

# Алканы

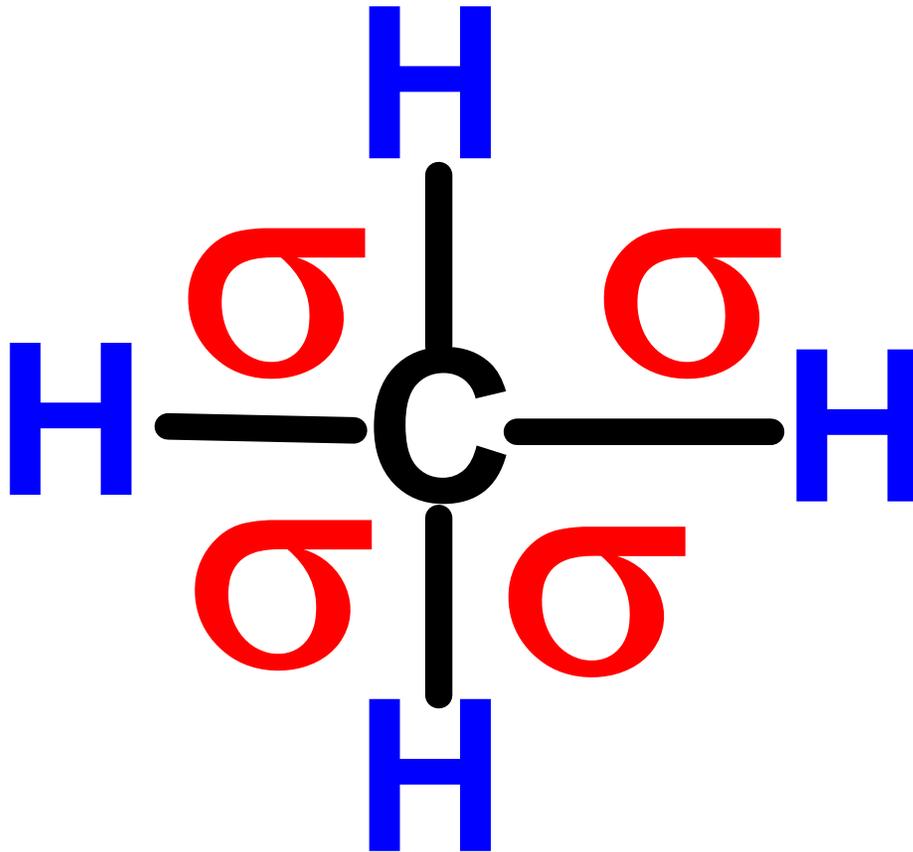
(насыщенные углеводороды  
или парафины)

– соединения, которые  
состоят из атомов углерода  
и водорода, соединенных  
между собой только

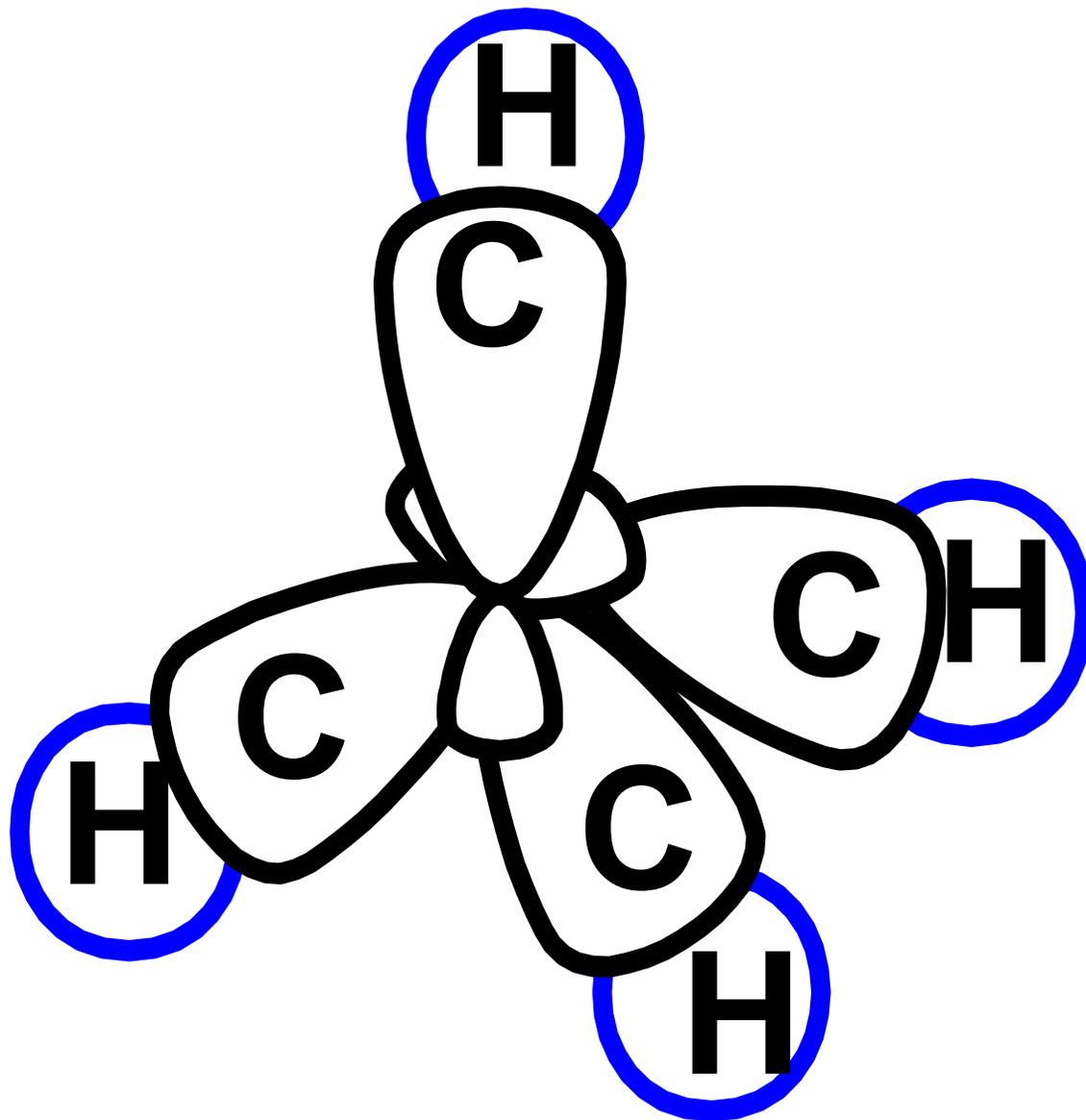
$\sigma$ -связями.

Атомы углерода в алканах находятся в  $sp^3$ -гибридизации, т.е. все четыре валентных электрона в углероде образуют  $\sigma$ -связи с атомами углерода C и водорода H.

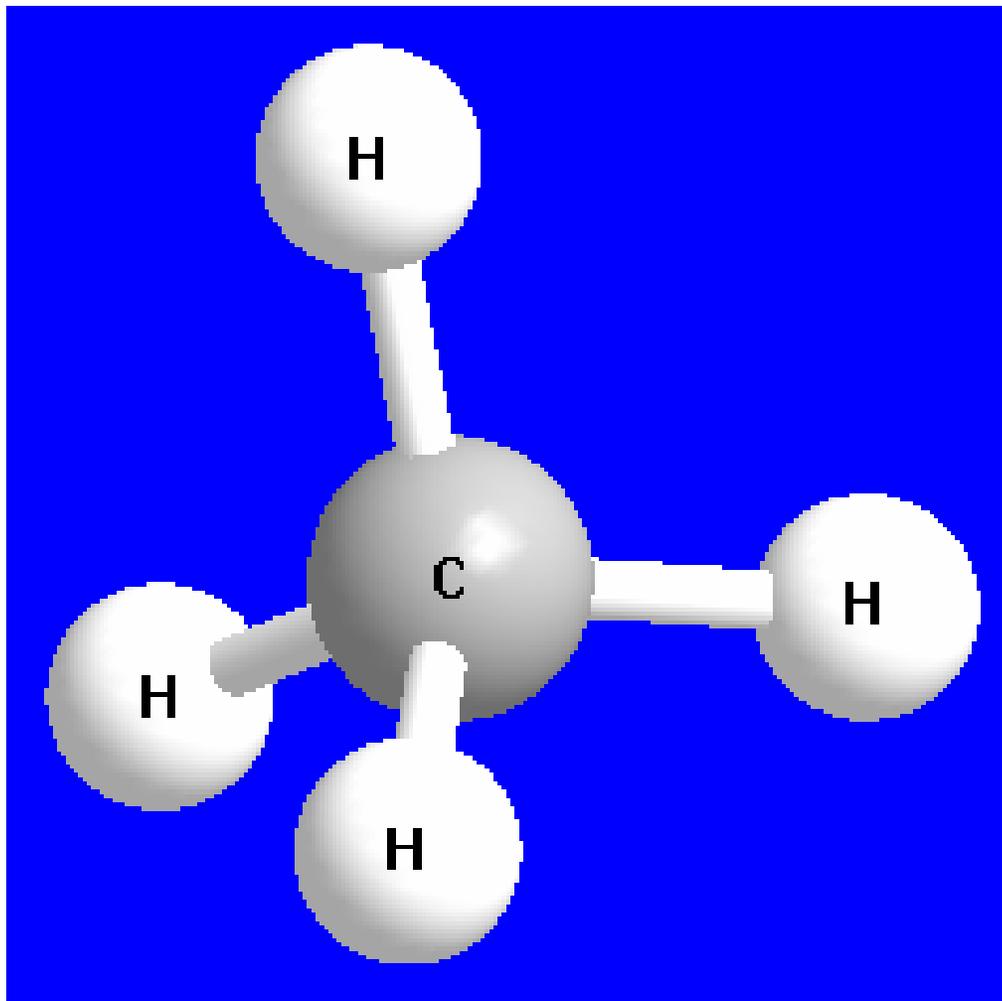
**Структурная формула  
молекулы метана:  
Гибридное состояние атома С  
в метане  $sp^3$ :**



