



Химические реакции, или химические явления, — это процессы, в результате которых из одних веществ образуются другие, отличающиеся от них по составу и (или) строению.

При химических реакциях обязательно происходит изменение веществ, при котором рвутся старые и образуются новые связи между атомами.

Химические реакции следует отличать от *ядерных реакций*. В результате химической реакции общее число атомов каждого химического элемента и его изотопный состав не меняются. Иное дело ядерные реакции — процессы превращения атомных ядер в результате их взаимодействия с другими ядрами или элементарными частицами, например, превращение алюминия в магний:

$$Al + H = Mg + He$$

Классификация химических реакций многопланова, т.е. в ее основу могут быть положены различные признаки. Но под любой из таких признаков могут быть отнесены реакции как между неорганическими, так и между органическими веществами.



Классификация химических реакций по числу и составу реагирующих веществ. Реакции, идущие без изменения состава вещества

В неорганической химии к таким реакциям можно отнести процессы получения аллотропных модификаций одного химического элемента, например:

$$C_{(zpa\dot{\phi}um)} = C_{(avnas)}$$

$$S_{(pамбическая)} = S_{(монокличная)}$$

$$P_{(\textit{белый})} \neq P_{(\textit{красный})}$$

$$Sn_{(беловалово)} \Rightarrow Sn_{(серовалово)}$$

$$3O_{2(\kappa u c \pi o p o d)} = 2O_{3(o 3 o \kappa)}$$

В органической химии к этому типу реакций могут быть отнесены реакции изомеризации, которые идут без изменения не только качественного, но и количественного состава молекул веществ, например: 1. Изомеризация алканов.

$$\begin{array}{c} \mathrm{CH_{3}-CH_{2}-CH_{2}-CH_{2}-CH_{3}-\stackrel{\mathrm{AlCl_{3}},\ \ell}{\longrightarrow}\ \mathrm{CH_{3}-CH-CH_{2}-CH_{3}}.} \\ \mathrm{CH_{3}-CH_{2}-CH_{2}-CH_{3}-\stackrel{\mathrm{AlCl_{3}},\ \ell}{\longrightarrow}\ \mathrm{CH_{3}-CH_{3}-CH_{3}-CH_{3}-CH_{3}}.} \end{array}$$

Реакция изомеризации алканов имеет большое практическое значение, т.к. углеводороды изостроения обладают меньшей способностью к детонации.

2. Изомеризация алкенов.

$$\begin{array}{c} \text{CH}_{3} - \text{CH}_{2} - \text{CH} = \text{CH}_{2} \\ \text{бутен-1} \end{array} \xrightarrow{\begin{array}{c} 500 \text{ °C} \\ \text{SiO}_{2} \\ \hline 250 \text{ °C} \\ \text{Al}_{2}\text{O}_{3} \end{array}} \begin{array}{c} \text{CH}_{3} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_{3} \\ \text{бутен-2} \\ \text{CH}_{3} \\ \hline \text{CH}_{3} \\ \hline 2\text{-метилпропен} \\ \text{(изобутилен)} \end{array}$$

3. Изомеризация алкинов (реакция А. Е. Фаворского).

Изомеризация галогеналканов (А. Е. Фаворский).



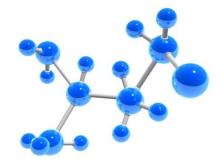
5. Изомеризация цианата аммония при нагревании.

$$NH_4OCN \rightleftharpoons NH_2 C=O.$$
цианат NH_2 мочевина

Впервые мочевина была синтезирована Ф. Велером в 1882 г. изомеризацией цианата аммония при нагревании.

Неорганическая химия

• по числу и составу исходных веществ и продуктов реакции реакция соединения реакция разложения реакция замещения реакция обмена



Реакция соединения

• <u>Реакция соединения</u> — реакция, в ходе, которой из нескольких простых и сложных веществ образуется одно более сложное вещество.

Взаимодействие оксида кальция с водой $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

Реакция разложения

• **Реакция разложения** — реакция, в которой из одного исходного вещества образуется несколько новых веществ.

Электролиз воды

$$2H_2O = 2H_2 + O_2 \square$$

Разложение нитрата калия

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2 \square$$

Реакция замещения

• Реакция замещения — реакция между простым и сложным веществами, в результате которой атомы простого вещества замещают атомы одного из элементов сложного вещества.

