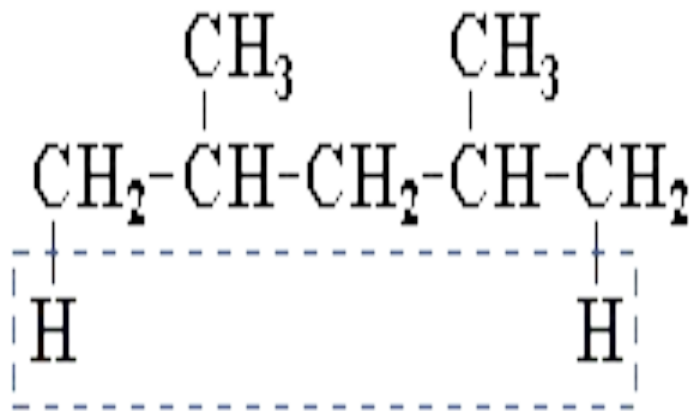
## низшие алканы ( 2-4 атома C)

- при нагревании над Ni-катализатором отщепляют водород от соседних углеродных атомов и превращаются в алкены

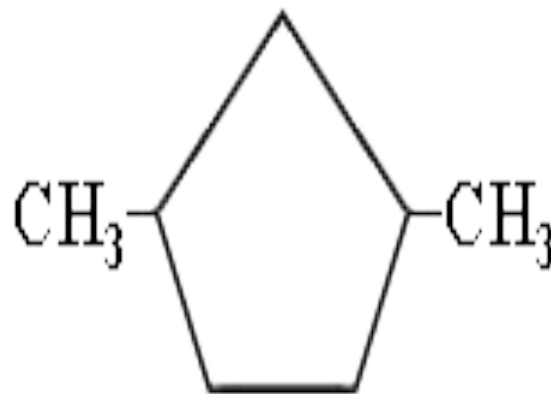
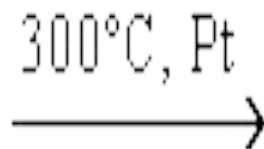


# *n*-пентан и его производные

- при нагревании над Pt-катализатором атомы водорода отщепляются от концевых атомов углеродной цепи, и образуется пятичленный цикл



