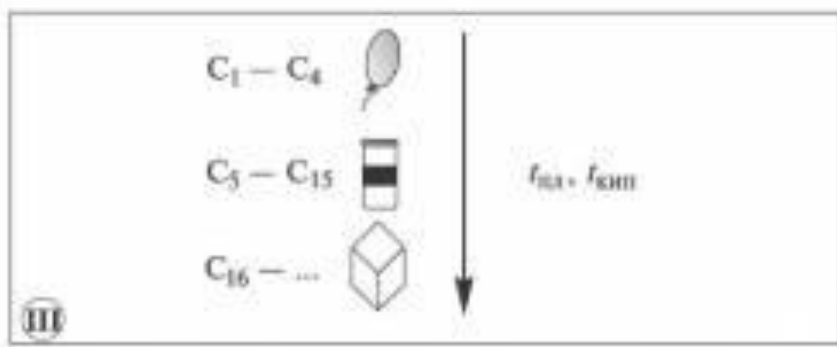
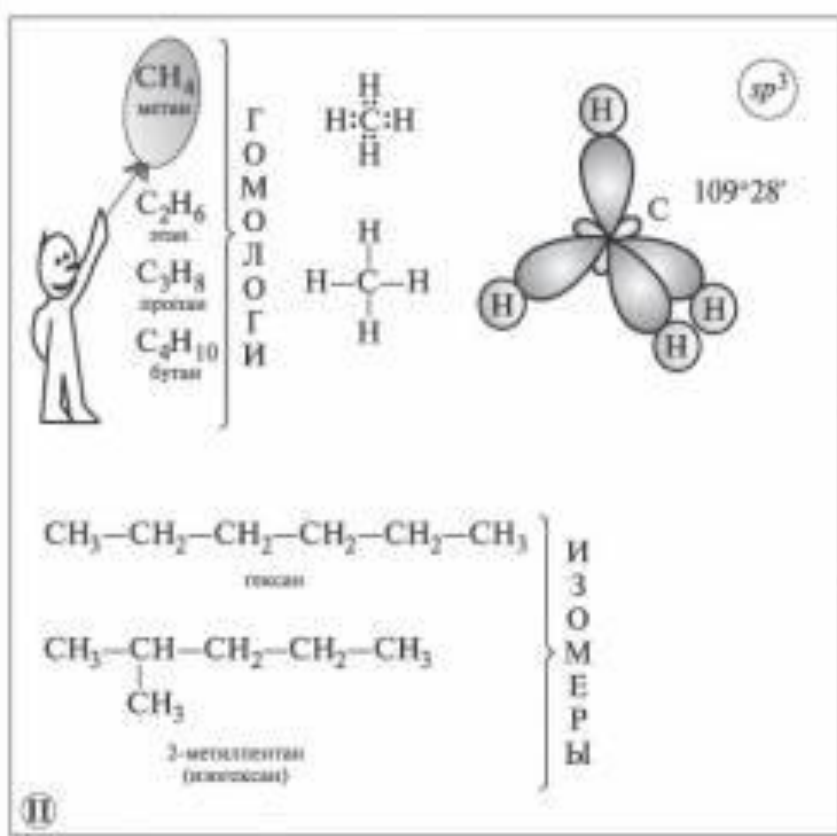
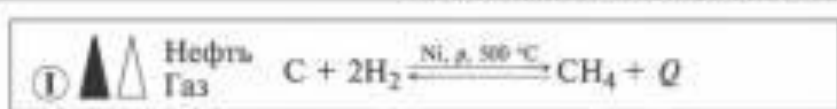







Предельные углеводороды (парафины, алканы)  $C_nH_{2n+2}$





1.  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Q$   Топливо

2.  $CH_4 \xrightarrow{1000^\circ C} 2H_2 + C$   Сажа, красители, резина

3.  $CH_4 + KMnO_4 \rightarrow$  (раствор) 

4.  $CH_4 + H_2O \xrightarrow{Ni, 800^\circ C} CO + 3H_2$   $\rightarrow NH_3$

5.  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{AlCl_3, t} CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_3$   
 бутан метилпропан (изобутан)  Каучуки, бензин, СМС