Взаимодействие цинка с соляной кислотой $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \square$

Реакция обмена

• Реакция обмена — реакция, в результате которой два вещества обмениваются своими составными частями, образуя два новых вещества.

Взаимодействие растворов сульфата меди (II) и гидроксида калия

$$CuSO_4 + 2KOH = Cu(OH)_2 \square + K_2SO_4$$

Назовите типы реакций

$$Zn + 2 HC1$$
 $ZnCl_2 + H_2$

$$NaOH + HC1 \longrightarrow aC1 + H_2O$$

$$CaO + H_2O - Ca(OH)_2$$

$$CaCO_3$$
 $EaO + CO_2$



• по тепловому эффекту

экзотермическая реакция

эндотермическая реакция

• Экзотермические реакции — реакции, протекающие с выделением энергии (тепла).

Горение фосфора в кислороде

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5 + Q кДж$$



• Эндотермические реакции — реакции, протекающие с поглощением энергии (тепла).

Горение азота в атмосфере кислорода

$$N_2 + O_2 = 2NO - Q кДж$$

Очевидно, что к ним относятся почти все реакции разложения, например:

а) обжиг известняка:

$$CaCO_3 \xrightarrow{f^*} CaO + CO_2 \uparrow -Q;$$

б) крекинг бутана:

$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 - \text{CH}_3 \longrightarrow \\ \text{бутан} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \overset{t^\circ}{\text{СH}_2} = \text{CH}_2 + \text{CH}_3 - \text{CH}_3 - Q \\ \xrightarrow{\text{этен}} & \text{этан} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_4 + \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 - Q. \\ \text{метан} & \text{пропен} \end{array}$$

Количество выделенной или поглощенной в результате реакции энергии называют тепловым эффектом реакции, а уравнение химической реакции с указанием этого эффекта называют термохимическим уравнением, например:

$$H_{2(z)} + Cl_{2(z)} = 2HCl_{(z)} + 92.3$$
қДж,
 $N_{2(z)} + O_{2(z)} = 2NO_{(z)} - 90.4$ қДж.

Назовите типы реакций

$$3 H_2 + N_2 \Leftrightarrow NH_3 + Q$$



2

По степени окисления элементов:

- Окислительно-восстановительные (OBP)

$$4P^0 + 5O_2^0 = 2P_2^{+5}O_5^{-2}$$

- Без изменения степеней окисления



В органической химии ярким примером окислительно-восстановительных реакций могут служить свойства альдегидов:

1. Альдегиды восстанавливаются в соответствующие спирты:

уксусный альдегид

$$C + 2e$$
 $\xrightarrow{\text{восстановленив}-1}$ $C + 2e$ $\xrightarrow{\text{восстановленив}-1}$ $C = 1$

$$\stackrel{0}{H}_{2}-2\,\overline{e}\stackrel{\mathit{onuclehus}}{\to}\stackrel{+1}{2H}\,\Big|\,\,1$$

восстановитель

0-0

2. Альдегиды окисляются в соответствующие кислоты:

$$CH_{3} - C_{\stackrel{+1}{H}}^{\stackrel{-2}{10}} + Ag_{2}O \rightarrow CH_{3} - AgCOOH + 2Ag$$
 этиловый спирт

уксусный альдегид

$$C - 2\overline{e}$$
 окисление+3 C 1

восстановитель

$$2Ag + 2e$$
 \rightarrow $2Ag$ 1

По равновесию между исходными веществами и продуктами:

- Обратимые

$$3 H_2 + N_2 \iff NH_3 + Q$$

- Необратимые

По наличию катализатора:

- Каталитические

$$2SO_2 + O_2 \stackrel{\text{Rat}, p, t}{\longleftrightarrow} 2SO_3$$

- Некаталитические

$$S+O_2=SO_2$$

По числу фаз:

- Гомогенные

- Гетерогенные

Гетерогенные реакции.

Это реакции, в которых реагирующие вещества и продукты реакции находятся в разных агрегатных состояниях (в разных фазах):

$$2Al_{(m)} + 3CuCl_{2(p-p)} = 3Cu_{(m)} + 2AlCl_{3(p-p)},$$

$$CaC_{2(m)} + 2H_2O_{(\infty)} = C_2H_2 \uparrow + Ca(OH)_{2(p-p)}.$$

Гомогенные реакции.

