

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены галогеном.

Их общая формула:



где R – углеводородный радикал; X = F, Cl, Br или I.

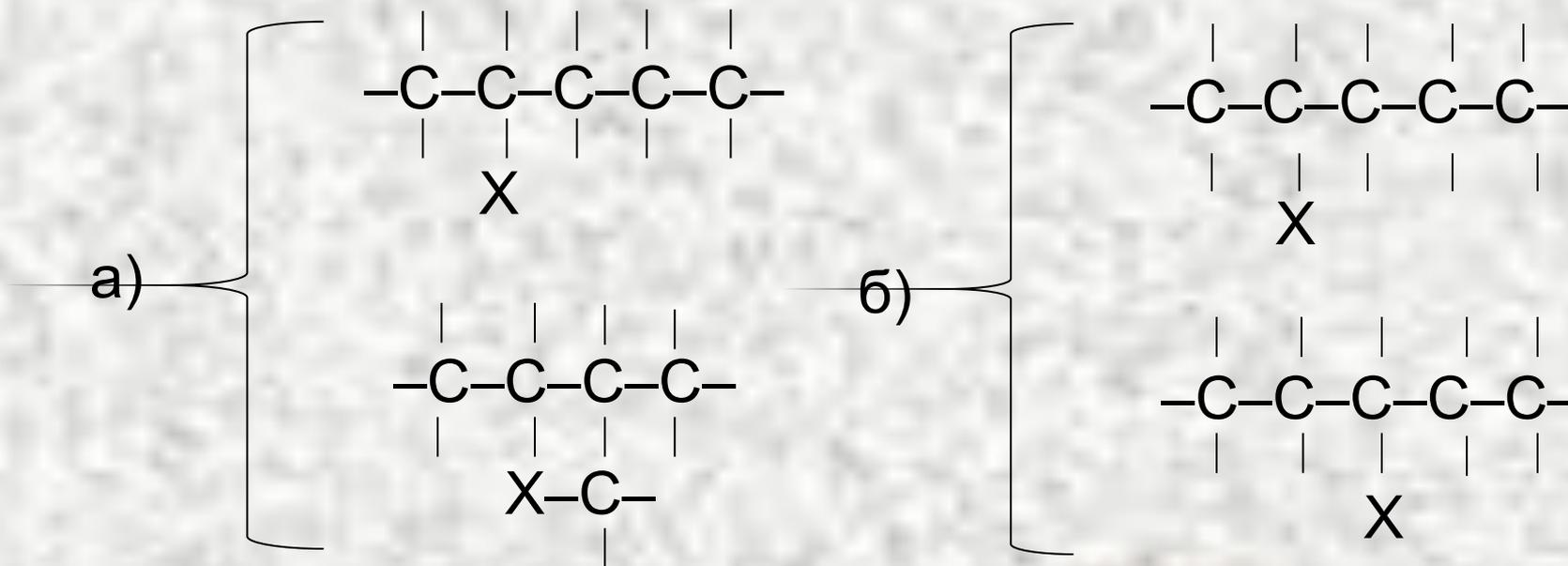
Если  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ , т. е. является алкильным радикалом, то галогенопроизводные называются *алкилгалогенидами* или галогеналканами.

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## ИЗОМЕРИЯ R – X. НОМЕНКЛАТУРА

Изомерия  $C_n H_{2n+1} X$  обусловлена:

- а) изомерией углеродного скелета;
- б) положением галогена;



# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

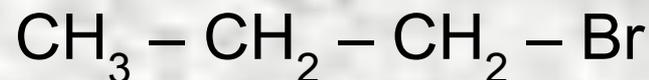
## НОМЕНКЛАТУРА R – X

1. Рациональная номенклатура = название радикала R + название галогена X

Причем название X ставится либо перед, либо после названия радикала:



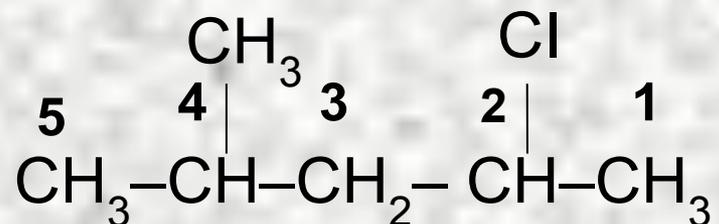
хлористый метил  
(метилхлорид)



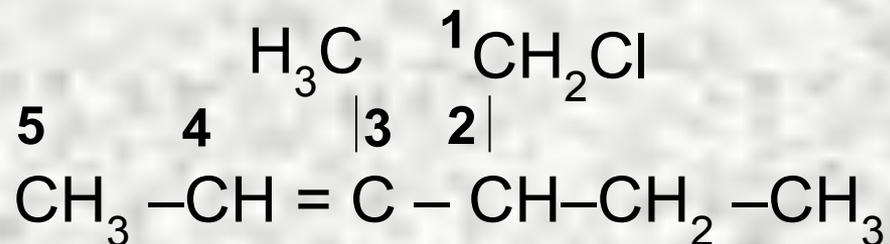
бромистый  
пропил  
(пропилбромид)

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## 2. Заместительная номенклатура:



4-метил-2-хлорпентан

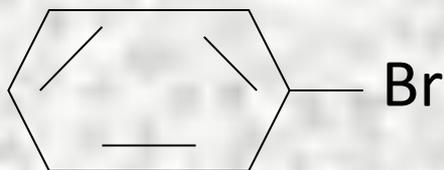


3-метил-1хлор-2-этилпентан-3

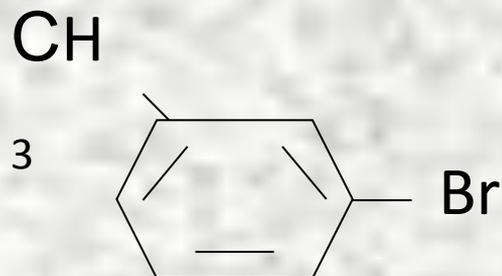
# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## АРИЛГАЛОГЕНИДЫ

Общая формула  $Ar - X$ ; в этих соединениях галоген непосредственно связан с атомом углерода ароматического кольца (**поэтому мало подвижен!!**):



**бромбензол**



**1-бром-3-метилбензол**  
**(М-бромтолуол)**

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## МЕТОДЫ СИНТЕЗА R – X

(звездочкой (\*) отмечены методы, используемые также в промышленности).

### 1. Из спиртов:

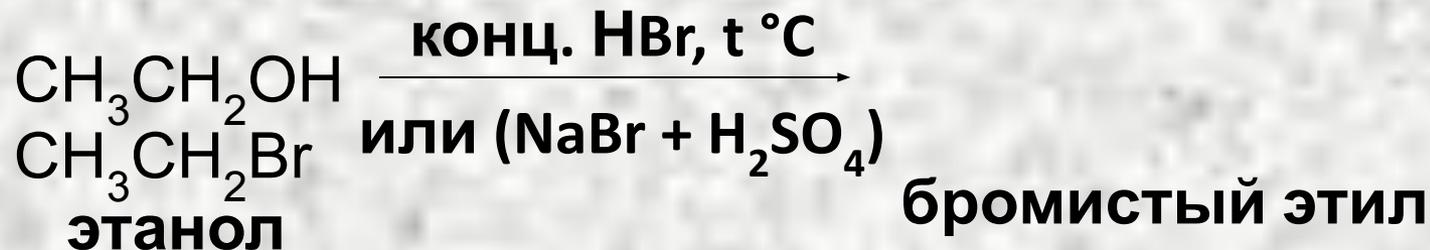
действием галогеноводородов (HX) и галогенидов фосфора (PX):

Общая схема:

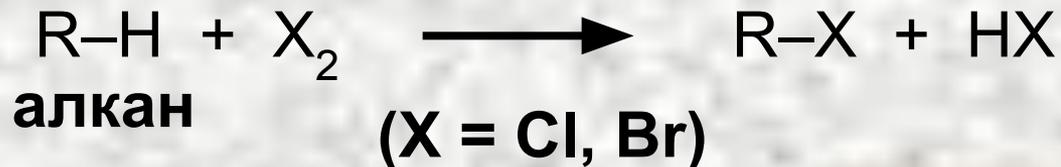


# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

МЕТОДЫ СИНТЕЗА R – X. ПРИМЕРЫ:



2\*. Галогенирование углеводородов:

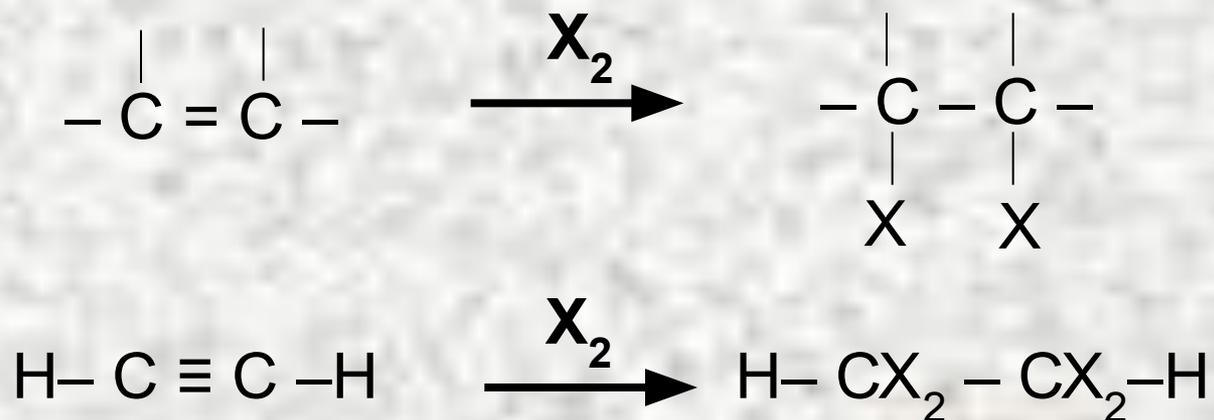


# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

3\*. Присоединение галогеноводородов к алкенам:



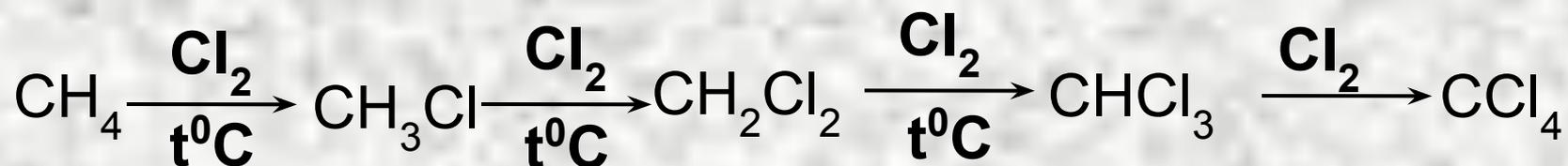
4\*. Присоединение галогенов к алкенам и алкинам:



# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ. ПОЛУЧЕНИЕ

## Промышленные способы:

1.1. Галогенирование алканов (обычно образуются смеси изомеров, что несколько снижает ценность метода):



**метан**

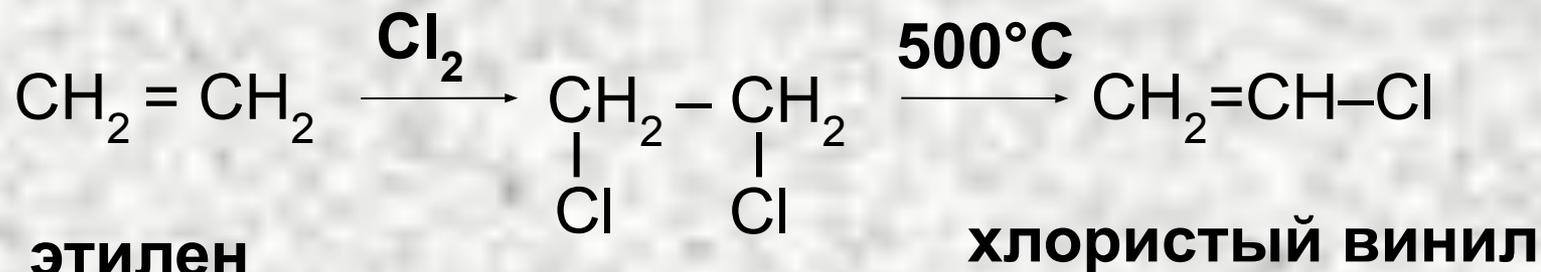
1.2. Присоединение галогеноводородов и галогенов к алкенам и алкинам:



**ацетилен**

**хлористый винил**

## ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ. ПОЛУЧЕНИЕ



1.3. Фторопродукты получают из других галогенопродуктов при помощи неорганических фторидов:



**полифториды:**

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R – X

1. Температура плавления и кипения R – X > Температура плавления и кипения R – H ?

2. При данном R температура кипения повышается в ряду:



3. Растворимость R – X: хотя R – X – полярные соединения, они нерастворимы в воде (**почему ?**), но хорошо растворимы в обычных органических растворителях.

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## РАСТВОРИМОСТЬ: ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

**Старинное правило:**

**«ПОДОБНОЕ РАСТВОРЯЕТСЯ В ПОДОБНОМ»**

Компонент **A**  $\longleftrightarrow$  Компонент **B**  
(Растворяемое вещество) (Растворитель)

### ЭНЕРГИЯ СВЯЗЕЙ E:

1.  $E_{A\cdots A} > E_{A\cdots B}$  — нет растворения

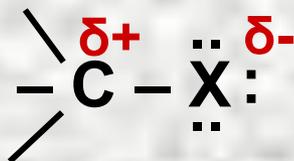
2.  $E_{B\cdots B} > E_{A\cdots B}$  — нет растворения

3.  $E_{A\cdots A} \approx E_{A\cdots B} \approx E_{B\cdots B}$  — есть растворение

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R – X

Характерной чертой RX является наличие группировки:



**Анализ строения позволяет отметить следующее:**

1. функциональная группа не имеет кратных связей, поэтому несклонна к реакциям присоединения;
2. галогены как элементы более электроотрицательные, чем углерод, создают на связанном с ними атоме углерода частичный положительный заряд (δ+).

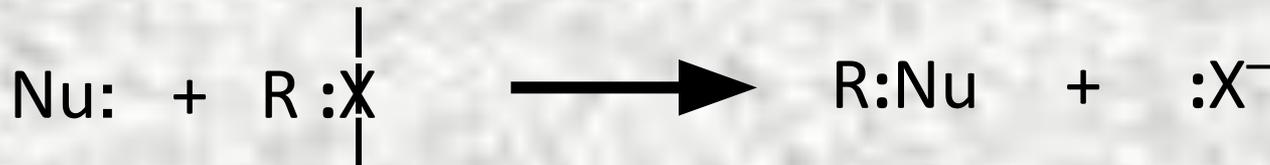
# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R – X

Отмеченные обстоятельства заставляют предположить: **Наиболее характерными реакциями галогено-производных будут реакции нуклеофильного замещения ( $S_N$  – реакции).**

– «S» - от слова «**substitution**» - замещение;  
«N» - от слова «**nucleophilic**».

В  $S_N$  – реакциях происходит атака нуклеофила :Nu (т.е. реагента, предоставляющего электронную пару) на атом углерода с вытеснением галогена в виде :X<sup>-</sup>



## ***НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ:***

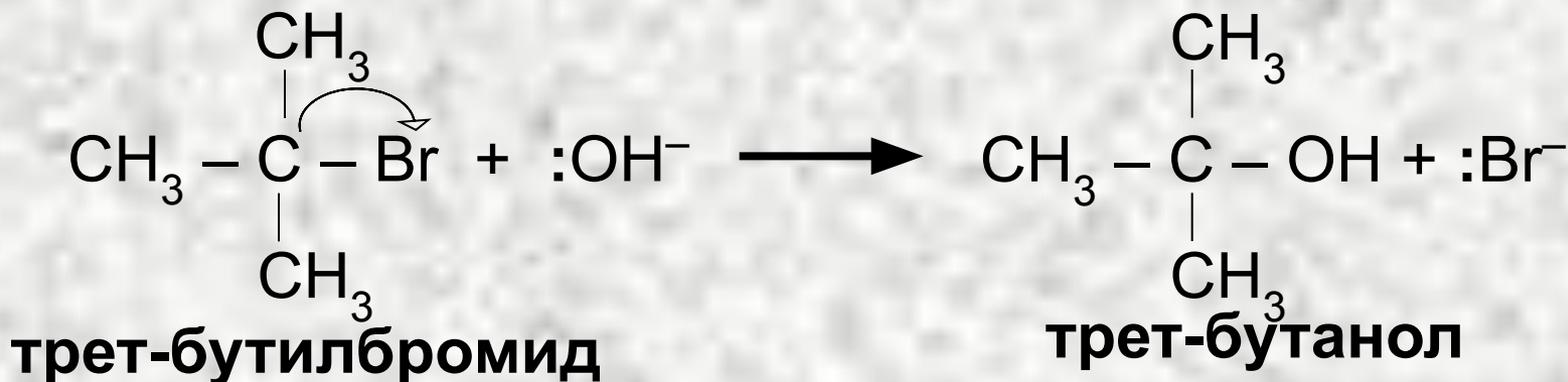
### **МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ**

В зависимости от природы галогенопроизводного ( $R - X$ ), нуклеофильного реагента ( $:Nu$ ) и условий реакции (растворитель, температура) процессы нуклеофильного замещения могут идти по двум механизмам:  **$S_N1$  или  $S_N2$ .**

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R – X

## $S_N$ – реакция: механизм и кинетика.

Рассмотрим реакцию между трет-бутилбромидом и гидроксид-ионом:



Известно (**экспериментальный факт!**), что скорость этой реакции зависит от концентрации только одного реагента - трет-бутилбромида:

$$v = K [(\text{CH}_3)_3\text{CBr}]$$

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R – X

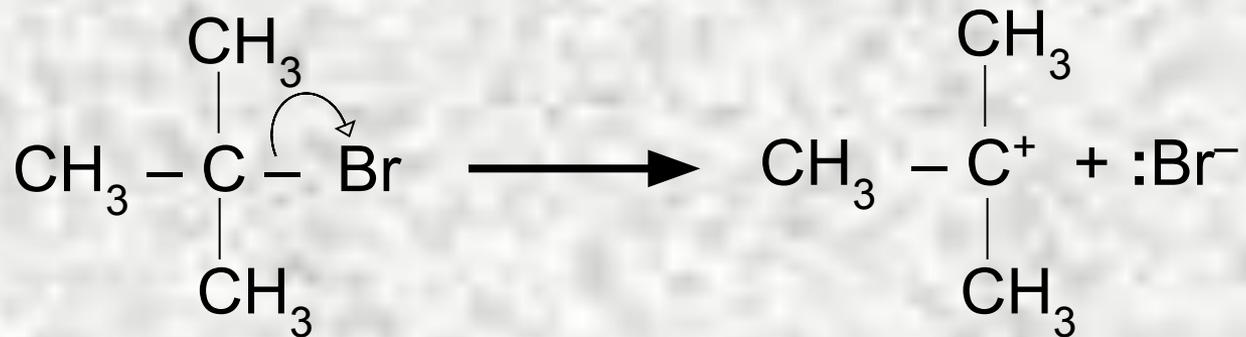
## $S_N$ – РЕАКЦИЯ: МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКА.

***Возникает вопрос, почему*** скорость реакции не зависит от концентрации гидроксид-иона  $:OH^-$  ?

***Ответ:*** Если скорость реакции не зависит от  $[OH^-]$ , это может означать только то, что гидроксид-ион не участвует в реакции, скорость которой определяют.

Отсюда можно предположить следующий механизм реакции:

1. Медленная стадия (лимитирующая скорость):



2. Вторая стадия: быстрая

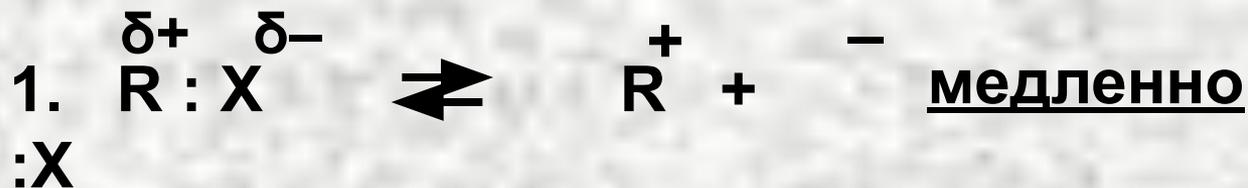


# $S_N1$ -ЗАМЕЩЕНИЕ

## МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ. ОБЩИЙ ВИД:

Первая стадия – ионизация реагента и образование карбокатиона (*протекает медленно*)

Вторая стадия – взаимодействие карбокатиона с нуклеофильной частицей (*идет быстро*)



# **S<sub>N</sub>1-ЗАМЕЩЕНИЕ**

## **МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ. ОБЩИЙ ВИД:**

Скорость S<sub>N</sub>1 – реакции зависит только от концентрации алкилгалогенида, т. е. S<sub>N</sub>1 – реакция является реакцией первого порядка:

$$v = k [RX]$$

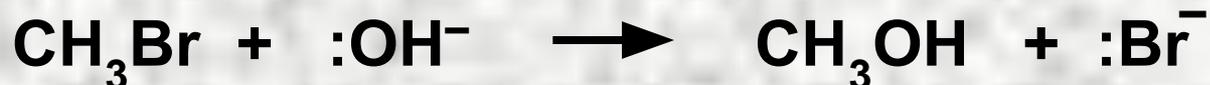
Скорость общей реакции определяется первой (*медленной*) стадией: как быстро ионизируется RX.

