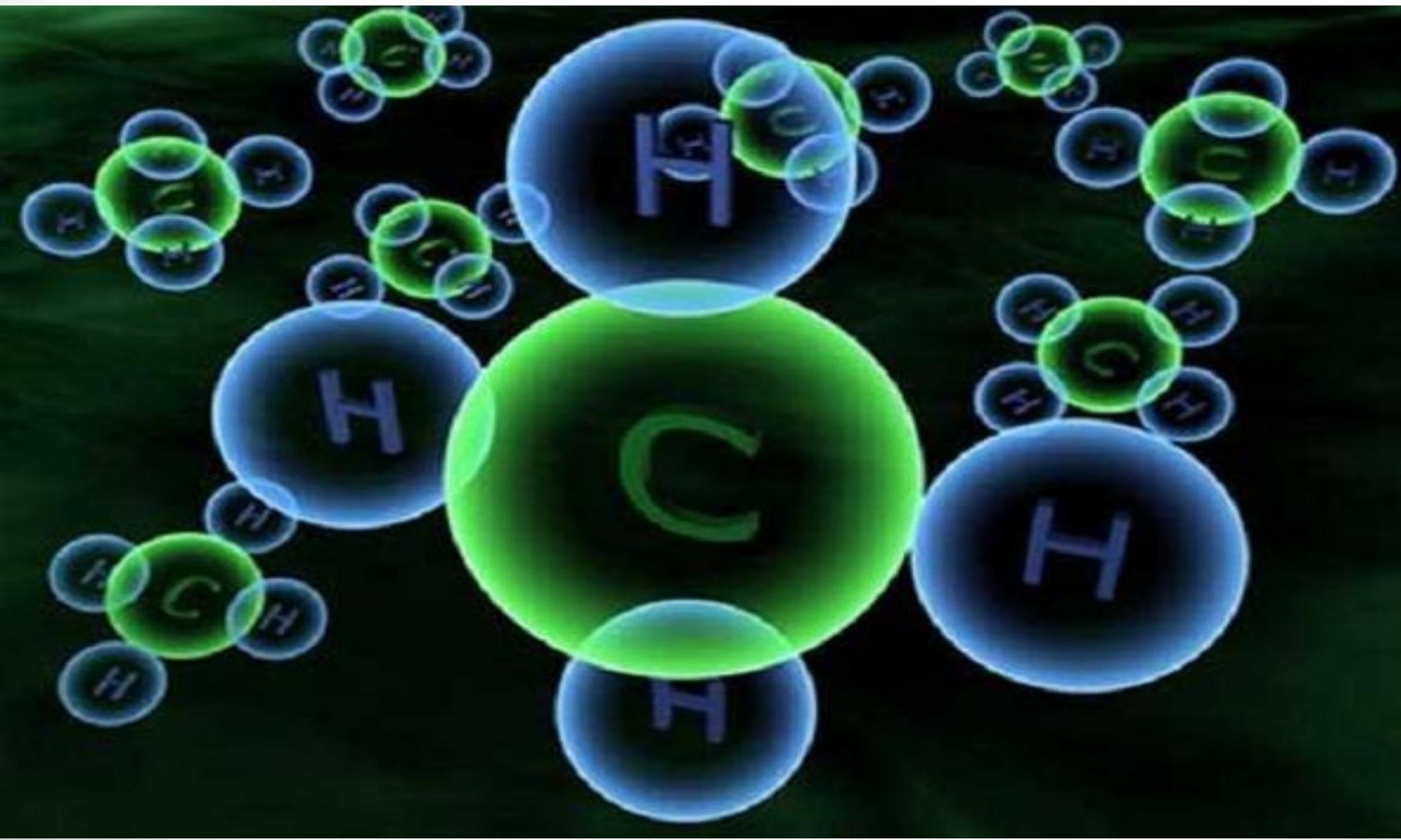


Пределные углеводороды

Алканы



План.

1. Определение. Общая формула класса углеводородов.
2. Строение алканов.
3. Гомологический ряд.
4. Виды изомерии.
5. Физические свойства.
6. Способы получения.
7. Химические свойства.
8. Применение.

Определение

- **Алканы** (также насыщенные углеводороды, парафины, алифатические соединения) — ациклические углеводороды линейного или разветвлённого строения, содержащие только простые связи и образующие гомологический ряд с общей формулой



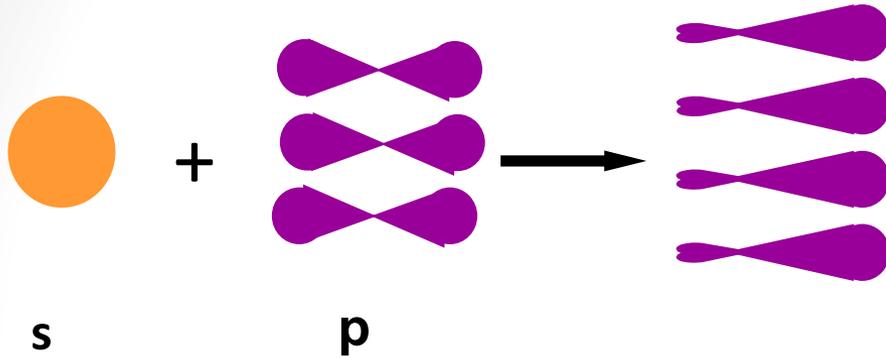
Алканы – название предельных углеводородов по международной номенклатуре.

Парафины– исторически сложившееся название, отражающее свойства этих соединений (от лат. *parrum affinis* –малоактивный).

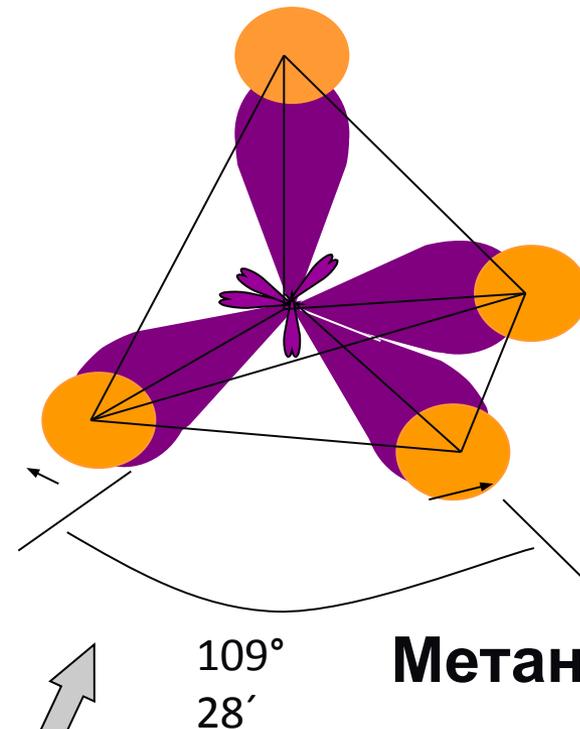
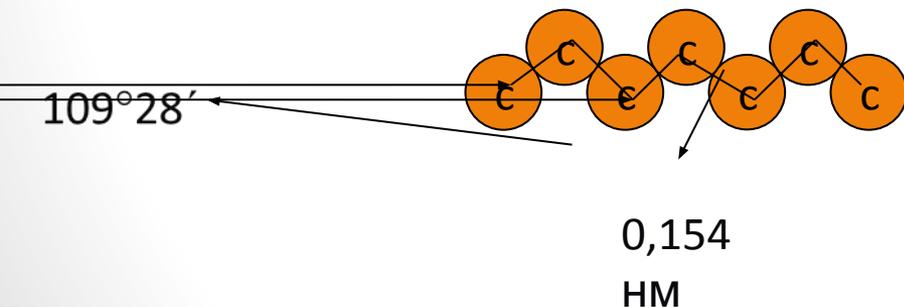
Предельными, или насыщенными, эти углеводороды называют в связи с полным насыщением углеродной цепи атомами водорода.

Строение метана

Для алканов характерна sp^3 -гибридизация



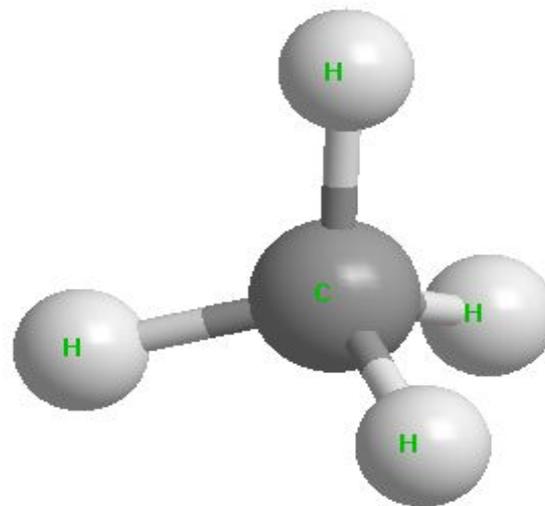
- Длина C-C – связи = 0,154 нм
- Углы между орбиталями = $109^\circ 28'$



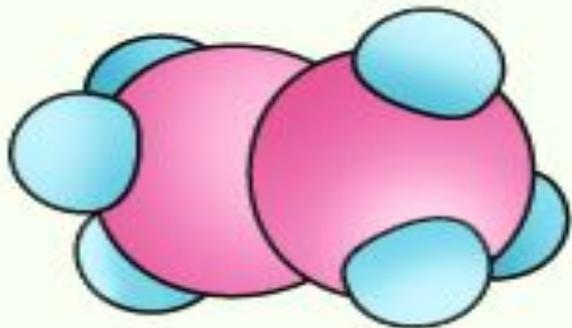
Перекрывание гибридных электронных облаков атомов углерода

Строение алканов

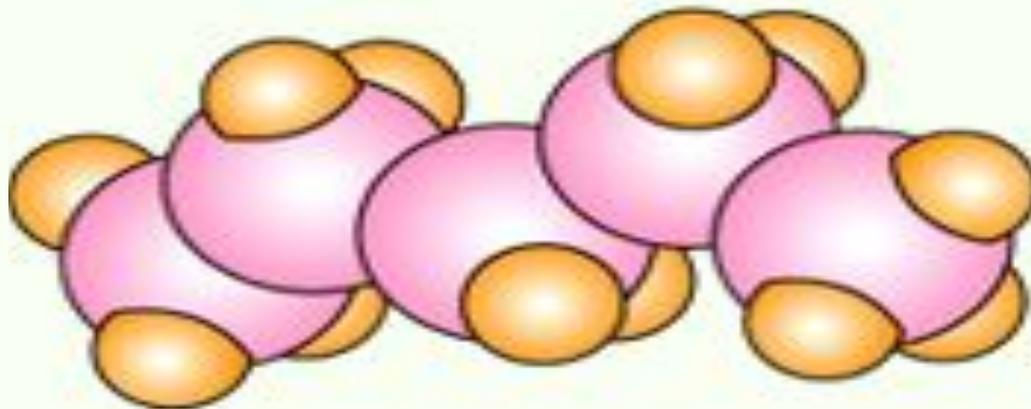
- **Алканы являются насыщенными углеводородами** и содержат максимально возможное число атомов водорода.
- Каждый атом углерода находится в состоянии **sp^3 -гибридизации** — все 4 гибридные орбитали равны по форме и энергии,
- 4 электронных облака направлены в вершины **тетраэдра** под **углами $109^\circ 28'$** . За счёт одинарных связей между атомами С возможно свободное вращение вокруг углеродной связи.
- Тип углеродной связи — **σ -связи**, связи малополярны и плохо поляризуемы.
- **Длина углеродной связи — 0,154 н**
- **Энергия связи С-С 348 кДж**
- Простейшим представителем класса является **метан (CH₄)**.



