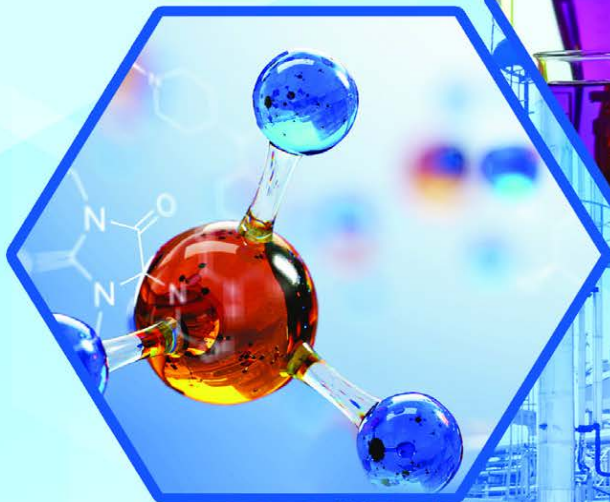
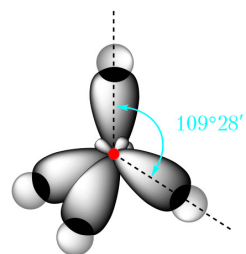


XIMIA

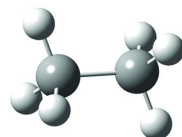
10



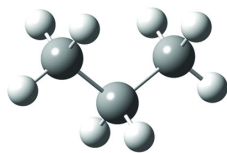
sp^3 -гібридызацыя



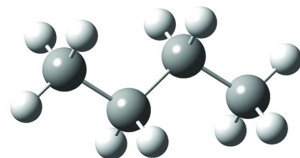
метан



этан

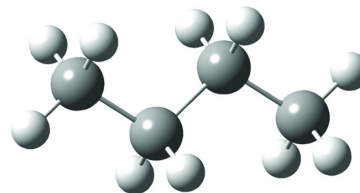


прапан

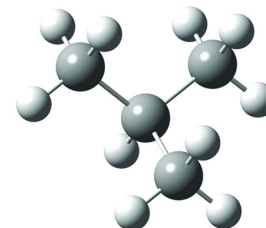


н-бутан

СТРУКТУРНАЯ ІЗАМЕРЫЯ

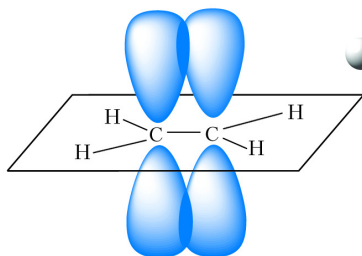


н-бутан

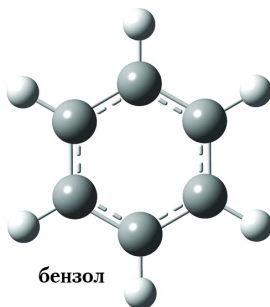
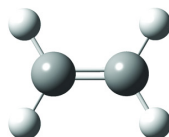


ізабутан
(2-метылпрапан)

sp^2 -гібридызацыя

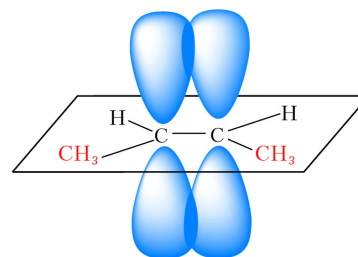


этылен



бензол

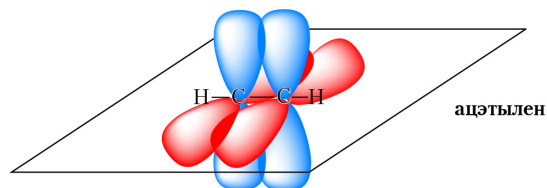
ПРАСТОРАВАЯ ІЗАМЕРЫЯ



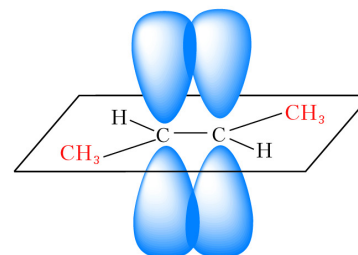
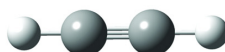
цыс-бутэн-2



sp -гібридызацыя



ацэтылен



транс-бутэн-2



ХІМІЯ

Вучэбны дапаможнік для 10 класа ўстаноў агульнай сярэдняй
адукацыі з беларускай мовай навучання
(з электронным дадаткам для павышанага ўзроўню)

*Датушчана Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь*

Мінск
«Адукацыя і выхаванне»
2019

Правообладатель Адукацыя і выхаванне

УДК 54(075.3=161.3)
ББК 24я721
Х46

Аўтары: Т. А. Калевіч, Вадзім Э. Матуліс, Віталій Э. Матуліс,
І. М. Варакса

Пераклад з рускай *Л. Б. Сопат*

Рэцэнзенты: кафедра хіміі ўстановы адукацыі «Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П. М. Машэрава» (доктар педагагічных навук, прафесар *Я. Я. Аршанскі*); настаўнік хіміі кваліфікацыйнай катэгорыі «настаўнік-метадыст» дзяржаўнай установы адукацыі «Сярэдняя школа № 8 г. Магілёва» *С. П. Гузікава*

Электронны дадатак для павышанага ўзроўню размешчаны на рэсурсе profil.adu.by

Пры мастацкім афармленні вучэбнага дапаможніка выкарыстаны ілюстрацыі, набытыя ва ўстаноўленым заканадаўствам парадку на гандлёвай пляцоўцы Shutterstock.com

ISBN 978-985-599-069-8

© Сопат Л. Б., пераклад
на беларускую мову, 2019
© Афармленне. РУП «Выдавецтва
“Адукацыя і выхаванне”», 2019

Правообладатель Адукацыя і выхаванне

ПРАДМОВА

Паважаныя сябры!

Вучэбны дапаможнік знаёміць вас з асновамі арганічнай хіміі — «хіміі жывога». Усе жывыя арганізмы пераважна складаюцца з арганічных рэчываў, вывучэнне якіх з’яўляецца прадметам арганічнай хіміі. Для яе паспяховага засваення вам спатрэбяцца веды, атрыманыя пры вывучэнні неарганічнай хіміі. Вы даведаецеся, што і неарганічная, і арганічная хімія грунтуецца на адзіных фундаментальных асновах.

Усе неарганічныя і арганічныя рэчывы складаюцца з атамаў, таму ў пачатку курса вам трэба будзе атрымаць уяўленні аб тэорыі будовы атама і заканамернасцях звязвання атамаў паміж сабой у хімічныя злучэнні. Далей вы пазнаёміцеся з асновамі тэорыі будовы арганічных злучэнняў.

Вывучэнне арганічных злучэнняў пачынаецца з вуглевадародаў. Нягледзячы на аднолькавы якасны састаў, існуе неабсяжнае мноства арганічных злучэнняў вугляроду з вадародам. Далей вы пазнаёміцеся з кіслародзмяшчальнымі і азотзмяшчальнымі арганічнымі рэчывамі, якія маюць шэраг уласцівасцей, што дазваляюць іх малекулам стаць асновай жывых арганізмаў. Такім чынам, паслядоўнае вывучэнне арганічных злучэнняў па меры ўскладнення іх будовы з’яўляецца своеасаблівым пераходам «ад рэчыва да істоты» і дазволіць вам у канчатковым выніку атрымаць уяўленне аб рэчывах і іх ператварэннях, якія ляжаць у аснове ўсяго жывога.

Акрамя біялагічнай ролі, арганічныя злучэнні з’яўляюцца асновай шматлікіх аб’ектаў, якія шырока выкарыстоўваюцца ў штодзённым жыцці. Гэта прадметы хатняга ўжытку, прадукты харчавання, лекі, фарбавальнікі, харчовыя дабаўкі, кансерванты, хімічныя сродкі аховы раслін, ядахімікаты, мыйныя сродкі і многае іншае. Веды аб гэтых рэчывах не толькі пашыраць ваш круггляд, але і дазваляць добра арыентавацца ў свеце рэчываў, павысяць агульную экалагічную культуру, неабходную кожнаму члену сучаснага грамадства.

Для паспяховага засваення вучэбнай інфармацыі ў канцы параграфу дадзены пытанні і заданні, якія могуць быць выкананы як на ўроку, так і пасля яго. Ускладненыя заданні пазначаны зорчай (*). У канцы кожнага параграфа прыводзяцца асноўныя яго палажэнні. Для лабараторных доследаў і практычных работ прыведзены інструкцыі па іх выкананні.

Вучэбны дапаможнік змяшчае таксама спасылкі на дадатковыя адукацыйныя рэсурсы. Гэтыя спасылкі прыведзены ў выглядзе QR-кодаў. Для іх прагляду выкарыстоўвайце мабільную прыладу (смартфон, планшэт), у якой прадугледжана чытанне QR-кодаў. Запусціце неабходны дадатак і наведзіце вэб-камеру прылады на прыведзены QR-код. На экране прылады з'явіцца старонка з адпаведным малюнкам, тэкстам або відэазапісам. Рад відэазапісаў ілюструе вывучаемыя хімічныя рэакцыі (QR-код на блакітным фоне), што дазваляе атрымаць больш поўнае ўяўленне аб іх працяканні. QR-коды на жоўтым фоне прывядуць вас да вучэбных матэрыялаў павышанага ўзроўню. Гэтыя матэрыялы вы таксама можаце знайсці на адукацыйным партале profil.adu.by.

Разам з тым адзначым, што магчымасці прыцягнення дадатковай інфармацыі ў сучасным свеце практычна не абмежаваны, таму спадзяёмся, што вучэбны дапаможнік для многіх з вас будзе толькі першым крокам да далейшага вывучэння хіміі і іншых навук аб навакольным свеце!

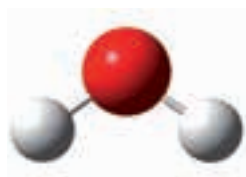
Раздзел 1

УВОДЗІНЫ Ў АРГАНІЧНУЮ ХІМІЮ

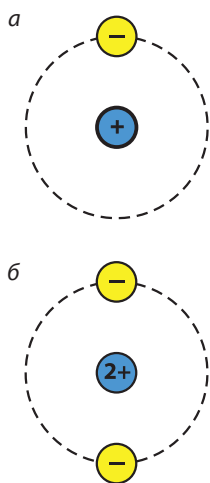
§ 1. Будова атома.

Стан электрона ў атаме. Атамная арбіталь

З курса хіміі 7–9-га класаў вы ўжо ведаеце, што рэчывы складаюцца з атамаў. Напрыклад, малекулы вады складаюцца з атамаў кіслароду і вадароду (мал. 1.1).



Мал. 1.1. Мадэль малекулы вады



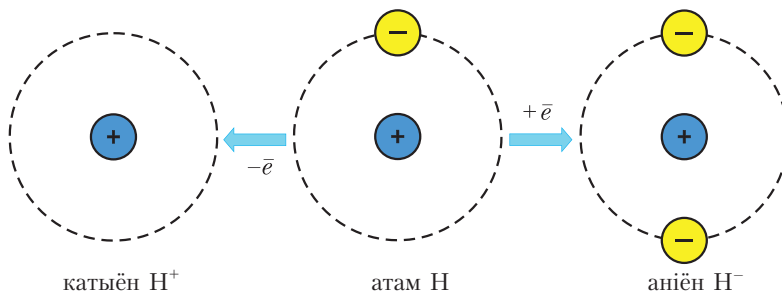
Мал. 1.2. Мадэлі атамаў: а — вадароду; б — гелію

У цэнтры атома знаходзіцца дадатна зараджанае ядро. Зарад ядра роўны атамнаму нумару элемента ў перыядычнай сістэме. Вакол ядра рухаюцца адмоўна зараджаныя электроны, утвараючы электронную абалонку. Дадатны зарад ядра кампенсуецца адмоўным зарадам электронаў, таму атам электранейтральны.

Напрыклад, атам вадароду складаецца з ядра, зарад якога роўны $1+$, і аднаго электрона. Зарад ядра атома гелію роўны $2+$, таму ў атаме гелію два электроны (мал. 1.2).

Атам — электранейтральная часціца, якая складаецца з дадатна зараджанага ядра і адмоўна зараджаных электронаў.

Калі атам аддае электрон, то ўтвараецца дадатна зараджаны іён — катыён. Калі атам далучае электрон, то ўтвараецца адмоўна зараджаны іён — аніён (мал. 1.3).



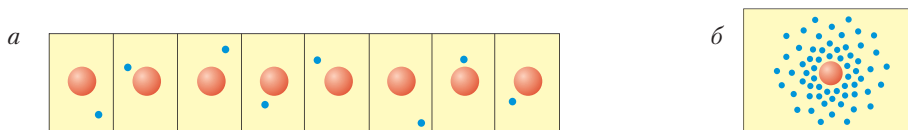
Мал. 1.3. Схема ўтварэння іонаў з атома вадароду



Мал. 1.4.
Электроннае воблака
атома вадароду

Гледзячы на малюнкi 1.2 і 1.3, можна памылкова меркаваць, што электроны верцяцца вакол атамнага ядра падобна таму, як планеты верцяцца вакол Сонца. У рэчаіснасці траекторыю руху электрона ў атаме вызначыць немагчыма. Кожны электрон утварае вакол ядра воблака адмоўнага зараду пэўнай формы і памеру — *электроннае воблака*. Напрыклад, адзіны электрон у атаме вадароду ўтварае воблака сферычнай формы (мал. 1.4).

Каб лепш уявіць электроннае воблака, правядзём мысленны эксперымент. Дапусцім, у нас ёсць магчымасць сфатаграфаваль атам вадароду ў розныя моманты часу, тады на фотаздымках мы будзем бачыць электрон у розных становішчах адносна ядра (мал. 1.5). Калі зрабіць шмат такіх фотаздымкаў



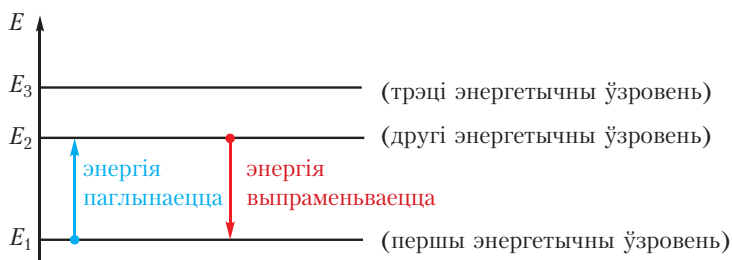
Мал. 1.5. «Мысленныя фотаздымкі» атама вадароду:
а — атрыманыя праз роўныя прамежкі часу; б — іх накладанне адзін на адзін

і на класці іх адзін на адзін, па густчыні кропак мы ўбачым, наколькі часта электрон аказваецца ў дадзенай вобласці прасторы.

З малюнка 1.4 відаць, што электрон у атаме вадароду часцей знаходзіцца ў непасрэднай блізкасці ад ядра, па меры аддалення ад ядра верагоднасць выявіць электрон рэзка зніжаецца.

У электрона ёсць яшчэ адна асаблівасць. У атаме вадароду электрон можа мець не любыя, а толькі пэўныя значэнні энергіі. Гэтыя значэнні энергіі электрона ў атаме вадароду называюцца **энергетычнымі ўзроўнямі**. Энергетычныя ўзроўні абазначаюцца нумарамі.

На малюнку 1.6 паказаны энергетычныя ўзроўні атама вадароду.



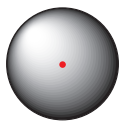
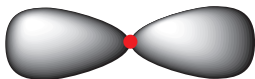
Мал. 1.6. Схема энергетычных узроўняў электрона ў атаме вадароду

Электрону найбольш выгадна займаць першы ўзровень з найменшай энергіяй, пры гэтым ён знаходзіцца бліжэй да ядра.

Электрон можа пераходзіць з аднаго энергетычнага ўзроўню на другі. Пры пераходзе з першага ўзроўню на другі ён паглынае порцыю энергіі, роўную $E_2 - E_1$, пры адваротным пераходзе ён выпраменьвае такую самую порцыю энергіі.

Цяпер мы можам удакладніць паняцце *арбіталь*, якое было ўведзена ў курсе хіміі 8-га класа. Вы ўжо ведаеце, што электрон у атаме можа знаходзіцца толькі ў пэўных *станах*. Кожнаму стану адпавядае пэўнае значэнне энергіі і пэўная форма электроннага воблака. Электронны стан называецца *арбітальлю*.

Атамная арбіталь — стан электрона ў атаме, які характарызуецца пэўным значэннем энергіі і формай электроннага воблака.

Мал. 1.7. *s*-АрбітальМал. 1.8. *p*-Арбіталь

Электроннае воблака не мае дакладных межаў, таму пры адлюстраванні формы арбіталі прыводзяць не ўсё электроннае воблака, а толькі тую вобласць прасторы, унутры якой верагоднасць выявіць электрон дастаткова вялікая.

Арбіталі могуць мець розную форму. Арбіталі сферычнай формы называюцца *s*-арбіталямі (мал. 1.7).

Арбіталі ў форме аб'ёмнай васьмёркі называюцца *p*-арбіталямі (мал. 1.8).

У атамах маюцца таксама *d*- і *f*-арбіталі яшчэ больш складанай формы, з імі можна пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Атамныя
арбіталі

Атам складаецца з дадатна зараджанага ядра і адмоўна зараджаных электронаў.

Кожны электрон у атаме знаходзіцца ў стане з вызначанай энергіяй (займае пэўную атамную арбіталь).

Арбіталь характарызуецца энергіяй і формай электроннага воблака.

Пытанні і заданні

1. Ядро атама мае дадатны зарад. Чаму ў цэлым атам электранейтральны?
2. Вызначце лік электронаў у атамах азоту, кіслароду і вугляроду.
3. Вызначце лік электронаў у іонах Al^{3+} , Ca^{2+} , S^{2-} , Cl^- , F^- , Na^+ . Прывядзіце прыклады злучэнняў, якія складаюцца з гэтых іонаў. Электранейтральныя атамы якіх хімічных элементаў будуць змяшчаць такую самую колькасць электронаў?
4. Што такое атамная арбіталь? Якую форму маюць *s*-, а якую *p*-арбіталі?
5. Паглынаючы энергію, электрон у атаме вадароду можа пераходзіць з адной арбіталі на другую. Якія характарыстыкі электрона (зарад, энергія, маса, форма электроннага воблака) будуць пры гэтым змяняцца?

§ 2. Будова электронных абалонак атамаў

Электронны ў атамах займаюць станы з вызначанымі энергіямі (арбіталі). Каб гэта паказаць, арбіталь адлюстроўваюць у выглядзе клетак \square , а электроны ў выглядзе стрэлак \uparrow . Апошняя дазваляе адлюстраваць такую характарыстыку электрона, як *спін* (ад англ. *spin* — ‘вярчэнне’). Каб зразумець, што такое спін, уявім, што электрон у атаме не толькі рухаецца вакол ядра, але і верціцца вакол уласнай восі. У залежнасці ад таго, у які бок адбываецца вярчэнне вакол уласнай восі (па гадзінніковай стрэлцы ці супраць), магчымы два значэнні спіна электрона. Электроны з процілеглымі спінамі абазначаюць стрэлкамі, накіраванымі ў розныя бакі.

На адной арбіталі могуць размясціцца не больш за два электроны з супрацьлеглымі спінамі. Такія электроны называюцца *спаранымі*. Два спараныя электроны ўтвараюць *электронную пару*:

$\uparrow\downarrow$ — запоўненая арбіталь (электронная пара).

Калі на арбіталі маецца адзін электрон, то арбіталь называецца часткова або напалавіну запоўненай, а электрон — *няспараным*:

\uparrow — часткова або напалавіну запоўненая арбіталь (няспараны электрон).

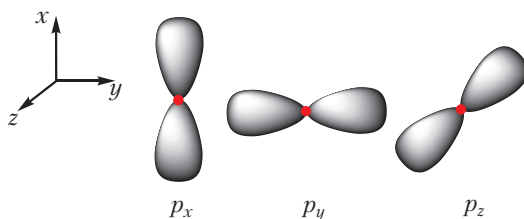
Арбіталі з аднолькавымі значэннямі энергіі ўтвараюць *энергетычны падзровень*. Энергетычныя падзроўні абазначаюцца літарамі *s*, *p*, *d*.

s-Падзровень складаецца з адной арбіталі \square , якая мае сферычную форму (мал.1.7).

p-Падзровень складаецца з трох арбіталей $\square\square\square$, якія маюць форму аб’ёмных васьмёрак і арыентаваны ўздоўж трох каардынатных восей (мал. 2.1).

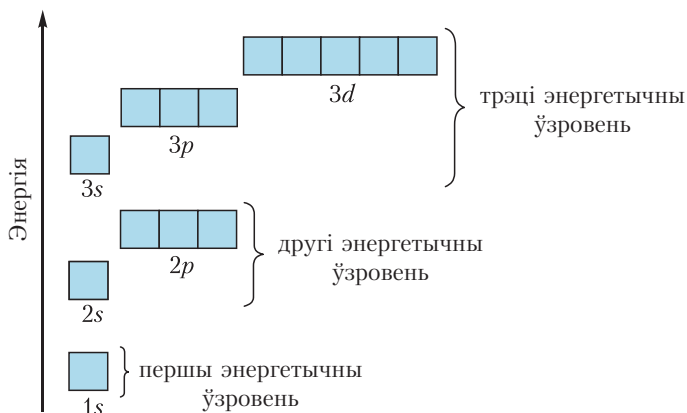
d-Падзровень складаецца з пяці арбіталей $\square\square\square\square\square$, якія маюць яшчэ больш складаную форму.

Арбіталі з блізкімі значэннямі энергіі ўтвараюць *энергетычны ўзровень*. На кожным энергетычным узроўні маецца строга вызначаны лік падзроўняў і, такім



Мал. 2.1. *p*-Арбіталі

чынам, арбіталей, прычым іх колькасць павялічваецца з узростаннем нумара энергетычнага ўзроўня (мал. 2.2).



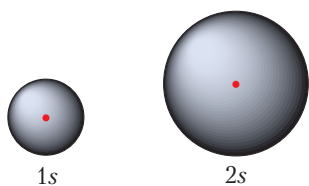
Мал. 2.2. Схема атамных арбіталей першага, другога і трэцяга энергетычных узроўняў

З малюнка 2.2 відаць, што:

першы ўзровень складаецца з аднаго падузроўня — $1s$ ☐

другі — з двух падузроўняў — $2s$ ☐ і $2p$ ☐☐☐

трэці — з трох падузроўняў — $3s$ ☐, $3p$ ☐☐☐ і $3d$ ☐☐☐☐☐



Мал. 2.3. s -Арбіталі першага і другога энергетычных узроўняў

З павелічэннем нумара энергетычнага ўзроўня памеры арбіталей павялічваюцца, значэнні энергіі электронаў, якія займаюць гэтыя арбіталі, узрастаюць. Параўнайце памеры $1s$ - і $2s$ -арбіталей (мал. 2.3).

Электронны ў атаме імкнучца займаць станы з найменшай энергіяй.

Размяшчэнне электронаў на атамных арбіталах адлюстроўвае *электронна-графічная схема*.

Прывядзём электронна-графічныя схемы некаторых атамаў. Пры гэтым будзем улічваць, што спачатку запаўняюцца ўзроўні і падузроўні з меншай энергіяй (мал. 2.2).

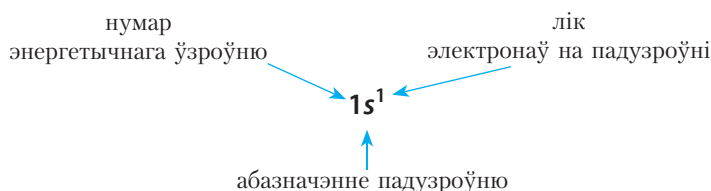
Элемент з атамным нумарам 1 — **вадарод (H)**. Зарад ядра атама вадароду роўны $1+$, таму ў атаме вадароду маеца адзін электрон, які размяшчаецца на арбіталі з найменшай энергіяй $1s$.

Электронна-графічная схема атама вадароду:

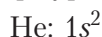


На практыцы карыстацца электронна-графічнай схемай не заўсёды зручна, прасцей для адлюстравання будовы электроннай абалонкі атама прымяняць *формулу электроннай канфігурацыі* (яе таксама называюць электроннай канфігурацыяй).

Напрыклад, формула электроннай канфігурацыі вадароду:



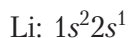
Элемент з атамным нумарам 2 — **гелій (He)**. Формула электроннай канфігурацыі:



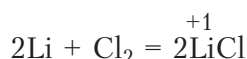
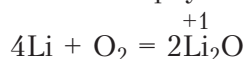
Першы энергетычны ўзровень у атаме гелію *завершаны*. Завершаная электронная абалонка ўстойлівая, таму гелій не ўтварае хімічных злучэнняў, з'яўляецца высакародным газам, існуе ў выглядзе асобных атамаў (адна-атамных малекул). Іншыя высакародныя газы — Ne, Ar і г. д. — таксама маюць устойлівыя завершаныя электронныя абалонкі.

Атамы астатніх элементаў не маюць завершаных абалонак, таму яны ўтвараюць хімічныя злучэнні. У гэтых злучэннях атамы набываюць завершаныя абалонкі бліжэйшых высакародных газаў.

Элемент з атамным нумарам 3 — **літый (Li)**. Яго электронная канфігурацыя:



З электроннай канфігурацыі атама літыю відаць, што, дадаўшы адзін знешні электрон, атам набудзе завершаную электронную абалонку, як у атама гелію. Для літыю характэрны рэакцыі, у якіх ён аддае адзін электрон, гэта значыць праяўляе аднаўленчыя ўласцівасці. У злучэннях, якія ўтвараюцца, ступень акіслення літыю роўна +1:

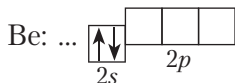


Элемент з атамным нумарам 4 — **берылій (Be)**. Формула электроннай канфігурацыі:



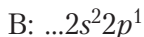
На першы погляд можа здацца, што будова знешняга энергетычнага ўзроўню атама берылію такая самая, як у атама гелію, але ўласцівасці гэтых элементаў зусім розныя. Берылій — метал, у той час як гелій — высакародны газ.

Разгледзім электронна-графічную схему атама берылію. Унутраннюю $1s$ -арбіталь прыводзіць не будзем, замест яе на схеме шматкроп'е. Нагадаем, што хімічныя ўласцівасці атама вызначаюцца будовай знешняга энергетычнага ўзроўню. Электронна-графічная схема знешняга энергетычнага ўзроўню атама берылію мае выгляд:

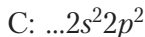
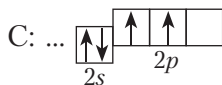


У адрозненне ад атама гелію, знешні энергетычны ўзровень атама берылію не завершаны. Каб набыць устойлівую завершаную электронную абалонку, атам берылію павінен аддаць два электроны, таму берылій праяўляе ў злучэннях ступень акіслення +2, яго аксід мае формулу BeO , а гідраксід — Be(OH)_2 .

Элемент з атамным нумарам 5 — **бор (B)**. Яго электронная канфігурацыя:

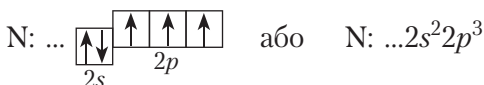


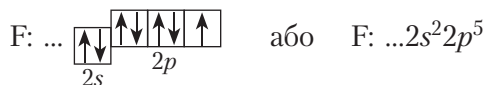
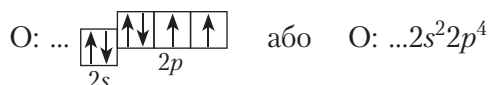
Наступны элемент — **вуглярод (C)**. Электронна-графічная схема і электронная канфігурацыя вугляроду:



Як відаць з электронна-графічнай схемы, электроны ў атаме вугляроду запаўняюць розныя $2p$ -арбіталі. Гэта тлумачыцца тым, што, знаходзячыся на адной арбіталі, аднайменна зараджаныя электроны адчуваюць электростатычнае адштурхоўванне, якое памяншаецца, калі электроны знаходзяцца на розных арбітальных.

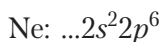
Прывядзём электронна-графічныя схемы і электронныя канфігурацыі атамаў астатніх элементаў другога перыяду:





Відаць, што атаму фтору да завяршэння электроннай абалонкі не хапае аднаго электрона, таму фтор лёгка прымае адзін электрон, праяўляючы ступень акіслення -1 . *Фтор — элемент з самымі ярка выражанымі неметалічнымі ўласцівасцямі.*

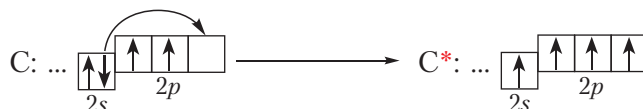
Апошні элемент другога перыяду — **неон (Ne)** — мае завершаную электронную абалонку:



Кожная з прыведзеных электронна-графічных схем адлюстроўвае найбольш энергетычна выгадны стан атама (яму адпавядае найменшая энергія). Такі стан называецца *асноўным*.

Паглынаючы энергію, атам можа пераходзіць ва *ўзбуджаны* стан, пры гэтым адзін або некалькі электронаў пераходзяць з адной арбіталі на другую (мал. 1.6). Энергія атама ва ўзбуджаным стане вышэй, чым у асноўным, таму ва ўзбуджаным стане атам можа знаходзіцца вельмі нядоўга і хутка вяртаецца ў асноўны стан.

Прывядзём прыклады ўзбуджаных станаў атамаў (абазначаны*):

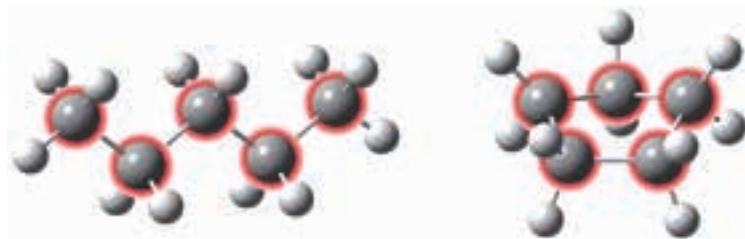


Асаблівасці электроннай будовы атама вугляроду

У 10-м класе вы будзеце вывучаць арганічную хімію — хімію злучэнняў вугляроду. Унікальнасць гэтага элемента заключаецца ў тым, што лік электронаў на знешнім энергетычным уроўні вугляроду (іх чатыры), роўны ліку арбіталей (якіх таксама чатыры). Гэта значыць, у атама вугляроду знешні энергетычны ўзровень запоўнены *роўна напалавіну*. У такім выпадку

атаму нявыгодна як аддаваць, так і прымаць электроны, а выгодна іх абагульняць, утвараючы кавалентныя сувязі. Таму атамы вугляроду ўтвараюць дастаткова трывалыя сувязі адзін з адным, злучаючыся ў доўгія ланцугі або цыклы. Пры гэтым кожны атам вугляроду ўтварае чатыры кавалентныя сувязі.

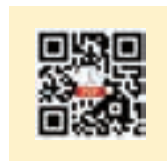
На малюнку 2.4 паказаны ланцугі і цыклы з атамаў вугляроду ў малекулах арганічных рэчываў. Свабодныя валентнасці атамаў вугляроду запоўнены атамамі вадароду (белыя шарыкі):



Мал. 2.4. Ланцугі і цыклы з атамаў вугляроду ў малекулах арганічных рэчываў

Нядзіўна, што вуглярод з'яўляецца асновай мноства арганічных злучэнняў. Валентнасць вугляроду, роўная чатыром, дае магчымасць утварэння разгалінаваных структур і кратных (двайных і трайных) сувязей, што абумоўлівае разнастайнасць арганічных злучэнняў.

З будовай атамаў хімічных элементаў трэцяга перыяду вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Будова электронных абалонак элементаў трэцяга перыяду

Будову электроннай абалонкі атама адлюстроўваюць пры дапамозе электронна-графічнай схемы або формулы электроннай канфігурацыі.

Пры складанні электронна-графічнай схемы ўлічваюць, што ў першую чаргу электронамі запаўняюцца арбіталі з найменшай энергіяй і на адной арбіталі могуць размясціцца не больш за два электроны з супрацьлеглымі спінамі.

У атаме вугляроду лік электронаў на знешнім энергетычным узроўні роўны ліку арбіталей, таму атамы вугляроду здольны ўтвараць дастаткова трывалыя кавалентныя сувязі адзін з адным, злучаючыся ў доўгія ланцугі і цыклы.

Пытанні і заданні

1. Колькі электронаў можа размяшчацца на адной арбіталі?
2. Колькі арбіталей маецца на першым і другім энергетычных узроўнях адпаведна?
3. Вызначце ступені акіслення элементаў у наступных злучэннях: HF, H₂SO₄, H₂, NH₃, CH₄.
4. Чаму берыйлі, які мае электронную канфігурацыю 1s²2s², з'яўляецца актыўным металам, у той час як гелій з падобнай электроннай канфігурацыяй знешняга энергетычнага ўзроўню (1s²) — высакародным газам?
5. У чым унікальнасць будовы атама вугляроду, якая дазваляе яму быць асновай для малекул мільёнаў арганічных злучэнняў?
6. Хімічны элемент, электронная канфігурацыя якога ...2s²2p², утварае аксід, масавая доля кіслароду ў якім роўная 72,7 %. Прывядзіце хімічны сімвал элемента і формулу аксиду.
7. Якія з прыведзеных электронных канфігурацый адпавядаюць асноўнаму стану атама, а якія — узбуджанаму:
а) 1s²2s²2p²; б) 1s²2s¹2p²; в) 1s²2s²2p⁵; г) 1s²2s²2p⁶; д) 1s²2s¹2p³?

§ 3. Тыпы хімічнай сувязі

З курса хіміі 7–9-га класаў вы ведаеце, што пры звычайных умовах атамы большасці хімічных элементаў у свабодным выглядзе (па асобку) не існуюць. Нават у простых рэчывах атамы звязаны адзін з адным хімічнымі сувязямі. Выключэннем з'яўляюцца толькі высакародныя газы.

Напрыклад, простае рэчыва вадарод складаецца з малекул H₂, у якіх два атамы вадароду звязаны адной кавалентнай сувяззю: H—H.

Хімічная сувязь — узаемадзеянне, якое злучае асобныя атамы ў хімічныя злучэнні (малекулы або крышталі).

Удзельнічаць ва ўтварэнні хімічных сувязей могуць толькі тыя электроны, якія слабей звязаны з ядром, гэта значыць электроны знешняга энергетычнага ўзроўню. Такія электроны называюцца *валентнымі*.

Валентныя электроны прынята пазначаць кропкамі, якія акружаюць сімвал хімічнага элемента. Такія формулы называюцца *электроннымі формуламі*.



электронныя формулы атамаў вадароду і вугляроду

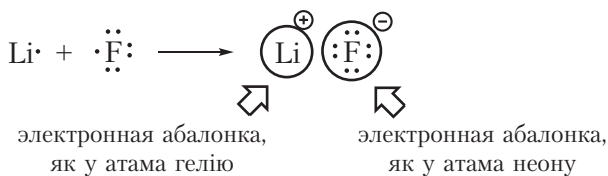
Відаць, што атамы вадароду і вугляроду маюць незавершаныя электронныя абалонкі, таму асобныя атамы вадароду і вугляроду не могуць існаваць пры звычайных умовах. У адрозненне ад іх, атамы высакародных газаў, якія маюць завершаныя электронныя абалонкі, устойлівыя. Электронныя формулы атамаў высакародных газаў гелію і неону наступныя:



Акружнасць вакол электроннай формулы ўказвае на завершанасць знешняга слоя. Гэта значыць атам гелію мае завершаную двухэлектронную, а атам неону — васьміэлектронную знешнюю абалонку. Адсюль вынікае важная выснова — атамы будуць імкнуцца сфарміраваць стабільныя завершаныя электронныя абалонкі за кошт аддачы, далучэння або абагульнення электронаў. Пры гэтым утвараюцца хімічныя сувязі.

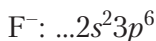
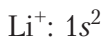
Прыклад 1. Утварэнне іоннай сувязі паміж літыем і фторам.

На знешнім электронным слоі атама літыю знаходзіцца адзін электрон, таму атам літыю лёгка аддае гэты электрон, набываючы завершаную электронную абалонку, як у бліжэйшага высакароднага газа — гелію. На знешнім слоі атама фтору размяшчаецца сем электронаў, таму фтор, наадварот, лёгка далучае адзін электрон, набываючы завершаную васьміэлектронную знешнюю абалонку, як у атама неону:



Мал. 3.1. Утварэнне іоннай сувязі паміж літыем і фторам

Пры ўтварэнні фтарыду літыю электрон ад атама літыю пераходзіць да атама фтору. У выніку ўтвараюцца іоны Li^+ і F^- . Электронныя канфігурацыі іонаў Li^+ і F^- такія самыя, як у атамаў гелію і неону адпаведна:

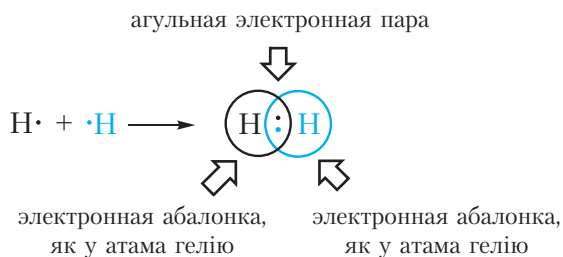


Рознаіменна зараджаныя іоны прыцягваюцца адзін да аднаго. Такая сувязь называецца іоннай. Іонная сувязь утвараецца паміж атамамі металу

і неметалу. Іонная сувязь маецца ў солях (NaCl , KF); аксідах металаў (Na_2O , K_2O); гідраксідах металаў (NaOH , KOH).

Прыклад 2. Утварэнне кавалентнай сувязі ў малекуле вадароду H_2 .

На знешнім слоі атама вадароду ёсць адзін няспараны электрон. Паколькі пры ўтварэнні малекулы вадароду паміж сабой узаемадзейнічаюць аднолькавыя атамы, электрон не будзе пераходзіць ад аднаго атама да другога і рознаіменна зараджаныя іоны ўтварацца не будуць. Замест гэтага няспараныя электроны двух атамаў вадароду ўтвараюць агульную электронную пару. Пры гэтым кожны атам вадароду набывае завершаную электронную абалонку, як у атама гелію:



Мал. 3.2. Утварэнне кавалентнай сувязі ў малекуле вадароду

Сувязь, утвораную з дапамогай агульных электронных пар, называюць кавалентнай. У формулах кавалентную сувязь (агульную электронную пару) абазначаюць рысачкай. Напрыклад, формулу малекулы вадароду можна запісаць $\text{H}—\text{H}$. Такая формула называецца структурнай. Яна паказвае не толькі састаў, але і будову малекулы.

Кавалентная сувязь утвараецца паміж атамамі неметалаў. Кавалентная сувязь маецца ў простых рэчывах неметалаў (H_2 , Cl_2 , O_2 , N_2); аксідах неметалаў (CO_2 , SO_2); кіслотах (HCl , H_2SO_4).

Мы разгледзелі два тыпы хімічнай сувязі — кавалентную і іонную. *Кавалентная сувязь* утвараецца паміж атамамі *неметалаў*. *Іоннай сувяззю* злучаюцца *металы з неметаламі*.

Пры ўзаемадзейненні атамаў металаў адзін з адным узнікае трэці тып хімічнай сувязі — *металічная сувязь*. Падрабязна з гэтым тыпам сувязі вы знаёміліся ў курсе хіміі 9-га класа. Нагадаем, што металічная сувязь маецца ў простых рэчывах, утвораных металамі, напрыклад Na , K , Fe , і металічных сплавах.

Існуюць тры тыпы хімічнай сувязі: кавалентная, іонная і металічная.

Кавалентная сувязь утвараецца паміж атамамі неметалаў у простых рэчывах (H_2 , F_2 , O_2), аксідах неметалаў (H_2O , CO_2), кіслотах (HF , HCl , H_2SO_4 , HNO_3).

Іонная сувязь утвараецца паміж атамамі металу і неметалу ў солях ($NaCl$, KF); аксідах металаў (K_2O , BaO); гідрааксідах металаў ($NaOH$, KOH).

Металічная сувязь утвараецца паміж атамамі металаў у простых рэчывах (Na , K , Cu) і металічных сплавах.

Пытанні і заданні

1. Чаму атамы большасці хімічных элементаў не існуюць пры звычайных умовах у свабодным выглядзе (у выглядзе не звязаных паміж сабой атамаў)? Ці ёсць выключэнне з гэтай заканамернасці?

2. Што такое валентныя электроны? Укажыце лік валентных электронаў у атамах вадароду, вугляроду, азоту.

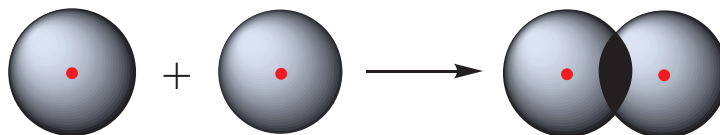
3. Пры дапамозе электронных формул адлюструйце ўтварэнне кавалентных сувязей у малекулах F_2 і N_2 . Электронную абалонку якога высакароднага газу набываюць атамы, што ўтварылі хімічную сувязь у дадзеных малекулах?

4. Вызначце тып хімічнай сувязі ў рэчывах: I_2 , H_2O , KCl , Na_2S , CO_2 , O_2 , CH_4 , Cu .

§ 4. Кавалентная сувязь

Асноўным тыпам хімічных сувязей у арганічных злучэннях з'яўляецца кавалентная сувязь. Разгледзім механізм яе ўтварэння і асноўныя характарыстыкі.

Найпрасцейшы прыклад злучэння з кавалентнай сувяззю — малекула вадароду H_2 . Атам вадароду складаецца з дадатна зараджанага ядра і аднаго няспаранага электрона, які займае $1s$ -арбіталь. Пры збліжэнні двух атамаў вадароду адбываецца перакрыванне іх электронных воблакаў:



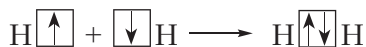
Мал. 4.1. Схема перакрывання электронных воблакаў атамаў вадароду

У выніку ў прасторы паміж ядрамі адбываецца павелічэнне электроннай шчыльнасці, гэта значыць у гэтай вобласці канцэнтруецца адмоўны зарад. Гэты адмоўны зарад прыцягвае дадатна зараджаныя ядры, і паміж атамамі фарміруецца хімічная сувязь. Утвараецца малекула вадароду $\text{H}—\text{H}$, або H_2 . Такая сувязь называецца **кавалентнай**. Чым больш перакрываюцца электронныя воблакі атамаў, тым больш трывалай будзе кавалентная сувязь.

Схему ўтварэння кавалентнай сувязі паміж атамамі вадароду можна прадставіць наступным чынам:



або:



З прадстаўленай схемы відаць, што кавалентная сувязь ажыццяўляецца з дапамогай *агульнай электроннай пары*. У электронных формулах электронную пару звычайна абазначаюць дзвюма кропкамі, размешчанымі паміж атамамі. Калі вакол такіх атамаў апісаць акружнасці, відаць, што кожны атам вадароду ў малекуле мае завершаную электронную абалонку, як у атама гелію:



У структурных формулах кавалентная сувязь абазначаецца рысачкай:



Выкарыстоўваючы паняцце агульнай электроннай пары, можна даць кароткае азначэнне кавалентнай сувязі.

Кавалентная сувязь — хімічная сувязь, утвораная пры дапамозе агульных электронных пар.

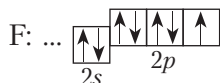
У малекуле вадароду агульная электронная пара фарміруецца за кошт няспараных электронаў двух атамаў вадароду. Такім чынам, можна зрабіць вывад, што колькасць кавалентных сувязей, якія можа ўтварыць элемент, роўна ліку няспараных электронаў у яго атаме.

Напрыклад, у атаме вадароду адзін няспараны электрон, таму вадарод можа ўтварыць толькі адну кавалентную сувязь. Лік кавалентных сувязей, які ўтварае дадзены атам у хімічным злучэнні, называецца яго *валентнасцю*. Напрыклад, паколькі валентнасць вадароду роўная адзінцы, то ў структурных формулах ад сімвала H трэба маляваць адну рысачку: $\text{H}—\text{H}$, $\text{H}—\text{Cl}$.

Разгледзім асноўныя характарыстыкі кавалентнай сувязі.

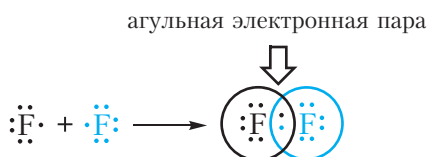
Кратнасць кавалентнай сувязі

На знешнім слоі атама фтору маецца адзін няспараны электрон, таму валентнасць фтору ў злучэннях роўная адзінцы.



Ад сімвала F у структурных формулах трэба маляваць адну рысачку: F—F, H—F.

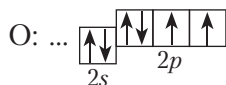
На малюнку 4.2 паказана схема ўтварэння кавалентнай сувязі ў малекуле фтору:



Мал. 4.2. Схема ўтварэння адзінарнай кавалентнай сувязі ў малекуле фтору F₂

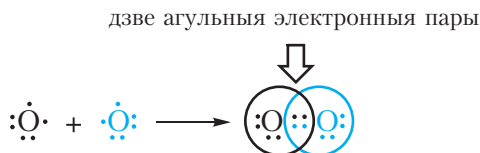
У малекуле фтору атамы звязвае адна агульная электронная пара. Такая сувязь называецца *адзінарнай*.

На знешнім слоі атама кіслароду маюцца два няспараныя электроны, таму валентнасць кіслароду ў злучэннях роўная двум.



Ад сімвала O ў структурных формулах трэба маляваць дзве рысачкі: O=O, H—O—H.

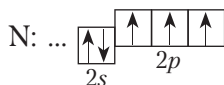
На малюнку 4.3 паказана схема ўтварэння кавалентнай сувязі ў малекуле кіслароду:



Мал. 4.3. Схема ўтварэння двойной кавалентнай сувязі ў малекуле кіслароду O₂

У малекуле кіслароду атамы звязваюць дзве электронныя пары. Такая сувязь называецца *двойной*. Двойная сувязь больш трывалая, чым адзінарная.

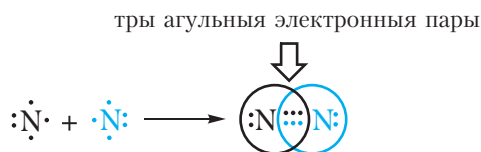
На знешнім слоі атама азоту маецца тры няспараныя электроны, таму валентнасць азоту ў злучэннях роўная тром.



Ад сімвала N у структурных формулах трэба маляваць тры рысачкі:



На малюнку 4.4 паказана схема ўтварэння кавалентнай сувязі ў малекуле азоту:

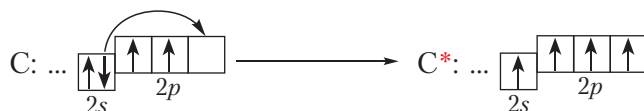


Мал. 4.4. Схема ўтварэння трайной кавалентнай сувязі ў малекуле азоту N₂

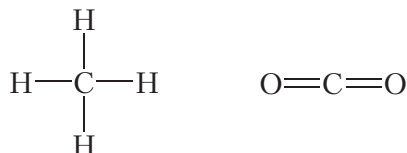
У малекуле азоту атамы звязваюць тры электронныя пары. Такая сувязь называецца *трайной*. Трайная сувязь больш трывалая, чым адзінарная і двайная.

Двайныя і трайныя сувязі маюць агульную назву **кратныя**.

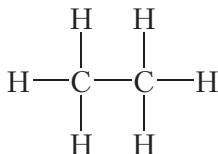
У асноўным стане на знешнім слоі атама вугляроду маецца два няспараных электроны. Аднак атам вугляроду лёгка пераходзіць ва ўзбуджаны стан, у якім маецца чатыры няспараныя электроны:



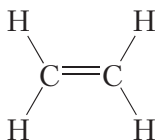
У сувязі з гэтым валентнасць вугляроду можа быць роўная чатыром. У большасці злучэнняў вуглярод чатырохвалентны. Таму ў структурных формулах ад сімвала C трэба маляваць чатыры рысачкі:



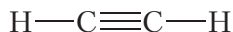
Атамы вугляроду могуць звязвацца паміж сабой як адзінарнымі, так і кратнымі сувязямі. Напрыклад, у малекуле *этану*, які мае састаў C_2H_6 , атамы вугляроду ўтвараюць толькі адзінарныя сувязі:



Двайной кавалентнай сувяззю атамы вугляроду злучаны паміж сабой у малекуле *этылену* (C_2H_4):



Трайная сувязь паміж атамамі вугляроду маецца ў малекуле *ацэтылену* (C_2H_2):



Энергія і даўжыня кавалентнай сувязі

Важнейшымі характарыстыкамі кавалентнай сувязі з'яўляюцца яе **энергія і даўжыня**.

Энергія, якую неабходна затраціць для разрыву хімічнай сувязі, называецца *энергіяй сувязі*. Энергія сувязі вымяраецца ў кДж/моль. Чым больш трывалая сувязь, тым больш энергіі неабходна затраціць на яе разрыв, такім чынам, тым большая энергія сувязі.

Энергія кратных сувязей большая, чым адзінарных (табл. 4.1). Гэта цалкам зразумела, так як для разбурэння двух ці трох сувязей патрабуецца распадаваць больш энергіі, чым для разрыву адной сувязі.

Атамы, злучаныя хімічнай сувяззю, знаходзяцца на пэўнай адлегласці адзін ад аднаго. Адлегласць паміж ядрамі атамаў, якія ўтвараюць сувязь, называецца *даўжынёй сувязі*.

З даных табліцы 4.1 відаць, што ў радзе *этан — этылен — ацэтылен* з ростам кратнасці даўжыня сувязі вуглярод-вуглярод памяншаецца. Гэта значыць пры ўтварэнні кратных сувязей атамы мацней прыцягваюцца адзін да аднаго.

Табліца 4.1. Энергія і даўжыня сувязі вуглярод-вуглярод у некаторых малекулах

Назва рэчыва	Структурная формула	Энергія сувязі вуглярод-вуглярод, кДж /моль	Даўжыня сувязі вуглярод-вуглярод, нм
Этан	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	350	0,154
Этылен	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	612	0,134
Ацэтылен	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	833	0,120

Палярнасць кавалентнай сувязі

У малекуле вадароду H_2 кавалентная сувязь утвараецца паміж атамамі аднаго элемента, таму агульная электронная пара размяшчаецца сіметрычна (пасярэдзіне) паміж ядрамі атамаў. Такая сувязь называецца *кавалентнай непалярнай*.

Прыклад 1. Кавалентнай непалярнай сувяззю злучаюцца паміж сабой атамы неметалаў у простых рэчывах $\text{H}-\text{H}$, $\text{F}-\text{F}$, $\text{Cl}-\text{Cl}$, $\text{O}=\text{O}$, $\text{N}\equiv\text{N}$.

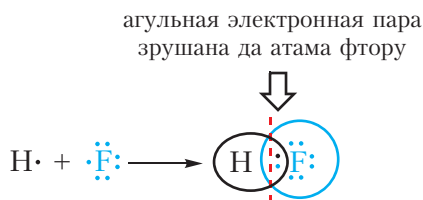
Акрамя таго, кавалентная непалярная сувязь утвараецца паміж атамамі вугляроду ў этане $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$, этылене $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ і ацэтылене $\text{HC}\equiv\text{CH}$.

Пры ўтварэнні кавалентнай сувязі паміж атамамі розных хімічных элементаў агульная электронная пара зрушваецца да больш электраадмоўнага атама. Такая сувязь называецца *кавалентнай палярнай*.

