

§ 10. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне алканаў

Існуе велізарная колькасць розных алканаў. Іх разнастайнасць тлумачыцца як магчымасцю ўтварэння вугляродных ланцугоў рознай даўжыні, так і ізамерыяй. У сувязі з гэтым вывучаць хімічныя ўласцівасці кожнага алкану асобна не ўяўляецца магчымым. У той жа час малекулы розных алканаў маюць падобную будову: атамы вугляроду злучаны паміж сабой і атамамі вадароду адзінарнымі кавалентнымі сувязямі. Улічваючы гэта, можна чакаць, што хімічныя ўласцівасці розных алканаў будуць шмат у чым сходнымі.

Усе алканы характарызуюцца нізкай хімічнай актыўнасцю. Яны не ўзаемадзейнічаюць з растворамі кіслот, асноў, солей. На іх не дзейнічае такі моцны акісляльнік, як KMnO_4 , і такія моцныя адноўнікі, як шчолачныя металы. Вы ведаеце, што шчолачныя металы вельмі актыўныя і рэагуюць практычна з усімі рэчывамі, з якімі сутыкаюцца, у тым ліку лёгка акісляюцца кіслародам паветра. Каб зберагчы шчолачныя металы ад акіслення, іх захоўваюць пад слоем газы — сумесі, якая складаецца ў асноўным з насычаных вуглеводародаў. Пры гэтым алканы, якія ўваходзяць у састаў газы, не рэагуюць са шчолачнымі металамі.

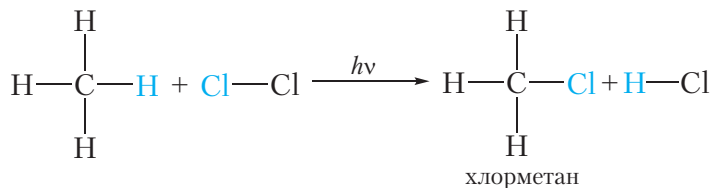
З-за нізкай хімічнай актыўнасці алканаў рэакцыі з іх удзелам працякаюць у жорсткіх умовах (пры *награванні* або *апраменьванні ўльтрафіялетавым выпраменьваннем*).

Мы вывучым рэакцыі алканаў з галагенамі (Cl_2 і Br_2) і кіслародам (O_2), а таксама ператварэнні, якія адбываюцца пры награванні алканаў.

1. Галагенаванне. Узаемадзеянне з галагенамі

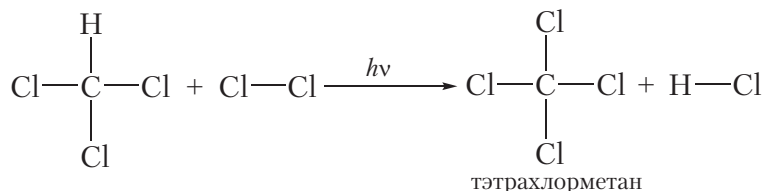
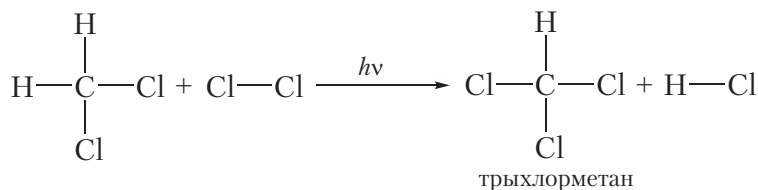
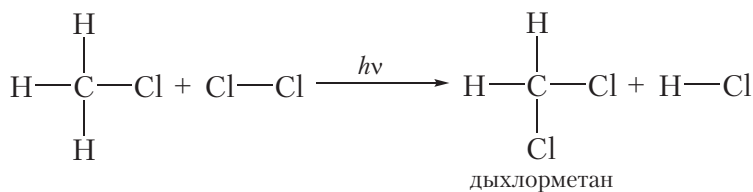
Узаемадзеянне алканаў з галагенамі — хлорам і бромам — працякае пры *награванні* або *апраменьванні ўльтрафіялетавым выпраменьваннем*.