Какое же пространственное строение будут иметь гомологи метана?



этан



пентан

Молекулы алканов имеют зигзагообразное пространственное строение, в котором соблюдаются все параметры молекулы метана: длина связи, размер угла между атомами, тип гибридизации.

Гомологический ряд метана

Предельные углеводороды образуют гомологический ряд с общей формулой



Родоначальником этого ряда является метан.

Гомологи – это соединения, сходные по

строению и химическим

свойствам, и

отличающиеся

друг от друга на одну

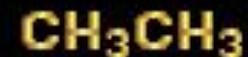
или несколько метильных

групп CH_2

Гомологический ряд алканов



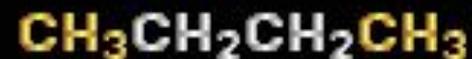
метан



этан



пропан



бутан



пентан

и так далее ...

Общая формула: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

CH_4 метан

$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ этан

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

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

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

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

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

CH_4 – метан

C_2H_6 – этан

C_3H_8 – пропан

C_4H_{10} – бутан

В названии алканов есть суффикс – ан.
Этот ряд углеводородов называется
гомологическим рядом, а его члены гомологами.

Явление гомологии имеет важное
значение. Достаточно изучить свойства
одного представителя гомологического
ряда, чтобы сделать выводы о
свойствах других гомологов.



ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД МЕТАНА

ФОРМУЛА	НАЗВАНИЕ	РАДИКАЛ
CH_4	Метан	CH_3 - метил
C_2H_6	Этан	C_2H_5 - этил
C_3H_8	Пропан	C_3H_7 - пропил
C_4H_{10}	Бутан	C_4H_9 - бутил
C_5H_{12}	Пентан	C_5H_{11} - пентил
C_6H_{14}	Гексан	C_6H_{13} - гексил
C_7H_{16}	Гептан	C_7H_{15} - гептил
C_8H_{18}	Октан	C_8H_{17} - октил
C_9H_{20}	Нонан	C_9H_{19} - нонил
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{21}$ - децил

Радикал – это частица, имеющая не спаренные электроны.

Остановка «Разминка»

- При сгорании алкана массой 4,4г. образуется оксид углерода (4) получили 13,2г. Определите молекулярную формулу вещества.

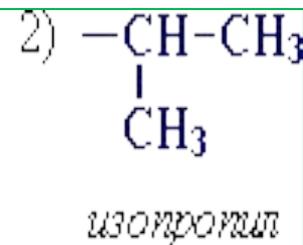
ПРОВЕРЬ

- $13,2/44 = x/12$
- $x=3,6$
- $M(C) = 3,6\text{г.}$
- $M(H) = 4,4-3,6=0,8\text{г.}$
- $n(C) = 3,6/12 = 0,3\text{моль}$
- $n(H) = 0,8/1 = 0,8\text{моль}$
- $0,3 : 0,8 = 3 : 8$
- C_3H_8

Радикалы в ряду алканов

- Если от молекулы алкана "отнять" один атом водорода, то образуется одновалентный "остаток" – углеводородный радикал (R).
- Общее название одновалентных радикалов алканов – алкилы – образовано заменой суффикса -ан на -ил:
- метан – метил, этан – этил, пропан – пропи́л и т.д.

Алкан	Радикал	Название радикала
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$ <i>н-бутан</i>	$-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	<i>н-бутил</i>
	$-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	<i>втор-бутил</i>
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ <i>изобутан</i>	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	<i>изобутил</i>
	$-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_3$	<i>трет-бутил</i>



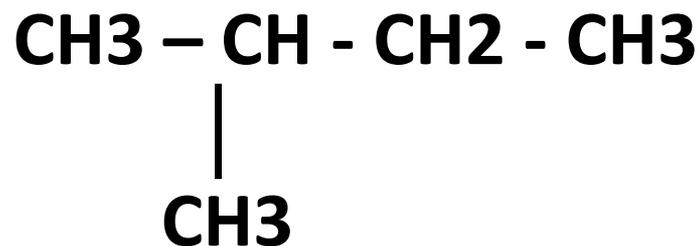
Номенклатура международная

ИЮПАК

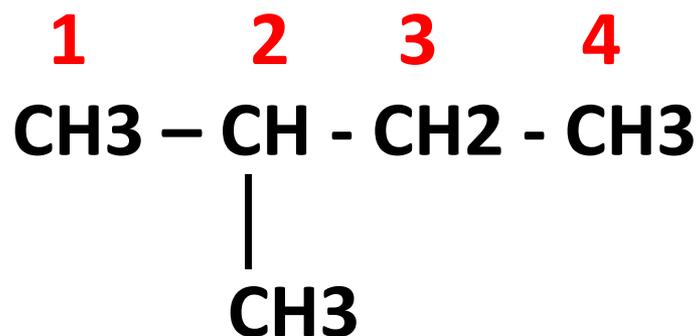
- **За основу принимают название углеводорода, которому соответствует в рассмотренном соединении самая длинная цепь.**
- **Эта цепь нумеруется, начиная с того конца, к которому ближе радикал-заместитель.**
- **В названии вещества цифрой показывают место радикала-заместителя и называют заместитель.**
- **Затем называют углеводород, которому отвечает главная цепь.**

Алгоритм названия алканов

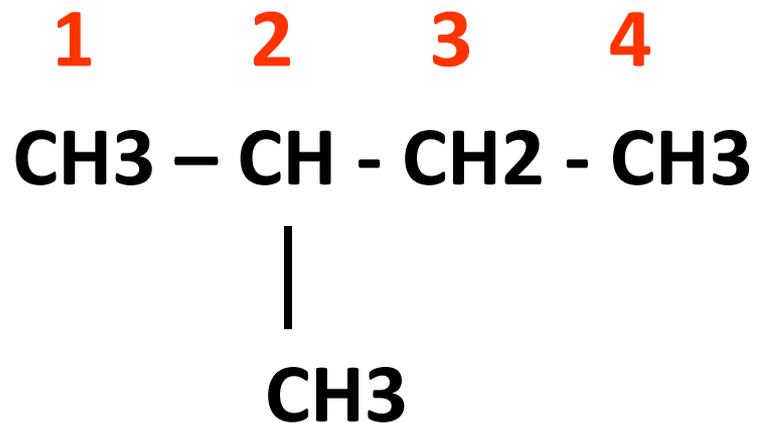
1. Выбор главной цепи:



2. Нумерация атомов главной цепи:

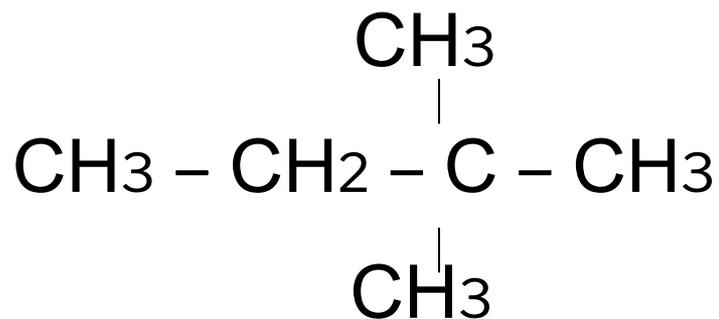


3. Формирование названия:

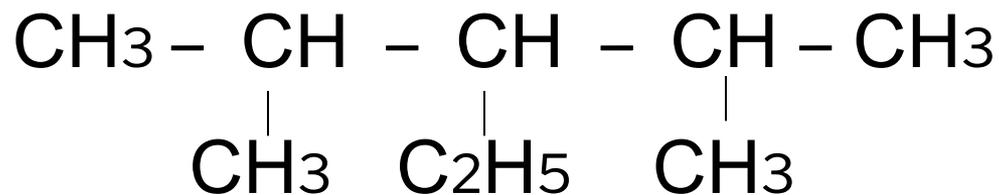


2 - метилбутан

ЗАДАНИЕ. Дайте названия следующим углеводородам по международной номенклатуре.



2,2 - диметилбутан



2,4 - диметил - 3 - этилпентан

Изомерия и номенклатура алканов



Изомерия

Изомерия – явление, при котором вещества, имеющие один и тот же качественный и количественный состав, отличаются по своим свойствам.

Изомеры – химические соединения, имеющие одинаковый состав и молекулярную массу, но отличающиеся строением молекул, физическими и химическими свойствами.

Структурная изомерия углеродного скелета

Многочисленность углеводородов объясняется явлением изомерии.

С возрастанием числа атомов углерода в молекуле число изомеров резко увеличивается.