Нагадаем, што **электраадмоўнасць** — гэта здольнасць атама ў хімічным злучэнні прыцягваць да сябе электроны іншых атамаў. Самы электраадмоўны элемент — фтор (ЭА — 4,1).

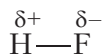
Прыклад 2. Кавалентная палярная сувязь у малекуле фторавадароду HF .

Малекула $\text{H}-\text{F}$ утворана атамамі вадароду і фтору. Электраадмоўнасць фтору вышэйшая, чым вадароду, таму агульная электронная пара будзе зрушана да больш электраадмоўнага атама фтору (мал. 4.5).



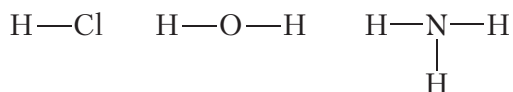
Мал. 4.5. Схема ўтварэння кавалентнай сувязі ў малекуле фторавадароду HF

У выніку на атаме фтору ўзнікае частковы адмоўны зарад, на атаме вадароду — частковы дадатны. Частковыя, а не поўныя зарады ўзнікаюць з прычыны таго, што агульная электронная пара зрушваецца да атама фтору, але поўнага пераходу электрона ад аднаго атама да другога не адбываецца. Частковы зарад абазначаецца грэчаскай літарай δ (дэльта):



Сувязь паміж атамамі вадароду і фтору з'яўляецца *кавалентнай палярнай*.

Кавалентная палярная сувязь узнікае паміж атамамі неметалаў з рознай электраадмоўнасцю, напрыклад, у малекулах хлоравадароду, вады, аміяку:



Чым мацней адрозніваюцца паміж сабой электраадмоўнасці атамаў, якія ўтвараюць кавалентную сувязь, тым большымі будуць частковыя зарады на атамах і тым больш палярнай будзе сувязь.

Прыклад 3. Кавалентныя палярныя сувязі ў малекулах фторавадароду HF і хлоравадароду HCl.

Табліца 4.2. Электраадмоўнасці і частковыя зарады на атамах у малекулах HF і HCl

Назва рэчыва	Электраадмоўнасці элементаў	Частковыя зарады на атамах
Фторавадарод	$\begin{array}{cc} 2,2 & 4,1 \\ \text{H} & \text{---} & \text{F} \end{array}$	$\begin{array}{cc} +0,43 & -0,43 \\ \text{H} & \text{---} & \text{F} \end{array}$
Хлоравадарод	$\begin{array}{cc} 2,2 & 2,8 \\ \text{H} & \text{---} & \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{cc} +0,18 & -0,18 \\ \text{H} & \text{---} & \text{Cl} \end{array}$

З табліцы 4.2 відаць, што частковыя зарады на атамах у малекуле HF значна большыя, чым у малекуле HCl. Такім чынам, сувязь у малекуле HF больш палярная, чым у HCl.

Кавалентная сувязь ажыццяўляецца з дапамогай агульных электронных пар. У электронных формулах агульную электронную пару абазначаюць дзвюма кропкамі, размешчанымі паміж атамамі. У структурных формулах кавалентную сувязь абазначаюць рысачкай.

Кавалентная сувязь утвараецца паміж атамамі неметалаў. Паміж атамамі аднаго і таго ж неметала ўзнікае кавалентная непалярная сувязь. Паміж атамамі розных неметалаў — кавалентная палярная.

Кавалентная сувязь бывае адзінарнай, двойной і трайной. Двойная і трайная сувязі называюцца кратнымі.

Чым больш трывалая сувязь, тым большая энергія сувязі. Энергія кратных сувязей вышэйшая, чым энергія адзінарных сувязей. Кратныя сувязі карацейшыя, чым адзінарныя сувязі.

Пытанні і заданні

1. Пры дапамозе электронных формул адлюструйце ўтварэнне кавалентных сувязей у малекулах HCl, H₂O, NH₃, CH₄. Укажыце валентнасці элементаў у гэтых рэчывах.
2. Улічваючы, што валентнасць вадароду і хлору роўная адзінцы, вугляроду — чатыром, а кіслароду — двум, напішыце структурныя формулы малекул: CCl₄, CO₂, CH₃Cl, C₂H₆, C₂H₄, C₂H₂, C₂H₅Cl.
3. У якой малекуле, H₂O або NH₃, кавалентныя сувязі больш палярныя? Састаўце структурныя формулы гэтых малекул і ўкажыце знакі частковых зарадаў на атамах.
4. Напішыце структурную формулу пераксіду вадароду H₂O₂. Укажыце палярныя і непалярныя сувязі.
5. У якой малекуле, O₂ ці H₂O₂, энергія сувязі кісларод-кісларод большая?
6. Пры моцным награванні можа адбывацца разрыў сувязей у малекулах. Пры гэтым малекулы распадаюцца на атамы. Якое рэчыва, Cl₂ ці N₂, будзе больш устойлівым да награвання (тэрмічна ўстойлівым)?

§ 5. Прадмет арганічнай хіміі. Тэорыя будовы арганічных рэчываў

Вывучаючы неарганічную хімію, вы пазнаёміліся з рэчывамі самага разнастайнага саставу, многія з якіх з'яўляюцца асновай мінералаў, будаўнічых матэрыялаў, мінеральных угнаенняў, каштоўных камянёў і г. д. Пры гэтым вы не сустракалі, каб які-небудзь адзін хімічны элемент абавязкова прысутнічаў ва ўсіх неарганічных рэчывах. Адметнай асаблівасцю арганічных рэчываў з'яўляецца тое, што ў іх састаў, разам з іншымі элементамі, заўсёды ўваходзяць атамы вугляроду. Вывучэнне злучэнняў вугляроду — іх будовы, хімічных уласцівасцей, спосабаў атрымання — і складае прадмет арганічнай хіміі.

Арганічная хімія — хімія злучэнняў вугляроду.

Разам з вугляродамі ў састаў арганічных рэчываў часцей уваходзяць вадарод (CH_4 — метан), кісларод (CH_3COOH — воцатная кіслата) і азот ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ — анілін), радзей — галагены (CCl_4 — тэтрахлорметан), сера (CH_3SH — метылмеркаптан) і іншыя элементы. Адзначым, што некаторыя злучэнні вугляроду адносяцца да неарганічных рэчываў. Вы пазнаёміліся з імі раней. Гэта вуглякіслы газ (CO_2), вугальная кіслата (H_2CO_3), яе солі — карбанаты і некаторыя іншыя рэчывы.

Лік вядомых арганічных злучэнняў значна перавышае лік неарганічных злучэнняў. Такая разнастайнасць абумоўлена здольнасцю атамаў вугляроду злучацца адзін з адным з утварэннем ланцугоў і цыклаў, якія ўключаюць сотні і нават тысячы атамаў вугляроду.

Узнікненне арганічнай хіміі як навукі

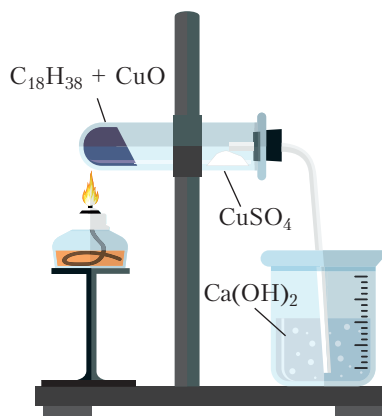
Трэба адзначыць, што арганічныя рэчывы вядомы чалавецтву са старажытных часоў. Ужываючы параўнальна простыя спосабы перапрацоўкі раслін, людзі здаўна ўмелі атрымліваць трысняговы цукар, прыродныя фарбавальнікі, алеі, воцат і г. д. Аднак навука аб злучэннях вугляроду ўзнікла толькі на пачатку XIX стагоддзя, пасля таго як хімікі навучыліся вызначаць састаў рэчываў і выражаць яго ў выглядзе малекулярных формул. Тады стала вядома, што рэчывы расліннага і жывёльнага паходжання змяшчаюць вуглярод.

У 1806 годзе шведскі хімік Я. Берцэліус прапанаваў называць рэчывы, якія атрымліваюць з жывых арганізмаў, арганічнымі, а навуку, якая вывучае іх, — арганічнай хіміяй. Наяўнасць вугляроду ў кожным арганічным рэчыве дазволіла Берцэліусу вызначыць арганічную хімію як хімію злучэнняў вугляроду. Такое азначэнне з'яўляецца агульнапрынятым і сёння. Разам з тым Берцэліус памылкова лічыў, што прынцыповым адрозненнем арганічных рэчываў ад неарганічных з'яўляецца тое, што першыя не могуць быць атрыманы ў лабараторыі, а ствараюцца толькі жывымі арганізмамі пад уплывам асаблівай «жыццёвай сілы». Тэорыя «жыццёвай сілы» атрымала назву «віталізм» (ад лац. *vitalis* — «жыццёвы»). Гэтай тэорыі неўзабаве быў нанесены сакрушальны ўдар, калі ў 1824 годзе з неарганічных рэчываў нямецкім хімікам Ф. Вёлерам была сінтэзавана шчаўевая кіслата, а ў 1828 годзе — мачавіна. У 1845 годзе была атрымана воцатная кіслата (А. Кольбэ, Германія), а ў 1854 годзе французскі хімік М. Бертло сінтэтычным шляхам атрымаў тлушчы. Сёння сінтэзаваны шматлікія арганічныя рэчывы, якія не толькі маюцца ў прыродзе, але і не сустракаюцца ў ёй, напрыклад, лекавыя прэпараты, пластмасы, сінтэтычныя каўчукі, вадкія крышталі і многія іншыя. Такім чынам, вучэнне аб «жыццёвай сіле» пацярпела поўнае паражэнне. Тым не менш, падзел хіміі на арганічную (хімію злучэнняў вугляроду) і неарганічную захаваўся і па сённяшні дзень.

Выяўленне вугляроду і вадароду ў саставе арганічных рэчываў

У састаў усіх арганічных рэчываў уваходзіць вуглярод. Большасць арганічных злучэнняў змяшчае таксама атомы вадароду. Докажам таго, што ў састаў арганічных злучэнняў уваходзяць вуглярод і вадарод, з'яўляецца наступны дослед.

У прабірку змяшчаюць аксід медзі(II) і парафін. Парафін уяўляе сабой сумесь цвёрдых вуглевадародаў (арганічных рэчываў, якія складаюцца з вугляроду і вадароду). Прабірку замацоўваюць гарызантальна ў лабараторным штатыве (мал. 5.1). На сценку прабіркі бліжэй да яе верхняй часткі асцярожна змяшчаюць бязводны сульфат



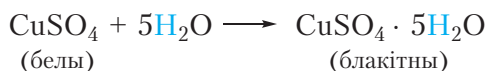
Мал. 5.1. Доказ наяўнасці вугляроду і вадароду ў саставе арганічнага рэчыва ($C_{18}H_{38}$)

медзі(II). Бязводны сульфат медзі(II) CuSO_4 мае белы колер, у адрозненне ад блакітнага меднага купарвасу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Закаркоўваюць прабірку коркам з газаадводнай трубкай, канец трубка змяшчаюць у шклянку з празрыстай вапнавай вадой (водны раствор гідраксиду кальцыю $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Прабірку награвваюць у полымі спіртоўкі.

Аксід медзі(II) у дадзеным доследзе выступае ў ролі акісляльніка. Ён акісляе вуглеводароды да CO_2 і вады, пры гэтым аксід медзі(II) аднаўляецца да медзі. Напрыклад, для вуглеводароду $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$, які ўваходзіць у састаў парафіну, рэакцыю, якая працякае, можна адлюстравачь ураўненнем:



У ходзе эксперымента назіраюцца наступныя з'явы. На сценках прабіркі з'яўляюцца кропелькі вады, пры гэтым белы сульфат медзі(II) набывае блакітны колер, так як ператвараецца ў медны купарвас:



Вуглякіслы газ, які вылучаецца, выклікае памутненне вапнавай вады, так як утвараецца белы асадак CaCO_3 :



Астатак рэакцыйнай сумесі набывае чырвонае адценне з-за ўтварэння металічнай медзі. Такім чынам, гэты дослед даказвае наяўнасць вугляроду і вадароду ў малекулах арганічнага рэчыва.

Тэорыя будовы арганічных рэчываў

Тэорыя будовы арганічных рэчываў сфарміравалася ў другой палове XIX стагоддзя. Да гэтага часу былі атрыманы і даследаваны многія арганічныя злучэнні, устаноўлены іх якасны і колькасны састаў, апісаны ўласцівасці.

Так, у канцы XVIII — пачатку XIX стагоддзя былі вылучаны важнейшыя вуглеводароды (арганічныя рэчывы, якія складаюцца толькі з вугляроду і вадароду) і ўстаноўлены іх малекулярныя формулы. Аднак аказалася, што

веданне малекулярных формул, якія адлюстроўваюць толькі састаў рэчыва, відавочна недастаткова для разумення будовы і ўласцівасцей арганічных злучэнняў. Прыкладзём прыклады некаторых супярэчнасцей, якія заводзілі ў тупік вучоных першай паловы XIX стагоддзя.

Прыклад 1. *Малекулярныя формулы найпрасцейшых вуглеводародаў метану, этану і прапану — CH_4 , C_2H_6 і C_3H_8 адпаведна.*

Да сярэдзіны XIX стагоддзя Э. Франкландам ужо было прапанавана паняцце валентнасці атамаў, а А. Кекуле выказаў здагадку, што атамы вугляроду чатырохвалентныя. Калі сыходзіць з таго, што вадарод аднавалентны, то, разглядаючы прыведзеныя малекулярныя формулы, можна памылкова меркаваць, што толькі ў метане CH_4 вуглярод мае валентнасць роўную чатыром, валентнасць вугляроду ў этане C_2H_6 павінна раўняцца тром, а ў прапане C_3H_8 вуглярод павінен мець дробную валентнасць.

Прыклад 2. *Аднолькавую формулу C_4H_{10} маюць два розныя рэчывы.*

Тэмпература кіпення аднаго з гэтых рэчываў роўная $-0,5^\circ\text{C}$, тады як тэмпература кіпення другога больш чым на 11°C ніжэй і складае -12°C .

Накапленне падобных невытлумачальных на той момант фактаў стала перадумовай стварэння новай тэорыі — тэорыі будовы арганічных злучэнняў. Яе асноўныя палажэнні ў сярэдзіне XIX стагоддзя сфармуляваў А. М. Бутлераў.

Да таго часу было вядома, што малекулы складаюцца з атамаў, але вучоныя яшчэ не надавалі значэння таму, як атамы размяшчаюцца ў малекуле, і лічылі, што пазнаць гэта немагчыма. А. М. Бутлераў выказаў меркаванне аб тым, што атамы ў малекуле злучаны ў пэўнай паслядоўнасці, якую можна ўстанавіць хімічнымі метадамі і адлюстраваць у структурнай формуле.

Сфармулюем важнейшыя палажэнні тэорыі будовы арганічных злучэнняў А. М. Бутлерава:

1. Атамы, якія ўваходзяць у састаў арганічных злучэнняў, звязаны адзін з адным у пэўнай паслядоўнасці ў адпаведнасці з іх валентнасцю.

2. Уласцівасці рэчыва залежаць не толькі ад таго, атамы якіх элементаў і ў якой колькасці



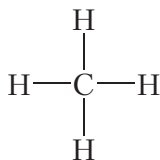
Мал. 5.2.
Аляксандр Міхайлавіч
Бутлераў (1828–1886)

ўваходзяць у састаў малекул, але і ад паслядоўнасці злучэння атамаў у малекулах.

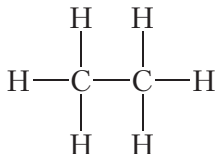
Дадзеная тэорыя адкрыла шлях да шырокага распаўсюджвання структурных формул для адлюстравання будовы арганічных рэчываў.

Выкарыстаем палажэнні тэорыі А. М. Бутлерава для тлумачэння супярэчнасцей, апісаных у прыкладах 1 і 2.

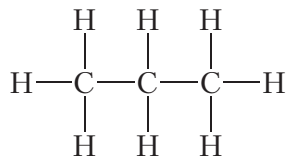
Спачатку растлумачым будову малекул найпрасцейшых вуглевадародаў. Улічваючы, што валентнасць вугляроду роўная чатыром, а валентнасць вадароду — адзінцы, структурная формула метану **CH₄** наступная:



У малекуле этану **C₂H₆** усе атамы вугляроду і вадароду ўваходзяць у састаў адной часціцы. Для гэтага два атамы вугляроду павінны ўтварыць паміж сабой хімічную сувязь. Астатнія тры адзінкі валентнасці кожны атам вугляроду выкарыстае для злучэння з трыма атамамі вадароду. Тады структурная формула этану:



Аналагічныя разважанні для прапану **C₃H₈** прыводзяць да структурнай формулы:



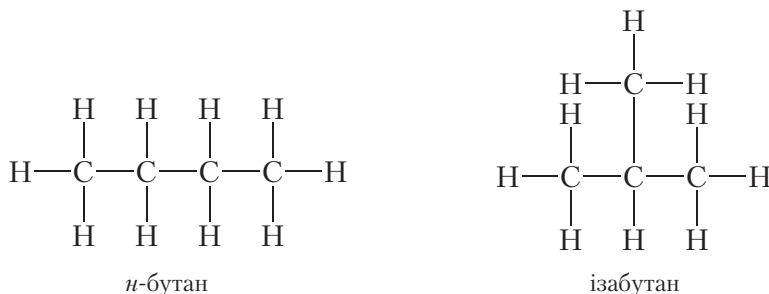
Як бачна, ва ўсіх гэтых вуглевадародах вуглярод чатырохвалентны.

Разгледзім цяпер, які ўплыў на ўласцівасці рэчываў аказвае паслядоўнасць звязвання атамаў у малекуле на прыкладзе злучэння

з малекулярнай формулай C_4H_{10} . Можна скласці два ланцугі з чатырох атамаў вугляроду: лінейны і разгалінаваны:



Такім чынам, малекулярную формулу C_4H_{10} маюць два рэчывы:



Так як *n*-бутан (*n* — скарачанае ад *нармальны*) і ізабутан з'яўляюцца рознымі рэчывамі, яны павінны мець розныя ўласцівасці. Сапраўды, тэмпература кіпення *n*-бутану роўная $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, тады як тэмпература кіпення ізабутану роўная $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такім чынам, тэорыя Бутлерава дазволіла растлумачыць, чаму злучэнні, якія маюць зусім аднолькавы састаў, могуць валодаць рознымі ўласцівасцямі. Рэчывы, малекулы якіх маюць аднолькавы якасны і колькасны састаў, але розную будову, называюцца **ізамерамі**.

Далейшае развіццё навукі толькі дапаўняла і ўдасканальвала тэорыю А. М. Бутлерава, паказала яе справядлівасць не толькі для арганічных, але і для неарганічных злучэнняў. Структурныя формулы, упершыню прапанаваныя А. М. Бутлеравым, і сёння з поспехам выкарыстоўваюцца для адлюстравання будовы малекул як арганічных, так і неарганічных злучэнняў.

Значэнне гэтай тэорыі заключаецца ў сістэматызацыі велізарнага фактычнага матэрыялу, што дало магчымасць мэтанакіраванага сінтэзу новых рэчываў з зададзенымі ўласцівасцямі.

Арганічная хімія — хімія злучэнняў вугляроду.

Арганічныя злучэнні з'яўляюцца асновай жывых арганізмаў.

У аснове тэорыі будовы арганічных злучэнняў А. М. Бутлерава ляжаць уяўленні аб тым, што ўласцівасці рэчываў вызначаюцца не толькі іх саставам, але і паслядоўнасцю злучэння атамаў у малекуле.

Малекулы розных рэчываў могуць мець аднолькавы састаў, але розную паслядоўнасць злучэння атамаў у малекуле.

Пытанні і заданні

1. Атамы якога элемента ўваходзяць у састаў усіх арганічных рэчываў?
2. У чым сутнасць тэорыі «жыццёвай сілы»? Назавіце вучоных, якія ўнеслі значны ўклад у развіццё арганічнай хіміі.
3. Як можна даказаць наяўнасць атамаў вугляроду і вадароду ў саставе малекул арганічных злучэнняў?
4. Сфармулюйце важнейшыя палажэнні тэорыі будовы арганічных рэчываў. Ці справядліва гэта тэорыя для неарганічных злучэнняў?
5. Пералічыце асноўныя прынцыпы будовы малекул арганічных злучэнняў. Чаму роўная валентнасць атамаў вугляроду ў саставе арганічных рэчываў?
6. Які тып хімічнай сувязі пераважае ў малекулах арганічных злучэнняў?
7. Пры прапусканні газападобных прадуктаў поўнага акіслення арганічнага рэчыва масай 0,508 г праз лішак вапнавай вады было атрымана 3,600 г асадку. Вылічыце масавую долю (%) вугляроду ў арганічным рэчыве.

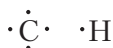
Раздзел 2

ВУГЛЕВАДАРОДЫ

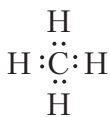
§ 6. Структурныя формулы найпрасцейшых вуглевадародаў. Алканы. Ізамерыя алканаў

Найпрасцейшымі па саставе арганічнымі злучэннямі з'яўляюцца вуглевадароды. Малекулы вуглевадародаў складаюцца толькі з двух элементаў: вугляроду і вадароду. У сваю чаргу, найпрасцейшым вуглевадародам з'яўляецца *метан*. Малекулярная формула метану CH_4 . Малекулярная формула адлюстроўвае толькі састаў малекулы метану. Разгледзім будову малекулы метану.

Атам вугляроду мае чатыры валентныя электроны, атам вадароду — адзін. Гэта можна наглядна адлюстраваць пры дапамозе электронных формул:



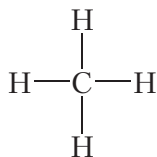
Відавочна, што адзін атам вугляроду можа ўтварыць чатыры кавалентныя сувязі з чатырма атамамі вадароду:



Пры гэтым атамы набываюць завершаныя знешнія электронныя абалонкі, вуглярод — васьміэлектронную, вадарод — двухэлектронную.

Прыведзеная электронная формула адлюстроўвае будову малекулы метану CH_4 , у якой цэнтральны атам вугляроду звязаны з чатырма атамамі вадароду з дапамогай чатырох агульных электронных пар (чатырох кавалентных сувязей). На практыцы пры адлюстраванні будовы малекул арганічных

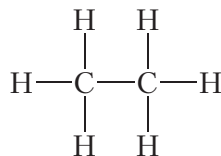
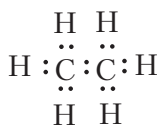
рэчываў зручней карыстацца структурнымі формуламі. Структурная формула метану:



Структурныя формулы, у адрозненне ад малекулярных, адлюстроўваюць не толькі састаў, але і паслядоўнасць злучэння атамаў у малекуле.

Метан уяўляе сабой бясколерны гаручы газ без паху, нерастваральны ў вадзе. Тэмпература кіпення метану вельмі нізкая і складае $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Метан з'яўляецца асноўным кампанентам прыроднага газу. Акрамя гэтага, ён сустракаецца ў радовішчах каменнага вугалю, і яго раптоўныя выкіды бываюць прычынай пажараў у вугальных шахтах. Адсюль паходзіць назва метану «руднічны газ». Вылучэнні метану назіраюцца на тарфяных балотах, гэтым абумоўлена яшчэ адна яго назва — «балотны газ».

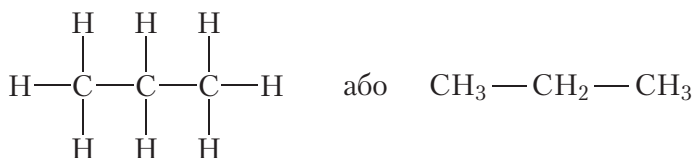
Саставім структурную формулу наступнага вуглеводароду — *этану*. Малекула этану змяшчае два атамы вугляроду, злучаных адзінарнай сувяззю. Улічваючы, што вуглярод у арганічных рэчывах чатырохвалентны, лёгка скласці электронную і структурную формулы малекулы этану:



Малекулярная формула этану — C_2H_6 . Этан, як і метан, бясколерны гаручы, нерастваральны ў вадзе газ. Тэмпература кіпення этану $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$. Этан сустракаецца ў прыродзе ў саставе прыроднага газу.

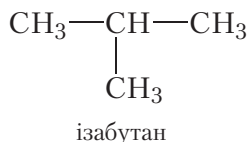
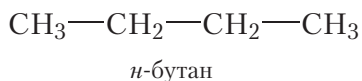
У арганічнай хіміі звычайна карыстаюцца структурнымі, а не малекулярнымі формуламі рэчываў. Для таго каб структурныя формулы не былі занадта грувасткімі, асобныя сувязі $\text{C}-\text{H}$ у іх, як правіла, не паказваюць. У гэтым выпадку структурная формула этану будзе выглядаць больш кампактна: CH_3-CH_3 .

Наступны вуглеводарод — *прапан*. Малекула прапану змяшчае ланцуг з трох атамаў вугляроду, злучаных адзінарнымі сувязямі. Структурныя формулы малекулы прапану:



Падлічыўшы лік атамаў вугляроду і вадароду ў структурнай формуле прапану, можна запісаць яго малекулярную формулу — C_3H_8 . Прапан таксама, як метан і этан, з'яўляецца бясколерным гаручым газам, уваходзіць у састаў прыроднага газу.

З чатырох атамаў вугляроду можна пабудаваць два віды ланцугоў: нармальны (неразгалінаваны) і разгалінаваны. Структурныя формулы адпаведных вуглеводародаў:

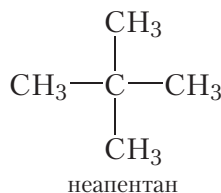
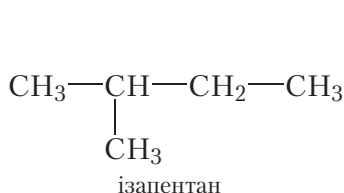
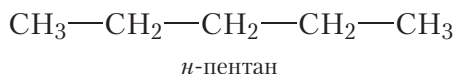


Нагадаем, што для абазначэння вуглеводародаў, якія маюць неразгалінаваны (нармальны) ланцуг, у пачатку назвы ставяць літару «*n*» (§ 5).

Як вы ўжо ведаеце з § 5, *n*-бутан і ізабутан з'яўляюцца ізамерамі. Малекулы гэтых рэчываў маюць аднолькавыя якасны і колькасны састаў (малекулярная формула — C_4H_{10}), але розную будову.

Ізамерныя *n*-бутан і ізабутан пры нармальных умовах — бясколерныя газы без паху, прысутнічаюць у прыродным газе. Сумесямі прапану і ізамерных бутанаў, вылучанымі з прыроднага газу, запаўняюць газавыя балоны, якія выкарыстоўваюцца ў побыце (мал. 6.1).

З пяці атамаў вугляроду, злучаных адзінаарнымі сувязямі, можна пабудаваць малекулы трох вуглеводародаў:



Мал. 6.1. Балоны з бытавым газам

Састаў усіх трох вуглеводародаў аднолькавы і адпавядае малекулярнай формуле C_5H_{12} . Гэта значыць, прыведзеныя вуглеводароды з'яўляюцца ізамерамі.

Відавочна, што для вуглеводародаў з большым лікам атамаў вугляроду ў малекуле лік ізамераў будзе вельмі значным. Так, напрыклад, ізамерных вуглеводародаў саставу $C_{20}H_{42}$ налічваецца больш за 300 000, а лік магчымых ізамерных рэчываў саставу $C_{40}H_{82}$ складае больш за 10^{12} .

З'ява ізамерыі шмат у чым абумоўлівае разнастайнасць арганічных злучэнняў, робіць арганічную хімію сапраўды невычэрпнай.

Мы разгледзелі будову вуглеводародаў, у якіх атамы вугляроду звязаны паміж сабой толькі адзінальнымі сувязямі, астатнія сувязі атамы вугляроду ўтвараюць з атамамі вадароду. Састаў такіх вуглеводародаў апісваецца малекулярнымі формуламі CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} і г. д. Відавочна, што для гэтых вуглеводародаў можна прапанаваць агульную формулу:

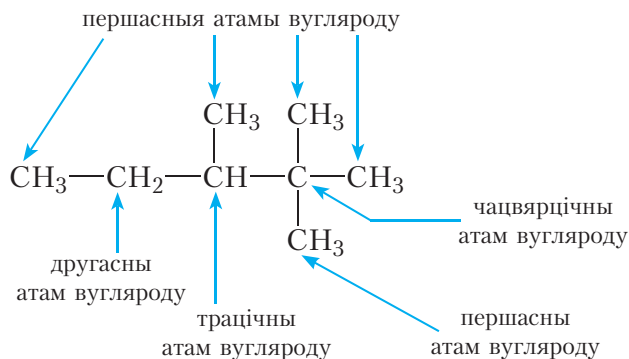


Усе вуглеводароды нецыклічнай будовы, у малекулах якіх маюцца толькі адзінальныя сувязі, будуць адпавядаць дадзенай агульнай формуле. Такія вуглеводароды называюцца *алканамі*.

Атам вугляроду, звязаны ў вугляродным ланцугу толькі з адным атамам вугляроду, называецца *першасным*. Першасныя атамы вугляроду з'яўляюцца канцавымі элементамі вугляроднага ланцуга. У малекуле этану абодва атамы вугляроду першасныя.

Другасны атам вугляроду звязаны з двума атамамі вугляроду. У малекуле прапану першы і трэці атамы вугляроду з'яўляюцца першаснымі, другі атам — другасным.

Трацічны атам вугляроду звязаны з трыма атамамі вугляроду; *чацвярцічны* — з чатырма атамамі вугляроду. Трацічныя і чацвярцічныя атамы вугляроду з'яўляюцца кропкамі разгалінавання вугляроднага ланцуга. Такія атамы вугляроду маюцца ў малекулах ізапентану і неапентану (укажыце іх самастойна).



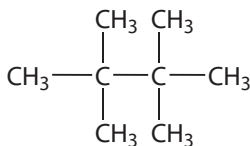
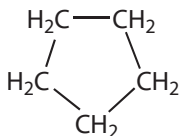
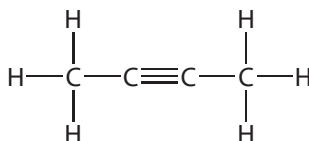
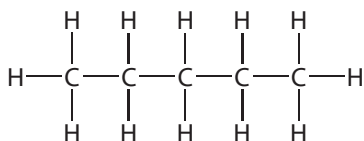
Вуглеводороди нециклічної будови, у молекулах яких мають тільки адітарні зв'язи, називаються алканами.

Агульна формула алканів C_nH_{2n+2} .

Існують два ізамерні алкани складу C_4H_{10} і три ізамерні алкани складу C_5H_{12} .

Питання і завдання

1. Серед перелічених покажіть формули алканів:



2. Напишіть структурні формули *n*-бутану і ізабутану.

3. Що таке ізамери? Чому метан, етан і пропан не мають ізамерів?

4. Напишіть структурні формули всіх вуглеводородів складу C_7H_{16} .

5. Складіть молекулярні формули алканів, у молекулах яких змешчається: а) восьми атомів вугляроду; б) двадцять атомів вадороду.

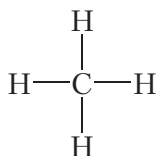
6. Які лік атомів вадороду — цотні ці няцотні — можа змешчацца ў складзе молекули алканів і чому?

7. Для ізамерних вуглеводородів складу C_4H_{10} покажіть першасні, другасні і трацінні атоми вугляроду.

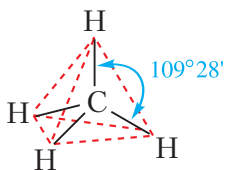
§ 7. Просторова будова молекул алканів. sp^3 -Гібридизація

У папярэднім параграфі мы разгледзелі структурні формулы нека-торых алканів. Структурні формулы адлюстроўваюць не толькі склад, але і паслядоўнасць злучення атомів у молекуле. У той жа час структурні формулы могуць не паказваць прасторавай будовы молекулы.

Наприклад, структурную формулу метану часто адлюстроўваюць наступным чынам:



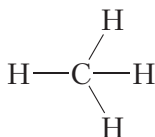
Эксперыментальна ўстаноўлена, што малекула метану не з'яўляецца плоскай, а мае форму правільнага тэтраэдра, у цэнтры якога знаходзіцца атам вугляроду, а ў вяршынях — атомы вадароду:



Мал. 7.1. Прасторавая будова малекулы метану

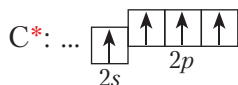
Вугал паміж сувязямі (*валентны вугал*) у малекуле метану роўны $109^{\circ}28'$.

У структурнай формуле метану сувязі часта адлюстроўваюць пад вуглом 90° . Магчымы і іншыя варыянты, напрыклад:

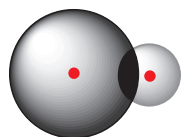


Усе гэтыя варыянты структурных формул з'яўляюцца правільнымі, так як дакладна адлюстроўваюць паслядоўнасць злучэння атамаў у малекуле.

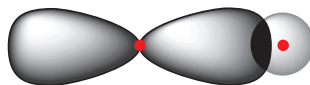
Разгледзім будову малекулы метану больш падрабязна. Утварэнне сувязей у малекулах адбываецца ў выніку перакрывання атамных арбіталей. Будову электроннай абалонкі атама вугляроду ва ўзбуджаным стане паказвае электронна-графічная схема:



Ва ўзбуджаным стане ў атама вугляроду маецца адзін электрон на s -арбіталі і тры электроны на p -арбітальных. Пры ўтварэнні кавалентных сувязей з атамамі вадароду магчымы два спосабы перакрывання электронных воблакаў (мал. 7.2 і 7.3).



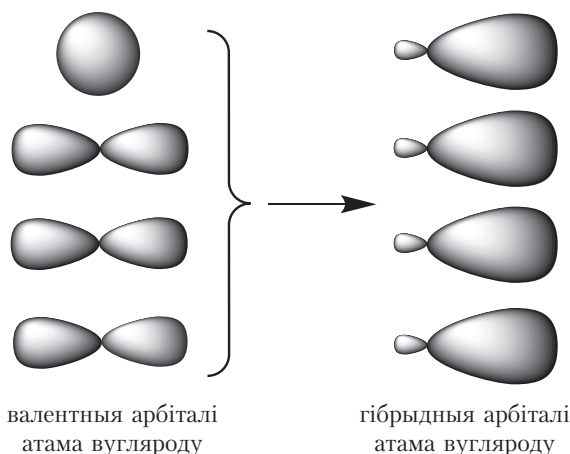
Мал. 7.2. Перакрыванне
2s-воблака атама вугляроду
і 1s-воблака атама вадароду



Мал. 7.3. Перакрыванне
2p-воблака атама вугляроду
і 1s-воблака атама вадароду

Сувязь, утвораная ў выніку перакрывання 2s-арбіталі атама вугляроду і 1s-арбіталі атама вадароду (мал. 7.2), павінна адрознівацца ад трох іншых сувязей, якія ўтвараюцца ў выніку перакрывання 2p-арбіталей атама вугляроду і 1s-арбіталі атама вадароду (мал. 7.3). У рэчаіснасці ўсе чатыры сувязі ў малекуле метану цалкам аднолькавыя. Для тлумачэння гэтага факту выкарыстоўваюцца ўяўленні аб **гібрыдызацыі атамных арбіталей**.

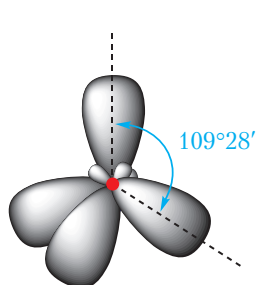
Пры ўтварэнні кавалентных сувязей у малекуле метану чатыры валентныя арбіталі атама вугляроду змешваюцца і ўтвараюць чатыры арбіталі аднолькавай формы (гібрыдныя арбіталі):



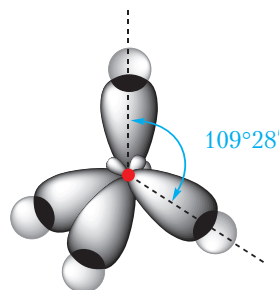
Мал. 7.4. sp^3 -Гібрыдызацыя арбіталей атама вугляроду

Разгледзім, як размяшчаюцца чатыры гібрыдныя арбіталі атама вугляроду ў прасторы. Электронныя воблакі маюць адмоўны зарад, таму гібрыдныя арбіталі павінны размяшчацца такім чынам, каб электростатычнае адштурхоўванне аднайменна зараджаных электронаў было найменшым.

Дадзенай умове адпавядае размяшчэнне гібрыдных арбіталей пад вуглом $109^{\circ}28'$ (мал. 7.5):



Мал. 7.5. Арбіталі sp^3 -гібрыдызаванага атама вугляроду

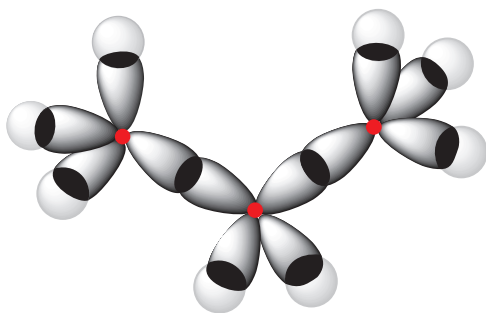


Мал. 7.6. Перакрыванне электронных воблакаў атама вугляроду і чатырох атамаў вадароду ў малекуле метану

Гэтыя вывады пацвярджаюцца вынікамі даследавання з дапамогай фізіка-хімічных метадаў. Сапраўды, малекула метану мае тэтраэдрычную форму, вугал паміж сувязямі $C-H$ складае $109^{\circ}28'$ (мал. 7.6).

Са схемы перакрывання электронных воблакаў у малекуле метану відаць, што гібрыдныя электронныя воблакі атама вугляроду выцягнуты да атама вадароду. Такія воблакі могуць мацней перакрывацца з электроннымі воблакамі атамаў вадароду і, такім чынам, утвараць больш трывалыя сувязі.

У *sp^3 -гібрыдызацыі* ўдзельнічаюць чатыры арбіталі атама вугляроду — адна *s*- і тры *p*-арбіталі. sp^3 -Гібрыдныя арбіталі размяшчаюцца ў прасторы пад вуглом $109^{\circ}28'$.

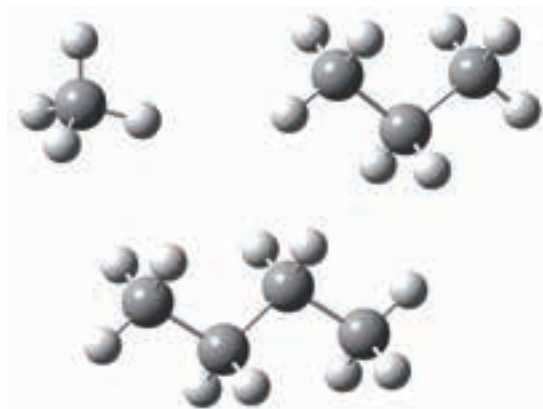


Мал. 7.7. Перакрыванне электронных воблакаў у малекуле прапану C_3H_8

Малекулы іншых алканаў, таксама як і малекула метану, пабудаваны з sp^3 -гібрыдызаваных атамаў вугляроду. Кожны sp^3 -гібрыдызаваны атам вугляроду ўтварае чатыры кавалентныя сувязі. Вугал паміж гэтымі сувязямі (валентны вугал) прыблізна роўны 109° (мал. 7.7).

Прасторавую будову малекул арганічных злучэнняў можна наглядна адлюстравіць з дапамогай шарастрыжнёвых мадэлей.

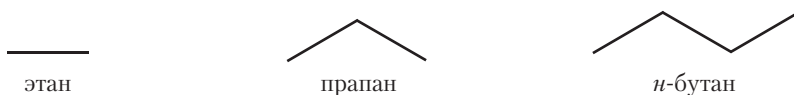
Мадэлямі атамаў вугляроду з'яўляюцца шарыкі шэрага колеру з чатырма адтулінамі; мадэлямі атамаў вадароду — шарыкі белага колеру з адной адтулінай. Мадэлі кавалентных хімічных сувязей — пластмасавыя стрыжні. На малюнку 7.8 паказаны шарастрыжнёвыя мадэлі малекул метану, прапану і *n*-бутану.



Мал. 7.8. Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул метану, прапану і *n*-бутану

Бачна, што атамы вугляроду ў малекулах прапану і *n*-бутану не ляжаць на адной прамой. Напрыклад, вугляродны ланцуг малекулы *n*-бутану мае форму ломанай лініі. Гэта тлумачыцца тым, што вугал паміж сувязямі $C—C—C$ у малекулах алканаў прыблізна роўны 109° .

Для адлюстравання структуры алканаў і іншых арганічных рэчываў часта выкарыстоўваюць формулы, у якіх наогул не паказваюцца хімічныя сімвалы вугляроду і вадароду. Формулы алканаў у гэтым выпадку ўяўляюць сабой ломаныя лініі, якія адлюстроўваюць вугляродны шкілет малекулы. Такія формулы называюцца *шкілетнымі формуламі*. Відавочна, што шкілетныя формулы можна запісваць для алканаў пачынаючы з этану, пры гэтым формула этану мае выгляд рысачкі, а формула прапану ўяўляе сабой ломаную лінію, якая складаецца з двух прамых, і г. д.:



этан

прапан

n-бутан

Шкілетныя формулы арганічных злучэнняў шырока выкарыстоўваюцца разам са звычайнымі структурнымі формуламі. Перавага дадзеных формул — кампактнасць і хуткасць напісання. Акрамя гэтага, шкілетныя

формулы, у адрозненне ад звычайных структурных формул, даюць уяўленне аб прасторавай будове малекул арганічных злучэнняў.

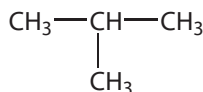
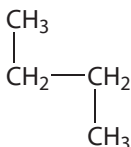
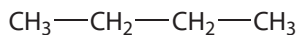
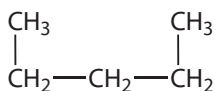
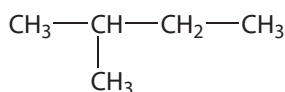
Малекулы алканаў пабудаваны з sp^3 -гібрыдызаваных атамаў вугляроду.

Кожны sp^3 -гібрыдызаваны атам вугляроду ўтварае чатыры кавалентныя сувязі. Вугал паміж гэтымі сувязямі прыблізна роўны 109° .

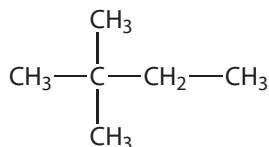
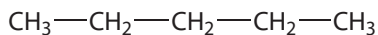
Вугляродны ланцуг малекул алканаў мае форму ломанай лініі.

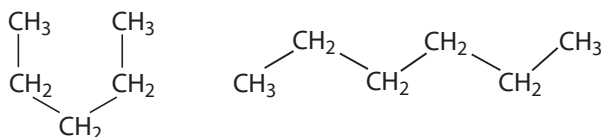
Пытанні і заданні

1. Чаму малекула метану не з'яўляецца плоскай?
2. Адлюструйце перакрыванне электронных воблакаў у малекуле этану. Укажыце прыблізныя значэнні валентных вуглоў у гэтай малекуле.
3. Алкан, які мае неразгалінаваны ланцуг з шасці атамаў вугляроду, называецца *n*-гексан. Састаўце структурную формулу *n*-гексану. Чаму вугляродны ланцуг малекулы *n*-гексану не з'яўляецца прамой лініяй, а мае форму ломанай лініі? Ці можа вугляродны ланцуг малекулы *n*-гексану прымаць іншыя прасторавыя формы?
4. Укажыце, колькі розных рэчываў пазначана наступнымі структурнымі формуламі:



5. Знайдзіце ізамеры сярод рэчываў, формулы якіх прыведзены ніжэй:





6. Чаму роўныя значэнні даўжынь сувязей C—C і валентных вуглоў у малекулах алканаў?

Лабараторны дослед 1

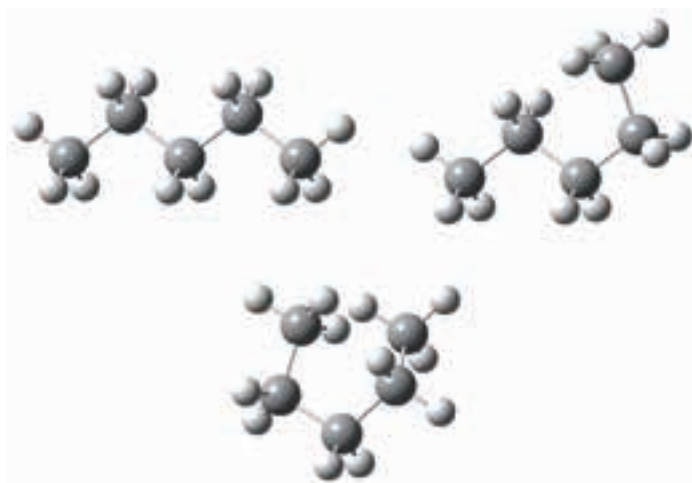
Выраб шарастрыжнёвых мадэлей малекул вугледаародаў

З прапанаванага камплекта шароў і стрыжняў збярыце мадэлі малекул метану, этану, прапану, *n*-бутану і *n*-пентану.

У малекулах алканаў лёгка адбываецца вярчэнне вакол сувязей вуглярод-вуглярод (відэа 7.1). Дзякуючы гэтаму вугляродны ланцуг малекул алканаў можа прымаць розныя прасторавыя формы. Шляхам вярчэння вакол сувязей вуглярод-вуглярод надайце шарастрыжнёвай мадэлі малекулы *n*-пентану прасторавыя формы, прадстаўленыя на малюнку:



Відэа 7.1.
Вярчэнне вакол
сувязі C—C



Шарастрыжнёвыя мадэлі малекулы *n*-пентану

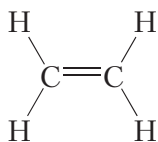
Ці парушаецца паслядоўнасць злучэння атамаў у малекуле пры вярчэнні вакол сувязей вуглярод-вуглярод? Ці з'яўляюцца структуры, прадстаўленыя на малюнку, ізамерамі?

Збярыце шарастрыжнёвыя мадэлі ізамераў *n*-пентану. Ці можна атрымаць гэтыя мадэлі, зыходзячы з мадэлі *n*-пентану, шляхам вярчэння вакол сувязей вуглярод-вуглярод?

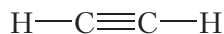
§ 8. Гамалагічны рад і фізічныя ўласцівасці алканаў

З матэрыялу папярэдніх параграфіў вы пазнаёміліся з арганічнымі злучэннямі, якія адносяцца да класа *алканаў*. Алканы называюць таксама *гранічнымі* вуглеводародамі. Назва «гранічныя вуглеводароды» абумоўлена тым, што малекулы алканаў змяшчаюць гранічна магчымы лік атамаў вадароду.

Атамы вугляроду ў малекулах алканаў злучаны толькі адзінарнымі сувязямі. Такія рэчывы называюць *насычанымі*. У адрозненне ад насычаных вуглеводародаў, у малекулах *ненасычаных* злучэнняў маюцца атамы вугляроду, звязаныя двайнымі або трайнымі сувязямі. Прыклады ненасычаных вуглеводародаў:



этылен

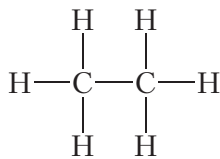


ацэтылен

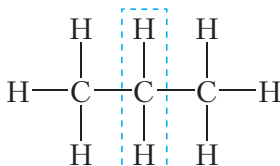
Ненасычаныя вуглеводароды мы будзем вывучаць пазней, пакуль засяродзім увагу на насычаных вуглеводародах — алканах.

Нягледзячы на тое, што мы пазнаёміліся толькі з некалькімі прадстаўнікамі алканаў, відавочна, што злучэнняў гэтага класа можа быць велізарная колькасць, як за кошт магчымасці ўтварэння вугляродных ланцугоў рознай даўжыні, так і за кошт ізамерыі. Састаў усіх алканаў апісваецца агульнай формулай $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

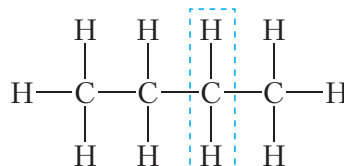
Відавочна, што састаў малекулы этану адрозніваецца ад саставу малекулы метану на адзін атам вугляроду і два атамы вадароду — CH_2 . Такую самую розніцу ў саставе маюць малекулы прапану і этану, *n*-бутану і прапану:



этан



прапан

*n*-бутан

У той жа час састаў *n*-бутану і этану адрозніваецца на дзве групы CH_2 . Такім чынам, малекулы алканаў па саставе адрозніваюцца на адну або некалькі груп CH_2 . Пры гэтым малекулы алканаў маюць падобную будову:

сувязі паміж атамамі вугляроду адзінарныя, астатнія сувязі вуглярод утварае з вадародам. Таму розныя алканы маюць падобныя хімічныя ўласцівасці.

Рэчывы, якія падобны па будове і хімічных уласцівасцях, але адрозніваюцца па саставе малекул на адну або некалькі груп CH_2 , называюцца **гамалагамі** і ўтвараюць **гамалагічны рад**.

Напрыклад, метан, этан і прапан з'яўляюцца гамалагамі.

Паняцце «гамалагічны рад» з'яўляецца важным у арганічнай хіміі. Улічваючы велізарнае мноства арганічных злучэнняў, вывучэнне хімічных уласцівасцей кожнага арганічнага рэчыва не ўяўляецца магчымым, таму падобныя па будове рэчывы аб'ядноўваюць у гамалагічныя рады і вывучаюць агульныя ўласцівасці, характэрныя для ўсіх прадстаўнікоў дадзенага гамалагічнага рада. Мы не будзем разглядаць асобна хімічныя ўласцівасці метану, потым уласцівасці этану і г. д. Замест гэтага вывучым уласцівасці, якія характэрны для ўсіх алканаў.

Разгледзім фізічныя ўласцівасці алканаў. У табліцы 8.1 прыведзены тэмпературы кіпення неразгалінаваных алканаў, малекулы якіх змяшчаюць аднаго да дзесяці атамаў вугляроду.

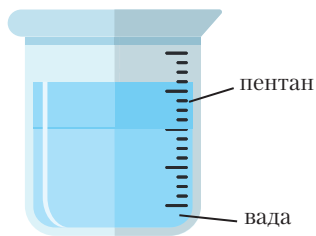
Табліца 8.1. Тэмпературы кіпення неразгалінаваных алканаў

Малекулярная формула	Структурная формула	Тэмпература кіпення ($t_{\text{кп}}, ^\circ\text{C}$)
CH_4	CH_4	-162
C_2H_6	$\text{CH}_3\text{—CH}_3$	-89
C_3H_8	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	-42
C_4H_{10}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_2\text{—CH}_3$	-0,5
C_5H_{12}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_3\text{—CH}_3$	36
C_6H_{14}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_4\text{—CH}_3$	69
C_7H_{16}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_5\text{—CH}_3$	98
C_8H_{18}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_6\text{—CH}_3$	126
C_9H_{20}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_7\text{—CH}_3$	151
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_8\text{—CH}_3$	174

З даных табліцы бачна, што тэмпературы кіпення метану, этану, прапану і *n*-бутану ніжэй за 0 °С, такім чынам, гэтыя рэчывы пры нармальных умовах павінны быць газападобнымі. Сапраўды, метан, этан, прапан і *n*-бутан пры пакаёвай тэмпературы з'яўляюцца бясколернымі газамі. Алканы з большым лікам атамаў вугляроду ў малекуле (ад 5 да 15) уяўляюць сабой вадкасці са спецыфічным пахам. Гэтыя алканы ўваходзяць у састаў бензіну, газы, многіх растваральнікаў. Алканы з яшчэ большым лікам атамаў вугляроду ў малекуле (ад 16 і больш) уяўляюць сабой цвёрдыя рэчывы. Яны добра знаёмыя вам — з цвёрдых алканаў вырабляюць парафінавыя свечкі. Назва парафіны (ад лац. *parum* — 'мала' і *affinis* — 'які мае роднасць') — яшчэ адна назва алканаў. Гэта назва ўказвае на нізкую хімічную актыўнасць алканаў, хімічныя ўласцівасці якіх будуць разгледжаны далей.