Порядком реакции по данному реагенту называют степень в которой его концентрация входит в уравнение скорости реакции; общий порядок равен сумме этих степеней.

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R – X

## $S_N$ – РЕАКЦИЯ: МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКА.

Рассмотрим теперь реакцию бромистого метила с гидроксид-ионом, приводящую к метиловому спирту:



Кинетические данные для этой реакции показывают, что скорость реакции в этом случае зависит от концентрации обоих реагентов и выражается кинетическим уравнением второго порядка:

$$v = k [\text{HO:}][\text{CH}_3\text{Br}]$$

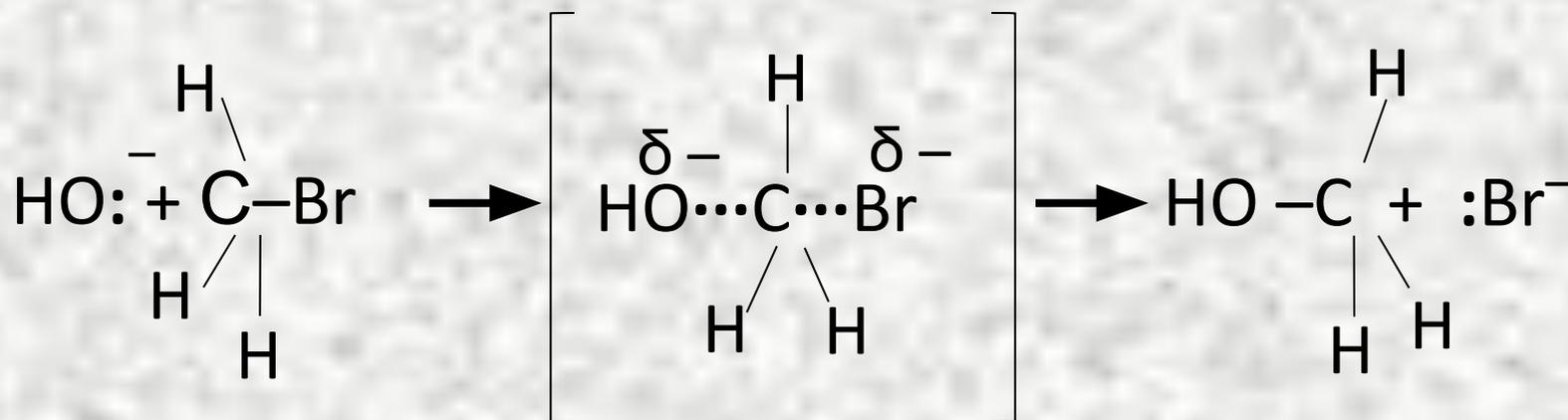
Это бимолекулярное нуклеофильное замещение или  
 $S_N2$ -реакция

## МЕХАНИЗМ S<sub>N</sub>2- РЕАКЦИИ

(бимолекулярное нуклеофильное замещение)

S<sub>N</sub>2 – реакция – одностадийный процесс, в ходе которого присоединение нуклеофила :OH<sup>-</sup> и удаление уходящей группы :Br<sup>-</sup> происходит одновременно.

В ходе реакции возникает переходное состояние с пятивалентным атомом углерода :



**переходное состояние:**

углерод связан с пятью группами; заряд распределен между выступающей и уходящей группами

# $S_N2$ -ЗАМЕЩЕНИЕ

## МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ. ОБЩИЙ ВИД:

$S_N2$  – реакция – одностадийный процесс, в ходе которого присоединение нуклеофила  $:Nu^-$  и удаление уходящей группы  $:X^-$  происходит одновременно.

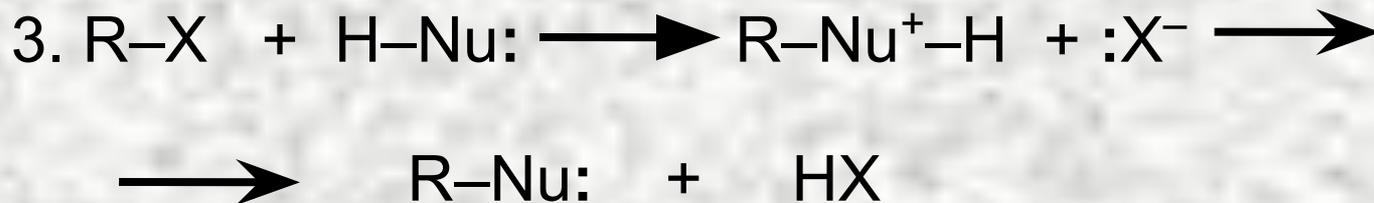
В ходе реакции возникает переходное состояние с пятивалентным атомом углерода :



углерод связан с пятью группами; заряд распределен между выступающей и уходящей группами

## ПРИРОДА НУКЛЕОФИЛЬНОГО РЕАГЕНТА:

Роль нуклеофильного реагента могут играть как анионы, так и нейтральные частицы. Характер действия каждого из них иллюстрируется следующими уравнениями:



## ПРИМЕРЫ НУКЛЕОФИЛОВ:

а) Анионы:

$\text{HO}^-$	(гидроксил-анион)
$\text{RO}^-$	(алкоголят-ионы)
$\text{RCOO}^-$	(ионы органических кислот)
$\text{CN}^-$	(цианид-ион)

б) Нейтральные молекулы:  $\text{H}_2\ddot{\text{O}}$ ,  $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$  и их производные  $\text{R}\ddot{\text{O}}\text{R}$ ,  $\ddot{\text{N}}\text{H}_2\text{R}$ ,  $\ddot{\text{N}}\text{HR}_2$ ,  $\ddot{\text{N}}\text{R}_3$  – нуклеофильные свойства нейтральных молекул обусловлены свободной электронной парой.

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## *НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ: примеры реакций*

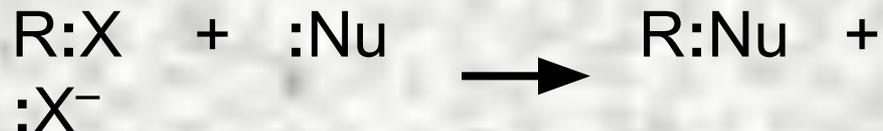


**этилхлорид**

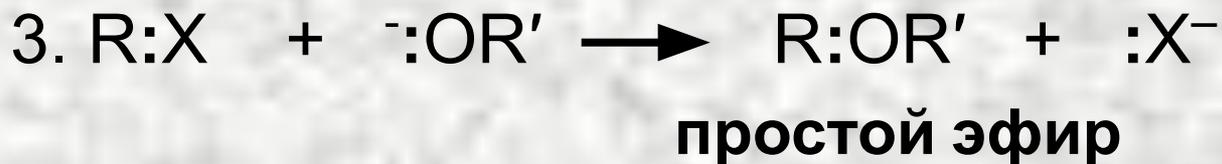
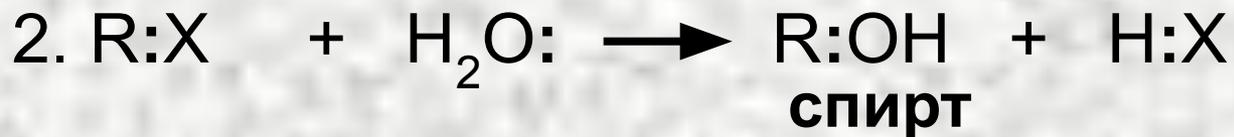
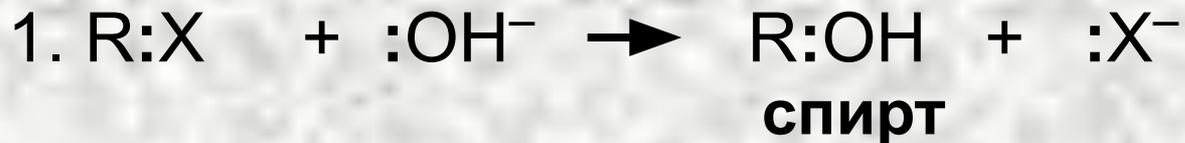
**этанол**

# НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ:

## ОБЩАЯ СХЕМА:



## ПРИМЕРЫ РЕАКЦИЙ



# НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ:

## *ПРИМЕРЫ РЕАКЦИЙ*



**алкин**



**алкан**



**иодистый алкил**



**нитрил**



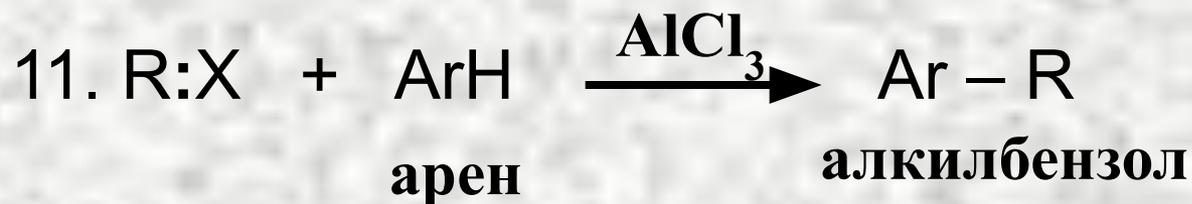
**сложный эфир**

# НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ:

## ПРИМЕРЫ РЕАКЦИЙ



## реакция Фриделя – Крафтса:

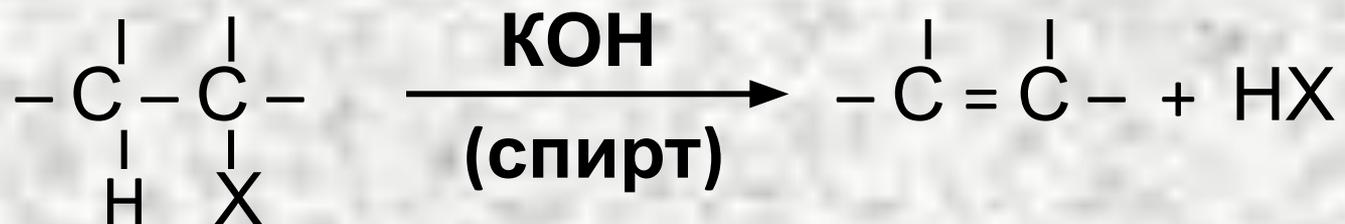


12. и др.