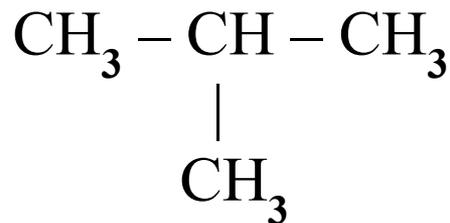
В ряду алканов структурная изомерия проявляется начиная с бутана C_4H_{10}

у бутана – 2,

у пентана -3,

у гексана – 5,

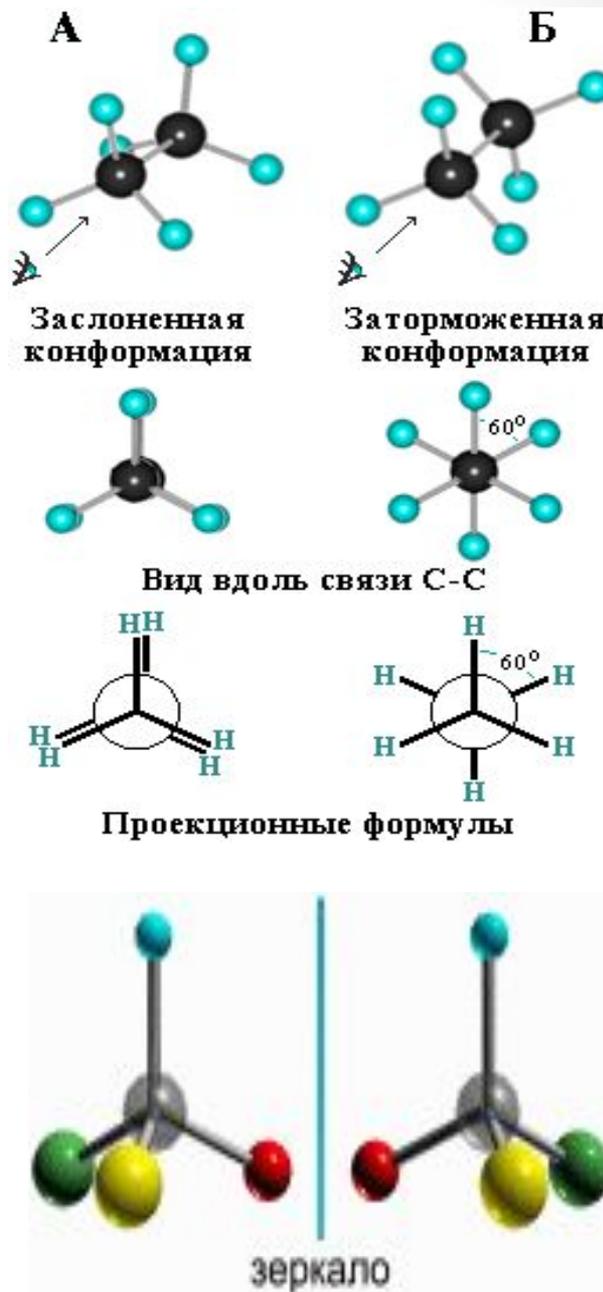
у декана – 75.



2-метилпропан

Пространственная изомерия

- Алканы, начиная с этана $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$, существуют в различных пространственных формах (конформациях), обусловленных внутримолекулярным вращением по σ -связям $\text{C}-\text{C}$, и проявляют так называемую **поворотную (конформационную) изомерию**.
- Кроме того, при наличии в молекуле атома углерода, связанного с 4-мя различными заместителями, возможен еще один вид пространственной изомерии, когда два стереоизомера относятся друг к другу как предмет и его зеркальное изображение (подобно тому, как левая рука относится к правой). Такие различия в строении молекул называют **оптической изомерией**.



Физические свойства

$\text{C}_1\text{H}_4 \dots \text{C}_4\text{H}_{10}$ – газы

Т кипения:

$-161,6 \dots -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\text{C}_5\text{H}_{12} \dots \text{C}_{15}\text{H}_{32}$ –

жидкости

Т кипения:

$36,1 \dots 270,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\text{C}_{16}\text{H}_{34} \dots$ и

далее – твёрдые

вещества

Т кипения:

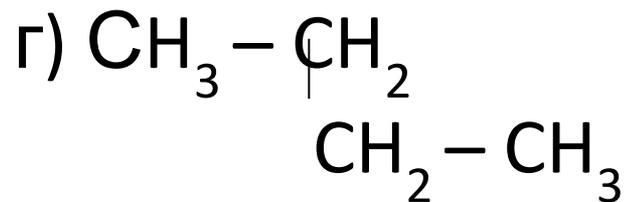
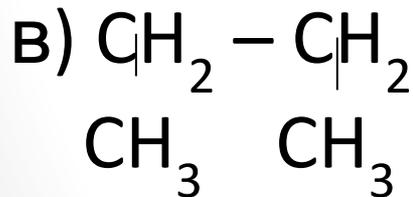
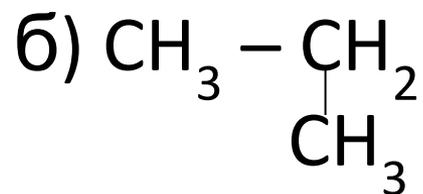
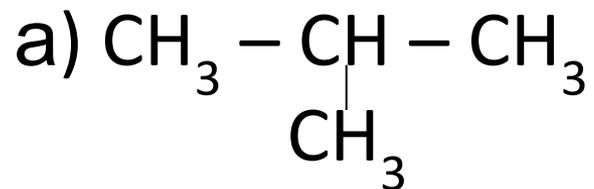
$287,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

С увеличением относительных молекулярных масс предельных углеводородов закономерно повышаются их температуры кипения и плавления.

Все алканы бесцветные вещества, легче воды, в ней не растворимы, однако растворимы в неполярных растворителях (например, в бензоле) и сами являются хорошими растворителями.

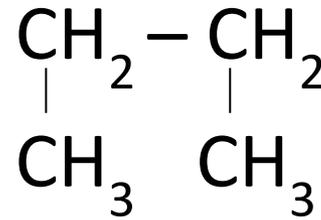
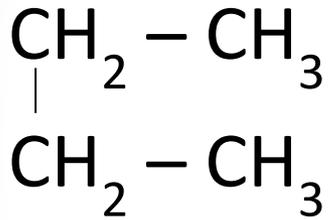
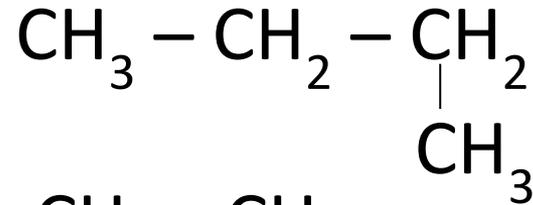
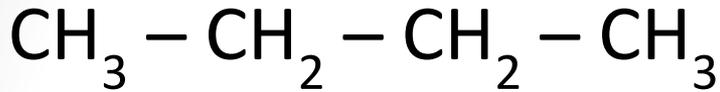
Контрольные вопросы

2. Найдите формулу гомолога *n*-бутана:



Контрольные вопросы

1. Сколько углеводородов изображено формулами?



а) Один

б) Два

в) Три

г) Четыре

3. Вставьте в текст пропущенные термины и символы.

Алканами называются углеводороды, в молекулах которых все атомы связаны...связями. Их общая формула.... Все атомы углерода в алканах находятся в состоянии... – гибридизации. Оси гибридных орбиталей направлены по вершинам правильного..., угол между ними составляет.... Относительно одинарных С – С связей...свободное вращение.

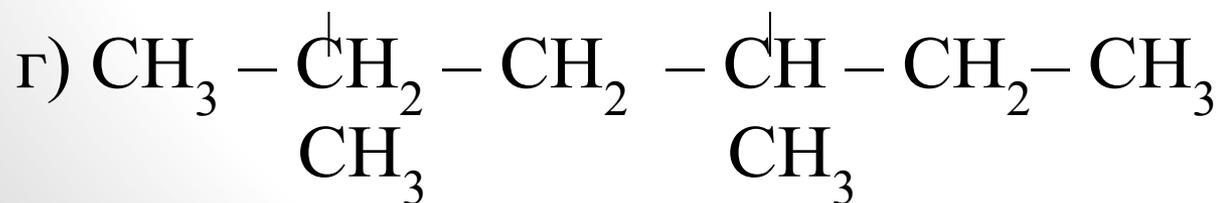
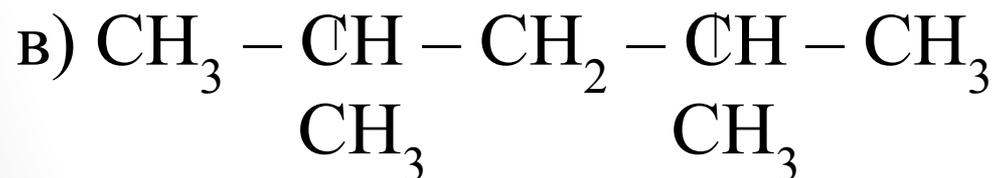
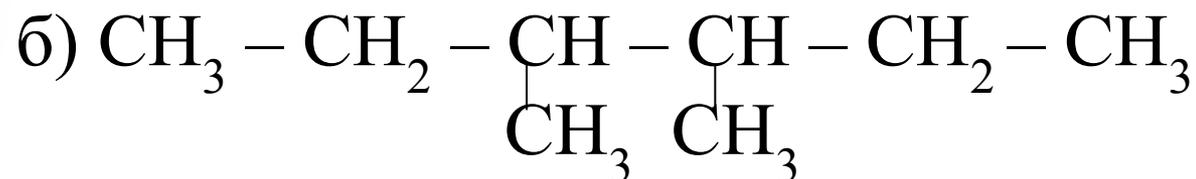
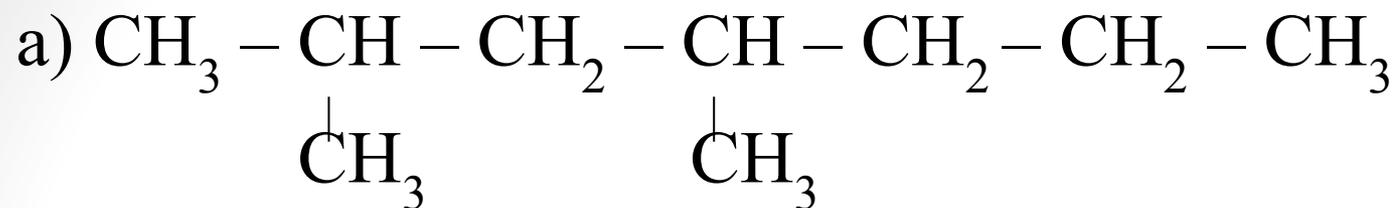
4. Исключите лишнее вещество:

а) C_3H_8 , б) C_6H_{12} , в) C_4H_{10} , г) CH_4 .