Алканы нерастваральны ў вадзе, але добра раствараюцца ў арганічных растваральніках. Успомніце правіла, вядомае вам з курса неарганічнай хіміі, — «падобнае раствараецца ў падобным». Гэта значыць, што добра змешваюцца паміж сабой рэчывы, якія маюць падобную будову. Напрыклад, вада, малекулы якой з'яўляюцца палярнымі, добра растварае рэчывы з іоннымі і кавалентнымі палярнымі сувязямі — кіслоты, шчолачы, солі. Наадварот, рэчывы, малекулы якіх утвораны кавалентнымі непалярнымі або малапалярнымі сувязямі, не раствараюцца ў вадзе, затое раствараюцца ў вадкасцях, якія складаюцца з непалярных малекул. Прыклад: пляму ад машыннага масла на тканіне практычна немагчыма выдаліць з дапамогай вады, але яна можа быць з поспехам выдалена бензінам, паколькі машыннае масла і бензін складаюцца з рэчываў падобнай будовы, вуглеводародаў.

Вадкія і цвёрдыя алканы маюць шчыльнасць менш за 1 г/см³, гэта значыць менш за шчыльнасць вады. Калі змясціць у хімічную шклянку вадку, а потым дабавіць пентан, то атрыманая сумесь падзеліцца на два слаі, прычым пентан збярэцца ў верхняй частцы, а знізу будзе вада (мал. 8.1.).



Мал. 8.1. Расслаенне сумесі пентану з вадой

Такі самы эффект назіраецца пры пападанні нафты ў ваду. Пры гэтым на паверхні вады ўтвараецца плёнка з нафты, што наносіць велізарную шкоду жывым арганізмам. Таму аварыі, звязаныя з разлівам нафты, асабліва небяспечныя для навакольнага асяроддзя.

Вуглеводароды, у малекулах якіх атамы вугляроду злучаны толькі адзінарнымі сувязямі, называюцца насычанымі.

Алканы з'яўляюцца насычанымі вуглеводародамі.

Алканы называюць таксама гранічнымі вуглеводародамі, паколькі малекулы алканаў змяшчаюць гранічна магчымы лік атамаў вадароду.

Малекулы алканаў маюць падобную будову і па саставе адрозніваюцца на адну або некалькі груп CH_2 .

Рэчывы, якія падобны па будове і хімічных уласцівасцях, але адрозніваюцца па саставе малекул на адну або некалькі груп CH_2 , называюцца гамолагамі і ўтвараюць гамалагічны рад.

У гамалагічным радзе алканаў па меры павелічэння ліку атамаў вугляроду ў малекуле растуць тэмпературы кіпення.

Алканы не раствараюцца ў вадзе, але раствараюцца ў арганічных растваральніках.

Пытанні і заданні

1. Чаму алканы называюць гранічнымі і насычанымі вуглеводародамі?

2. Якія злучэнні ўтвараюць гамалагічны рад? Ці з'яўляюцца гамолагамі метан і этылен?

3. Алкан, які мае неразгалінаваны ланцуг з пяці атамаў вугляроду, называецца *n*-пентан. Састаўце формулы двух ізамераў і двух гамолагаў *n*-пентану. Ці з'яўляецца вуглеводарод саставу C_7H_{16} гамолагам пентану?

4. Прыведзіце формулы газападобных пры нармальных умовах алканаў. Ізабутан (ізамер *n*-бутану) мае тэмпературу кіпення, роўную -12°C . У якім агрэгатным стане знаходзіцца ізабутан пры нармальных умовах?

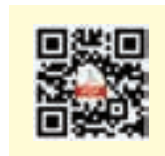
5. У працэсе рамонту аўтамабіляў забруджаныя машынным маслам дэталі часам прамываюць газай. Ці можна для гэтай мэты выкарыстаць вадэ або водныя растворы кіслот ці шчолачаў і чаму?

6. Алканы змяшчаюцца ў нафце. Якія фізічныя ўласцівасці алканаў тлумачаць утварэнне плёнкі на паверхні вады пры пападанні ў яе нафтапрадуктаў?

7. Пабудуйце графік залежнасці тэмпературы кіпення алканаў ад ліку атамаў вугляроду ў іх малекулах.

8. Сярод пералічаных укажыце формулы гранічных вуглеводародаў: C_2H_6 , C_3H_6 , C_8H_{14} , C_9H_{20} .

Вы можаце пазнаёміцца з асаблівасцямі газападобнага стану рэчыва, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Закон Авагадра.
Адносная шчыльнасць
газаў. Аб'ёмная доля
газу ў сумесі

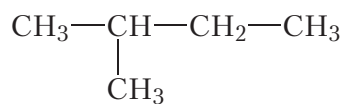
§ 9. Наменклатура алканаў

У малекулах арганічных рэчываў атамы вугляроду, злучаныя з дапамогай кавалентных сувязей, могуць утвараць лінейныя, разгалінаваныя і цыклічныя структуры. Гэтым тлумачыцца разнастайнасць арганічных злучэнняў, лік якіх значна большы, чым лік вядомых неарганічных рэчываў.

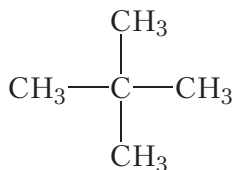
Многія арганічныя рэчывы маюць аднолькавы састаў, але розную будову малекул. Вы ўжо ведаеце, што такія рэчывы называюцца ізамерамі. У выпадку алканаў з'ява ізамерыі выяўляецца пачынаючы з чацвёртага прадстаўніка гамалагічнага рада — бутану C_4H_{10} , для якога існуюць два ізамеры. Пентан C_5H_{12} мае тры ізамеры:



n-пентан



ізапентан



неапентан

Мал. 9.1. Ізамерныя пентаны

Зразумела, што назва пентан з'яўляецца недастатковай, паколькі яна не паказвае, аб якім ізамеры (*n*-пентане, ізапентане ці неапентане) ідзе гаворка.

Для алканаў з вялікім лікам атамаў вугляроду ў малекуле лік ізамераў велізарны. Напрыклад, магчыма існаванне 36 797 588 ізамерных алканаў саставу $C_{25}H_{52}$, гэта амаль сорак мільёнаў рэчываў! Узнікае пытанне: як называць гэтыя рэчывы? Для вырашэння гэтай праблемы былі распрацаваны правілы складання назваў арганічных злучэнняў (наменклатура). Сёння найбольш шырока выкарыстоўваецца наменклатура ІЮПАК (IUPAC — International Union of Pure and Applied Chemistry).

Разгледзім асноўныя прынцыпы наменклатуры арганічных злучэнняў на прыкладзе алканаў.

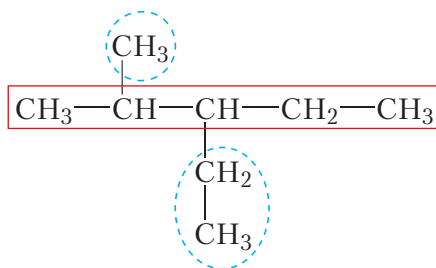
Вугляродны ланцуг у малекулах алканаў можа мець лінейную і разгалінаваную будову. Спачатку разгледзім назвы неразгалінаваных (нармальных) алканаў (табл. 9.1).

Табліца 9.1. Формулы і назвы неразгалінаваных алканаў

Малекулярная формула	Структурная формула	Назва
CH_4	CH_4	метан
C_2H_6	$\text{CH}_3\text{—CH}_3$	этан
C_3H_8	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—H}_3$	прапан
C_4H_{10}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_2\text{—CH}_3$	<i>n</i> -бутан
C_5H_{12}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_3\text{—CH}_3$	<i>n</i> -пентан
C_6H_{14}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_4\text{—CH}_3$	<i>n</i> -гексан
C_7H_{16}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_5\text{—CH}_3$	<i>n</i> -гептан
C_8H_{18}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_6\text{—CH}_3$	<i>n</i> -актан
C_9H_{20}	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_7\text{—CH}_3$	<i>n</i> -нанан
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_8\text{—CH}_3$	<i>n</i> -дэкан

Назвы першых чатырох прадстаўнікоў гамалагічнага рада алканаў — метану, этану, прапану і бутану — з'яўляюцца назвамі, якія гістарычна склаліся (трывіяльнымі). Назвы наступных алканаў складаюцца з грэчаскага лічэбніка, які абазначае лік атамаў вугляроду ў малекуле алкану, і суфікса *-ан*. Звярніце ўвагу, што пачынаючы з бутану у пачатку назвы ставяць літару «*n*». Гэта тлумачыцца тым, што ў бутану і наступных алканаў маюцца ізамеры. Літара «*n*» у пачатку назвы азначае вуглевадарод з неразгалінаваным (нармальным) вугляродным ланцугом.

Складзі назву **разгалінаванага** алкану больш складана. Будзем кіравацца відавочным прынцыпам: калі аб'ект немагчыма назваць цалкам, падзелім яго на часткі і будзем называць па частках. Пры гэтым лагічна ўявіць малекулу разгалінаванай будовы як падабенства дрэва, што мае ствол, да якога ў пэўных месцах прымацаваны галінкі (мал. 9.2). У ролі ствала выступае самы доўгі вугляродны ланцуг, такі ланцуг называюць **галоўным ланцугом**. «Галінкі», злучаныя са «ствалом», уяўляюць сабой групы атамаў $\text{CH}_3\text{—}$, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$ і г. д. Такія групы называюцца **алкільнымі радыкаламі або алкільнымі групамі**.



Мал. 9.2. Структурная формула розгалінавананага алкану
(галоўны ланцуг пазначаны чырвоным колерам, а алкільныя радыкалы — сінім)

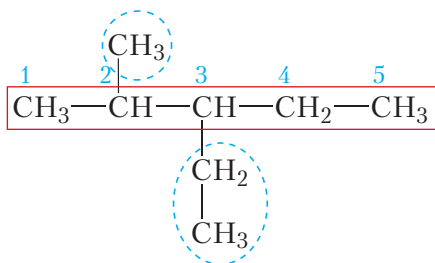
Алкільны радыкал утвараецца ў выніку адрыву ад малекулы алкану аднаго атама вадароду. Разгалінаваны алкан, прадстаўлены на малюнку 9.2, можна разглядаць як прадукт замяшчэння атамаў вадароду ў неразгалінаваным алкане (*n*-пентане) на алкільныя радыкалы ($\text{CH}_3\text{—}$ і $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$). Таму алкільныя радыкалы называюць *замышчальнікамі*.

Назву алкільнага радыкала складаюць аналагічна назве алкану, замяняючы суфікс *-ан* на *-іл(-ыл)* (табл. 9.2).

Табліца 9.2. Формулы і назвы алкільных радыкалаў

Малекулярная формула	Структурная формула	Назва
$\text{CH}_3\text{—}$	$\text{CH}_3\text{—}$	метыл
$\text{C}_2\text{H}_5\text{—}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$	этыл
$\text{C}_3\text{H}_7\text{—}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	прапіл

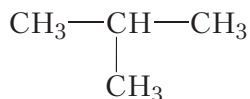
Перад пабудовай назвы атамы вугляроду ў галоўным ланцугу нумаруюць, пачынаючы з таго канца, да якога бліжэй разгалінаванне:



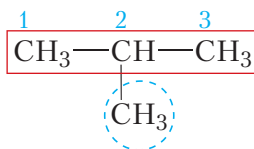
Мал. 9.3. Структурная формула разгалінавананага алкану
з пранумараванымі атамамі вугляроду галоўнага ланцуга

У назве алкільныя замяшчальнікі пералічваюць у алфавітным парадку, паказваючы лічбамі становішча кожнага замяшчальніка ў галоўным ланцугу. У адпаведнасці з прыведзенымі правіламі, назва дадзенага алкану 2-метыл-3-этылпентан. Разгледзім больш падрабязна прынцыпы пабудовы назваў алканаў на канкрэтных прыкладах.

Прыклад 1. Назавём найпрасцейшы алкан разгалінаванай будовы:

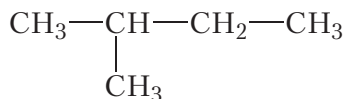


Галоўны ланцуг дадзенай малекулы складаецца з трох атамаў вугляроду. Алкан з такім лікам атамаў вугляроду называецца прапан. Да гэтага ланцуга ў становішчы 2 далучана метыльная група $\text{CH}_3 -$.

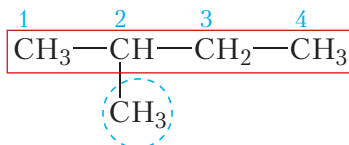


Назва рэчыва **2-метылпрапан**.

Прыклад 2. Складзём назву аднаго з ізамераў пентану:

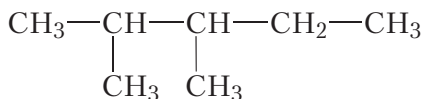


Знаходзім у структурнай формуле самы доўгі вугляродны ланцуг. Атамы вугляроду гэтага ланцуга нумаруем, пачынаючы з таго канца, да якога бліжэй разгалінаванне:

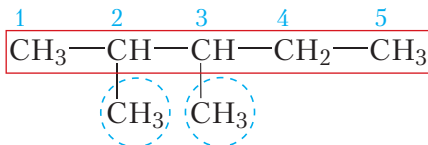


Як бачна, галоўны ланцуг змяшчае чатыры атамы вугляроду. Алкан з чатырма атамамі вугляроду ў малекуле — бутан. Да атама вугляроду пад нумарам 2 галоўнага ланцуга далучана метыльная група $\text{CH}_3 -$. Такім чынам, вуглевадарод будзе называцца **2-метылбутан**.

Прыклад 3. Складзём назву аднаго з ізамераў гептану:



Галоўны ланцуг змяшчае пяць атамаў вугляроду. Алкан з пяццю атамамі вугляроду — пентан.

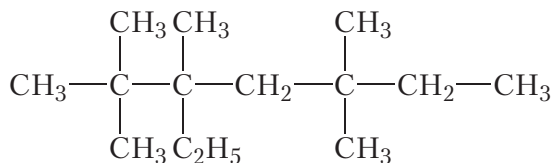


Дадзены прыклад цікавы тым, што да галоўнага ланцуга далучаны дзве метыльныя групы, яны звязаны з другім і трэцім атамамі вугляроду. Адзначым, што пры наяўнасці ў малекуле некалькіх аднолькавых алкільных радыкалаў, іх лік абазначаецца дадатковай прыстаўкай, напрыклад: *дыэтил-, трыпрапіл-, пентаметыл-* і г. д. Таму ў назве разглядаемага алкану перад назвай вуглеводароднага радыкала (*метыл-*) неабходна паставіць прыстаўку *ды-*. Назва злучэння **2,3-дыметылпентан**.

Прыклад 4. Рашым адваротную задачу — напішам структурную формулу алкану па яго назве. Назва алкану: 2,2,3,5,5-пентаметыл-3-этилгептан.

З назвы відаць, што галоўны ланцуг складаецца з сямі атамаў вугляроду (гептан), да якога ў становішчах 2, 3 і 5 далучаны пяць метыльных груп і ў становішчы 3 — адна этыльная група.

Адлюстроўваючы ланцуг з сямі атамаў вугляроду і далучаючы да яго ў адпаведных становішчах пералічаныя групы, атрымліваем формулу рэчыва:



Як бачна, прынцыпы наменклатуры ІЮПАК дазваляюць даць назвы алканам дастаткова складанай будовы і напісаць формулу рэчыва па яго назве.

Для пабудовы назваў арганічных рэчываў выкарыстоўваюць наменклатуру ІЮПАК.

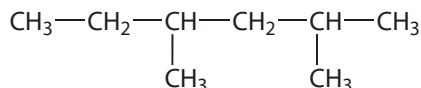
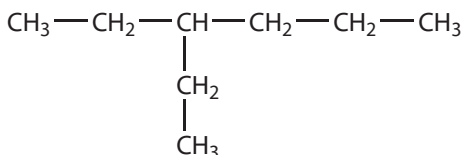
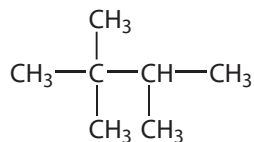
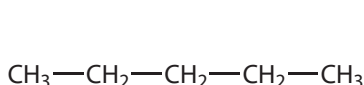
Пры пабудове назвы разгалінаваны алкан разглядаюць як прадукт замяшчэння атамаў вадароду ў неразгалінаваным алкане на алкільныя радыкалы.

Назва алкану складаецца з назвы галоўнага ланцуга і назваў замяшчальнікаў з указаннем іх становішча.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце структурныя формулы вугледадародных радыкалаў метылу, этилу і прапілу.

2. Назавіце па наменклатуры ІЮПАК рэчывы, формулы якіх:



3. Састаўце структурныя формулы ўсіх ізамераў *n*-гексану. Назавіце гэтыя рэчывы па наменклатуры ІЮПАК.

4. Напішыце структурныя формулы наступных вугледадародаў:

- а) 2,4-дыметылгептан;
- б) 3,3-дыэтылгексан;
- в) 2,3,3,4-тэтраметыл-4,5-дыэтылактан.

5. Якія з прыведзеных назваў алканаў складзены правільна:

- а) 2,3,4-трыметыл-2-этылпентан;
- б) 1,1-дыметыл-3-этылпентан;
- в) 2,2,4,5-тэтраметыл-3-этылгептан;
- г) 3,3-дыэтылпентан;
- д) 4,5-дыметыл-4-этылгексан?

Выправіце дапушчаныя памылкі.

§ 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 слоём газу — сумесі, якая складаецца ў асноўным з насычаных вуглеводародаў. Пры гэтым алканы, якія ўваходзяць у састаў газу, не рэагуюць са шчолачнымі металамі.

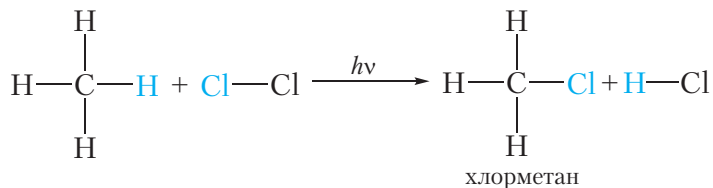
З-за нізкай хімічнай актыўнасці алканаў рэакцыі з іх удзелам працякаюць у жорсткіх умовах (пры *награванні* або *апраменьванні ўльтрафіялетавым выпраменьваннем*).

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

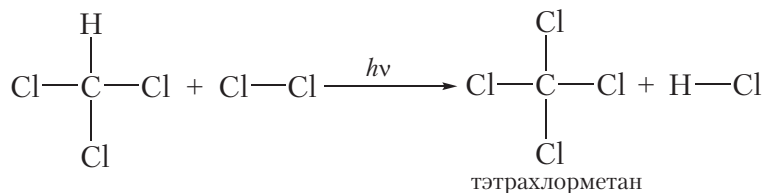
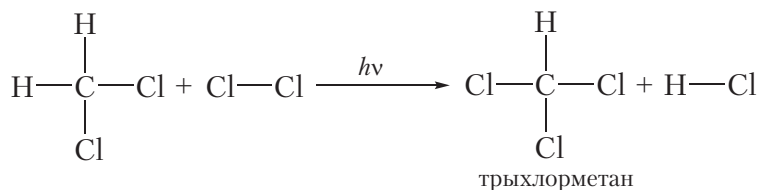
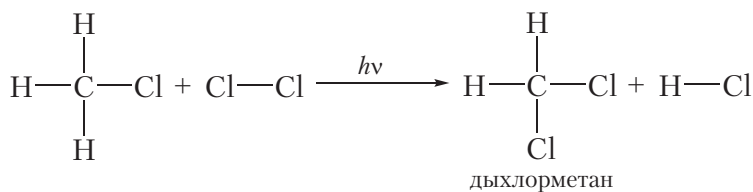
Узаемадзеянне алканаў з галагенамі — хлорам і бромам — працякае пры *награванні* або *апраменьванні ўльтрафіялетавым выпраменьваннем*.

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:

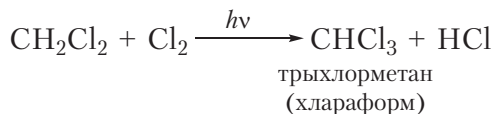
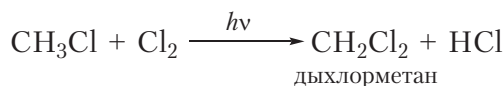
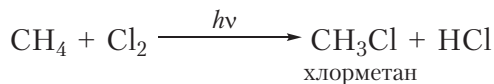


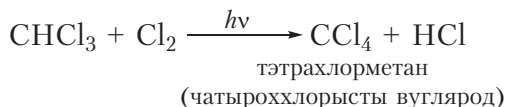
Ва ўраўненнях рэакцый, якія працякаюць пры апраменьванні, над стрэлкай запісваюць літары $h\nu$. Дадзеная рэакцыя называецца рэакцыяй *галагенавання* і адносіцца да рэакцый *замяшчэння*.

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 атомы вадароду малекулы метану, якія засталіся, могуць паслядоўна замяшчацца на галаген:



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

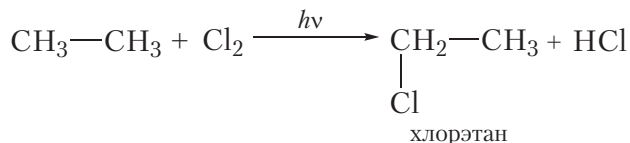




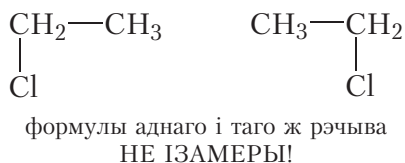
Разгледзім рэакцыі монахларавання гамолагаў метану.

Монахлараванне этану

Для этану ўраўненне рэакцыі наступнае:



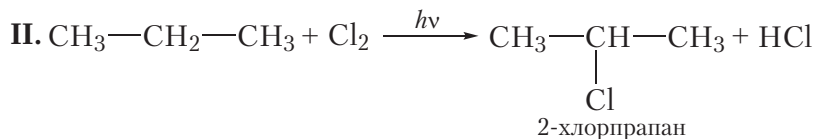
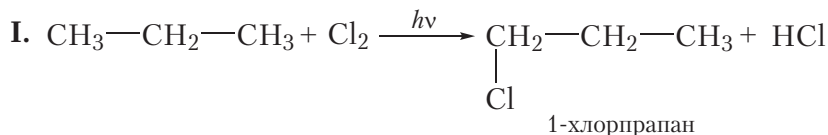
Адзначым, што ў назве «хлорэтан» няма неабходнасці ўказваць лічбай становішча атама хлору. Гэта звязана з тым, што пры замяшчэнні любога атама вадароду ў малекуле этану на атам хлору ўтвараецца адно і тое ж рэчыва:



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:

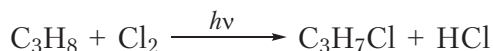


У выпадку I адбываецца замяшчэнне на галаген атама вадароду пры першым атаме вугляроду, прадукт рэакцыі — 1-хлорпрапан. У выпадку II

замяшчаецца 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:



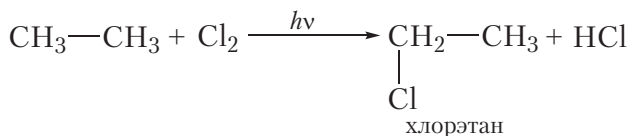
Ураўненне рэакцыі, запісанае ў такім выглядзе, не толькі не дазваляе вызначыць, які менавіта прадукт (1-хлорпрапан ці 2-хлорпрапан) маецца на ўвазе, але і прыводзіць да распаўсюджанай памылкі, што пры монахлараванні прапану ўтвараецца толькі адзін арганічны прадукт — C_3H_7Cl , хоць на самай справе іх 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.

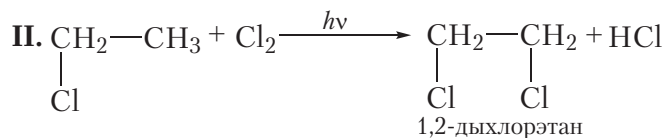
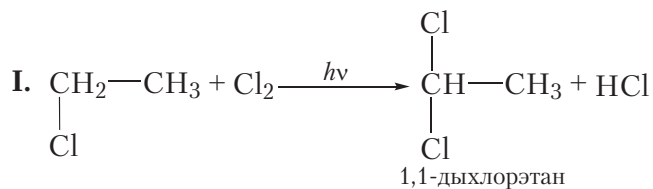
Рэакцыя працякае ў два этапы.

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



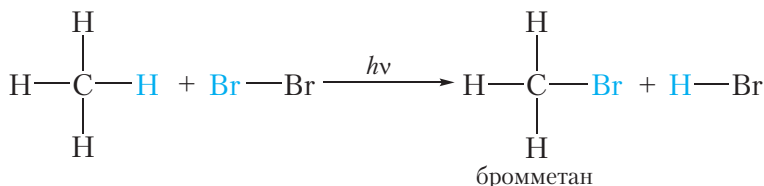
б) Другая стадыя хларавання этану. На дадзенай стадыі адбываецца ўзаемадзеянне малекулы хлору з малекулай хлорэтану, што ўтварыўся

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



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

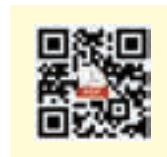
Алканы ўступаюць у рэакцыі замяшчэння таксама з бромам. Напрыклад:



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 шкідлет змяняецца ці цалкам разбураецца. Разгледзім такія рэакцыі.

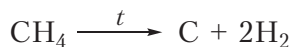


* Свабоднарадыкальны механізм

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:



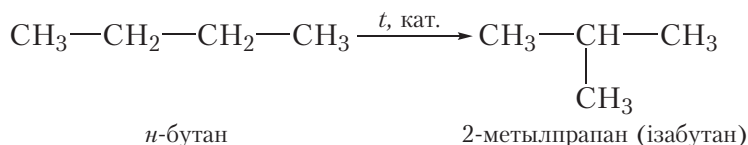
Агульная схема рэакцыі піролізу алканаў (n — лік атамаў вугляроду ў малекуле алкану):



Гэту рэакцыю выкарыстоўваюць у прамысловасці для атрымання сажы і вадароду.

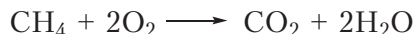
3. Ізамерызацыя

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:

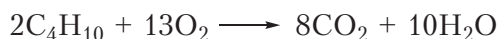


4. Гарэнне. Узаемадзеянне з кіслародам

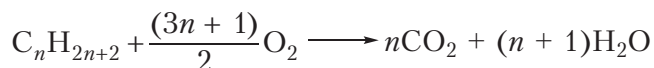
Важнейшая ўласцівасць алканаў — **гарэнне**. Алканы ўзгараюцца пры падпальванні. Ураўненне рэакцыі гарэння метану:



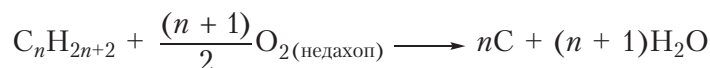
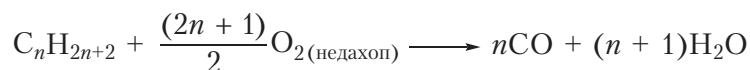
Гэта рэакцыя вам добра знаёма, яна працякае пры падпальванні газу ў кухоннай газавай пліце, так як метан — асноўны кампанент прыроднага газу. Сумессю прапану і ізамерных бутанаў напаўняюць газавыя балоны. Ураўненні рэакцый гарэння гэтых алканаў:



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 вуглякіслым 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).

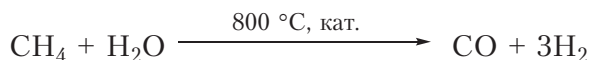
Разам з тым алканы могуць быць атрыманы з іншых арганічных рэчываў. Гэтыя рэакцыі мы будзем разглядаць па меры далейшага вывучэння арганічнай хіміі.



* 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 шкілет 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 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 %. Устаноўце 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 індэксы ў *найпрасцейшай формуле* C_2H_5 , атрымаем формулу C_4H_{10} . Гэта формула адпавядае вугледадароду **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 вугледадароду роўна 42 г/моль. Масавая доля вугляроду ў вугледадародзе складае 85,7 %. Устаноўце малекулярную формулу вугледадароду.*

Формула вугледадароду — 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* вугледадароду — CH_2 . Падвойшы індэксы ў *найпрасцейшай формуле* CH_2 , атрымаем формулу C_2H_4 . Гэта формула адпавядае вугледадароду **этылену**. Калі патроіць індэксы ў *найпрасцейшай формуле* CH_2 , то атрымаецца формула C_3H_6 . Дадзеная формула адпавядае вугледадароду **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 вуглевадароду з малярнай масай найпрасцейшай формулы CH_2 :

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

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

Адказ: C_3H_6 .

У саставе арганічных злучэнняў, разам з вугляродам і вадародам, 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 масы 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. Вуглеводарод змяшчае 81,8 % вугляроду па масе. Устанавіце формулу вуглеводароду.

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

3. Вуглеводарод 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*. Вуглеводарод 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.

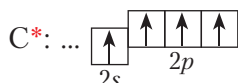


* Цыклаалканы

§ 12. Алкены. Будова малекул

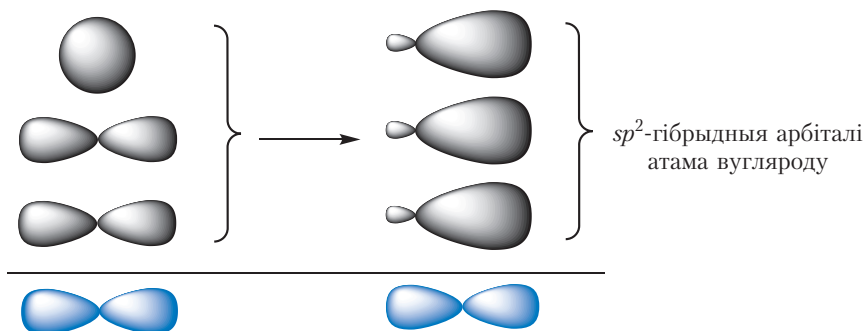
Атамы вугляроду могуць быць звязаны паміж сабой не толькі адзінарнымі, але і двайнымі сувязямі. Найпрасцейшым вуглеводародам, які змяшчае двайную сувязь, з'яўляецца *этылен* $\text{CH}_2=\text{CH}_2$. Разгледзім будову яго малекулы.

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 намі 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° .

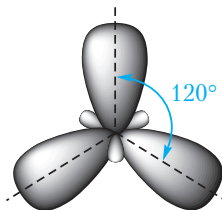
Двайная сувязь у малекуле этылену ўтвараецца паміж атамамі вугляроду, якія знаходзяцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі. У sp^2 -гібрыдызацыі бяруць удзел: адна s - і дзве p -арбіталі (мал. 12.1).



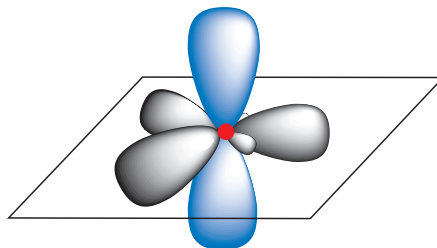
Мал. 12.1. sp^2 -Гібрыдызацыя арбіталей атама вугляроду

Три sp^2 -гібридні орбіталі розтягуються на максимальній відстані одна від одної. Це досягається, коли вони знаходяться в одній площині під кутом 120° (мал. 12.2.).

Одна p -орбіталь атома вуглецю (мал. 12.3, синього кольору) зберігає свою першопочаткову форму і розтягуються перпендикулярно площині, у якій лежать три sp^2 -гібридні орбіталі.

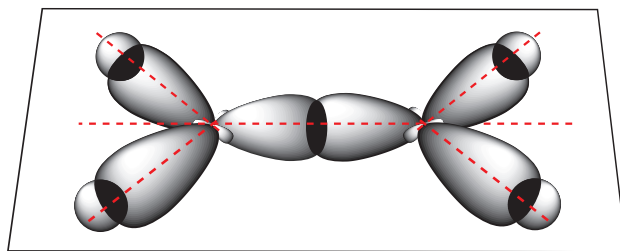


Мал. 12.2. sp^2 -Гібридні орбіталі атома вуглецю



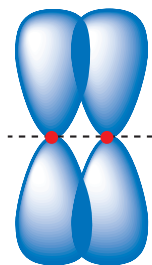
Мал. 12.3. Орбіталі sp^2 -гібридизованого атома вуглецю

За кошт перекривання гібридних орбіталей кожен атом вуглецю утворює три зв'язі — одну з сусіднім атомом вуглецю і дві — з атомами водороду (мал. 12.4).

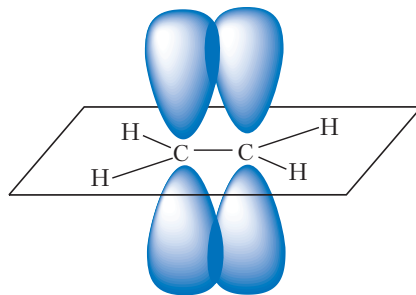


Мал. 12.4. Схема утворення σ -зв'язей у молекулі етилену

Як видно з малюнка 12.4, при утворенні цих зв'язей електронні хмарки перекриваються уздовж лінії, яка з'єднує ядра атомів. Такі зв'язі називаються σ -зв'язями (сігма-зв'язями). Другий зв'язь між атомами вуглецю в молекулі етилену утворюється за кошт багатого перекривання негібридних p -орбіталей (мал. 12.5).



Мал. 12.5. Схема
утварення π -сувязі

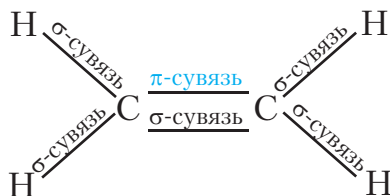


Мал. 12.6. Схема утворення
 π -сувязі ў малекуле етылену

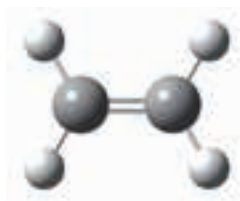
Такая сувязь называецца **π -сувяззю** (пі-сувяззю).

Такім чынам, атомы вугляроду ў малекуле етылену звязаны двайной сувяззю, адна з якіх σ -сувяззь, а другая — π -сувяззь.

Усе адзінарныя сувязі з'яўляюцца σ -сувяззямі. Двайная сувязь складаецца з адной σ - і адной π -сувяззі. Усяго ў малекуле етылену маецца пяць σ -сувязей і адна π -сувязь:



Так як π -сувязь утвараецца за кошт слабага бакавога перакрывання арбіталей, яна менш трывалая, чым σ -сувязь, якая ўтворана за кошт перакрывання арбіталей, выцягнутых насустрач адна адной. Тым не менш, атомы вугляроду, звязаныя двайной сувяззю, мацней збліжаюцца адзін з адным. У малекуле етылену адлегласць паміж атамамі вугляроду роўная 0,134 нм, што прыкметна менш, чым у малекуле этану (0,154 нм).



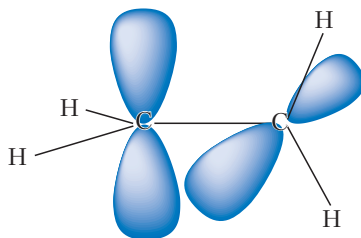
Мал. 12.7.
Шарастрыжнёвая мадэль
малекулы етылену

Будова малекулы етылену можа быць адлюстравана з дапамогай шарастрыжнёвай мадэлі (мал. 12.7).

Малекула етылену плоская, валентныя вуглы прыкладна роўныя 120° . У плоскасці малекулы размяшчаецца сістэма σ -сувязей, а π -сувязь утвараецца

Ї виніку перекривання електронних волакаў над і пад плоскасцю молекулы (мал. 12.6).

Як вы ўжо ведаеце (§ 7), у молекулах алканаў лёгка адбываецца вярчэнне вакол адзінарных сувязей $C-C$. Вакол двойной сувязі $C=C$ падобнае вярчэнне немагчыма, бо яно прывядзе да таго, што електронныя волакі π -сувязі разамкнуцца, π -сувязь пры гэтым разбурыцца:



Этылен з'яўляецца найпрасцейшым прадстаўніком **алкенаў** — нецыклічных вуглеадаводаў, молекулы якіх змяшчаюць адну двойную сувязь.

Бліжэйшы гамалаг этылену — *прапілен* $CH_3-CH=CH_2$. Молекулярная формула прапілену C_3H_6 . Суседнія члены гамалагічнага рада, як і ў выпадку алканаў, адрозніваюцца па саставе на групу CH_2 . Відавочна, што наступны гамалаг павінен мець састаў C_4H_8 . Адсюль лёгка можна вывесці агульную формулу алкенаў — C_nH_{2n} .

Вуглеадароды нецыклічнай будовы, у молекулах якіх маецца адна двойная сувязь, называюцца алкенамі.

Агульная формула алкенаў C_nH_{2n} .

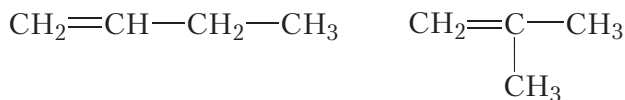
Атамы вугляроду, якія ўтвараюць двойную сувязь, знаходзяцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі.

Кавалентная сувязь, утвораная за кошт перакрывання електронных волакаў, якія ляжаць на лініі, што злучае ядры атамаў, называецца σ -сувяззю.

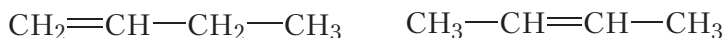
Кавалентная сувязь, утвораная за кошт бакавога перакрывання негібрыдных p -арбіталеў, называецца π -сувяззю.

Двойная сувязь уключае адну σ - і адну π -сувязь. π -Сувязь менш трывалая, чым σ -сувязь.

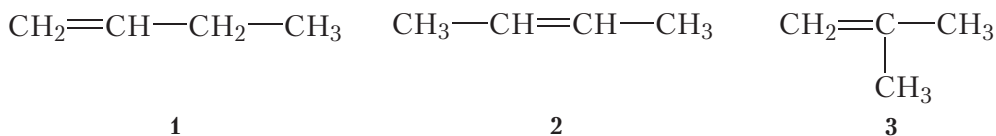
Разгледзім магчымую будову алкенаў саставу C_4H_8 . Таксама, як і для алканаў, для алкенаў мае месца ізамерія вугляроднага шкідэта:



Акрамя таго, у алкенаў з'яўляецца новы від структурнай ізамерыі — ізамерія становішча двайной сувязі:



Такім чынам, існуе тры ізамерныя алкены саставу C_4H_8 . Напішам структурныя формулы гэтых ізамераў:



Злучэнні 1 і 2 з'яўляюцца ізамерамі становішча двайной сувязі. Злучэнне 3 з'яўляецца ізамерам вугляроднага шкідэта ў адносінах да злучэнняў 1 і 2.

Як бачна, магчымасці ізамерыі алкенаў больш шырокія, чым алканаў. Гэта тлумачыцца тым, што разам з ізамерыяй вугляроднага шкідэта для алкенаў магчыма ізамерія становішча двайной сувязі.

Вы можаце пазнаёміцца з міжкласавай ізамерыяй алкенаў і цыклаалканаў, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

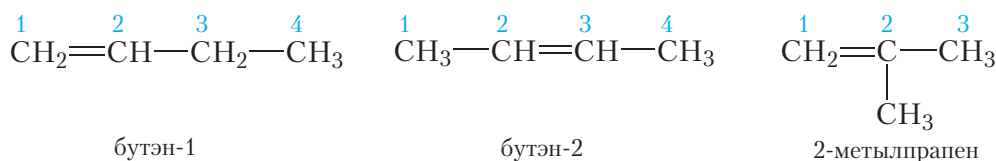


* Міжкласавая ізамерія алкенаў і цыклаалканаў

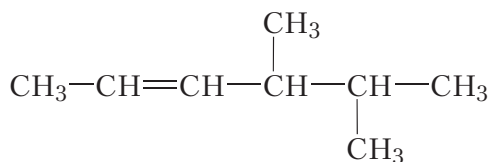
Наменклатура алкенаў

У адрозненне ад алканаў, у назве алкенаў замест суфікса *-ан* выкарыстоўваецца суфікс *-ен* (*-эн*), які абазначае двайную сувязь. Атамы вугляроду галоўнага ланцуга нумаруюць, пачынаючы з таго канца, да якога бліжэй двайная сувязь. Становішча двайной сувязі ўказваюць нумарам атама вугляроду, ад якога яна пачынаецца.

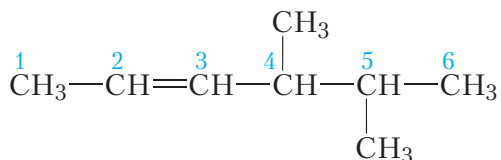
Этылен у адпаведнасці з правіламі наменклатуры называецца *этэн*. Прапілен — *прапен*. Назавём ізамерныя алкены саставу C_4H_8 :



Разгледзім больш складаны прыклад. Назавём алкен, структурная формула якога:



Выбярэм галоўны ланцуг злучэння. У дадзеным выпадку выбар не ўяўляе цяжкасцей, гэта самы доўгі гарызантальна размешчаны ланцуг, ён уключае двайную сувязь. Пранумаруем атамы вугляроду. Нумарацыю пачынаем з таго канца, да якога бліжэй двайная сувязь:



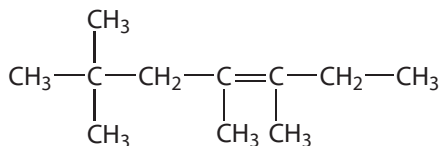
Галоўны ланцуг уключае шэсць атамаў вугляроду, двайная сувязь пачынаецца з другога атама вугляроду, таму на канцы назвы будзе суфікс *-ен* з лічбай 2. Становішча двух метыльных груп пры чацвёртым і пятым атамах вугляроду абазначаюцца, як і ў выпадку алканаў, адпаведнымі нумарамі. У выніку назва злучэння: **4,5-дыметылгексэн-2**.

Магчымасці ізамерыі ў радзе алкенаў шырэйшыя, чым у алканаў, так як, акрамя ізамерыі вугляроднага шкелета, магчыма ізамерыя становішча двайной сувязі.

Прынцыпы пабудовы назваў алкенаў падобныя на разгледжаныя раней для алканаў. Становішча двайной сувязі ўказваецца нумарам атама вугляроду галоўнага ланцуга, з якога пачынаецца C=C сувязь. Атамы вугляроду галоўнага ланцуга нумаруюць з таго канца, да якога бліжэй двайная сувязь.

Пытанні і заданні

1. Напішыце структурныя формулы алкенаў саставу C_5H_{10} і дайце ім назвы.
2. Назавіце алкен, структурная формула якога:

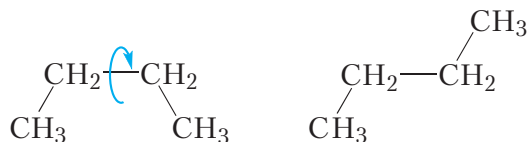


3. Напішыце структурныя формулы наступных алкенаў:
 - а) 2,3,4-трыметылпентэн-1;
 - б) 4,5-дыметыл-3-этылгексэн-2.

§ 14. Просторова ізамерія алкенаў

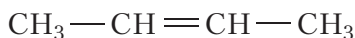
У папярэднім параграфі мы разгледзелі разнавіднасці *структурнай ізамерыі* алкенаў — ізамерыю становішча двойной сувязі і ізамерыю вугляроднага шкідэта. Акрамя структурнай ізамерыі, для алкенаў маюцца і прасторавая ізамерія. Гэта звязана з тым, што малекулы алкенаў, нават маючы аднолькавую паслядоўнасць злучэння атамаў і аднолькавае становішча двойной сувязі, могуць адрознівацца размяшчэннем атамаў у прастору.

Як мы ўжо ведаем, у малекулах алканаў лёгка адбываецца вярчэнне вакол адзінарных сувязей вуглярод-вуглярод (лаб. дослед 1, с. 43). Дзякуючы гэтаму вугляродны ланцуг можа прымаць розныя прасторавыя формы. Напрыклад, для малекулы *n*-бутану:

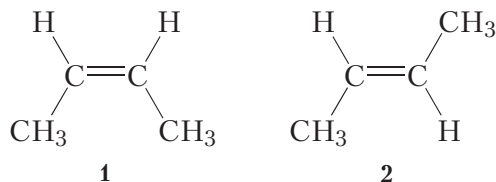


У адным з падручнікаў па арганічнай хіміі сукупнасць малекул алканаў параўналі са скопішчам чарвячкоў, якія бесперапынна звяваюцца.

Інакш ідзе справа ў выпадку алкенаў. Разгледзім будову малекулы бутэну-2:

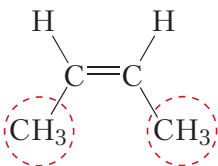


Атамы вугляроду, злучаныя двойной сувяззю, знаходзяцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі (§ 12), таму для малекулы бутэну-2 магчымы дзве плоскія структуры:



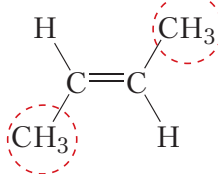
У структуры **1** метыльныя групы размешчаны па адзін бок адносна двойной сувязі, у структуры **2** — па розныя бакі. З-за немагчымасці вярчэння вакол двойной сувязі структуры **1** і **2** не могуць ператварацца адна ў адну пры звычайных умовах і таму абазначаюць розныя рэчывы, гэта значыць ізамеры.

Калі замяшчальнікі (у дадзеным выпадку метыльныя групы) знаходзяцца па адзін бок двойной сувязі:



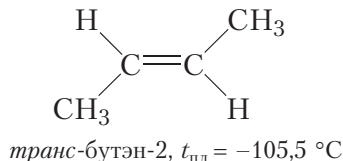
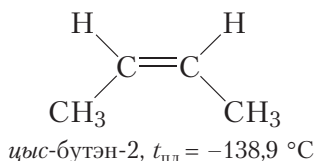
адпаведны ізамер называецца — **цыс-ізамерам**.

У выпадку размяшчэння замяшчальнікаў па розныя бакі двойной сувязі:



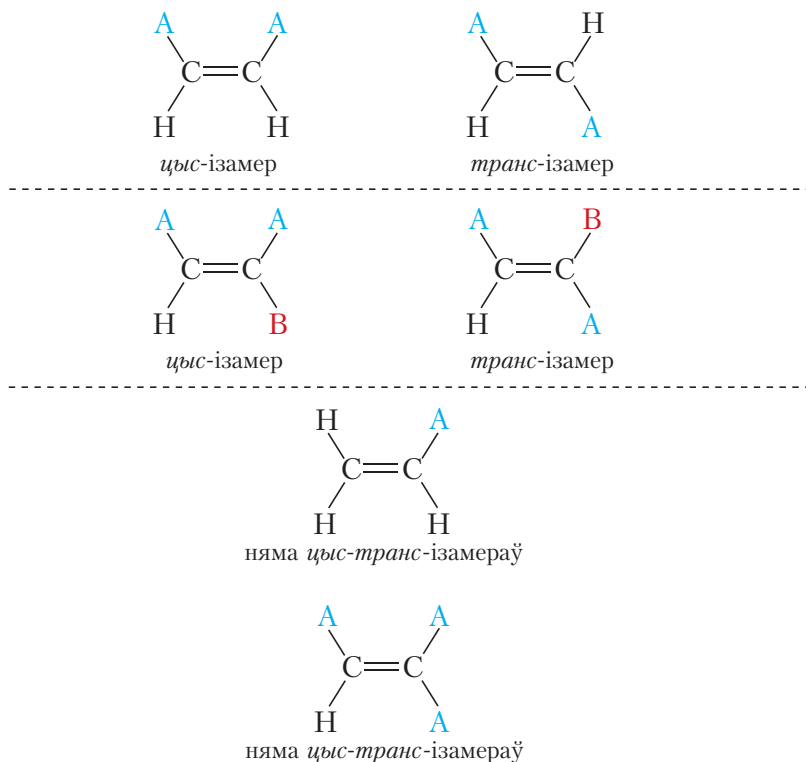
адпаведны ізамер называецца — **транс-ізамерам**.

Такім чынам, бутэн-2 існуе ў выглядзе двух ізамераў, у малекулах якіх паслядоўнасць злучэння атамаў і становішча двойной сувязі цалкам аднолькавыя, але прасторавае размяшчэнне атамаў адрозніваецца.

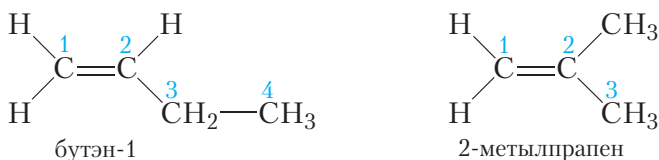


Паколькі *цыс*-бутэн-2 і *транс*-бутэн-2 з'яўляюцца рознымі рэчывамі (ізамерамі), яны маюць розныя ўласцівасці. Тэмпература плаўлення *цыс*-бутэну-2 складае $-138,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, у *транс*-бутэну-2 яна больш чым на $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ вышэй ($-105,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Просторова ізамерія магчыма толькі тады, калі кожны з атамаў вугляроду, злучаных двайной сувяззю, мае замяшчальнік або два розныя замяшчальнікі. Калі хаця б адзін атам вугляроду, злучаны двайной сувяззю, не мае замяшчальнікаў або мае аднолькавыя замяшчальнікі, то простарава ізамерія немагчыма:

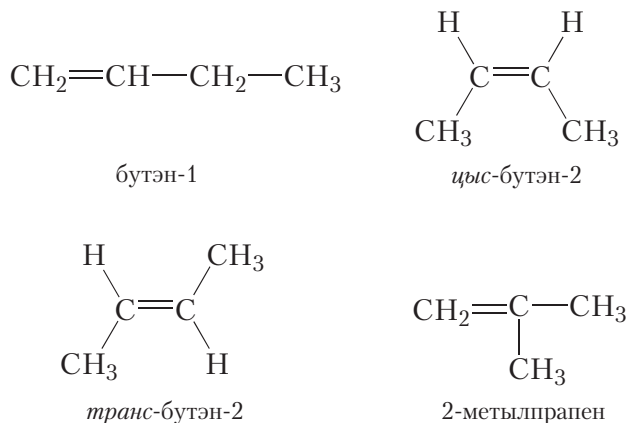


Структурнымі ізамерамі бутэну-2 з'яўляюцца бутэн-1 і 2-метылпрапен. Разгледзім будову іх малекул на прадмет магчымасці існавання прасторавых ізамераў:



Відавочна, што перастаноўка месцамі двух атамаў вадароду групы $\text{CH}_2=$ не змяняе малекулы ні бутэну-1, ні 2-метылпрапену. Адсюль вынікае, што сярод ізамерных бутэнаў толькі бутэн-2 можа існаваць у выглядзе прасторавых ізамераў.

Такім чынам, існуе чатыры ізамерныя бутэны:



Цис-бутэн-2 і транс-бутэн-2 з'яўляюцца прасторавымі ізамерамі.

Для алкенаў магчыма структурная і прасторавая ізамерыя. Прасторавыя ізамеры маюць аднолькавую паслядоўнасць злучэння атамаў і аднолькавае становішча двайной сувязі, але адрозніваюцца прасторавым размяшчэннем атамаў у малекуле.

