

Алканы згараюць у кіслародзе. У выніку рэакцыі могуць утварацца CO_2 , CO , C і H_2O .

Алканы змяшчаюцца ў прыродным газе і нафце.

Алканы ў асноўным выкарыстоўваюцца ў якасці паліва, а таксама для атрымання іншых рэчываў (вадароду, ненасычаных вуглеводародаў).

Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненне рэакцыі манабрамавання этану.
2. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць пры ўзаемадзеянні *n*-бутану з хлорам. Лічыце, што толькі адзін атам вадароду ў малекуле *n*-бутану замяшчаецца на хлор. Падпішыце назвы арганічных рэчываў, якія ўтварыліся.
3. Колькі хлорвытворных можна атрымаць у выніку хларавання этану? Напішыце ўраўненні рэакцый атрымання ўсіх магчымых хлорвытворных этану, назавіце хлорвытворныя. Ці можна пры запісе ўраўненняў рэакцый у дадзеным выпадку выкарыстоўваць малекулярныя формулы?
4. Напішыце ўраўненне рэакцыі гарэння бутану ў лішку кіслароду. Які аб'ём (н. у.) вуглякіслага газу ўтвараецца пры спальванні 1 моль бутану?
5. Напішыце ўраўненне рэакцыі піролізу метану з утварэннем вадароду і вугляроду. Знайдзіце масу вугляроду, які можа быць атрыманы пры поўным раскладанні $44,8 \text{ дм}^3$ (н. у.) метану.
6. Назавіце асноўныя галіны прымянення алканаў.

§ 11. Устанаўленне формулы арганічнага рэчыва

Устанаўленне будовы хімічнага злучэння з'яўляецца прадметам навуковага даследавання. Складанасць дадзенай праблемы залежыць ад складанасці будовы злучэння. Першым этапам даследавання, як правіла, з'яўляецца вызначэнне малекулярнай формулы рэчыва. Разгледзім некаторыя спосабы ўстанаўлення формул арганічных рэчываў на дастаткова простых прыкладах.

Прыклад 1. *Больш за два стагоддзі таму хімікі ўжо ўмелі вызначаць якасны і колькасны састаў рэчываў. Напрыклад, было вядома, што ў састаў аднаго з арганічных рэчываў уваходзяць вуглярод і вадарод, прычым масавая доля вугляроду складае 75 %, а вадароду — 25 %. Гэта значыць, у 100 г рэчыва змяшчаецца 75 г вугляроду і 25 г вадароду. Выкарыстоўваючы гэтыя даныя, вызначце формулу арганічнага рэчыва.*

Паколькі невядомае арганічнае рэчыва складаецца толькі з вугляроду і вадароду, то яго малекулярную формулу можна прадставіць у выглядзе C_xH_y . Такім чынам, рашэнне задачы зводзіцца да знаходжання індэксаў x і y у формуле рэчыва. Індэксы x і y у формуле паказваюць колькасці атамаў вугляроду і вадароду ў малекуле арганічнага рэчыва, таму на першым этапе рашэння падобных задач неабходна знайсці найпрасцейшыя цэлалікавыя суадносіны паміж колькасцю атамаў вугляроду і вадароду ў невядомым рэчыве:

$$x : y = n(C) : n(H).$$

Па ўмове, маса атамаў вугляроду роўна 75 г, вадароду — 25 г. Тады:

$$x : y = n(C) : n(H) = \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{75}{12} : \frac{25}{1} = 6,25 : 25.$$

Дакладнасць прамежкавых вылічэнняў павінна адпавядаць дакладнасці зыходных даных, гэта значыць прамежкавыя значэнні павінны змяшчаць не менш значных лічбаў, чым даныя задачы.

Відавочна, што атрыманыя суадносіны не з'яўляюцца цэлалікавымі. Каб атрымаць цэлалікавыя значэнні індэксаў x і y , выконваюць наступныя дзеянні: спачатку ўсе лікі атрыманых суадносін дзеляць на найменшае (у адным выпадку ўжо будзе адзінка) і пры неабходнасці памнажаюць атрыманыя лікі на натуральны лік (2, 3 і г. д.) для атрымання цэлалікавых суадносін:

$$x : y = \frac{6,25}{6,25} : \frac{25}{6,25} = 1,00 : 4,00, \text{ або } 1 : 4.$$

Тады формула злучэння — CH_4 . Гэта рэчыва нам добра вядома, яно называецца **метан**.

Адказ: CH_4 .

