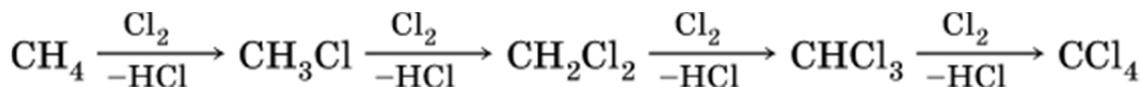


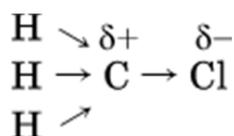
При обычных условиях первые алканы – метан, этан, пропан и бутан (C₁–C₄) – представляют собой газы без цвета и запаха, малорастворимые в воде. Последующие гомологи (C₅–C₁₅) – жидкости (при 20 °C), высшие гомологи (C₁₆ и выше) – твердые вещества.

В алканах атомные орбитали углерода имеют sp³-гибридизацию; четыре электронных облака атома углерода направлены в вершины тетраэдра под углами 109,5°. Ковалентные связи, образуемые каждым атомом углерода, в алканах малополярны.

Поэтому алканы – сравнительно инертные вещества, вступают только в реакции замещения, протекающие с симметричным (радикальным) разрывом связей C – H. Эти реакции обычно идут в жестких условиях (высокая температура, освещение). В результате становится возможным замещение водорода на галоген (Cl, Br) и нитрогруппу (NO₂), например, при обработке метана хлором:

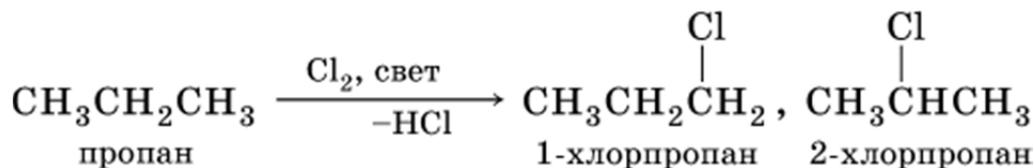


Вторая и последующие стадии реакции протекают легче, чем первая, из-за смещения электронной плотности к атому хлора:

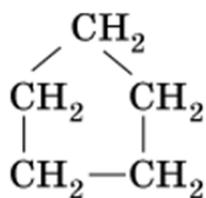


и увеличения подвижности остающихся атомов водорода. Названия продуктов: CH₃Cl – хлорметан, CH₂Cl₂ – дихлорметан, CHCl₃ – трихлорметан (*хлороформ*), CCl₄ – тетрахлорметан (тетрахлорид углерода).

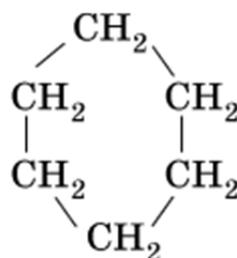
В тех алканах, где кроме первичных есть также вторичные и третичные атомы углерода, замещение обычно протекает с образованием смеси однозамещенных продуктов (т. е. в каждой молекуле замещается один атом водорода), например:



Циклоалканы – предельные углеводороды циклического строения, общая формула гомологического ряда C_nH_{2n} (n ≥ 3), формула совпадает с таковой для алкенов. Важнейшие циклоалканы:

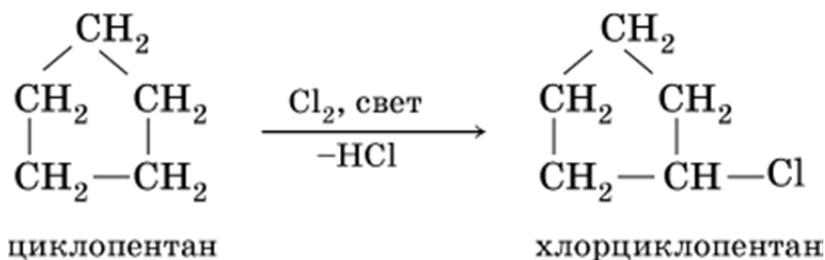


циклопентан
C₅H₁₀



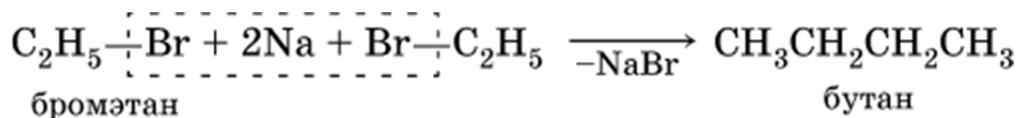
циклогексан
C₆H₁₂

При комнатной температуре C₅H₁₀ и C₆H₁₂ – бесцветные жидкости, малорастворимые в воде. Химические свойства циклоалканов подобны свойствам алканов, например:

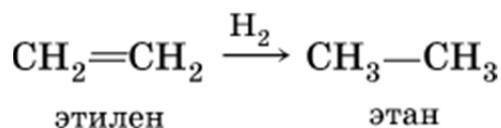


Получение: источниками алканов и циклоалканов в **промышленности** служат нефть, природный газ, каменный уголь. В **лаборатории** применяют такие способы синтеза алканов:

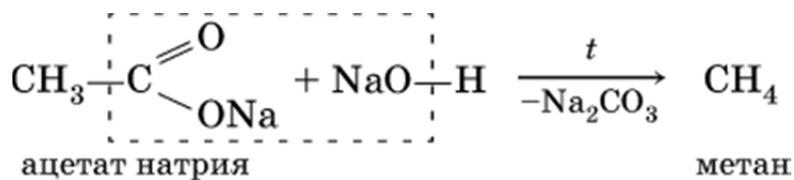
1) *реакция Вюрца* – действие натрия на галогенпроизводные углеводородов:



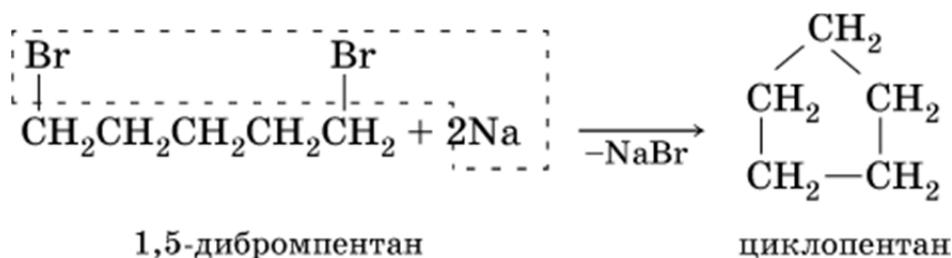
2) каталитическое гидрирование этиленовых углеводородов (катализаторы Pt, Pd, Ni):



3) сплавление солей карбоновых кислот с гидроксидом натрия:



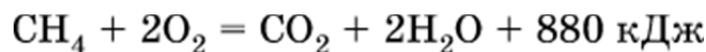
Циклоалканы синтезируют из дигалогенпроизводных алканов:



Алканы широко используются как исходное сырье в химической промышленности,

моторное топливо (бензин, керосин и др.); циклоалканы применяются в органическом синтезе.

При горении метана выделяется много теплоты:



Поэтому его (в виде природного газа) применяют в качестве топлива в быту и в промышленности.

9.2. Алкены. Алкадиены

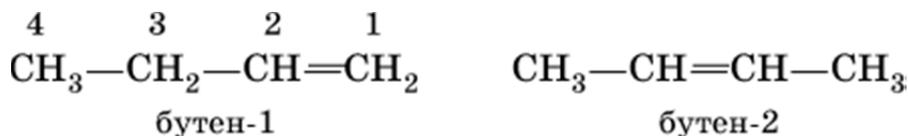
Алкены (*олефины*) – это углеводороды, в молекулах которых содержатся атомы углерода, соединенные между собой **двойной** связью (*непредельные углеводороды ряда этилена*). Простейший представитель – *этилен* C_2H_4 , общая формула гомологического ряда этиленовых углеводородов C_nH_{2n} (при $n \geq 2$).

Систематические *названия* олефинов производятся от корней названий алканов с заменой суффикса – **ан** → – **ен**:



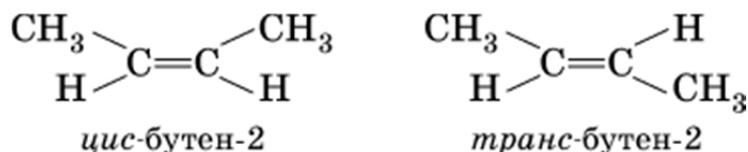
Сохраняются также традиционные названия с заменой суффикса – **ан** на – **илен**: C_2H_4 – этилен, C_3H_6 – пропилен, C_4H_8 – бутилен; использование названия *амилен* для алкена C_5H_{10} не рекомендуется.

Положение двойной связи $\text{C}=\text{C}$ в изомерах строения (начиная с алкена C_4) указывается цифрой **после** названия:



Радикал этилена – этенил $\text{CH}_2=\text{CH}$ – обычно называют *винил*, пропена – пропенил $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$ – именуют *аллил*.

Другой вид изомерии в непредельных углеводородах, помимо структурной изомерии, осуществляется потому, что атомы углерода, образующие двойную связь, находятся в sp^2 -гибридном состоянии; σ -составляющая двойной связи $\text{C}=\text{C}$ и σ -связи $\text{C}-\text{H}$ лежат в одной плоскости под углом 120° друг к другу, а π -составляющая двойной связи $\text{C}=\text{C}$ представляет собой электронное облако, вытянутое в направлении, перпендикулярном плоскости σ -связей. Следствием такого строения алкенов является возможность *геометрической изомерии* (или *цис-транс-изомерии*) в зависимости от положения заместителей (атомов или радикалов):

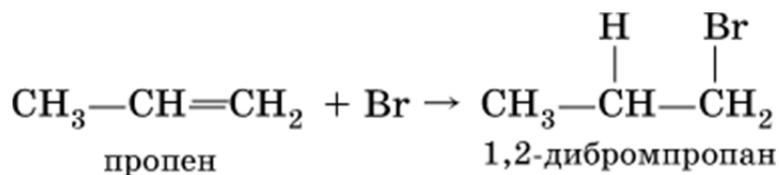


(*цис* – от лат. «рядом, по одну сторону», *транс* – от лат. «напротив, по разные стороны»).

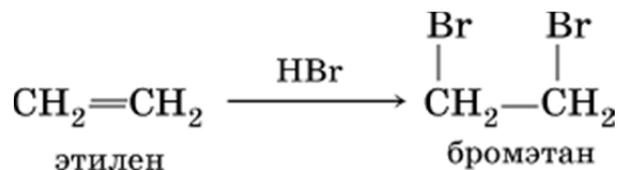
Алкены C_2-C_4 при комнатной температуре – бесцветные газы со слабым запахом нефти, малорастворимые в воде; алкены C_5-C_{18} – жидкости, алкены C_{19} и выше – твердые вещества.