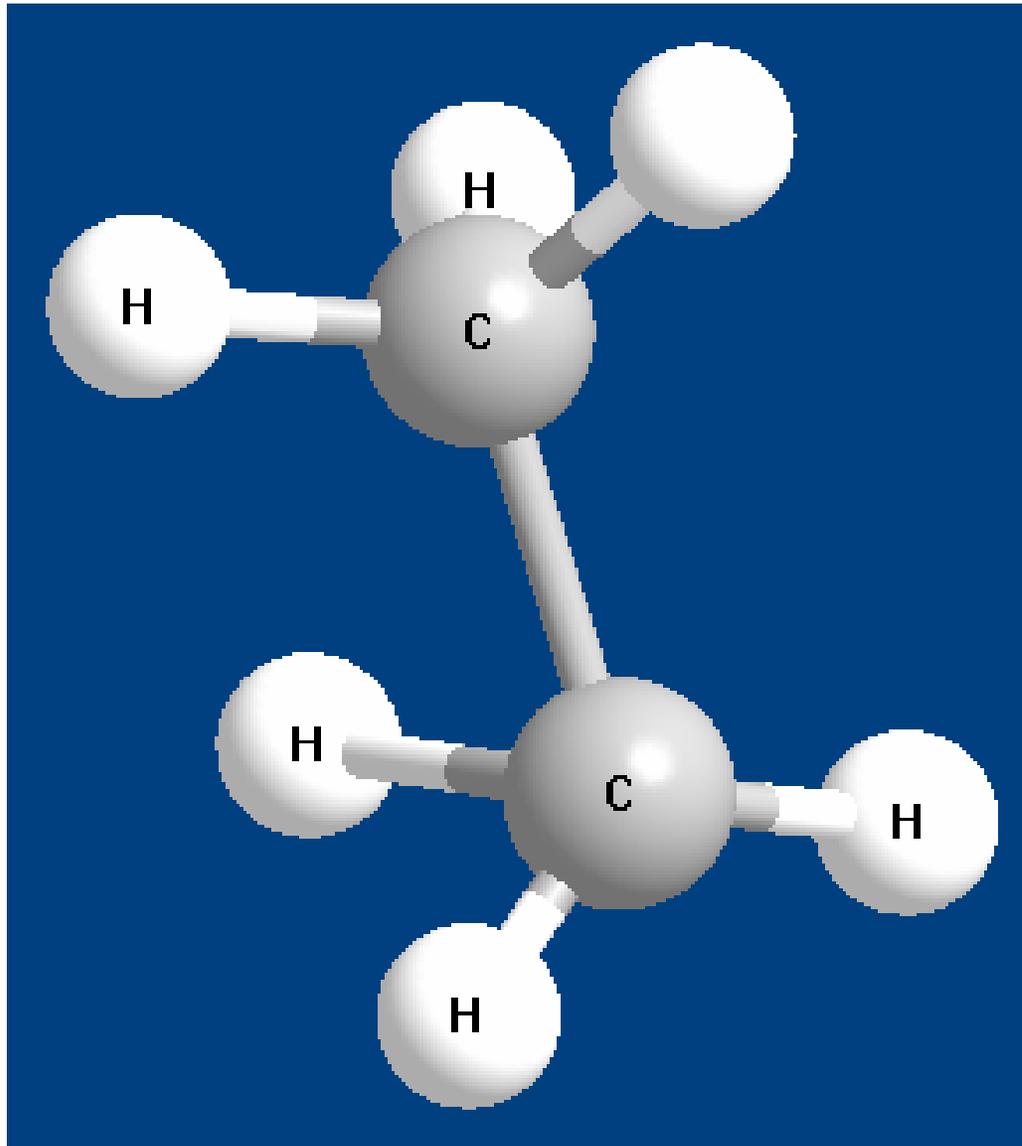
# Электронная формула метана



# Молекула метана в пространственном изображении



# Молекула этана в пространственном изображении



**Молекулярная  
формула  $C_nH_{2n+2}$**

**Гомологический ряд  
алканов: отличие  
на гомологическую  
разность  $-CH_2$**

$\text{CH}_4$  метан

$\text{CH}_3\text{-CH}_3$  этан

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  пропан

$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-CH}_3$  бутан

$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-CH}_3$  пентан

$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-CH}_3$  гексан

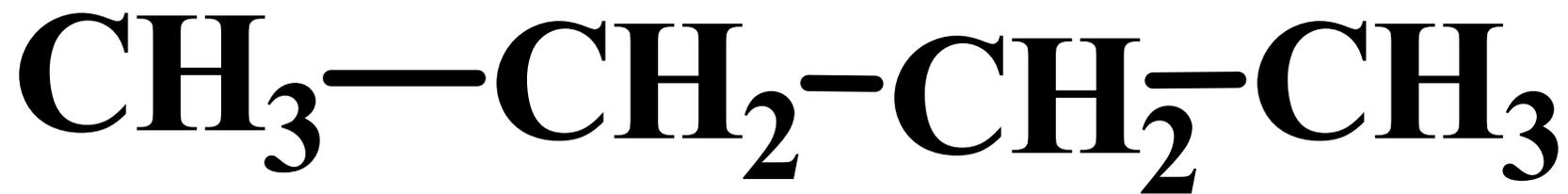
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_5\text{-CH}_3$  гептан

$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-CH}_3$  октан

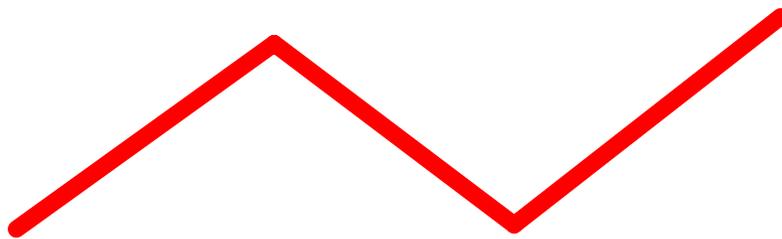
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH}_3$  нонан

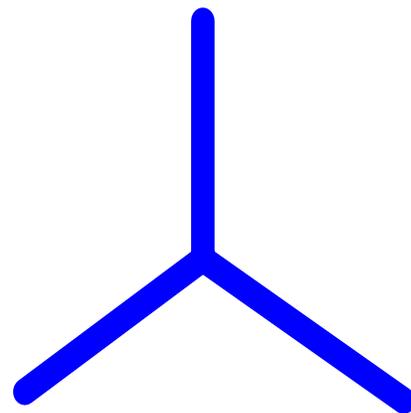
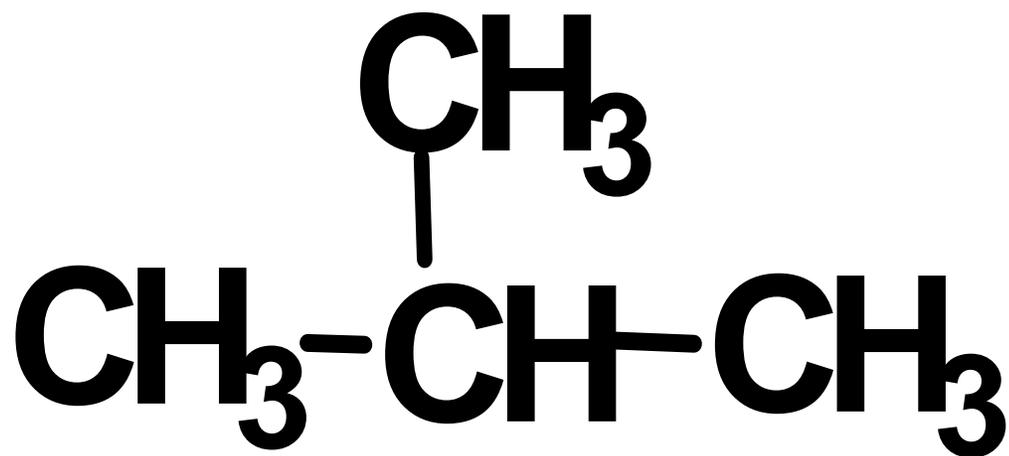
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_8\text{-CH}_3$  декан

**Структурная изомерия –  
обусловлена только  
строением углеродного  
скелета: начиная с бутана –  
скелет может быть  
неразветвленным и  
разветвленным**