Это реакции, в которых реагирующие вещества и продукты реакции находятся в одном агрегатном состоянии (в одной фазе):

$$\begin{array}{c} H_{2(r)} + F_{2(r)} = 2HF_{(r)}, \\ CH_{3}COOH_{(p,p)} + C_{2}H_{5}OH_{(p,p)} \xrightarrow{H_{2}SO_{4},\ r^{\circ}} CH_{3} - C \xrightarrow{O} O + H_{2}O_{(\aleph)}, \\ \text{уксусная кислота этиловый спирт} \\ \text{уксусно-этиловый эфир} \end{array}$$



Типы реакций в органической химии

Типы реакций

Все реакции можно формально разделить на:

- 1) Замещение
- 2) Присоединение
- 3) Отщепление
- 4) Окисление
- 5) Обмен
- 6) Полимеризация
- 7) Изомеризация

Замещение

реакции, в результате которых осуществляется замена одного атома или группы атомов в исходной молекуле (или субстрате) на другие атомы или группы атомов.

$$CH_4 + Cl_2 \square CH_3CI + HCI$$

Предметом изучения органической химии являются не простые вещества, а только соединения. Поэтому как пример реакции замещения приведем наиболее характерное свойство предельных соединений, в частности метана, — способность его атомов водорода замещаться на атомы галогена:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{hv} CH_3Cl + HCl$$
, хлорметан $CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$, дихлорметан

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl,$$
 $mpucropmeman$

$$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl.$$
 $mempaxxopmemax$

Другой пример — бромирование ароматического соединения (бензола, толуола, анилина):

$$C_6 H_6 B r_2 \to C_6 H_5 B r + H B r.$$
 бромбензол

Обратим внимание на особенность реакций замещения у органических веществ: в результате таких реакций образуются не простое и сложное вещества, как в неорганической химии, а два сложных вещества.



Обратим внимание на особенность реакций замещения у органических веществ: в результате таких реакций образуются не простое и сложное вещества, как в неорганической химии, а два сложных вещества.

В органической химии к реакциям замещения относят и некоторые реакции между двумя сложными веществами, например, нитрование бензола:

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4({\it кону.}), \ f} C_6H_5NO_2 + H_2O$$
 бензал нитробензал

Она формально является реакцией обмена. То, что это реакция замещения, становится понятным только при рассмотрении ее механизма.

реакции, в результате которых две или более молекул реагирующих веществ соединяются в одну.

В реакции присоединения вступают ненасыщенные соединения (например, алкены и алкины).

<u>Гидрирование</u> (восстановление) – присоединение водорода по кратной связи.

(«гидр» от «Hydrogenium» - водород)

$$CH_3$$
— $CH = CH_2 + H_2 \square CH_3$ — CH_2 — CH_3

<u>Гидрогалогенирование</u> – присоединение галогеноводорода (например, гидрохлорирование). (от «гидр» - водород, «галоген» галоген (представитель 7 группы гл. подгруппы)) $CH_2=CH_2 + HCI \square CH_3 - CH_2 - CI$

<u>Галогенирование</u> – присоединение галогена (например, бромирование).

$$CH_2 = CH_2 + CI_2 \square CH_2CI \longrightarrow CH_2CI$$

<u>Гидратация</u> –

присоединение воды («гидро» - вода)

$$CH_2=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2-OH$$



В органической химии реакции соединения принято называть реакциями присоединения. Все многообразие таких реакций можно рассмотреть на примере блока реакций, характеризующих свойства непредельных веществ, например этилена:

1) реакция гидрирования - присоединение водорода:

$$CH_{2} = CH_{2} + H_{2} \xrightarrow{Ni, \, t} CH_{3} - CH_{3};$$

2) реакция гидратации - присоединение воды:

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_3PO_4, f} C_2H_5OH;$$

3) реакция полимеризации:

$$nCH_2 = CH_2 \xrightarrow{p, \text{ kam., f}} (-CH_2 - CH_2 -)_n$$

$$mureh \xrightarrow{pmureh} norwsmureh$$

реакции, в результате которых из молекулы исходного соединения образуются молекулы нескольких новых веществ.