Важнейшие химические свойства алкенов определяются тем, что в силу меньшей прочности π -связи (по сравнению с σ -связью) она легко разрывается, в результате чего протекают реакции **присоединения** и образуются насыщенные органические соединения. Как

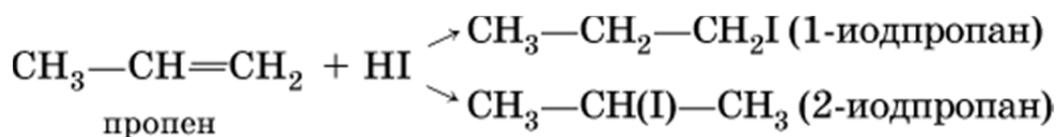
правило, такие реакции идут в мягких условиях, часто на холоду и в растворителях, например воде, тетрахлорметане CCl_4 и др.:



Аналогично протекает взаимодействие алкенов с бромоводородом:



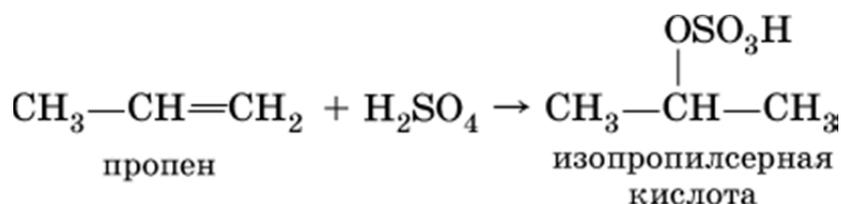
Присоединение галогеноводородов к **несимметричным** алкенам теоретически может привести к **двум** продуктам:



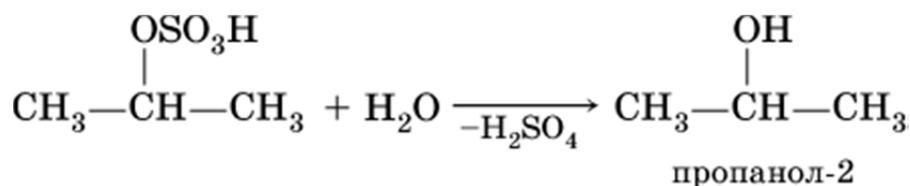
Согласно *правилу Марковникова*, присоединение галогеноводородов к **несимметричным** алкенам протекает так, что водород направляется к атому углерода, который уже содержит большее число атомов водорода. В приведенной выше реакции продуктом будет 2-йодпропан $\text{CH}_3\text{CH}(\text{I})\text{CH}_3$.

По правилу Марковникова протекает и *реакция гидратации*, т. е. реакция присоединения воды в присутствии серной кислоты. Она происходит в две стадии:

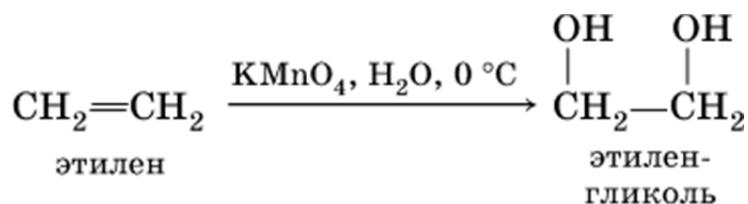
а) вначале образуется алкилсерная кислота, т. е. H_2SO_4 присоединяется к алкену:



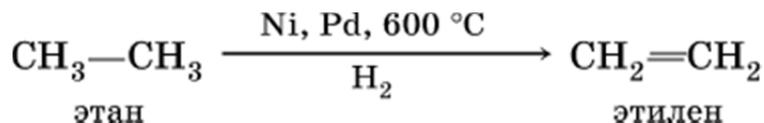
б) затем происходит ее необратимый гидролиз:



Алкены обесцвечивают раствор перманганата калия на холоду в нейтральной среде, при этом образуются *гликоли* (двухатомные спирты):

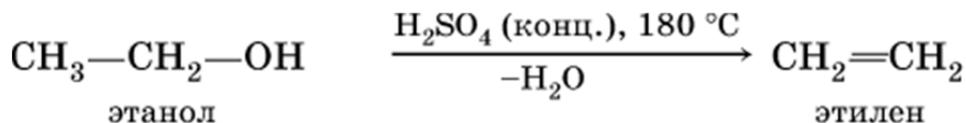


Получение: для алкенов в **промышленности** используют метод каталитического дегидрирования алканов:

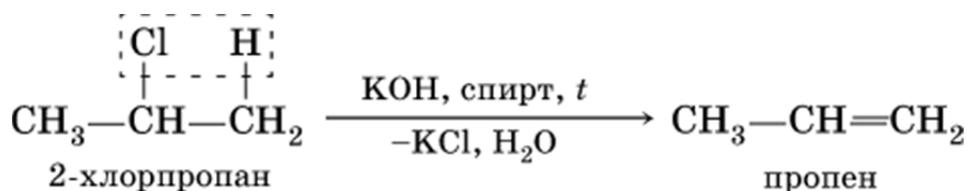


В **лаборатории** алкены получают:

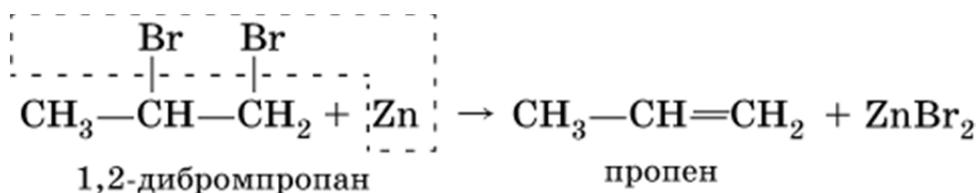
1) *дегидратацией спиртов* (отщепление воды от спиртов):



2) *дегидрогалогенирование* – отщеплением галогеноводорода от моногалогенопроизводного под действием спиртового раствора щелочи:

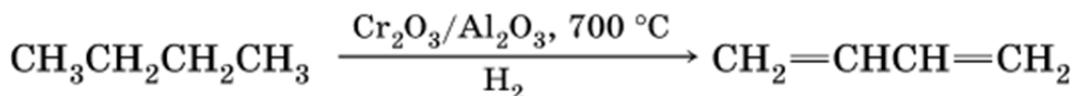


3) *дегалогенирование* – отщеплением галогенов от дигалогенопроизводных, в которых атомы галогена находятся у соседних атомов углерода:

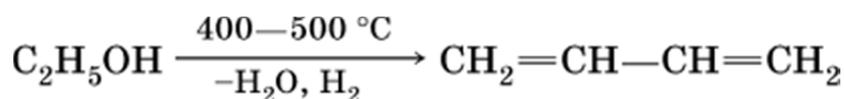


Промышленное получение дивинила:

1) дегидрирование бутана:



2) *способ Лебедева* – одновременное отщепление воды и водорода от этанола на катализаторе ($\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$):



Алкены используются для органического синтеза, производства пластмасс, искусственного моторного топлива, диеновые углеводороды – исходное сырье в промышленном синтезе каучуков.

9.3. Алкины

Алкины – углеводороды с **тройной** связью $\text{C}\equiv\text{C}$ в молекулах (*непредельные углеводороды ряда ацетилена*). Простейший представитель этого ряда – ацетилен C_2H_2 , общая формула алкинов $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ (при $n \geq 2$).

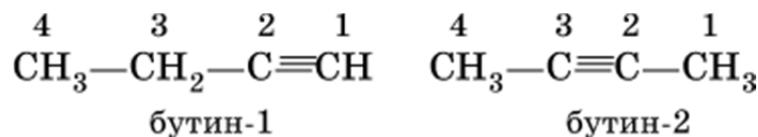
Названия простейших алкинов:

C_2H_2 – этин (традиционно: ацетилен)

C_3H_4 – пропин (метилацетилен)

C_4H_6 – бутин

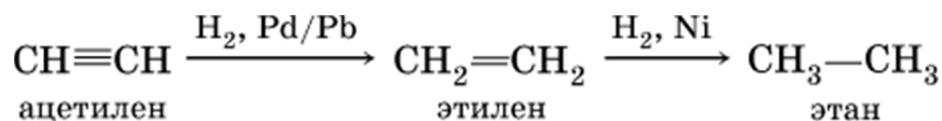
Изомеры бутина:



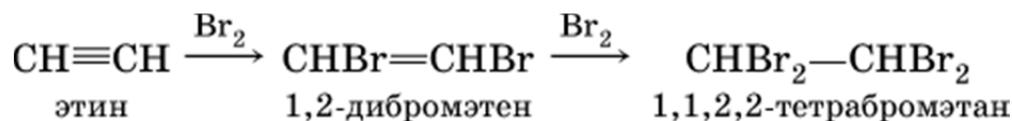
Ацетилен, пропин и бутин-1 – бесцветные газы при комнатной температуре, бутин-2 – легкокипящая жидкость, обладает легким «эфирным» запахом.

В алкинах атомные орбитали углерода у тройной связи имеют *sp*-гибридизацию (линейное строение). Наличие двух π -связей обуславливает их химические свойства, в частности высокую способность к реакциям ступенчатого присоединения водорода, хлора, брома, галогеноводородов, воды:

а)



б)

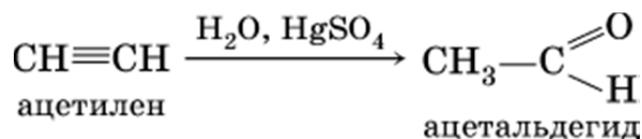


в)

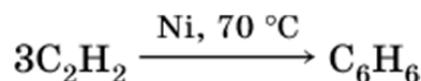


(присоединение HCl к хлорэтену происходит по правилу Марковникова; хлорэтен традиционно называют *хлорвинилом* или *винилхлоридом*);

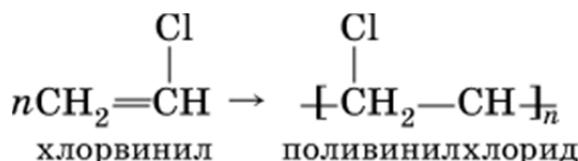
г) реакция Кучерова (гидратация на катализаторе)



При *циклизации* ацетилена образуется бензол:



Упомянутый выше хлорвинил способен полимеризоваться:



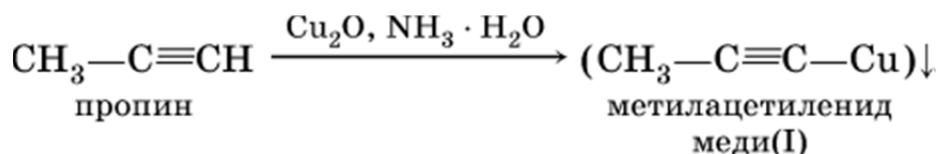
Поливинилхлорид (ПВХ) – полимер, основа пластмассы, волокон и пленок, применяется в производстве труб, искусственной кожи, электроизоляции, пеноматериалов.