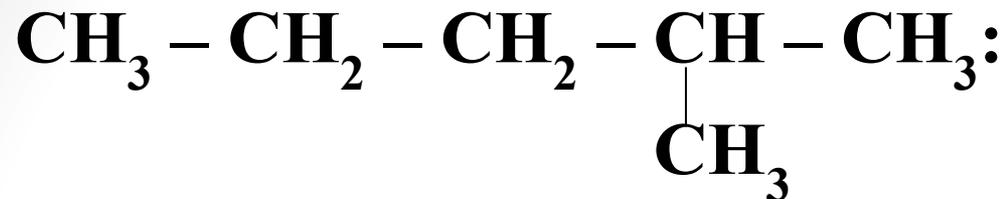
Для алканов характерна изомерия:

- а) углеводородного скелета, б) положение кратной связи,
- в) положение функциональной группы,
- г) геометрическая.

6. Формула 2, 4-диметилгексана:



7. Название углеводорода с формулой



- а) 4-метилпентан, б) 2-метилпропан,
в) 3-метилпентан, г) 2-метилпентан.

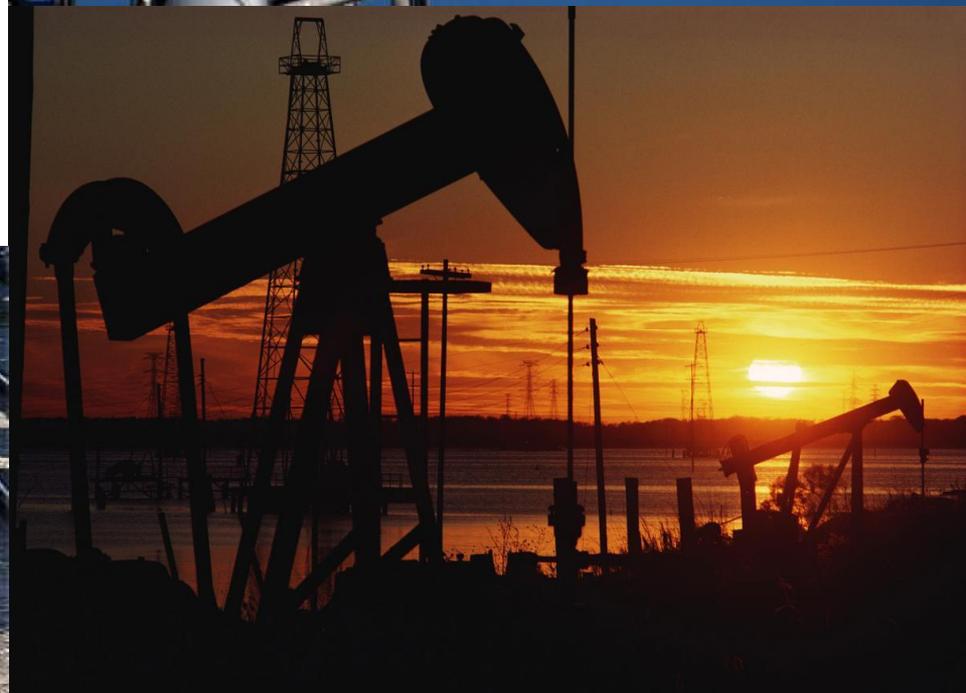
8. Углеводороды с формулами C_6H_{12} и C_6H_{14} являются:

- а) изомерами,
б) гомологами,
в) верного ответа в перечисленных нет.



Получение алканов

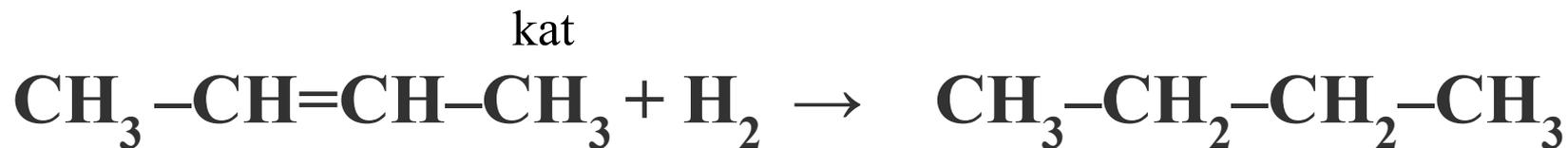
- Алканы выделяют из природных источников (природный и попутный газы, нефть, каменный уголь).



Получение лабораторный способ

1. Без изменения углеродного скелета.

а) гидрирование непредельных или циклических углеводородов в присутствии катализаторов (платины, палладия, никеля).



Получение

2.С увеличением углеродного скелета.

б) Реакция Вюрца, заключающаяся в действии металлического натрия на моногалогенопроизводные углеводородов.



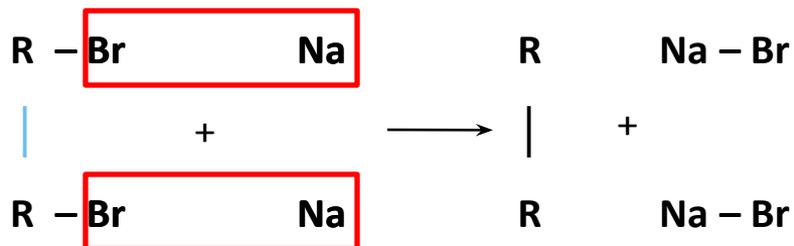
Если в реакцию вступают разные галогенпроизводные алканов, то в результате реакции получается смесь органических веществ.

Механизм реакции Вюрца

б) взаимодействие галогеналканов с активными металлами (реакция А. Вюрца):

происходит димеризация углеродной цепи исходного галогеналкана с образованием

алкана с четным числом атомов углерода в цепи:



Если в реакции участвуют разные галогеналканы, то образуется смесь алканов:



бромметан

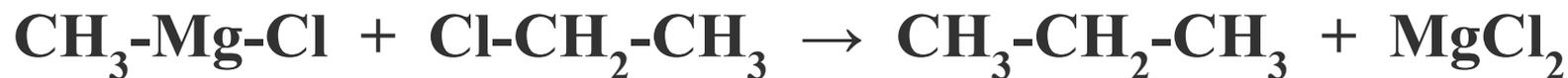
бромэтан

этан

пропан

бутан

в) Реакция Вюрца – Гриньяра



г) Электролиз по Кольбе



3.С уменьшением углеродной цепи

д) реакция декарбоксилирования (р. Дюма)

В лабораторной практике алканы получают при сплавлении солей карбоновых кислот со щелочами.



Е) Крекинг нефти (промышленный способ)

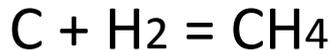


Получение метана

- 1. Метан можно получить гидролизом карбида алюминия.



- 2. Газификация твердого топлива (при повышенной температуре и давлении, катализатор Ni):



- 3. В промышленности из синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) получают смесь алканов:



Запомните!

Алканы получают:

- 1. Крекингом нефти;**
- 2. Из природного и попутного газа;**
- 3. Из солей карбоновых кислот (реакция Дюма);**
- 4. Из галогеналканов (синтезы Вюрца);**
- 5. Электролизом по Кольбе.**



9. Метан в промышленности получают главным образом:

- а) из реакции Вюрца, б) из природного газа,
в) коксованием каменного угля, г) гидролизом карбида алюминия.

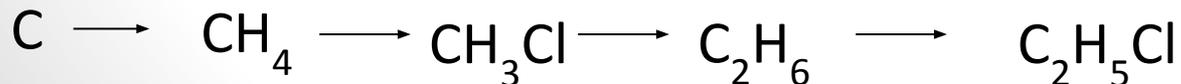
10. Для алканов характерны реакции:

- а) присоединение, б) замещение, в) полимеризации

11. Какая из реакций алканов протекает при облучении смеси исходных веществ светом?

- а) крекинг, б) дегидрирование, в) хлорирование,
г) горение.

12. Составьте уравнение реакции, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



Химические свойства

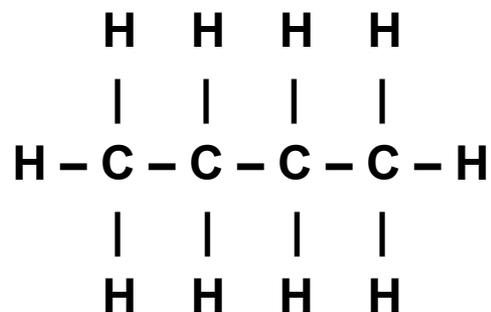
Предельные углеводороды в обычных условиях не взаимодействуют ни с концентрированными кислотами, ни со щелочами, ни даже с таким активным реагентом как перманганат калия.

Для них свойственны реакции замещения водородных атомов и расщепления.

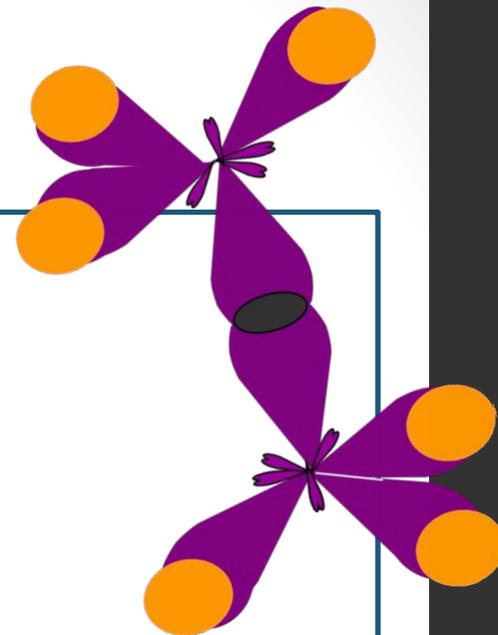
Эти реакции вследствие прочности связей С–С и С–Н

протекают или при нагревании, или на свету, или с применением катализаторов.