Иное название реакций отщепления – реакции <u>элиминирования</u> от лат. elimino — изгоняю.



В органической химии реакции разложения можно рассмотреть на примере блока реакций получения этилена в лаборатории и промышленности:

1) реакция дегидратации (отщепления воды) этанола:

$$C_{2}H_{5}OH\overset{H_{2}SO_{4},\,f}{\to}CH_{2}=CH_{2}+H_{2}O;$$

2) реакция дегидрирования (отщепления водорода) этана:

$$CH_{3}\text{--}CH_{3}\overset{Cr_{2}O_{3},\;500^{\circ}C}{\rightarrow}CH_{2}=CH_{2}+H_{2}^{}\uparrow;$$

3) реакция крекинга (расщепления) пропана:

$$CH_3 - CH_2CH_3 \xrightarrow{f} CH_2 = CH_2 + CH_4 \uparrow$$
.

Дегидрирование – отщепление водорода.

$$\text{CH}_{3}\text{--CH}_{3} \xrightarrow{400-600\,^{\circ}\text{C, Cr}_{2}\text{O}_{3}} \text{CH}_{2}\text{--CH}_{2} + \text{H}_{2}.$$

Дегидрогалогенирование – отщепление галогеноводородов.

$$CH_3$$
— $CH_2Cl + NaOH_{cпирт. p-p}$ \rightarrow CH_2 = $CH_2 + NaCl + H_2O$.

<u> Дегидратация</u> – отщепление воды

$$C_2H_5OH \square CH_2=CH_2+H_2O$$

<u>Дегалогенирование</u> – отщепление галогенов

$$CH_2Cl-CH_2Cl + Zn \xrightarrow{t} CH_2=CH_2 + ZnCl_2$$
.

Особое значение - реакции термического расщепления (пиролиза) углеводородов, на котором основан <u>КРЕКИН</u> (от англ. «to crack» – расщеплять).

$$\begin{array}{c} {\rm CH_3-CH_2-CH_3} \xrightarrow{500~{}^{\circ}\!{\rm C}} {\rm CH_2=CH_2+CH_4}, \\ {\rm CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3} \xrightarrow{400-500~{}^{\circ}\!{\rm C}} \\ \longrightarrow {\rm CH_3-CH_2-CH_2-CH_3+CH_2=CH-CH_3}. \end{array}$$

Окисление

Горение – реакция полного окисления (сгорания). При горении углеводородов выделяется углекислый газ и вода.

$$C_5H_{12} + 8O_2 = 5CO_2 + 6H_2O$$

Окисление

Неполное окисление веществамиокислителями (перманганат калия, серная кислота, оксид меди, кислород (при наличии катализатора))

$$CH_3-CH_2-OH + CuO = CH_3 - COH + Cu + H_2O$$

Обмен —

Реакций обмена в органической химии не так много.

Большинство - реакции «метатезиса» (двойного обмена)

HO:

- 1) Омыление (эфир + вода)
- 2) Нейтрализация (карбоновая кислоты + гидроксид металла)