...

# ДРУГИЕ РЕАКЦИИ ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫХ

## 2) Дегидрогалогенирование: отщепление

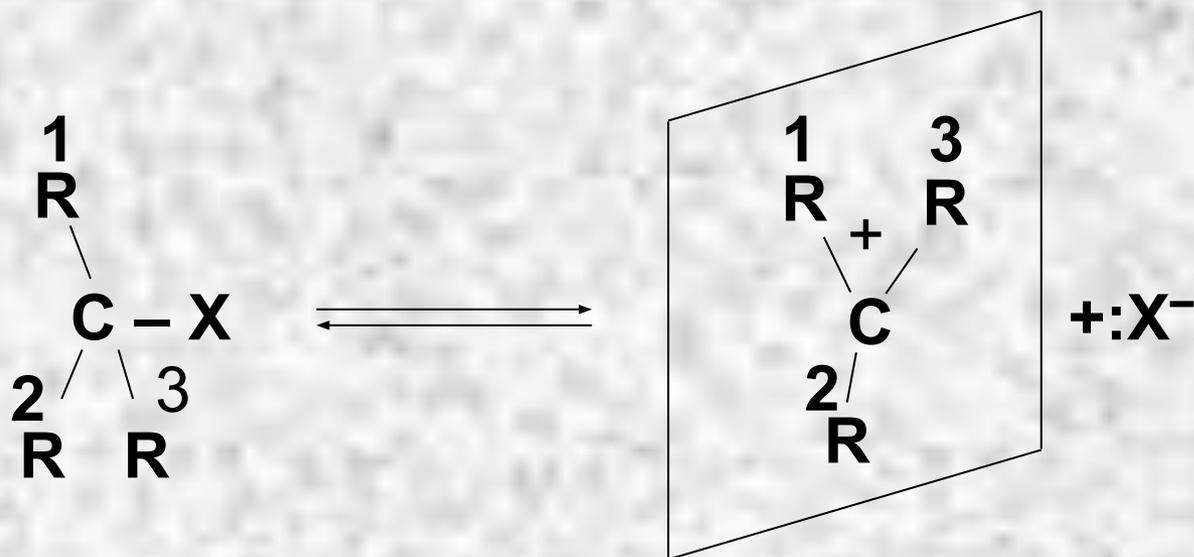


## 3) Синтез реактива Гриньяра:



# СТЕРЕОХИМИЯ S<sub>N</sub>1-Реакций

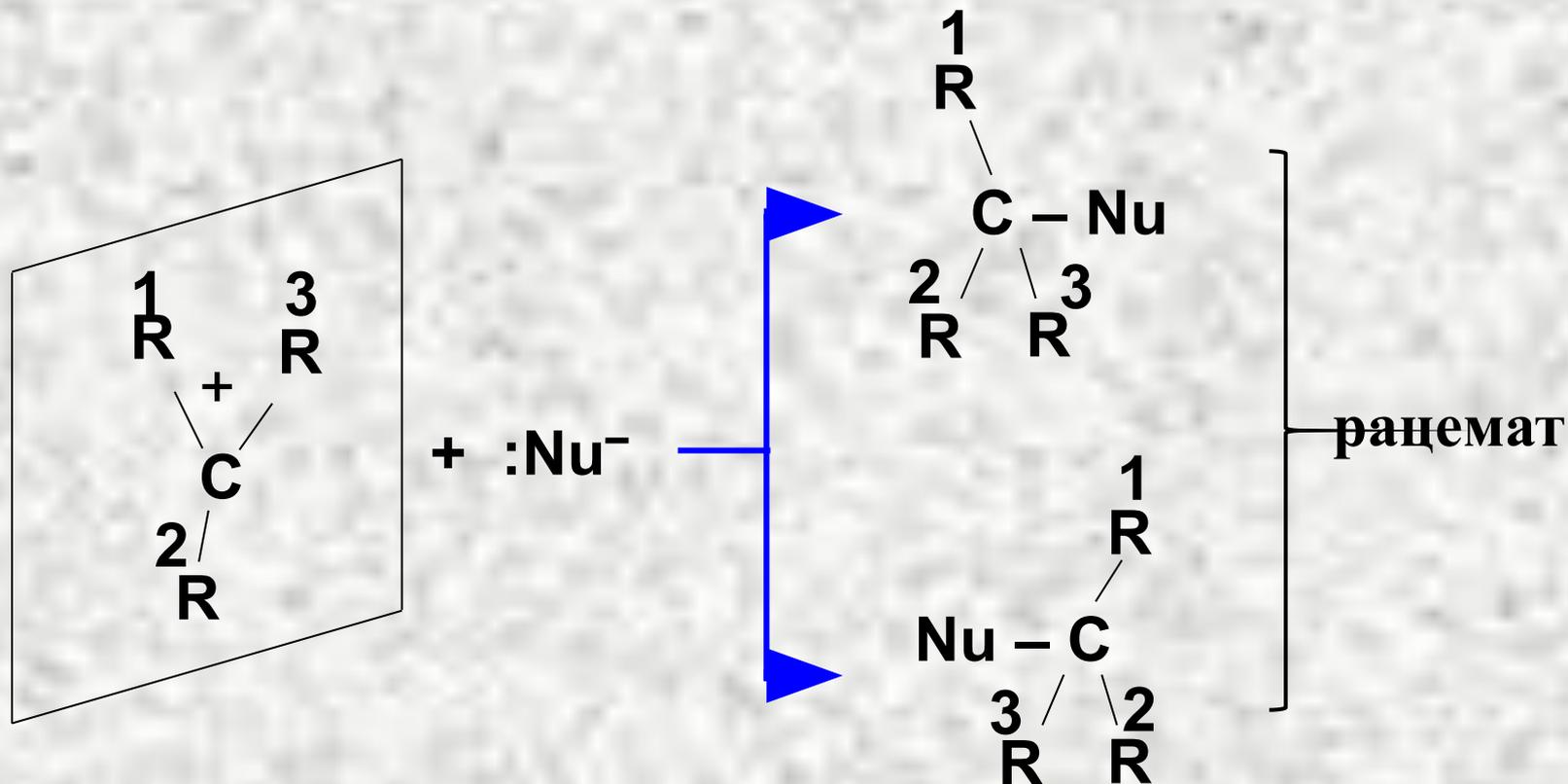
1. Первая стадия: ионизация галогенопроизводного (*медленная стадия*).



карбокатион  
(плоская конфигурация)

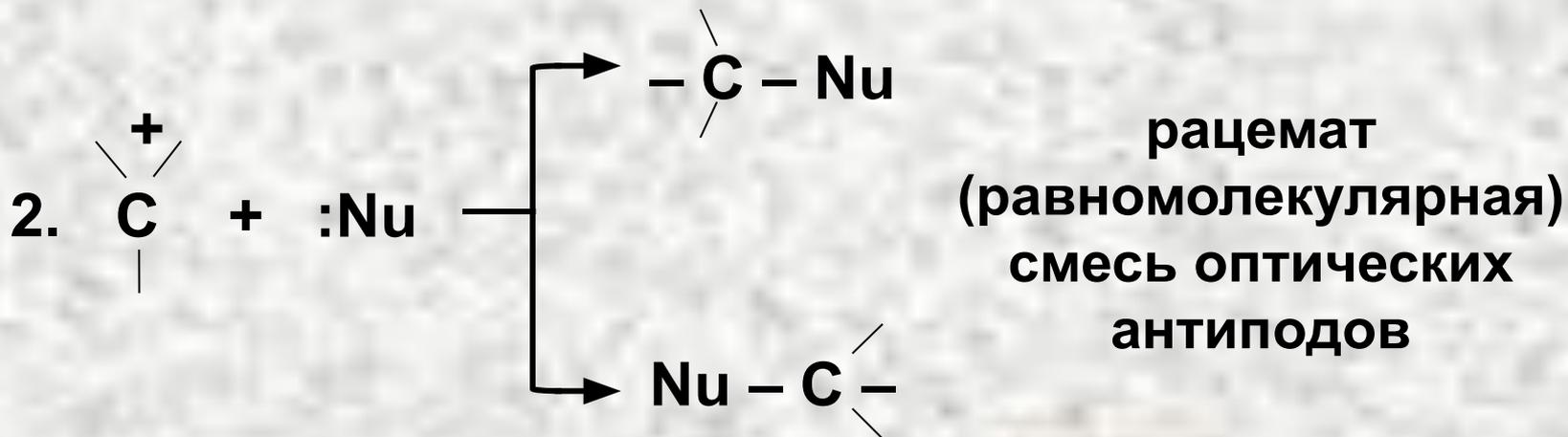
# СТЕРЕОХИМИЯ S<sub>N</sub>1-Реакций

2. Вторая стадия (*быстрая*): подход нуклеофила возможен с любой стороны плоскости.