Калі сумессю газападобных метану і хлору запоўніць шклянную пасудзіну і змясціць яе ў цёмнае месца, рэакцыя працякаць не будзе. Аднак пры награванні сумесі або апраменьванні яе ўльтрафіялетавым выпраменьваннем працякае хімічная рэакцыя замяшчэння атамаў вадароду ў малекуле метану на атамы хлору:

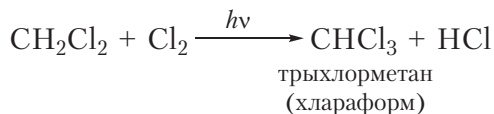
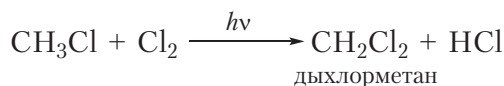
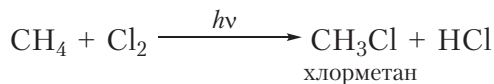


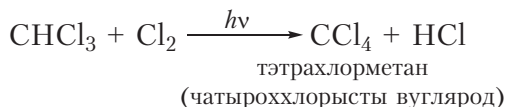
Ва ўраўненнях рэакцый, якія працякаюць пры апраменьванні, над стрэлкай запісваюць літары $h\nu$. Дадзеная рэакцыя называецца рэакцыяй *галагенавання* і адносіцца да рэакцый *замяшчэння*.

Калі толькі адзін атам вадароду ў малекуле замяшчаецца на атам галагену, то рэакцыю называюць *монагалагенаваннем*. Прыведзеная вышэй рэакцыя з'яўляецца рэакцыяй монахларавання метану. У лішку хлору тры атамы вадароду малекулы метану, якія засталіся, могуць паслядоўна замяшчацца на галаген:



Прывядзём ураўненні рэакцый усіх чатырох стадый хларавання метану з выкарыстаннем малекулярных формул:

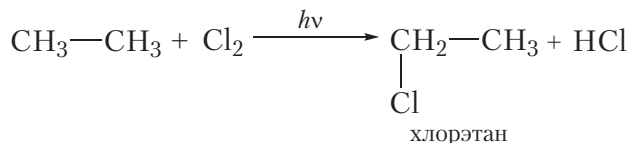




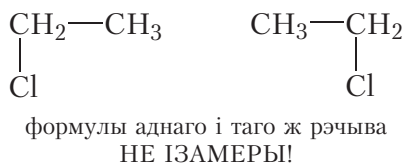
Разгледзім рэакцыі монахларавання гамолагаў метану.

Монахлараванне этану

Для этану ўраўненне рэакцыі наступнае:



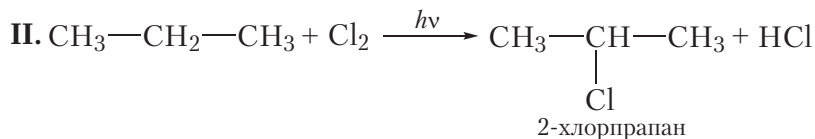
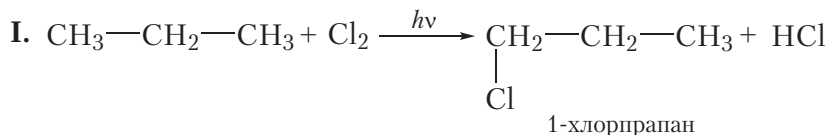
Адзначым, што ў назве «хлорэтан» няма неабходнасці ўказваць лічбай становішча атама хлору. Гэта звязана з тым, што пры замяшчэнні любога атама вадароду ў малекуле этану на атам хлору ўтвараецца адно і тое ж рэчыва:



Такім чынам, пры монахлараванні этану таксама, як і ў выпадку метану, атрымліваецца толькі адно арганічнае рэчыва — хлорэтан.

Монахлараванне прапану

Пры монахлараванні прапану ўтвараецца сумесь двух арганічных рэчываў:

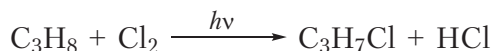


У выпадку I адбываецца замяшчэнне на галаген атама вадароду пры першым атаме вугляроду, прадукт рэакцыі — 1-хлорпрапан. У выпадку II

замышчаецца атам вадароду пры *другім* атаме вугляроду, прадуктам рэакцыі з'яўляецца 2-хлорпрапан. Звярніце ўвагу на тое, што пры пабудове назваў нумарацыю атамаў вугляроду пачынаюць з таго канца вугляроднага ланцуга, да якога бліжэй размешчаны атам хлору.