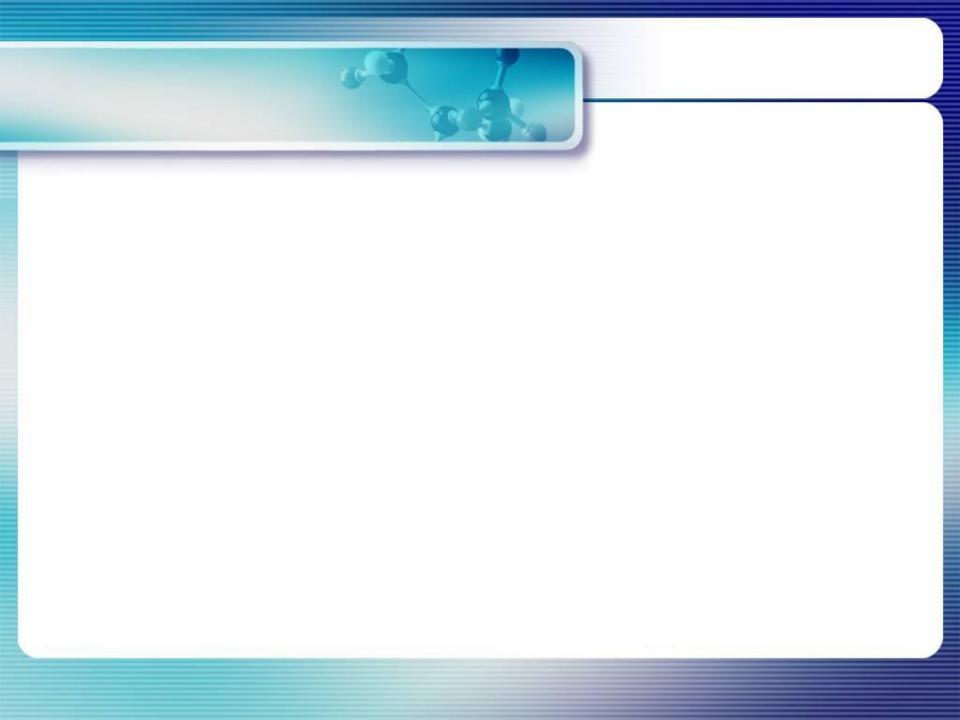
Обмен

1) Омыление (эфир + вода)

$$H_{2}C - O - OC - C_{17}H_{35}$$
 $CH_{2}OH$ $HC - O - OC - C_{17}H_{35}$ $+$ 3 NaOH \rightarrow CHOH $+$ 3 $C_{17}H_{35}COONa$ $CH_{2}OH$ $CH_{2}OH$

2) Нейтрализация (карбоновая кислоты + гидроксид металла)

 $2CH_3COOH+Ca(OH)_2 \square (CH_3COO)_2Ca+2H_2O$



Обмен

Этерификация –

реакция образования сложных эфиров при взаимодействии кислот и спиртов. (от др. греч. «этер» - эфир, и лат. «фацио» - делаю).

$$CH_3 - C_{O-H}^{O} + H - O_{-}^{18} C_2H_5 \longrightarrow CH_3 - C_{O-}^{18} C_2H_5$$

Полимеризация

особый тип реакций присоединения, в ходе которых молекулы вещества с небольшой молекулярной массой соединяются друг с другом с образованием молекул вещества с очень высокой молекулярной массой – макромолекул (полимеров)

$$nCH_2 = CH_2 \longrightarrow (... - CH_2 - CH_2 - ...)_n.$$
 этен полиэтилен

Изомеризация

реакции, в результате которых из молекул одного вещества образуются молекулы других веществ того же качественного и количественного состава (с той же молекулярной формулой).

$$\label{eq:ch3} \begin{split} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{AlCl}_3,\,450\,^{\circ}\text{C}} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3,\\ \text{CH}_3 \end{split}$$

н-пентан

2-метилбутан

2,2-диметилпропан

ЗАДАНИЕ 1.

Определите тип химической реакции.

Реакция	Тип реакции
$A).C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$	
Б).CH ₄ +Cl ₂ →CH ₃ Cl+HCl	
$B).H_2C = CH_2 + H_2 \rightarrow C_2H_6$	
Γ). H_3 C- CH_2 - $Cl \rightarrow H_2$ C= CH_2 + HCl	
\mathbb{Z}_2 \mathbb{H}_5 $\mathbb{O}\mathbb{H} \to \mathbb{C}_2\mathbb{H}_4 + \mathbb{H}_2\mathbb{O}$	
E) n $CH_2 = CH_2 \rightarrow (-CH_2 - CH_2 -)_n$	
\mathbb{K}). $\mathbb{C}_2\mathbb{H}_4$ + \mathbb{H} - $\mathbb{O}\mathbb{H} \to \mathbb{C}_2\mathbb{H}_5\mathbb{O}\mathbb{H}$	
3).CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃ →CH ₃ -CH ₃ + CH ₂ =CH ₂	

ЗАДАНИЕ 2

1. Дать определения следующим терминам: Химическая реакция Физическое явление Субстрат Реагент

2. Ответить письменно на вопрос:

К какому типу реакций относится:

- А) Получение хлорметана из метана
- Б) Получение бромбензола из бензола
- В) Получение хлорэтана их этилена
- Г) Получение этилена из этанола
- Д) Превращение бутана в изобутан
- Е) Дегидрирование этана
- Ж) Превращение бромэтана в этанол.

Привести уравнения реакций.