6.  $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} HCl + CH_3Cl$   Растворители, хладагенты

$CH_2Cl_2$  дихлористан  
 $CHCl_3$  хлороформ  
 $CCl_4$  четыреххлористый углерод

Механизм (радикальный):

$:\ddot{C}:\ddot{C}: \xrightarrow{h\nu} :\ddot{C}\cdot + \cdot\ddot{C}:$

$\begin{matrix} H \\ | \\ H:C:H \\ | \\ H \end{matrix} + :\ddot{C}\cdot \rightarrow \begin{matrix} H \\ | \\ H:C\cdot \\ | \\ H \end{matrix} + HCl$

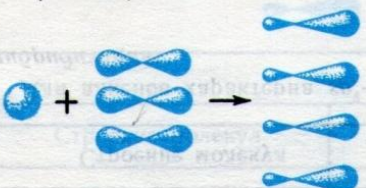
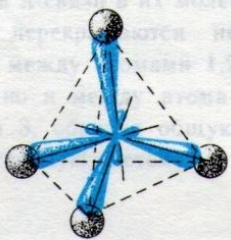

$\begin{matrix} H \\ | \\ H:C\cdot \\ | \\ H \end{matrix} + :\ddot{C}:\ddot{C}: \rightarrow \begin{matrix} H \\ | \\ H:C:\ddot{C}: \\ | \\ H \end{matrix} + :\ddot{C}\cdot$

IV V

и т.д.

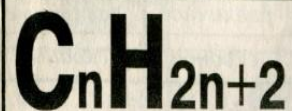
Таблица 1. Обобщение и систематизация материала об углеводородах

Предельные углеводороды — алканы  $C_nH_{2n+2}$

Строение молекул	Получение	Химические свойства	Применение
<p>Для алканов характерна <math>sp^3</math>-гибридизация:</p>  <p>Перекрывание гибридных электронных облаков атомов углерода с электронными облаками атомов водорода (молекула метана):</p> 	<p>В промышленности алканы выделяют из продуктов переработки нефти и попутных нефтяных газов (с. 63).</p> <p>В лаборатории:</p> <p>а) метан получают при нагревании прокаленного ацетата натрия с твердым гидроксидом натрия:</p> $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t} CH_4 \uparrow + Na_2CO_3$ <p>б) этан и другие алканы с более длинной углеродной цепью получают взаимодействием галогенопроизводных алканов с активными металлами (с. 24):</p> $  \begin{array}{c}  CH_3-CH_2-Cl \\    \\  CH_3-CH_2-Cl  \end{array}  + Na \xrightarrow{\quad}  \begin{array}{c}  CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \\  + 2NaCl  \end{array}  $	<p>1. Реакции замещения:</p> $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{t} CH_3Cl + HCl$ <p>Реакции протекают по радикальному механизму (с. 18)</p> <p>2. Реакции окисления. Предельные углеводороды горят (пламя некоптящее):</p> $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ <p>В присутствии катализаторов окисляются:</p> $CH_4 + O_2 \xrightarrow{500^\circ C, \text{ катализатор}} H-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array} + H_2O$ $2CH_3(CH_2)_{34}CH_3 + 5O_2 \rightarrow 4CH_3-(CH_2)_{16}COOH + 2H_2O$ <p>3. Реакции дегидрирования:</p> $2CH_4 \xrightarrow{1500^\circ C} H-C \equiv C-H + 3H_2$ $CH_3-CH_3 \xrightarrow{t, \text{ катализатор}} H_2C=CH_2 + H_2$	<p>1. Широко используются в качестве топлива, в том числе для двигателей внутреннего сгорания</p> <p>2. В органическом синтезе. Из них получают хлорпроизводные, метанол, формальдегид, органические кислоты</p> <p>3. Путем дегидрирования получают непредельные углеводороды, водород и сажу</p>
	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{t, \text{ катализатор}} CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$	<p>4. Реакции изомеризации:</p> $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{t, \text{ катализатор}} CH_3-\underset{\substack{  \\ CH_3}}{CH}-CH_2-CH_3$ <p>5. Реакции с водяным паром:</p> $CH_4 + H_2O \xrightarrow{800^\circ C} \underbrace{CO + 3H_2}_{\text{синтез-газ}}$	