Прыклад 2. Некаторае арганічнае рэчыва складаецца з вугляроду і вадароду. Масавая доля вугляроду ў рэчыве складае 82,8 %. Устанавіце малекулярную формулу рэчыва.

Паколькі невядомае арганічнае рэчыва складаецца толькі з вугляроду і вадароду, то яго формула C_xH_y . Ва ўмове задачы дадзены масавыя долі элементаў у рэчыве. У такіх выпадках пры рашэнні задачы зручна

разгледзець пэўную масу рэчыва, якую звычайна прымаюць роўнай 100 г. У гэтым выпадку масавыя долі элементаў будуць супадаць па велічыні з іх масамі. Тады найпрасцейшыя цэлалікавыя суадносіны індэксаў у формуле рэчыва:

$$x : y = n(\text{C}) : n(\text{H}) = \frac{82,8}{12} : \frac{17,2}{1} = 6,90 : 17,2 = 1,00 : 2,49 = 2,00 : 4,98, \text{ або } 2 : 5.$$

Такім чынам, *найпрасцейшая формула* арганічнага рэчыва — C_2H_5 . Устойлівага арганічнага рэчыва з такой формулай не існуе. Сапраўды, формула C_2H_5 адпавядае этыльнаму радыкалу. Каб вызначыць *сапраўдную формулу* арганічнага рэчыва, будзем улічваць, што падваенне, патраенне і г. д. індэксаў у формуле не змяняе суадносіны паміж імі. Падвойшы індэкс у *найпрасцейшай формуле* C_2H_5 , атрымаем формулу C_4H_{10} . Гэта формула адпавядае вуглеводароду **бутану**. Такім чынам, *сапраўдная формула* рэчыва — C_4H_{10} .

Адказ: C_4H_{10} .

У разгледжаных прыкладах для вызначэння формулы арганічнага рэчыва нам было дастаткова ведаць толькі масавыя долі элементаў у рэчыве. У той жа час, у некаторых выпадках, ведаючы толькі масавыя долі элементаў у рэчыве, можна вызначыць толькі найпрасцейшую, але не сапраўдную формулу. У такіх выпадках для ўстанаўлення *сапраўднай формулы* неабходны дадатковыя даныя. Як правіла, гэта звесткі аб малярнай масе злучэння.

Прыклад 3. *Малярная маса вуглеводароду роўна 42 г/моль. Масавая доля вугляроду ў вуглеводародзе складае 85,7 %. Устаноўце малекулярную формулу вуглеводароду.*

Формула вуглеводароду — C_xH_y . Знойдзем найпрасцейшыя цэлалікавыя суадносіны індэксаў у формуле рэчыва:

$$x : y = n(\text{C}) : n(\text{H}) = \frac{85,7}{12} : \frac{14,3}{1} = 7,14 : 14,3 = 1,00 : 2,00, \text{ або } 1 : 2.$$

Такім чынам, *найпрасцейшая формула* вуглеводароду — CH_2 . Падвойшы індэкс у *найпрасцейшай формуле* CH_2 , атрымаем формулу C_2H_4 . Гэта формула адпавядае вуглеводароду **этылену**. Калі патроіць індэкс у *найпрасцейшай формуле* CH_2 , то атрымаецца формула C_3H_6 . Дадзеная формула адпавядае вуглеводароду **прапілену**. Гэта значыць, знойдзеным суадносінам індэксаў адпавядае мноства рэчываў, таму ў дадзеным выпадку,

выкарыстоўваючы толькі масавыя долі элементаў, немагчыма ўстанавіць сапраўдную формулу рэчыва.

Для ўстанаўлення сапраўднай формулы параўнаем малярную масу вуглядароду з малярнай масай найпрасцейшай формулы CH_2 :

$$\frac{M(\text{вуглядароду})}{M(\text{CH}_2)} = \frac{42}{14} = 3.$$

Такім чынам, каб атрымаць сапраўдную формулу, неабходна павялічыць індэксы ў найпрасцейшай формуле CH_2 у тры разы. Тады сапраўдная формула вуглядароду — C_3H_6 .

Адказ: C_3H_6 .

У саставе арганічных злучэнняў, разам з вугляродамі і вадародамі, часта прысутнічае кісларод. Выведзем малекулярную формулу кісларод-змяшчальнага злучэння.

Прыклад 4. Устанавіце найпрасцейшую формулу рэчыва, якое змяшчае 37,50 % вугляроду, 12,50 % вадароду і 50,00 % кіслароду (па масе).