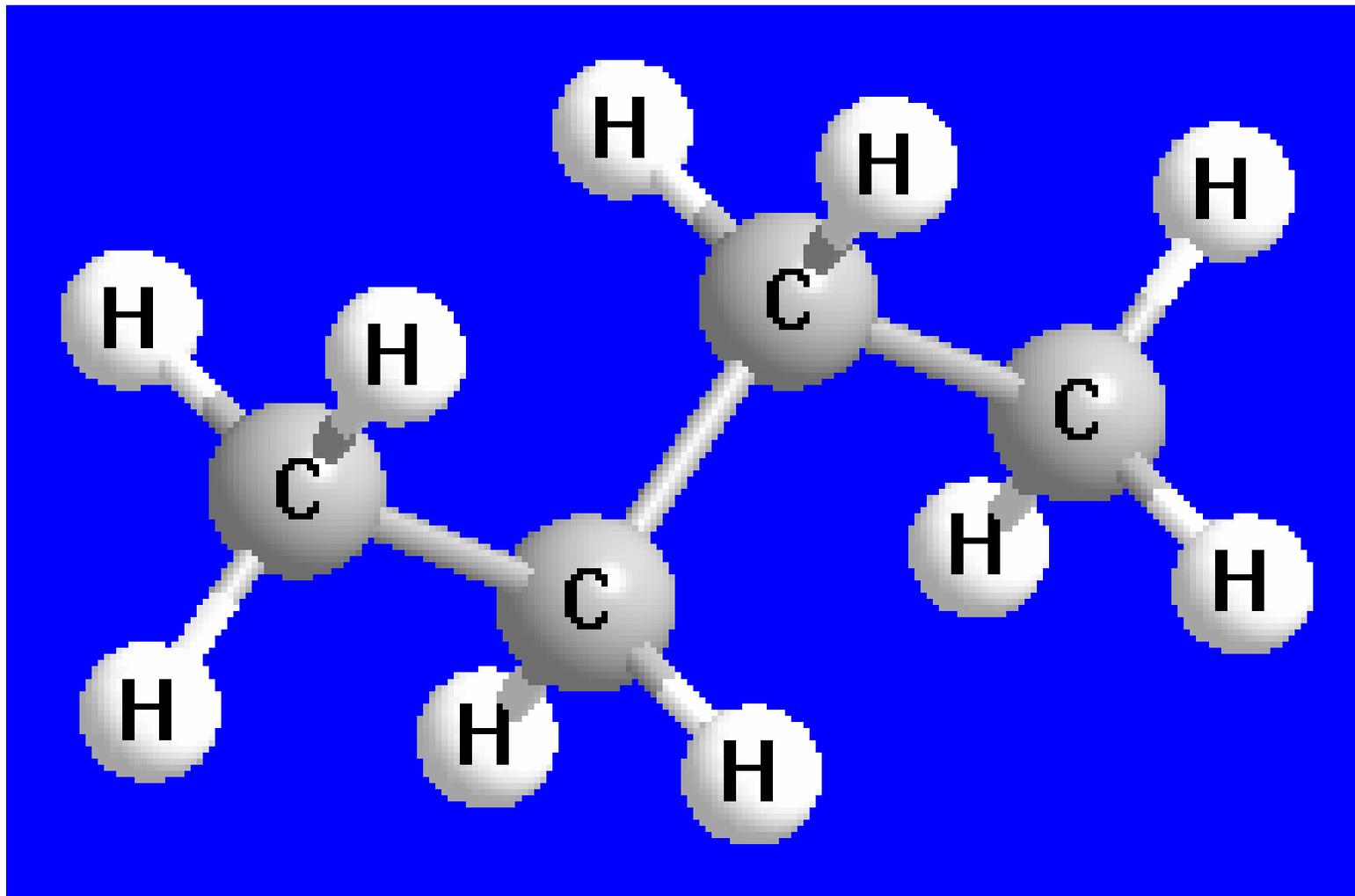
бутан



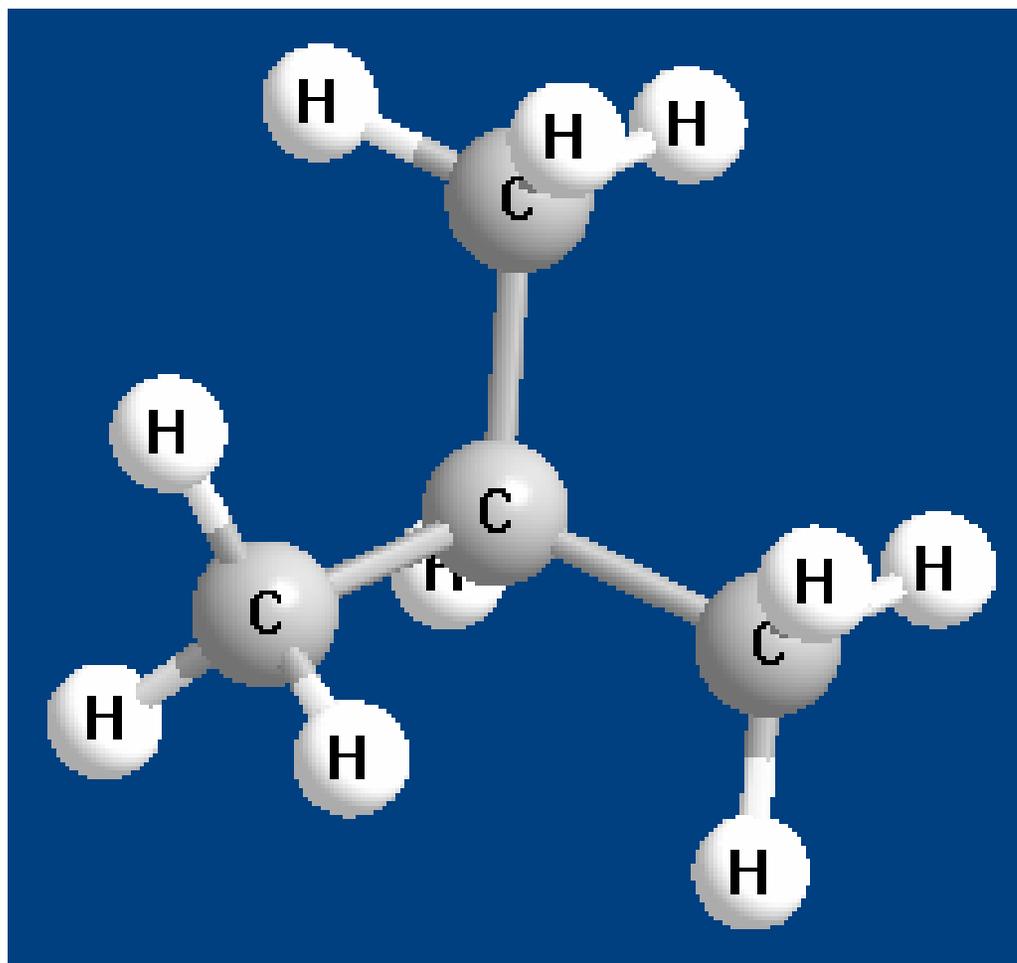


2-метилпропан

# Бутан



# 2-метилпропан



С увеличением числа атомов углерода в молекуле алкана быстро растёт число изомеров:  $C_6$ - 5,  $C_8$ -18,  $C_{10}$  – 75,  $C_{20}$ - 300 тыс.

# **Промышленные источники алканов:**

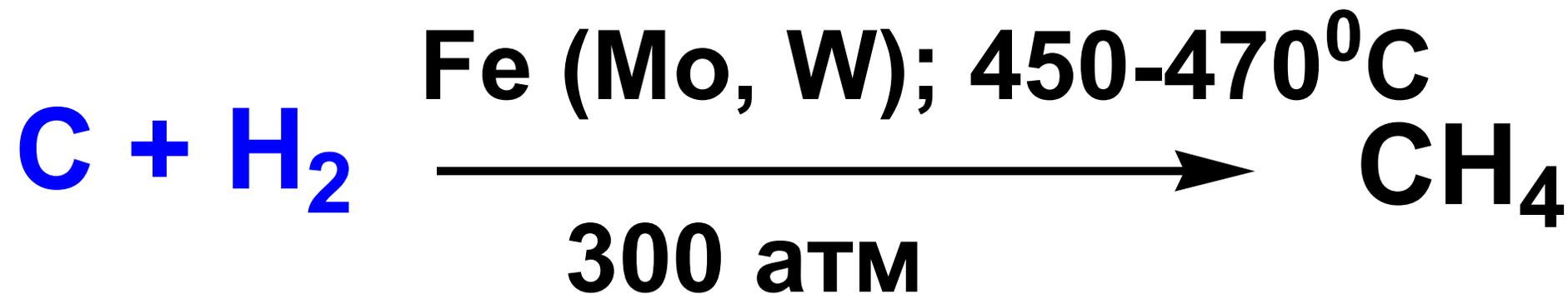
- 1) Из нефти при разгонке:**
  - а) газовая фаза до 40°C (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)**
  - б) бензиновая 40°-180°C (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>)**
  - в) керосиновая 180°-230°C (C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>)**
  - г) дизельное топливо 230°-305°C (C<sub>13</sub>-C<sub>17</sub>)**
  - д) мазут: вазелин, солярка, моторное масло (C<sub>17</sub>-C<sub>38</sub>)**
  - е) гудрон**