Узнікненне прасторавай ізамерыі ў алкенаў абумоўлена немагчымасцю вярчэння вакол двайной сувязі.

Алкены, якія маюць замяшчальнікі ў атамаў вугляроду, звязаных двайной сувяззю, могуць існаваць у выглядзе прасторавых цис- і транс-ізамераў.

Пытанні і заданні

1. Што такое прасторавая ізамерыя алкенаў? Чым яна адрозніваецца ад ізамерыі вугляроднага шкелета і ізамерыі становішча двайной сувязі?

2. Чаму магчыма вярчэнне вакол адзінарнай сувязі вуглярод-вуглярод і немагчыма вакол двайной сувязі?

3. Для якіх з прыведзеных ніжэй злучэнняў магчыма цис-транс-ізамерыя: а) пентэн-2; б) 2-метылбутэн-2; в) 2-метылпрапен; г) гексэн-3. Напішыце формулы цис- і транс-ізамераў.

4. Устаноўце будову малекулы алкену і дайце яму назву па наменклатуры ІЮПАК, калі пра гэты алкен вядома наступнае: а) малярная маса алкену роўная 56 г/моль; б) малекулы алкену маюць неразгалінаваную будову; в) алкен не можа існаваць у выглядзе *цыс*-, *транс*-ізамераў.

§ 15. Фізічныя і хімічныя ўласцівасці алкенаў

Фізічныя ўласцівасці

Па фізічных уласцівасцях алкены мала адрозніваюцца ад алканаў з тым самым лікам атамаў вугляроду ў малекуле. Так, алкены з лікам атамаў вугляроду ў малекуле 2–4 пры пакаёвай тэмпературы з'яўляюцца бясколернымі газами. Алкены з лікам атамаў вугляроду ў малекуле ад 5 да 17 — вадкасці. Алкены з яшчэ большым лікам атамаў вугляроду ў малекуле (ад 18 і больш) уяўляюць сабой цвёрдыя рэчывы. Тэмпературы кіпення некаторых алкенаў неразгалінаванай будовы прыведзены ў табліцы 15.1.

Табліца 15.1. Тэмпературы кіпення алкенаў

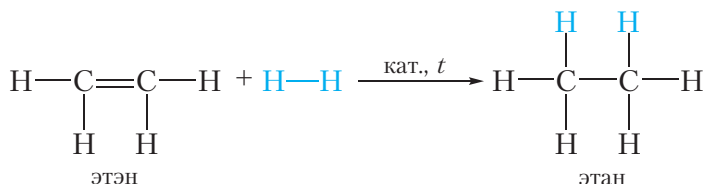
Назва	Структурная формула	Тэмпература кіпення ($t_{\text{кіп}}$, °C)
Этэн	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	–104
Прапен	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	–48
Бутэн-1	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	–6
Пентэн-1	$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	30
Гексэн-1	$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	64
Гептэн-1	$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	93
Актэн-1	$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$	122

Таксама як і алканы, алкены нерастваральныя ў вадзе, але добра раствараюцца ў арганічных растваральніках.

Шчыльнасць алкенаў меншая, чым у вады.

Хімічныя ўласцівасці

Дзякуючы наяўнасці ў малекуле π -сувязі, рэакцыйная здольнасць алкенаў намнога вышэйшая, чым у алканаў. Нагадаем, што для алканаў характэрны рэакцыі замяшчэння. Для алкенаў характэрнымі з'яўляюцца **рэакцыі далучэння**:



Гэтыя рэакцыі суправаджаюцца разрывам π -сувязі, так як яна менш трывалая, чым σ -сувязь.

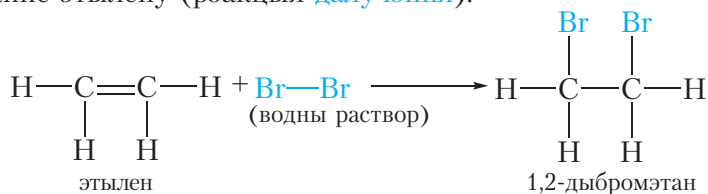
У рэакцыі далучэння алкены ўступаюць у значна больш мяккіх умовах, чым алканы ў рэакцыі замяшчэння. Рэакцыі замяшчэння для алкенаў нехарактэрны.

Рэакцыі далучэння

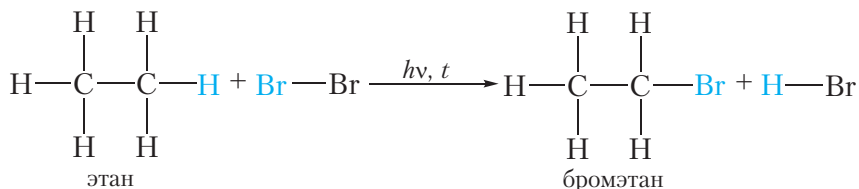
1. Галагенаванне. Далучэнне галагенаў

Алкены, таксама як і алканы, узаемадзейнічаюць з галагенамі. Аднак у выпадку алкенаў адбываецца рэакцыя далучэння, а не замяшчэння. Параўнаем гэтыя рэакцыі.

Брамаванне этылену (рэакцыя **далучэння**):



Брамаванне этану (рэакцыя **замяшчэння**):



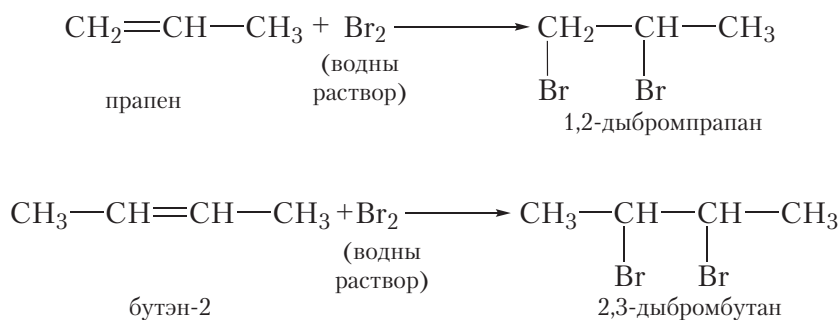
Этылен рэагуе з водным растворам броду (бромнай вадой) пры звычайных умовах, у той час як рэакцыя этану з бромам магчыма толькі ў жорсткіх умовах — пры награванні або ўльтрафіялетавым апраменьванні.

Пры прапусканні этылену праз бромную вадку працякае рэакцыя далучэння бразу па двайной сувязі. У выніку аранжавы раствор бразу абясколерваецца.

У малекуле этану няма двайных сувязей, таму пры прапусканні этану праз бромную вадку хімічная рэакцыя не працякае і раствор бразу застаецца аранжавым.

Такім чынам, **рэакцыя з бромнай вадкой з'яўляецца якаснай рэакцыяй на двайную сувязь.**

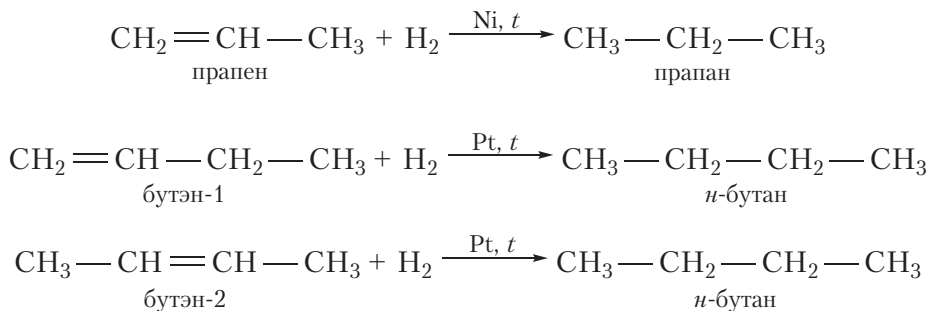
Падобна этылену, іншыя алкены лёгка далучаюць бром, абясколерваючы бромную вадку:



2. Гідрыраванне. Далучэнне вадароду

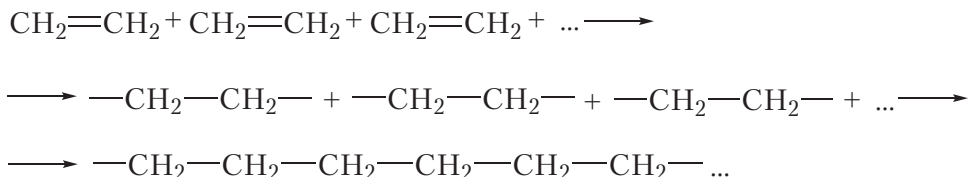
Далучэнне вадароду да арганічнага рэчыва называецца рэакцыяй *гідрыравання*. Пры звычайных умовах алкены не далучаюць вадарод. Для працякання рэакцыі неабходны каталізатар (Pt або Ni).

У выніку гідрыравання алкенаў утвараюцца алканы. У пачатку дадзенага параграфа прыведзена ўраўненне рэакцыі гідрыравання этэну. Прывядзём ураўненні рэакцый гідрыравання некаторых іншых алкенаў:



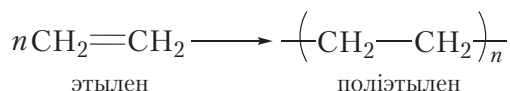
Рэакцыя полімерызацыі

За кошт раскрыцця двайных сувязей асобныя малекулы этылену могуць злучацца адна з адной, утвараючы доўгія ланцугі. Схематычна гэты працэс можна адлюстравач так:

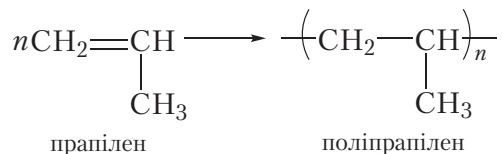


У выніку злучэння соцень ці нават тысяч малекул этылену ўтвараецца адна гіганцкая малекула — *палімер*. Рэакцыя, якая працякае, называецца *рэакцыяй полімерызацыі*.

Больш каратка працэс полімерызацыі этылену можна выразіць наступным ураўненнем:



Полімерызавацца могуць і іншыя алкены, у прыватнасці прапілен:



Зыходнае рэчыва ў рэакцыі полімерызацыі называецца *манамерам*, а прадукт — *палімерам*. Малекулы палімера таксама называюць *макрамалекуламі*.

Лік манамерных звёнаў у малекуле палімера называецца *ступенню полімерызацыі*. У формуле палімера ступень полімерызацыі абазначаюць індэксам «*n*».

Поліэтылен і поліпрапілен вам добра знаёмы. З поліэтылену вырабляюць поліэтыленавую плёнку, посуд, прадметы хатняга ўжытку і г. д. Поліпрапілен вельмі падобны да поліэтылену і адрозніваецца ад яго толькі павышанай трываласцю і тэрмаўстойлівасцю. З поліпрапілену вырабляюць плёнку для цяпліц, корпусы аўтамабільных акумулятараў і многае іншае. З многімі палімерамі вы пазнаёміцеся далей.

Рэакцыі акіслення

1. Гарэнне. Узаемадзеянне з кіслародам

Таксама як алканы, алкены гараць з утварэннем вуглякіслага газу і вады:

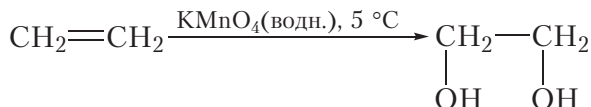


Прывядзём ураўненне рэакцыі гарэння алкенаў у агульным выглядзе:



2. Няпоўнае акісленне. Рэакцыя з KMnO_4

Акісленне алкенаў можа працякаць і без разбурэння вугляроднага шкілета. Так, пры прапусканні этылену праз разбаўлены водны раствор перманганату калію (KMnO_4) фіялетавага колеру афарбоўка знікае. Перманганат калію расшчапляе π -сувязь у малекуле этылену, пры гэтым σ -сувязь паміж атамамі вугляроду захоўваецца. Працяканне гэтай рэакцыі адлюструем не з дапамогай ураўнення, а спрошчана ў выглядзе *схемы*. Схема рэакцыі акіслення этылену водным раствором перманганату калію выглядае наступным чынам:



У схемах звычайна адлюстроўваюць формулы зыходнага арганічнага рэчыва і прадукту яго ператварэння. Пры гэтым лягчэй прасачыць за зменамі арганічнага рэчыва ў ходзе рэакцыі. У схемах, як правіла, ставяць каэфіцыенты толькі перад формуламі арганічных рэчываў. Формулы рэагентаў, пад дзеяннем якіх адбываецца ператварэнне арганічнага рэчыва, прынята пісаць над стрэлкай. У дадзеным выпадку гэта перманганат калію (KMnO_4) і растваральнік (вада).

Са схемы відаць, што π -сувязь падчас дадзенай рэакцыі раскрываецца, да атамаў вугляроду далучаюцца дзве кіслародзмяшчальныя групы — OH , гэта значыць, этылен акісляецца. У выніку ўтвараецца этыленгліколь, прадстаўнік мнагаатамных спіртоў.

Напісанне схем часта аказваецца больш зручным, чым ураўненняў, таму іх шырока выкарыстоўваюць у арганічнай хіміі.

Таксама як і рэакцыя з бромнай вадой, **рэакцыя з рэактывам перманганату калію з'яўляецца якаснай рэакцыяй на двайную сувязь**. У выніку дадзенай рэакцыі назіраецца абясколерванне фіялетавага раствора перманганату калію.



Відэа 15.1.
Якасныя рэакцыі
на двайную сувязь

Характэрнымі для алкенаў з'яўляюцца рэакцыі далучэння па двайной сувязі. Пры гэтым адбываецца расшчапленне π-сувязі. Алкены могуць далучаць галагены, вадарод, галагенавадароды, ваду.

Рэакцыя полімерызацыі — гэта рэакцыя далучэння, якая многакратна паўтараецца. У выніку гэтай рэакцыі ўтвараюцца гіганцкія малекулы палімераў, якія знаходзяць шырокае прымяненне ў нашым жыцці.

Нізкамалекулярнае рэчыва, з якога сінтэзуюць палімер, называецца манамерам; лік фрагментаў манамерных звёнаў у макрамалекуле палімера называецца ступенню полімерызацыі.

Рэакцыі абясколервання бромнай вады і раствора перманганату калію з'яўляюцца якаснымі рэакцыямі на двайную сувязь.

Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненні рэакцый далучэння да этылену і прапілену: а) вадароду; б) хлору. Назавіце прадукты рэакцый. Як на практыцы можна адрозніць метан і этылен?

2. Напішыце ўраўненне рэакцыі бромавадароду з бутэнам-2. Назавіце прадукт рэакцыі.

3. Да бромнай вады дабавілі лішак раствора гексэну-1 у гептане. Якія з'явы будуць назірацца пры гэтым? Напішыце ўраўненне рэакцыі, якая працякае.

4. Напішыце схему рэакцыі ўзаемадзеяння прапілену з водным раствором перманганату калію.

5. У выніку полімерызацыі этылену атрыманы палімер масай 140 г, які змяшчае $1,505 \cdot 10^{22}$ макрамалекул. Вылічыце: а) сярэднюю малярную масу палімера; б) ступень полімерызацыі.



* Правіла
Маркоўнікава

6. Пасля прапускання праз шклянку з бромнай вадой (лішак) 20 дм^3 (н. у.) сумесі этану і этылену маса шклянкі павялічылася на 20 г. Вызначце аб'ём (н. у.) этану ў сумесі газаў.

Вы можаце пазнаёміцца з асаблівасцямі працякання рэакцый далучэння да несіметрычных алкенаў, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

§ 16. Атрыманне і прымяненне алкенаў

Алкены з'яўляюцца больш хімічна актыўнымі рэчывамі, чым алканы, таму ў саставе прыродных крыніц вуглеводародаў (нафты і прыродным газе) іх змяшчэнне невялікае.

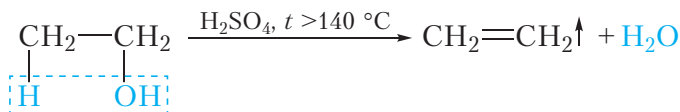
Асноўная галіна прымянення алкенаў — атрыманне палімераў з дапамогай рэакцыі полімерызацыі. Прамысловая вытворчасць алкенаў і палімераў на іх аснове займае важнае месца ў эканоміцы многіх краін. У Беларусі поліэтылен і поліпрапілен атрымліваюць у Наваполацку (ААТ «Нафтан»).

Разгледзім спосабы атрымання этылену і іншых алкенаў.

1. Дэгідратацыя спіртоў

Алкены можна атрымаць у выніку рэакцыі адшчаплення вады ад спіртоў. Рэакцыя адшчаплення малекулы вады называецца рэакцыяй *дэгідратацыі* (прыстаўка *дэ-* азначае адшчапленне).

Этылен утвараецца ў выніку рэакцыі дэгідратацыі этылавага спірту. Для гэтага сумесь этылавага спірту з канцэнтраванай сернай кіслотой нагрываюць у прабірцы з газаадводнай трубкай (відэа 15.1, с. 85). Пры гэтым ад малекулы спірту адшчапляецца малекула вады і ўтвараецца этылен. Ураўненне рэакцыі:



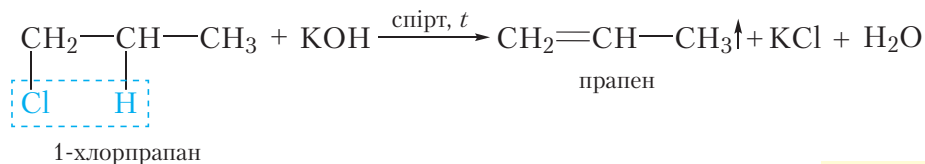
Этылен, які вылучаецца, лёгка выявіць з дапамогай якасных рэакцый на алкены. Калі этылен прапусціць праз бромную вадку або разбаўлены водны раствор перманганату калію, яны абясколерацца.

У папярэднім параграфі мы вывучалі адваротную рэакцыю — далучэнне вады да малекулы этылену з утварэннем этылавага спірту. Каталізатарам і прамой, і адваротнай рэакцый з'яўляецца серная кіслата, але ўмовы іх

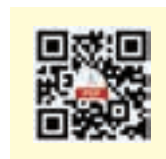
працякання розныя. Для працякання рэакцыі *дэгідратацыі* патрабуецца больш высокая тэмпература і канцэнтраваная (якая практычна не змяшчае вады) серная кіслата. Для рэакцыі *гідратацыі* алкенаў выкарыстоўваюць лішак вады. Нагадаем, што ўмовы працякання рэакцыі прынята паказваць над стрэлкай ва ўраўненні рэакцыі. З прыведзенага прыкладу відаць, што ў залежнасці ад умоў рэакцыя можа працякаць у прамым або адваротным напрамку. Таму патрэбна *абавязкова* ўказваць умовы працякання хімічных рэакцый.

2. Дэгідрагалагенаванне галагенвытворных алканаў

Дэгідрагалагенаваннем называецца рэакцыя адшчаплення галагенавадародаў ад малекул арганічных рэчываў. Такім спосабам можна атрымаць алкены з галагенвытворных алканаў. Пры дзеянні спіртавога раствору шчолачы ад малекулы галагенвытворнага адшчапляецца малекула галагенавадароду і ўтвараецца алкен:

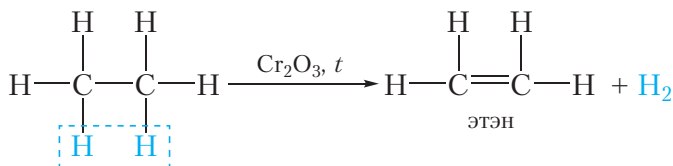


Вы можаце пазнаёміцца з іншымі метадамі атрымання алкенаў, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



3. Дэгідрыванне алканаў

Дэгідрываннем называецца рэакцыя адшчаплення ад арганічнага рэчыва малекулы вадароду (H_2). Два атамы вадароду адшчапляюцца ад двух суседніх атамаў вугляроду, пры гэтым утвараецца алкен. Ураўненне рэакцыі дэгідрывання этану:

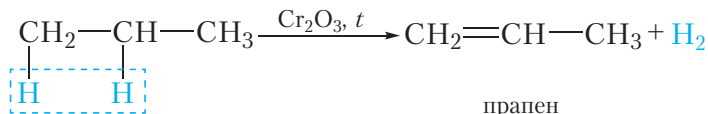


* Атрыманне алкенаў

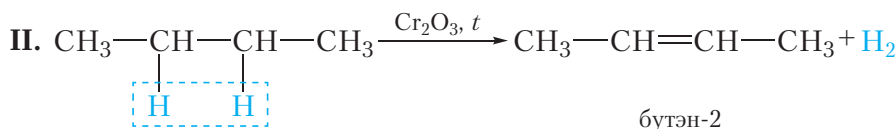
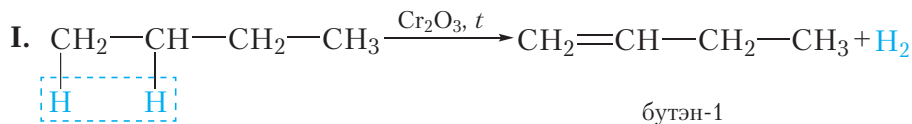
Нагадаем, што над стрэлкай ва ўраўненні прынята паказваць умовы працякання рэакцыі. Большасць арганічных рэакцый не могуць працякаць пры звычайных умовах, таму неабходна *абавязкова* ўказваць умовы іх працякання! Так, рэакцыя дэгідрывання алканаў працякае пры тэмпературы каля $500\text{ }^\circ\text{C}$ і на каталізатары Cr_2O_3 . У папярэднім параграфі мы вывучалі

адваротную рэакцыю — далучэнне вадароду да алкенаў. Нагадаем, што гэ-та рэакцыя працякае на нікелевым або плацінавым каталізатары пры 100–200 °С.

Разгледзім дэгідрыванне іншых алканаў. У выпадку прапану рэакцыя працякае паводле ўраўнення:



У дадзеным выпадку можа атрымацца толькі адзін алкен — прапен. Пры дэгідрыванні бутану ўтвараецца сумесь алкенаў:



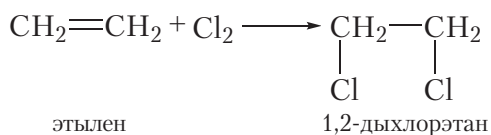
Алкены атрымліваюць таксама ў выніку перапрацоўкі нафты. З гэтай тэ-май вы пазнаёміцеся далей.

Прымяненне алкенаў

Асноўная галіна прымянення алкенаў — атрыманне палімераў. З этылену і прапілену атрымліваюць поліэтылен і поліпрапілен, якія выкарыстоўваюць для самых разнастайных вырабаў, што прымяняюцца ў побыце і прамысловасці.

Рэакцыяй гідратацыі этылену атрымліваюць этылавы спірт.

У выніку далучэння хлору да этылену атрымліваюць 1,2-дыхлорэтан, які прымяняюць у якасці растваральніка:



Этылен паскарае паспяванне разнастайных пладоў (груш, дынь, памідораў і г. д.). З мэтай лепшага захоўвання плады можна транспар-

ціраваць няспелымі і даводзіць іх да паспявання на месцы, уводзячы ў паветра сховішчаў этылен.

Акрамя гэтага, алкены прымяняюцца для сінтэзу розных арганічных рэчываў.

Цікава ведаць

Яблыкі пры захоўванні вылучаюць этылен, таму для паскарэння паспявання некаторых фруктаў, напрыклад банаў, у ёмістасць, дзе яны захоўваюцца, змяшчаюць некалькі кавалачкаў яблыка. Паспрабуйце ажыццявіць гэты эксперымент дома з зялёнымі банамамі.

У адрозненне ад алканаў, змяшчэнне алкенаў у прыродных крыніцах невялікае, таму іх неабходна атрымліваць у выніку хімічных рэакцый.

Алкены атрымліваюць дэгідратацыяй спіртоў, дэгідрагалагенаваннем галагенвытворных алканаў, дэгідрыраваннем алканаў.

Алкены выкарыстоўваюцца ў якасці манамераў пры вытворчасці палімераў і для сінтэзу розных арганічных рэчываў.

Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненні рэакцый атрымання: а) этылену з этылавага спірту; б) прапілену з 2-бромпрапану; в) прапілену з прапану. Укажыце ўмовы працякання гэтых рэакцый. Усе ўказаныя рэакцыі можна правесці ў адваротным напрамку. Запішыце ўраўненні адваротных рэакцый і ўкажыце ўмовы іх працякання.

2. Прапануйце два спосабы атрымання хлорэтана з этылену. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

3. Колькі алканаў можа быць атрымана пры дэгідрыраванні 2-метылбутану? Напішыце ўраўненні рэакцый і ўкажыце ўмовы іх працякання.

4. Пры поўным згаранні вуглевадароду **A** ўтварылася 27 г вады і 33,6 дм³ (н. у.) вуглякіслага газу.

а) Устанавіце найпрасцейшую формулу вуглевадароду **A**.

б) У выніку прапускання дадзенага вуглевадароду ў сумесі з лішкам вадароду над нікелевым каталізатарам пры награванні атрыман вуглевадарод **B**, які мае шчыльнасць 1,964 г/дм³ (н. у.).

Выведзіце малекулярныя формулы вуглевадародаў **A** і **B**.

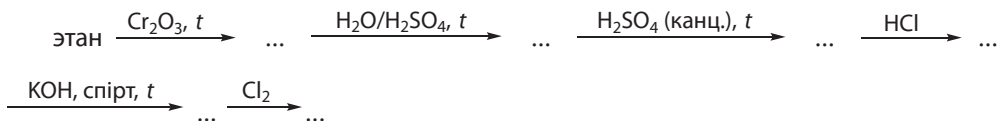
5. У выніку гідрыравання алкену **X** утвараецца алкан, пры хлараванні якога можна атрымаць толькі два ізамерныя монахлорзмяшчальныя рэчывы. Пры ўзаемадзеянні алкену **X** з бромнай вадой утвараецца рэчыва саставу C₆H₁₂Br₂, якое мае сіметрычную

будову. Привяжіце структурную формулу алкену **X** і састаўце ўраўненні ўсіх рэакцый, якія працякаюць.

6. Алкан і алкен змяшчаюць аднолькавую колькасць атамаў вугляроду ў малекуле. Масавая доля (%) вадароду ў алкане на 2,38 адзінкі больш, чым у алкене. Устанавіце малекулярную формулу алкену.

7. Вылічыце масу поліэтылену, які можа быць атрыманы з 200 м³ (н. у.) этану, калі выхад прадукту рэакцыі дэгідрывання складае 96 %, а полімерызацыі — 98 %.

8. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:



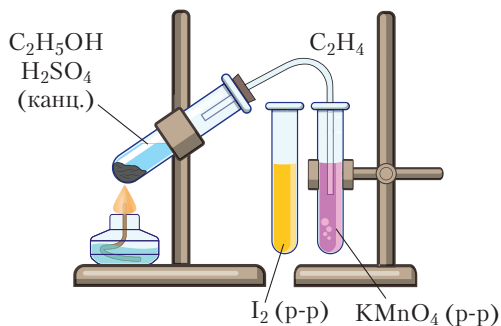
Практычная работа 1

Атрыманне этылену і вывучэнне яго ўласцівасцей

Мэта работы. Атрыманне этылену і правядзенне якасных рэакцый на двайную сувязь.

Абсталяванне і рэактывы. Прабёрка з газаадводнай трубкай, штатыў з прабіркамі, спіртоўка, запалкі, сумесь этанолу з канцэнтрыраванай сернай кіслотой, раствор ёду (выкарыстоўваецца замест бромнай вады), раствор перманганату калію.

Ход работы. Змясціце ў прабёрку, забяспечаную газаадводнай трубкай, крыху сухога пяску (ён неабходны для забеспячэння раўнамернага кіпення змесціва прабіркі), потым выдадзеную вам сумесь этанолу і сернай кіслаты (прыкладна 5 см³). Закаркуйце прабёрку закупаркай з газаадводнай трубкай, змясціце яе канец у шклянку з вадой. Праверце прыбор на герметычнасць, нагрэўшы яго рукамі. Пераканаўшыся ў герметычнасці прыбора, асцярожна пачынайце награванне сумесі этанолу з сернай кіслотой з дапамогай спіртоўкі. Канец газаадводнай трубкі змясціце спачатку ў прабёрку з раствором ёду, потым у прабёрку з раствором перманганату калію. Што пры гэтым назіраецца?



Прыбор для атрымання этылену

нагрэўшы яго рукамі. Пераканаўшыся ў герметычнасці прыбора, асцярожна пачынайце награванне сумесі этанолу з сернай кіслотой з дапамогай спіртоўкі. Канец газаадводнай трубкі змясціце спачатку ў прабёрку з раствором ёду, потым у прабёрку з раствором перманганату калію. Што пры гэтым назіраецца?

Апішыце з'явы, якія назіраюцца, напішыце адпаведныя ўраўненні і схемы рэакцый.

§ 17. Алкадыены

Вядомы вугледадароды з дзвюма двайнымі сувязямі ў малекуле. Нагадаем, што наяўнасць двайной сувязі вуглярод-вуглярод абазначаецца суфіксам *-ен*, а адпаведны клас злучэнняў называецца алкен*ы*. Наяўнасць у малекуле двух двайных сувязей абазначаецца *-дыен*, а адпаведны клас злучэнняў называецца **алкадыены**.

Выведзем агульную малекулярную формулу алкадыенаў. Нагадаем, што агульная формула алканаў C_nH_{2n+2} . З папярэдняга параграфа вы даведаліся, што малекула алкену ўтвараецца ў выніку адшчаплення ад малекулы алкану двух атамаў вадароду. Такім чынам, утварэнне адной двайной сувязі прыводзіць да памяншэння змяшчэння вадароду ў малекуле на два атамы, таму агульная формула алкенаў C_nH_{2n} . Утварэнне яшчэ адной двайной сувязі паменшыць змяшчэнне атамаў вадароду ў малекуле яшчэ на два, такім чынам, агульная формула алкадыенаў C_nH_{2n-2} .

Назвы алкадыенаў складаюцца па тых самых правілах, як і алкенаў, толькі суфікс *-ен* замяняецца на *-дыен*.

Прывядзём некалькі прыкладаў формул і назваў алкадыенаў:



пентадыен-1,2



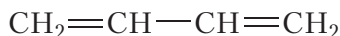
пентадыен-1,3



пентадыен-1,4

Як бачна, узаемнае размяшчэнне двайных сувязей у малекулах алкадыенаў можа быць розным.

Найбольшую практычную цікавасць уяўляюць алкадыены, у малекулах якіх двайныя сувязі раздзелены *адной адзінарнай* сувяззю. Такія алкадыены называюцца *спалучанымі* алкадыенамі. Найпрасцейшым прадстаўніком спалучаных дыенаў з'яўляецца бутадыен-1,3:

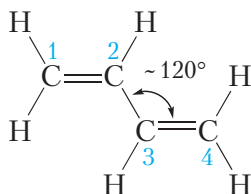


Гэта бясколернае газападобнае рэчыва з рэзкім пахам ($t_{\text{кіп}} = -4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Разгледзім яго будову падрабязней.

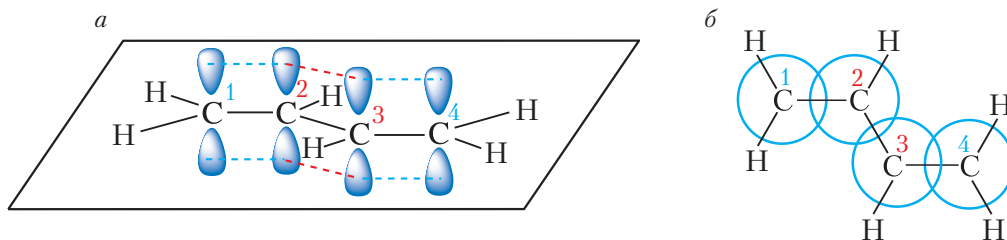
Будова бутадыену-1,3

Усе чатыры атамы вугляроду ў малекуле бутадыену-1,3 знаходзяцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі. Тры гібрыдныя арбіталі кожнага атама вугляроду размяшчаюцца ў адной плоскасці пад вугламі 120° . Адпаведна, атамы

ў малекуле бутадыену-1,3 таксама размяшчаюцца ў адной плоскасці, валентныя вуглы прыкладна роўныя 120° :



Негібрыдныя p -арбіталі кожнага атама вугляроду размяшчаюцца перпендыкулярна плоскасці малекулы. Пры перакрыванні негібрыдных p -арбіталей утвараюцца π -сувязі:

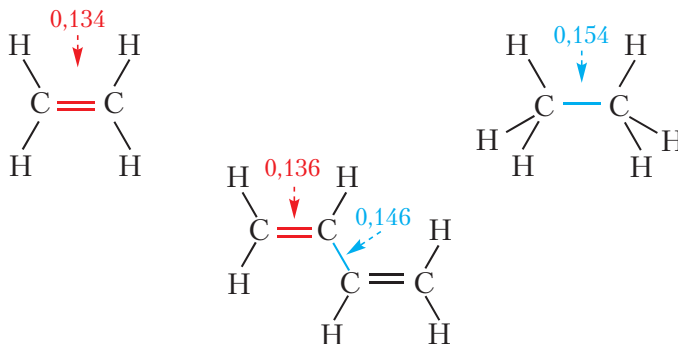


Мал. 17.1. Схема ўтварэння π -сувязей у малекуле бутадыену-1,3:
а — від збоку; б — від зверху

З малюнка 17.1, б відаць, што перакрыванне негібрыдных p -арбіталей адбываецца паміж звязанымі двайнымі сувязямі атамамі вугляроду $C(1)=C(2)$ і $C(3)=C(4)$. Але, акрамя таго, у дадзенай малекуле маецца перакрыванне p -арбіталей паміж *другім* і *трэцім* атамамі вугляроду. Такім чынам, π -сувязі ў малекуле бутадыену-1,3 не з'яўляюцца ізаляванымі, яны ўтвараюць адзіную *спалучаную* сістэму, якая ахоплівае ўсе чатыры атамы вугляроду. Іншымі словамі, π -электроны ў малекуле бутадыену не належаць асобным сувязям. У гэтым выпадку кажуць, што π -электроны *дэлакалізаваны*.

Спалучэнне прыводзіць да некаторага выраўноўвання даўжынь двайных і адзінарных сувязей у малекуле бутадыену-1,3.

З малюнка 17.2 відаць, што двайныя сувязі ў малекуле бутадыену-1,3 некалькі даўжэйшыя, чым у малекуле этылену, у той час як сувязь $C(2)-C(3)$ у малекуле бутадыену-1,3 істотна карацейшая, чым у малекуле этану. Эфект спалучэння аказвае ўплыў і на хімічныя ўласцівасці дыенаў, пра якія пойдзе гаворка ніжэй.

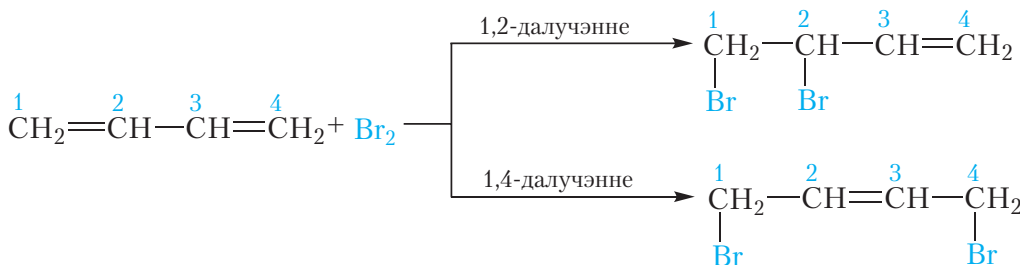


Мал. 17.2. Даўжыні сувязей (нм) у малекуле бутадыену-1,3 у параўнанні з даўжынямі сувязей у малекулах этылену і этану

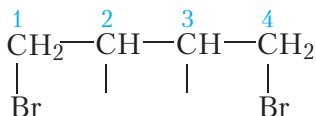
Хімічныя ўласцівасці спалучаных алкадыенаў

1. Галагенаванне. Далучэнне галагенаў

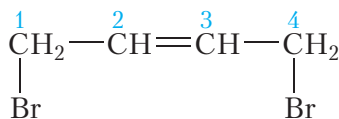
Так як у малекулах алкадыенаў маюцца двайныя сувязі, для іх, як і для алкенаў, характэрны рэакцыі далучэння. Алкадыены абясколерваюць бромную ваду, далучаюць галагенавадароды і г. д. Аднак з-за эфекту спалучэння рэакцыі далучэння тут маюць свае асаблівасці. Так, у выпадку далучэння да малекулы бутадыену-1,3 адной малекулы броду могуць быць атрыманы два прадукты. Адзін з іх утвараецца ў выніку далучэння малекулы броду па любой з двайных сувязей (прадукт *1,2-далучэння*). У гэтым выпадку бутадыен-1,3 паводзіць сябе падобна алкенам. Другі прадукт атрымліваецца ў выніку *1,4-далучэння*:



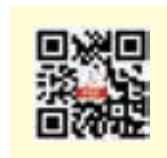
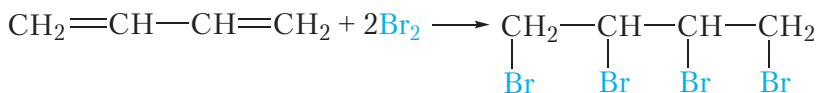
Працэс 1,4-далучэння можна схематычна паказаць наступным чынам. Атамы броду далучаюцца па крайніх атамах вугляроду:



Пры гэтым у другога і трэцяга атамаў вугляроду з'яўляюцца свабодныя валентнасці, за кошт якіх утвараецца π -сувязь унутры малекулы:



У малекулах прадуктаў 1,2- і 1,4-далучэння маецца двайная сувязь, таму кожная такая малекула можа далучыць адну малекулу броду. Пры наяўнасці дастатковай колькасці броду ўтвараецца рэчыва, якое змяшчае чатыры атамны броду ў малекуле:

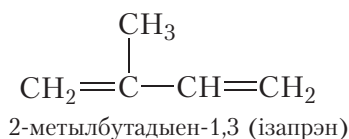


* Гідрыраванне дыенаў

2. Полімерызацыя

Дзякуючы наяўнасці двайных сувязей алкадыены, таксама як і алкены, могуць уступаць у рэакцыю полімерызацыі. Полімерызацыя спалучаных алкадыенаў мае вялікае прамысловае значэнне, паколькі на гэтым працэсе заснавана вытворчасць *каўчукаў* — палімераў, якія праяўляюць высокую эластычнасць і маюць шырокае практычнае прымяненне.

Акрамя сінтэтычных каўчукаў, што атрымліваюцца ў прамысловасці па рэакцыі полімерызацыі спалучаных дыенаў, існуе *натуральны каўчук*. Натуральны каўчук сустракаецца ў прыродзе і ўяўляе сабой прадукт полімерызацыі 2-метылбутадыену-1,3, ці *ізапрэну*:

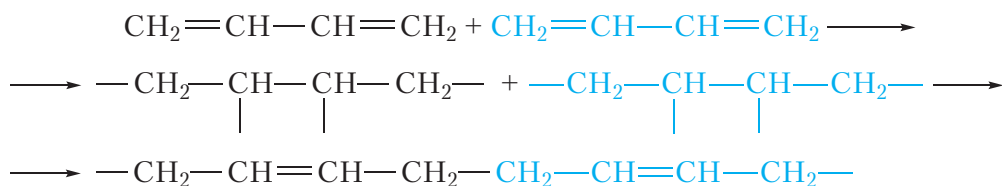


Натуральны каўчук атрымліваюць з млечнага соку некаторых раслін, у асноўным з бразільскай гевет. Для гэтага на ствалах дрэў гевет робяць надрэзы. Сок, які вылучаецца з надрэзаў, змяшчае да 40–50 % растваранага поліізапрэну (натуральнага каўчуку).

З-за шырокага прымянення вырабаў на аснове каўчуку ужо ў пачатку XX стагоддзя аб'ёмы вытворчасці натуральнага каўчуку аказаліся недастатковымі, таму пачалася інтэнсіўная распрацоўка метадаў атрымання сінтэтычных аналагаў. Сінтэз каўчуку полімерызацыяй бутадыену-1,3 у прамысловым маштабе ўпершыню ў свеце быў ажыццёўлены ў СССР у 1930 годзе на аснове спосабу, распрацаванага С. В. Лебедзевым.

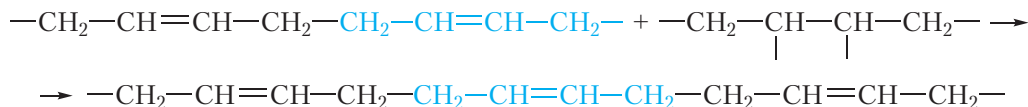
Разгледзім рэакцыю полімерызацыі бутадыену-1,3, па якой атрымліваюць сінтэтычны каўчук. Працэс полімерызацыі можна прадставіць як рэакцыю далучэння малекул бутадыену-1,3 адна да адной, якая мнагакратна паўтараецца. Як вы ўжо ведаеце, спалучаныя алкадыены могуць уступаць у рэакцыі 1,2- і 1,4-далучэння. Уласцівасці каўчуку маюць толькі прадукты рэакцыі полімерызацыі, што працякае як 1,4-далучэнне — *1,4-полімерызацыя*. Пакажам гэты працэс схематычна.

Спачатку за кошт разрыву двайных сувязей адбываецца злучэнне дзвюх малекул бутадыену-1,3:

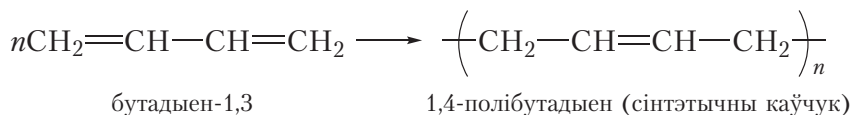


Пры гэтым за кошт свабодных валентнасцей, якія з'явіліся ў другога і трэцяга атамаў вугляроду, у сярэдзіне малекул утвараюцца π -сувязі.

Да часціцы, якая ўтварылася, далучаецца наступная малекула бутадыену-1,3:

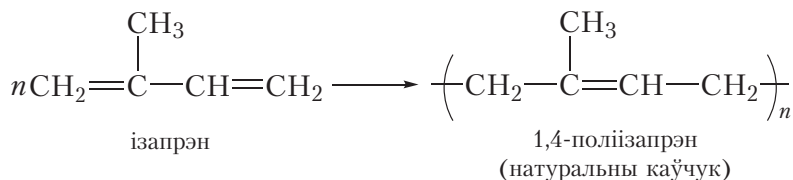


У выніку мнагакратнага паўтарэння працэсу 1,4-далучэння ўтвараецца малекула палімера. Працэс полімерызацыі выражаецца наступным ураўненнем:



Прадукт полімерызацыі называецца 1,4-полібутадыен. Полібутадыен з'яўляецца *сінтэтычным каўчукам*.

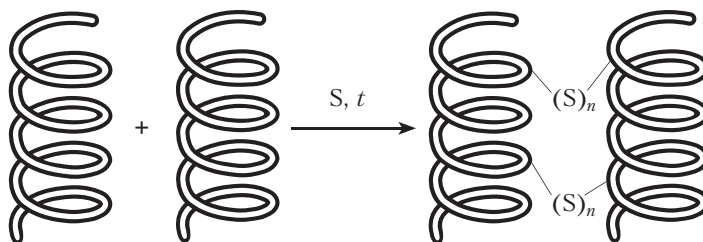
Прывядзём ураўненне рэакцыі полімерызацыі ізапрэну:



Уласцівасці каўчуку. Важнейшай уласцівасцю каўчуку з'яўляецца эластычнасць, гэта значыць здольнасць расцягвацца і сціскацца, а потым аднаўляць ранейшую форму пасля спынення дзеяння сілы. Высокая эластычнасць каўчуку тлумачыцца тым, што яго макрамалекулы маюць форму спіралей, якія могуць расцягвацца і сціскацца, падобна спружынам.

Эластычнасць каўчуку праяўляецца толькі пры невялікіх нагрузках. Калі каўчук расцягваць з дастаткова вялікай сілай, адбудзецца не толькі выпростванне макрамалекул, але і зрушэнне іх адносна адна адной. Апошняе прывядзе да незваротнай дэфармацыі каўчуку.

Вулканізацыя каўчуку. Натуральны і сінтэтычны каўчукі выкарыстоўваюцца пераважна ў выглядзе *гумы*, паколькі яна валодае значна больш высокай трываласцю, эластычнасцю і шэрагам іншых каштоўных уласцівасцей. Для атрымання гумы каўчук падвяргаюць *вулканізацыі* — награванню каўчуку з серай. Пры гэтым сера ўступае ў хімічнае ўзаемадзеянне са спіралепадобнымі малекуламі каўчуку, як бы «сшываючы» іх адна з адной (мал. 17.3).



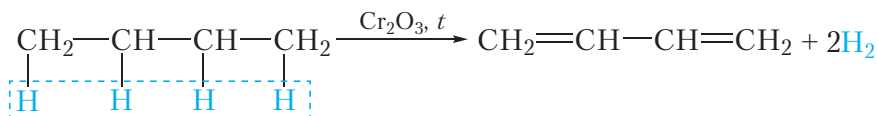
Мал. 17.3. Схема вулканізацыі каўчуку

«Сшытыя» малекулы не могуць зрушвацца адносна адна адной нават пры высокіх нагрузках, таму ў выніку вулканізацыі павышаецца эластычнасць матэрыялу.

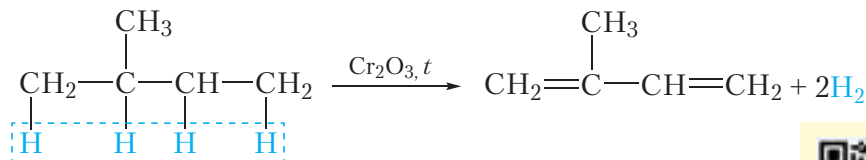
Атрыманне спалучаных алкадыенаў

Манамеры для вытворчасці каўчукаў — бутадыен-1,3 і ізапрэн у цяперашні час сінтэзуюць з прадуктаў нафтаперапрацоўкі.

Бутадыен утвараецца пры дэгідрыраванні бутану:



Ізапрэн атрымліваюць дэгідрыраваннем 2-метылбутану:



З іншымі метадамі атрымання спалучаных дыенаў вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Іншыя метады атрымання дыенаў

Вуглеводароды нецыклічнай будовы, у малекулах якіх маюцца дзве двайныя сувязі, называюцца алкадыенамі.

Агульная формула алкадыенаў $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

Алкадыены, у малекулах якіх двайныя сувязі $\text{C}=\text{C}$ раздзелены адной адзінарнай сувяззю, называюцца спалучанымі алкадыенамі. У малекулах спалучаных алкадыенаў π -электроны дэлакалізаваны.

Спалучаныя алкадыены здольны ўступаць у рэакцыі 1,2- і 1,4-далучэння.

У выніку рэакцыі полімерызацыі спалучаных алкадыенаў утвараюцца каўчукі — палімеры, якія праяўляюць высокую эластычнасць і маюць вялікае практычнае значэнне.

Награваннем каўчуку з серай атрымліваюць гуму. Гэты працэс называецца вулканізацыяй.

Бутадыен-1,3 і ізапрэн атрымліваюць па рэакцыі дэгідрыравання бутану і 2-метылбутану адпаведна.

Пытанні і заданні

1. Напішыце структурныя формулы двух спалучаных алкадыенаў саставу C_5H_8 і назавіце іх. Якое з прыведзеных вамі рэчываў можа існаваць у выглядзе *цыс*- і *транс*-ізамераў?

2. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць, і назавіце рэчывы, што атрымліваюцца ў выніку далучэння да малекулы бутадыену-1,3: а) адной малекулы броду; б) адной малекулы вадароду; в) двух малекул броду. Улічыце магчымасць утварэння прадуктаў 1,2- і 1,4-далучэння.

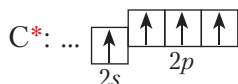
3. Напішыце формулы магчымых прадуктаў, якія ўтвараюцца пры паслядоўным далучэнні да малекулы бутадыену-1,3 спачатку адной малекулы броду, а потым адной малекулы хлору.

4. Якімі асаблівасцямі будовы тлумачыцца эластычнасць каўчуку?
5. Як доследным шляхам даказаць наяўнасць двайных сувязей у макрамалекулах каўчуку?
6. Прывядзіце формулы натуральнага і сінтэтычнага (бутадыенавага) каўчукаў. Ці з'яўляюцца гамолагамі іх манамеры?
- 7*. Адзін з відаў сінтэтычных каўчукаў — бутылкаўчук — характарызуецца такімі каштоўнымі ўласцівасцямі, як высокая эластычнасць, хімічная ўстойлівасць, газанепранікальнасць. Ён выкарыстоўваецца для вырабу аўтамабільных камер, мембран, прагумаваных тканін, электраізаляцыйных матэрыялаў і інш. Бутылкаўчук сінтэзуюць шляхам сумеснай полімерызацыі 2-метылпрапену (ізабутылену) і ізапрэну. Макрамалекулы бутылкаўчуку змяшчаюць звёны абодвух манамераў.
 - а) Напішыце структурныя формулы манамерных звёнаў бутылкаўчуку.
 - б) Бутылкаўчук масай 26,22 г можа абясколерыць 48 г 5%-га раствора броду ў CCl_4 . Разлічыце, колькі манамерных звёнаў ізабутылену прыпадае на адно манамернае звяно ізапрэну ў бутылкаўчуку.

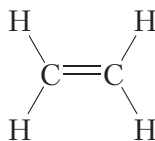
§ 18. Алкіны

Атамы вугляроду могуць быць звязаны паміж сабой не толькі адзінальнымі ці двайнымі, але таксама трайнымі сувязямі. Найпрасцейшым вуглеводародам, які змяшчае трайную сувязь, з'яўляецца *этын*, або *ацэтылен*, $\text{HC}\equiv\text{CH}$. Разгледзім яго будову.

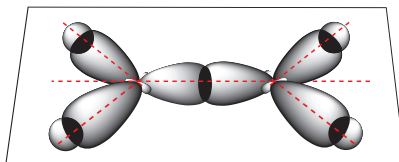
Кожны атам вугляроду ў ацэтылене ўтварае чатыры хімічныя сувязі. Утварэнне гэтых сувязей адбываецца за кошт чатырох атамных арбіталей:



Успомнім будову этылену:

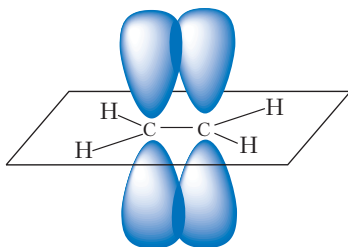


Атамы вугляроду ў гэтай малекуле знаходзяцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі. За кошт sp^2 -гібрыдных арбіталей кожны атам вугляроду ўтварае тры σ -сувязі: дзве сувязі з атамамі вадароду і адну — з суседнім вугляродам:



Мал. 18.1. Утварэнне σ -сувязей у малекуле этылену

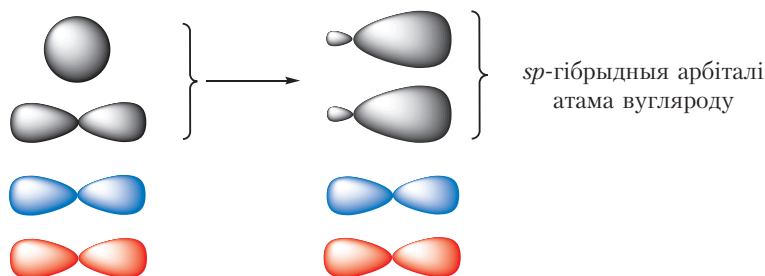
Другая сувязь паміж атамамі вугляроду ўтвараецца за кошт бакавога перакрывання *негібридных p-арбіталей* атамаў вугляроду — гэта π -сувязь:



Мал. 18.2. Утварэнне π -сувязі ў малекуле этылену

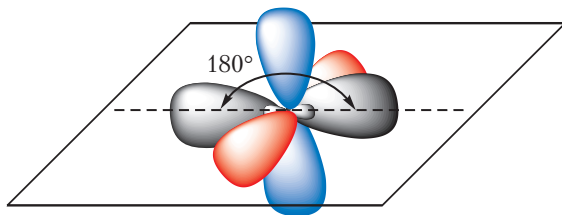
Такім чынам, двойная сувязь складаецца з адной σ - і адной π -сувязі.