Химические свойства



- I. Реакции присоединения -
- II. Реакции замещения +
- III. Реакции элиминирования (отщепления) +
- IV. Реакции изомеризации +
- V. Реакции окисления +



Химические свойства алканов

Радикальное замещение

1. Галогенирование
2. Нитрование
3. сульфирование

отщипление

1. Дегидрирование
2. Ароматизация

окисление

1. Горение
2. Каталитическое окисление

Разрушение цепи

1. Пиролиз
2. Крекинг
3. изомеризация

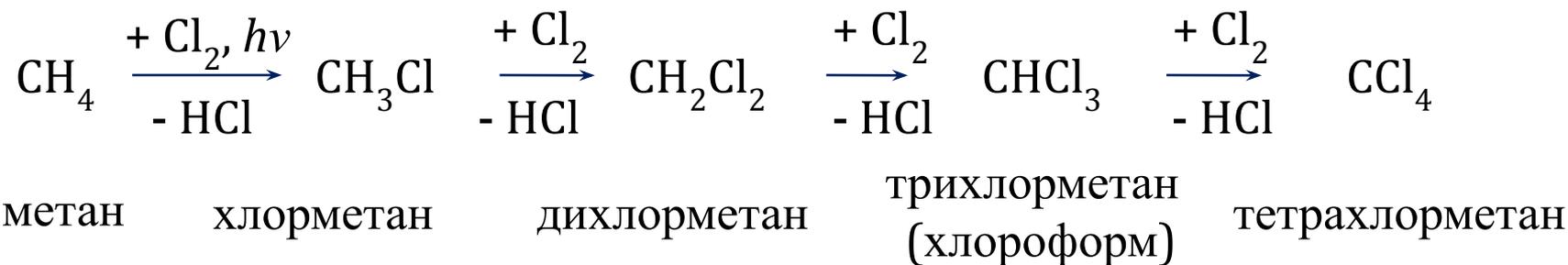
I. Реакции замещения (по свободнорадикальному механизму) разрыв связей С – Н и замещение атомов водорода

1. Галогенирование



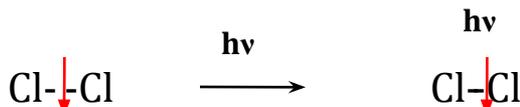
Алканы очень активно реагируют с фтором; хлорирование протекает под действием **света**.

Низшие алканы (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8) можно прохлорировать полностью.

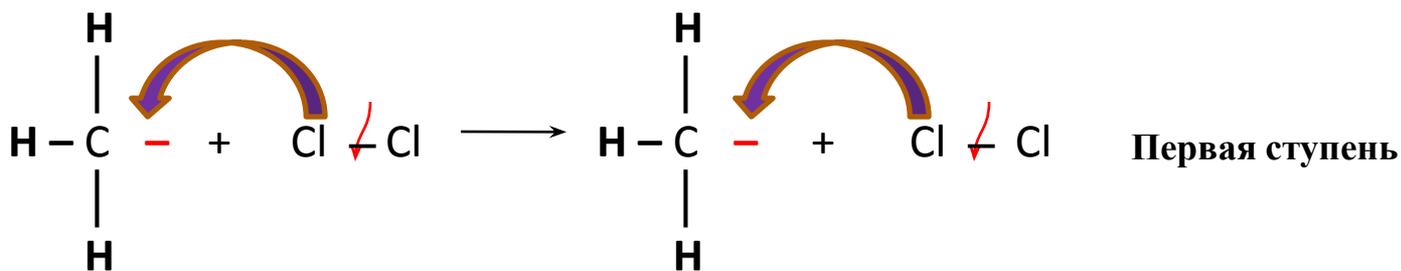
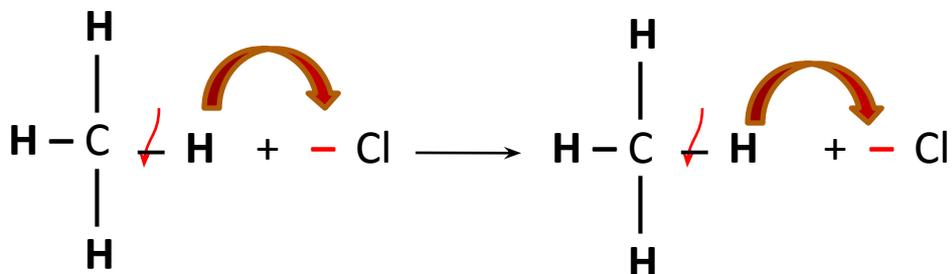


Механизм (реакция осуществляется в три стадии)

Первая стадия - инициирование



Вторая стадия - развитие цепи (для метана - в четыре ступени)

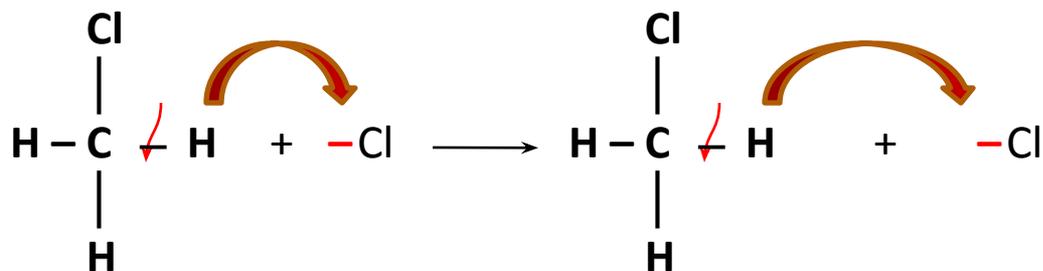


хлорметан

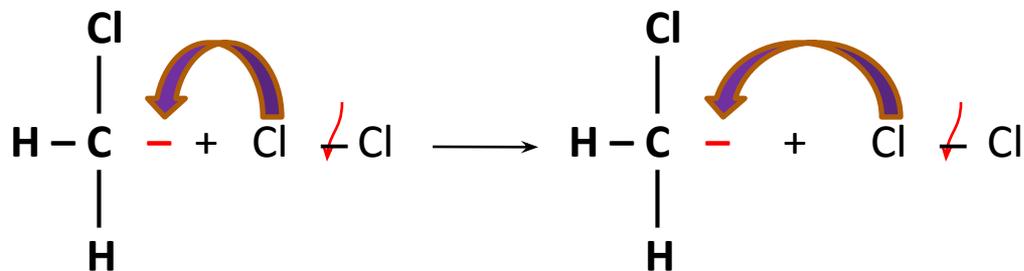
Первая ступень

Механизм

Каждый последующий атом водорода в молекуле алкана замещается легче, чем предыдущий



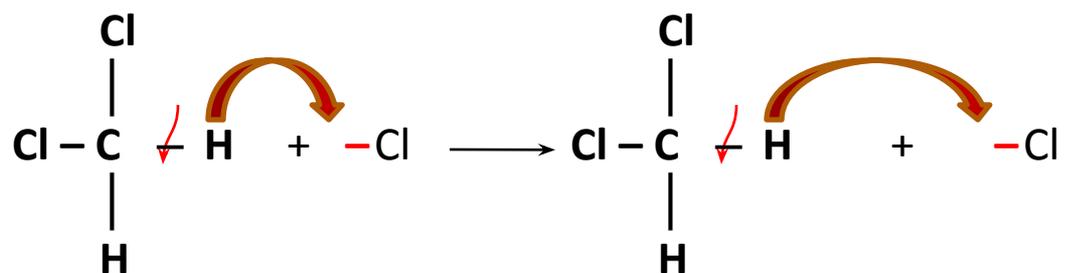
хлорметан



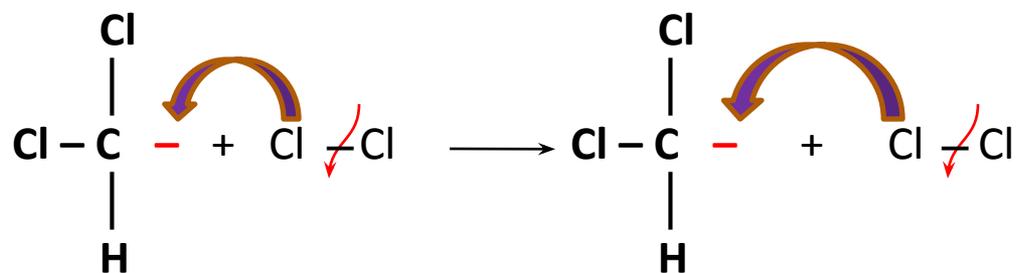
дихлорметан

Вторая ступень

Механизм



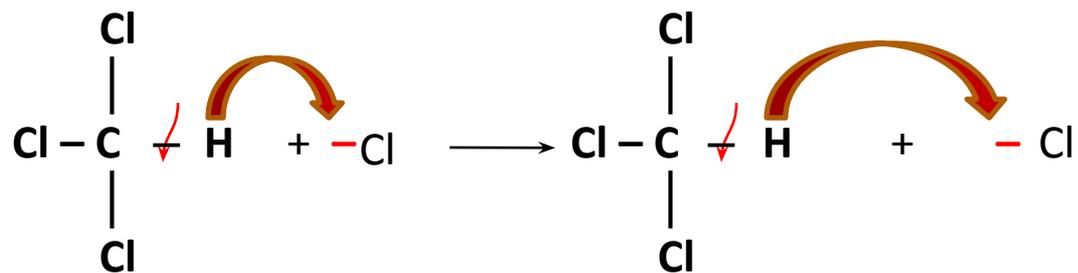
дихлорметан



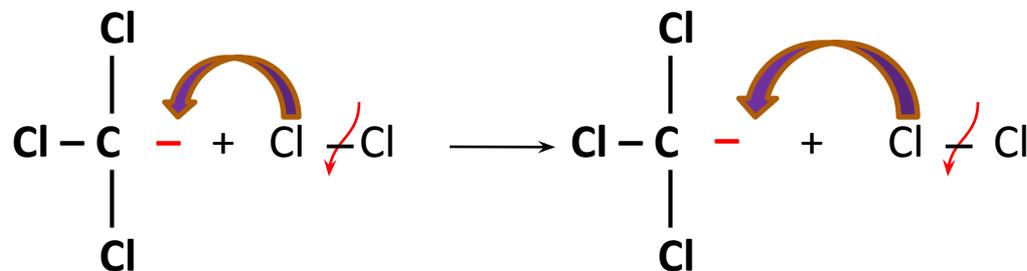
трихлорметан
(хлороформ)