**2) Природный газ** (в толще земной коры) – 98% метана (этан, пропан как примеси).

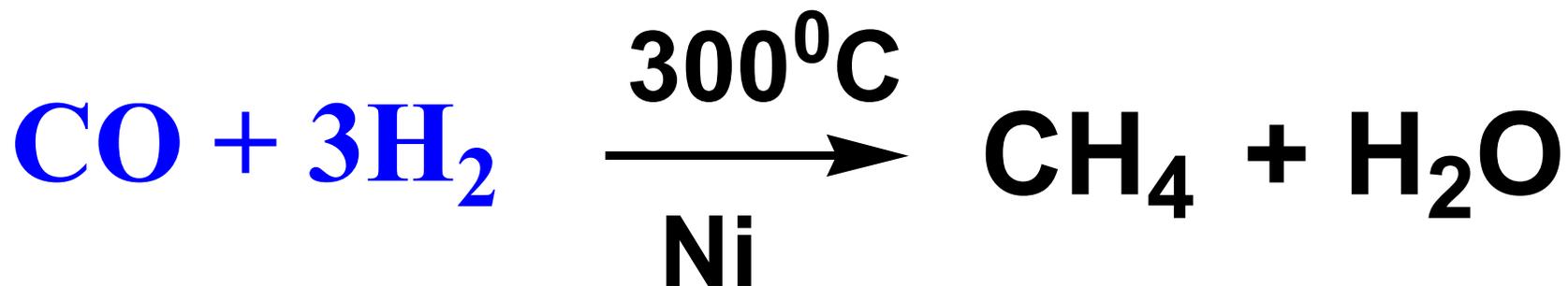
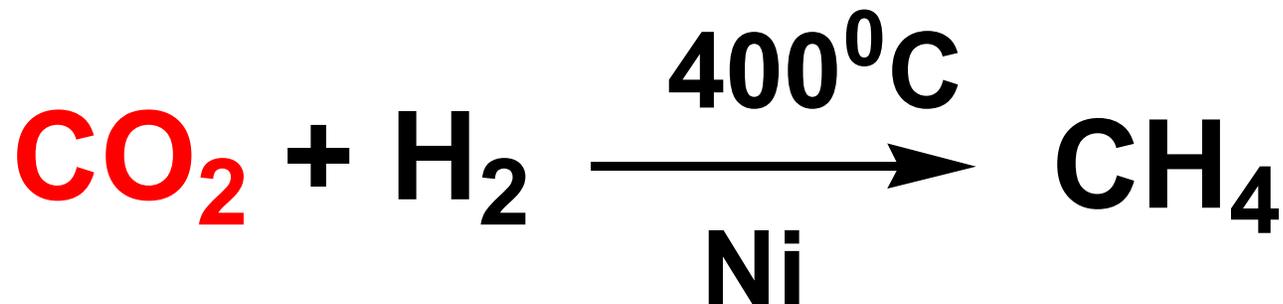
**3) Нефтяной попутный газ:**  
метан (30-80%), этан (4-20%),  
пропан (5-22%), бутан и  
пентан (5-20%).

# Промышленные методы получения

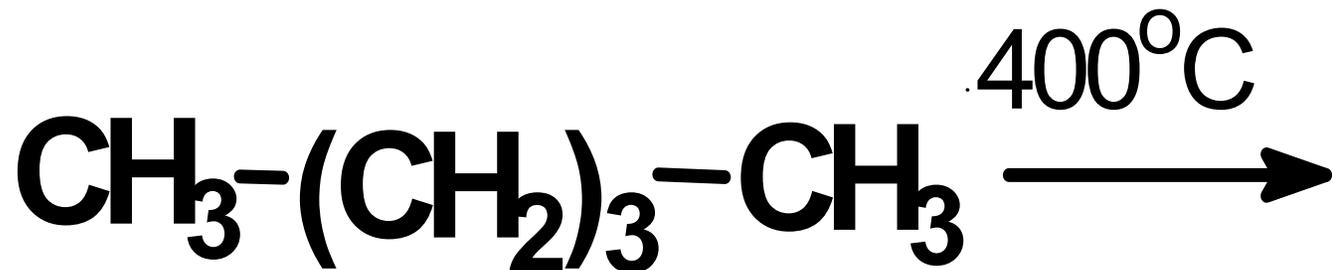
## 1. Гидрогенизация угля:



## 2. Метод Фишера-Тропша, 1933, Германия



### 3. Крекинг УВ



**ПЕНТАН**



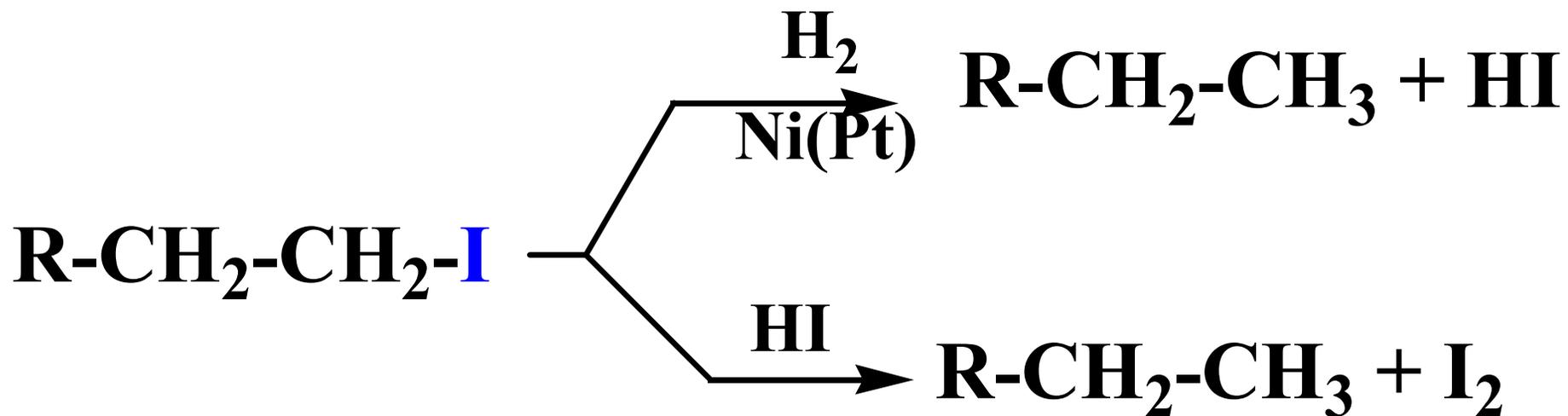
# **Лабораторные методы получения:**

**1. Без изменения числа  
углеродных атомов в  
молекуле**

**1). Гидрирование непре-  
дельных УВ над катализа-  
тором**

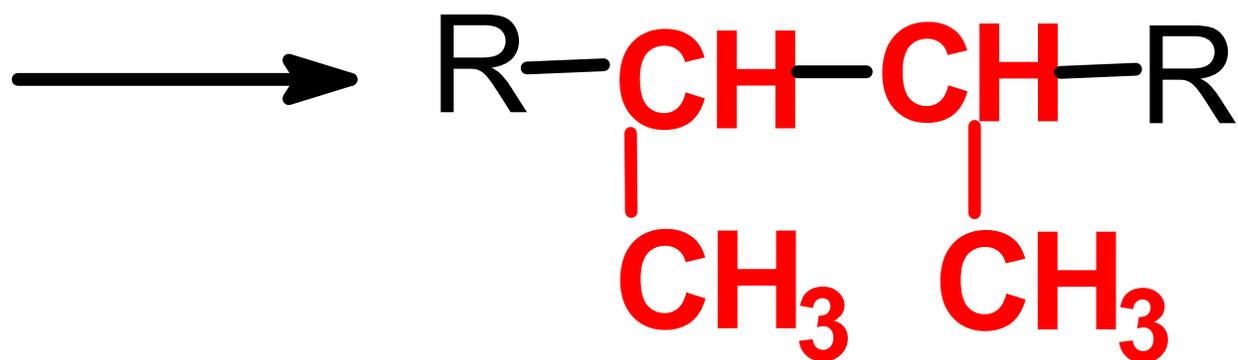
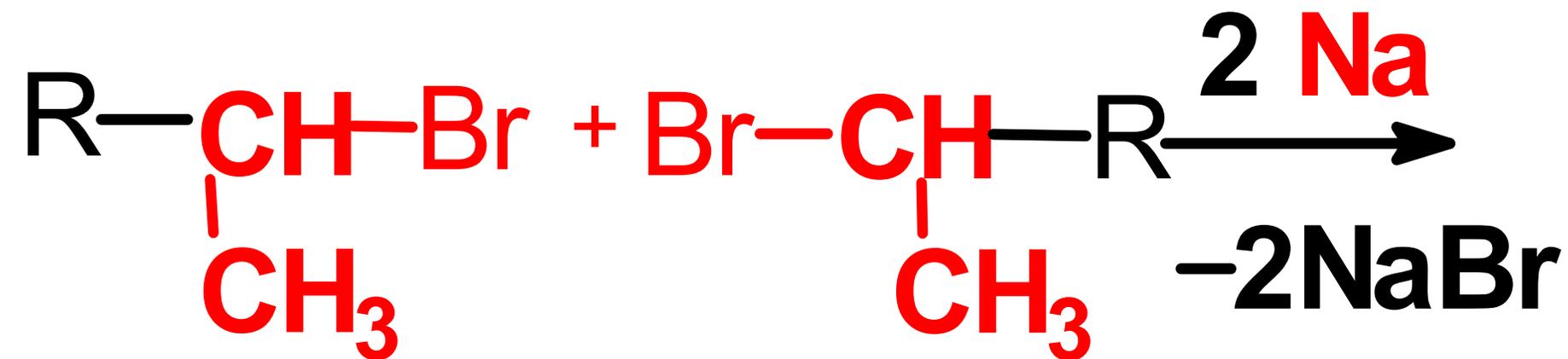