У выніку рэакцыі монахларавання прапану ўтвараюцца два прадукты: 1-хлорпрапан і 2-хлорпрапан, якія маюць аднолькавыя малекулярныя формулы C_3H_7Cl . Гэта не дзіўна, бо 1-хлорпрапан і 2-хлорпрапан — ізамеры.

Калі мы запішам ураўненне рэакцыі монахларавання прапану з выкарыстаннем малекулярных формул, яно будзе выглядаць наступным чынам:



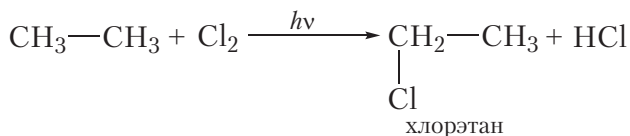
Ураўненне рэакцыі, запісанае ў такім выглядзе, не толькі не дазваляе вызначыць, які менавіта прадукт (1-хлорпрапан ці 2-хлорпрапан) маецца на ўвазе, але і прыводзіць да распаўсюджанай памылкі, што пры монахлараванні прапану ўтвараецца толькі адзін арганічны прадукт — C_3H_7Cl , хоць на самай справе іх два. Таму ў арганічнай хіміі пры запісе ўраўненняў рэакцый звычайна выкарыстоўваюць структурныя, а не малекулярныя формулы рэчываў.

У выніку хларавання алканаў адбываецца замяшчэнне аднаго або некалькіх атамаў вадароду ў малекуле алкану на атамы галагену. Таму арганічныя рэчывы, якія атрымліваюць, называюць **галагенвытворнымі алканаў**.

Прыклад. Замяшчэнне двух атамаў вадароду хлорам у малекуле этану.

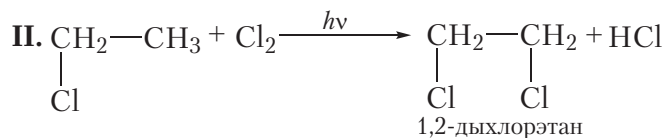
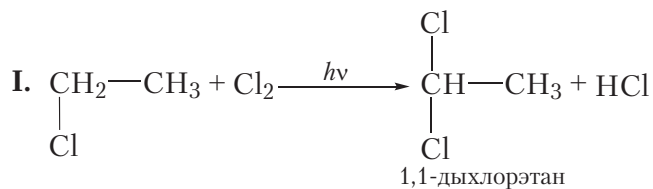
Рэакцыя працякае ў два этапы.

а) Першая стадыя хларавання этану. На першай стадыі адбываецца замяшчэнне аднаго атама вадароду. Пры гэтым утвараецца толькі адно арганічнае рэчыва — хлорэтан:



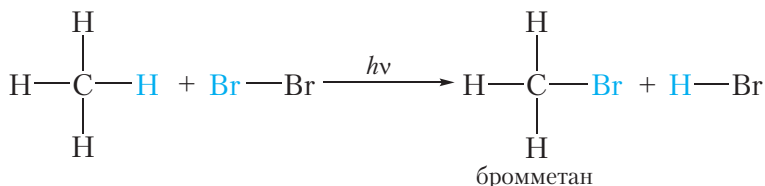
б) Другая стадыя хларавання этану. На дадзенай стадыі адбываецца ўзаемадзеянне малекулы хлору з малекулай хлорэтану, што ўтварыўся

на першай стадыі. Відавочна, што пры гэтым могуць утварацца два арганічныя рэчывы:



Сапраўды, у выніку хларавання этану можна атрымаць сумесь двух дыхлорвытворных.

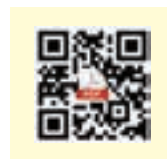
Алканы ўступаюць у рэакцыі замяшчэння таксама з бромам. Напрыклад:



Напрыканцы яшчэ раз звернем увагу, што рэакцыі алканаў з хлорам і бромам працякаюць у жорсткіх умовах: пры апраменьванні або награванні.