Третья ступень

Механизм



трихлорметан

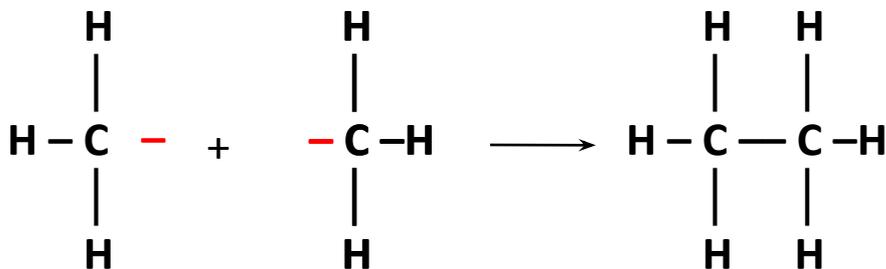
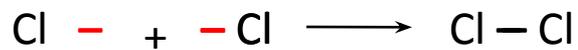


тетрахлорметан

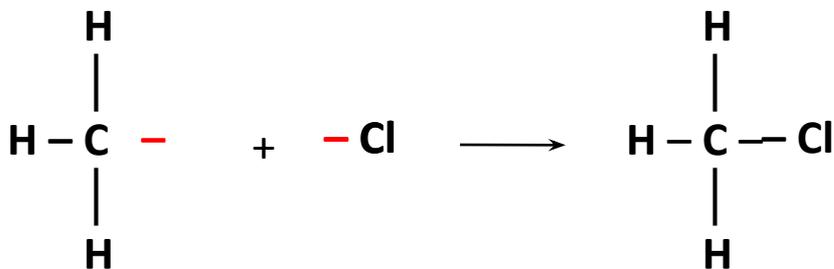
Четвертая ступень

Механизм

Третья стадия – обрыв цепи



этан



хлорметан

Реакции замещения

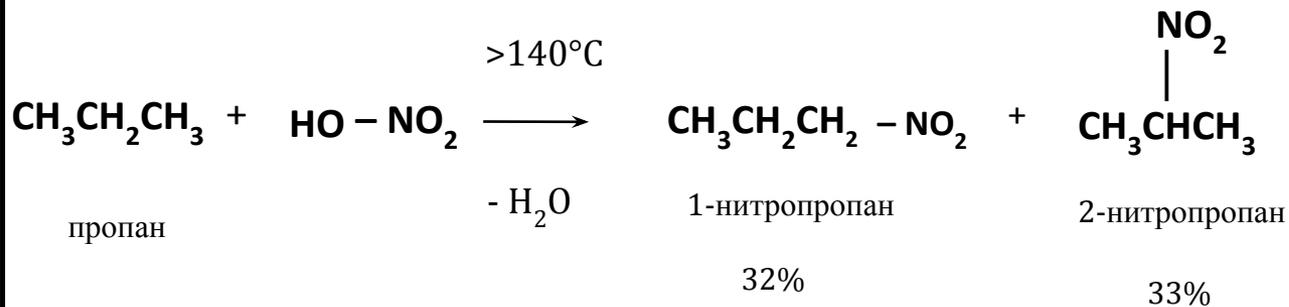
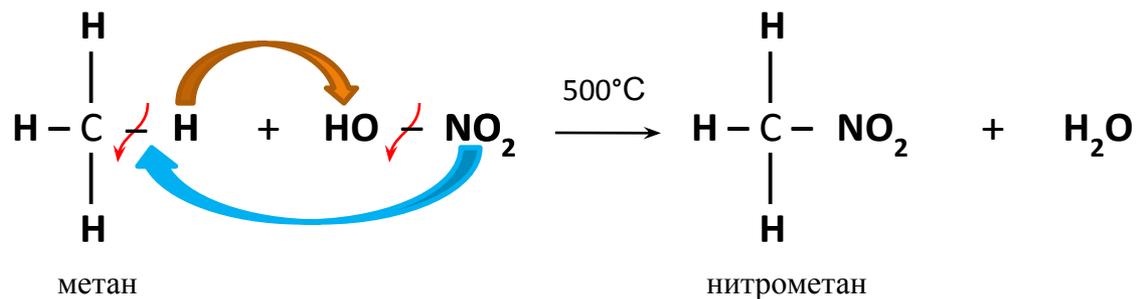
(по свободнорадикальному механизму)

2. Нитрование

а) В газовой фазе при 400-500°C

(образуется смесь изомерных нитроалканов, а также

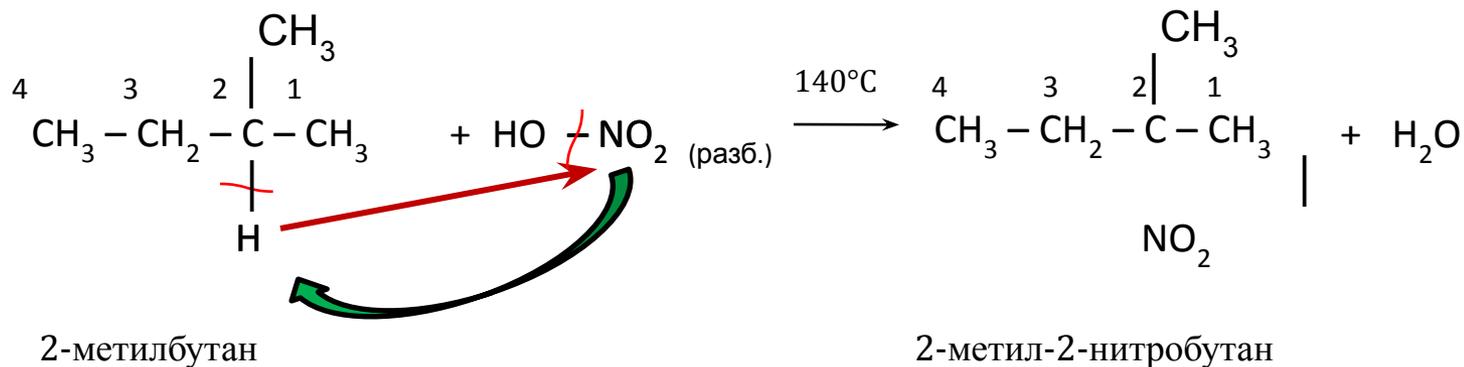
нитроалканы с меньшим числом атомов углерода в результате разрыва связей C - C):



Реакции замещения

(по свободнорадикальному механизму)

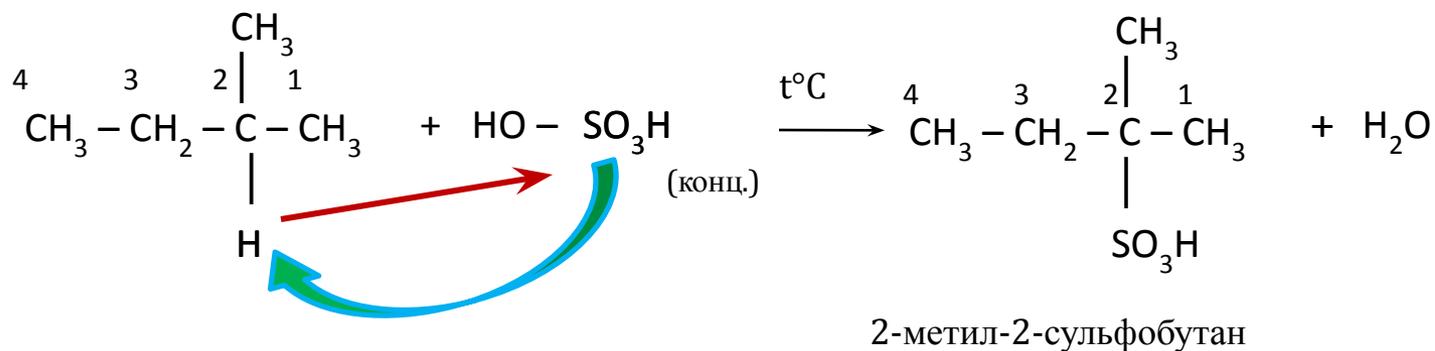
б) Реакция Коновалова М. И.: взаимодействие с разбавленной азотной кислотой при 140°C и при повышенном или нормальном давлении – образуется смесь изомерных нитросоединений (легче всего замещаются атомы водорода у третичного атома углерода, труднее – у вторичного, наиболее трудно – у первичного).