## 2). Восстановление галогеналканов

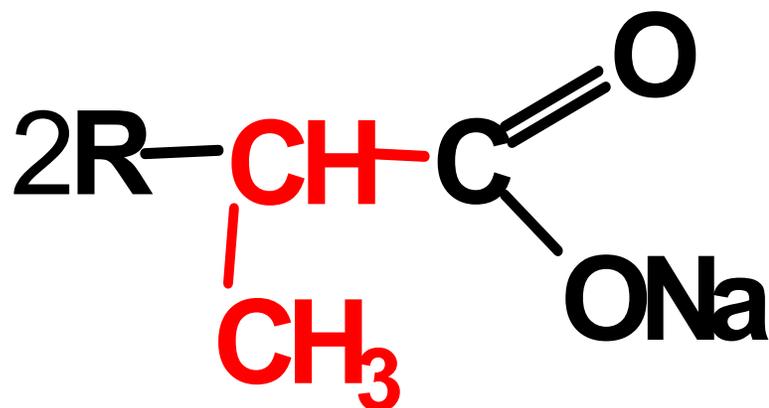


## **2. С удлинением углеродной цепи**

**1). Синтез Вюрца – для  
симметричных алканов**



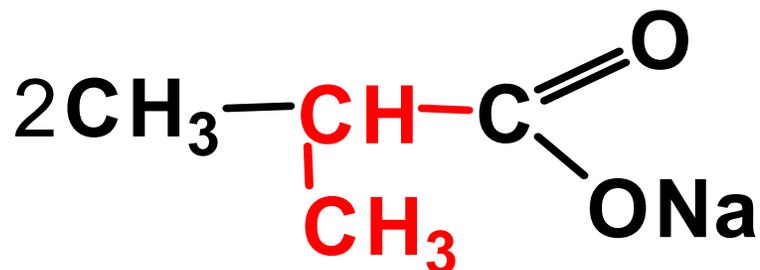
## 2) Синтез Кольбе – используют соли карбоновых кислот



электролиз

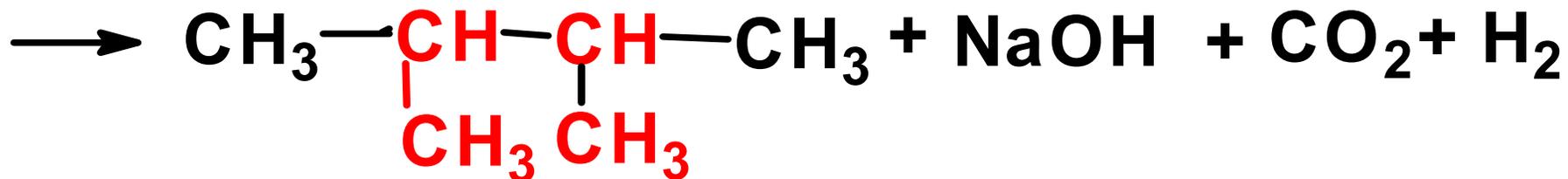
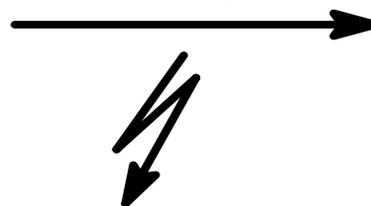


# Синтез Кольбе – пример



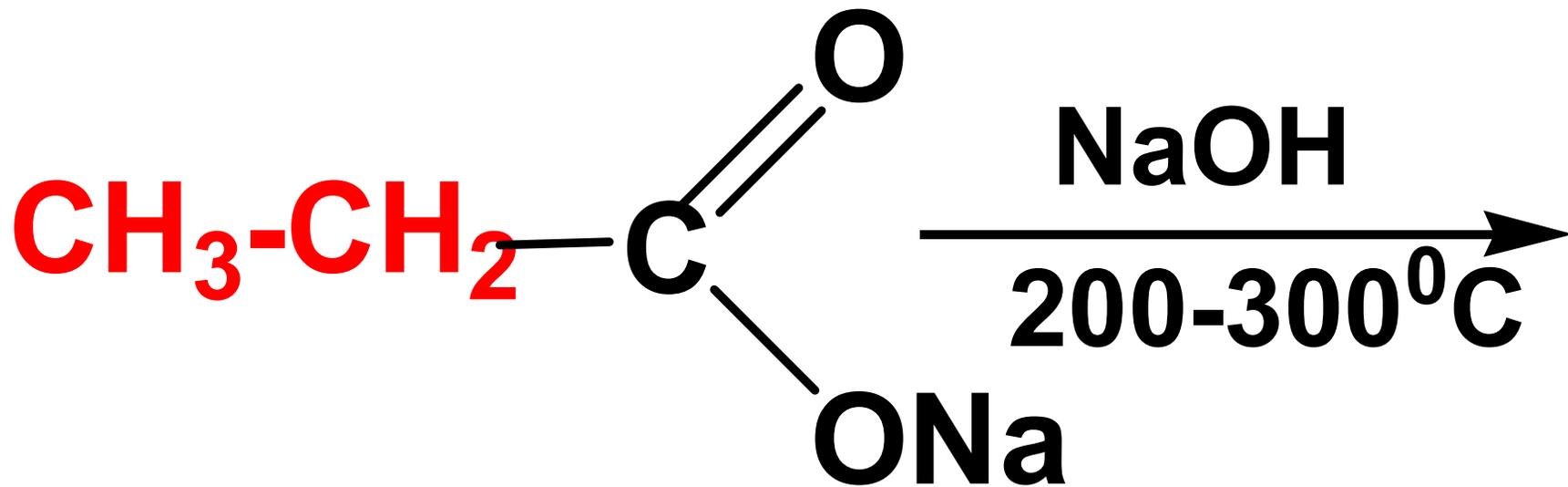
-соль 2-метил-  
пропановой кислоты

электролиз



**3. С уменьшением  
углеродной цепи**

**-Декарбоксилиро-  
вание солей  
карбоновых кислот**



## Физические свойства

$C_1$ - $C_4$  – газы;

$C_5$ - $C_{15}$  – жидкости;

$C_{16}$  и выше – твердые в-ва без запаха.

Для алканов с увеличением атомов углерода в цепи характерно постепенное повышение  $T_{кип.}$  и  $T_{пл.}$ . Разница в составе на одну группу  $CH_2$  приводит к увеличению  $T_{кип.}$  на  **$29,8^\circ C$** . Можно рассчитать  **$T_{кип.}$**  высшего или низшего гомолога.

**Алканы с разветвленной цепью кипят при более низкой температуре, чем изомеры с неразветвленной цепью.**

**$T_{пл}$  алканов, наоборот, т.к. она зависит от плотности упаковки молекул в кристаллической решетке. Плотность алканов  $< 1$ . Не растворимы в воде, но растворимы в органических растворителях: спирте, эфире.**

**Алканы  $C_1-C_4$  обладают слабым наркотическим действием, вызывают сон и летальный исход. Не имеют запаха, поэтому бытовой газ наполняют для запаха меркаптанами.**

## **Химические свойства**

**Атомы углерода в алканах образуют прочные C-C ковалентные связи, т.к.**

**1) малый размер атома,**

**2) все четыре валентные электроны образуют гибризованные орбитали, которые прочнее негибризованных.**

**прочность C-H:** объясняется малым расстоянием связи: атом H не имеет других электронов, которые бы отталкивались от ядра атома углерода.

Связи **C-C** и **C-H** в алканах малополярны (близкие ЭО) и малополяризуемы.