У малекуле ацэтылену $\text{H} \equiv \text{C} \equiv \text{C} \equiv \text{H}$ маецца трыная сувязь. Яна складаецца з адной σ - і двух π -сувязей. Так як π -сувязі ўтвараюцца за кошт перакрывання негібридных p -арбіталей, то ў гібрыдызацыі будуць прымаць удзел *адна s- і адна p-арбіталі* атамаў вугляроду. Такі тып гібрыдызацыі называецца *sp-гібрыдызацыя*.



Мал. 18.3. sp -Гібрыдызацыя арбіталей атама вугляроду

sp -Гібрыдныя арбіталі размяшчаюцца на адной прамой пад вуглом 180° . Дзве p -арбіталі атама вугляроду, якія не ўдзельнічаюць у гібрыдызацыі, захоўваюць сваю першапачатковую форму і размяшчаюцца ўзаемна перпендыкулярна:



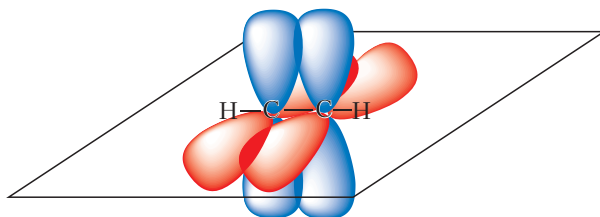
Мал. 18.4. Арбіталі sp -гібрыдызаванага атама вугляроду

За кошт перакрывання гібрыдных арбіталей кожны атам вугляроду ўтварае дзве σ -сувязі — адну сувязь з атамам вадароду і адну — з суседнім вугляродам:



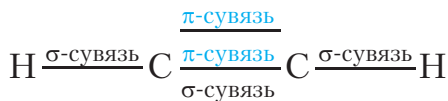
Мал. 18.5. Утварэнне σ -сувязей у малекуле ацэтылену

Арбіталі, якія не ўдзельнічаюць у гібрыдызацыі, фарміруюць дзве π -сувязі паміж атамамі вугляроду:



Мал. 18.6. Утварэнне π -сувязей у малекуле ацэтылену

Такім чынам, у малекуле ацэтылену маюцца тры σ -сувязі і дзве π -сувязі:



Малекула ацэтылену лінейная, валентны вугал роўны 180° . Сувязь паміж атамамі вугляроду трайная:



Мал. 18.7. Мадэль малекулы ацэтылену

Трайная сувязь карацейшая, чым двайная і адзінарная: у малекуле ацэтылену даўжыня сувязі паміж атамамі вугляроду роўная 0,120 нм. Нагадаем, што ў малекулах этылену і этану даўжыня сувязі паміж атамамі вугляроду складае 0,134 і 0,154 нм адпаведна.

Ацэтылен з'яўляецца найпрасцейшым прадстаўніком **алкінаў** — нецыклічных вуглеводараў, малекулы якіх змяшчаюць адну трайную сувязь.

Бліжэйшы гомалаг ацэтылену — *прапін* $\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{CH}$. Малекулярная формула прапіну C_3H_4 . Так як суседнія члены гамалагічнага рада адрозніваюцца па саставе на групу CH_2 , відавочна, што наступны гомалаг павінен мець састаў C_4H_6 . Адсюль лёгка можна вывесці агульную формулу алкінаў — $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Як вы ўжо ведаеце, агульную формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ маюць таксама алкадыены.

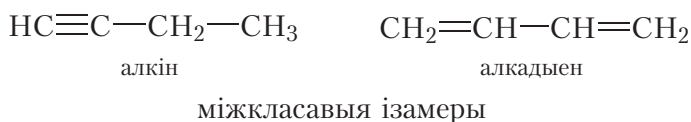
Ізамерыя алкінаў

Алкінам, таксама як і алкенам, уласціва ізамерыя становішча кратнай сувязі і ізамерыя вугляроднага шкелета:



Звярніце ўвагу, што ў алкінаў ізамерыя вугляроднага шкелета магчыма пачынаючы з рэчыва, якое змяшчае пяць атамаў вугляроду ў малекуле.

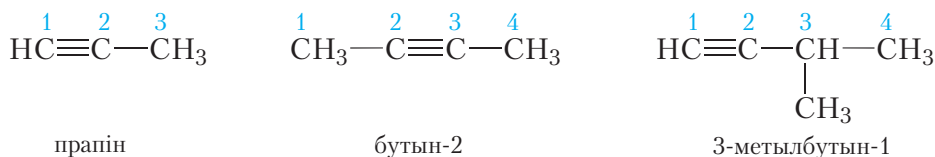
Як ужо ўпаміналася, алкіны і алкадыены маюць аднолькавую агульную формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Таму алкіны будуць ізамерны алкадыенам. Такія ізамеры называюцца *міжкласавымі*. Напрыклад, формулу C_4H_6 маюць рэчывы:



Наменклатура алкінаў

Назвы алкінаў будуюцца таксама, як і назвы алкенаў, але суфікс *-ен* у канцы назвы замяняецца на суфікс *-ін* (ён абазначае адну трайную сувязь). Лічбай у канцы назвы ўказваецца становішча трайной сувязі.

Прывядзём некалькі прыкладаў формул і назваў алкінаў:



Звярніце ўвагу:

а) у назве «прапін» няма неабходнасці ўказваць становішча трайной сувязі;

б) атамы вугляроду галоўнага ланцуга нумаруюць пачынаючы з таго канца, да якога бліжэй трайная сувязь.

Фізічныя ўласцівасці

Фізічныя ўласцівасці алкінаў падобныя да ўласцівасцей адпаведных алкенаў. Так, алкіны з лікам атамаў вугляроду ў малекуле 2–4 пры пакаёвай тэмпературы з'яўляюцца бясколернымі газападобнымі рэчывамі. Алкіны з лікам атамаў вугляроду ў малекуле ад 5 да 16 – вадкасці. Алкіны з лікам атамаў вугляроду ў малекуле больш за 16 уяўляюць сабой цвёрдыя рэчывы. Тэмпературы кіпення некаторых алкінаў неразгалінаванай будовы прыведзены ў табліцы 18.1.

Табліца 18.1. Тэмпературы кіпення алкінаў

Назва	Структурная формула	Тэмпература кіпення ($t_{\text{кіп}}$, °C)
Этын	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	–84
Прапін	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	–23
Бутын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	8
Пентын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	39
Гексін-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	71
Гептын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	100
Актын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$	126

Алкіны нерастваральныя ў вадзе, але добра раствараюцца ў арганічных растваральніках.

Шчыльнасць вадкіх і цвёрдых алкінаў меншая, чым у вады.

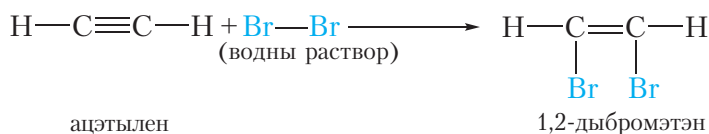
Хімічныя ўласцівасці алкінаў

Хімічныя ўласцівасці алкінаў сходны з ўласцівасцямі алкенаў, так як у малекулах рэчываў абодвух класаў маецца кратная сувязь. Характэрнымі для алкінаў з'яўляюцца рэакцыі далучэння па трайной сувязі, якія

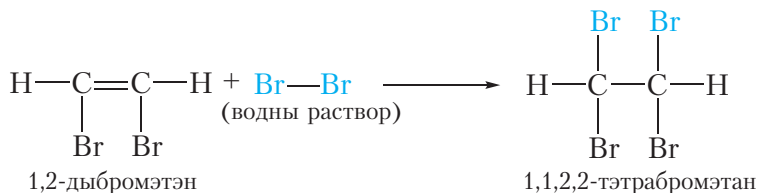
суправаджаюцца разрывам π -сувязей, бо яны менш трывалыя, чым σ -сувязь. Таксама як і алкены, алкіны могуць далучаць галагены, вадарод, галагенавадароды, прычым адна малекула алкіну можа далучыць дзве малекулы ўказаных рэчываў.

1. Галагенаванне. Далучэнне галагенаў

Алкіны, падобна алкенам, аб'ясколерваюць бромную вадку:



1,2-Дыбромэтэн, які ўтвараецца, змяшчае двайную сувязь, таму пры лішку броду ўступае ў рэакцыю далучэння. У выніку ўтвараецца тэтрабромвытворнае алкану:



У адрозненне ад алкенаў, састаў прадуктаў рэакцыі алкінаў з бромам залежыць ад колькасных суадносін рэагентаў. Пры недахопе броду могуць утварацца злучэнні, якія змяшчаюць двайную сувязь, у той час як у лішку утвараюцца насычаныя злучэнні.

Дзве папярэднія рэакцыі можна аб'яднаць у адну:



Значыць, пры прапусканні ацэтылену праз бромную вадку працякае рэакцыя далучэння броду па трайной сувязі. У выніку аранжавы раствор броду аб'ясколерваецца. Падобная з'ява назіралася і для алкенаў.

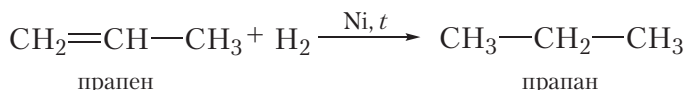
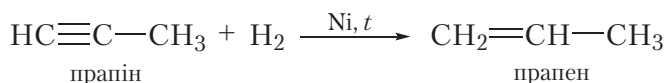
Такім чынам, **рэакцыя з бромнай вадкой з'яўляецца якаснай рэакцыяй на кратную (двайную ці трайную) сувязь.**

Таксама як этылен, ацэтылен аб'ясколервае водны раствор перманганату калію. Такім чынам, **рэакцыя з раствором перманганату калію таксама з'яўляецца якаснай рэакцыяй на кратную (двайную ці трайную) сувязь.**

2. Гідрыраванне. Далучэнне вадароду

У выніку гідрыравання алкінаў спачатку ўтвараюцца алкены, а потым алканы. Для працякання рэакцыі неабходны каталізатар (Pt або Ni).

Прывядзём ураўненні рэакцый, якія працякаюць пры гідрыраванні прапіну:



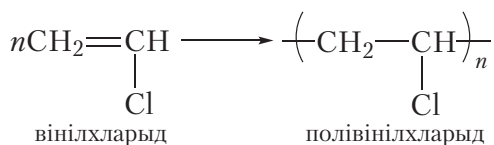
3. Гідрагалагенаванне. Далучэнне галагенавадародаў

Алкіны могуць далучаць малекулы складаных рэчываў. У выніку далучэння малекулы хлоравадароду да малекулы ацэтылену ўтвараецца хлорэтэн:



Вуглевадародны радыкал $\text{CH}_2=\text{CH}-$ мае трывіяльную назву *вініл*. Таму хлорэтэн ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$) часта называюць *вінілхларыдам*. Вінілхларыд — бясколерны газ са слабым саладкаватым пахам, вельмі ядавіты, $t_{\text{кп}} = -14^\circ\text{C}$.

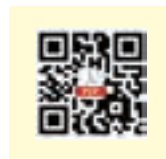
Малекула вінілхларыду змяшчае двайную сувязь, таму ён, падобна алкенам, уступае ў рэакцыю полімерызацыі:



Прадукт рэакцыі полімерызацыі вінілхларыду — полівінілхларыд, або скабочана ПВХ, шырока выкарыстоўваецца для вырабу аконных рам,

дзвярэй, лінолеуму, электраізаляцыі правадоў, штучнай скуры і іншых вырабаў.

З асаблівасцямі далучэння галагенавадародаў і вады да гамолагаў ацэтылену вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Далучэнне
галагенавадародаў
і вады да гамолагаў
ацэтылену

4. Гарэнне. Узаемадзеянне з кіслародам

Як і ўсе вуглевадароды, алкіны гараць. Ураўненне рэакцыі гарэння ацэтылену:



Пры гарэнні ацэтылену ў кіслародзе выдзяляецца вялікая колькасць цеплаты, тэмпература полымя настолькі высокая, што ім можна зварваць і рэзаць металы. Таму ацэтыленавае полымя выкарыстоўваецца пры зварцы і рамонце металічных вырабаў.

Атрыманне ацэтылену

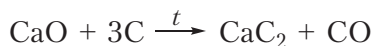
1. Карбідны спосаб

Ацэтылен атрымліваюць у выніку дзеяння вады на карбід кальцыю CaC_2 . Чысты карбід кальцыю ўяўляе сабой цвёрдае белае рэчыва без паху. Тэхнічны прадукт мае шэры колер і непрыемны пах з-за наяўнасці дамешак.

Карбід кальцыю бурна рэагуе з вадой, пры гэтым вылучаецца ацэтылен:



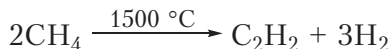
Для атрымання карбіду кальцыю выкарыстоўваюць вапняк (CaCO_3), пры награванні якога ўтвараецца аксід кальцыю. Потым аксід кальцыю спякаюць з вугалем у электрапечы пры тэмпературы прыкладна 2000°C :



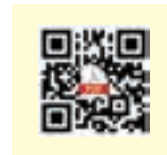
2. Піроліз метану

Яшчэ адным спосабам атрымання ацэтылену з'яўляецца частковае тэрмічнае раскладанне метану. Вы ўжо ведаеце, што калі алканы нагрэць да высокай тэмпературы (падвергнуць піролізу), то яны раскладаюцца на вуглярод і вадарод (§ 10). Аказваецца, адным з прамежкавых прадуктаў піролізу метану з'яўляецца ацэтылен. Каб прадухіліць раскладанне

ацэтылену, які ўтвараецца пры высокай тэмпературы (прыкладна 1500 °С), прадукты рэакцыі хутка ахалоджваюць. Працэс, які працякае, можна паказаць ураўненнем:



З іншымі метадамі атрымання алкінаў вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Метады
атрымання алкінаў

Вуглеводороды нецыклічнай будовы, у малекулах якіх маецца адна трайная сувязь, называюцца алкінамі.

Агульная формула алкінаў $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

Трайная сувязь у малекулах алкінаў уключае адну σ - і дзве π -сувязі.

Характэрнымі для алкінаў з'яўляюцца рэакцыі далучэння па трай-ной сувязі. Пры гэтым адбываецца расшчапленне π -сувязей. Алкіны могуць далучаць галагены, вадарод, галагенавадароды.

Рэакцыі абясколервання раствору перманганату калію і бромнай вады з'яўляюцца якаснымі рэакцыямі на кратную (двайную і трайную) сувязь.

Ацэтылен атрымліваюць дзеяннем вады на карбід кальцыю і піролізам метану.

Алкіны ізамерны алкадыенам.

Пытанні і заданні

1. Адлюструйце шарастрыжнёвую мадэль малекулы бутynu-2. Укажыце тыпы гібрыдызацыі атамаў вугляроду ў дадзенай малекуле і валентныя вуглы. Ці можа бутын-2 існаваць у выглядзе прасторавых *цис*- і *транс*-ізамераў?

2. Ці існуе вуглевадарод разгалінаванай будовы, які змяшчае ў малекуле чатыры атамы вугляроду і: а) дваіную сувязь; б) трайную сувязь?

3. Напішыце структурныя формулы ізамерных алкінаў саставу C_5H_8 . Дайце ім назвы. * Напішыце структурныя формулы міжкласавых ізамераў такога самага саставу.

4. Напішыце ўраўненне рэакцыі далучэння адной малекулы броду да малекулы бутynu-2. Назавіце прадукт рэакцыі.

5. У выніку няпоўнага гідрыравання алкіну атрымліваецца алкен, пры ўзаемадзеянні якога з бромнай вадой утвараецца дыбромвытворнае алкану саставу $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$, малекула

якога мае сіметрычную будову. Прывядзіце структурную формулу алкіну і алкenu, а таксама ўраўненні ўсіх рэакцый, якія працякаюць.

6. Пры ажыццяўленні зварачных работ для атрымання ацэтылену з карбіду кальцыю выкарыстоўваюцца генератары ацэтылену, адзін з якіх паказаны на малюнку. Які аб'ём ацэтылену (дм^3 , н. у.) можна атрымаць з 3 кг тэхнічнага карбіду кальцыю, які змяшчае 22 % дамешак?



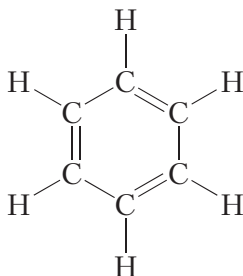
§ 19. Ароматычныя вуглеводароды. Бензол, будова малекулы

Назва «араматычныя злучэнні» ўзнікла таму, што першыя вядомыя прадстаўнікі гэтага класа, атрыманыя яшчэ на пачатку XIX стагоддзя, мелі прыемны пах. Пазней аказалася, што большасць рэчываў, якія па будове і хімічных уласцівасцях належаць да гэтай групы, не маюць прыемнага паху. Аднак агульная назва гэтых злучэнняў захавалася.

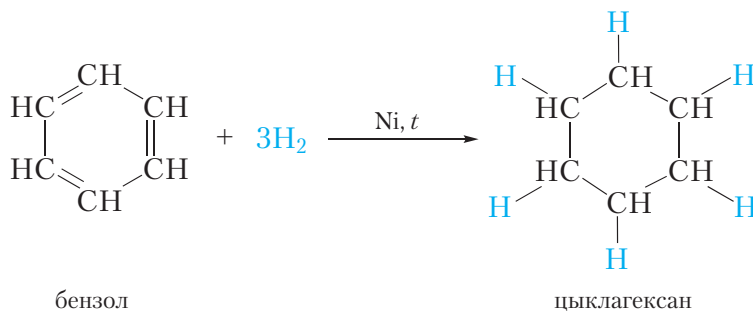
Найпрасцейшым прадстаўніком ароматычных вуглеводарадаў з'яўляецца бензол. Яго малекулярная формула C_6H_6 .

Бензол — лёгкакіпячая ($t_{\text{кип}} = 80^\circ\text{C}$), бясколерная, нерастваральная ў вадзе вадкасць з характэрным пахам. Пры ахалоджванні ён лёгка застывае ў белую крышталічную масу з тэмпературай плаўлення $5,5^\circ\text{C}$.

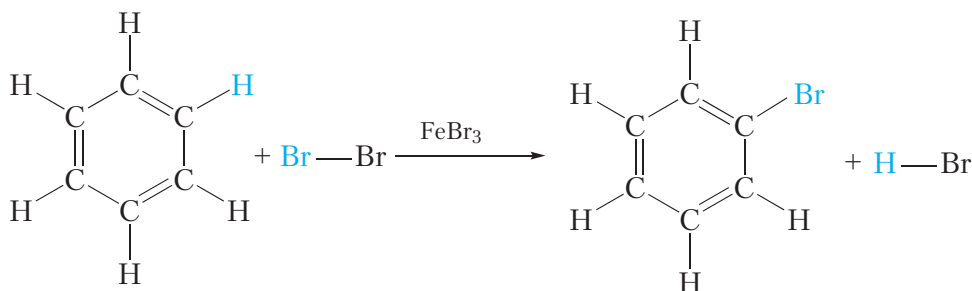
Адкрыў бензол вялікі англійскі фізік Майкл Фарадэй. У 1825 годзе яму ўдалося вылучыць бензол з каменнавугальнай смалы. Пазней былі ўстаноўлены найпрасцейшая CH і малекулярная C_6H_6 формулы бензолу. Аднак доўгі час не ўдавалася ўстанавіць будову малекулы дадзенага рэчыва. Праз сорок гадоў пасля адкрыцця бензолу нямецкі хімік Аўгуст Кекуле зрабіў правільную здагадку аб цыклічнай будове малекулы бензолу і прапанаваў наступную структурную формулу:



Прадстаўленая формула бензолу называецца формулай Кекуле. Формула Кекуле паказвае, што малекула бензолу мае плоскую будову, валентныя вуглы роўныя 120° . З формулы Кекуле таксама вынікае, што для гідрыравання малекулы бензолу да цыклагексану патрабуюцца тры малекулы вадароду:



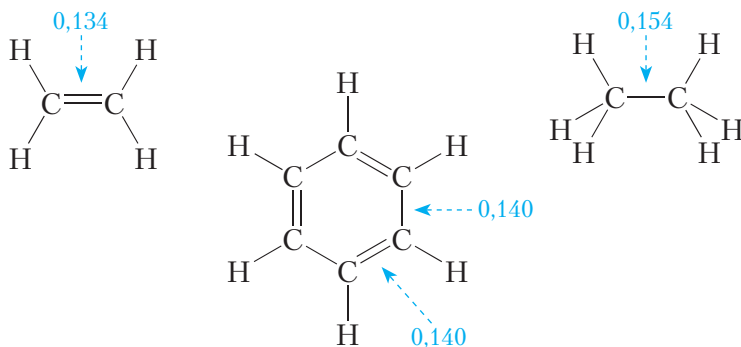
Усе гэтыя вывады пацвярджаюцца эксперыментальнымі данымі. Аднак формула Кекуле не тлумачыць рада асаблівых уласцівасцей бензолу. Так, бензол *не ўступае ў якасныя рэакцыі на двайную C=C сувязь*. Ён, у адрозненне ад алкенаў, не абясколервае бромную ваду і раствор перманганату калію. У прысутнасці каталізатара бензол рэагуе з галагенамі, аднак пры гэтым адбываецца не далучэнне галагену, а замяшчэнне атама вадароду ў малекуле бензолу на галаген:



Акрамя таго, эксперыментальна ўстаноўлена, што ўсе сувязі вуглярод-вуглярод у малекуле бензолу маюць аднолькавую даўжыню. Настолькі незвычайныя ўласцівасці бензолу атрымалася растлумачыць толькі ў XX стагоддзі, выкарыстоўваючы сучасную тэорыю будовы рэчыва.

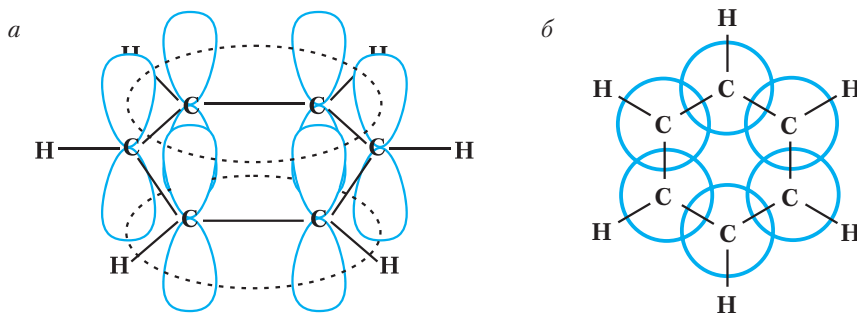
З формулы Кекуле вынікае, што двайныя сувязі ў малекуле бензолу з'яўляюцца спалучанымі. На прыкладзе бутадыену-1,3 мы бачылі,

што спалучэнне вядзе да некаторага выраўноўвання даўжынь двайных і адзінарных сувязей. У малекуле бензолу спалучэнне настолькі моцнае, што даўжыні ўсіх сувязей вуглярод-вуглярод становяцца аднолькавымі:



Мал. 19.1. Даўжыні сувязей (нм) у малекуле бензолу ў параўнанні з даўжынямі сувязей у малекулах этылену і этану

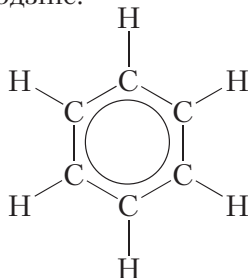
Такім чынам, у малекуле бензолу няма двайных і адзінарных сувязей. Кожны атам вугляроду ў малекуле бензолу, як і ў бутадыене-1,3, знаходзіцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі. π -Электронны дэлакалізаваны і ўтвараюць не тры асобныя π -сувязі, а адзіную π -сістэму (спалучаную сістэму π -сувязей):



Мал. 19.2. Схема ўтварэння адзінай сістэмы π -электронаў у малекуле бензолу: а — від збоку; б — від зверху

Паколькі π -электронны размяркоўваюцца ў малекуле бензолу раўнамерна паміж усімі атамамі вугляроду, то сувязі паміж усімі атамамі вугляроду аказваюцца цалкам аднолькавымі.

Каб паказаць раўнамернасць размеркавання π -электронаў у малекуле бензолу, яго структурную формулу часта малююць у выглядзе шасцівугольніка з акружнасцю ўсярэдзіне:

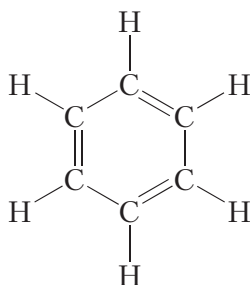


У дадзенай формуле шасцівугольнік адлюстроўвае σ -связі паміж атамамі вугляроду, а акружнасць — сістэму π -связей.

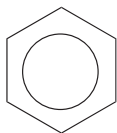
Шарастрыжнёвая мадэль малекулы бензолу:



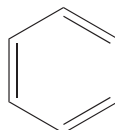
Нараўне з формулай бензолу, у якой паказана дэлакалізацыя π -электронаў, нярэдка карыстаюцца формулай Кекуле, улічваючы пры гэтым, што яна не зусім дакладна перадае будову бензолу:



Шырока выкарыстоўваюцца таксама больш кампактныя шкілетныя формулы бензолу:



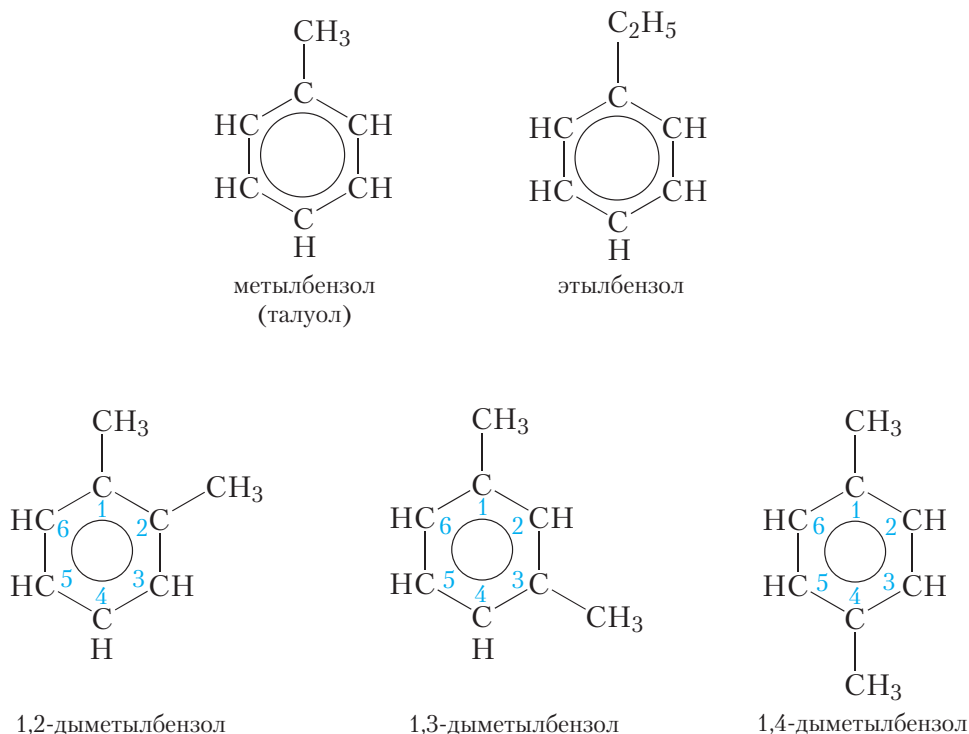
або



Дэлакалізацыя π -электронаў надае малекуле бензолу дадатковую ўстойлівасць. Таму для бензолу характэрны рэакцыі, у якіх спалучаная сістэма π -сувязей у малекуле захоўваецца. Такія рэакцыямі з'яўляюцца рэакцыі замяшчэння (гл. ураўненне рэакцыі з бромам, с. 108).

Як ужо адзначалася, бензол з'яўляецца найпрасцейшым прадстаўніком араматичных вуглеводародаў. Яго гамолагі могуць разглядацца як прадукты замяшчэння аднаго або некалькіх атамаў вадароду ў малекуле бензолу на вугледадародныя радыкалы. Формулы і назвы некаторых гамолагаў бензолу прыведзены на малюнку 19.3.

Як бачна, для пабудовы назваў рэчываў, у малекулах якіх з бензольным кольцам злучана некалькі вугледадародных радыкалаў, атамы вугляроду бензольнага кольца нумаруюць такім чынам, каб замяшчальнікі атрымалі найменшыя нумары, і пры дапамозе лічбаў у назве паказваюць становішча замяшчальнікаў.



Мал. 19.3. Структурныя формулы і назвы некаторых гамолагаў бензолу

Бензол C_6H_6 — найпрасцейшы прадстаўнік класа араматычных вуглеводародаў.

Малекула бензолу мае плоскую будову, валентныя вуглы роўныя 120° , даўжыні ўсіх сувязей вуглярод-вуглярод аднолькавыя.

π -Электронны ў малекуле бензолу дэлакалізаваны і ўтвараюць адзіную спалучаную сістэму π -сувязей.

Спалучаная сістэма π -сувязей надае малекуле бензолу павышаную ўстойлівасць, таму для бензолу характэрны рэакцыі, у якіх спалучаная сістэма захоўваецца.

Пытанні і заданні

1. У чым заключаецца галоўная асаблівасць будовы малекулы бензолу? Чаму бензол не ўступае ў якасныя рэакцыі на двайныя $C=C$ сувязі?
2. Якія хімічныя рэакцыі (далучэння або замяшчэння) больш характэрны для бензолу і чаму? Прывядзіце ўраўненні рэакцый этэну з бромнай вадой і бензолу з бромам у прысутнасці каталізатара.
3. Напішыце структурную формулу бліжэйшага гамолага бензолу — талуолу. Колькі атамаў вугляроду ў малекуле талуолу ляжыць у адной плоскасці?
4. Сярод рэчываў, прыведзеных на малюнку 19.3, укажыце ізамеры.
5. Выведзіце агульную формулу гамалагічнага рада бензолу.
6. У выніку спальвання $1,17$ г цвёрдага пры нармальных умовах вуглеводароду было атрымана $2,016$ дм³ (н. у.) вуглякіслага газу і $0,81$ г вады. Вуглеводарод не абясколервае бромную вадку. Устаноўце структурную формулу гэтага злучэння.

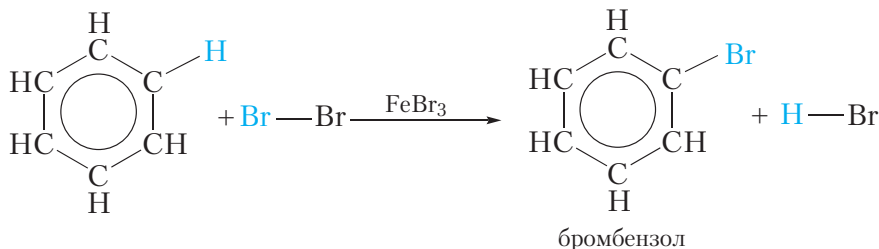
§ 20. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне бензолу

Хімічныя ўласцівасці бензолу

Як вы ўжо ведаеце, у малекуле бензолу маецца ўстойлівая спалучаная сістэма π -сувязей. Таму для бензолу характэрны рэакцыі замяшчэння, так як у гэтых рэакцыях спалучаная сістэма захоўваецца. Наадварот, рэакцыі далучэння для бензолу малахарактэрны. Так, бензол не абясколервае бромную вадку, але ў прысутнасці каталізатара ён уступае з бромам у рэакцыю замяшчэння.

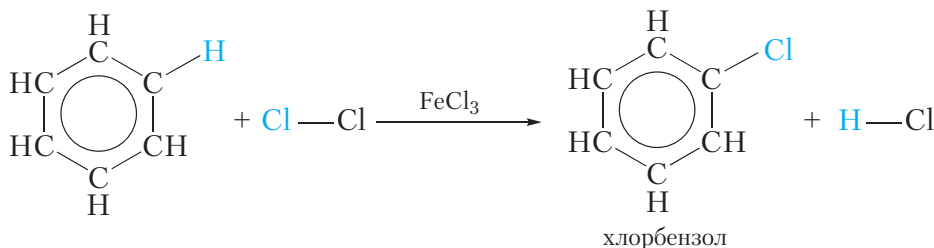
1. Галагенаванне

Для ажыццяўлення гэтай рэакцыі бензол змешваюць з бромам у колбе і дабаўляюць каталізатар FeBr_3 . Пры гэтым працякае рэакцыя замяшчэння аднаго атама вадароду на бром:



Аб працяканні рэакцыі можна меркаваць па вылучэнню бромавадароду, які змяняе колер вільготнай індыкатарнай паперкі, змешчанай у верхнюю частку колбы. Прадукт бромавання бензолу называецца *бромбензол*.

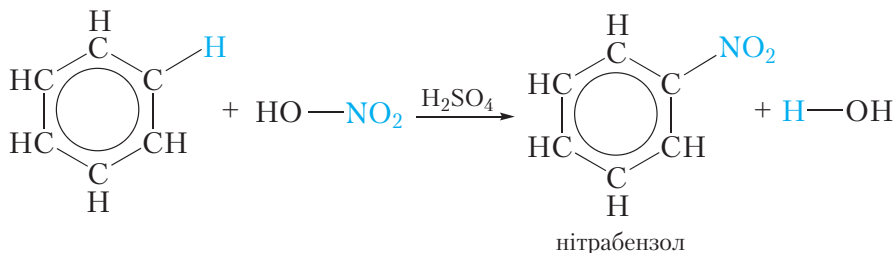
Як відаць, у гэтай рэакцыі адзіная сістэма π -электронаў захоўваецца. Падобным чынам праводзяць і хлраванне бензолу:



2. Нітраванне

Так называюцца рэакцыі, у выніку якіх у малекулу арганічнага злучэння ўводзіцца група $-\text{NO}_2$, якая называецца *нітрагрупай*.

Калі да сумесі канцэнтраваных азотнай і сернай кіслот дадавіць бензол і крыху падагрэць, адбываецца рэакцыя нітравання бензолу, у выніку якой утвараецца цяжкая жаўтаватая вадкасць з пахам горкага міндалю — нітрабензол:



Дадзеная рэакцыя, таксама як і галагенаванне, адносіцца да рэакцый замяшчэння — адзін атам вадароду ў малекуле бензолу замяшчаецца на групу —NO_2 .

Сумесь канцэнтраваных азотнай і сернай кіслот называецца *нітруючай сумессю*. У нітруючай сумесі азотная кіслата выконвае ролю нітруючага рэагента, а серная кіслата з'яўляецца каталізатарам.

З нітраваннем гамолага бензолу — талуолу, прадуктам якога з'яўляецца выбуховае рэчыва, вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

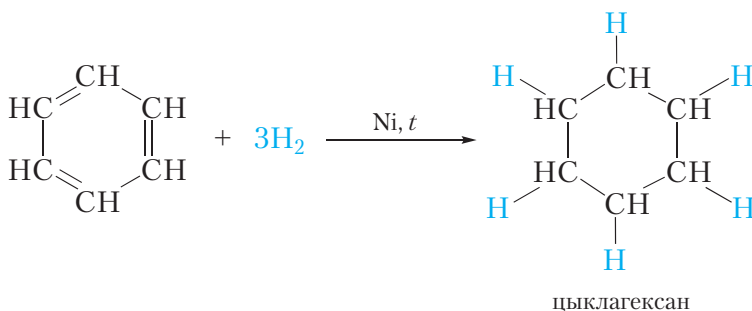


* Нітраванне талуолу

3. Гідрыраванне

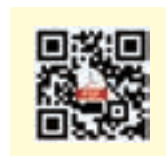
У жорсткіх умовах бензол можа ўступаць у рэакцыі далучэння.

Прыкладам рэакцыі далучэння з удзелам бензолу з'яўляецца яго гідрыраванне, якое працякае пры тэмпературы каля 200°C пад ціскам у прысутнасці каталізатараў гідрыравання (нікель або плаціна). Пры гэтым адна малекула бензолу далучае адразу тры малекулы вадароду і ператвараецца ў цыклагексан:



Рэакцыя гідрыравання бензолу працякае ў больш жорсткіх умовах, чым у выпадку алкенаў, так як у малекуле бензолу ў ходзе гідрыравання разбураецца ўстойлівая спалучаная сістэма π -сувязей.

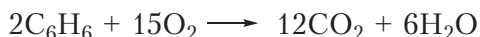
З рэакцыяй далучэння хлору да бензолу вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Хлараванне бензолу

4. Гарэнне

Падобна ўсім вуглеводародам, бензол гарыць. Ураўненне рэакцыі гарэння бензолу:



Атрыманне бензолу

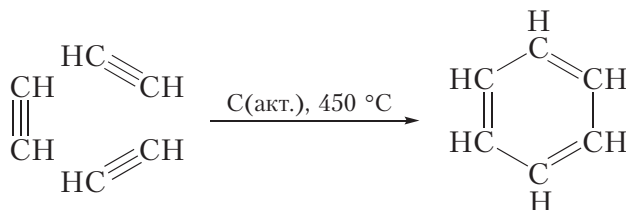
З прыродных крыніц

Дзякуючы высокай устойлівасці спалучанай сістэмы π -сувязей, араматычныя фрагменты сустракаюцца ў саставе каменнага вугалю. Таму адным са спосабаў атрымання бензолу з'яўляецца перапрацоўка каменнага вугалю. Пры моцным награванні без доступу паветра каменны вугаль падвяргаецца складаным хімічным ператварэнням. У выніку ўтвараецца шмат лятучых прадуктаў, з якіх, разам з іншымі рэчывамі, здабываюць бензол.

Бензол атрымліваюць таксама ў выніку перапрацоўкі нафты. Гэтыя працэсы будучы разгледжаны ў наступным параграфі.

З ацэтылену

Бензол можна атрымаць з ацэтылену:



У дадзенай рэакцыі з трох малекул ацэтылену ўтвараецца адна цыклічная малекула бензолу, таму гэта рэакцыя называецца рэакцыяй *цыкла-трымерызацыі*. Дададзеная рэакцыя працякае пры прапусканні ацэтылену над нагрэтым актывіраваным вугалем.

Прымяненне бензолу

Значная частка бензолу выкарыстоўваецца для сінтэзу іншых рэчываў. Так, нітраваннем бензолу атрымліваюць нітрабензол, які з'яўляецца зыходным рэчывам для сінтэзу аніліну (§ 45). Хлараваннем бензолу атрымліваюць хлорбензол, які прымяняецца для атрымання фенолу (§ 27), пестыцыдаў і г. д. З бензолу атрымліваюць этилбензол. Дэгідрыраваннем этилбензолу сінтэзуюць вінілбензол (стырол), які з'яўляецца сыравінай для вытворчасці палімераў.

Бензол і некаторыя яго гамолагі прымяняюцца ў якасці растваральнікаў арганічных рэчываў, аднак з-за высокай таксічнасці бензолу яго прымяненне ў гэтай якасці абмежавана.

Для бензолу характэрны рэакцыі замяшчэння, у якіх спалучаная сістэма п-связей захоўваецца.

Бензол не абясколервае бромную ваду, але ў прысутнасці каталізатара ўступае з бромам у рэакцыю замяшчэння з утварэннем бромбензолу.

У жорсткіх умовах бензол уступае ў рэакцыю далучэння з вадародам. У выніку ўтвараецца цыклагексан.

Бензол атрымліваюць у выніку перапрацоўкі нафты і каменнага вугалю. Акрамя таго, бензол можа быць атрыманы на рэакцыі цыклатрымерызацыі ацэтылену.

Пытанні і заданні

1. Як распазнаць на падставе хімічных уласцівасцей тры вадкасці: бензол, гексан і гексэн-1? Прывядзіце ўраўненні адпаведных рэакцый. Укажыце ўмовы іх працякання. Апішыце з'явы, якія пры гэтым назіраюцца.

2. Напішыце ўраўненні рэакцый узаемадзеяння метану і бензолу з хлорам. Укажыце ўмовы іх працякання. Чаму абедзве рэакцыі называюцца рэакцыямі замяшчэння?

3. Вядома, што ў прысутнасці плаціны этылен далучае вадарод нават пры пакаёвай тэмпературы. Бензол у гэтых умовах вадарод не далучае. Рэакцыя далучэння вадароду да бензолу працякае ў жорсткіх умовах — пры тэмпературы 200 °С, пад ціскам і ў прысутнасці нікелю ў якасці каталізатара. Растлумачце, з чым звязана такое адрозненне ў рэакцыйнай здольнасці этылену і бензолу.

4. Прывядзіце ўраўненне рэакцыі цыклатрымерызацыі ацэтылену ў прысутнасці актывіраванага вугалю. Якія прадукты могуць утварыцца пры цыклатрымерызацыі прапіну ў падобных умовах? Прывядзіце іх структурныя формулы і дайце ім назвы.

5. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

метан → ацэтылен → бензол → нітрабензол.

§ 21. Прыродныя крыніцы вуглеводародаў і іх выкарыстанне

Вывучаныя намі вуглеводароды маюць вялікае практычнае значэнне, так як шырока выкарыстоўваюцца ў якасці паліва, а таксама служаць сыравінай для атрымання мноства арганічных рэчываў.

Найбольш важныя крыніцы вуглеводародаў — прыродны газ і нафта.

Природны газ

Асноўным кампанентам прыроднага газу з'яўляецца метан. Акрамя метану ў прыродным газе прысутнічаюць этан, прапан і бутаны. Звычайна чым вышэйшая малекулярная маса вугледадароду, тым меншае яго змяшчэнне ў прыродным газе. Састаў прыроднага газу розных радовішчаў неаднолькавы. У табліцы прыведзена прыкладная колькасць рэчываў у прыродным газе.

Табліца 21.1. Прыкладны састаў прыроднага газу

Формула рэчыва	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	N_2 і інш. газы
Змяшчэнне ў % па аб'ёме	70–98	< 5	< 2	< 1	< 10

Прыродны газ выкарыстоўваецца ў асноўным у якасці паліва. Ён мае шэраг пераваг над цвёрдым і вадкім палівам: пры яго згаранні вылучаецца больш цяпла, ён не пакідае попелу, прадукты яго згарання больш экалагічна чыстыя. Прыродны газ выкарыстоўваецца на цеплавых электрастанцыях, у якасці гаручага для газавых пліт, паліва для аўтамабіляў г. д.

Нафта

Фізічныя ўласцівасці і састаў нафты

Нафта ўяўляе сабой алеістую вадкасць звычайна цёмнага колеру са своеасаблівым пахам. Яна лягчэйшая за вадку і ў вадзе не раствараецца. Асноўнымі кампанентамі нафты з'яўляюцца вадкія і раствораныя ў іх цвёрдыя вугледадароды. Гэта значыць, нафта з'яўляецца сумессю вугледадародаў. У асноўным гэта алканы, цыклаалканы і араматычныя вугледадароды. Суадносіны гэтых вугледадародаў у нафце розных радовішчаў могуць істотна адрознівацца.

Для таго каб вылучыць з нафты карысныя для патрэб чалавека прадукты, яе падвяргаюць перапрацоўцы.

Першасная перапрацоўка нафты

Нафта не мае пэўнай тэмпературы кіпення, так як з'яўляецца сумессю вугледадародаў, якія маюць розныя тэмпературы кіпення. У працэсе награвання нафты з яе вылучаюць спачатку найбольш лёгкія вугледадароды (яны маюць нізкія тэмпературы кіпення), а потым больш цяжкія. Сумесь



Мал. 21.1. Нафта

вуглеводародаў, сабраных у працэсе перагонкі нафты ў пэўным інтэрвале тэмператур, называецца *фракцыяй*.

Разгледзім некаторыя фракцыі нафты.

Бензінавая фракцыя пераганяецца ў інтэрвале тэмператур ад 40 да 200 °С і змяшчае вуглеводароды $C_5—C_{11}$. Як вынікае з назвы, гэта фракцыя выкарыстоўваецца для атрымання бензіну.

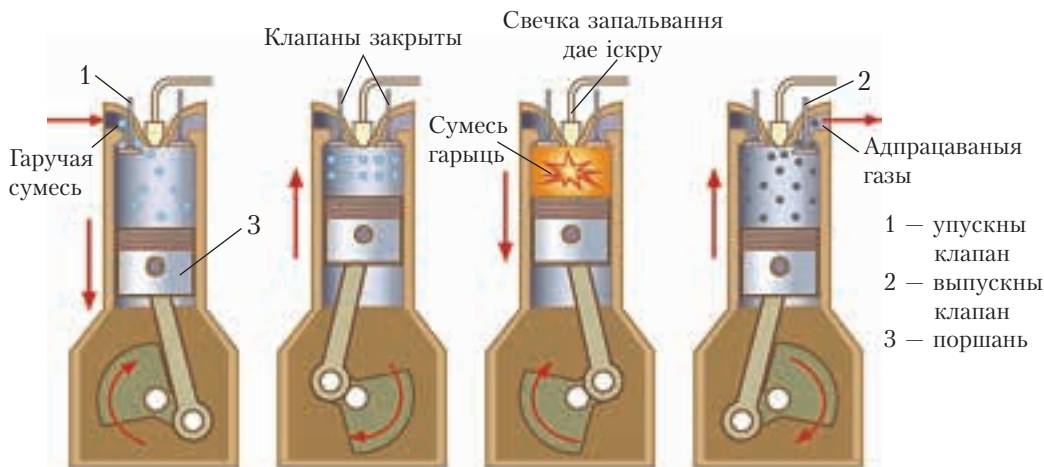
Ліграін пераганяецца пры тэмпературы ад 120 да 240 °С і змяшчае вуглеводароды $C_8—C_{14}$. Ліграін прымяняецца для атрымання бензіну і дызельнага паліва, а таксама ў якасці растваральніка.

Газа пераганяецца ў інтэрвале тэмператур ад 180 да 300 °С і змяшчае вуглеводароды $C_{12}—C_{18}$. Яна прымяняецца як паліва для рэактыўных рухавікоў (авіяцыйная газа), для бытавых награвальных прыбораў, у якасці растваральніка і для атрымання дызельнага паліва.

Працэс перагонкі нафты не суправаджаецца змяненнем структуры вуглеводародаў, якія яе ўтвараюць, а заключаецца толькі ў падзеле на асобныя кампаненты, гэта значыць з'яўляецца фізічным працэсам. Такі працэс называюць *першаснай перапрацоўкай нафты*.

Актанавы лік бензіну

Адной з важнейшых характарыстык бензіну з'яўляецца яго дэтанацыйная стойкасць. Дэтанацыйная стойкасць паказвае здольнасць бензіну «супраціўляцца» самаўзгаранню пры сцісканні ў цыліндры рухавіка. Каб зразумець гэта, разгледзім, як працуе рухавік аўтамабіля (мал. 21.2).



Мал. 21.2. Схема работы рухавіка ўнутранага згарання

Сумесь пароў бензіну з паветрам паступае ў цыліндр рухавіка. Калі поршань цыліндра дасягае верхняй кропкі, гэта значыць максімальна сціскае сумесь, іскра свечкі яе запальвае. Газы, якія ўтварыліся, штурхаюць поршань уніз, ён выконвае работу, у выніку якой аўтамабіль рухаецца. Гэта апісанне датычыцца нармальнай работы рухавіка. Але магчыма сітуацыя, калі бензінава-паветраная сумесь узгарыцца ў цыліндры да падпальвання за кошт павышэння яе тэмпературы пры сцісканні. Гэты працэс называецца *дэтанацыяй*. Дэтанацыя вельмі шкодна для рухавіка, яна зніжае магутнасць і прыводзіць да заўчаснага зносу дэталяў і нават да паломкі рухавіка.

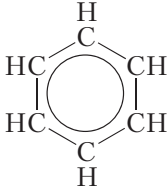
Для характарыстыкі дэтанацыйнай стойкасці бензіну выкарыстоўваецца *актанавы лік*. Актанавы лік ізаактану (2,2,4-трыметылпентану), які валодае высокай дэтанацыйнай стойкасцю, прыняты за 100. Актанавы лік *n*-гептану, які надзвычай лёгка дэтануе, прыняты за 0. Сумесь *n*-гептану і ізаактану мае актанавы лік, роўны змяшчэнню ў ёй ізаактану (у працэнтах па аб'ёме). Напрыклад, сумесь, якая змяшчае 92 % па аб'ёме ізаактану і 8 % *n*-гептану, мае актанавы лік, роўны 92. Калі бензін мае актанавы лік, роўны 92, то гэта значыць, што ён дапускае такое самае сцісканне ў цыліндры без дэтанацыі, як сумесь з 92 % ізаактану і 8 % *n*-гептану. Актанавыя лікі фігуруюць у назве маркі бензіну, напрыклад, АІ-92, АІ-95 і інш. Праязджаючы каля аўтазаправачнай станцыі, вы можаце пераканацца, што чым вышэйшы актанавы лік, тым даражэйшы бензін.

Аказваецца, што найбольш устойлівымі да дэтанацыі з'яўляюцца араматычныя вуглеводароды і вуглеводароды разгалінаванай будовы. Гэтыя вуглеводароды характарызуюцца высокім актанавым лікам, часам больш за 100! Актанавыя лікі неразгалінаваных вуглеводарадаў, наадварот, нізкія (табл. 21.2).

Табліца 21.2. Актанавы лік некаторых вуглеводарадаў

Назва вуглеводараду	Структурная формула	Актанавы лік
<i>n</i> -Гептан	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	0
<i>n</i> -Пентан	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	62

Заканчэнне табліцы 21.2

Назва вуглеводароду	Структурная формула	Актанавы лік
2,2-Дыметылбутан	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	92
Ізаактан	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_3 \\ \qquad \quad \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	100
Бензол		113

У нафце пераважаюць вуглеводароды неразгалінаванай будовы. Таму бензін, які атрымліваецца ў працэсе перагонкі нафты, мае нізкі актанавы лік (звычайна ніжэй за 65) і не можа выкарыстоўвацца ў рухавіках сучасных аўтамабіляў. У сувязі з гэтым фракцыі нафты, атрыманыя пры перагонцы, падвяргаюць далейшай перапрацоўцы, звязанай са змяненнем структуры вуглеводарадаў, якія ў іх уваходзяць. Гэтыя працэсы называюцца *другаснай перапрацоўкай нафты*.

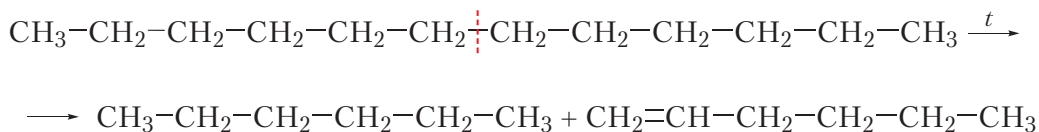
Другасная перапрацоўка нафты

Крэкінг

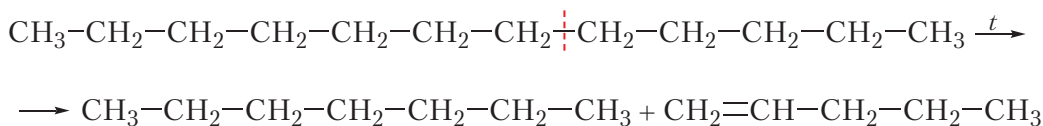
Бензінавая фракцыя складае толькі невялікую долю ад усёй нафты, якая здабываецца, і бензін, што атрымліваецца ў працэсе перагонкі, не можа задаволіць попыт на яго. Таму адной з задач другаснай перапрацоўкі нафты з'яўляецца ператварэнне цяжкіх вуглеводарадаў у вуглеводароды бензінавай

фракцыі. Для гэтага малекулы з вялікім лікам атамаў вугляроду расшчапляюць на больш дробныя. Гэты працэс называецца *крэкінгам*.