# СТЕРЕОХИМИЯ S<sub>N</sub>1-Реакций

*повторение пройденного*

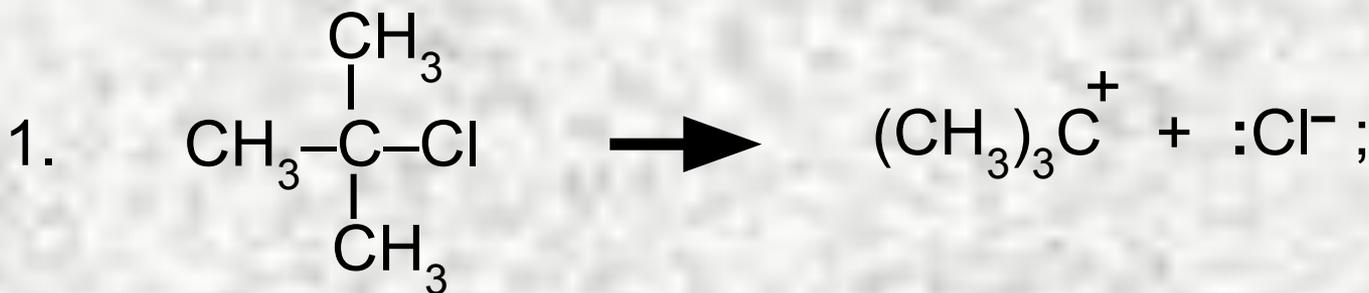


# КИНЕТИКА S<sub>N</sub>1-Реакций

*повторение пройденного*

Скорость S<sub>N</sub>1 – реакции определяется кинетическим уравнением первого порядка, т. е. зависит только от концентрации RX:

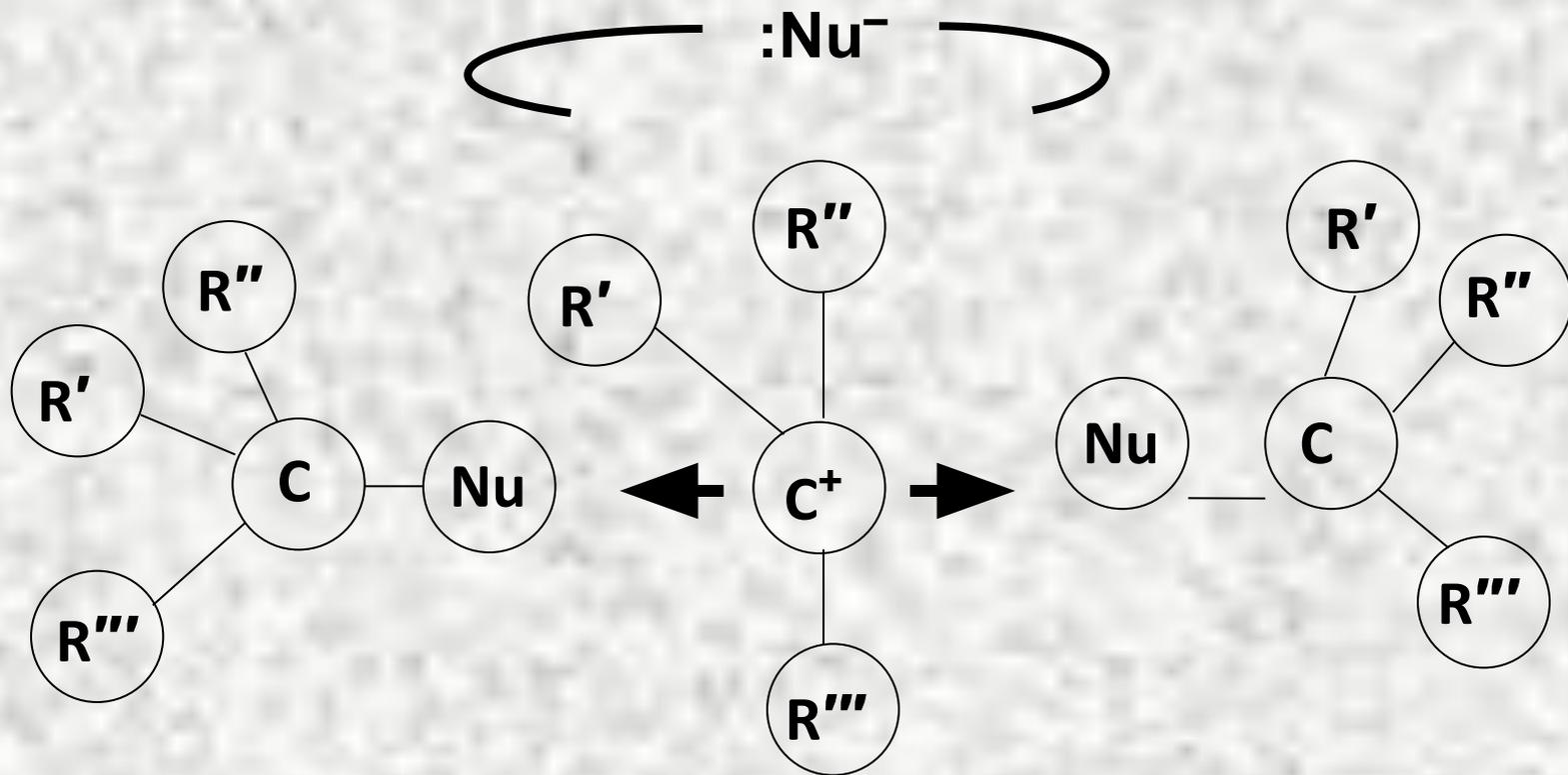
$$v = k [(CH_3)_3C-Cl]$$



# СТЕХЕОХИМИЯ $S_N1$ – РЕАКЦИЙ

Конечный продукт  $S_N1$  – реакции представляет собой смесь оптических антиподов – рацемат. Образование рацемата можно представить из схемы:

# СТЕХЕОХИМИЯ $S_N1$ – РЕАКЦИЙ

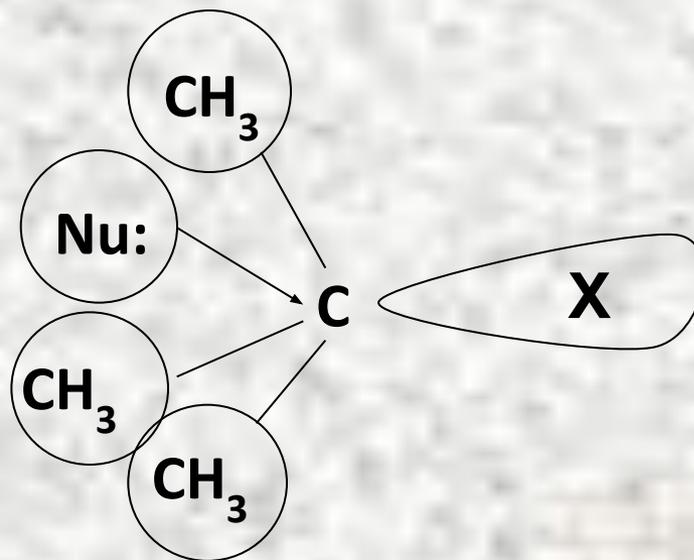


**подход нуклеофила возможен с любой стороны плоского карбкатиона**

# S<sub>N</sub>2 – РЕАКЦИИ



## **СТЕРИЧЕСКИЕ (ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ) ЗАТРУДНЕНИЯ**



# $S_N1$ – МЕХАНИЗМ: РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ

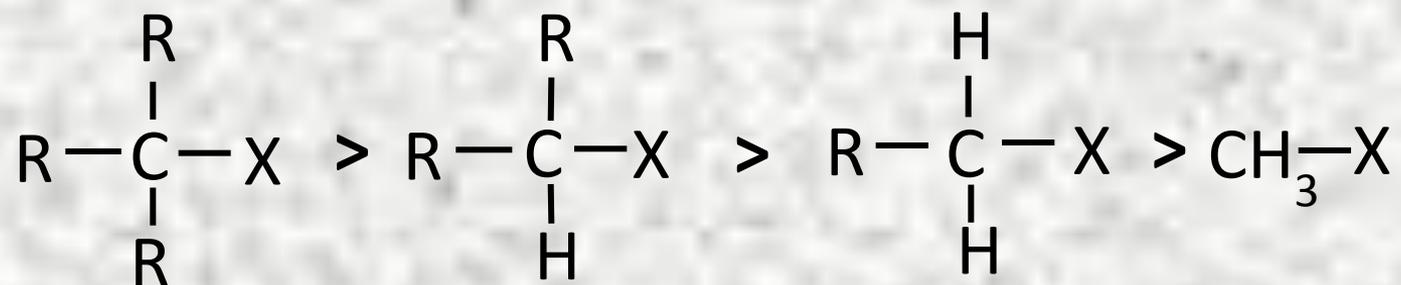
Выше отмечалось, что  $S_N1$  – реакция – двухстадийный процесс, общая скорость которого определяется лимитирующей стадией, т. е. стадией образования карбокатиона:



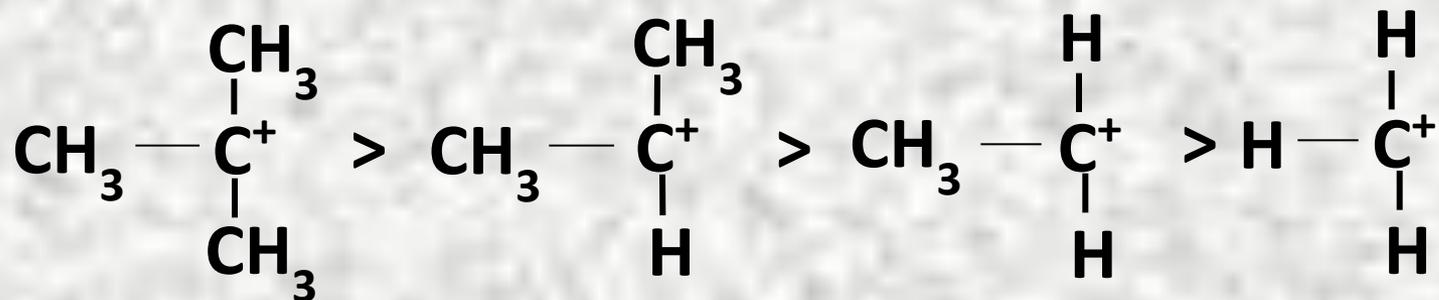
Поэтому реакционная способность  $RX$  изменяется в том же направлении, что и устойчивость карбокатионов.

# $S_N1$ – МЕХАНИЗМ: РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ

Реакционная способность  $RX$  в  $S_N1$  – реакции уменьшается в ряду:



Такой порядок реакционной способности  $RX$  соответствует ряду изменения устойчивости карбокатионов:



третичный

вторичный

первичный

метил-  
катион

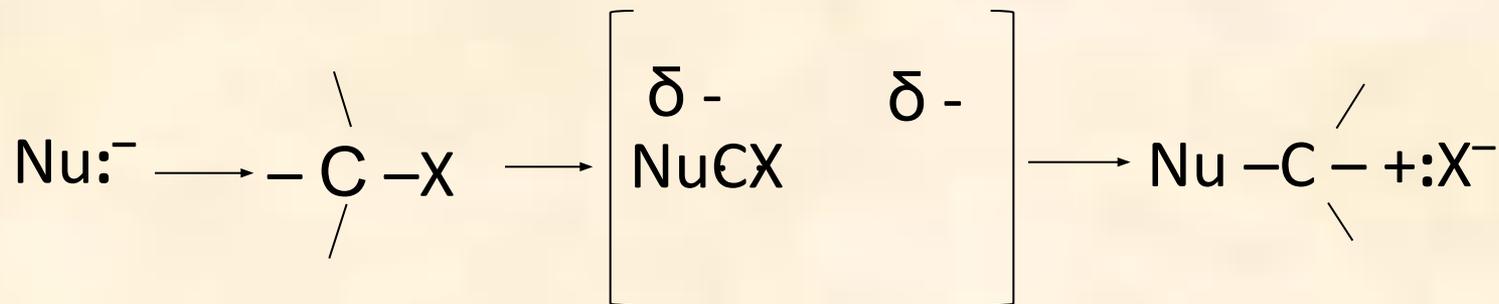
# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

## Механизм $SN_2$

(бимолекулярное нуклеофильное замещение)

$SN_2$  – реакция – одностадийный процесс, в ходе которого присоединение нуклеофила  $:Nu^-$  и удаление уходящей группы  $:X^-$  происходит одновременно.