Реакции замещения

(по свободнорадикальному механизму)

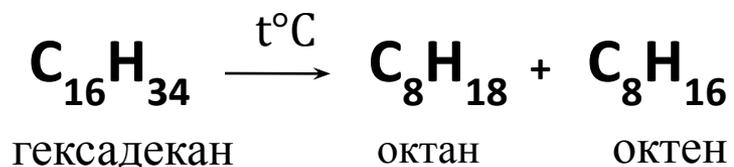
3. Сульфирование



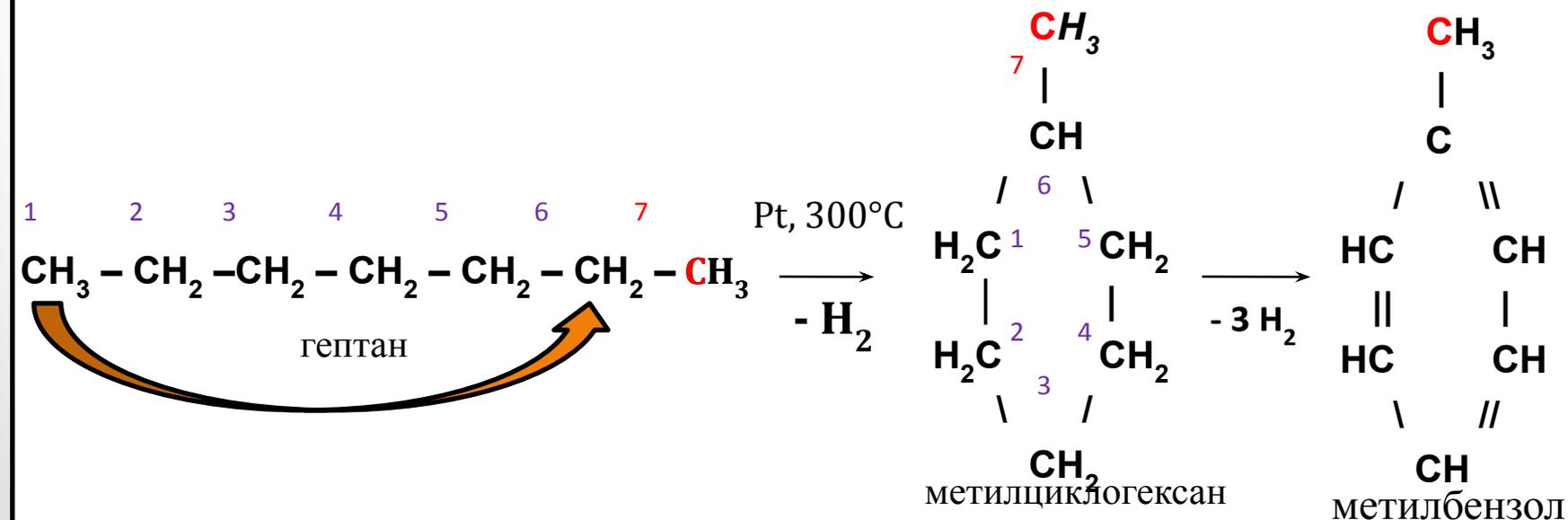
2-метилбутан

II. Реакции отщепления (элиминирования)

2. Крекинг



3. Дегидроциклизация ароматизация



III. Реакции окисления

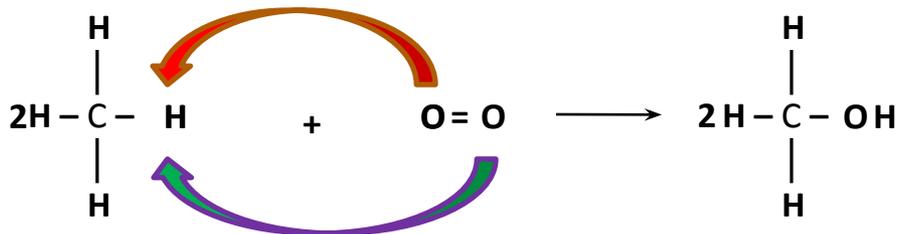
1. Горение



2. При обычных условиях устойчивы к действию окислителей
(KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

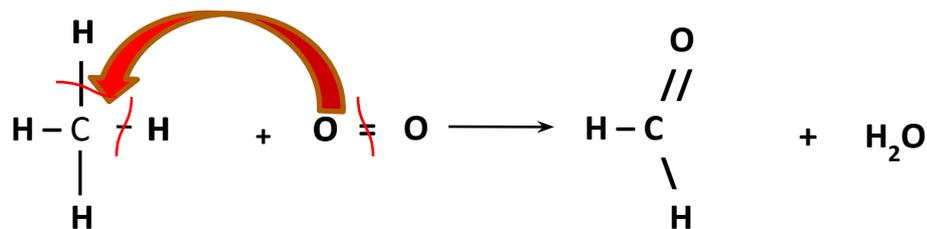
III. Реакции окисления

3. Окисление кислородом воздуха



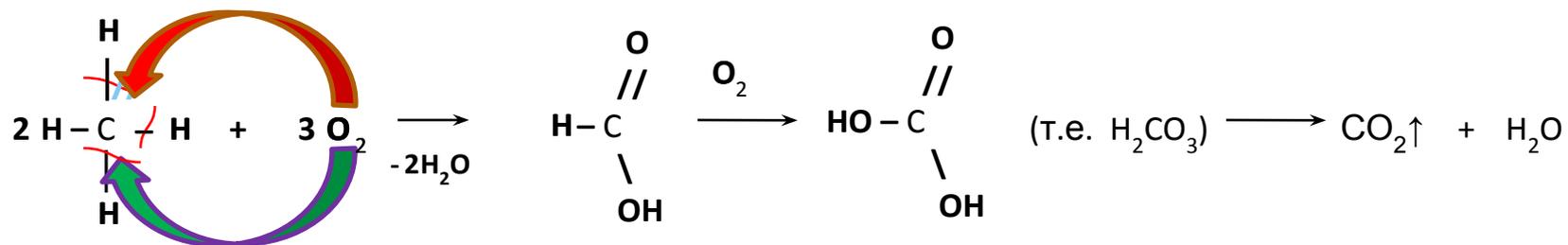
метан

метанол



метан

метаналь



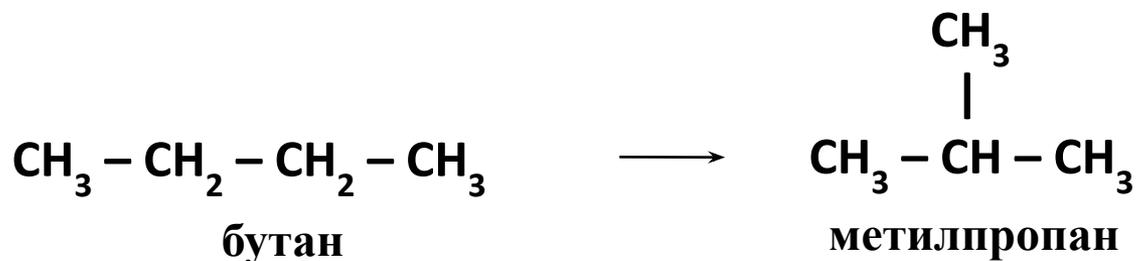
метан

метановая кислота
(муравьиная кислота)

угольная кислота

IV. Реакции изомеризации

Под влиянием катализаторов при нагревании углеводороды нормального строения подвергаются изомеризации – перестройке углеродного скелета с образованием алканов разветвленного строения.



V. Образование синтез-газа



Запомните!

- Для алканов характерны реакции замещения атомов водорода на другие атомы или группы атомов.
- В этих реакциях водород никогда не выделяется, а образуется галогеноводород.
- Замещение у алканов идет в первую очередь по менее гидрогенизированному атому углерода.



Применение метана



Применение гомологов метана



Применение алканов

1-3 – производство сажи

(1 – картриджи;

2 – резина;

3 –

типографическая краска)

4-7 – получение органических веществ

(4 –

растворителей;

5 – хладогенов,

используемых в холодильных установках;

6 – метанол;



Смертельный враг шахтера

- С незапамятных времен горняки научились отслеживать своего врага. Сто лет назад они брали под землю клетку с канарейкой, и пока слышалось пение птицы можно было работать спокойно: в шахте нет гремучего газа. Если же канарейка замолкала на долгое время, а еще хуже — навсегда, значит — рядом смерть.
- В наши дни канарейку заменили головные светильники, совмещенные с метаноискателями.



Во льдах Антарктиды скрыт метан

Под толщей льда Антарктиды находится несколько миллиардов тонн метана, который при глобальном потеплении может высвободиться и погубить все живое на Земле.

Колоссальные запасы были созданы микроорганизмами, которые питаются древних деревьев.



Метан, согласно расчетам специалистов, находится на глубине более 3 км, поэтому бурить лед для проверки теории оказалось дорогостоящей затеей. Вместо этого ученые отпилили небольшие части с краев ледника, в которых были обнаружены способные к выработке метана микробы. После этого микроорганизмы на два года были помещены в холодную среду без света и кислорода.

Палеоклиматологи установили, что причиной триасово-юрского вымирания, произошедшего 200 миллионов лет назад, мог стать колоссальный выброс метана в атмосферу.

Считается, что причиной вымирания стало резкое изменение климата. В качестве основной причины этого изменения называются выбросы углекислого газа в атмосферу, связанные с высокой вулканической активностью. Новые результаты показывают, что причина была не в углекислом газе, а в метане, который хранился в виде гидратов в вечной мерзлоте и на дне океанов.

В результате ученые установили, что в изучаемый период в атмосферу было выброшено около 12 триллионов тонн метана. При этом парниковый эффект от этого газа в десятки раз сильнее эффекта от CO₂.



Во время ялтинского землетрясения 11 сентября 1927 года загорелось Черное море... Очевидцы трагедии рассказывают, что огонь простирался на десятки километров в море. По стечению обстоятельств во время землетрясения была гроза, молнии били в море, поджигая поднятый землетрясением к поверхности метан (им очень богато дно Черного моря) и из воды вырывались огромные языки пламени в сотни метров высотой, даже вдали от моря ощущался сильный запах тухлых яиц (запах сероводорода) и на морском горизонте слышались громовые

зарницы,
уходящие
горящими
столбами
в небеса.