*2,4-диметилпентан*

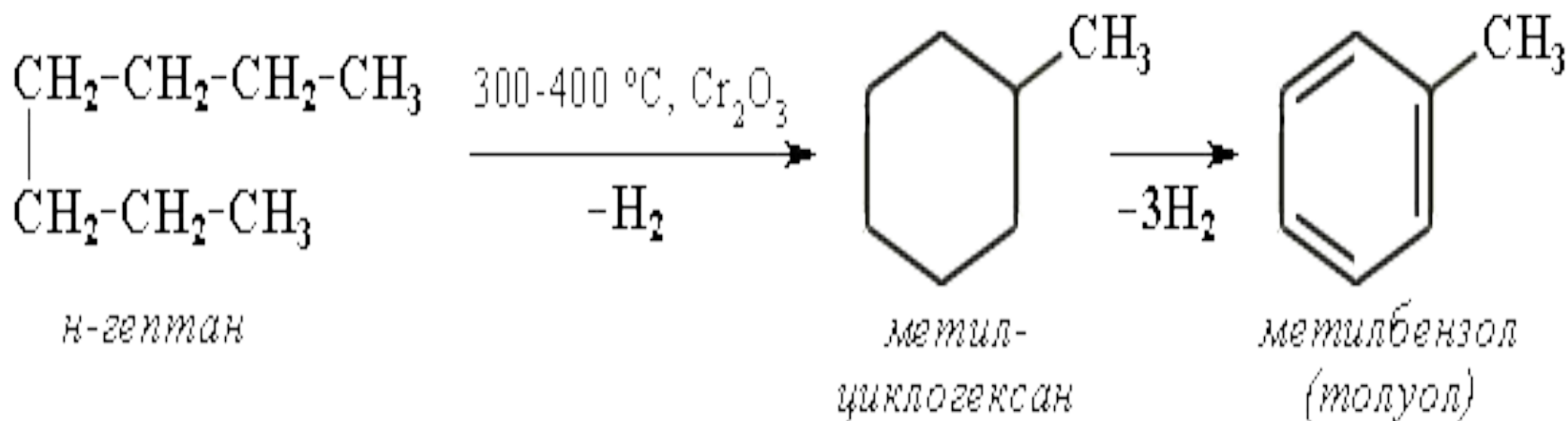


*1,3-диметил-  
циклопентан*

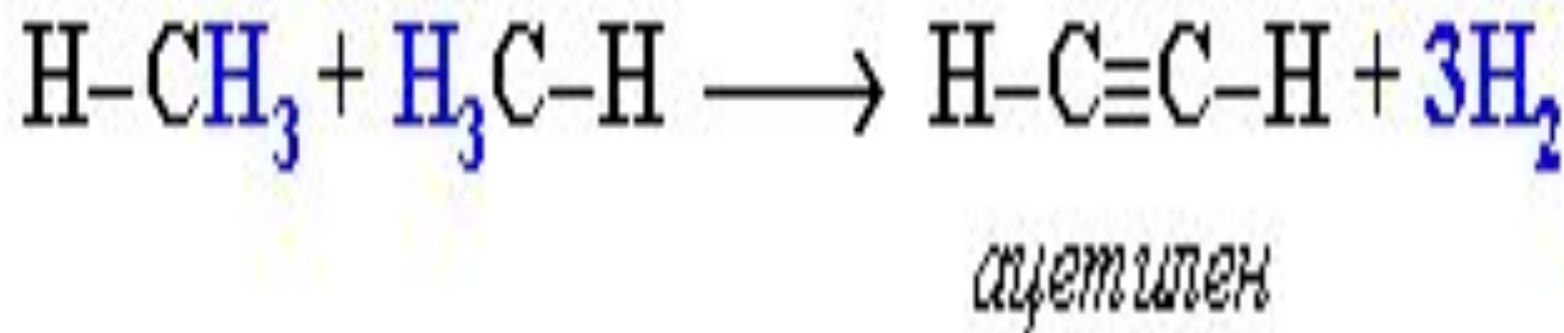


## *в цепи в 6 и более атомов С*

- образуется 6-членный цикл
- цикл подвергается дальнейшему дегидрированию и превращается в энергетически более устойчивый цикл арена



- при 1500 °С происходит *межмолекулярное дегидрирование* метана



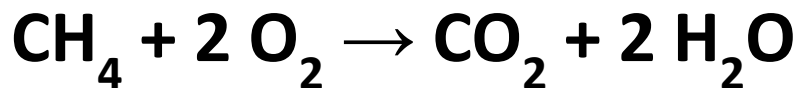
# 7. Химические свойства алканов

## 5) Реакции окисления

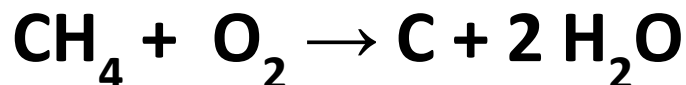
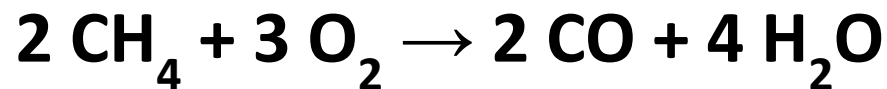
- при обычной температуре алканы не вступают в реакции даже с сильными окислителями ( $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$  и т.п.)