З механізмам рэакцыі галагенавання алканаў вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

У рэакцыях галагенавання атамы вадароду ў малекуле алкану замяшчаюцца на атамы галагену, пры гэтым вугляродны ланцуг малекулы захоўваецца. У іншых рэакцыях алканаў іх вугляродны шкелет змяняецца ці цалкам разбураецца. Разгледзім такія рэакцыі.

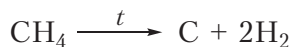


* Свабоднарадыкальны механізм

2. Піроліз

Пры моцным награванні алканаў у іх малекулах адбываецца разрыв сувязей C—C і C—H. У выніку малекулы алканаў могуць быць цалкам разбураны з утварэннем вугляроду і вадароду. Раскладанне рэчываў

пры высокіх тэмпературах называюць **піролізам** (ад грэч. *pira* — ‘агонь, жар’ і *lisis* — ‘раскладанне, распад’). Напрыклад:



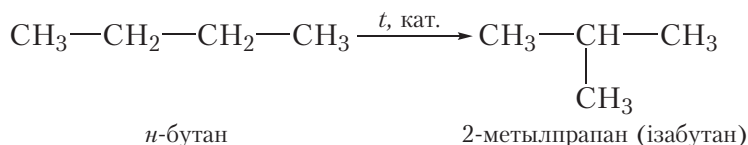
Агульная схема рэакцыі піролізу алканаў (n — лік атамаў вугляроду ў малекуле алкану):



Гэту рэакцыю выкарыстоўваюць у прамысловасці для атрымання сажы і вадароду.

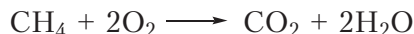
3. Ізамерызацыя

Яшчэ адной хімічнай уласцівасцю алканаў з’яўляецца **ізамерызацыя**, гэта значыць ператварэнне аднаго ізамеру ў другі. Гэта ўласцівасць магчыма для алканаў пачынаючы з бутану, так як метан, этан і прапан ізамераў не маюць. Рэакцыя ізамерызацыі працякае пры прапусканні алкану праз рэактар, нагрэты да высокай тэмпературы, у прысутнасці каталізатара. Пры гэтым малекулы алканаў лінейнай будовы ператвараюцца ў малекулы разгалінаванай будовы, напрыклад рэакцыя ізамерызацыі *n*-бутану:

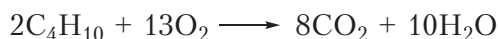


4. Гарэнне. Узаемадзеянне з кіслародам

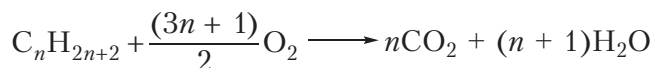
Важнейшая ўласцівасць алканаў — **гарэнне**. Алканы ўзгараюцца пры падпальванні. Ураўненне рэакцыі гарэння метану:



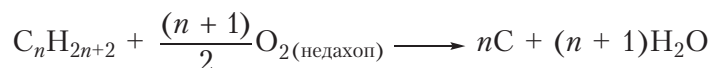
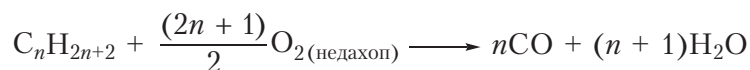
Гэта рэакцыя вам добра знаёма, яна працякае пры падпальванні газу ў кухоннай газавай пліце, так як метан — асноўны кампанент прыроднага газу. Сумессю прапану і ізамерных бутанаў напаўняюць газавыя балоны. Ураўненні рэакцый гарэння гэтых алканаў:



Наступныя члены гамалагічнага рада алканаў таксама гараць пры падпальванні. Можна запісаць агульнае ўраўненне рэакцыі гарэння:



Відаць, што пры гарэнні атамы вадароду з малекулы алкану пераходзяць у малекулы вады, а атамы вугляроду — у малекулы вуглякіслага газу. Калі гарэнне алкану адбываецца ва ўмовах недахопу кіслароду, то разам з вуглякістым газам (CO_2) можа ўтварыцца чадны газ (CO) ці вуглярод (C) у выглядзе сажы:



Адзначым, што ўласцівасць гарэць у кіслародзе характэрна амаль для ўсіх арганічных злучэнняў. Паколькі ўсе арганічныя рэчывы змяшчаюць вуглярод, то пры іх гарэнні могуць утварацца аксіды вугляроду і сажа.