Качественные реакции:

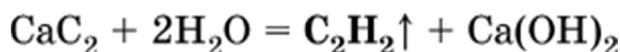
1) на алкины любого строения – обесцвечивание раствора $KMnO_4$, чаще всего происходит

разрыв углеродной цепи по месту тройной связи (ср. с алкенами);

2) на алкины с концевой тройной связью – замещение концевого атома водорода на медь (I) с образованием ярко-красного осадка:

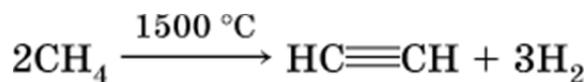


Получение: в промышленности ацетилен ранее получали гидролизом дикарбида (ацетиленида) кальция:

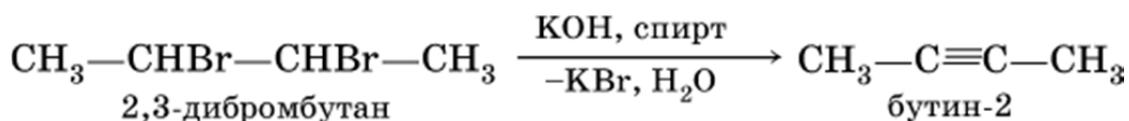


(неприятный «карбидный» запах газа обусловлен примесями, главным образом фосфином PH₃).

Современный способ – *пиролиз* (термическое разложение) метана:

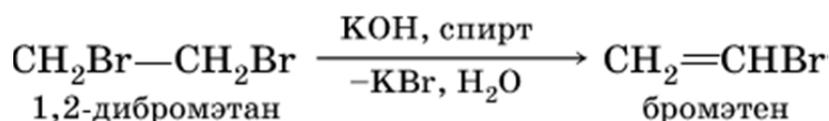


В лаборатории для получения ацетилена и его гомологов используют взаимодействие дигалогенопроизводных алканов со щелочами в спиртовом растворе при нагревании:

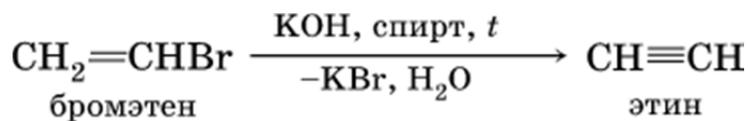


(обязательное условие – атомы галогенов должны находиться при соседних атомах углерода). Эта реакция может проходить в одну стадию (как показано выше), но чаще – в две стадии:

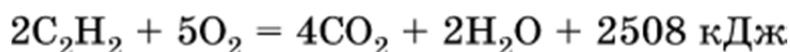
а)



б)



Алкины, особенно ацетилен, используются как исходное сырье в химической промышленности для многих органических синтезов. Кроме того, ацетилен благодаря высокой теплотворной способности сгорания:

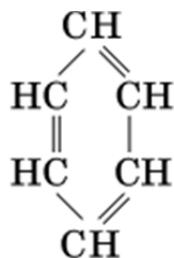


применяется для автогенной сварки и резки металлов.

9.4. Арены

Арены – это непредельные углеводороды, которые можно рассматривать как производные простейшего из них – бензола C₆H₆. Общая формула углеводородов гомологического ряда бензола C_nH_{2n-6} (при n ≥ 6).

В молекуле бензола все атомы углерода находятся в sp^2 -гибридизации, каждый атом углерода соединен в **одной плоскости** σ -связями с двумя другими атомами углерода и одним атомом водорода. У атома углерода остается еще облако четвертого валентного электрона, расположенное **перпендикулярно** плоскости. Эти облака участвуют в образовании π -связи, причем в молекуле образуются не три отдельные π -связи (как думали раньше, см. формулу Кекуле, 1865 г.), а единая шестицентровая (C_6) π -связь (все атомы равноценны):

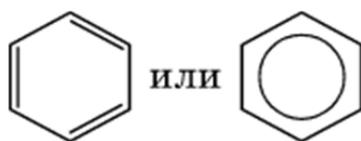


Формула Кекуле

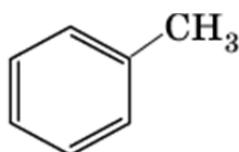


Современная формула

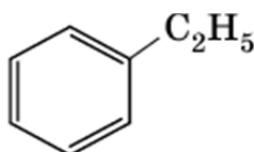
Формула Кекуле часто применяется в тех случаях, когда необходимо более наглядно представить протекание реакции с участием *бензольного кольца* C_6 ; его изображение:



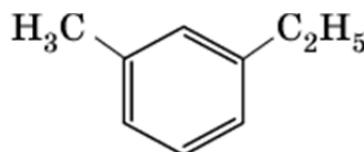
В обеих формулах атомы С кольца и не участвующие в реакции атомы Н опускаются (для краткости). Некоторые простейшие гомологи бензола:



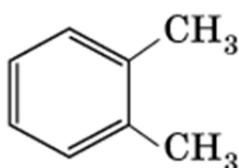
метилбензол
(толуол)



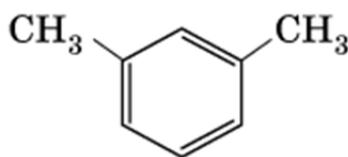
этилбензол



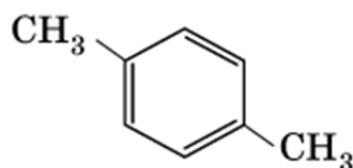
1-метил-3-этилбензол



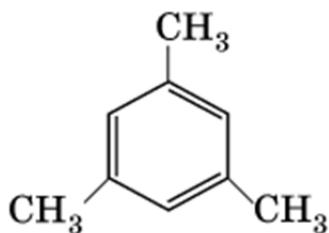
1,2-диметилбензол
(орто-ксилол)



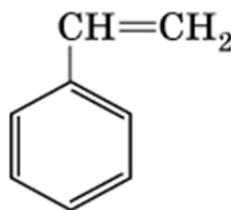
1,3-диметилбензол
(мета-ксилол)



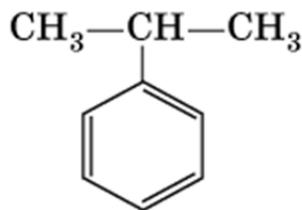
1,4-диметилбензол
(пара-ксилол)



1,3,5-триметилбензол
(мезитилен)



винилбензол
(стирол)



изопропилбензол
(кумол)

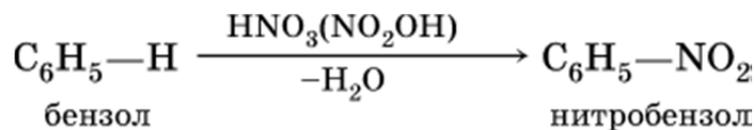
Радикал бензола C_6H_5 называется *фенил*, радикал толуола $C_6H_5CH_2$ – *бензил*.