- **горение:**

полное



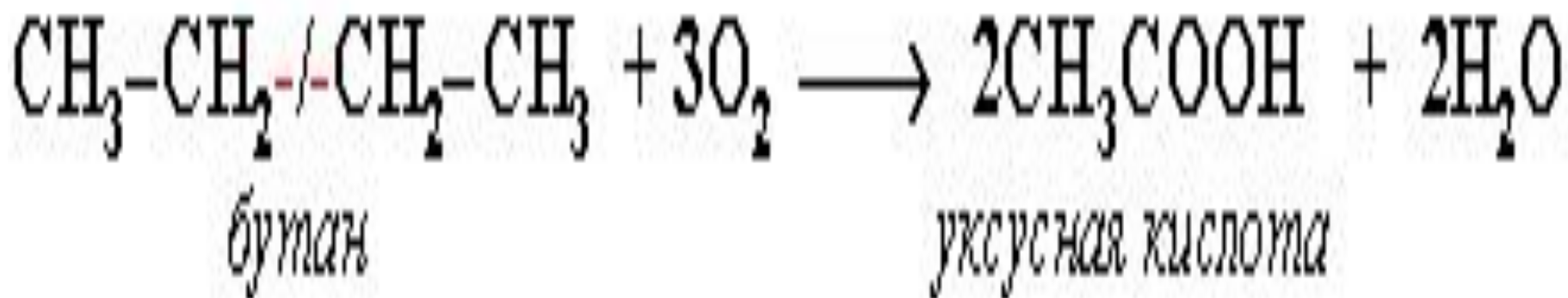
неполное



# *частичное окисление*

- при относительно невысокой температуре и с применением катализаторов разрывается только часть связей C-C и C-H
- это используется для получения карбоновых кислот, кетонов, альдегидов, спиртов

- при неполном окислении бутана (разрыв связи C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>) получают уксусную кислоту

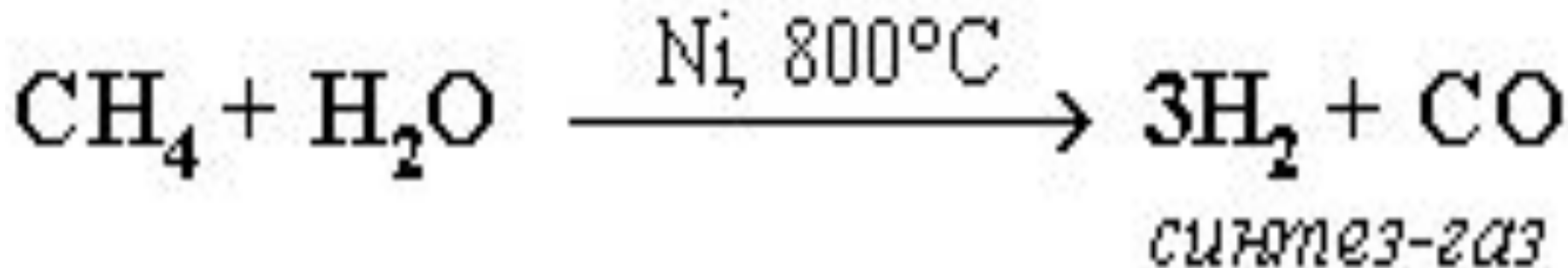


# ВЫСШИЕ АЛКАНЫ ( $n > 25$ )

- под действием кислорода воздуха в жидкой фазе в присутствии солей марганца превращаются в смесь карбоновых кислот со средней длиной цепи  $C_{12}$ - $C_{18}$ , которые используются для получения моющих средств и поверхностно-активных веществ

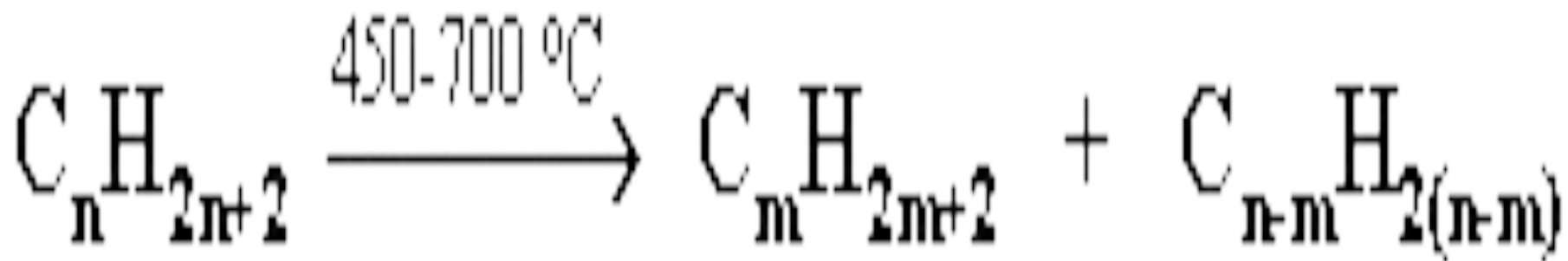
# "синтез-газ"