Найпрасцейшыя цэлалікавыя суадносіны індэксаў у формуле рэчыва:

$$\begin{aligned} x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) &= \frac{37,50}{12} : \frac{12,50}{1} : \frac{50,00}{16} = \\ &= 3,125 : 12,50 : 3,125 = 1 : 4 : 1. \end{aligned}$$

Найпрасцейшая формула рэчыва — CH_4O . Гэтай малекулярнай формуле адпавядае метылавы спірт $\text{CH}_3\text{—OH}$.

Адказ: CH_4O або $\text{CH}_3\text{—OH}$.

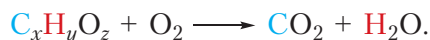
У разгледжаных прыкладах для ўстанаўлення формул мы выкарыстоўвалі звесткі аб масавых долях элементаў у рэчыве. Формулу арганічнага рэчыва можна вывесці таксама на падставе даных эксперымента па спальванні пэўнай масы арганічнага рэчыва.

Прыклад 5. У выніку спальвання 1,50 г арганічнага рэчыва атрымана 2,20 г вуглякіслага газу і 0,90 г вады. Малярная маса рэчыва роўная 60 г/моль. Устанавіце формулу рэчыва.

Паколькі пры спальванні рэчыва ўтварыліся вуглякіслы газ і вада, то ў састаў рэчыва маглі ўваходзіць толькі атамы вугляроду, вадароду і кіслароду. Тады формула рэчыва — $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$. Суадносіны індэксаў у формуле будзем знаходзіць з умовы:

$$x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}).$$

Саставім схему рэакцыі:



Са схемы рэакцыі бачна, што вуглярод з арганічнага рэчыва пераходзіць у CO_2 , вадарод — у H_2O . Значыць, колькасці вугляроду і вадароду ў CO_2 і H_2O будуць такімі самымі, як у арганічным рэчыве.

Знойдзем колькасць вугляроду ў CO_2 :

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{2,20}{44} = 0,05 \text{ моль.}$$

У малекуле вады змяшчаецца два атамы вадароду, такім чынам, колькасць (моль) вадароду ў два разы большая, чым колькасць вады:

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{0,90}{18} = 0,1 \text{ моль.}$$

Вызначым колькасць (моль) атамаў кіслароду ў рэчыве. Для гэтага разлічым масу вугляроду і вадароду ў дадзенай порцыі рэчыва:

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,05 \cdot 12 = 0,6 \text{ г;}$$

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ г.}$$

Разлічым масу і колькасць кіслароду ў рэчыве:

$$m(\text{O}) = m(\text{рэчыва}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) = 1,5 - 0,6 - 0,1 = 0,8 \text{ г;}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0,8}{16} = 0,05 \text{ моль.}$$

Найпрасцейшыя цэлалікавыя суадносіны індэксаў у формуле рэчыва:

$$x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,05 : 0,1 : 0,05 = 1 : 2 : 1.$$

Такім чынам, найпрасцейшая формула арганічнага рэчыва — CH_2O .

Для ўстанаўлення сапраўднай формулы параўнаем малярную масу рэчыва з малярнай масай найпрасцейшай формулы CH_2O :

$$\frac{M(\text{рэчыва})}{M(\text{CH}_2\text{O})} = \frac{60}{30} = 2.$$

Значыць, каб атрымаць сапраўдную формулу, неабходна павялічыць індэксы ў найпрасцейшай формуле CH_2O ў два разы. Тады сапраўдная

формула рэчыва — $C_2H_4O_2$. Адным з рэчываў, якія маюць такую малекулярную формулу, з'яўляецца воцатная кіслата $CH_3—COOH$.

Адказ: $C_2H_4O_2$.

Абагульнім вышэйпададзенае. Ведаючы колькасці (моль) элементаў у рэчыве можна ўстанавіць *найпрасцейшую формулу* рэчыва. Для вываду сапраўднай формулы часта неабходны дадатковыя даныя, напрыклад звесткі аб малярнай масе рэчыва.

Вывад формулы арганічнага рэчыва звычайна складаецца з наступных этапаў:

- а) вылічэнне колькасці (моль) элементаў у рэчыве;*
- б) вызначэнне найпрасцейшых цэлалікавых суадносін паміж вылічанымі колькасцямі элементаў — устанаўленне найпрасцейшай формулы рэчыва;*
- в) устанаўленне сапраўднай формулы рэчыва.*

Для ўстанаўлення найпрасцейшай формулы дастаткова ведаць колькасці (моль) элементаў у рэчыве.