В ходе реакции возникает переходное состояние с пятивалентным атомом углерода :



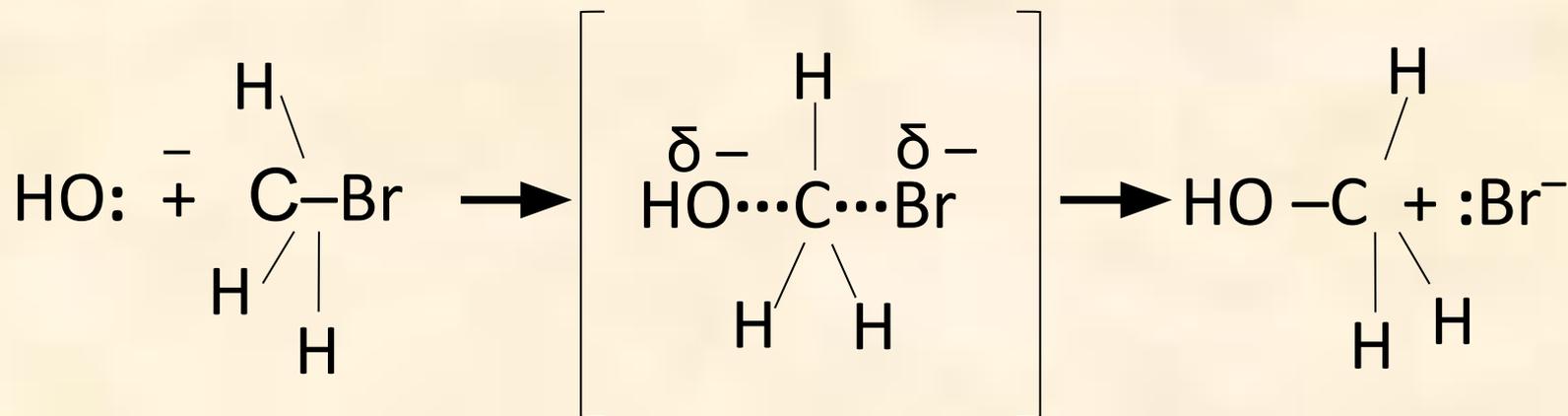
**переходное состояние:** углерод связан с пятью группами; заряд распределен между вступающей и уходящей группами

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Такой механизм согласуется с данными по кинетике, стереохимии и реакционной способности процесса:

## 1. Кинетические данные:

В качестве примера рассмотрим реакцию бромистого метила с гидроксид-ионом, приводящую к метиловому спирту:



## ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

В решающей стадии реакции участвуют оба реагента и  $\text{HO}^-$  и  $\text{CH}_3\text{Br}$ , следовательно скорость реакции должна быть пропорциональна концентрации обоих реагентов:

$$v = K [\text{HO}^-][\text{CH}_3\text{Br}]$$

**(кинетическое уравнение второго порядка)**

Эксперименты показывают, что это действительно так, т. е.  $\text{SN}_2$  – реакция имеет второй порядок.

## 2. СТЕРЕОХИМИЯ $S_N2$ – ЗАМЕЩЕНИЯ:

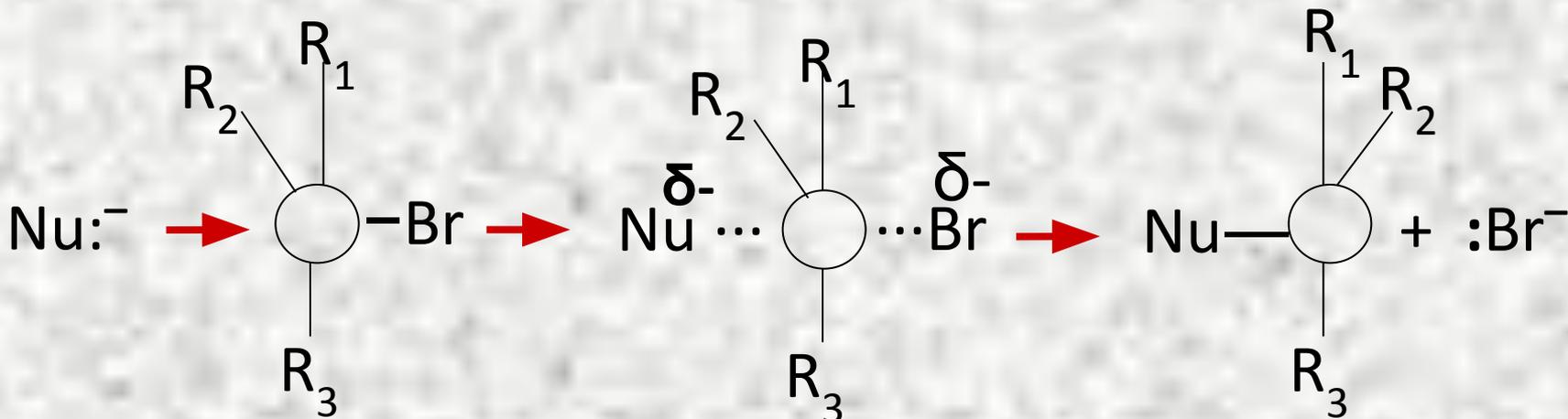
Изучение  $S_N$  – реакций на примере оптически активных алкилгалогенидов (и др. веществ) показало, что в том случае, когда реакция имеет второй порядок (т. е. в случае  $S_N2$  – замещения) конечный продукт имеет конфигурацию противоположную конфигурации исходного вещества (является оптическим антиподом).

### ВАЛЬДЕНОВСКОЕ ОБРАЩЕНИЕ

(П. Вальден, кон. XIX в.).

Процесс обращения конфигурации можно сравнить с выворачиванием зонтика от сильного ветра. Роль «ветра» здесь играет нуклеофил  $:Nu^-$ , роль «спиц»-валентные связи:

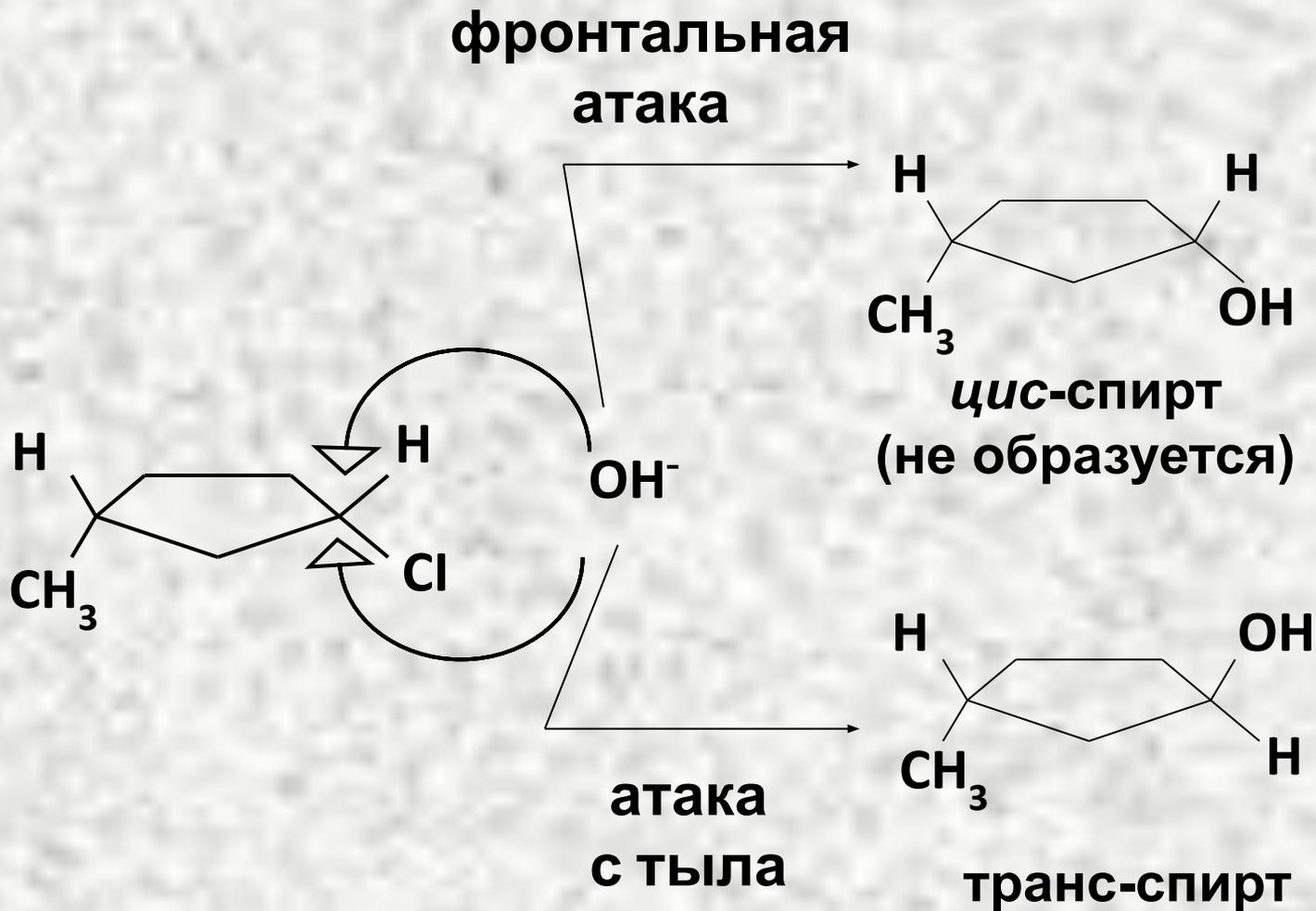
## 2. СТЕРЕОХИМИЯ $S_N2$ – ЗАМЕЩЕНИЯ:



Обращение конфигурации в  $S_N2$  – реакция указывает на то, что нуклеофил атакует молекулу с тыла, т. е. со стороны, противоположной той, где находится галоген. Если бы нуклеофил атаковал молекулу с той же стороны, где находится галоген (фронтальная атака), то обращения конфигурации не наблюдалось бы.