- это смесь оксида углерода (II) с водородом
- образуется при взаимодействии метана с водяным паром
- синтез-газ служит сырьем для получения различных углеводородов



## 8. Получение алканов

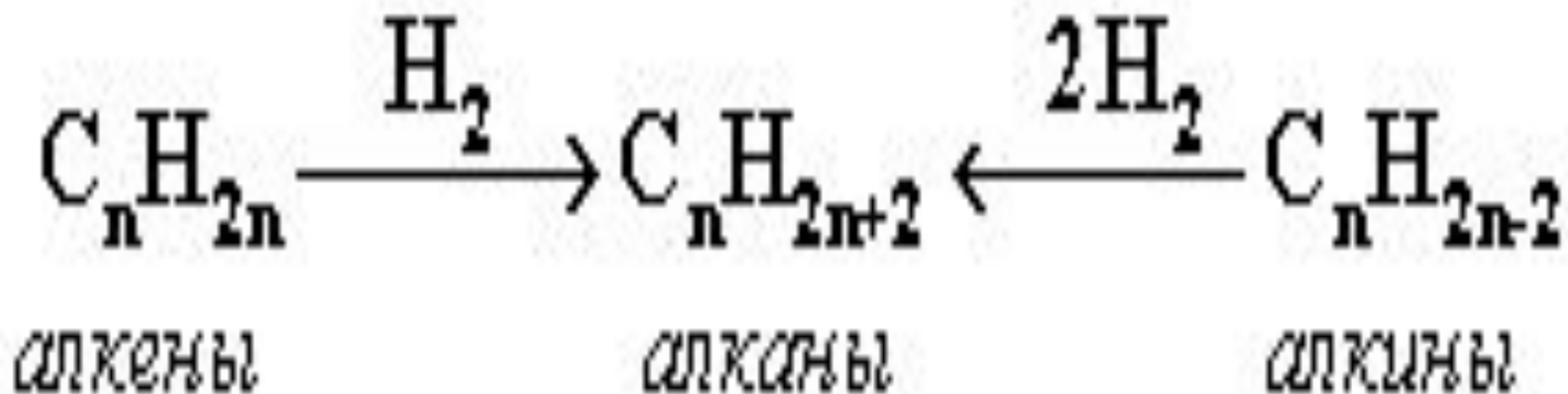
- 1) из природных источников (природный и попутный газы, нефть, каменный уголь)
- 2) крекинг нефти