# Алканы

(Пределные или насыщенные углеводороды, парафины, жирные или алифатические соединения)



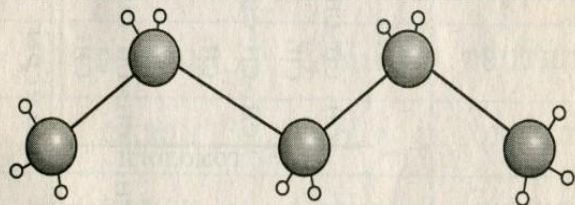
Соединения углерода с водородом, в молекулах которых атомы углерода соединены между собой одинарной (σ-сигма) связью, а все остальные валентности насыщены атомами водорода.

Соединения, сходные по строению и химическим свойствам и отличающиеся друг от друга на одну или несколько групп CH<sub>2</sub>, называют гомологами.

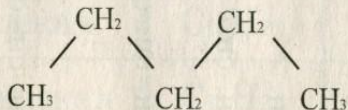
группа CH<sub>2</sub> - гомологическая разность.

## Физические свойства

C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> - газы, C<sub>5</sub>-C<sub>16</sub> - жидкости, > C<sub>16</sub> - твердые вещества, в воде нерастворимы, могут растворяться в органических растворителях. Ткип неразветвленных выше, Ткип разветвленных ниже.  
Ткип тем выше, чем > масса молекулы.



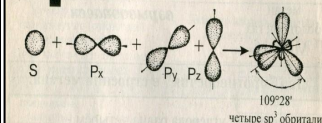
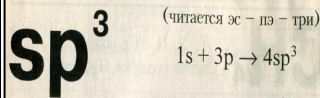
шаростержневая модель молекулы n-пентана



Зигзагообразная цепь может принимать различные пространственные формы. Атомы в молекуле свободно вращаются вокруг химических связей

sp<sup>3</sup> гибридизация ∠109°28' λ(C - C) - 0,154 нм

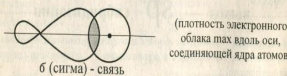
## sp<sup>3</sup> гибридизация



∠109°28' - ∠max удаления заряженных электронных облаков  
λ(C - C) составляет 0,154 нм



тетраэдр



σ (сигма) - связь

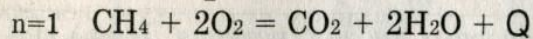
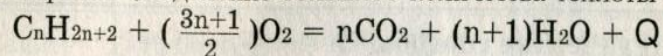
(плотность электронного облака max вдоль оси, соединяющей ядра атомов)

# Химические свойства алканов

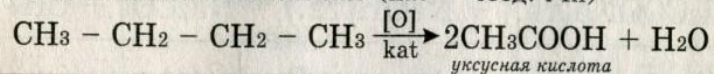
**Инертные вещества.** Связи C-C и C-H прочные, низкая поляризуемость → реакции по гомолитическому разрыву связей.

## I. Окисление

1) горение (выделение большого количества теплоты Q)



2) каталитическое окисление (kat - соед. Mn)

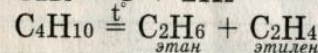
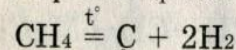


## II. Устойчивость к действию обычных окислителей

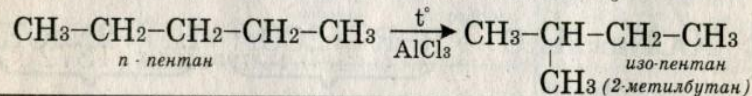
(KMnO<sub>4</sub>, Br<sub>2</sub> вода) Качественная реакция

C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> не обесцвечивает Br<sub>2</sub> воду и p-p KMnO<sub>4</sub>