Пры высокіх тэмпературах адбываецца расшчапленне хімічных сувязей вуглярод-вуглярод, у выніку чаго малекулы вуглеводарадаў з доўгім ланцугом атамаў вугляроду ператвараюцца ў вуглеводароды з больш кароткім ланцугом, напрыклад:



Як відаць з прыведзенага прыкладу, з вуглеводараду саставу $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ утварылася сумесь алкану і алкену з лікам атамаў вугляроду ў малекулах, роўным 6, што адпавядае бензінавай фракцыі. Неабходна адзначыць, што расшчапленне малекулы зыходнага рэчыва можа адбывацца па любой сувязі вуглярод-вуглярод, напрыклад:



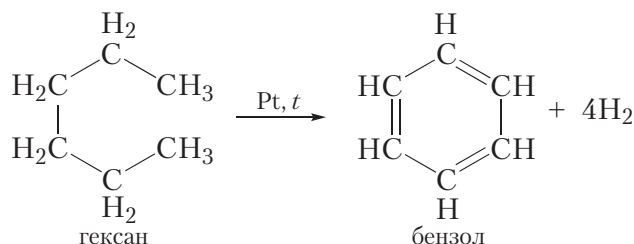
У выніку ўтвараецца сумесь гранічных і негранічных вуглеводарадаў пераважна неразгалінаванай будовы. Апісаны працэс называецца *тэрмічным крэкінгам*. Тэрмічны крэкінг праводзіцца пры тэмпературах да $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чым вышэйшая тэмпература крэкінгу, тым мацней драбняцца малекулы зыходных рэчываў. Так, пры тэмпературах каля $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ утвараецца вялікая колькасць газападобных алкенаў (этэну, прапену і бутэнаў), якія выкарыстоўваюцца для атрымання палімераў.

Недахопам тэрмічнага крэкінгу з'яўляецца вялікае змяшчэнне ў яго прадуктах вуглеводарадаў неразгалінаванай будовы. Таму атрыманы такім спосабам бензін мае невысокі актанывы лік (звычайна не вышэй за 70).

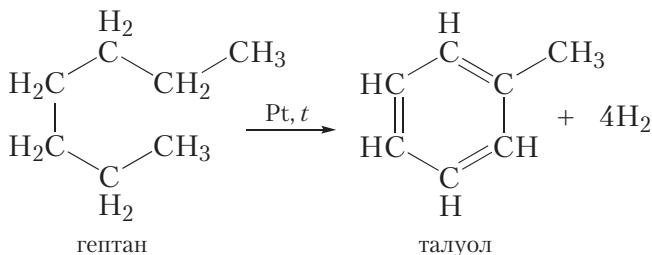
Бензін з больш высокім актанавым лікам можна атрымаць у выніку *каталітычнага крэкінгу*. Каталітычны крэкінг ажыццяўляецца пры больш нізкіх тэмпературах ($400\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$) у прысутнасці каталізатараў. У гэтых умовах разам з расшчапленнем малекул адбываецца ізамерызацыя вуглеводарадаў, якія ўтварыліся (§ 10), гэта значыць утвараюцца вуглеводароды разгалінаванай будовы.

Рыформінг

Яшчэ больш эфектыўным спосабам атрымання бензіну з высокім актанавым лікам з'яўляецца *рыформінг* — працэс ператварэння алканаў у араматычныя вуглеводароды пры награванні на каталізатары. Напрыклад, пры награванні гексану на плацінавым каталізатары ён ператвараецца ў бензол:



У аналагічных умовах гептан ператвараецца ў талуол:



Як бачна, у ходзе апісаных рэакцый ад малекул алканаў адшчапляюцца чатыры малекулы вадароду і ўтвараюцца цыклічныя араматычныя вуглеводароды, таму дадзеныя працэсы называюць дэгідрацыклізацыяй або араматызацыяй алканаў. Дэгідрацыклізацыя алканаў выкарыстоўваецца не толькі для павышэння актанавага ліку бензіну, але і з мэтай атрымання бензолу і яго гамолагаў.

Выкарыстанне працэсаў другаснай перапрацоўкі нафты дазваляе дасягнуць выхад бензіну з 15 % (першасная перапрацоўка) прыкладна да 60 %. Акрамя гэтага, у працэсах другаснай перапрацоўкі ўтвараецца вялікая колькасць каштоўных рэчываў, якія з'яўляюцца сыравінай для атрымання палімераў і іншых прадуктаў.

Ахова навакольнага асяроддзя

Апісаныя працэсы звязаны з перапрацоўкай гіганцкіх аб'ёмаў нафты, якія складаюць некалькі мільярдаў тон у год. У сувязі з гэтым першараднае

значэнне мае **ахова навакольнага асяроддзя** пры здабычы нафты і яе перапрацоўцы.

Пападанне нафты і нафтапрадуктаў у навакольнае асяроддзе надзвычай небяспечна. Гэта звязана як з пажара- і выбухованебяспечнасцю вуглеводарадаў, так і з таксічнасцю кампанентаў нафты і прадуктаў іх ператварэнняў. Забруджванне нафтай можа дасягаць вельмі вялікіх маштабаў. Так, адна тона нафты здольна пакрыць тонкай плёнкай участак паверхні мора плошчай да тысячы гектараў. Таму сёння актуальны пытанні, звязаныя не толькі з эфектыўнасцю здабычы і перапрацоўкі нафты, але і з бяспекай гэтых працэсаў. Акрамя таго, вялікую ўвагу прыходзіцца надаваць праблемам бяспекі пры транспарціроўцы і выкарыстанні нафты і нафтапрадуктаў, а таксама распрацоўцы метадаў ліквідацыі наступстваў аварыйных сітуацый, звязаных з пападаннем гэтых рэчываў у навакольнае асяроддзе.

Як бачна, праблем вельмі многа, таму ахова навакольнага асяроддзя павінна забяспечвацца ў цэлым радзе галін прамысловасці, звязаных як са здабычай нафты, так і з яе транспарціроўкай, перапрацоўкай і выкарыстаннем.

На стадыі *здабычы* ў цяперашні час актуальнай з'яўляецца задача павышэння эфектыўнасці выкарыстання існуючых радовішчаў з мэтай найбольш поўнай здабычы нафты з нетраў. Каб павысіць нафтааддачу, прымяняюцца метады падачы ў нафтавыя пласты вады і розных раствораў. Гэта дазваляе забяспечваць высокі ўзровень здабычы без неабходнасці асваення новых радовішчаў.

Экалагічна бяспечная *перапрацоўка* нафты павінна быць безадходнай. Гэта датычыцца, у першую чаргу, глыбокай перапрацоўкі ўсіх кампанентаў нафты ў неабходныя прадукты. Дадзеную праблему ў многім вырашае ўдасканаленне тэхналогіі вытворчасці. Акрамя таго, нафтаперапрацоўчыя прадпрыемствы абсталёўваюцца сістэмамі ачысткі (адстойванне, фільтраванне, мікрабіялагічная і хімічная ачыстка сцёкавых вод і інш.).

Ахова навакольнага асяроддзя на стадыі *транспарціроўкі* нафты звязана з удасканаленнем правілаў тэхнікі бяспекі і распрацоўкай метадаў ачысткі нафтавых ёмістасцей (у асноўным, танкераў) ад рэшткаў нафты, каб пазбегнуць пападання яе ў навакольнае асяроддзе. Ліквідацыя наступстваў *надзвычайных сітуацый* у выпадку забруджвання нафтай ажыццяўляецца з прымяненнем навіейшых навукова-тэхнічных дасягненняў (лакалізацыя зон забруджвання і наступны збор нафты).

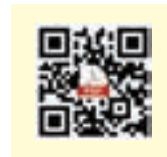
Вялікае значэнне для аховы навакольнага асяроддзя мае таксама распрацоўка прагрэсіўных *энергазберагальных тэхналогій*, якія дазваляюць

скараціць спажыванне нафтапрадуктаў і тым самым знізіць небяспеку і шкоду для навакольнага асяроддзя.

У апошнія гады намецілася тэндэнцыя паступовага пераходу ад аўтамабіляў, якія працуюць на вуглевародным паліве, да электрамабіляў. Гэта, несумненна, будзе спрыяць паляпшэнню стану навакольнага асяроддзя.

Кожны з нас можа зрабіць свой унёсак у гэтую дзейнасць, проста не забыўшыся выключыць святло, адмяніўшы неактуальную паездку на аўтамабілі і г. д. Усведамляючы маштабы дзейнасці чалавека, у тым ліку ў выкарыстанні нафты, важна зразумець, што захаванне нашай унікальнай планеты — справа кожнага з нас.

З асноўнымі прадпрыемствамі нафтахімічнай прамысловасці нашай краіны вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Прадпрыемствы
нафтахіміі
Рэспублікі Беларусь

Асноўныя прыродныя крыніцы вуглевародаў — прыродны газ і нафта.

Уся здабываемая нафта падвяргаецца перапрацоўцы. Перапрацоўка бывае першасная і другасная.

У працэсе першаснай перапрацоўкі нафту шляхам перагонкі падзяляюць на асобныя фракцыі, якія потым выкарыстоўваюцца як паліва, сыравіна для хімічнай прамысловасці і для другаснай перапрацоўкі.

Другасная перапрацоўка нафты заключаецца ў змяненні будовы малекул вуглевародаў, якія ўваходзяць у яе састаў. У выніку павялічваецца выхад бензіну і павышаецца яго актанавы лік. У працэсе другаснай перапрацоўкі нафты таксама атрымліваюць шматлікія каштоўныя прадукты для хімічнай прамысловасці.

Адна з важнейшых праблем перапрацоўкі нафты — ахова навакольнага асяроддзя.

Пытанні і заданні

1. Што такое прыродны газ і нафта? Якія вуглевароды ўваходзяць у іх састаў? Якое значэнне маюць прыродны газ і нафта ў нашым жыцці?

2. У чым заключаецца першасная перапрацоўка нафты? Чаму ў нафты няма пэўнай тэмпературы кіпення? Што такое нафтавыя фракцыі?

3. У працэсе перагонкі нафты атрыман бензін, дэтаначыйныя ўласцівасці якога такія самыя, як у сумесі аднолькавых аб'ёмаў ізаактану і *n*-гептану. Чаму роўны актанывы лік атрыманага бензіну?

4. Што такое другасная перапрацоўка нафты? З якой мэтай яна ажыццяўляецца?

5. У выніку крэкінгу *n*-нанану атрымана сумесь вугледадародаў, сярод якіх былі рэчывы **A** і **B**. Вядома, што рэчыва **A** не абясколервае бромную ваду, але ўступае ў рэакцыю дэгідрацыклізацыі з утварэннем талуолу. Рэчыва **B** абясколервае бромную ваду і раствор KMnO_4 . У прысутнасці сернай кіслаты рэчыва **B** далучае ваду, пры гэтым утвараецца этанол. Устаноўце формулы рэчываў **A** і **B**. Напішыце ўраўненні ўсіх апісаных у задачы рэакцый і ўкажыце ўмовы іх працякання.

6. Для растварэння лакаў і фарбаў шырока выкарыстоўваюцца растваральнікі 645 і 646, якія змяшчаюць 50 % талуолу (па масе). Разлічыце аб'ём гептану шчыльнасцю $0,68 \text{ г/см}^3$, які спатрэбіцца для атрымання 1 кг талуолу, калі выхад прадукту рэакцыі дэгідрацыклізацыі складае 90 %.

7. Назавіце асноўныя напрамкі аховы навакольнага асяроддзя пры нафтаперапрацоўцы.

8*. Якасць паліва для рухавікоў унутранага згарання характарызуецца пры дапамозе актанавага ліку.

- Прывядзіце структурную формулу ізаактану.
- Прывядзіце структурныя формулы і назвы двух ізамераў *n*-гептану, якія змяшчаюць пяць атамаў вугляроду ў галоўным ланцугу.
- Змяшалі 20 дм^3 ізаактану і 5 дм^3 гептану. Укажыце актанывы лік атрыманай сумесі.
- Масавая доля вугляроду ў вугледадародзе **A** неразгалінаванай будовы, актанывы лік якога роўны 25, складае 83,72 %. Устаноўце малекулярную формулу вугледадароду **A**.
- Якую масу (кг) *n*-гептану неабходна дадаваць да ізаактану масай 20 кг, каб атрымаць паліва з такім самым актанавым лікам, як у вугледадароду **A**? Шчыльнасць ізаактану роўная шчыльнасці *n*-гептану і складае $0,68 \text{ г/см}^3$.



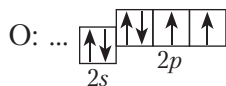
Раздзел 3

КІСЛАРОДЗМЯШЧАЛЬНЫЯ АРГАНІЧНЫЯ ЗЛУЧЭННІ

§ 22. Насычаныя аднаатамныя спірты. Ізамерыя, наменклатура, класіфікацыя

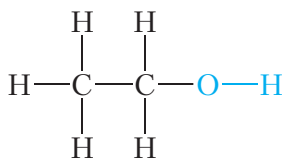
У папярэдніх параграфрах мы вывучалі вуглевадароды — арганічныя рэчывы, якія складаюцца з двух хімічных элементаў — вугляроду і вадароду. У састаў арганічных рэчываў могуць уваходзіць і іншыя элементы. У дадзеным раздзеле мы будзем вывучаць будову і ўласцівасці спіртоў. У састаў спіртоў, акрамя вугляроду і вадароду, уваходзяць атамы кіслароду.

Адзін з прадстаўнікоў класа спіртоў — этылавы спірт — мае малекулярную формулу C_2H_6O . Паспрабуем класці структурную формулу этылавага спірту. На знешнім электронным слоі атама кіслароду маецца два няспараныя электроны:

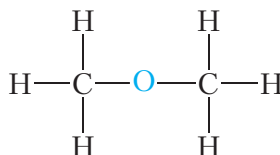


Такім чынам, валентнасць кіслароду роўная двум, таму ад сімвала O ў структурных формулах трэба маляваць дзве рысачкі.

Тады можна прапанаваць два рэчывы, якія маюць малекулярную формулу C_2H_6O :



этылавы спірт



дыметылавы эфір

Першае злучэнне адносіцца да класа *спіртоў*. У малекулах спіртоў змяшчаецца група —ОН, якая называецца *гідраксільнай групай*. Каб падкрэсліць, што ў малекуле этылавага спірту маецца гідраксільная група, яго малекулярную формулу звычайна запісваюць так: C_2H_5OH . Наяўнасць гідраксільнай групы ў малекулах спіртоў абумоўлівае іх характэрныя хімічныя ўласцівасці, таму групу —ОН называюць *функцыянальнай групай*. У малекулах спіртоў можа змяшчацца не адна, а дзве і больш гідраксільных групы.

Спірты — арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць адну або некалькі гідраксільных груп, злучаных з вуглевадародным радыкалам.

Другое злучэнне адносіцца да класа *простых эфіраў*. У малекулах простых эфіраў няма гідраксільнай групы. Атам кіслароду ў малекулах простых эфіраў звязаны з двума вуглевадароднымі радыкаламі.

Этылавы спірт і дыметылавы эфір маюць аднолькавую малекулярную формулу, але розную будову. Такім чынам, яны з'яўляюцца ізамерамі.

Будова малекул спіртоў

У малекулах насычаных аднаатамных спіртоў маецца адна гідраксільная група —ОН, злучаная з алкільным радыкалам.

Найпрасцейшым прадстаўніком насычаных аднаатамных спіртоў з'яўляецца *метылавы спірт*. Яго формула $CH_3—OH$. Метылавы спірт уяўляе сабой бясколерную вадкасць з характэрным пахам і тэмпературай кіпення $65\text{ }^{\circ}C$. Метылавы спірт надзвычай ядавіты. Пападанне ў арганізм чалавека ўсяго толькі 30 мл метылавага спірту можа прывесці да смерці. Яшчэ меншая колькасць метылавага спірту прыводзіць да страты зроку.

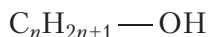
Бліжэйшы гамолаг метылавага спірту — этылавы спірт, формула якога $CH_3—CH_2—OH$, ці $C_2H_5—OH$.

Этылавы спірт — бясколерная вадкасць з характэрным пахам і тэмпературай кіпення $78\text{ }^{\circ}C$. Этылавы спірт уваходзіць у састаў алкагольных напояў. На жаль, многія людзі злоўжываюць алкагольнымі напоямі, наносячы непараўную шкоду свайму здароўю. Злоўжыванне этылавым спіртам прыводзіць да цяжкага захворвання — алкагалізму.

Метылавы і этылавы спірты практычна немагчыма адрозніць па знешнім выглядзе і паху. У той жа час метылавы спірт значна больш таксічны, чым

этылавы. У гэтым заключаецца асаблівая небяспека метылавага спірту. Ён можа прысутнічаць у розных тэхнічных спіртазмяшчальных вадкасцях. Бытавыя атручэнні метылавым спіртам часта звязаны з ужываннем такіх вадкасцей.

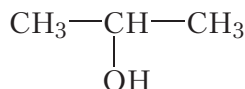
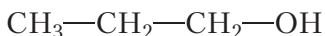
Саставім агульную формулу гамолагаў метылавага спірту. У іх малекулах група —OH злучана з алкільным радыкалам. Алкільны радыкал утвараецца ў выніку адрыву ад малекулы алкану аднаго атама вадароду. Агульная формула алканаў $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Калі выдаліць з малекулы адзін атам вадароду, атрымаецца формула алкільнага радыкала $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{—}$. Тады агульная формула гамолагаў метылавага спірту:



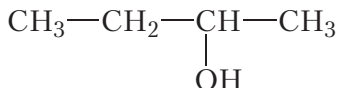
Ізамерыя спіртоў

Метылавы спірт не мае ізамераў. Этылавы спірт таксама не мае ізамераў, якія адносяцца да класа спіртоў. Адзіны ізамер этылавага спірту — дыметылавы эфір — з'яўляецца простым эфірам.

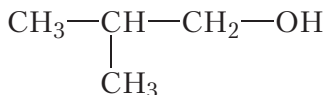
Наступныя прадстаўнікі рада насычаных аднаатамных спіртоў змяшчаюць тры атамы вугляроду ў малекуле ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$). У гэтым выпадку гідраксільная група можа быць звязана з першым або другім атамам вугляроду. Структурныя формулы ізамерных спіртоў:



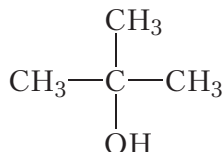
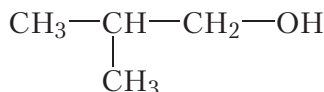
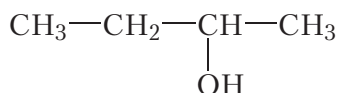
Гэтыя злучэнні з'яўляюцца ізамерамі становішча функцыянальнай групы. Спірты, якія змяшчаюць чатыры атамы вугляроду ў малекуле ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) таксама могуць адрознівацца становішчам функцыянальнай групы:



Акрамя таго, для іх магчыма ізамерыя вугляроднага шкідэта:



Улічваючы разгледжаныя віды ізамерыі, можна саставіць формулы чатырох ізамерных спіртоў саставу C_4H_9OH :

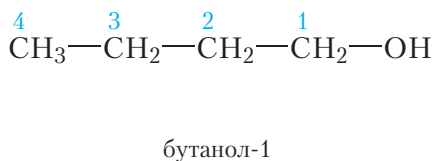
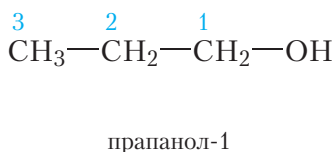
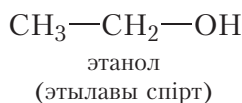
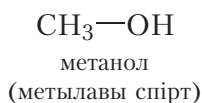


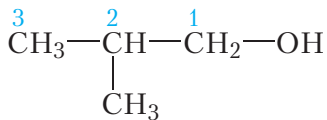
Відавочна, што з павелічэннем ліку атамаў вугляроду ў малекуле лік ізамераў будзе ўзрастаць.

Наменклатура спіртоў

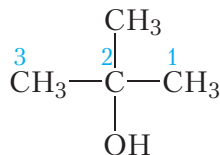
Назва насычанага аднаатамнага спірту складаецца з назвы адпаведнага вуглевадароду і суфікса *-ол*, які абазначае гідраксільную групу. Атамы вугляроду галоўнага ланцуга нумаруюць, пачынаючы з таго канца, да якога бліжэй гідраксільная група. У канцы назвы ўказваюць становішча гідраксільнай групы ў галоўным ланцугу.

Назавём усе ўпамянутыя намі спірты. У дужках прыведзены трывіяльныя назвы некаторых спіртоў, якія шырока выкарыстоўваюцца нараўне з сістэматычнымі назвамі.





2-метылпрапанол-1



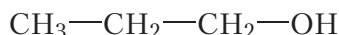
2-метылпрапанол-2

Атамы вугляроду ў малекулах арганічных рэчываў бываюць першаснымі, другаснымі, трацічнымі і чацвярцічнымі (§ 6). Першасны атам вугляроду злучаны толькі з адным атамам вугляроду, другасны — з двума, трацічны — з трыма і чацвярцічны — з чатырма атамамі вугляроду. У залежнасці ад таго, да якога атама вугляроду (першаснага, другаснага або трацічнага) далучана група —ОН, адрозніваюць першасныя, другасныя або трацічныя спірты.

З вышэйпералічаных спіртоў першаснымі з'яўляюцца этанол, прапанол-1, бутанол-1 і 2-метылпрапанол-1:



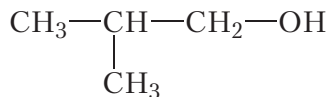
этанол



прапанол-1

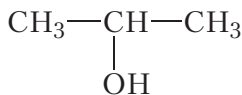


бутанол-1

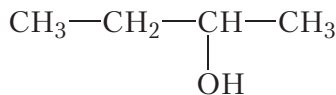


2-метылпрапанол-1

Другасныя спірты — прапанол-2, бутанол-2:

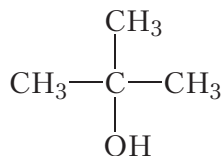


прапанол-2



бутанол-2

Прадстаўніком трацічных спіртоў з'яўляецца 2-метылпрапанол-2:



2-метылпрапанол-2

З ненасычанымі спіртамі вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Ненасычаныя
спірты

Спірты — арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць адну або некалькі гідраксільных груп, злучаных з вугледадародным радыкалам.

Наяўнасць гідраксільнай групы ў малекулах спіртоў абумоўлівае іх характэрныя хімічныя ўласцівасці. Таму групу —ОН называюць функцыянальнай групай.

Агульная формула насычаных аднаатамных спіртоў $C_nH_{2n+1}—OH$.

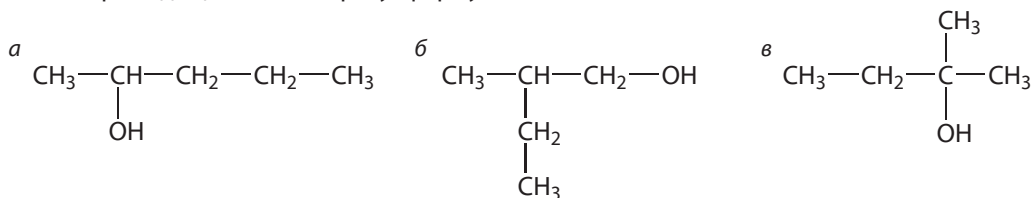
У залежнасці ад таго, да якога атама вугляроду (першаснага, другаснага ці трацічнага) далучана група —ОН, адрозніваюць першасныя, другасныя або трацічныя спірты.

Пытанні і заданні

1. Напішыце агульную формулу гамалагічнага рада, да якога адносяцца метылавы і этылавы спірты. У чым заключаецца небяспека гэтых спіртоў для арганізма чалавека?

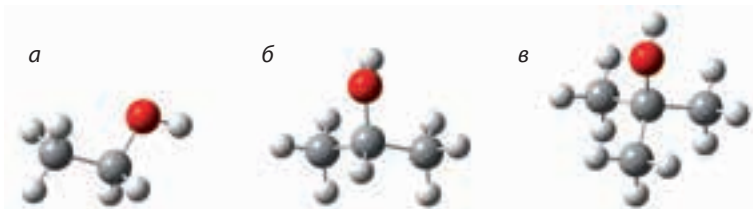
2. Адным з прадстаўнікоў класа простых эфіраў з'яўляецца дыэтылавы эфір $C_2H_5—O—C_2H_5$. Дыэтылавы эфір — бясколерная вадкасць з характэрным пахам, мае тэмпературу кіпення, роўную $35^\circ C$. Выкарыстоўваецца ў медыцыне для анестэзіі, прымяняецца ў якасці растваральніка. Прывядзіце формулы спіртоў, ізамерных дыэтылаваму эфіру.

3. Прывядзіце назвы спіртоў, формулы якіх:



Знайдзіце сярод названых рэчываў першасны, другасны і трацічны спірты. Ці існуюць чацвярцічныя спірты?

4. Прывядзіце назвы спіртоў, шарастрыжнёвыя мадэлі малекул якіх:



Знайдзіце сярод названых рэчываў першасны, другасны і трацічны спірты.

5. Напішыце структурныя формулы і назвы васьмі ізамерных спіртоў саставу $C_5H_{11}OH$. Аднясіце кожны з іх да першасных, другасных ці трацічных.

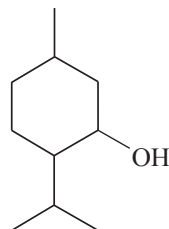
§ 23. Фізічныя ўласцівасці спіртоў.

Вадародная сувязь і яе ўплыў на ўласцівасці спіртоў

Пры звычайных умовах спірты ўяўляюць сабой бясколерныя вадкасці з характэрным пахам. Вышэйшыя спірты, малекулы якіх змяшчаюць вялікі лік атамаў вугляроду, — цвёрдыя рэчывы, падобныя на парафін.

Цікава ведаць

Многія спірты выяўлены ў прыродных аб'ектах. Так, вядомае пустазелле баршчэўнік змяшчае метанол; да класа спіртоў адносіцца халестэрын, які пры няправільным харчаванні адкладваецца на сценах сасудаў і перашкаджае крывацёку. Разам з тым многія спірты маюць прыемны пах, напрыклад ментол, які змяшчаецца ў лістах, сцёблах і каранях мяты:



Мал. 23.1. Мята і ментол

У табліцы 23.1 прыведзены структурныя формулы, назвы і тэмпературы кіпення насычаных аднаатамных спіртоў.

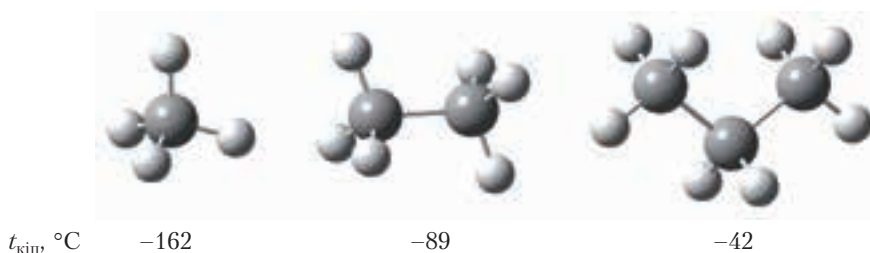
Табліца 23.1. Структурныя формулы, назвы і тэмпературы кіпення насычаных аднаатамных спіртоў $C_nH_{2n+1}-OH$

Формула	Назва	$t_{\text{кіп}}, ^\circ\text{C}$
CH_3-OH	метанол	65
CH_3-CH_2-OH	этанол	78
$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	прапанол-1	97
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	бутанол-1	118
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	пентанол-1	138

Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне і вадародная сувязь

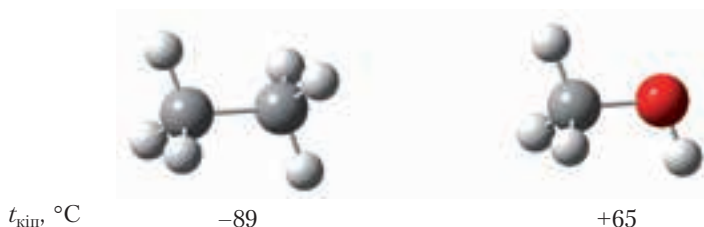
З табліцы 23.1 відаць, што ў адрозненне ад вуглевадародаў у гамалагічным радзе насычаных аднаатамных спіртоў адсутнічаюць газападобныя рэчывы. Нават найпрасцейшы спірт — метанол — пры звычайных умовах вадкасць з тэмпературай кіпення $65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вывучаючы фізічныя ўласцівасці алканаў (§ 8), мы бачылі, што іх тэмпературы кіпення растуць з павелічэннем памераў малекул. На малюнку 23.2 адлюстраваны шарастрыжнёвыя мадэлі малекул метану, этану, прапану і ўказаны іх тэмпературы кіпення:



Мал. 23.2. Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул алканаў і іх тэмпературы кіпення

Памеры малекул этану і метанолу блізкія, таму можна было б чакаць, што гэтыя рэчывы будуць мець блізкія тэмпературы кіпення. Тым не менш, тэмпературы кіпення этану і метанолу адрозніваюцца больш чым на $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ і складаюць -89 і $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ адпаведна:



Мал. 23.3. Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул этану і метанолу і іх тэмпературы кіпення

У чым жа прычына анамальна высокіх тэмператур кіпення спіртоў? Тлумачэнне гэтай з'явы заключаецца ў наступным. Малекулы вадкасці знаходзяцца блізка адна да адной. Гэта магчыма дзякуючы таму, што малекулы прыцягваюцца, значыць, існуюць сілы, якія ўтрымліваюць малекулы

вадкасці разам. З курса хіміі 8-га класа вы ведаеце, што гэтыя сілы называюцца сіламі міжмалекулярнага ўзаемадзеяння. Каб ператварыць вадкасць у газ, неабходна пераадолець сілы міжмалекулярнага ўзаемадзеяння:



Мал. 23.4. Схема пераходу вады з вадкага ў газападобны стан

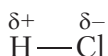
Відавочна, што чым мацнейшае ўзаемадзеянне паміж малекуламі рэчыва, тым вышэйшая яго тэмпература кіпення.

Сілы міжмалекулярнага ўзаемадзеяння маюць электростатычную прыроду. Вельмі слабым будзе ўзаемадзеянне паміж малекуламі, якія маюць малыя памеры і на атамах якіх адсутнічаюць частковыя электрычныя зарады, гэта значыць паміж маленькімі непалярнымі малекуламі.

Прыклад. Тэмпературы кіпення азоту N_2 і кіслароду O_2 вельмі нізкія і роўныя -196 і -183 °C адпаведна. Гэта тлумачыцца тым, што малекулы дадзеных рэчываў маюць малыя памеры, сувязі ў малекулах непалярныя, частковыя зарады на атамах адсутнічаюць, таму малекулы вельмі слаба прыцягваюцца адна да адной.

У радзе *метан — этан — прапан* з ростам памераў малекул павялічваецца плошча іх судакранання і, такім чынам, павялічваецца міжмалекулярнае ўзаемадзеянне (мал. 23.2). Таму ў гамалагічным радзе алканаў па меры павелічэння колькасці атамаў вугляроду ў малекуле растуць тэмпературы кіпення.

Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне ўзмацняецца пры з'яўленні ў малекуле палярных сувязей. У малекулах з кавалентнымі *палярнымі* сувязямі электронная шчыльнасць размеркавана нераўнамерна. Напрыклад, у малекуле хлоравадароду HCl агульная электронная пара зрушана да больш электраадмоўнага атама хлору. У выніку на атаме хлору ўзнікае частковы адмоўны зарад, на атаме вадароду — частковы дадатны (§ 4).



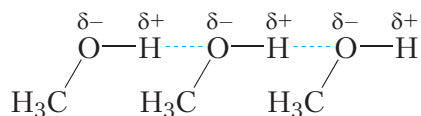
Дзякуючы наяўнасці частковых зарадаў атам вадароду адной малекулы HCl будзе прыцягвацца да атама хлору другой малекулы:



Мал. 23.5. Узаемадзеянне паміж малекуламі хлоравадароду HCl

Тэмпература кіпення хлоравадароду роўная $-61\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Яшчэ больш моцнае ўзаемадзеянне маецца паміж малекуламі спіртоў. Разгледзім гэта на прыкладзе метылавага спірту. Атам вадароду гідраксільнай групы —O—H малекулы метанолу ўтварае з атамам кіслароду моцнапалярную сувязь. Гэта тлумачыцца тым, што кісларод — адзін з самых электраадмоўных элементаў, уступае па электраадмоўнасці толькі фтору. Такім чынам, атам вадароду, злучаючыся з кіслародам, практычна пазбаўляецца свайго электроннага воблака. Валодаючы малымі памерамі і, у адрозненне ад іншых атамаў не маючы ўнутраных электронных слаёў, такі атам вадароду здольны пранікаць у электронныя абалонкі атамаў іншых малекул. У выніку паміж малекуламі метанолу ўзнікае асаблівы тып міжмалекулярнага ўзаемадзеяння — *вадародная сувязь*:

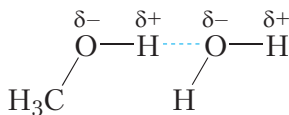


Мал. 23.6. Утварэнне вадародных сувязей паміж малекуламі метылавага спірту

Вадародную сувязь прынята абазначаць пункцірнай лініяй. Вадародныя сувязі дастаткова моцна ўтрымліваюць малекулы метанолу адну каля адной, таму тэмпература кіпення метанолу ($+65\text{ }^{\circ}\text{C}$) значна вышэй тэмпературы кіпення этану ($-89\text{ }^{\circ}\text{C}$), паміж малекуламі якога вадародныя сувязі адсутнічаюць, нягледзячы на тое, што памеры малекул гэтых рэчываў блізкія.

Энергія вадароднай сувязі прыкладна ў 10 разоў менш, чым энергія кавалентнай сувязі, таму вадародную сувязь не прынята лічыць асобным тыпам хімічнай сувязі. Гэта асаблівы від моцнага *міжмалекулярнага ўзаемадзеяння*.

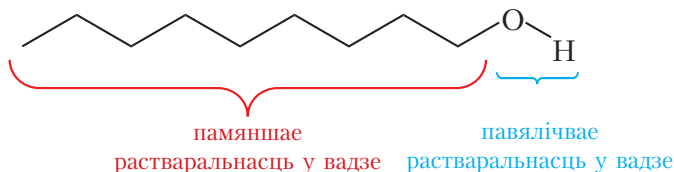
Малекулы спіртоў утвараюць вадародныя сувязі не толькі паміж сабой, але і з малекуламі вады (мал. 23.7).



Мал. 23.7. Утварэнне вадароднай сувязі паміж малекуламі метылавага спірту і вады

Растваральнасць спіртоў у вадзе

Разглядаючы растваральнасць спіртоў, зноў успомнім прынцып «падобнае раствараецца ў падобным». У адрозненне ад вуглевадародаў, у малекулах спіртоў маецца палярная група —ОН. Палярная група —ОН надае спіртам растваральнасць у вадзе, малекулы якой з'яўляюцца палярнымі. Вуглевадародны радыкал, насупраць, «перашкаджае» спіртам растварацца ў вадзе:



Мал. 23.8. Уплыў вуглевадароднага радыкала і гідраксільнай групы на здольнасць спіртоў растварацца ў вадзе

Сапраўды, метанол, этанол і ізамерныя прапанолы змешваюцца з вадой у любых суадносінах, з павелічэннем ліку атамаў вугляроду ў малекуле спірту растваральнасць у вадзе памяншаецца.

Як бачна, наяўнасць гідраксільных груп у малекулах спіртоў надае гэтым рэчывам уласцівасці, якія адрозніваюцца ад уласцівасцей вуглевадародаў. Спірты маюць высокія тэмпературы кіпення, ніжэйшыя спірты добра раствараюцца ў вадзе. Хімічныя ўласцівасці спіртоў таксама маюць рад асаблівасцей, пра гэта пойдзе гаворка ў наступным параграфі.

Пры пераходзе рэчыва з вадкага стану ў газападобны пераадолююцца сілы міжмалекулярнага ўзаемадзеяння. Таму чым мацнейшае ўзаемадзеянне паміж малекуламі рэчыва, тым вышэйшая яго тэмпература кіпення.

Асобным відам міжмалекулярнага ўзаемадзеяння з'яўляецца вадародная сувязь.

Дзякуючы наяўнасці палярных груп —ОН паміж малекуламі спіртоў утвараюцца вадародныя сувязі, таму тэмпературы кіпення спіртоў намнога вышэйшыя, чым тэмпературы кіпення алканаў з такім самым лікам атамаў вугляроду ў малекулах.

Палярная група —ОН надае спіртам растваральнасць у вадзе. Метанол, этанол і ізмерныя прапанолы неабмежавана растваральны ў вадзе, з павелічэннем ліку атамаў вугляроду ў малекуле спірту растваральнасць у вадзе памяншаецца.

Пытанні і заданні

1. Як наяўнасць гідраксільных груп у малекулах спіртоў адбіваецца на іх фізічных уласцівасцях?
2. Чаму тэмпературы кіпення спіртоў значна вышэйшыя, чым вуглевадародаў з такім самым лікам атамаў вугляроду ў малекуле?
3. Чаму тэмпература кіпення дыметылавага эфіру ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) намнога ніжэй, чым тэмпература кіпення этылавага спірту ($78\text{ }^{\circ}\text{C}$)?
4. Чаму тэмпература кіпення расце ў радзе рэчываў: метанол, этанол, прапанол-1?
5. Растлумачце, чаму з ростам ліку атамаў вугляроду ў малекулах спіртоў іх растваральнасць у вадзе памяншаецца.
- 6*. Адна малекула вады можа ўтварыць чатыры вадародныя сувязі. Колькі вадародных сувязей можа ўтварыць адна малекула метанолу?

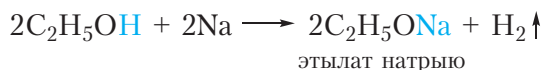
§ 24. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне спіртоў

Многія хімічныя ўласцівасці спіртоў вызначаюцца наяўнасцю ў іх малекулах гідраксільнай групы, таму гідраксільную групу называюць *функцыянальнай*.

Разгледзім хімічныя ўласцівасці насычаных аднаатамных спіртоў.

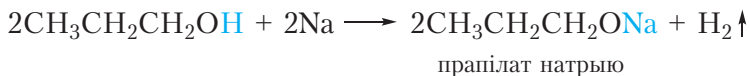
1. Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі

Калі ў стакан з этылавым спіртам змясціць кавалачак натрыю, пачнецца бурная рэакцыя, якая суправаджаецца вылучэннем вадароду:



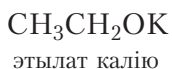
У гэтай рэакцыі адбываецца замяшчэнне атама вадароду гідраксільнай групы атамам металу.

Таксама рэагуюць з натрыем і іншыя спірты. Прывядзём ураўненне рэакцыі прапанолу-1 з натрыем:

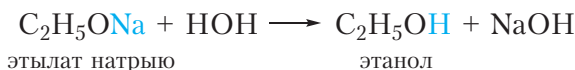


Пры ўзаемадзеянні з актыўнымі металамі спірты праяўляюць кіслотныя ўласцівасці. Кіслотныя ўласцівасці спіртоў выяўлены вельмі слаба (слабей, чым у вады!), таму спірты не змяняюць афарбоўку індикатараў, *не рэагуюць са шчолачамі* і могуць узаемадзейнічаць толькі з самымі актыўнымі металамі, напрыклад са шчолачнымі металамі натрыем і каліем.

Прадукты замяшчэння атама вадароду гідраксільнай групы спірту атамам металу называюцца *алкагалятамі*. Прывядзём назвы некаторых алкагалятаў:



Алкагаляты ўяўляюць сабой цвёрдыя солепадобныя рэчывы. Яны складаюцца вадой з утварэннем спірту і шчолачы:

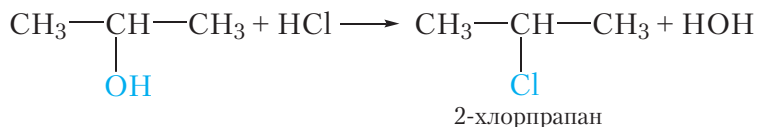


2. Узаемадзеянне з галагенавадародамі

Спірты ўзаемадзейнічаюць з галагенавадародамі (HCl, HBr, HI). Пры гэтым гідраксільная група замяшчаецца на галаген. Прывядзём ураўненне рэакцыі этылавага спірту з бромавадародам:



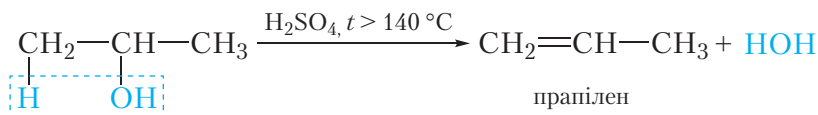
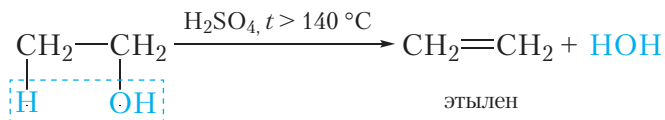
Таксама рэагуюць з галагенавадародамі і іншыя спірты. Напрыклад, пры ўзаемадзеянні прапанолу-2 з хлоравадародам адбываецца замяшчэнне гідраксільнай групы і ўтвараецца 2-хлорпрапан:



3. Дэгідратацыя. Адшчапленне вады

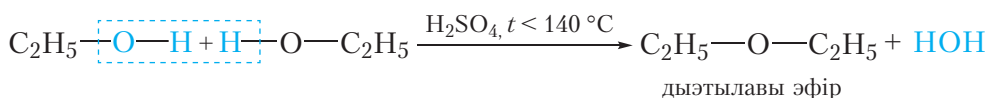
Пры награванні з моцнымі водааднімаючымі сродкамі, такімі як канцэнтраваная серная кіслата, ад спіртоў адшчапляецца малекула вады. Рэакцыя адшчаплення малекулы вады называецца рэакцыяй *дэгідратацыі* (§ 16).

Прывядзём ураўненні рэакцыі дэгідратацыі этанолу і прапанолу-2:



У дадзеных рэакцыях ад адной малекулы спірту адшчапляецца адна малекула вады. Такая рэакцыя называецца *ўнутрымалекулярнай дэгідратацыяй*. У выніку ўнутрымалекулярнай дэгідратацыі спіртоў утвараюцца алкены.

Пры менш моцным награванні адна малекула вады можа адшчапляцца ад двух малекул спірту:

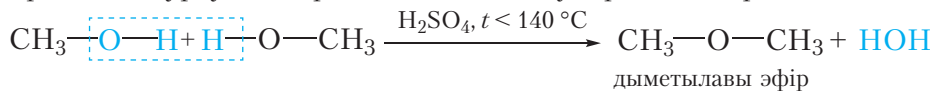


Гэта рэакцыя называецца *міжмалекулярнай дэгідратацыяй*.

У выніку міжмалекулярнай дэгідратацыі спіртоў утвараюцца простыя эфіры. Будову простых эфіраў можна выразіць наступнай формулай: $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$. Вуглевадародныя радыкалы ў малекуле простага эфіру могуць быць аднолькавымі або рознымі. Простыя эфіры ізамерныя спіртам (§ 22).

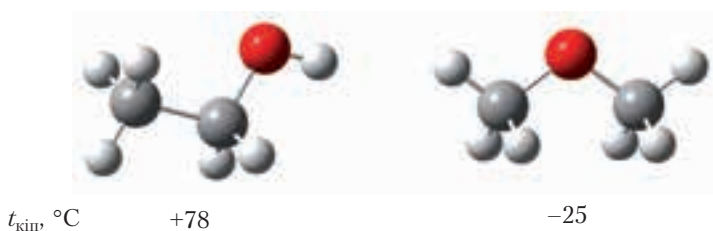
Прадукт рэакцыі міжмалекулярнай дэгідратацыі этылавага спірту — дыэтылавы эфір, уяўляе сабой бясколерную вадкасць са спецыфічным пахам і нізкай тэмпературай кіпення ($t_{\text{кіп}} = 35^\circ\text{C}$). Ён выкарыстоўваецца ў медыцынскай практыцы для наркозу і дэзінфекцыі скуры пры правядзенні ін'екцый.

Прывядзём ураўненне рэакцыі міжмалекулярнай дэгідратацыі метанолу.



Пры гэтым утвараецца дыметылавы эфір — газападобнае пры нармаль-ных умовах рэчыва з тэмпературай кіпення $-25\text{ }^\circ\text{C}$.

Звярніце ўвагу, што тэмпературы кіпення простых эфіраў намнога ніжэйшыя, чым ізамерных спіртоў. На малюнку 24.1 паказаны шарастрыж-нёвыя мадэлі малекул этанолу і дыметылавага эфіру і ўказаны іх тэмпера-туры кіпення.



Мал. 24.1. Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул этанолу і дыметылавага эфіру і іх тэмпературы кіпення

Этанол і дыметылавы эфір з'яўляюцца ізамерамі, іх малекулы маюць прыкладна аднолькавыя памеры, таму, здавалася б, тэмпературы кіпення павінны быць блізкія. Тым не менш, тэмпература кіпення этанолу больш чым на $100\text{ }^\circ\text{C}$ вышэй, чым тэмпература кіпення дыметылавага эфіру. Нагадаем, што высокія тэмпературы кіпення спіртоў тлумачацца ўтварэннем вадародных сувязей паміж іх малекуламі. Вадародная сувязь утвараецца паміж атамам вадароду гідраксільнай групы адной малекулы спірту і ата-мам кіслароду другой малекулы. Паміж малекуламі простых эфіраў ва-дародныя сувязі не ўтвараюцца, так як у малекулах простых эфіраў няма гідраксільных груп.

4. Акісленне

Спірты гараць пры падпальванні, у гэтым мы можам пераканацца, за-пальваючы спіртоўку:



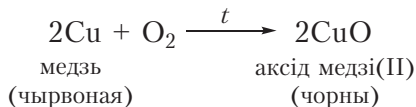
У выніку ўтвараюцца вуглякіслы газ і вада. Такая рэакцыя называецца поўным акісленнем.



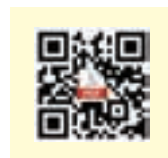
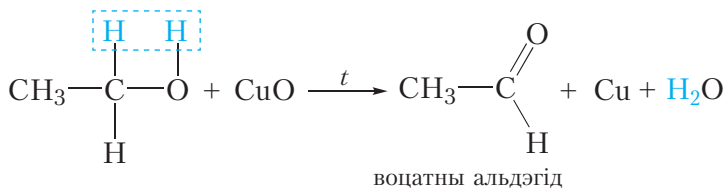
Відэа 24.1.

Акісленне этанолу
аксідам медзі(II)

Магчыма і няпоўнае акісленне спіртоў. Яго можна ажыццявіць наступным чынам. Нагрэем у полымі спіртоўкі медны дрот да чырвонага напальвання. Пры гэтым бліскучая паверхня дроту пакрыецца чорным налётам аксіду медзі(II) з прычыны акіслення медзі:



Пасля гэтага распалены дрот хутка змесцім у шклянку з невялікай колькасцю этылавага спірту. Дрот пры гэтым зноў становіцца бліскучым (відэа 24.1). Гэта сведчыць аб тым, што з чорнага аксіду медзі(II) ўтварылася медзь. Значыць адбылося аднаўленне аксіду медзі(II). Адноўнікам з'яўляецца этылавы спірт. У ходзе рэакцыі ён акісляецца да воцатнага альдэгіду:

* Акісленне
другасных спіртоў

Воцатны альдэгід мае яблычны пах, які адчуваецца пры правядзенні апісанага эксперыменту.

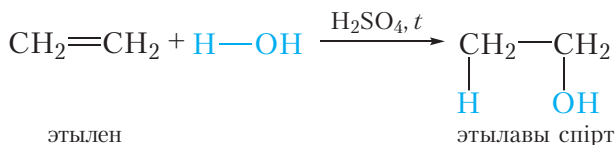
З акісленнем другасных спіртоў вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Атрыманне і прымяненне спіртоў

Некаторыя рэакцыі, у выніку якіх утвараюцца спірты, вы ўжо ведаеце (§ 15).

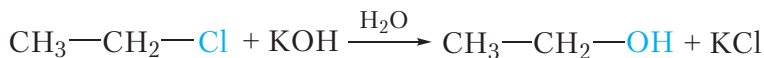
1. Гідратацыя алкенаў

Спірты ўтвараюцца ў выніку далучэння вады да алкенаў. Гэта рэакцыя называецца рэакцыяй гідратацыі:



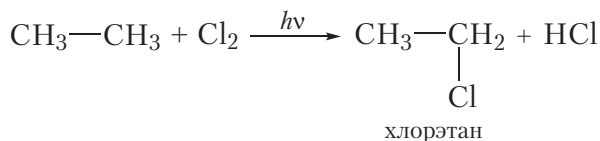
2. Узаемадзеянне галагеналканаў з водным раствором шчолачы

Спірты можна атрымаць з галагеналканаў, дзейнічаючы на іх водным раствором шчолачы:

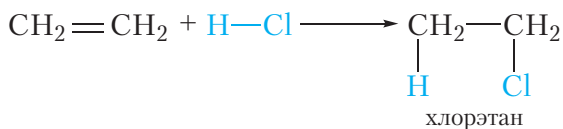


У выніку рэакцыі атам галагену замяшчаецца на гідраксільную групу.

У сваю чаргу, галагенвытворныя алканаў могуць быць атрыманы з вуглевадародаў. Напрыклад, хлорэтан утвараецца пры ўзаемадзеянні этану з хлорам:

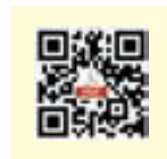


Хлорэтан можна атрымаць таксама з этылену шляхам далучэння да яго хлоравадароду:



Такім чынам, можна сінтэзаваць спірты, выкарыстоўваючы ў якасці зыходных рэчываў вуглевадароды.

Метанол і этанол прымяняюцца ў якасці растваральнікаў. Акрамя таго, яны выкарыстоўваюцца ў хімічнай прамысловасці ў якасці рэagentaў для атрымання многіх арганічных рэчываў. Этанол выкарыстоўваецца ў харчовай прамысловасці.



* Прамысловае атрыманне метанолу

Спірты рэагуюць са шчолачнымі металамі, пры гэтым атам вадароду гідраксільнай групы замяшчаецца атамам металу.

Спірты ўзаемадзейнічаюць з галагенавадародамі, пры гэтым гідраксільная група замяшчаецца на галаген.

Спірты ўступаюць у рэакцыі ўнутрымалекулярнай і міжмалекулярнай дэгідратацыі з утварэннем алкенаў і простых эфіраў.

Спірты ўступаюць у рэакцыі акіслення. Пры поўным акісленні спіртоў утвараюцца вуглякіслы газ і вада. Няпоўным акісленнем першасных спіртоў могуць быць атрыманы альдэгіды.

Спірты атрымліваюць узаемадзеяннем галагеналканаў з водным растворам шчолачы і далучэннем вады да алкенаў.

Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненне рэакцыі прапанолу-2 з натрыем. Які аб'ём (н. у.) вадароду вылучыцца пры растварэнні 1,2 г натрыю ў лішку прапанолу-2?

2. Напішыце ўраўненні рэакцый: а) этанолу з ёдавадародам; б) прапанолу-2 з бромавадародам; в) 2-метылпрапанолу-2 з хлоравадародам. Назавіце галагенвытворныя, якія ўтвараюцца, па наменклатуры ІЮПАК.

3. Напішыце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна атрымаць метанол з метану.

4. Прапануйце два спосабы атрымання этанолу з этану.

5. Дадзены рэагенты: натрый, бромавадарод, гідраксід калію, бромная вада. З якімі з пералічаных рэчываў рэагуе этанол? Напішыце ўраўненні рэакцый.

6. Этылавы спірт аб'ёмам 50 см^3 змяшалі з канцэнтраванай сернай кіслотой і нагрэлі да 150°C . Пры гэтым вылучыўся этылен аб'ёмам $5,3 \text{ дм}^3$ (н. у.). Разлічыце, якая частка (%) этанолу падверглася ўнутрымалекулярнай дэгідратацыі. Шчыльнасць этанолу $0,79 \text{ г/см}^3$.

7. Які аб'ём этанолу можна атрымаць гідратацыяй 100 м^3 (н. у.) этылену, калі выхад прадукту рэакцыі складае 95 %? Шчыльнасць этанолу $0,79 \text{ г/см}^3$.

Лабараторны дослед 2

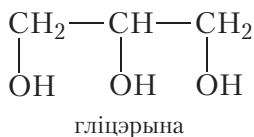
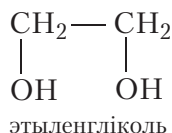
Акісленне этанолу аксідам медзі(II)

Медны дрот нагрэйце ў полымі спіртоўкі да чырвонага напальвання. Пры гэтым паверхня медзі пакрываецца чорным налётам з прычыны акіслення да аксіду медзі(II), які мае чорны колер. Пасля гэтага хутка апусціце напалены дрот у прабірку з этылавым спіртам. Назіраецца знікненне чорнага налёту, і паверхня меднага дроту становіцца бліскучай. Калі дослед правесці некалькі разоў, адчуваецца яблычны пах, уласцівы воцатнаму альдэгіду.

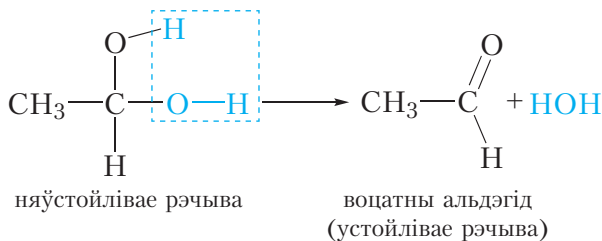
Растлумачце з'явы, што назіраюцца, напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

§ 25. Мнагаатамныя спірты

У малекулах мнагаатамных спіртоў, у адрозненне ад аднаатамных, змяшчаецца не адна, а некалькі гідраксільных груп. Прыкладзём формулы найпрасцейшых двухатамных і трохатамных спіртоў:



Звярніце ўвагу, што ў малекулах мнагаатамных спіртоў гідраксільныя групы знаходзяцца ў розных атамах вугляроду. Рэчывы, у якіх дзве гідраксільныя групы злучаны з адным і тым жа атамам вугляроду, няўстойлівыя і не могуць быць атрыманы ў свабодным выглядзе. Такія рэчывы адразу ж адшчапляюць малекулу вады:



У сувязі з гэтым малекула двухатамнага спірту павінна змяшчаць не менш за два атамы вугляроду, трохатамнага — не менш за тры і г. д.

Найпрасцейшы двухатамны спірт называецца *этыленгліколь*, трохатамны — *гліцэрына*. Гэтыя рэчывы падобныя адно да аднаго па фізічных уласцівасцях і ўяўляюць сабой бясколерныя вязкія вадкасці. Паміж малекуламі мнагаатамных спіртоў, як і паміж малекуламі аднаатамных спіртоў, утвараюцца вадародныя сувязі, таму этыленгліколь і гліцэрына маюць высокія тэмпературы кіпення: 198 і 290 °С адпаведна. Палярныя гідраксільныя групы надаюць мнагаатамным спіртам растваральнасць у вадзе. Этыленгліколь і гліцэрына змешваюцца з вадой у любых суадносінах.

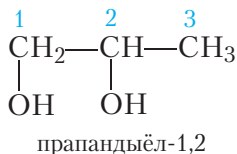
Назвы мнагаатамных спіртоў будуць таксама, як і назвы аднаатамных. Наяўнасць у малекуле двух гідраксільных груп абазначаецца злучэннем *-дыёл*, трох — *-трыёл* і г. д. Назавём этыленгліколь і гліцэрыну па наменклатуры ІЮПАК:



Састаў малекул этыленгліколю і гліцэрыны адрозніваецца на групу $\text{CH}-\text{OH}$, а не CH_2 :



Гэта значыць, этыленгліколь і гліцэрына не з'яўляюцца гамолагамі. Бліжэйшым гамолагам этыленгліколю з'яўляецца прапандыёл-1,2:



Бліжэйшы гамолаг гліцэрыны — бутантрыёл-1,2,3:



Хімічныя ўласцівасці мнагаатамных спіртоў

Малекулы мнагаатамных спіртоў змяшчаюць гідраксільныя групы. Таму мнагаатамныя спірты могуць уступаць у тыя самыя хімічныя рэакцыі, што і аднаатамныя спірты.

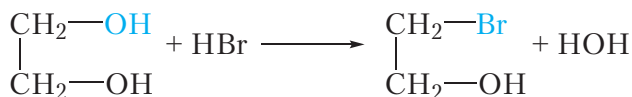
1. Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі

Таксама як і аднаатамныя, мнагаатамныя спірты рэагуюць са шчолачнымі металамі. У ходзе рэакцыі атамы вадароду гідраксільных груп замяшчаюцца на атамы металу:



2. Узаемадзеянне з галагенавадародамі

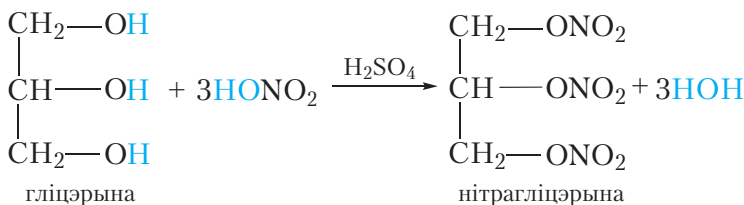
Пры ўзаемадзеянні з галагенавадародамі гідраксільныя групы ў малекулах мнагаатамных спіртоў замяшчаюцца на атамы галагенаў. Прывядзём ураўненне рэакцыі этыленгліколю з бромавадародам:



Замяшчэнне другой гідраксільнай групы працякае цяжэй, чым першай.

3. Узаемадзеянне з азотнай кіслатой

Пры ўзаемадзеянні мнагаатамных спіртоў з азотнай кіслатой у малекулу спірту замест атамаў вадароду гідраксільных груп уводзяцца групы —NO_2 . Рэакцыя працякае ў прысутнасці канцэнтраванай сернай кіслаты, якая з'яўляецца каталізатарам. Прывядзём ураўненне рэакцыі гліцэрыны з азотнай кіслатой:

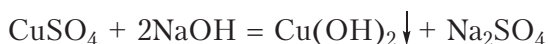


Прадукт рэакцыі — нітрагліцэрына — бясколерная алеістая вадкасць. Яна выбухованебяспечная (схільна да дэтанацыі), таму ў чыстым выглядзе не выкарыстоўваецца. Нітрагліцэрына з'яўляецца сасударасшыральным сродкам, таму яна ўваходзіць у састаў лекавых прэпаратаў.

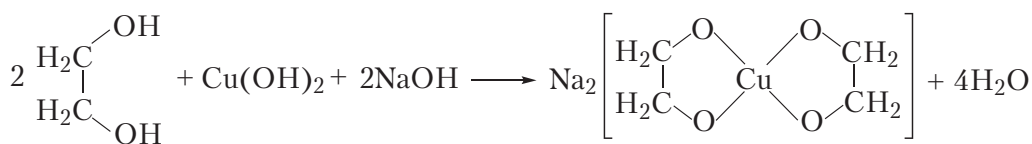
Са шчолачнымі металамі, галагенавадародамі і азотнай кіслатой рэагуюць не толькі мнагаатамныя, але і аднаатамныя спірты. У той жа час мнагаатамныя спірты могуць уступаць у рэакцыі, якія не працякаюць у выпадку аднаатамных спіртоў. Такой рэакцыяй з'яўляецца ўзаемадзеянне мнагаатамных спіртоў з гідраксідам медзі(II).

4. Узаемадзеянне з гідраксідам медзі(II)

Для правядзення гэтай рэакцыі ў прабірку наліваюць раствор шчолачы, потым крыху раствору сульфату медзі(II). Пры гэтым выпадае блакітны асадок гідраксиду медзі(II):



Потым у прабірку з асадкам дабаўляюць водны раствор этыленгліколю. Пры гэтым гідраксід медзі(II) раствараецца і ўтвараецца празрысты раствор васількова-сіняга колеру. Растварэнне гідраксиду медзі(II) пры ўзаемадзеянні з этыленгліколем адбываецца з прычыны ўтварэння комплекснага злучэння:



Аналагічна ў рэакцыю з гідраксідам медзі(II) уступае гліцэрына. З дапамогай гэтай рэакцыі лёгка адрозніць водныя растворы мнагаатамных спіртоў ад раствораў іншых арганічных рэчываў, таму ўзаемадзеянне з гідраксідам медзі(II) з'яўляецца якаснай рэакцыяй на мнагаатамныя спірты.



Відэа 25.1. Якая рэакцыя на мнагаатамныя спірты

Прымяненне этыленгліколю і гліцэрыны

Нягледзячы на знешняе падабенства і падабенства хімічных уласцівасцей, фізіялагічнае дзеянне этыленгліколю і гліцэрыны зусім рознае. Этыленгліколь ядавіты, у той час як гліцэрына нетаксічная і нават выкарыстоўваецца ў якасці харчовай дабаўкі (E422).

Водныя растворы этыленгліколю маюць вельмі нізкую тэмпературу замярзання (да -70°C). Дзякуючы гэтаму этыленгліколь прымяняецца ў якасці кампанента незамярзаючых вадкасцей — *антыфрызаў*, якія выкарыстоўваюцца ў ахаладжальных сістэмах аўтамабільных рухавікоў.

Гліцэрына добра паглынае вільгаць (валодае ўласцівасцю гіграскапічнасці). Таму яна выкарыстоўваецца ў якасці ўвільгатняючага кампанента пры вытворчасці розных мазей, крэмаў і іншых касметычных сродкаў.

Акрамя таго, этыленгліколь і гліцэрына выкарыстоўваюцца ў хімічнай прамысловасці ў якасці рэагентаў для атрымання іншых арганічных рэчываў.

Мнагаатамныя спірты, у адрозненне ад аднаатамных, змяшчаюць у малекуле некалькі гідраксільных груп. Найпрасцейшы двухатамны спірт — этыленгліколь; трохатамны — гліцэрына.

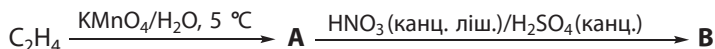
Як і аднаатамныя спірты, этыленгліколь і гліцэрына ўзаемадзейнічаюць са шчолачнымі металамі і галагенавадародамі.

У выніку рэакцыі паміж гліцэрынай і азотнай кіслотой утвараецца нітрагліцэрына. Нітрагліцэрына з'яўляецца сасударасшыральным сродкам, таму яна ўваходзіць у састаў лекавых прэпаратаў.

Якаснай рэакцыяй на мнагаатамныя спірты з'яўляецца ўтварэнне раствору васількова-сіняга колеру пры ўзаемадзеянні са свежаасаджаным гідраксідам медзі(II).

Пытанні і заданні

1. Напішыце структурныя формулы этыленгліколю і гліцэрыны. Ці з'яўляюцца гэтыя рэчывы гамолагамі?
2. Чаму этыленгліколь і гліцэрына маюць высокія тэмпературы кіпення і добра раствараюцца ў вадзе?
3. Напішыце структурную формулу бліжэйшага гамолага этыленгліколю. Прывядзіце яго назву па наменклатуры ІЮПАК і напішыце ўраўненне яго рэакцыі з натрыем.
4. Укажыце рэактыў, які дазваляе адрозніць водныя растворы этанолу і этыленгліколю. Напішыце ўраўненне рэакцыі.
5. Напішыце схемы рэакцыі, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні арганічных рэчываў:



6. Да этыленгліколю масай 6,2 г дабавілі натрый масай 3,45 г. Знайдзіце аб'ём вада-роду, які вылучыўся пасля поўнага завяршэння рэакцыі.

Лабараторны дослед 3

Узаемадзеянне гліцэрыны з гідраксідам медзі(II)

У прабірку наліце 1–2 см³ раствору шчолачы, потым крыху раствору сульфату медзі(II). Адбываецца выпадзенне асадку гідраксиду медзі(II). Пасля гэтага наліце ў прабірку 1–2 см³ раствору гліцэрыны. Назіраецца растварэнне асадку гідраксиду медзі(II) і ўтварэнне празрыстага раствору васількова-сіняга колеру.

§ 26. Узаемасувязь паміж вуглеводародамі і спіртамі

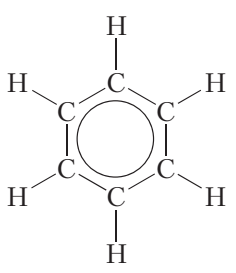
У арганічнай хіміі рэчывы класіфікуюць у залежнасці ад будовы іх малекул.

Найпрасцейшымі па саставе арганічнымі злучэннямі з'яўляюцца вуглеводароды. Малекулы вуглеводарадаў складаюцца толькі з двух элементаў: вугляроду і вадароду. Да вуглеводарадаў адносяцца алканы, алкены, алкадыены, алкіны і арэны. У малекулах алканаў змяшчаюцца толькі адзінарныя сувязі. У малекулах алкенаў маецца адна двайная сувязь, у малекулах алкадыенаў — дзве двайныя сувязі. Малекулы алкінаў змяшчаюць адну трайную сувязь. Араматычныя вуглеводароды змяшчаюць у малекулах бензольнае кольца (табл. 26.1).

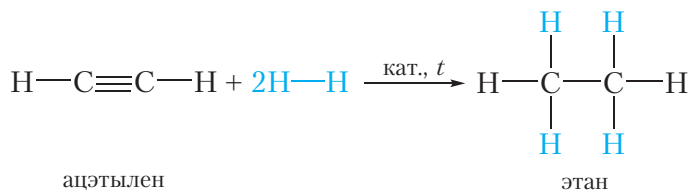
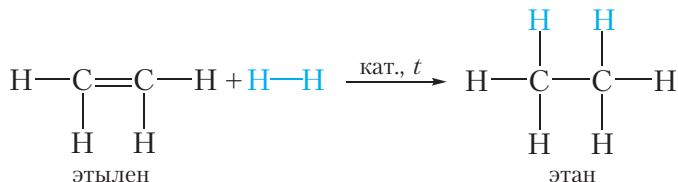
Табліца 26.1. Класы вуглеводарадаў

Назва класа	Структурная формула прадстаўніка класа	Агульная формула
Алканы	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
Алкены	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	C_nH_{2n}
Алкіны	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
Алкадыены	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \quad \quad \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \quad \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

Заканчэнне табліцы 26.1

Назва класа	Структурная формула прадстаўніка класа	Агульная формула
Арэны		C_nH_{2n-6}

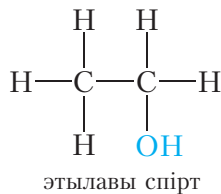
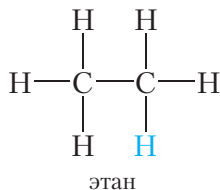
Веданне хімічных уласцівасцей арганічных рэчываў дазваляе прапанаваць спосабы атрымання злучэнняў аднаго класа са злучэнняў другога класа. Напрыклад, алканы можна атрымаць з алкенаў і алкінаў пры дапамозе рэакцыі гідрыравання:



Прывядзём прыклады задач, якія можна рашыць, выкарыстоўваючы веды аб узаемасувязі злучэнняў розных класаў.

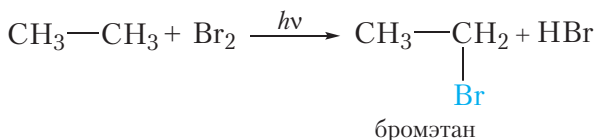
Прыклад 1. Прапануйце спосаб атрымання этылавага спірту з этану. Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый, укажыце ўмовы іх працякання.

Разгледзім структурныя формулы этану і этылавага спірту:

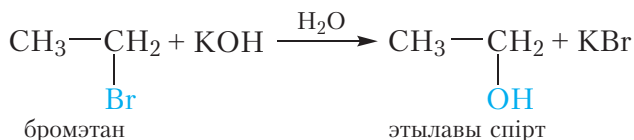


Відаць, што этылавы спірт можна разглядаць як прадукт замяшчэння атама вадароду ў малекуле этану на гідраксільную групу —ОН. Аднак мы не ведаем хімічных рэакцый, якія дазваляюць непасрэдна замясціць атам вадароду ў малекуле вугледадароду на гідраксільную групу. Значыць, для атрымання этанолу з этану спатрэбіцца некалькі стадый.

На першай стадыі атрымаем з этану бромэтан:

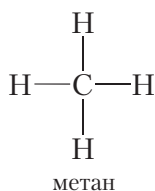


У адрозненне ад атама вадароду, атам броду ў малекуле бромэтану можа быць замешчаны на групу —ОН дзеяннем воднага раствору шчолачы:



Прыклад 2. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна атрымаць этылавы спірт з метану.

Разгледзім структурныя формулы метану і этылавага спірту:

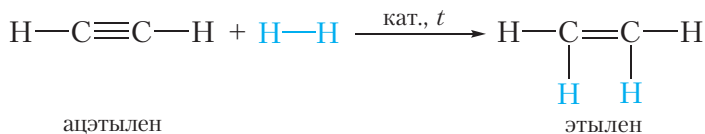


У малекуле этылавага спірту змяшчаецца два атамы вугляроду, у той час як у малекуле метану — толькі адзін. Такім чынам, спачатку неабходна

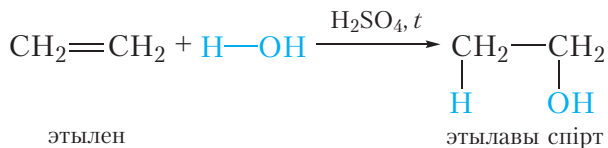
ператварыць метан у арганічнае рэчыва, якое змяшчае два атамы вугляроду ў малекуле. Такое ператварэнне адбываецца пры піролізе метану:



У выніку рэакцыі ўтвараецца ацэтылен. У малекуле ацэтылену маецца два атамы вугляроду. Аднак мы не ведаем спосабаў атрымання этылавага спірту непасрэдна з ацэтылену, таму на наступнай стадыі ажыццявім гідрыраванне ацэтылену да этылену:



Далучэннем вады да этылену атрымаем этылавы спірт:



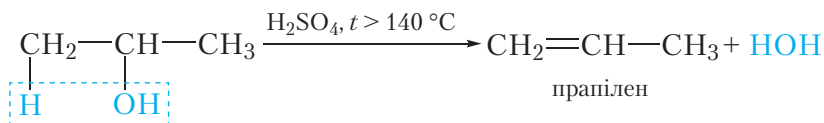
Прыклад 3. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна атрымаць 1,2-дыхлорпрапан з прапанолу-2.

Разгледзім структурныя формулы прапанолу-2 і 1,2-дыхлорпрапану:

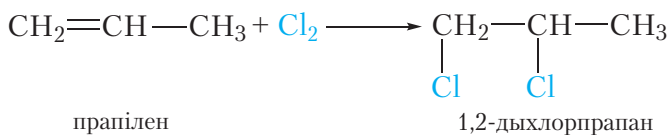


1,2-Дыхлорпрапан можна атрымаць далучэннем хлору да прапілену. У сваю чаргу прапілен можна атрымаць адшчапленнем малекулы вады ад прапанолу-2.

Такім чынам, на першай стадыі атрымліваем з прапанолу-2 прапілен:



На наступнай стадыі атрымліваем 1,2-дыхлорпрапан далучэннем хлору да прапілену:



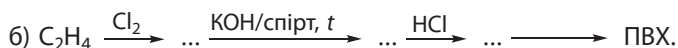
Веданне хімічных уласцівасцей арганічных рэчываў дазваляе прапанаваць спосабы атрымання злучэнняў аднаго класа са злучэнняў другога класа.

Насычаныя спірты можна разглядаць як прадукты замяшчэння атамаў вадароду ў малекулах алканаў на гідраксільныя групы —ОН. Аднак ажыццявіць непасрэднае замяшчэнне атама вадароду ў малекуле алкану на гідраксільную групу даволі цяжка.

На практыцы атрыманне спіртоў з алканаў можна ажыццявіць праз галагенвытворныя або праз ненасычаныя вуглеводароды.

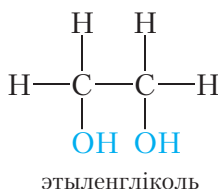
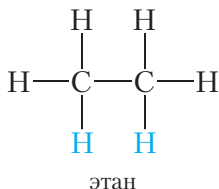
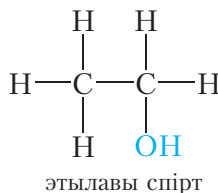
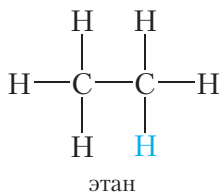
Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна атрымаць 1,2-дыбромэтан з метану.
2. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна атрымаць поліэтылен з метану.
3. Прапануйце двухстадыйны сінтэз прапілену з прапану. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.
4. Прапануйце спосаб атрымання ацэтылену з этанолу, не выкарыстоўваючы рэакцыю дэгідрыравання. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.
5. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

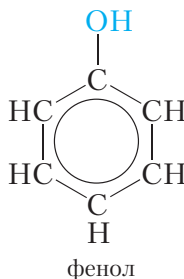
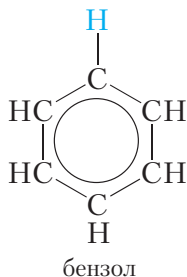


§ 27. Фенолы

Мы пазнаёміліся з насычанымі аднаатамнымі і мнагаатамнымі спіртамі. Гэтыя злучэнні можна разглядаць як прадукты замяшчэння аднаго або некалькіх атамаў вадароду ў малекулах алканаў на гідраксільныя групы —ОН:



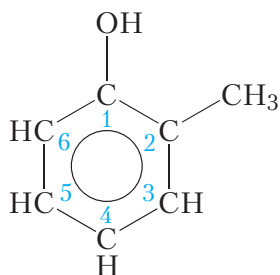
Калі ў малекуле бензолу адзін атам вадароду замяніць на гідраксільную групу, то атрымаем злучэнне, якое называецца *фенолам*:



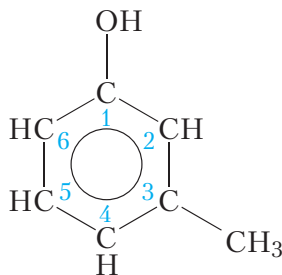
Фенол уяўляе сабой бясколерныя крышталі з характэрным пахам і тэмпературай плаўлення 41 °С. Фенол умерана раствараецца ў вадзе. Пры пакаёвай тэмпературы ў 100 г вады можна растварыць прыкладна 6,5 г фенолу.

Звярніце ўвагу на тое, што ў малекуле фенолу гідраксільная група *непасрэдна* звязана з бензольным кольцам. Арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць адну або некалькі гідраксільных груп, *непасрэдна* звязаных

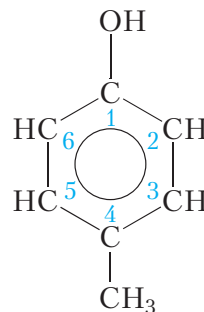
з бензольным кольцам, называюцца **феноламі**. Аднаатамныя фенолы змяшчаюць у малекуле адну гідраксільную групу:



2-метылфенол



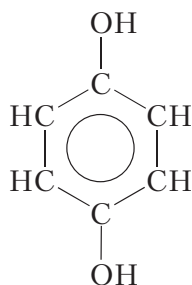
3-метылфенол



4-метылфенол

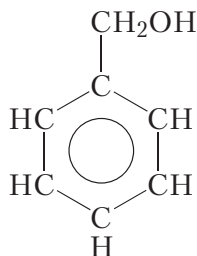
Пры пабудове назваў ізамерных метылфенолаў нумарацыю пачынаюць з атама вугляроду, з якім звязана гідраксільная група.

Мнагаатамныя фенолы змяшчаюць у малекуле некалькі гідраксільных груп:



гідрахінон

Фенолы неабходна адрозніваць ад **араматычных спіртоў**. У малекулах араматычных спіртоў, у адрозненне ад фенолаў, гідраксільныя групы далучаны не да бензольнага кольца, а да бакавога ланцуга:



бензілавы спірт

Бензілавы спірт уяўляе сабой вадкасць з тэмпературай замарзання $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тэмпературай кіпення $205\text{ }^{\circ}\text{C}$. Нягледзячы на тое, што састаў малекул фенолу і бензілавага спірту адрозніваецца на групу CH_2 , яны не з'яўляюцца гамолагамі, паколькі адносяцца да розных класаў злучэнняў — фенолаў і спіртоў. Як мы ўбачым пазней, хімічныя ўласцівасці фенолаў і спіртоў прыкметна адрозніваюцца.

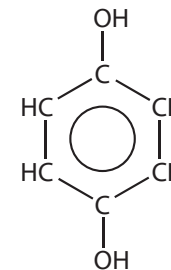
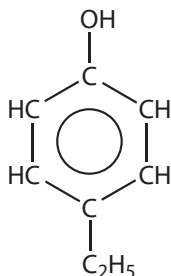
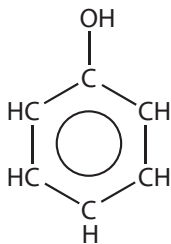
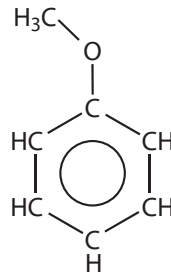
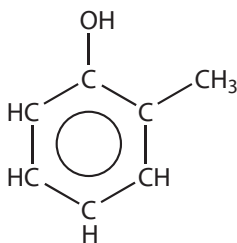
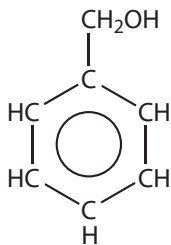
Фенолы — арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць адну або некалькі гідраксільных груп, непасрэдна звязаных з бензольным кольцам.

Аднаатамныя фенолы змяшчаюць у малекуле адну гідраксільную групу, многаатамныя — некалькі гідраксільных груп.

Фенолы неабходна адрозніваць ад араматычных спіртоў. У малекулах араматычных спіртоў, у адрозненне ад фенолаў, гідраксільныя групы далучаны не да бензольнага кольца, а да бакавага ланцуга.

Пытанні і заданні

- Ці з'яўляюцца гамолагамі фенол і бензілавы спірт? Напішыце формулы ізамераў бензілавага спірту, якія адносяцца да класа фенолаў, дайце ім назвы.
- Сярод пералічаных рэчываў знайдзіце гамолагі і ізамеры.



3. Адлюструйце ўтварэнне вадародных сувязей паміж малекуламі фенолу.

4. Колькі існуе трохатамных фенолаў з шасцю атамамі вугляроду ў малекуле? Напішыце іх структурныя формулы, знайдзіце іх трывіяльныя назвы ў літаратуры. Чым вядомы некаторыя з гэтых злучэнняў?

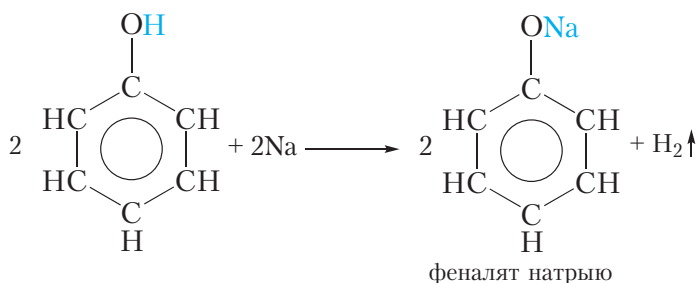
§ 28. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне фенолу

Хімічныя ўласцівасці фенолу

У малекуле фенолу маецца гідраксільная група, таму можна чакаць, што фенол будзе праяўляць хімічныя ўласцівасці, характэрныя для спіртоў. У той жа час з-за ўплыву бензольнага кольца на гідраксільную групу некаторыя ўласцівасці фенолу адрозніваюцца ад хімічных уласцівасцей спіртоў.

1. Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі

Падобна спіртам, фенол рэагуе са шчолачнымі металамі. Калі ў расплаўлены фенол змясціць кавалачак металічнага натрыю, назіраецца вылучэнне вадароду (тэмпература плаўлення фенолу невысокая і складае ўсяго 41 °С). У ходзе рэакцыі атам вадароду гідраксільнай групы замяшчаецца на атам натрыю:

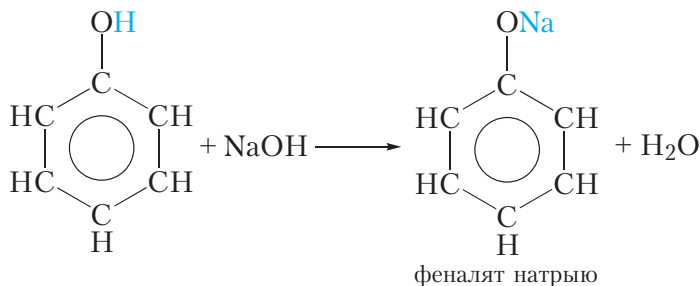


У выніку ўтвараецца *феналят натрыю*. Феналяты, падобна алкагалятам, уяўляюць сабой цвёрдыя солепадобныя рэчывы.

Рэакцыя фенолу са шчолачнымі металамі сведчыць аб тым, што фенол, як і спірты, праяўляе слабыя кіслотныя ўласцівасці.

2. Узаемадзеянне са шчолачамі (адрозненне фенолу ад спіртоў)

Кіслотныя ўласцівасці фенолу выяўлены мацней, чым у спіртоў. Гэта праяўляецца ў тым, што, у адрозненне ад спіртоў, фенол узаемадзейнічае са шчолачамі:

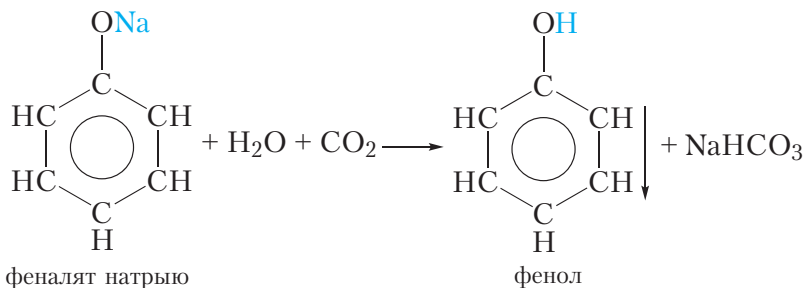


Феналят натрыю, які ўтвараецца, добра раствараецца ў вадзе. Значыць фенол умерана растварымы ў вадзе, але добра раствараецца ў растворы гідраксиду натрыю, так як пры гэтым утвараецца растварымы феналят натрыю.

Узмацненне кіслотных уласцівасцей фенолу ў параўнанні са спіртамі абумоўлена ўплывам бензольнага кольца, які прыводзіць да памяншэння трываласці сувязі O—H. У выніку атам вадароду гідраксільнай групы малекулы фенолу можа замяшчацца на атам металу не толькі пры ўзаемадзеянні са шчолачнымі металамі, але і са шчолачамі.

Па кіслотных уласцівасцях фенол пераўзыходзіць не толькі спірты, але і вадку. Таму феналаты, у адрозненне ад алкагалятаў, не раскладаюцца вадой. Наяўнасць у фенолу кіслотных уласцівасцей адлюстроўвае яго трывіяльная назва — *карболавая кіслата*.

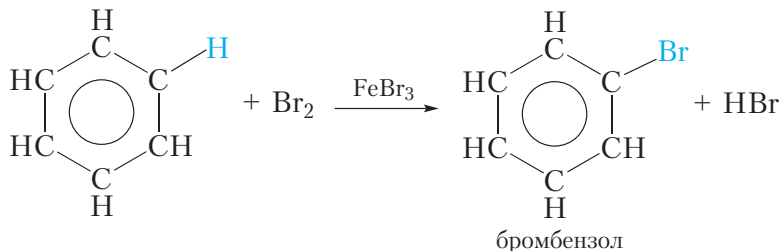
Тым не менш фенол — вельмі слабая кіслата. Нават вугальная кіслата мацней чым фенол і таму выцясняе яго з феналату натрыю:



Гэту рэакцыю можна ажыццявіць наступным чынам. Праз раствор феналату натрыю прапускаюць вуглякіслы газ, пры гэтым назіраецца памутненне раствору, так як фенол, які ўтвараецца, выпадае ў асадак.

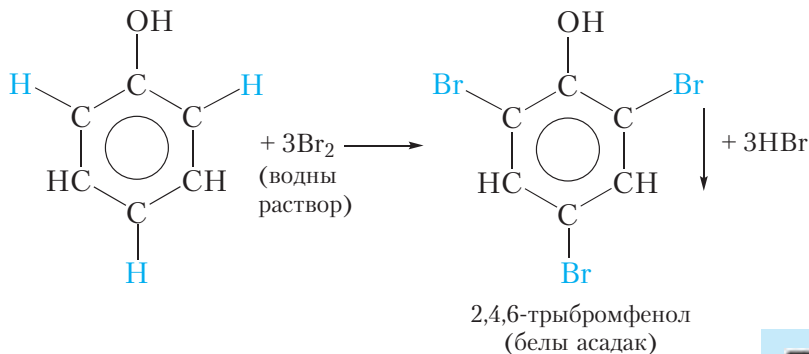
3. Узаемадзеянне з бромнай вадой (адрозненне фенолу ад бензолу)

У малекуле фенолу змяшчаецца бензольнае кольца, таму можна чакаць, што фенол будзе праяўляць хімічныя ўласцівасці, характэрныя для араматычных вуглеводародаў, напрыклад бензолу. Як вы ўжо ведаеце, для бензолу характэрны рэакцыі замяшчэння атамаў вадароду. Так, бензол у прысутнасці каталізатара рэагуе з бромам. Пры гэтым працякае рэакцыя замяшчэння аднаго атама вадароду на бром:



Бромную ваду бензол не абясколервае!

У малекуле фенолу гідраксільная група ўплывае на ўласцівасці бензольнага кольца, палягчаючы замяшчэнне атамаў вадароду, таму ўзаемадзеянне фенолу з бромам лёгка працякае і без каталізатара. Так, пры змешванні разбаўленага раствора фенолу з бромнай вадой назіраецца абясколерванне бромнай вады і выпадзенне белага асадку. Ураўненне рэакцыі, якая працякае:



У выніку рэакцыі адбываецца замяшчэнне трох атамаў вадароду бензольнага кольца атамамі броду і ўтвараецца 2,4,6-трыбромфенол. Адзначым, што замяшчэнне атама вадароду бензольнага кольца атамамі броду магчыма і для бензолу, але ўмовы працякання рэакцыі значна больш жорсткія, чым для фенолу. Для гэтага патрабуецца бром, а не бромная

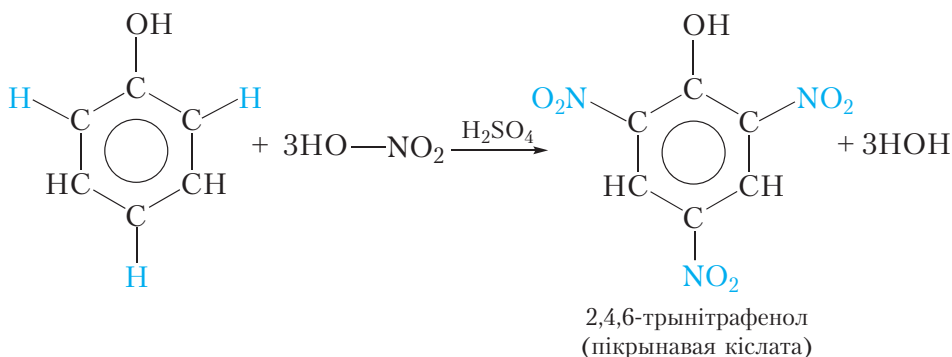


Відэа 28.1.
Якасныя
рэакцыі на фенол

вада, а таксама каталізатар. Брамаванне фенолу працякае ў мяккіх умовах, што сведчыць аб павышанай рэакцыйнай здольнасці бензольнага кольца фенолу. Гэта абумоўлена ўплывам гідраксільнай групы, якая палягчае замяшчэнне атамаў вадароду ў становішчах 2, 4, 6 бензольнага кольца малекулы фенолу.

4. Узаемадзеянне з азотнай кіслотой

Пры ўзаемадзеянні фенолу з сумессю канцэнтраваных азотнай і сернай кіслот можна замясціць тры атамы вадароду бензольнага кольца на групы —NO_2 :



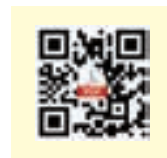
У выніку рэакцыі ўтвараецца 2,4,6-трынітрафенол. Кіслотныя ўласцівасці 2,4,6-трынітрафенолу выяўлены значна мацней, чым у фенолу. Трывіяльная назва 2,4,6-трынітрафенолу — **пікрынавая кіслата**. Пікрынавая кіслата і яе солі з'яўляюцца выбуховымі рэчывамі.

Разгледжаныя хімічныя ўласцівасці фенолу дэманструюць узаемны ўплыў атамаў у малекулах арганічных злучэнняў: бензольнае кольца ўзмацняе кіслотнасць гідраксільнай групы малекулы фенолу, у сваю чаргу, гідраксільная група ўплывае на бензольнае кольца, палягчаючы замяшчэнне атамаў вадароду ў становішчах 2, 4, 6.

Прымяненне фенолу

Асноўная частка фенолу выкарыстоўваецца для атрымання розных полімераў, з якіх вырабляюць пластмасы, валокны і іншыя карысныя матэрыялы.

Фенол выкарыстоўваецца таксама для атрымання лекавых прэпаратаў, фарбавальнікаў і іншых рэчываў.



* Прамысловае
атрыманне фенолу

Фенол з'яўляецца ядавітым рэчывам. Яшчэ больш небяспечнымі з'яўляюцца хлорвытворныя фенолу. Улічваючы, што хлор выкарыстоўваецца пры ачыстцы вады, забруджванне пітной вады фенолам уяўляе вялікую небяспеку. Таму важнай праблемай з'яўляецца ахова навакольнага асяроддзя ад прамысловых адходаў, якія змяшчаюць фенол.

У малекуле фенолу маецца гідраксільная група і бензольнае кольца, таму фенол праяўляе некаторыя ўласцівасці, характэрныя для спіртоў і ароматычных вуглевадародаў.

Пад уплывам бензольнага кольца адбываецца памяншэнне трываласці сувязі $O-H$ у малекуле фенолу ў параўнанні са спіртамі, таму кіслотныя ўласцівасці фенолу выяўлены мацней, чым у спіртоў. У адрозненне ад спіртоў, фенол узаемадзейнічае са шчолачамі.

Гідраксільная група малекулы фенолу ўплывае на бензольнае кольца, палягчаючы замяшчэнне атамаў вадароду ў становішчах 2, 4, 6, таму, у адрозненне ад бензолу, фенол аб'ясколервае бромную ваду.

Фенол выкарыстоўваецца для атрымання пластмас, валокнаў, лекаў, фарбавальнікаў і іншых рэчываў.

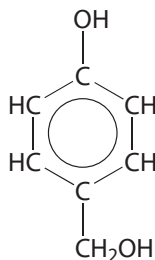
Пытанні і заданні

1. Чаму пры прапусканні вуглякіслага газу праз празрысты водны раствор феноляту натрыю назіраецца памутненне раствору? Напішыце ўраўненне рэакцыі, якая працякае.

2. Напішыце ўраўненне рэакцыі, якая працякае пры дабаўленні да воднага раствору фенолу бромнай вады. Назавіце арганічнае рэчыва, якое ўтварылася.

3. У трох непадпісаных прабірках знаходзяцца водныя растворы рэчываў: этанолу, гліцэрыны і фенолу. У вашым распараджэнні маюцца водныя растворы рэчываў: сульфату медзі(II), гідраксиду натрыю і броду. Як пры дапамозе наяўных рэактываў адрозніць рэчывы ў прабірках? Падрабязна апішыце ход эксперыменту і назірання.

4. Маецца рэчыва наступнай будовы:



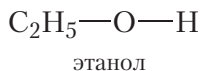
Напішыце ўраўненні рэакцый гэтага рэчыва з: а) натрыем; б) водным растворам гідраксиду натрыю; в) бромавадародам. Разлічыце аб'ём 20%-га (па масе) раствору гідраксиду натрыю шчыльнасцю $1,22 \text{ г/см}^3$, які спатрэбіцца для поўнага ўзаемадзеяння з указаным рэчывам масай 24,8 г.

5. Прадукт нітравання фенолу — пікрынавая кіслата, у пачатку мінулага стагоддзя шырока выкарыстоўвалася ў якасці выбуховага рэчыва, аднак ад забяспечвання ёю боепрыпасаў з цягам часу прыйшлося адмовіцца з прычыны высокай каразійнай актыўнасці. Чым абумоўлены кіслотныя ўласцівасці пікрынавай кіслаты? Натрыевая соль пікрынавай кіслаты (пікрат натрыю) таксама з'яўляецца выбуховым рэчывам. Напішыце ўраўненне рэакцыі ўтварэння пікрату натрыю пры ўзаемадзеянні пікрынавай кіслаты са шчолаччу.

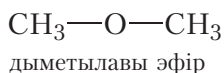
§ 29. Альдэгіды. Наменклатура. Ізамерыя. Фізічныя ўласцівасці

Будова альдэгіднай групы

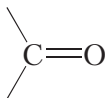
Вы ўжо ведаеце, што атамы кіслароду ў малекулах арганічных злучэнняў могуць выступаць у якасці «масткаў» паміж алкільным радыкалам і атамам вадароду (спірты):



або паміж двюма алкільнымі групамі (простыя эфіры):

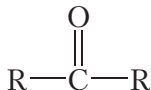


Акрамя таго, атам кіслароду можа быць звязаны з атамам вугляроду двайной сувяззю:



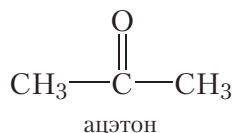
Дадзеная формула адлюстроўвае будову новай функцыянальнай групы, якая ўваходзіць у састаў мноства арганічных злучэнняў. Гэта група называецца *карбанільнай групай*.

Як бачна, атам вугляроду карбанільнай групы ўтварае дзве сувязі з атамам кіслароду. Дзве астатнія сувязі атам вугляроду можа ўтвараць з вуглевадароднымі радыкаламі:



Такія арганічныя злучэнні адносяцца да класа **кетонаў**.

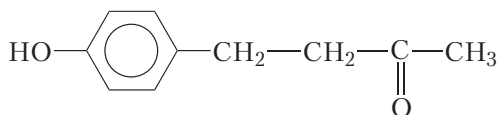
Вуглевадародныя радыкалы ў малекулах кетонаў могуць быць як аднолькавымі, так і рознымі. У малекуле найпрасцейшага кетону абодва радыкалы — метыльныя групы. Гэты кетон называецца *ацэтам*:



Ацэтон уяўляе сабой лёгкакіпячую вадкасць ($t_{\text{кип}} = 56^\circ\text{C}$) з характэрным пахам, якая неабмежавана змешваецца з вадой. Выкарыстоўваецца ў якасці растваральніка і ў арганічным сінтэзе.

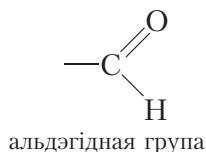
Цікава ведаць

Яшчэ адзін вядомы кетон — кетон маліны — таксама мае ў сваёй малекуле карбанільную групу. Гэта злучэнне больш складанай будовы:

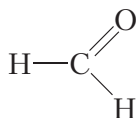


Кетон маліны змяшчаецца, натуральна, у маліне, што абумоўлівае яго характэрны пах. Сінтэтычны кетон маліны прымяняецца ў якасці дабаўкі да харчовых прадуктаў і касметычных сродкаў.

Калі злучыць карбанільную групу з атамам вадароду, то атрымаецца *альдэгідная група*:

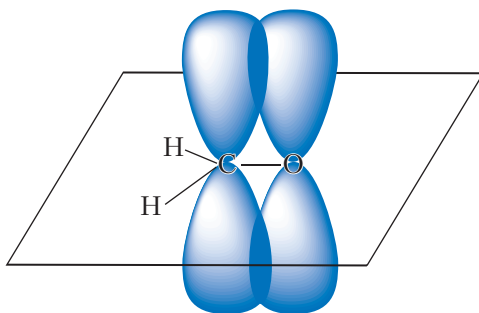


Злучэнні, якія змяшчаюць альдэгідную групу, адносяцца да класа **альдэгідаў**. У малекуле найпрасцейшага прадстаўніка гэтага класа злучэнняў альдэгідная група звязана з атамам вадароду:



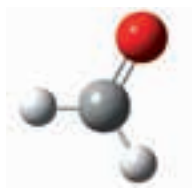
Гэта злучэнне называецца *мурашыным альдэгідам* або *фармальдэгідам*, і ўяўляе сабой бясколерны ядавіты газ з рэзкім пахам, які добра раствараецца ў вадзе. 40%-ны водны раствор фармальдэгіду называецца *фармалін* і выкарыстоўваецца для кансервацыі біялагічных прэпаратаў.

Атам вугляроду альдэгіднай групы знаходзіцца ў стане sp^2 -гібрыдызацыі. З **адной s -** і **двух p -**арбіталей фарміруюцца тры гібрыдныя арбіталі, за кошт якіх атам вугляроду ўтварае тры σ -сувязі. Негібрыдная p -арбіталь атама вугляроду ўдзельнічае ва ўтварэнні π -сувязі з атамам кіслароду:

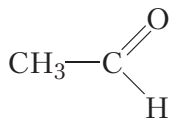


Мал. 29.1. Схема ўтварэння π -сувязі ў малекуле фармальдэгіду

Малекула фармальдэгіду плоская, валентныя вуглы блізкія да 120° . Ша-растрыжнёвая мадэль малекулы фармальдэгіду:



У малекуле бліжэйшага гамолага фармальдэгіду альдэгідная група звязана з метыльным радыкалам:



Назва гэтага злучэння — *воцатны альдэгід* або *ацэталдэгід*. Воцатны альдэгід пры н. у. уяўляе сабой бясколерную вадкасць з пахам яблыкаў. Тэмпература кіпення воцатнага альдэгіду 21 °С.

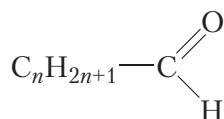
Шарастрыжнёвая мадэль малекулы воцатнага альдэгіду:



Наяўнасць групы $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ (або —CHO) у малекулах альдэгідаў

абумоўлівае іх характэрныя хімічныя ўласцівасці. Таму альдэгідную групу называюць *функцыянальнай групай*. Такім чынам, альдэгіды — арганічныя злучэнні, у малекулах якіх змяшчаецца група —CHO , злучаная з атамам вадароду або вуглевадародным радыкалам.

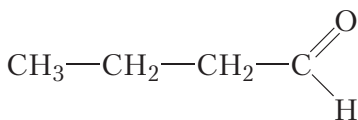
Саставім агульную формулу гамолагаў воцатнага альдэгіду. У малекулах такіх альдэгідаў група —CHO злучана з алкільным радыкалам ці вадародам. Як вы ўжо ведаеце, алкільны радыкал утвараецца ў выніку адрыву ад малекулы алкану аднаго атама вадароду. Агульная формула алкільных радыкалаў $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{—}$. Тады агульная формула гамолагаў воцатнага альдэгіду:



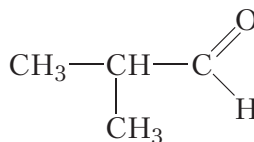
Звярніце ўвагу, што для мурашынага альдэгіду $n = 0$.

Ізамерыя альдэгідаў

Для альдэгідаў магчыма ізамерыя вугляроднага шкелета. Гэты від ізамерыі з'яўляецца пачынаючы з рэчыва, якое змяшчае чатыры атамы вугляроду ў малекуле:

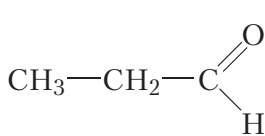


неразгалінаваны
вугляродны шкелет

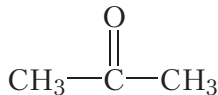


разгалінаваны
вугляродны шкелет

Так як альдэгідная група заўсёды размяшчаецца ў пачатку малекулы, то ізамерыя, звязаная са становішчам альдэгіднай групы, немагчыма. Аднак альдэгіды могуць быць ізамерны кетонам:



альдэгід



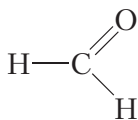
кетон

Лёгка пераканацца, што абодва прыведзеныя рэчывы маюць аднолькавую малекулярную формулу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, гэта значыць, з'яўляюцца ізамерамі.

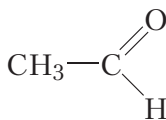
Наменклатура альдэгідаў

Мурашыны альдэгід і воцатны альдэгід — трывіяльныя назвы, гэта значыць назвы, якія гістарычна склаліся. Па сістэматычнай наменклатуры назвы альдэгідаў утвараюцца шляхам дабаўлення суфікса *-аль*, які абазначае альдэгідную групу. Нумарацыю атамаў вугляроду галоўнага ланцуга заўсёды пачынаюць з атама вугляроду альдэгіднай групы.

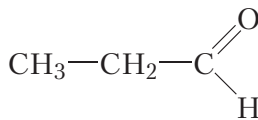
Назавём усе ўпамянутыя вышэй альдэгіды:



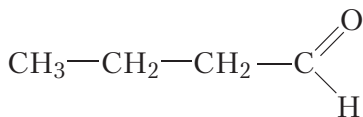
метаналь



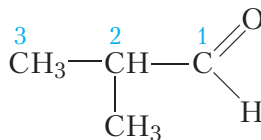
этаналь



прапаналь

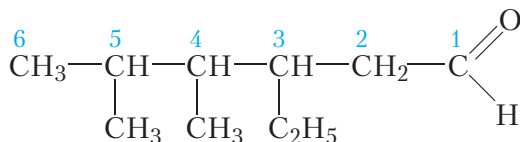


бутаналь



2-метылпрапаналь

Разгледзім больш складаны выпадак. Назавём альдэгід наступнай будовы:



Галоўны ланцуг складаецца з шасці атамаў вугляроду. Адпаведны алкан называецца гексан. Трэці, чацвёрты і пяты атамы вугляроду галоўнага ланцуга звязаны з алкільнымі радыкаламі, назвы якіх пералічваюцца ў алфавітным парадку. Прыналежнасць злучэння да класа альдэгідаў указваем пры дапамозе суфікса *-аль*. Тады назва альдэгіду — **4,5-дыметыл-3-этылгексаналь**.