Утварэнне чаднага газу (CO) пры няпоўным згаранні арганічнага рэчыва смяротна небяспечнае з-за высокай таксічнасці CO . Атрुчэнне чадным газам можа адбыцца пры няправільнай эксплуатацыі печаў і камінаў.

Як бачна, хімічныя ўласцівасці алканаў не адрозніваюцца вялікай разнастайнасцю. Для іх характэрны, у асноўным, рэакцыі акіслення (у прыватнасці, гарэння), раскладання і ізамерызацыі пры высокай тэмпературы, а таксама рэакцыі замяшчэння, у выніку якіх атрымліваюць галагенвытворныя алканаў.

Атрыманне і прымяненне алканаў

Алканы ўваходзяць у састаў прыроднага газу і нафты, таму асноўны метады іх атрымання — вылучэнне з прыродных крыніц (прыроднага газу і нафты).

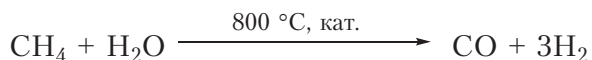
Разам з тым алканы могуць быць атрыманы з іншых арганічных рэчываў. Гэтыя рэакцыі мы будзем разглядаць па меры далейшага вывучэння арганічнай хіміі.



* Іншыя метады атрымання алканаў

Пры гарэнні алканаў вылучаецца вялікая колькасць цеплаты. У сувязі з гэтым алканы выкарыстоўваюцца ў якасці паліва. Мы ўжо адзначалі, што метан з'яўляецца асноўным кампанентам прыроднага газу. Сумессю прапану і ізамерных бутанаў запаўняюць газавыя балоны. Вадкія алканы ўваходзяць у састаў бензіну і дызельнага паліва.

Другім напрамкам выкарыстання алканаў з'яўляецца атрыманне з іх розных рэчываў. Гэта значыць, алканы прымяняюцца ў якасці сыравіны ў хімічнай прамысловасці. Узаемадзеяннем метану з вадзяной парай атрымліваюць вадарод:



Гэты працэс называюць канверсіяй метану. Сумесь вадароду і аксиду вугляроду(II), якая ўтвараецца, называецца *сінтэз-газам*. З вадароду, вылучанага з сінтэз-газу, і азоту паветра атрымліваюць аміяк. Гэтыя працэсы ажыццяўляюць у вялікіх маштабах на прадпрыемстве ААТ «Гродна Азот».

З алканаў атрымліваюць вуглевадароды з двайнымі і трайнымі сувязямі (ненасычаныя вуглевадароды). Гэтыя вуглевадароды з'яўляюцца хімічна больш актыўнымі, і з іх сінтэзуюць мноства карысных арганічных рэчываў. Спосабы атрымання і ўласцівасці ненасычаных вуглевадародаў мы разгледзім у наступных параграфях.

Малекулы розных алканаў маюць сходную будову, таму алканы праяўляюць падобныя хімічныя ўласцівасці.

Алканы пры павышанай тэмпературы або апраменьванні ўступаюць у рэакцыі замяшчэння з галагенамі (хлорам і бромам), у выніку якіх вугляродны шкелет малекулы алкану захоўваецца, а атамы вадароду замяшчаюцца атамамі галагенаў.

Пры моцным награванні алканаў у іх малекулах адбываецца разрыв сувязей C—C і C—H. У выніку малекулы алканаў могуць быць цалкам разбураныя з утварэннем вугляроду і вадароду (піроліз).

Награвваючы алканы неразгалінаванай будовы ў прысутнасці каталізатара, можна атрымаць разгалінаваныя алканы (ізамерызацыя).

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 вугледадародаў).

Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненне рэакцыі монабрамавання 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.*