Бензол и его ближайшие гомологи – жидкости без цвета, но с характерным запахом,

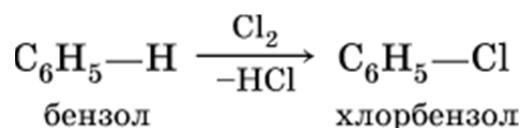
имеют широкий интервал жидкого состояния. Практически не растворяются в воде, но хорошо смешиваются между собой и с другими органическими растворителями. Пар бензола сильно ядовит.

Несмотря на формальную непредельность, бензол отличается высокой устойчивостью к нагреванию и окислению (в гомологах бензола окисляется только боковая цепь). Характерными для бензола являются реакции **замещения**:

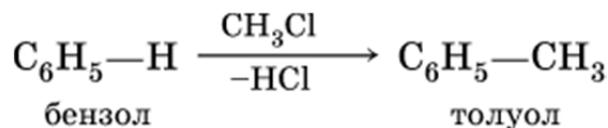
а) *нитрование* в присутствии концентрированной серной кислоты на холоду:



б) *галогенирование* в присутствии галогенидов железа (III):



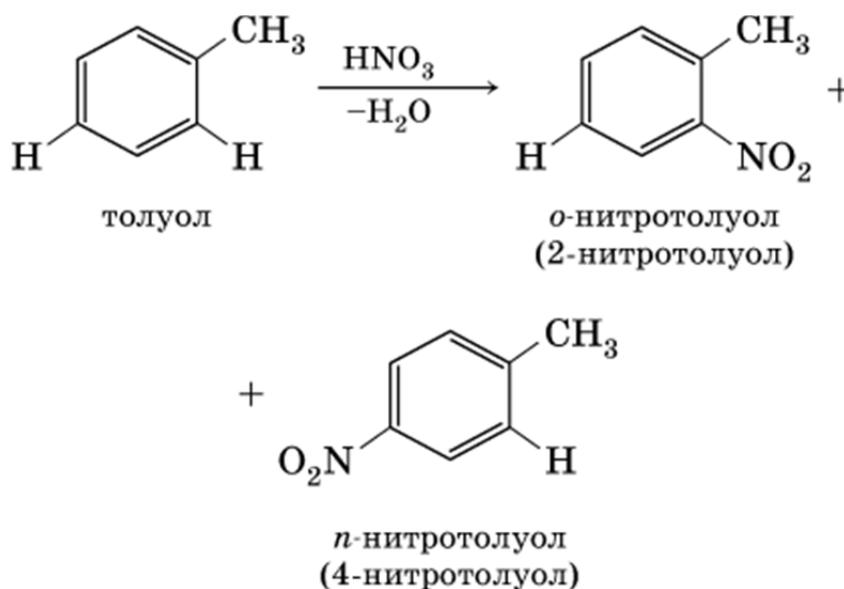
в) *алкилирование* в присутствии хлорида алюминия:



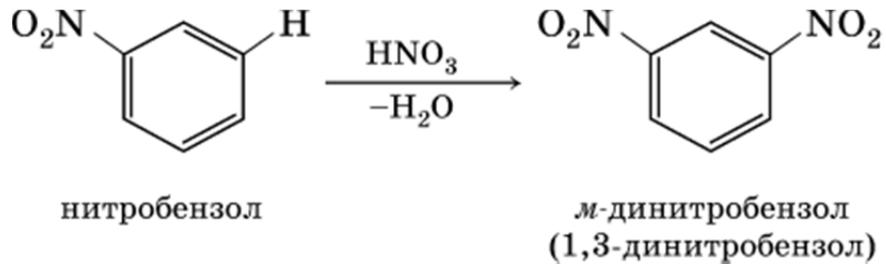
Особый характер ненасыщенности бензола и его гомологов иллюстрируется этими химическими свойствами и называется «ароматическим» характером.

В производных бензола атом или группа, заместившие водород кольца, и само бензольное кольцо влияют друг на друга. По характеру влияния различают:

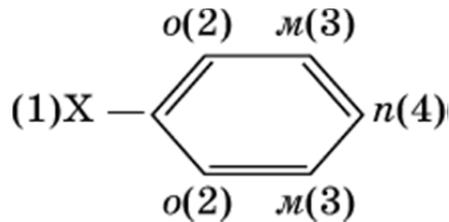
1) заместители I рода – Cl, Br, I, CH₃, C_nH_{2n+1}, OH и NH₂. Они облегчают реакции дальнейшего замещения и направляют второй заместитель по отношению к себе в *орто*- (о-, или 2-) положение и в *пара*- (п-, или 4-) положение [для запоминания: *орто* – *о*коло, *пара* – *п*ротив], например:



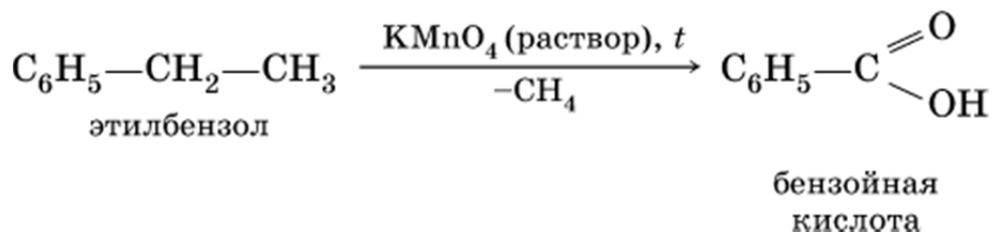
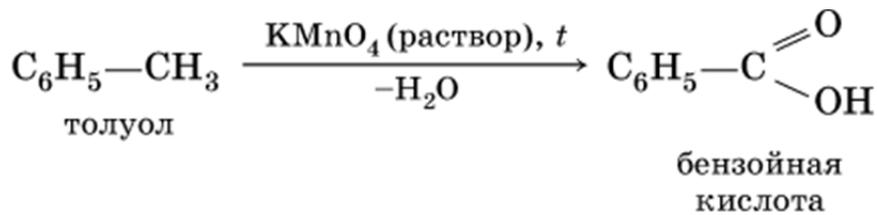
2) заместители II рода – NO₂, C(H)O, COOH и CN. Они затрудняют реакции дальнейшего замещения и направляют второй заместитель в *мета*- (м-, или 3-) положение, например:



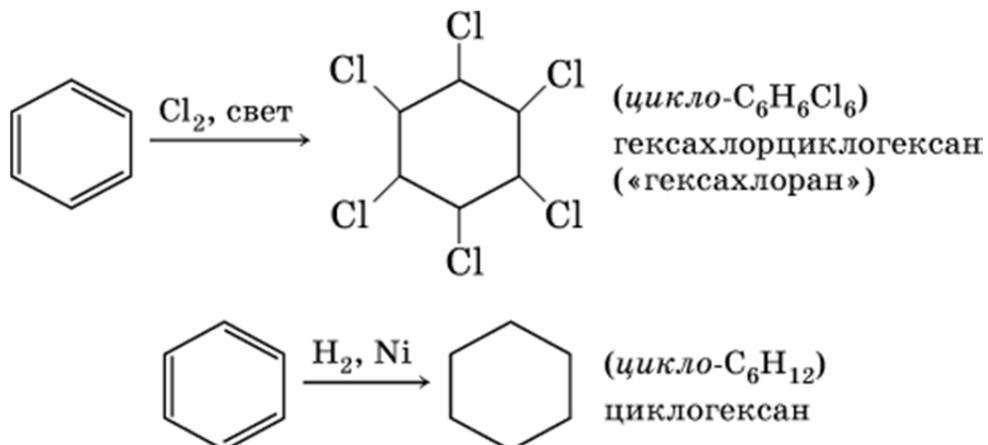
Очевидно, что существуют два *орто*-положения рядом с первым заместителем X, два *мета*-положения, отделенные от первого заместителя одним углеродом кольца, и лишь одно *пара*-положение через два атома углерода бензольного кольца:



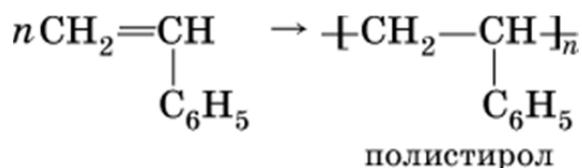
Ранее уже отмечалось, что бензол стоек к окислению даже при действии сильных окислителей. Гомологи бензола с одним боковым радикалом вступают в реакции **ОКИСЛЕНИЯ** только за счет радикала; при этом, какова бы ни была его длина, отщепляется вся цепь, кроме ближайшего к кольцу атома углерода (он создает карбоксильную группу):



В жестких условиях бензол вступает в реакции **присоединения**:



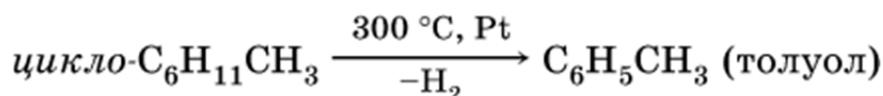
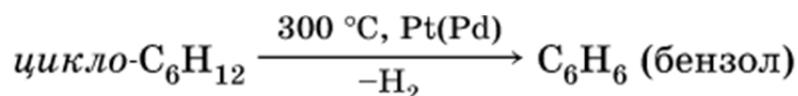
Стирол $C_6H_5-CH=CH_2$, как этилен, легко полимеризуется:



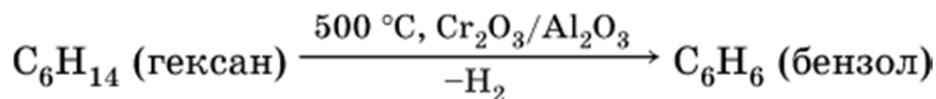
Полистирол – термопластичная пластмасса (термопласт), прозрачный материал, размягчающийся при температуре выше 80 °С. Используется для изготовления изоляции электропроводов, посуды разового употребления, упаковочной массы (пенопласт).

Получение аренов – ароматизация алифатических и алициклических углеводородов, содержащихся в нефтяных или бурогольных бензиновых фракциях:

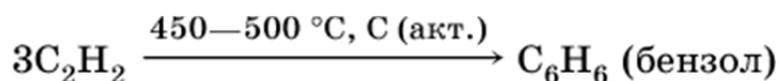
1) дегидрирование:



2) дегидроциклизация:



3) тримеризация ацетилена (устаревший способ):



Бензол и его гомологи используются в качестве малополярных растворителей (для каучука, лаковых смол, полимеров), сырье в органическом синтезе.