Это наглядно видно на примере взаимодействия гидроксид-иона с цис-3-метилциклопентилхлоридом:

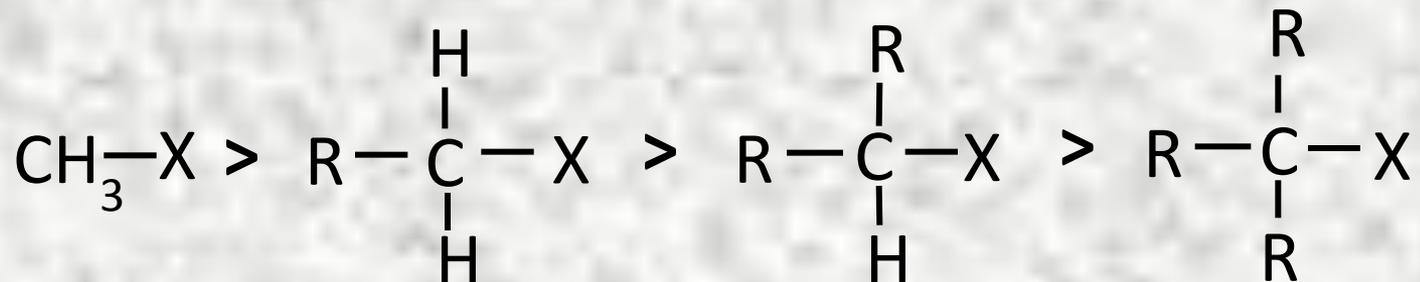
# $S_N2$ – РЕАКЦИЯ: ОБРАЩЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ



# $S_N2$ – РЕАКЦИЯ

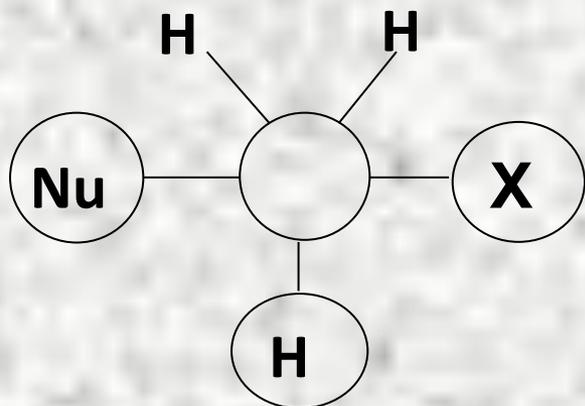
## 3. Данные по реакционной способности:

В  $S_N2$  – реакциях реакционная способность  $RX$  уменьшается в следующем порядке:

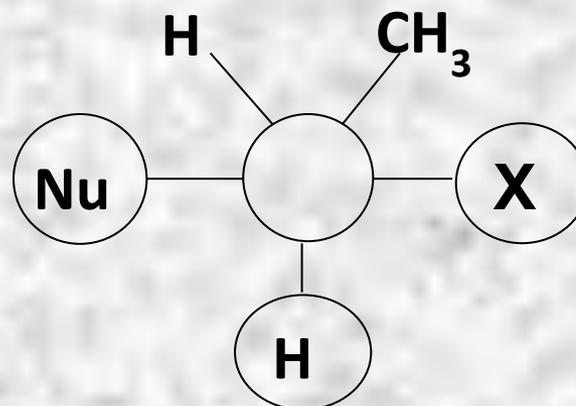


Для объяснения данной закономерности нужно рассмотреть влияние пространственных факторов в реакциях  $S_N2$  – замещения:

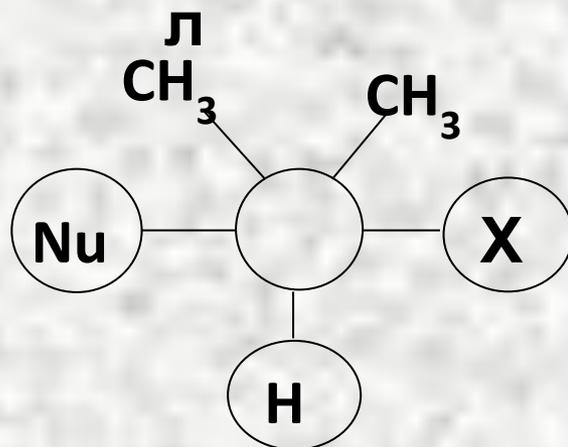
# Пространственные факторы в $S_N2$ – реакциях.



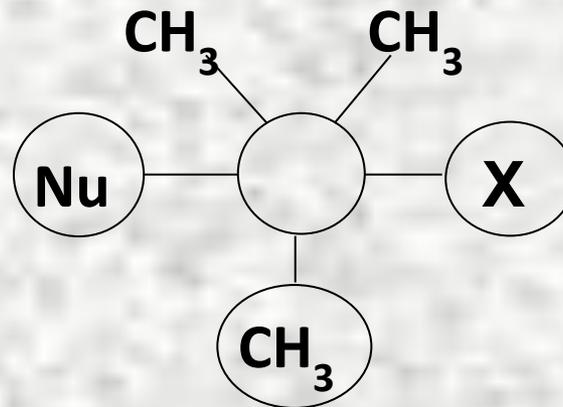
**мети**



**этил**



**изопропи  
л**



**трет-  
бутил**

# Пространственные факторы в $S_N2$ – реакциях.

Увеличение числа алкильных заместителей создает пространственные препятствия для приближения атакующего реагента с тыльной стороны. Более объемным заместителям труднее разместиться вокруг центрального углерода, это повышает энергию переходного состояния и замедляет реакцию.

# ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ФАКТОРОВ И ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ В S<sub>N</sub>2 – РЕАКЦИЯХ

## Механизму S<sub>N</sub>1 способствуют:

- 1) Большой объем заместителей (центральный углерод третичный или вторичный).
- 2) Растворитель с большой диэлектрической постоянной.
- 3) Малоактивный нуклеофильный реагент.
- 4) Легко уходящая группа X.

## Механизму S<sub>N</sub>2 способствуют:

- 1) Малый объем заместителей (центральный углерод первичный или вторичный).
- 2) Растворитель с малой диэлектрической постоянной.
- 3) Активный нуклеофильный реагент.
- 4) Трудно уходящая группа X.

## ВЛИЯНИЕ АЛКИЛЬНОГО РАДИКАЛА:

Полезно правило: первичные алкилгалогениды реагируют по механизму  $S_N2$ , а третичные – по механизму  $S_N1$ .

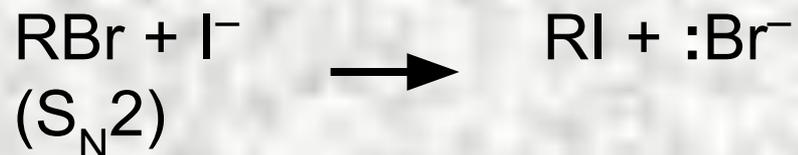
## ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Скорость  $SN_2$  – реакции  
возрастает

$RX=CH$  X, первичный, вторичный, третичный

Скорость  $SN_1$  – реакции  
возрастает

# СРАВНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ РЕАКЦИЙ S<sub>N</sub>1 И S<sub>N</sub>2



R	Относительная скорость S <sub>N</sub> 2-реакции	Относительная скорость S <sub>N</sub> 1-реакции
– CH <sub>3</sub>	145	1,05
– CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	1	1
– CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	8•10 <sup>3</sup>	12
– C(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	5•10 <sup>4</sup>	1,2•10 <sup>5</sup>

# S<sub>N</sub> - РЕАКЦИИ

## НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

**Нуклеофил** – частица, предоставляющая электронную пару другому атому:



нуклеофил атакует  
электронодефицитный  
участок другой молекулы

**Основание** – частица, предоставляющая электронную пару для связывания протона (H<sup>+</sup>):



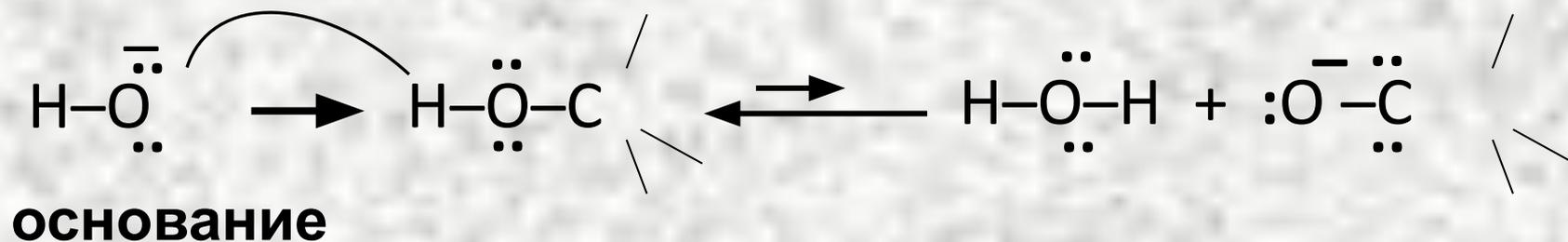
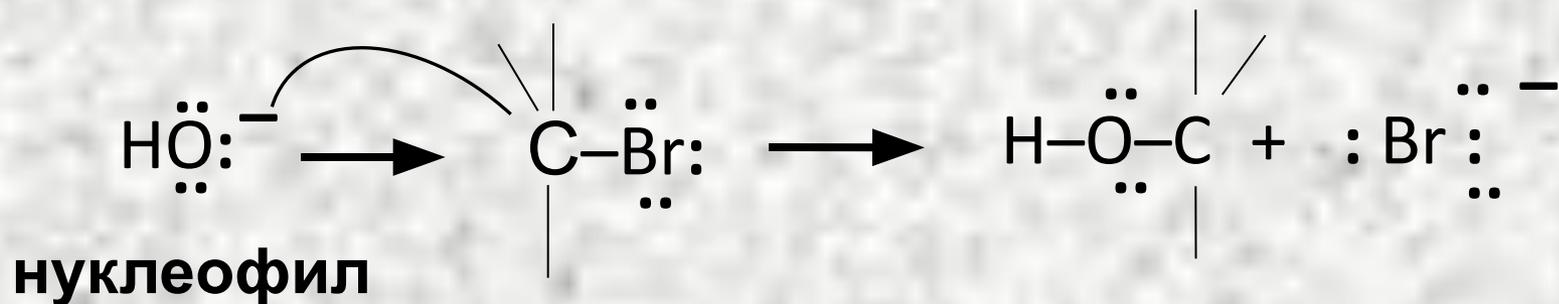
# НУКЛЕОФИЛ И ОСНОВАНИЕ

**Общее:** и нуклеофил, и основание – доноры электронных пар.

**Различие:** если электронной парой частицы атакуется углерод, то частицу называют «нуклеофилом», если протон – «основанием».