## III. Крекинг (разложение при t°)

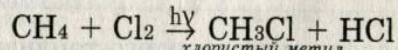


## IV. Изомеризация (с "C" ≥ 4, t°=100°C, kat AlCl<sub>3</sub>)

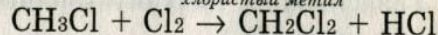


## V. Реакции замещения

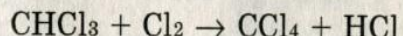
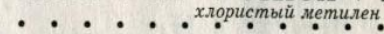
1) с галогенами



hν - свет, t°, цепной

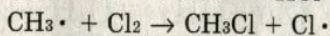
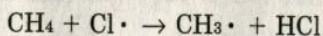
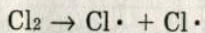


свободнорадикаль-  
ный механизм

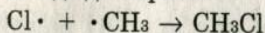


четырёххлористый углерод

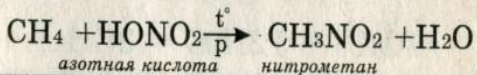
**Механизм:**



и т.д. до обрыва



2) нитрование  
(реакция Коно-  
валова) t°, p.

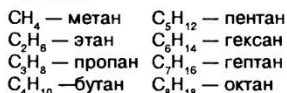


# Алканы (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>)

Химические свойства	
разрыв связи C–H	разрыв связи C–C
<p>1) р. замещения по свободно-радикальному механизму</p> <p>а) галогенирование</p> $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{УФ}} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Cl} + \text{HCl}$ <p style="text-align: center;">хлорэтан 2-хлорпропан</p> $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{УФ}} \begin{cases} \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{Cl}) - \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Cl} \end{cases} + \text{HCl}$ <p style="text-align: center;">1-хлорпропан</p> <p>б) нитрование</p> $\text{CH}_4 + \text{HONO}_2 \xrightarrow[\text{(р)}]{\text{t}^\circ} \text{CH}_3 - \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">нитрометан</p> <p>2) р. отщепления (дегидрирования)</p> $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{кат}]{\text{t}^\circ} \text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2$ <p style="text-align: center;">этен</p>	<p>1) р. горения <math>\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>2) крекинг</p> $\text{C}_{10}\text{H}_{22} \xrightarrow{400^\circ - 500^\circ \text{C}} \text{C}_5\text{H}_{10} + \text{C}_5\text{H}_{12}$ <p style="text-align: center;">пептен пептан</p> <p>3) пиролиз <math>\text{C}_2\text{H}_6 \xrightarrow{1000^\circ \text{C}} 2\text{C} + 3\text{H}_2</math></p> $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ \text{C}} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ <p style="text-align: center;">(только для метана)</p> <p>4) р. изомеризации</p> $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{AlCl}_3]{\text{t}^\circ} \text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">изобутан</p>

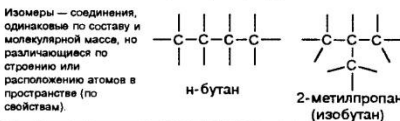
Применение
1) Топливо – бытовой газ, керосин, мазут, бензин
2) Галогенпроизводные алканов – растворители, например, CH <sub>3</sub> Cl; CCl <sub>4</sub>
3) В органическом синтезе, например:
$2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ \text{C}} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ , образовавшийся ацетилен применяется для получения спиртов и альдегидов;
$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{кат}]{\text{t}^\circ} \text{CO} + 3\text{H}_2$ , образовавшийся синтез-газ используется для получения кислородосодержащих органических веществ
Получение
1) выделяют из природных источников углеводородов;
2) гидрирование алкенов (число атомов "С" не изменяется)
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
3) декарбосилирование солей карбоновых кислот или щелочное плавление (число атомов "С" уменьшается)
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{ONa} \end{matrix} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{сплав}} \text{CH}_3 - \text{CH}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$
4) синтез Вюрца (число атомов "С" увеличивается)
$\text{CH}_3 - \text{Cl} + 2\text{Na} + \text{Cl} - \text{CH}_3 \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{CH}_3 - \text{CH}_3 + 2\text{NaCl}$
5) гидролиз некоторых карбидов, например:
$\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + 4\text{Al}(\text{OH})_3$

# ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АЛКАНЫ, ПАРАФИНЫ)



соединения, состоящие из С и Н, в которых все связи атомов С, не затраченные на образование одинарных связей С—С, насыщены атомами Н