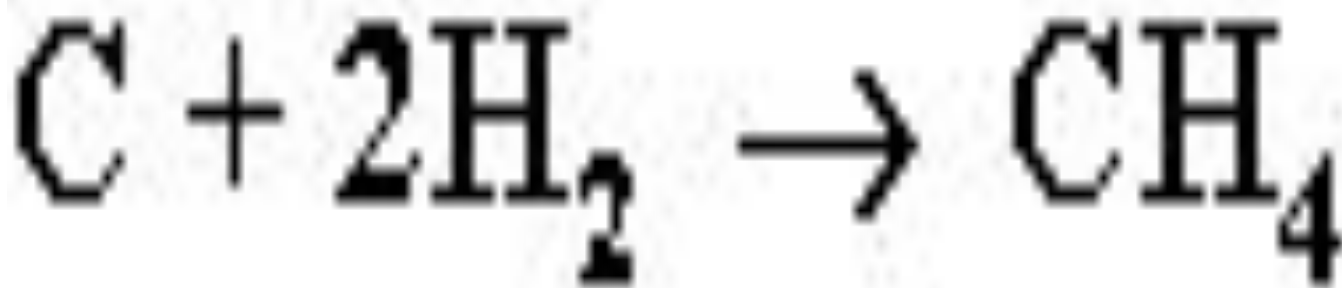
# 8. Получение алканов

3) Гидрирование непредельных углеводородов



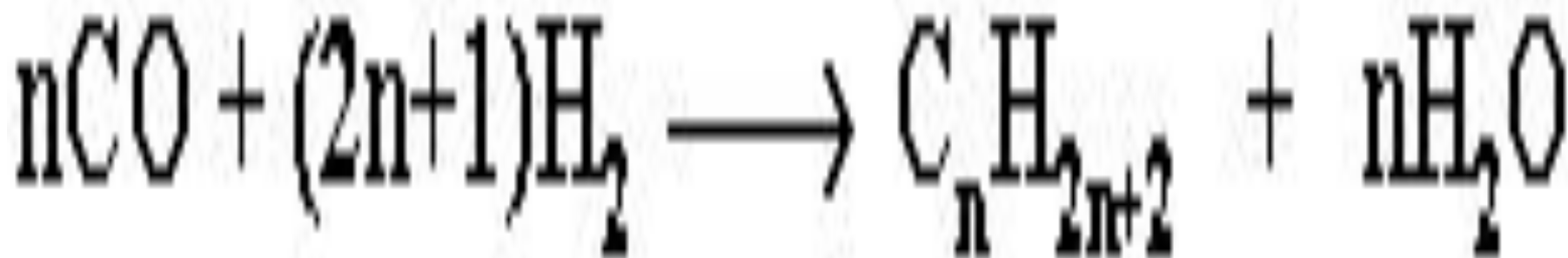
## 8. Получение алканов

- 4) Газификация твердого топлива при повышенной температуре и давлении, катализатор Ni



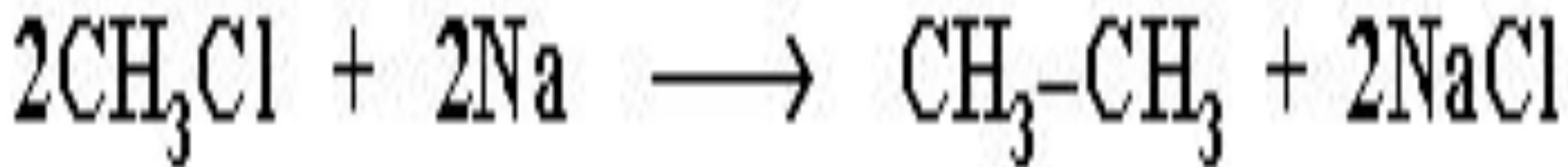
## 8. Получение алканов

5) Из синтез-газа (CO + H<sub>2</sub>)