**Вывод:** термины «нуклеофил» и «основание» могут быть использованы для описания одних и тех же частиц, но участвующих в различных реакциях :

# НУКЛЕОФИЛ И ОСНОВАНИЕ



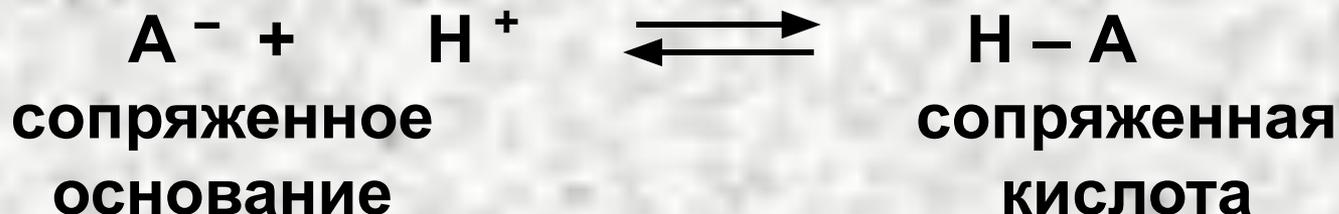
# НУКЛЕОФИЛЬНОСТЬ И ОСНОВНОСТЬ:

**Нуклеофильность частицы** – способность к взаимодействию за счет своей электронной пары с атомом углерода.

**Основность частицы** – способность связывать протон за счет своей электронной пары.

Основность частицы можно оценить по константе диссоциации кислоты, сопряженной данному основанию:

# СОПРЯЖЕННАЯ КИСЛОТА И ОСНОВАНИЕ



**Правило:** Чем сильнее кислота, тем слабее сопряженное ей основание и, наоборот, сильному основанию соответствует слабая сопряженная кислота:

**Сила кислот:**



**Сила оснований:**



# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Нуклеофильность реагентов не всегда изменяется параллельно их основности:

**нуклеофильность растёт:**



**основность растёт:**

Нуклеофильность частицы (аниона) зависит от двух свойств: основности и поляризуемости:

нуклеофильность =  $f$  (основность, поляризуемость)

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Правило: 1. Если атакующий атом один и тот же, то нуклеофильность аниона прямо пропорциональна его основности:



основность и нуклеофильность растут

2. Если атакующие атомы (нуклеофильные центры) различны по природе, то нуклеофильность пропорциональна их поляризуемости:

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

**нуклеофильность растет**

**(основность падает)**



**поляризуемость растет**

**Поляризуемость электронов** – способность электронов смещаться под воздействием внешнего электрического поля (деформация внешней электронной оболочки).

Поляризуемость растет с **увеличением радиуса частицы (атома, иона)** и **уменьшением его заряда**.

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Наименее прочно удерживаются несвязывающие электроны, откуда следует, что атом, выступая в качестве нуклеофила, использует, как правило, несвязывающие электроны: **порядок нуклеофильности:**

несвязывающие электроны >>  $\pi$ -связывающие электроны >>  $\sigma$ -связывающие электроны

## Природа уходящей группы X

**Правило:** Хорошие уходящие группы, покидая молекулу, обозначают устойчивые ионы. Плохие уходящие группы образуют нестойкие ионы.

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Из этого правила следует: сильные основания обычно бывают плохими уходящими группами; слабые основания обычно являются хорошими уходящими группами, т. е.

**[Существует обратное соотношение между основностью частицы и ее способностью быть уходящей группой.]**

**основность растет:**



**$F^-$  ,  $Cl^-$  ,  $Br^-$  ,  $I^-$**



**способность быть уходящей группой растет:**

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

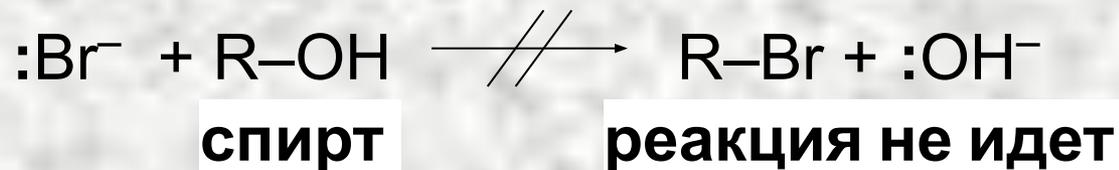
**плохие** уходящие группы (сильные основания):



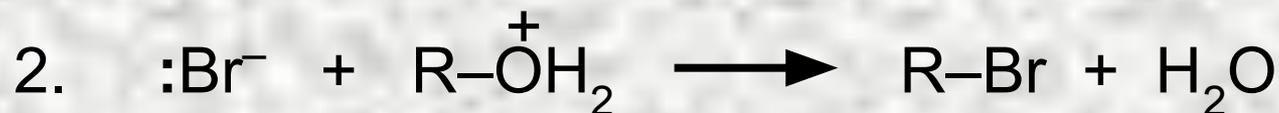
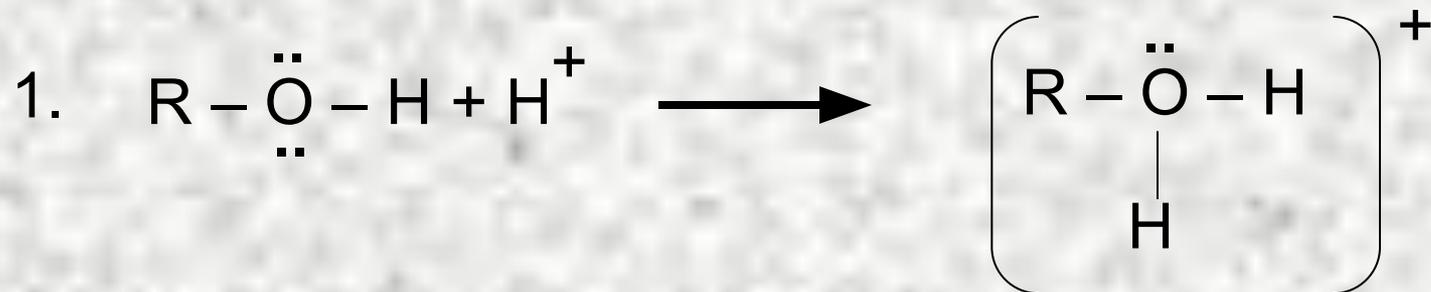
**хорошие** уходящие группы (слабые основания):



ион  $:\text{OH}^-$  – более сильное основание, чем  $\text{H}_2\text{O}:$  и является худшей уходящей группой, чем вода:



# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ



**замещение идет хорошо**

---

**Протонные растворители** – растворители типа воды  $\text{H}_2\text{O}$  и спиртов  $\text{R}-\text{OH}$ ; эти растворители содержат водород, связанный с кислородом (или другим сильно электроотрицательным элементом) и вследствие этого довольно кислый.

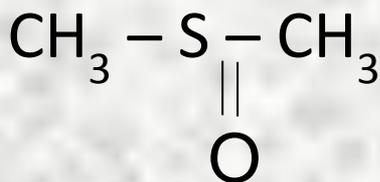
# ПРИРОДА РАСТВОРИТЕЛЯ

**Протонные растворители** – растворители типа воды  $\text{HOH}$  и спиртов  $\text{R} - \text{OH}$ ; эти растворители содержат водород, связанный с кислородом (или другим сильно электроотрицательным элементом) и вследствие этого довольно кислый.

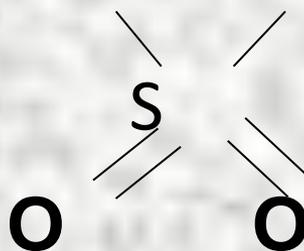
# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Образуя водородные связи с анионами такие растворители понижают их основность, а следовательно и нуклеофильность.

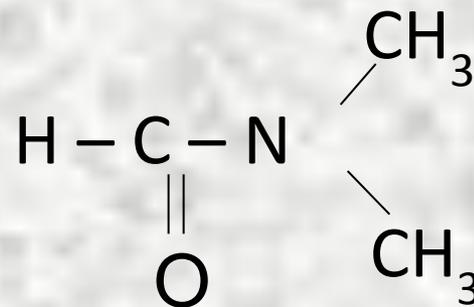
## АПРОТОННЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ:



диметил-  
сульфоксид  
(ДМСО)



сульфофан



N, N-диметил-  
формаид (ДМФ)

# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

**Апротонные растворители** – полярные растворители с высокой диэлектрической проницаемостью, но не способны к образованию водородных связей.

Они составляют анионы относительно свободными и сильно реакционноспособными (высоко нуклеофильными).

## Реакции отщепления:

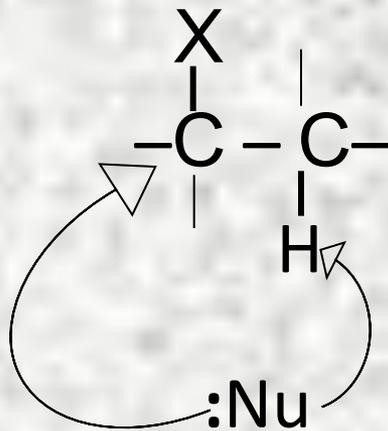
Реакции отщепления приводят к образованию алкенов. Эти реакции часто конкурируют с реакциями нуклеофильного замещения:



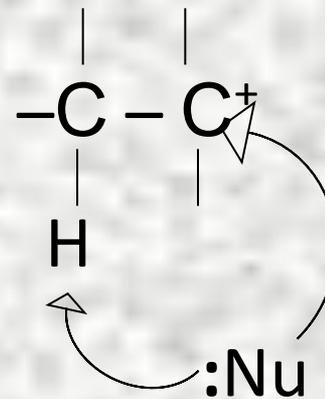
# ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Реакциям отщепления способствует высокая  $t^\circ$  и основность среды.

Конкуренция реакций замещения ( $S_N$ -реакций) и отщепления (E-реакций)



$S_N2, E2$



$S_N1, E1$



## ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ



**Фреоны** ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ )– галогеналканы, фторсодержащие производные насыщенных углеводородов, используемые как хладагенты. Это бесцветные газы или жидкости, без характерного запаха, очень инертны, не горят в воздухе, взрывобезопасны.