Выбросы метана

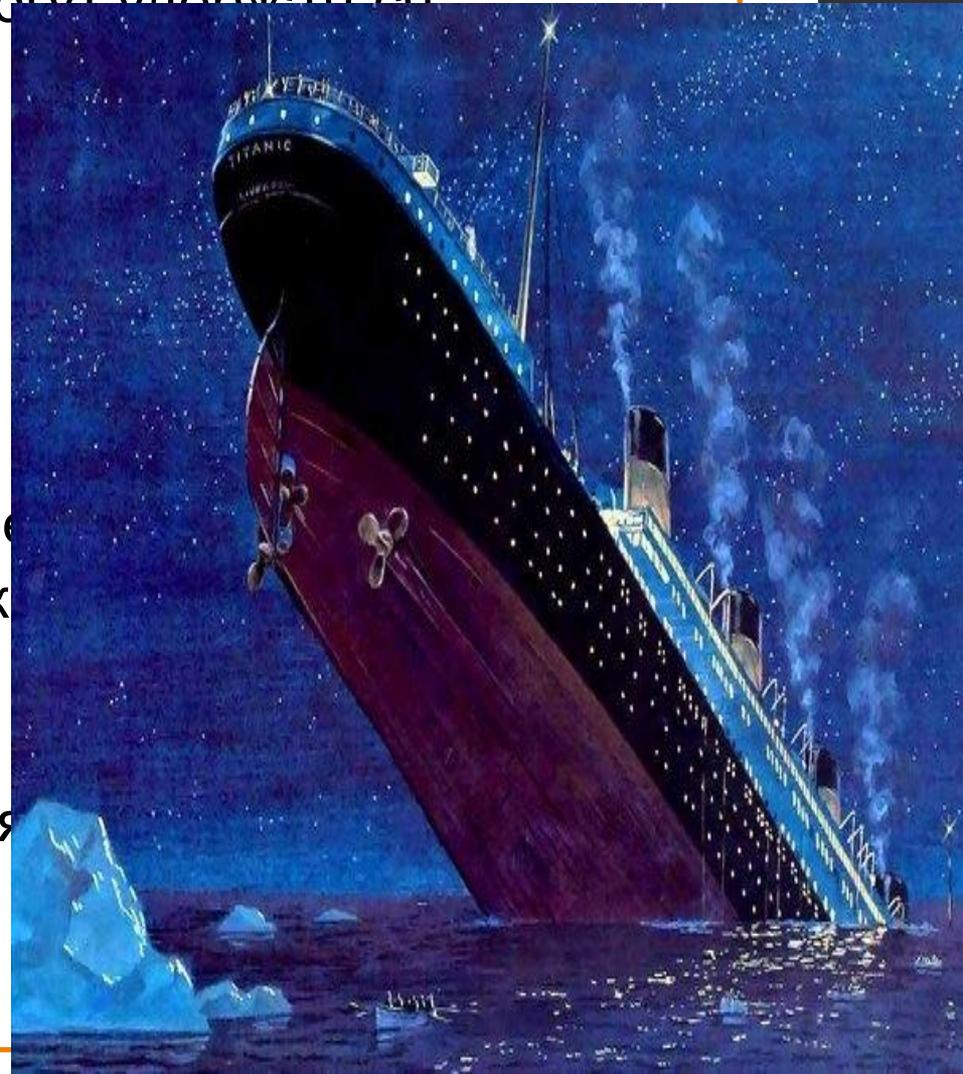
Образование в воде огромных пузырей, насыщенных метаном, является следствием распада гидрата метана на морском дне. Плотность внутри образовавшегося пузыря настолько мала, что корабли не могут удержаться

на поверхности и, попадая в эту область, тонут мгновенно.

Гибель самолётов объясняют следующим образом.

Плотность воздуха в столбе поднявшегося в воздух метана столь низка, что происходит резкое снижение подъёмной силы, а также считается, что метан способен привести в остановке двигателя.

Резкие выбросы метана происходят в момент раскрытия разлома в земной коре.



Кенгуру самые экологичные животные

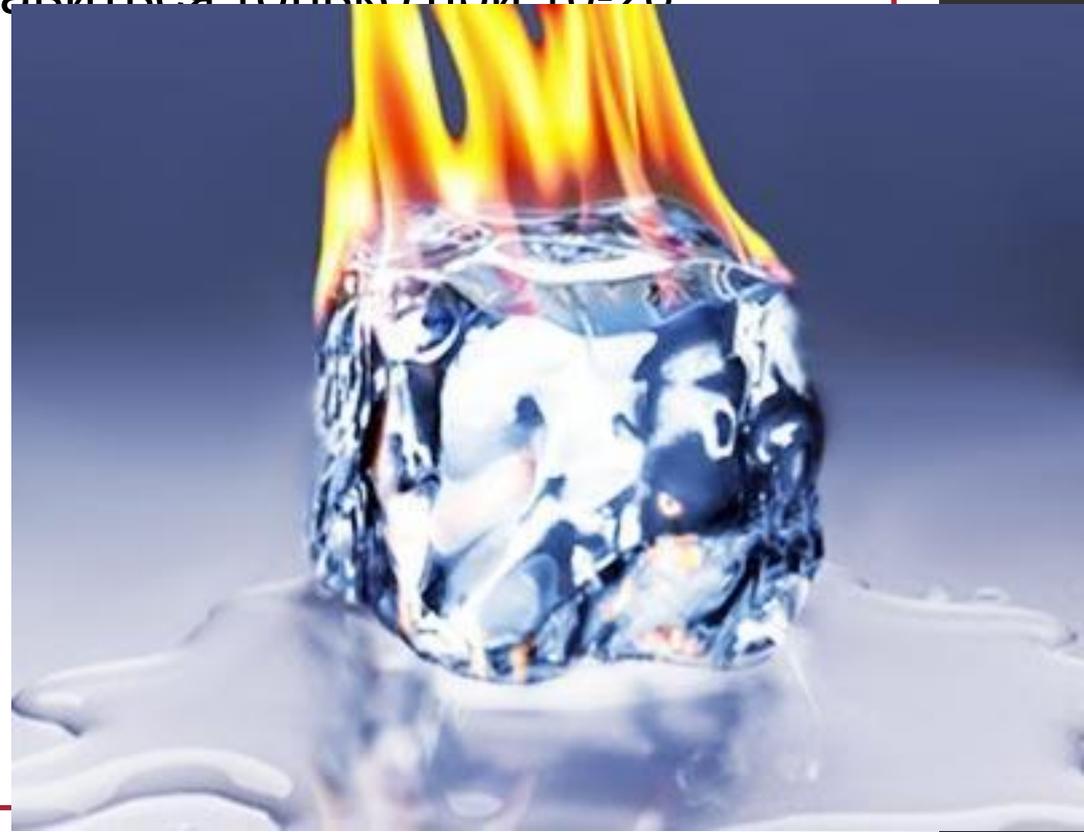
Австралийские учёные четыре года исследовали эту особенность кенгуру: их кишечные газы, в отличие от абсолютного большинства других животных, не содержат метана. Метан, который вырабатывает их организм, пищеварительная система кенгуру отправляет на вторичную переработку.

Метан в земной атмосфере — это серьёзная проблема. Он является сильным парниковым газом, одна тонна этого газа в атмосфере равна двадцати пяти тоннам углекислого газа, так что метан — один из главных виновников парникового эффекта. Коровы в Австралии выделяют столько метана, что считаются вторым после электростанций источником загрязнения окружающей среды.

Кенгуру заставили учёных по-новому взглянуть на проблему: раз уж избавиться ото всех коров на Земле мы не можем, то, по крайней мере, можем попробовать заставить их быть более экологичными. Сейчас идёт работа над созданием добавки в коровий корм с содержанием элементов микрофлоры кенгуру



- **Газогидрат** – это лед с высоким содержанием газа. Эти соединения образуются при низкой температуре и высоком давлении в условиях, которые чаще всего возникают в морях на глубинах свыше 400 м. Они существуют только благодаря низкой температуре и огромному давлению, «разрушить» их на месте залегания весьма нелегко. Даже при нормальном атмосферном давлении они начинают плавиться только при 10-20 градусах.



Япония нашла источник энергетической независимости

- Японское агентство природных ресурсов и энергии сообщило, что государственная Корпорация нефти, газа и металлов (JOGMEC) смогла добыть газ из гидрата метана, залегающего на дне океана. Существующие на сегодня технологии позволяют добывать газ из газогидратов, залегающих на суше, но они требуют больших энергозатрат и часто нерентабельны.
- По имеющейся информации, промышленная разработка газогидратных залежей может начаться в 2018 году. Ученые считают, что запасы этого вида сырья в Японии составляют около 7 трлн куб. м.

Смертельный враг шахтера

Метан, или "гремучий газ", природный газ без цвета и без запаха, считается смертельным врагом шахтера так как значительные его массы содержатся в

каменноугольных копях, где происходит разложение органических остатков. В шахтах он скапливается в пустотах среди пород.

Когда еще не было электричества, виноват был обычно открытый огонь — масляные лампы, свечи, факелы. Но бывало и так, что и без взрывов из шахт выносили мертвых горняков, отравившихся рудничным газом.



Признаки отравления метаном

- Как правило, при отравлении метаном возникает ощущение тяжести в голове, человек испытывает головокружение, наблюдается шум в ушах. Также симптомами отравления газом являются рвота, покраснение кожи, резкая мышечная слабость, частое сердцебиение, сонливость.
- При тяжелом отравлении — потеря сознания, побледнение или посинение кожи, поверхностное дыхание, судороги.
- **Первая помощь при отравлении**
- 1. Пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух.
- 2. Расстегнуть на пострадавшем одежду, восстановить проходимость дыхательных путей, следя за тем, чтобы не западал язык.
- 3. Уложить пострадавшего (ноги должны быть выше тела). Приложить холодный компресс к голове.
- 4. Растереть тело и грудь, укрыть потеплее и дать понюхать нашатырный спирт. Если началась рвота, пострадавшего необходимо перевернуть на бок.
- 5. При остановке или замедлении дыхания (до 8 вдохов в минуту) нужно начинать делать искусственную вентиляцию легких. Вдох необходимо делать через мокрую марлевую повязку (носовой платок), а при выдохе пострадавшего отклонять в сторону, чтобы не отравиться самому.

Проверка знаний

- 1. Какие углеводороды относят к алканам?**
- 2. Запишите формулы возможных изомеров гексана и назовите их по систематической номенклатуре.**
- 3. Напишите формулы возможных продуктов крекинга октана**
- 4. В каком объёмном соотношении смесь метана с воздухом становится взрывоопасной?**
- 5. Каковы природные источники получения алканов?**
- 6. Назовите области применения алканов**

Используемая литература

1. «Репетитор по химии (издание 15-ое)», под редакцией Егорова А. С., Феникс – Ростов-на-Дону, 2006
2. Габриелян О. С., Маскаев Ф. Н., Пономарев С. Ю., Теренин В. И. «Химия 10 класс: профильный уровень». (Учебник для общеобразовательных учреждений), Дрофа – Москва, 2005
3. Рудзитис Г. Е., Фельдман Ф. Г. «Химия 10: органическая химия (Учебник для 10 класса средней школы)», Просвещение – Москва, 1991
4. Перекалин В. В., Зонис С. А. «Органическая химия (учебное пособие для студентов педагогических институтов по химическим и биологическим специальностям)», Просвещение – Москва, 1982
5. «Органическая химия. Том1 (Основной курс)» под редакцией Н. А. Тюкавкиной (учебник для студентов вузов по специальности «Фармация»), Дрофа – Москва, 2004