# 8. Получение

~~баранцов~~ Вюрца



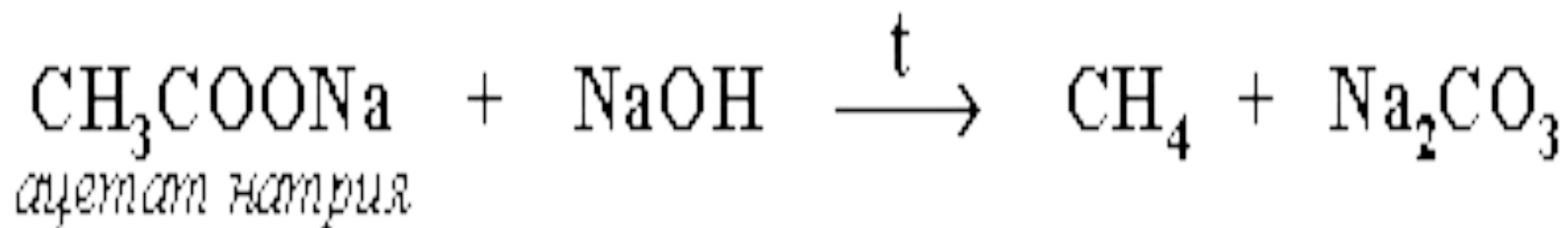
хлорметан

этан

# 8. Получение алканов

7) из солей карбоновых кислот

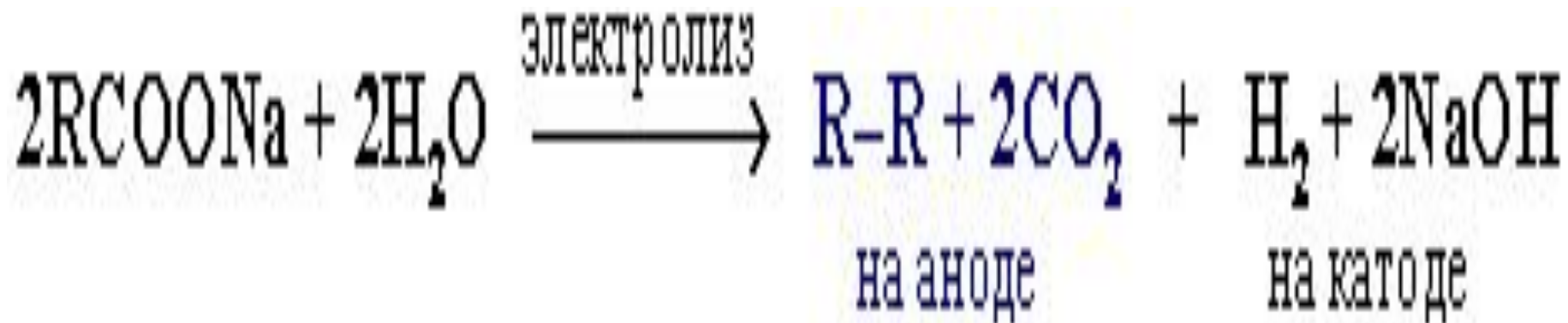
- сплавление со щелочью



# 8. Получение алканов

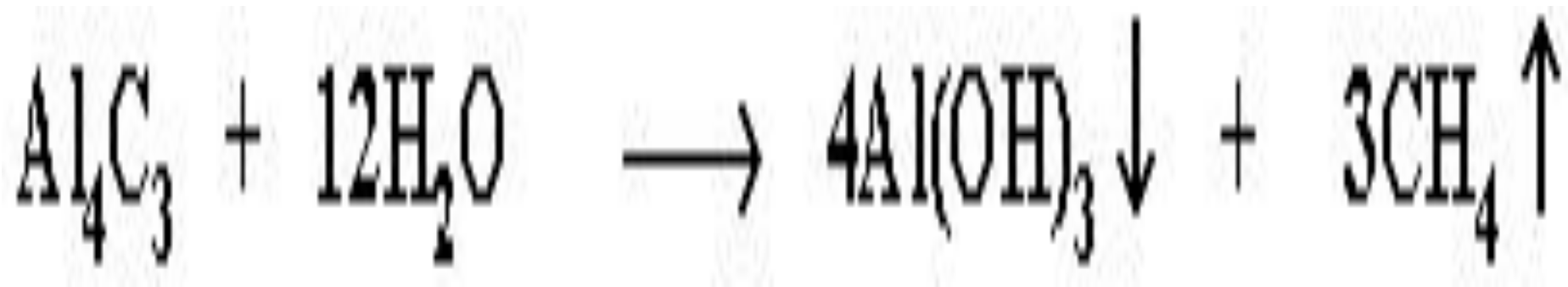
7) из солей карбоновых кислот

- электролиз



## 8. Получение алканов

8) гидролиз карбидов металлов



# 9. Применение алканов

- газообразные алканы - ценное топливо
- жидкие углеводороды - в моторных и ракетных топливах и в качестве растворителей
- вазелиновое масло - в медицине, парфюмерии и косметике



# 9. Применение алканов

- парафин - для изготовления свечей, пропитки спичек и упаковочной бумаги, для тепловых процедур в медицине и т.д.
- нормальные предельные углеводороды средней молекулярной массы используются как питательный субстрат в микробиологическом синтезе белка из нефти

# 9. Применение алканов

- галогенопроизводные алканов используются как растворители, хладоагенты и сырье для дальнейших синтезов
- в современной нефтехимической промышленности предельные углеводороды являются базой для получения разнообразных органических соединений, важным сырьем в процессах получения полупродуктов для производства пластмасс, каучуков, синтетических волокон, моющих средств и многих других веществ