Для вызначэння сапраўднай формулы часта патрабуюцца дадатковыя даныя, напрыклад звесткі аб малярнай масе рэчыва.

Пытанні і заданні

1. Вуглеварод змяшчае 81,8 % вугляроду па масе. Устанавіце формулу вуглевароду.

2. Газападобны вуглеварод мае шчыльнасць 0,714 г/дм³ (н. у.). Вызначце малярную масу вуглевароду. Выведзіце яго малекулярную формулу.

3. Вуглеварод змяшчае 83,72 % вугляроду і 16,28 % вадароду па масе. Устанавіце яго найпрасцейшую і сапраўдную формулы. Напішыце структурныя формулы ўсіх рэчываў, якія задавальняюць умове задачы.

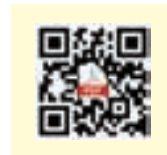
4. Малярная маса рэчыва **A** роўна 72 г/моль. Пры згаранні 1,44 г гэтага рэчыва ў лішку кіслароду атрымалі вуглякіслы газ масай 4,4 г і вадку масай 2,16 г. Устанавіце малекулярную формулу рэчыва **A** і прывядзіце структурныя формулы ўсіх рэчываў, якія маюць такую малекулярную формулу.

5. У выніку спальвання ў кіслародзе арганічнага злучэння масай 1,38 г атрымана 2,64 г CO_2 і 1,62 г вады. Устанавіце малекулярную формулу арганічнага злучэння, калі вядома, што яго малекула змяшчае адзін атам кіслароду. Напішыце магчымыя структурныя формулы гэтага злучэння.

6. Вуглеварод спалілі ў лішку кіслароду. Пасля выдалення лішку кіслароду газападобная сумесь прадуктаў згарання мае сярэдняю малярную масу, роўную 30 г/моль.

(110 °С, атмосферны ціск). Устанавіце малекулярную формулу вуглеводороду.

Вы можаце пазнаёміцца з цыклаалканами — насычанымі вуглеводародамі, у малекулах якіх маецца цыкл з атамаў вугляроду, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

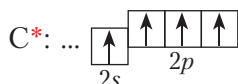


* Цыклаалканы

§ 12. Алкены. Будова малекул

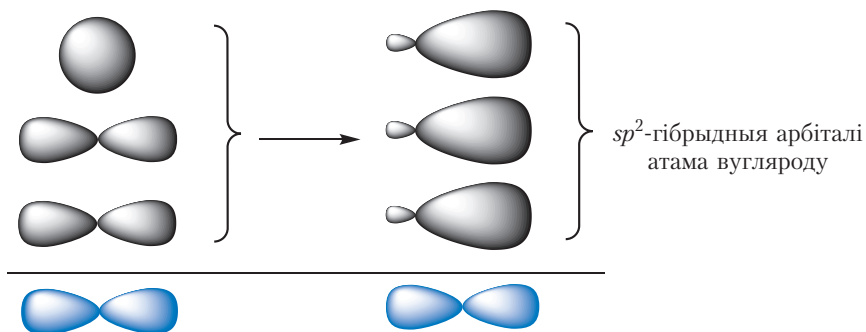
Атамы вугляроду могуць быць звязаны паміж сабой не толькі адзінарнымі, але і двайнымі сувязямі. Найпрасцейшым вуглеводародам, які змяшчае двайную сувязь, з'яўляецца *этылен* $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$. Разгледзім будову яго малекулы.

Як і ў выпадку алканаў, вуглярод у малекуле этылену чатырохвалентны. Утварэнне чатырох сувязей адбываецца за кошт чатырох атамных арбіталей:



Нагадаем, што ў малекулах ужо вывучаных нами алканаў кожны атам вугляроду знаходзіцца ў стане sp^3 -гібрыдызацыі (§ 7). Гэта значыць, адна s - і тры p -арбіталі атама вугляроду змешваюцца, утвараючы чатыры аднолькавыя па форме sp^3 -гібрыдныя арбіталі. Гэтыя арбіталі размяшчаюцца ў прасторы на максімальным удаленні адна ад адной пад вуглом прыкладна 109° .

Двайная сувязь у малекуле этылену ўтвараецца паміж атамамі вугляроду, якія знаходзяцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі. У sp^2 -гібрыдызацыі бяруць удзел: адна s - і дзве p -арбіталі (мал. 12.1).



Мал. 12.1. sp^2 -Гібрыдызацыя арбіталей атама вугляроду