Примеры заданий частей А, В

1–6. Углеводороды с групповым названием

1. алканы
2. алкадиены
3. циклоалканы
4. алкины
5. алкены
6. арены

имеют общую формулу

- 1) C_nH_{2n-6}
- 2) C_nH_{2n-6}
- 3) C_nH_{2n+2}
- 4) C_nH_{2n-2}

7. Длина связи углерод – углерод **наибольшая** в молекуле

- 1) C_2H_2
- 2) C_2H_4
- 3) C_6H_6

4) C_2H_6

8. При гидрировании ацетилена могут образовываться

- 1) пропилен
- 2) этилен
- 3) бензол
- 4) этан

9. При взаимодействии 2-бромпропана с натрием образуется

- 1) 2,2-диметилбутан
- 2) изобутан
- 3) гексан
- 4) 2-метилпентан

10. В реакции 3-метилпентана-1 с хлороводородом получают

- 1) 3-метил-3-хлорпентан
- 2) 3-метил-1,2-дихлорпентан
- 3) 3-метил-2-хлорпентан
- 4) 3-метил-1-хлорпентан

11. При действии спиртовым раствором щелочи на 2-хлорпропан образуется

- 1) бутан
- 2) пропан
- 3) бутен
- 4) пропен

12. Соединение 1,2-дихлорпропан – это продукт хлорирования

- 1) пропана
- 2) пропена
- 3) пропиона
- 4) пропадиена

13. При полимеризации ароматического углеводорода *стирол* образуется продукт с формулой

- 1) $[-C_6H_4-CH(CH_3)-]_n$
- 2) $[-CH_2-C_6H_3(CH_3)-]_n$
- 3) $[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$
- 4) $[-CH_2-C_6H_4-CH_2-]_n$

14. При нитровании пропилбензола происходит замещение атомов Н в положениях

- 1) 2,3 радикала *фенил*
- 2) 2,4,6 радикала *фенил*
- 3) 2,3 радикала *пропил*
- 4) 1,2,3 радикала *пропил*

15. Способы получения бензола – это

- 1) дегидрирование циклогексана
- 2) дегидрирование и циклизация гексана
- 3) тримеризация ацетилена
- 4) действие Na на 1,6-цикло- $C_6H_{10}Cl_2$

16–19. Указанные органические соединения – это

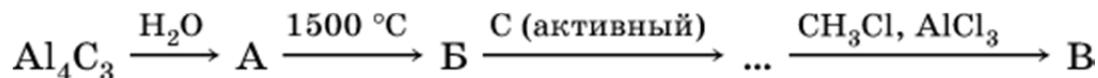
16. *цис*- и *транс*-1,2-дихлорэтен
17. пентен-2 и циклопентан

18. 1,2-диметилэтен и бутен-3

19. 1,2-дибромпропан и 2,3-дибромбутан

- 1) гомологи
- 2) структурные изомеры
- 3) пространственные изомеры
- 4) одно и то же вещество

20. В ряду превращений



продукты А, Б, В – это соответственно

- 1) толуол
- 2) хлорбензол
- 3) ацетилен
- 4) метан

21. Углеводород, который обесцвечивает бромную воду, легко полимеризуется, присоединяет водород и при взаимодействии с бромоводородом образует бромэтан, – это

- 1) этилен
- 2) ацетилен
- 3) этан
- 4) пропилен

22. С помощью бромной воды можно различить

- 1) пропан и этан
- 2) пропин и этин
- 3) ацетилен и дивинил
- 4) пропин и пропан

23. Бензол и стирол можно распознать

- 1) раствором NaOH
- 2) нитрующей смесью
- 3) раствором AgNO₃
- 4) раствором KMnO₄

24. Установите соответствие между формулой углеводорода и его названием.

ФОРМУЛА

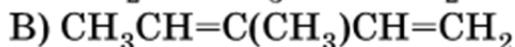
НАЗВАНИЕ



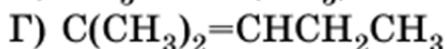
1) 2-метилбутадиен-1,3



2) 3,3-диметилпентен-2



3) 2-метилпентен-2



4) 1,1-диметилбутен-2

5) 3-метилбутен-1

6) 3-метилпентадиен-1,3

25. Процесс, не относящийся к переработке нефти, – это

- 1) перегонка
- 2) крекинг
- 3) риформинг
- 4) коксование

26. При крекинге нефти из октана образуются

- 1) бутан
- 2) этан
- 3) этилен
- 4) бутилен

27. Продукт полимеризации этилена (полиэтилен) отвечает формуле

- 1) $(\text{CH}_2)_n(-\text{CH}=\text{CH}-)_n$
- 3) $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$
- 4) $(\text{CH}_2=\text{CH}_2)_n$

28. Для промышленного синтеза бутадиенового каучука используют мономер

- 1) $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$
- 2) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$
- 3) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$
- 4) $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}\equiv\text{CH}$

29. Мономер пластмассы *тефлон* (политетрафторэтилен) синтезируют по реакции

- 1) замещения $\text{CCl}_2 + \text{F}_2 \rightarrow \dots$
- 2) пиролиза CHClF_2
- 3) окисления CCl_2F_2
- 4) фторирования C_2H_6

Ответы

1. 3. 2. 4. 3. 2. 4. 4. 5. 2. 6. 1. 7. 4. 8. 2, 4. 9. 1. 10. 3. 11. 4. 12. 2. 13. 3. 14. 2. 15. 1, 2, 3. 16. 3.
17. 2. 18. 4. 19. 1. 20. 4, 3, 1. 21. 1. 22. 4. 23. 4. 24. А-5, Б-1, В-6, Г-3. 25. 4. 26. 1, 4. 27. 3. 28. 1. 29.
2.