Возможна **изомерия** углеродного скелета:



**Номенклатура:** сначала выбирают самую длинную цепь. Название: N\* (мин) заместителя-заместитель-цепь. Например, 2,3,3-триметил-4-этилгексан

C<sup>1</sup>, C<sup>6</sup> — первичные, C<sup>5</sup> — вторичный, C<sup>2</sup>, C<sup>4</sup> — третичные, C<sup>3</sup> — четвертичный атомы углерода

**Физические свойства:**  $CH_4$  — бесцветный газ,  $t_{кип} = -162^\circ C$ .  $C_2-C_4$  — газы;  $C_5-C_{15}$  — жидкости (при обычных условиях), далее — тв. вещества.  $t_{кип}$  предельных углеводородов с неразветвленной цепью выше, чем  $t_{кип}$  у соответствующих углеводородов с разветвленной цепью.

**Строение:** возбуд. сост. атома С  $\xrightarrow{sp^3\text{-гибридизация}}$  4 эквивалентн.  $\sigma$ -связи С—Н, направленные к вершинам тетраэдра,  $\angle 109^\circ 28'$  возможно свободное вращение вокруг связи С—С

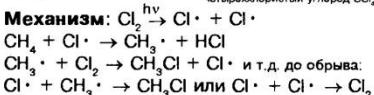
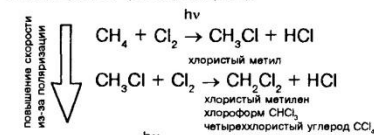
**Химические свойства:** связи С—С и С—Н прочные, характеризуются низкой поляризуемостью, поэтому **свободнорадикальный механизм** реакций:  $CH_3:H \rightarrow CH_3\cdot + H\cdot$

С—Н-связь

окисление

С—С-связь

**Реакции свободнорадикального замещения** (свет, нагрев):

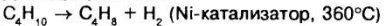


для гомологов  $\begin{cases} CH_3CNBrCH_3 & 90\% \\ CH_3CH_2CH_2Br & 10\% \end{cases}$   
 третичный > вторичный > первичный

**Нитрование** (реакция М.Н. Коновалова):

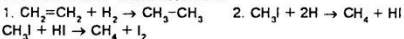


**Дегидрирование:**

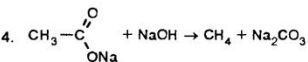
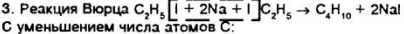


**Получение** (природный газ, нефть):

Без изменения числа атомов С:



или с увеличением числа атомов С:

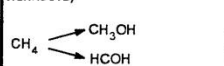


5. Синтез из СО и  $H_2$ :  $CO + H_2 \rightarrow$  смесь углевод. +  $H_2O$

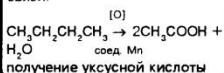
6. Электролиз растворов солей карбоновых кислот (Кольба)  
 $2CH_3COO^- - 2e \rightarrow 2CO_2 + CH_3-CH_3$

1. **Горение**  $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$   
 смеси с воздухом взрывоопасны

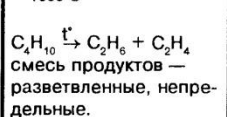
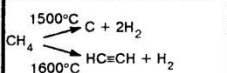
2. **Каталитическое окисление** (промышленность)



Гомологи — с разрывом С—С связи:



**Крекинг**  
 От англ. to crack — расщеплять — нагревание нефти и нефтепродуктов без доступа воздуха, приводящее к разрыву связей С—С и образованию продуктов с меньшей молекулярной массой.



**Циклопарафины:** углеводороды, в которых атомы  $C_n H_{2n}$  образуют цепь (цикл), связи насыщены атомами Н

**Названия:** Цикло + алкан

метилциклобутан    транс-1,2-диметилциклопропан

**Изомерия:** углеводородного скелета + пространственная

Химические свойства: подобны парафинам. Характерно свободнорадикальное замещение.

**Следует отметить:**

1. Для циклогексанов — легкая дегидрогенизация

2. Легкое разрушение 3-4-членных циклов:  $\triangle + Br_2 \rightarrow Br-CH_2-CH_2-CH_2-Br$