# Алканы

**-устойчивы к действию  
кислот, щелочей,  
окислителей**

**-металлы не вытесняют  
водород, поэтому  
щелочные металлы  
хранят в керосине**

Для алканов характерен  
**ГОМОЛИТИЧЕСКИЙ** разрыв  
ковалентной связи:

- 1) **C–H** –реакции замещения
- 2) **C–C** –крекинг и пиролиз
- 3) Горение;

Условия реакций жесткие  
(облучение, высокая  
температура)

# 1. Реакции радикального замещения $S_R$

## 1) Галогенирование:

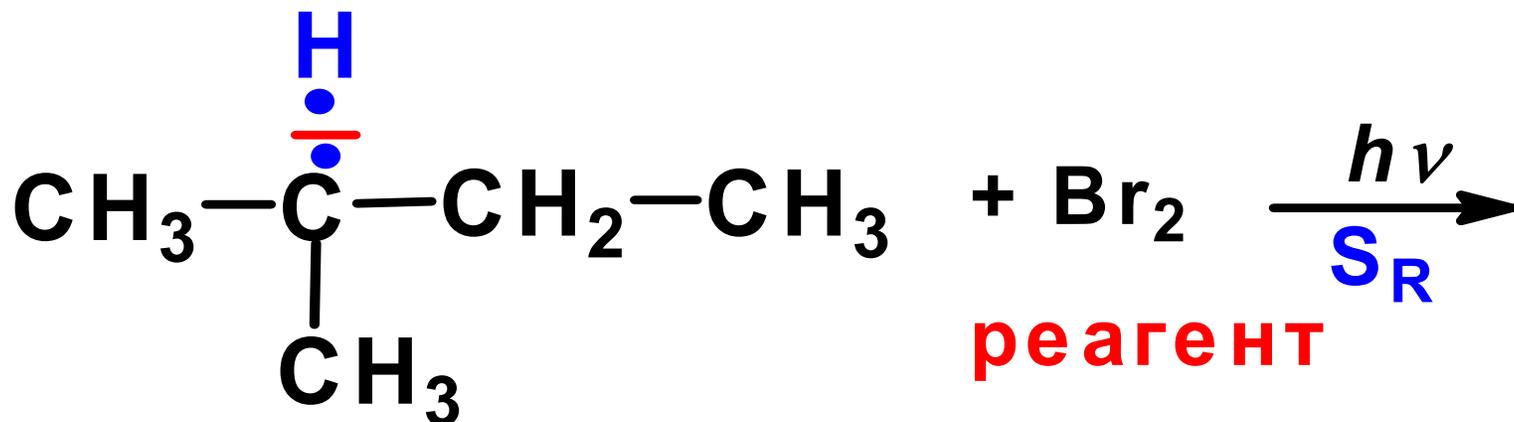
а) **Фторирование** протекает со взрывом, процесс не управляем, идет с разрывом не только **C-H**, но и **C-C** связей, поэтому фторосоединения получают не прямым, а косвенным путем.

б) **Иодирование** практически не идет, вследствие низкой реакционной способности радикала йода – большой радиус.

**в) Хлорирование:** радикал хлора обладает большой активностью, реагирует как с первичными, так и вторичными и третичными атомами углерода с образованием смеси изомеров. Реакция требует охлаждения.

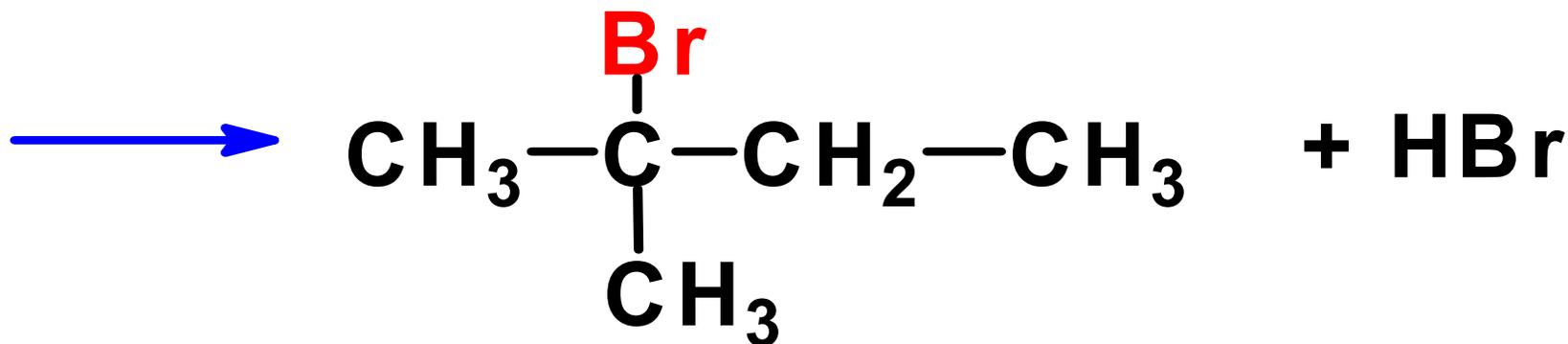
**г) Бромирование** – процесс селективен, идет вяло, требует нагревания, преимущественно реагирует с третичным атомом углерода.

# Реакция бромирования



реагент

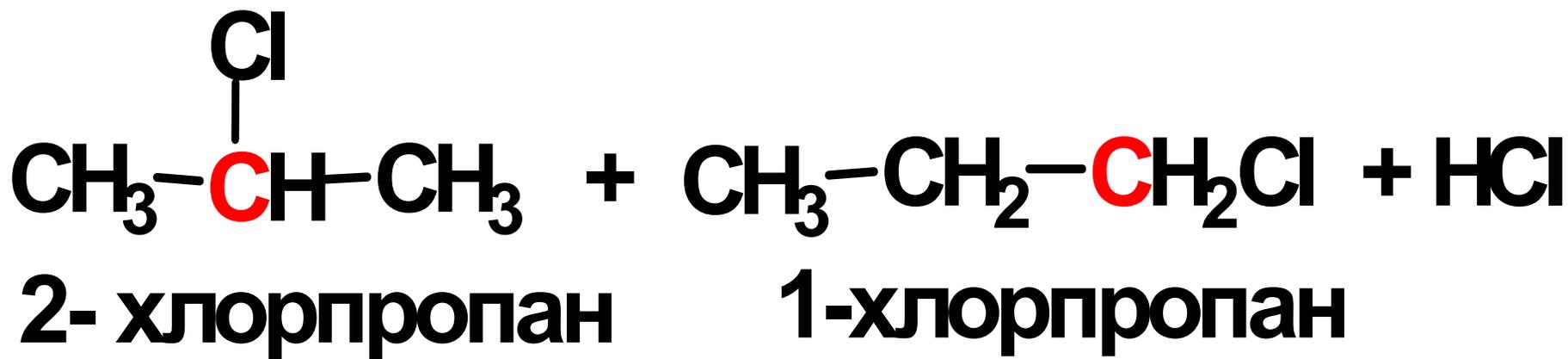
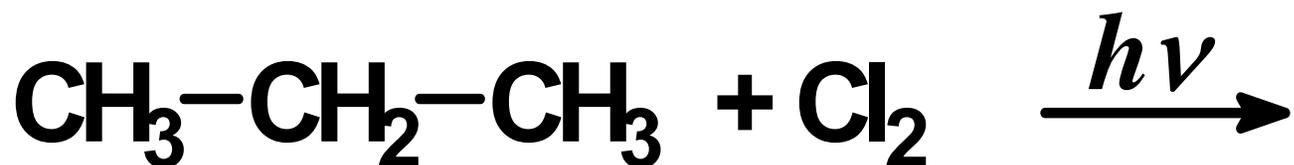
2-метилбутан  
субстрат



2-бром-2-метилбутан



# Реакция хлорирования



## энергия С-Н связи

первичного атома С = **415** кДж/моль;

вторичного атома С = **390** кДж/моль;

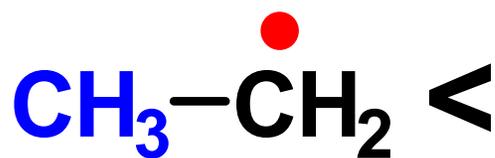
третичного атома С = **376** кДж/моль,

поэтому легче всего замещение идет у третичного атома углерода.

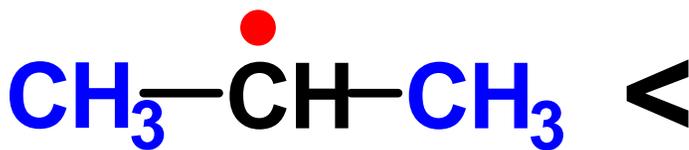
При образовании полигалогенопроизводных замещение на галогены идет либо у одного и того же атома С, либо у соседних.

# Стабильность свободных радикалов

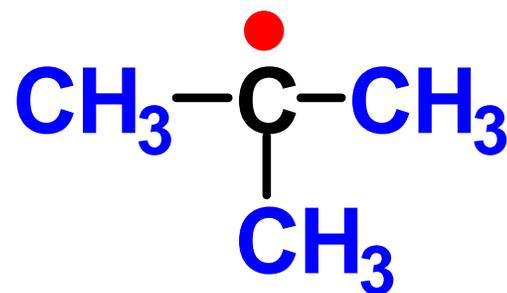
зависит от степени делокализации  
неспаренного электрона – с увеличением  
степени делокализации стабильность  
увеличивается



первичный  
радикал



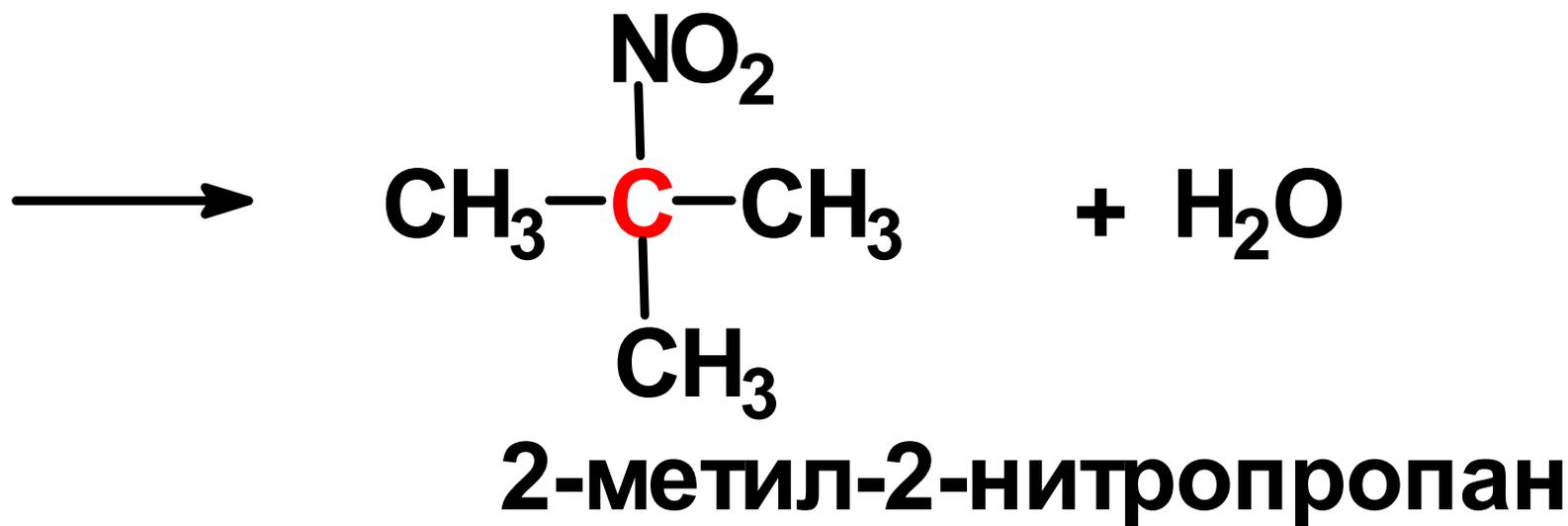
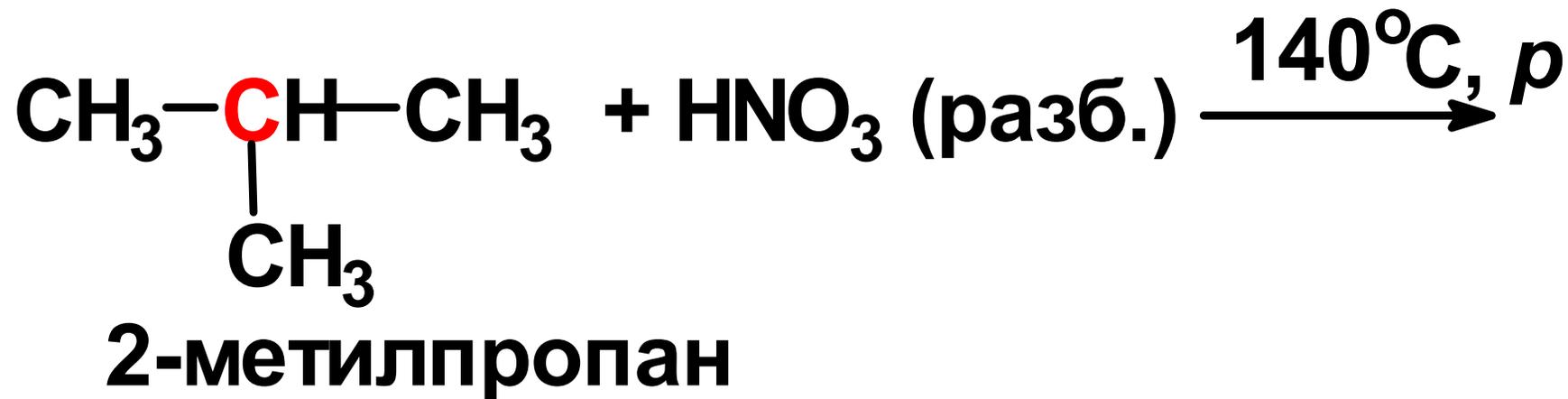
вторичный



третичный

**Чем стабильнее образуется  
радикал при разрыве связи  
С-Н, тем ниже энергия  
диссоциации этой связи, тем  
выше реакционная  
способность данного  
соединения.**

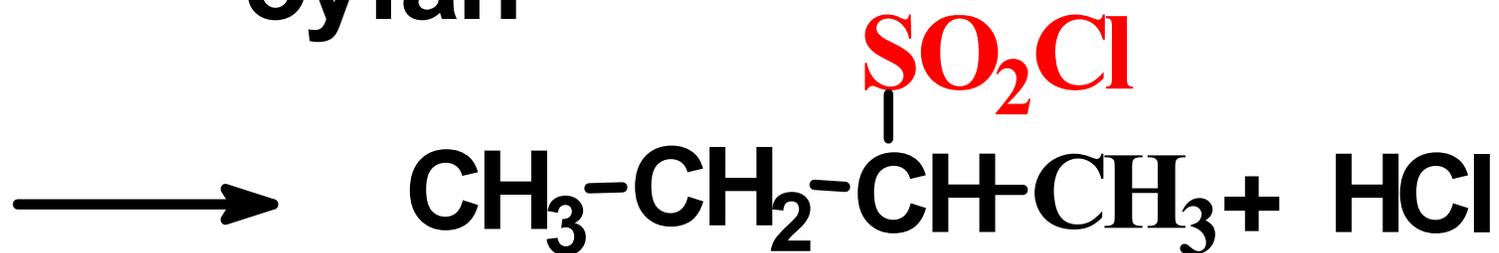
2) Реакция нитрования **по Коновалову**, 1888 г.  
(жидкофазное): в основном нитруется  
третичный атом углерода



3) Реакция сульфохлорирования идет в основном по вторичному атому углерода. Для третичного – пространственные затруднения



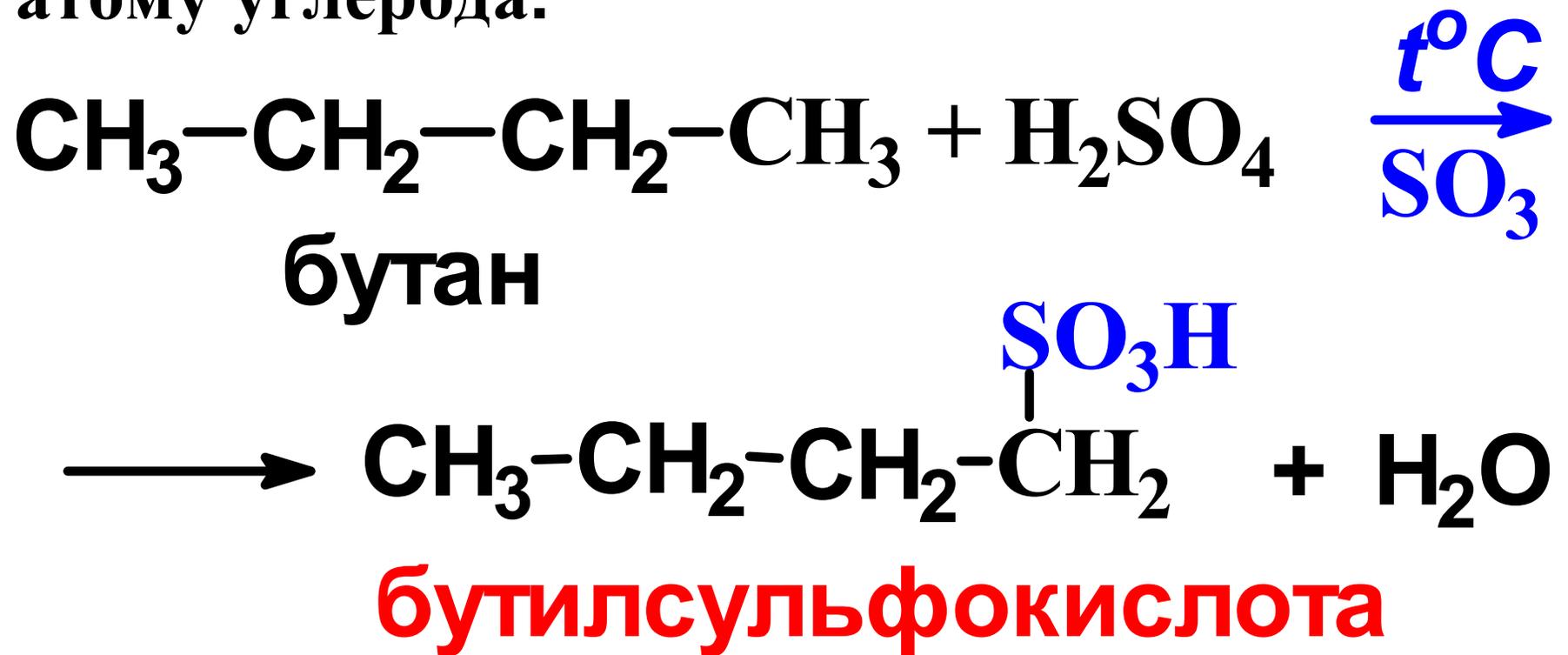
бутан



вторбутилсульфохлорид

#### 4) Реакция сульфирования.

Алканы при обычной температуре с серной кислотой не реагируют. Реакция идет в основном по вторичному или первичному атому углерода.



**2. Крекинг алканов – 400-600°C**  
( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) – расщепление на более  
простые молекулы: алканы с  
разветвленной цепью и алкены;

- **650-700°C** – более глубокий  
распад – **пиролиз** – с образованием  
H, C, простейших предельных и  
непредельных УВ.

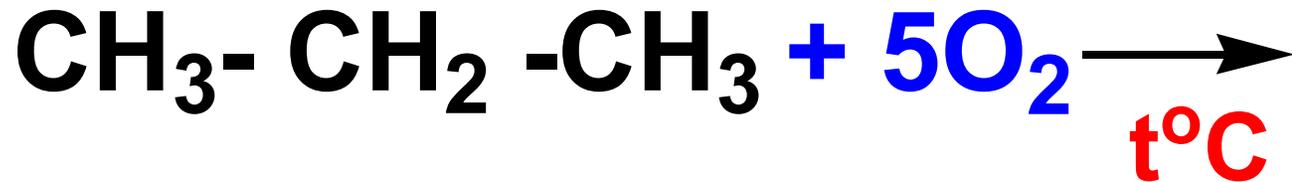
# Крекинг алканов



пентан



### 3. Окисление алканов- горение:



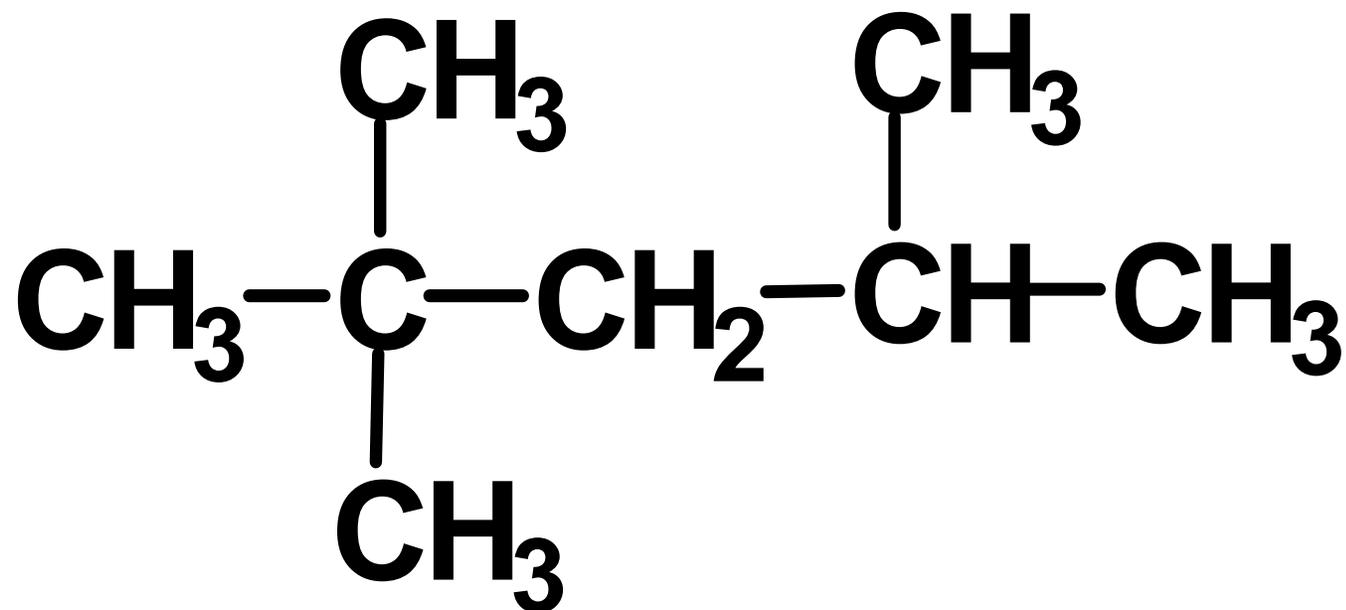
При окислении в более мягких условиях образуются спирты, альдегиды, кетоны, кислоты.

## **Применение крекинга:**

**1. Продукты крекинга нефти применяют**

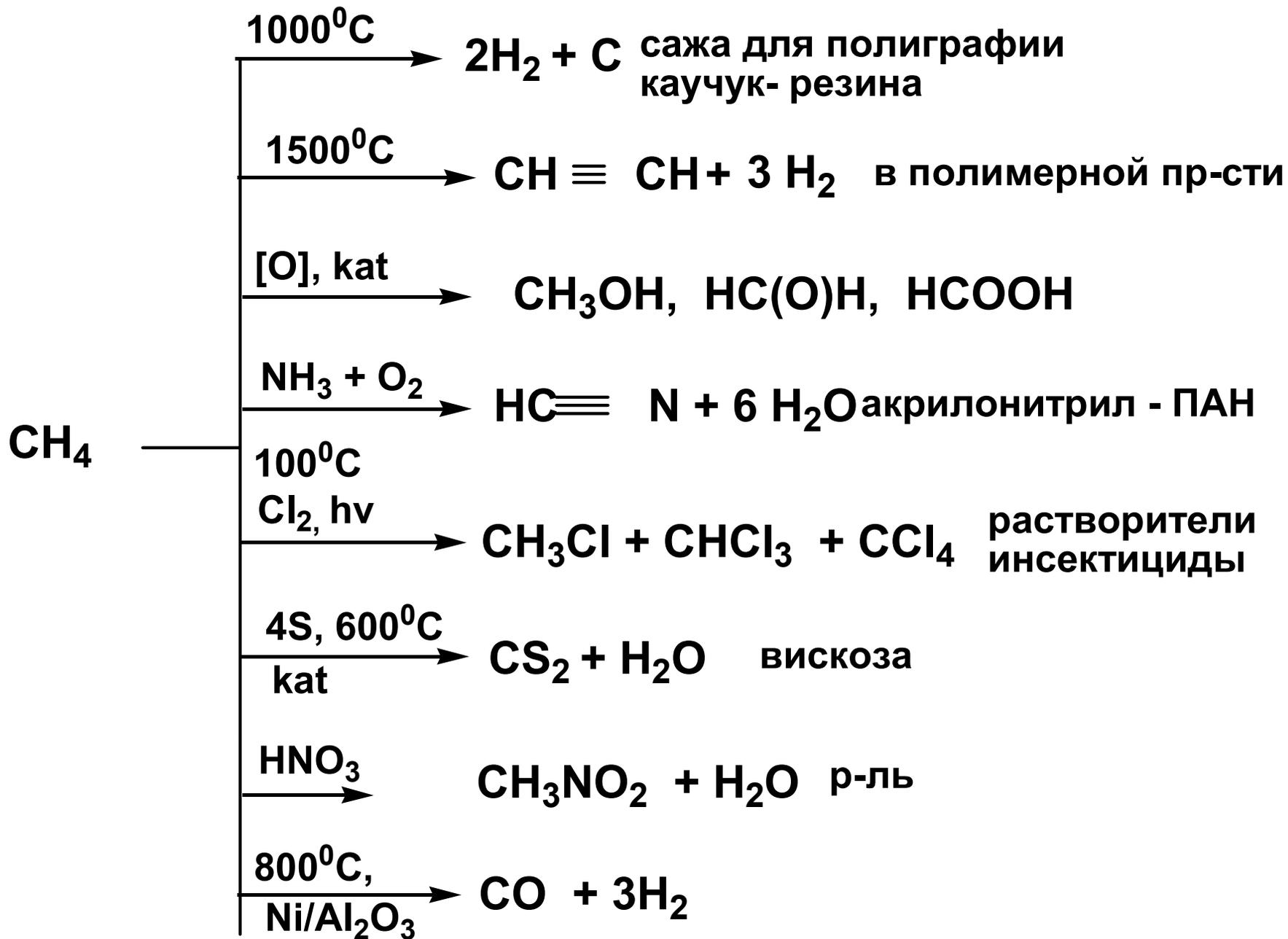
- в качестве топлива:** бензин, керосин, газообразные УВ,
- в качестве сырья для органического синтеза.**

**2. Для получения алканов с разветвленной цепью, которые применяют для увеличения октанового числа бензина**



**2,2,4-триметилпентан**  
**ИЗООКТАН**

**3. Для получения алкенов, которые используются в полимерной промышленности.**



- 1. Накопление метана на дне болот, в залежах каменного угля, приводит к выделению рудникового газа – возможны взрывы в шахтах. Метан составляет основу атмосферы планет: Сатурн, Юпитер**
- 2. Сжигание УВ – выделяется  $\text{CO}_2$  – парниковый эффект → повышение температуры планеты → таяние льдов – затопление низменных участков планеты.**

**Пропан-** применяют как автомобильное топливо, экологически более чистое, чем бензин.

**Парафин-** смесь твердых алканов - применяется в пищевой промышленности -  
-при изготовлении упаковочных материалов, как компонент жевательных резинок.

-в производстве резинотехнических изделий и товаров бытовой химии  
- В медицине используют при парафинолечении

**Вазелин**- смесь расплавленного парафина и минерального масла.

**Вазелиновое масло**- применяется в медицине как слабительное, как растворитель камфоры, компонент косметических кремов и мазей.