Фізічныя ўласцівасці альдэгідаў

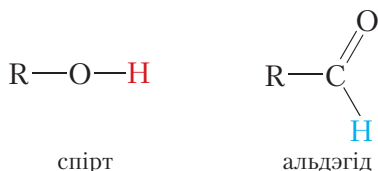
У табліцы 29.1 прыведзены формулы, назвы і тэмпературы кіпення некаторых альдэгідаў.

Табліца 29.1. Формулы, назвы і тэмпературы кіпення некаторых альдэгідаў

Формула	Назва	$t_{\text{кіп}}, ^\circ\text{C}$
$\text{H}—\text{CHO}$	метаналь	–20
$\text{CH}_3—\text{CHO}$	этаналь	21
$\text{CH}_3—\text{CH}_2—\text{CHO}$	прапаналь	49
$\text{CH}_3—\text{CH}_2—\text{CH}_2—\text{CHO}$	бутаналь	76
$\text{CH}_3—\text{CH}_2—\text{CH}_2—\text{CH}_2—\text{CHO}$	пентаналь	103

Як відаць з табліцы, тэмпературы кіпення альдэгідаў значна ніжэйшыя, чым спіртоў з такім самым лікам атамаў вугляроду ў малекуле. Так, тэмпература кіпення метанолу роўная $+65\ ^\circ\text{C}$, а метаналю $-20\ ^\circ\text{C}$. Гэта сведчыць аб тым, што ўзаемадзеянне паміж малекуламі альдэгідаў слабейшае, чым паміж малекуламі спіртоў.

Нагадаем, што прычынай высокіх тэмператур кіпення спіртоў з'яўляецца наяўнасць паміж іх малекуламі вадародных сувязей. Вадародныя сувязі дастаткова моцна ўтрымліваюць малекулы спіртоў адну каля адной і робяць цяжкім пераход у газападобны стан. Паміж малекуламі альдэгідаў, у адрозненне ад спіртоў, вадародныя сувязі не ўтвараюцца, так як у альдэгідах адсутнічаюць атамы вадароду, звязаныя з атамам кіслароду.



Сувязь С—Н альдэгіднай групы з'яўляецца малапалярнай, таму дадатны зарад на атаме вадароду альдэгіднай групы недастатковы для ўтварэння вадароднай сувязі з атамам кіслароду суседняй малекулы. З прычыны гэтага тэмпературы кіпення альдэгідаў ніжэйшыя, чым у спіртоў з тым самым лікам атамаў вугляроду.

Найпрасцейшыя альдэгіды — *метаналь, этаналь і прапаналь* — добра раствараюцца ў вадзе. З павелічэннем памеру вуглевадароднага радыкала растваральнасць у вадзе памяншаецца.



Мал 29.2. Французскія духі з водарамі альдэгідаў

тайнай, вядома толькі, што духі Chanel № 5, Lancome Climat, Givenchy L'Interdit змяшчаюць актаналь ($C_8H_{16}O$), нананаль ($C_9H_{18}O$), лаўрынавы альдэгід ($C_{12}H_{24}O$) (мал. 29.2).

Цікава ведаць

Альдэгіды, малекулы якіх змяшчаюць неразгалінаваны ланцуг з 8–12 атамаў вугляроду маюць прыемныя пахі пры моцным разбаўленні (у чыстым выглядзе — вельмі рэзкія) і ўваходзяць у састаў вядомых парфумерных кампазіцый. Дакладны састаў гэтых кампазіцый з'яўляецца камерцыйнай

Мы пазнаёміліся з арганічнымі злучэннямі, малекулы якіх змяшчаюць карбанільную групу — альдэгідамі і кетонамі. У наступным параграфе разгледзім хімічныя ўласцівасці альдэгідаў, іх атрыманне і прымяненне.

Альдэгіды — арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць альдэгідную групу, злучаную з атамам вадароду або вуглевадародным радыкалам.

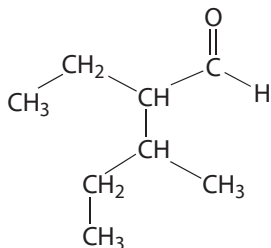
Агульная формула гамолагаў воцатнага альдэгіду $C_nH_{2n+1} — CHO$.

Назвы альдэгідаў утвараюцца шляхам дабаўлення суфікса -аль, які азначае альдэгідную групу, да назвы адпаведнага алкану.

Тэмпературы кіпення альдэгідаў ніжэйшыя, чым у спіртоў, з прычыны немагчымасці ўтварэння вадародных сувязей паміж іх малекуламі.

Пытанні і заданні

1. Прыведзіце структурную формулу мурашынага альдэгіду. Колькі σ - і π -сувязей у малекуле гэтага альдэгіду?
2. Напішыце структурную формулу найпрасцейшага кетону. Як называецца гэта злучэнне? Дзе вы з ім сустракаецеся ў побыце? Напішыце структурную формулу кетону, які змяшчае чатыры атамы вугляроду ў малекуле.
3. Напішыце структурныя формулы ўсіх ізамерных альдэгідаў саставу C_4H_9-CHO і дайце ім назвы.
4. Назавіце альдэгід наступнай будовы:



5. Чым тлумачыцца павышэнне тэмпературы кіпення ў радзе рэчываў: метаналь, этаналь, прапаналь?
6. Чаму тэмпература кіпення этаналю ($21^\circ C$) значна ніжэй, чым тэмпература кіпення этанолу ($78^\circ C$)?

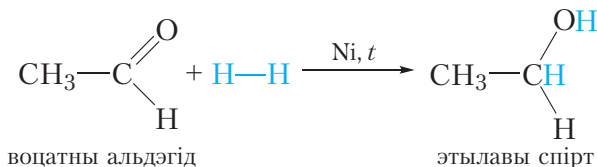
§ 30. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне альдэгідаў

Хімічныя ўласцівасці альдэгідаў

Хімічныя ўласцівасці альдэгідаў перш за ўсё абумоўлены наяўнасцю ў іх малекулах альдэгіднай групы. Па месцы двайной сувязі альдэгіднай групы могуць працякаць рэакцыі далучэння.

1. Гідрыраванне. Далучэнне вадароду

Малекула альдэгіду можа далучыць па двайной сувязі малекулу вадароду. Такая рэакцыя суправаджаецца разрывам π -сувязі ў малекуле альдэгіду, бо яна менш трывалая, чым σ -сувязь:



Умовы працякання дадзенай рэакцыі падобныя да рэакцый гідрыравання алкенаў: сумесь вадароду з парай альдэгіду прапускаюць над нагрэтым нікелевым каталізатарам.

Прадуктам далучэння вадароду да альдэгідаў з'яўляецца першасны спірт.

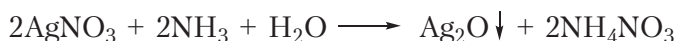
У выніку далучэння вадароду малекула альдэгіду аднаўляецца, таму рэакцыю з вадародам таксама называюць рэакцыяй аднаўлення альдэгідаў.

2. Акісленне

Альдэгідная група лёгка акісляецца. У якасці акісляльнікаў могуць выступаць іоны металаў, якія размяшчаюцца ў радзе актыўнасці правей вадароду — іоны серабра (Ag^+) і медзі (Cu^{2+}).

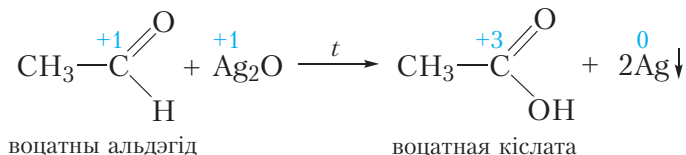
Акісленне альдэгідаў аміячным растворам аксиду серабра

Калі да разбаўленага раствору нітрату серабра прыліць раствор аміяку, то выпадае белы асадак аксиду серабра:



Гэты асадак адразу ж раствараецца ў лішку аміяку. Празрысты раствор, які ўтвараецца, называецца аміячным растворам аксиду серабра. Калі да гэтага раствору дабавіць раствор воцатнага альдэгіду і сумесь асцярожна нагрэць, то неўзабаве на сценках прабіркі ўтворацца бліскучы люстрыны налёт серабра, дзякуючы чаму гэта рэакцыя называецца рэакцыяй «сярэбранага люстра».

У рэакцыі, якая працякае, воцатны альдэгід акісляецца да воцатнай кіслаты, а аксід серабра аднаўляецца з утварэннем металічнага серабра:



Рэакцыя «сярэбранага люстра» з'яўляецца якаснай рэакцыяй на альдэгіды.

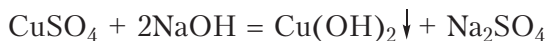
Акісленне альдэгідаў гідраксідам медзі(II)

У якасці акісляльніка альдэгідаў да адпаведных кіслот можа быць выкарыстаны таксама гідраксід медзі(II). Для правядзення такой рэакцыі

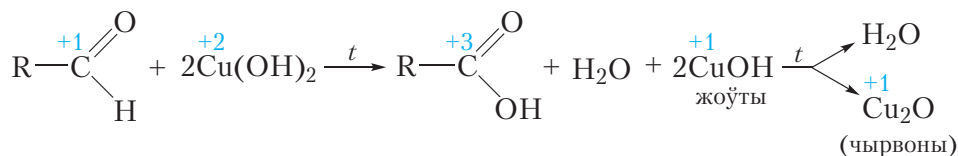


Відэа 30.1. Рэакцыя «сярэбранага люстра»

ў прабірку змяшчаюць раствор сульфату медзі(II), потым дабаўляюць раствор шчолачы. Пры гэтым выпадае блакітны асад гідраксиду медзі(II):



Потым у прабірку з асадкам дабаўляюць водны раствор альдэгіду і сумесь награвваюць. У працэсе награвання першапачаткова блакітны асад становіцца жоўтым, а пры далейшым награванні — чырвоным. Ураўненне рэакцыі, якая працякае:



Як відаць з прыведзенага ўраўнення рэакцыі, у выніку аднаўлення гідраксиду медзі(II) утвараецца жоўты асад гідраксиду медзі(I), які пры награванні раскладаецца з утварэннем чырвонага аксиду медзі(I).

Як і ў выпадку рэакцыі «сярэбранага люстра», прадуктам акіслення альдэгіду з'яўляецца карбонавая кіслата.

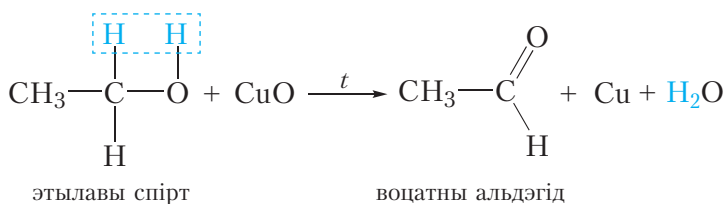
Рэакцыя акіслення альдэгідаў гідраксідам медзі(II), таксама як і рэакцыя «сярэбранага люстра», з'яўляецца якаснай рэакцыяй на альдэгіды.

Здольнасць альдэгідаў акісляцца да карбонавых кіслот і аднаўляцца да спіртоў асабліва наглядна дэманструе ўзаемасувязь паміж класамі арганічных злучэнняў, дзякуючы якой рэчывы аднаго класа могуць быць атрыманы з прадстаўнікоў іншых класаў.

Атрыманне альдэгідаў

1. Няпоўнае акісленне спіртоў

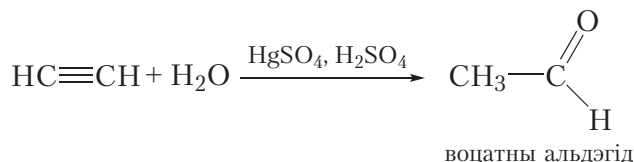
Як вы ўжо ведаеце, альдэгіды могуць быць атрыманы пры няпоўным акісленні першасных спіртоў аксідам медзі(II) (§ 24). Так, пры акісленні этылавага спірту ўтвараецца воцатны альдэгід:



Для правядзення рэакцыі медны дрот награвваюць у полымі спіртоўкі, у выніку паверхня дроту пакрываецца чорным аксідам медзі(II). Потым дрот апускаюць у этылавы спірт, пры гэтым аксід медзі(II) акісляе спірт да воцатнага альдэгіду і ўтвараецца медзь, таму дрот зноў становіцца бліскучым (відэа 24.1, с. 141).

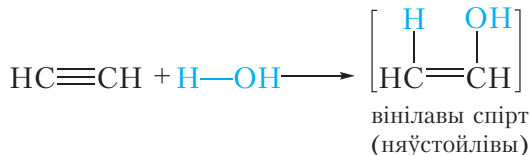
2. Гідратацыя ацэтылену

Воцатны альдэгід можна атрымаць па рэакцыі далучэння вады да ацэтылену ў прысутнасці солей ртуці і сернай кіслаты:

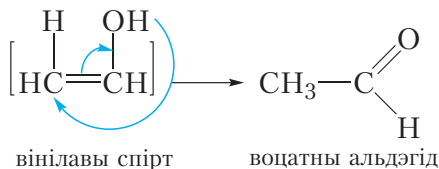


Гэта рэакцыя носіць імя рускага хіміка Міхаіла Рыгоровіча Кучарава.

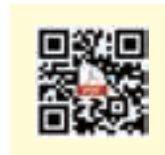
Разгледзім падрабязней, як працякае дадзеная рэакцыя. Спачатку малекула вады далучаецца па адной π -сувязі малекулы ацэтылену. Пры гэтым утвараецца няўстойлівы вінілавы спірт:



Нагадаем, што радыкал $\text{CH}_2=\text{CH}-$ мае трывіяльную назву *вініл*. Спірты, у якіх гідраксільная група знаходзіцца пры двайной сувязі $\text{C}=\text{C}$, няўстойлівыя, таму вінілавы спірт адразу ж ператвараецца ў воцатны альдэгід:



З прамысловым метадам атрымання воцатнага альдэгіду вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Атрыманне
воцатнага альдэгіду

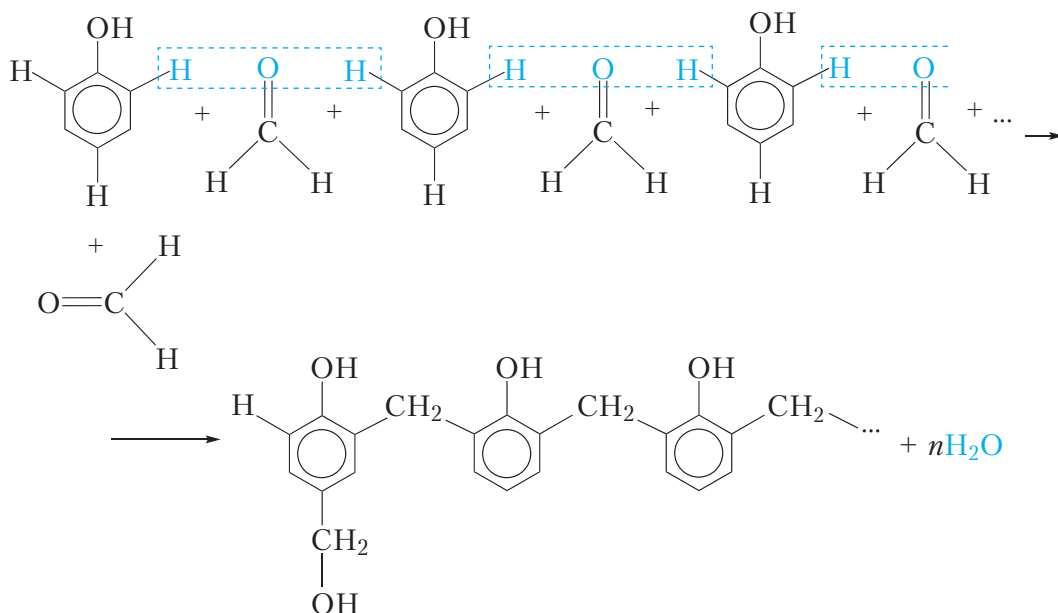
Прымяненне

Найбольшае прымяненне маюць мурашыны і воцатны альдэгіды.

Некаторыя галіны выкарыстання мурашынага альдэгіду заснаваны на яго ўласцівасці згусаць бялкі. Ён выкарыстоўваецца ў медыцыне ў якасці кансерванта біялагічных прэпаратаў. Фармальдэгід шырока прымяняецца ў гарбарнай вытворчасці, так як, аказваючы ўплыў на бялкі скуры, ён робіць апошнюю больш цвёрдай і ўстойлівай да гніення.

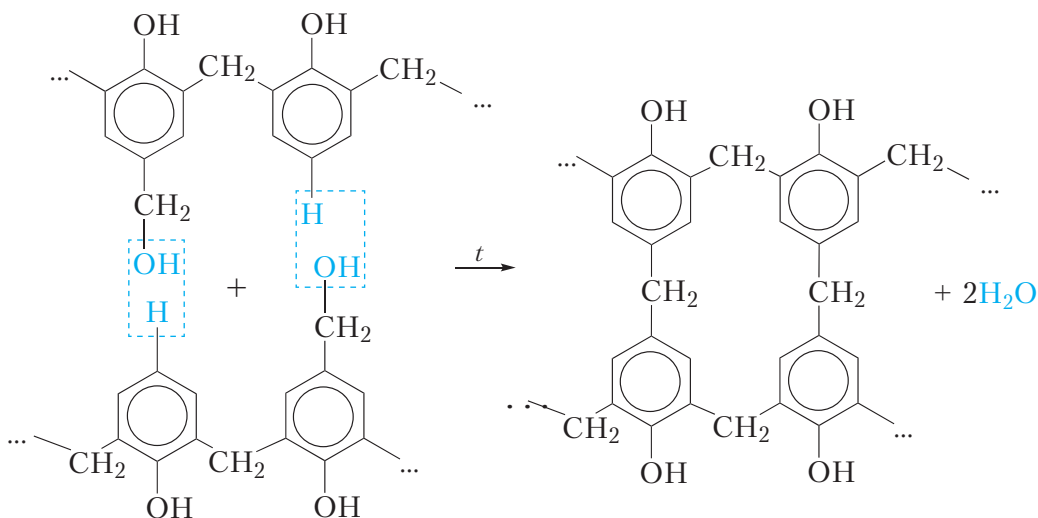
У выніку ўзаемадзеяння фармальдэгіду з аміякам атрымліваюць лекавы сродак — уратрапін.

Акрамя таго, фармальдэгід выкарыстоўваецца ў вытворчасці фенолфармальдэгідных пластмас. Аснову такіх пластмас складаюць высокамалекулярныя злучэнні — фенолфармальдэгідная смала. Яна ўтвараецца пры награванні фенолу з фармальдэгідам у прысутнасці каталізатара. Механізм утварэння фенолфармальдэгіднай смалы вельмі складаны і прадстаўлены схематычна:



Як відаць з прыведзенай схемы, у выніку рэакцыі ўтвараецца лінейны палімер, у якім малекулы фенолу злучаны групамі $\text{—CH}_2\text{—}$ праз становішчы 2 і 6 бензольнага кольца. Акрамя таго, некаторыя астаткі фенолу змяшчаюць у становішчы 4 бензольнага кольца групы $\text{—CH}_2\text{OH}$.

За кошт груп $\text{—CH}_2\text{OH}$ пры награванні да $130\text{--}150\text{ }^\circ\text{C}$ такі палімер «сшываецца», утвараючы вельмі цвёрдую і трывалую фенолфармальдэгідную смалу з «сеткаватай» структурай:



Матэрыялы на аснове фенолфармальдэгідных смол звычайна вырабляюць, змешваючы расплаўлены палімер лінейнай будовы з напаўняльнікам (драўняная мука, стружкі, азбест і інш.). Далей атрыманы матэрыял прэсуюць пры награванні. Пры гэтым расплаўлены палімер добра запаўняе форму, а потым зацвердзяе, утвараючы «сеткавую» структуру. У выніку атрымліваецца маналітны цвёрды выраб. Некаторыя матэрыялы, у якіх фенолфармальдэгідная смала выступае ў якасці сувязнога звяна, вам добра знаёмыя. Напрыклад, некаторыя віды ДСП (драўнянастружачных пліт) уяўляюць сабой сумесь драўняных стружак, змацаваных паміж сабой фенолфармальдэгідным палімерам.

У працэсе ўтварэння фенолфармальдэгіднай смалы з нізкамалекулярных рэчываў — фенолу і фармальдэгіду — у выніку адшчаплення вады ўтвараецца высокамалекулярнае рэчыва. Такі працэс называецца *полікандэнсацияй*. Неабходна адрозніваць працэсы полікандэнсцыі і полімерызацыі. У працэсе полікандэнсцыі, акрамя высокамалекулярнага злучэння, утвараецца пабочны нізкамалекулярны прадукт. У разгледжанай рэакцыі полікандэнсцыі фенолу з фармальдэгідам гэтым прадуктам з’яўляецца вада.

У працэсе полімерызацыі высокамалекулярнае рэчыва (палімер) утвараецца ў выніку рэакцыі далучэння, якая мнагакратна паўтараецца. Таму, у адрозненне ад полікандэнсацыі, працэс полімерызацыі не суправаджаецца ўтварэннем пабочных нізкамалекулярных прадуктаў.

Воцатны альдэгід у вялікіх колькасцях выкарыстоўваецца для вытворчасці воцатнай кіслаты, а таксама іншых арганічных рэчываў.

Альдэгіды ўступаюць у рэакцыі далучэння па месцы двайной сувязі $C=O$. У выніку далучэння вадароду альдэгіды аднаўляюцца, утвараючы першасныя спірты.

Альдэгіды акісляюцца гідраксідам медзі(II) і аміячным растворам аксиду серабра да карбонавых кіслот. Гэтыя рэакцыі з'яўляюцца якаснымі рэакцыямі на альдэгідную групу.

Альдэгіды могуць быць атрыманы акісленнем першасных спіртоў аксідам медзі(II).

Воцатны альдэгід можна атрымаць далучэннем вады да ацэтылену ў прысутнасці солей ртуті і сернай кіслаты.

Альдэгіды выкарыстоўваюцца для атрымання пластмас, лекавых прэпаратаў, для сінтэзу арганічных рэчываў, а таксама ў парфумерыі.

Пытанні і заданні

1. Якія спірты ўтвараюцца ў выніку аднаўлення вадародам этаналю і 2-метылпрапаналю? Напішыце ўраўненні рэакцый, назавіце прадукты, якія ўтвараюцца.

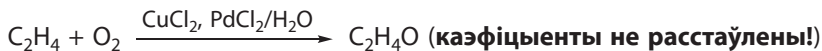
2. Напішыце ўраўненне рэакцыі прапаналю з гідраксідам медзі(II) пры награванні. Апішыце з'явы, якія назіраюцца.

3. У выніку награвання воднага раствора рэчыва **A** з аміячным растворам аксиду серабра ўтвараецца кіслата **B**, а сценкі прабіркы пакрываюцца сярэбраным налётам.

Пры прапусканні сумесі рэчыва **A** з вадародам над нагрэтым нікелевым каталізатарам утвараецца спірт **B**. Пры награванні спірту **B** з канцэнтраванай сернай кіслотой атрымліваецца вуглеводарод **Г**, крыху лягчэйшы за паветра. Устаноўце формулы рэчываў **A—Г** і прывядзіце ўраўненні рэакцый, апісаных у заданні.

4. У выніку акіслення 2,15 г гамолага воцатнага альдэгіду аміячным раствором Ag_2O было атрымана 5,4 г серабра. Устаноўце малекулярную формулу альдэгіду.

5. Адным з сучасных прамысловых метадаў атрымання воцатнага альдэгіду з'яўляецца акісленне этылену хларыдам паладыю ў прысутнасці хларыду медзі(II) і кіслароду паветра (Вакер-працэс)



Для сінтэзу этаналу ў прамысловых умовах сумесь этылену і кіслароду прапускаюць праз рэактар, які змяшчае раствор хларыдаў паладыю і медзі(II), пры тэмпературы 130 °C і ціску 400 кПа. Вядома, што ступень ператварэння рэчываў у рэактары ў названых умовах складае 25 %. Укажыце масу этаналу, які ўтвараецца з этылену аб'ёмам (н. у.) 10 м³ і дастатковай колькасці кіслароду.

6*. Пры дзеянні вады на цвёрдае рэчыва **A** ўтвараецца газ (н. у.) **Б**, лягчэйшы за паветра. Пры прапусканні **Б** праз гарачы водны раствор, які змяшчае серную кіслату і сульфат ртуті(II), утвараецца арганічнае рэчыва **В**. Рэчыва **В** можна таксама атрымаць двухстадымным сінтэзам. Спачатку рэчыва **Б** гідрыруюць на спецыяльных каталізатарах. Пры гэтым утвараецца газ (н. у.) **Г**, лягчэйшы за паветра. Потым сумесь газу **Г** і кіслароду паглынаюць водным растворам, які змяшчае сумесь CuCl_2 і PdCl_2 . Пры гэтым утвараецца рэчыва **В**.

- Прывядзіце формулы рэчываў **A**, **Б**, **В** і **Г**.
- Напішыце ўраўненні ўсіх апісаных у задачы рэакцый.
- Пры гідрыраванні рэчыва **В** утвараецца рэчыва **Д**, якое мае толькі адзін ізамер (рэчыва **Е**). Прывядзіце формулы і назвы рэчываў **Д** і **Е**, а таксама ўраўненне рэакцыі гідрыравання рэчыва **В**.
- Тэмпература кіпення якога рэчыва (**Д** або **Е**) вышэйшая і чаму?

Лабараторны дослед 4

Акісленне альдэгіду гідраксідам медзі(II)

У прабірку наліце 1–2 см³ раствору шчолачы, потым — некалькі кропель раствору сульфату медзі(II). Дабаўце да атрыманай сумесі выдадзены вам раствор альдэгіду. Нагрэйце змесціва прабіркі з дапамогай спіртоўкі. Пры гэтым у прабірцы спачатку ўтворацца жоўты асадак, які потым становіцца цагляна-чырвоным.

Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць, і растлумачце з'явы, якія назіраюцца.

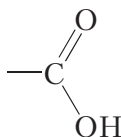
Звярніце ўвагу на тое, што залішняя колькасць сульфату медзі(II) прыводзіць да з'яўлення залішняй колькасці гідраксіду медзі(II), які ў працэсе награвання раскладаецца з утварэннем чорнага асадку CuO , таму эфект аднаўлення медзі на гэтым фоне становіцца непрыкметным.



§ 31. Карбоновыя кіслоты. Класіфікацыя

Вы ўжо знаёмы са спіртамі і альдэгідамі — арганічнымі злучэннямі, малекулы якіх змяшчаюць гідраксільныя і альдэгідныя групы. Наяўнасць гэтых груп абумоўлівае характэрныя хімічныя ўласцівасці названых класаў злучэнняў, таму дадзеныя групы называюць функцыянальнымі.

У малекулах *карбоновых кіслот* змяшчаецца *карбаксільная* функцыянальная група:



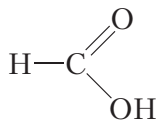
Як бачна, карбаксільная група спалучае ў сабе карбанільную і гідраксільную групы:



Назва «карбаксільная група» таксама з'яўляецца спалучэннем назваў гэтых дзвюх груп.

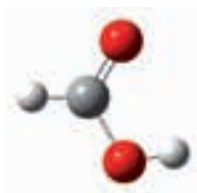
Формула карбаксільнай групы ў скарачаным выглядзе: —COOH .

У малекуле найпрасцейшай карбонай кіслаты карбаксільная група звязана з атамам вадароду:

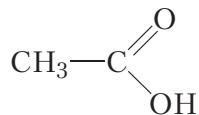


Гэта злучэнне называецца *мурашыная кіслата*.

Шарастрыжнёвая мадэль малекулы мурашынай кіслаты:



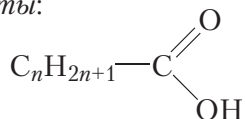
У малекуле бліжэйшага гамолага мурашынай кіслаты карбаксільная група звязана з метыльным радыкалам:



Назва гэтага злучэння вам добра знаёма — гэта *воцатная кіслата*. Шарастрыжнёвая мадэль малекулы воцатнай кіслаты:



Саставім агульную формулу гамолагаў воцатнай кіслаты. У малекулах такіх кіслот група $-\text{COOH}$ злучана з алкільным радыкалам ці вадародам. Агульная формула алкільных радыкалаў $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-$. Тады агульная формула *гамолагаў воцатнай кіслаты*:



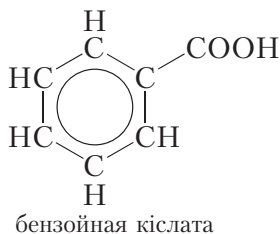
Звярніце ўвагу, што для мурашынай кіслаты $n = 0$.

У разгледжаных кіслотах вуглевадародны радыкал не змяшчае кратных сувязей. Такія карбонавыя кіслоты называюцца *насычанымі*.

Вуглевадародны радыкал карбонавых кіслот можа змяшчаць адну або некалькі кратных сувязей. Такія кіслоты называюцца *ненасычанымі карбонавымі кіслотамі*. Найпрасцейшая ненасычаная карбонавая кіслата — **акрылавая**. Яе структурная формула:



Карбонавыя кіслоты, у малекулах якіх маюцца бензольныя кольцы, называюцца *араматычнымі карбонавымі кіслотамі*. Найпрасцейшым прадстаўніком такіх кіслот з'яўляецца бензойная кіслата:



Шарастрыжнёвая мадэль малекулы бензойнай кіслаты:



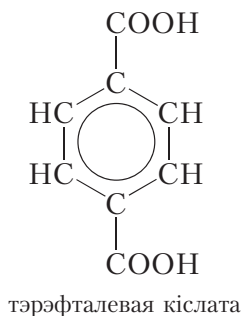
Малекулы карбоновых кіслот могуць змяшчаць не толькі адну, але і некалькі карбаксільных груп. Лік карбаксільных груп у малекуле карбонай кіслаты вызначае яе *асноўнасць*. Кіслоты, якія змяшчаюць адну карбаксільную групу, з'яўляюцца аднаасноўнымі — гэта мурашыная, воцатная, акрылавая, бензойная і іншыя кіслоты.

Найпрасцейшым прадстаўніком двухасноўных карбоновых кіслот з'яўляецца шчаўевая кіслата:



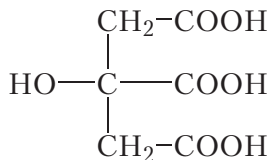
Шчаўевая кіслата змяшчаецца ў лістах шчаўі і таму атрымала такую назву.

Араматычнай двухасноўнай карбонай кіслотой з'яўляецца тэрэфталеваая кіслата:



Тэрэфталеваая кіслата выкарыстоўваецца ў вытворчасці сінтэтычнага валакна лаўсан (§ 38).

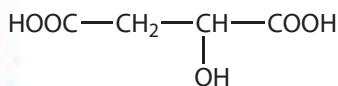
Прыкладам трохасноўнай кіслаты з'яўляецца лімонная кіслата:



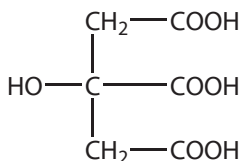
лімонная кіслата

Яна змяшчаецца ў лімонах.

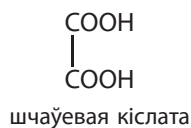
Многія карбонавыя кіслоты прысутнічаюць у рэчывах прыроднага паходжання, гэтым абумоўлены і іх назвы (мал. 31.1).



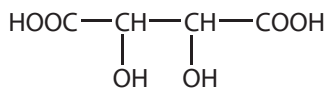
яблычная кіслата



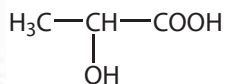
лімонная кіслата



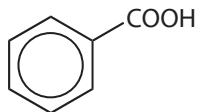
шчаўевая кіслата



вінаградная кіслата



малочная кіслата



бензойная кіслата



Мал. 31.1. Карбонавыя кіслоты ў прыродзе

Карбоновыя кіслоты — арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць адну або некалькі карбаксільных груп — COOH , злучаных з вуглевадародным раддыкалам ці атамам вадароду.

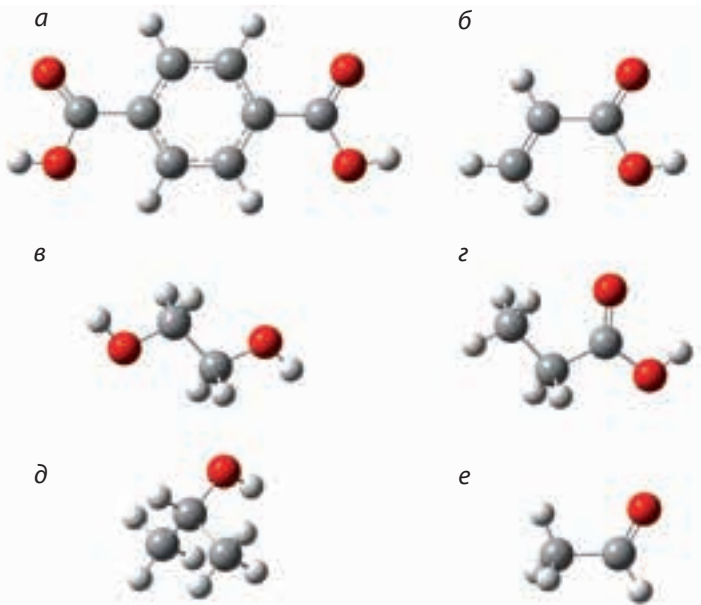
Лік карбаксільных груп у малекуле карбонавай кіслаты вызначае яе асноўнасць.

Агульная формула гамолагаў воцатнай кіслаты $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$.

Карбоновыя кіслоты могуць быць насычанымі, ненасычанымі, араматычнымі, аднаасноўнымі і мнагаасноўнымі.

Пытанні і заданні

1. Адлюструйце структурную формулу карбаксільнай групы.
2. Напішыце структурныя формулы адной насычанай і адной ненасычанай карбонавай кіслаты, малекулы якіх змяшчаюць па чатыры атамы вугляроду.
3. Састаўце структурную формулу двухасноўнай карбонавай кіслаты, малекула якой змяшчае тры атамы вугляроду.
4. На малюнку прыведзены шарастрыжнёвыя мадэлі малекул:



Укажыце мадэлі, якія адпавядаюць насычанай аднаасноўнай карбонавай кіслаце, двухасноўнай кіслаце, аднаатамнаму спірту, мнагаатамнаму спірту, альдэгіду і ненасычанай аднаасноўнай карбонавай кіслаце.

§ 32. Насычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты. Наменклатура. Ізамерыя. Фізічныя ўласцівасці

У малекуле першага прадстаўніка гамалагічнага рада насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот карбаксільная група звязана з атамам вадароду:



Як вы ўжо ведаеце, гэта злучэнне называецца **мурашыная кіслата**. Мурашыная кіслата ўпершыню была вылучана з лясных мурашак, чым і абумоўлена яе назва. У прыродзе мурашыная кіслата сустракаецца таксама ў крапіве, некаторай садавіне, едкіх выдзяленнях медуз і г. д. Мурашыная кіслата пры пакаёвай тэмпературы ўяўляе сабой бясколерную вадкасць з рэзкім пахам, тэмпература кіпення 101 °С.

Формула наступнага прадстаўніка гамалагічнага рада насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот:



Гэта злучэнне называецца **воцатная кіслата**. Воцатная кіслата, таксама як і мурашыная, пры пакаёвай тэмпературы — бясколерная вадкасць з рэзкім пахам. Тэмпература кіпення воцатнай кіслаты складае 118 °С.

Малекулы гамалагаў воцатнай кіслаты адрозніваюцца ад яе на адну або некалькі груп CH_2 і маюць агульную формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{COOH}$.

Вядомы гамалагі воцатнай кіслаты, вуглевадародны радыкал якіх уключае дастаткова доўгі ланцуг з атамаў вугляроду. Важнейшымі прадстаўнікамі такіх кіслот з'яўляюцца пальміцінавая $\text{C}_{15}\text{H}_{31}-\text{COOH}$ і стэарынавая $\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH}$.

У малекулах пальміцінавай і стэарынавай кіслот вуглевадародныя радыкалы маюць неразгалінаваную будову. Шарастрыжнёвая мадэль малекулы пальміцінавай кіслаты:

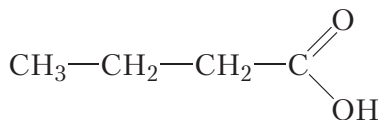


Пальміцінавая і стэарынавая кіслоты выдзелены з прадуктаў перапрацоўкі тлушчаў і атрымалі назву *вышэйшыя тлустыя кіслоты*.

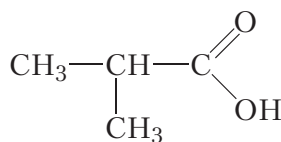
Гэтыя кіслоты ўяўляюць сабой цвёрдыя бясколерныя рэчывы, нерастваральныя ў вадзе. Тэмпературы плаўлення пальміцінавай і стэарынавай кіслот складаюць 63 і 70 °С адпаведна.

Ізамерыя

Для карбонавых кіслот магчыма ізамерыя вугляроднага шкідлета. Гэты від ізамерыі, таксама як і ў выпадку альдэгідаў, з'яўляецца пачынаючы з рэчыва, якое змяшчае чатыры атамы вугляроду ў малекуле:



неразгалінаваны
вугляродны шкідлет



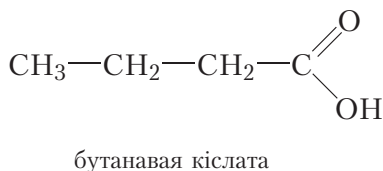
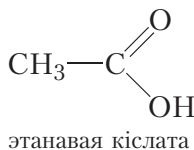
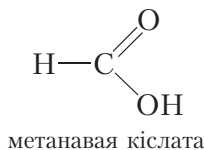
разгалінаваны
вугляродны шкідлет

Так як карбаксільная група заўсёды размяшчаецца ў пачатку малекулы, то ізамерыя, звязаная са становішчам карбаксільнай групы, немагчыма.

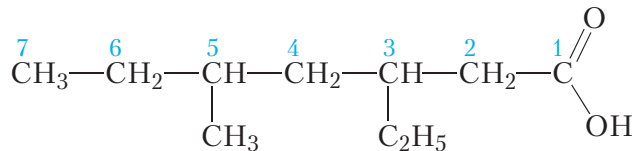
Наменклатура

Назвы *мурашыная* і *воцатная* кіслоты з'яўляюцца назвамі, якія гістарычна склаліся, або трывіяльнымі назвамі. Па сістэматычнай наменклатуры карбаксільная група абазначаецца спалучэннем «-авая кіслата». Назва кіслаты складаецца з назвы алкану з тым самым, што і ў кіслаты, лікам атамаў вугляроду ў малекуле і канчатка «-авая кіслата». Нумарацыю атамаў вугляроду галоўнага ланцуга заўсёды пачынаюць з атама вугляроду карбаксільнай групы.

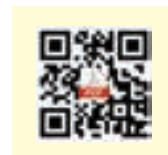
Назавём усе ўпамянутыя вышэй карбонавыя кіслоты:



Выкарыстоўваючы правілы сістэматычнай наменклатуры можна назваць карбонавыя кіслоты, малекулы якіх маюць больш складаную будову, напрыклад:



Галоўны ланцуг складаецца з сямі атамаў вугляроду. Адапаведны алкан называецца гептан. Трэці і пяты атамы вугляроду галоўнага ланцуга звязаны з алкільнымі радыкаламі, назвы якіх пералічваюцца ў алфавітным парадку. Прыналежнасць злучэння да класа карбонавых кіслот указваем пры дапамозе спалучэння «-авая кіслата». Тады назва карбонавай кіслаты — **5-метыл-3-этылгептанавая кіслата**.



* Ізамерыя карбонавых кіслот і складаных эфіраў

З міжкласавай ізамерыяй карбонавых кіслот і складаных эфіраў вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Фізічныя ўласцівасці

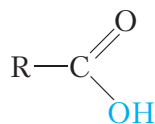
У табліцы 32.1 прыведзены формулы, назвы і тэмпературы кіпення некаторых карбонавых кіслот.

Табліца 32.1. Формулы, назвы і тэмпературы кіпення некаторых карбонавых кіслот

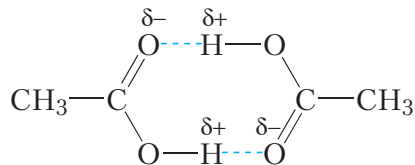
Формула	Назва	$t_{\text{кіп}}, ^\circ\text{C}$
$\text{H} - \text{COOH}$	метанавая кіслата	101
$\text{CH}_3 - \text{COOH}$	этанавая кіслата	118
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	прапанавая кіслата	141
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	бутанавая кіслата	164
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	пентанавая кіслата	185

Як бачна з даных табліцы, тэмпературы кіпення карбонавых кіслот значна вышэйшыя, чым у альдэгідаў з тым самым лікам атамаў вугляроду ў малекуле. У адрозненне ад альдэгідаў, сярод карбонавых кіслот няма газападобных пры пакаёвай тэмпературы рэчываў. Адсутнасць газападобных рэчываў мы ўжо сустракалі ў гамалагічным радзе аднаатамных спіртоў (§ 23). У параграфе 23 указана прычына высокіх тэмператур кіпення спіртоў — утварэнне паміж іх малекуламі вадародных сувязей. Утварэнне вадародных сувязей паміж малекуламі спіртоў магчыма дзякуючы наяўнасці палярных груп —ОН.

У малекулах карбонавых кіслот, як і ў спіртах, маецца група —ОН:



Таму паміж малекуламі карбонавых кіслот таксама ўтвараюцца вадародныя сувязі:



Вадародныя сувязі дастаткова моцна ўтрымліваюць малекулы карбонавых кіслот адну каля адной і робяць цяжкім пераход у газападобны стан, таму карбонавыя кіслоты маюць высокія тэмпературы кіпення.

Найпрасцейшыя прадстаўнікі карбонавых кіслот пры звычайных умовах уяўляюць сабой вадкасці з рэзкім пахам. З павелічэннем памеру вуглевадароднага радыкала тэмпературы кіпення карбонавых кіслот павялічваюцца. Вышэйшыя карбонавыя кіслоты — пальміцінавая і стэарынавая — цвёрдыя рэчывы.

Мурашыная, воцатная і прапанавая кіслоты змешваюцца з вадой у любых суадносінах, гэта значыць можна прыгатаваць водныя растворы гэтых кіслот любога саставу. Па меры павелічэння колькасці атамаў вугляроду ў вуглевадародным радыкале растваральнасць карбонавых кіслот у вадзе памяншаецца. Вышэйшыя карбонавыя кіслоты — пальміцінавая і стэарынавая — у вадзе нерастваральныя.

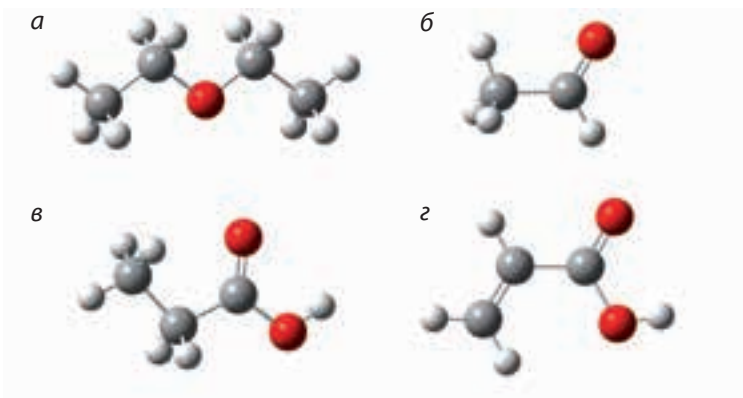
Па сістэматычнай наменклатуры карбаксільная група абазначаецца спалучэннем «-авая кіслата».

У адпаведнасці з сістэматычнай наменклатурай назва карбонавай кіслаты складаецца з назвы вуглевадароду з тым самым, што і ў кіслаты, лікам атамаў вугляроду ў малекуле і канчатка «-авая кіслата». Нумарацыю атамаў вугляроду галоўнага ланцуга пачынаюць з атама вугляроду карбаксільнай групы.

Паміж малекуламі карбонавых кіслот утвараюцца вадародныя сувязі, што абумоўлівае іх высокія тэмпературы кіпення.

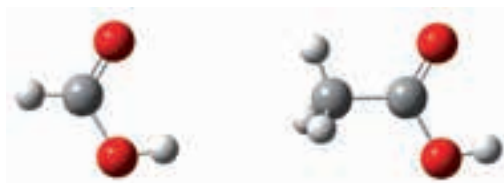
Пытанні і заданні

1. Укажыце шарастрыжнёвую мадэль прапанавай кіслаты:



Напішыце структурныя формулы аднаасноўных карбонавых кіслот са стэву $C_5H_{10}O_2$ і назавіце іх па сістэматычнай наменклатуры.

2. На малюнку прыведзены мадэлі малекул мурашынай і воцатнай кіслот:

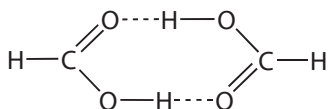


Укажыце тыпы гібрыдызацыі атамаў вугляроду ў малекулах гэтых злучэнняў і прыблізныя значэнні валентных вуглоў.

3. Размясціце ў парадку павелічэння тэмпературы кіпення наступныя рэчывы: этанол, воцатны альдэгід, воцатная кіслата. Адказ растлумачце.

4. Адлюструйце ўтварэнне вадародных сувязей паміж малекуламі воцатнай кіслаты і вады.

5. За кошт утварэння вадародных сувязей у пары мурашыная кіслата існуе як у выглядзе асобных малекул, так і ў выглядзе цыклічных дымераў:



Вызначце сярэднюю малярную масу пары, якая складаецца з мурашынай кіслаты і яе дымера, калі вядома, што ў пары на 100 малекул мурашынай кіслаты прыходзіцца 30 малекул дымера.

§ 33. Хімічныя ўласцівасці насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот

Хімічныя ўласцівасці карбонавых кіслот шмат у чым абумоўлены наяўнасцю ў іх малекулах карбаксільнай групы.

1. Кіслотныя ўласцівасці

Кіслотныя ўласцівасці карбонавых кіслот выяўлены значна мацней, чым у спіртоў і фенолу. У водным растворе малекулы карбонавых кіслот дысацыіруюць на катыён вадароду H^+ і аніён кіслотнага астатку RCOO^- :



У табліцы 33.1 прыведзены формулы і назвы кіслотных астаткаў некаторых карбонавых кіслот.

Табліца 33.1. Формулы і назвы кіслотных астаткаў карбонавых кіслот (у дужках прыведзены трывіяльныя назвы)

Формула	Назва
$\text{H}-\text{COO}-$	метанаат (фармат)
$\text{CH}_3-\text{COO}-$	этанаат (ацэтат)

Заканчэнне табліцы 33.1

Формула	Назва
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$	прапанаат
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$	бутанаат
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$	пентанаат

Пры дысацыяцыі карбонавых кіслот утвараюцца іоны H^+ , таму раствору карбонавых кіслот змяняюць афарбоўку індикатараў і маюць кіслы смак. Ад слова «кіслы» і паходзіць назва «кіслоты». Сапраўды, прысутнасць карбонавых кіслот у разнастайнай агародніне і садавіне надае ім кіслы смак (мал. 31.1, с. 180).

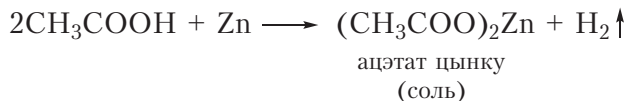
Для выяўлення іонаў H^+ у лабараторыі выкарыстоўваюць *індыкатары*. Растворы карбонавых кіслот змяняюць афарбоўку лакмусу з фіялетавай на ружовую, а метыларанжу з аранжавай на чырвоную. Растворы спіртоў і фенолу на індикатары не дзейнічаюць.

Карбонавыя кіслоты з'яўляюцца слабымі кіслотамі, гэта значыць дысацыіруюць на іоны ў нязначнай ступені. Напрыклад, у раствору воцатнай кіслаты з масавай доляй CH_3COOH , роўнай 6 %, толькі адна з прыкладна 250 малекул дысацыіруе на катыён вадароду і аніён кіслотнага астатку. Паколькі ў раствору карбонавай кіслаты пераважаюць малекулы, а не іоны, у іонных ураўненнях рэакцый формулы карбонавых кіслот трэба запісваць у малекулярным выглядзе.

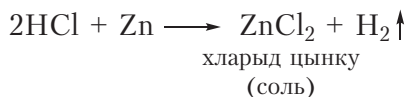
Утварэнне іонаў вадароду ў выніку дысацыяцыі абумоўлівае праяўленне карбонавымі кіслотамі ўласцівасцей, агульных з неарганічнымі кіслотамі. Разгледзім іх і параўнаем з уласцівасцямі неарганічных кіслот.

Узаемадзеянне з металамі

Карбонавыя кіслоты ўзаемадзейнічаюць з актыўнымі металамі, напрыклад, з Mg, Al, Zn. У выніку ўтвараецца соль карбонавай кіслаты і вылучаецца вадарод:



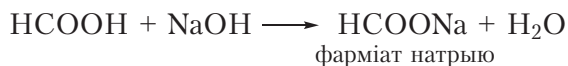
Параўнайце прыведзенае ўраўненне рэакцыі з ураўненнем, што апісвае ўзаемадзеянне цынку з салянай кіслотай:



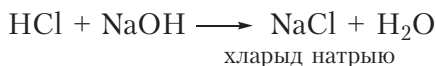
Трэба адзначыць, што пры ўзаемадзеянні цынку з моцнай салянай кіслотай назіраецца больш інтэнсіўнае вылучэнне вадароду, чым пры ўзаемадзеянні са слабымі карбонавымі кіслотамі.

Узаемадзеянне з гідраксідамі металаў

Як і неарганічныя кіслоты, карбонавыя кіслоты рэагуюць з гідраксідамі металаў, пры гэтым утвараецца соль карбонавай кіслаты і вада:

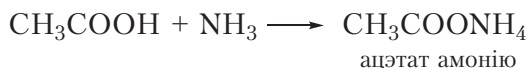


Падобным чынам з гідраксідам натрыю рэагуе і саляная кіслата:

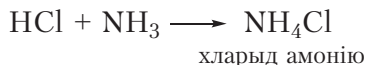


Узаемадзеянне з аміякам

Карбонавыя кіслоты ўступаюць у рэакцыю з аміякам з утварэннем солей амонію:

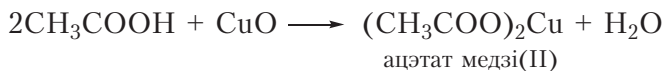


Параўнайце прыведзенае ўраўненне рэакцыі з ураўненнем, што апісвае ўзаемадзеянне аміяку з салянай кіслотай:



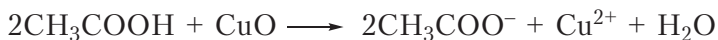
Узаемадзеянне з аксідамі металаў

Карбонавыя кіслоты ўзаемадзейнічаюць з аксідамі металаў, пры гэтым утвараецца соль і вада:



Пры награванні ў прабірцы чорнага парашку CuO з бясколерным растворам воцатнай кіслаты назіраецца паступовае растварэнне асадку

і афарбоўванне раствору ў блакітны колер (мал. 33.1). Блакітную афарбоўку раствору надаюць іоны медзі Cu^{2+} . Працэс пераходу іонаў Cu^{2+} у раствор наглядна адлюстроўвае іоннае ўраўненне дадзенай рэакцыі:

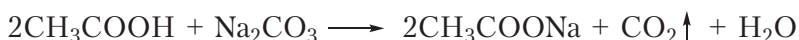


Узаемадзеянне з солямі вугальнай кіслаты

Карбонавыя кіслоты мацнейшыя, чым вугальная кіслата, таму выпяняюць яе з солей. Нагадаем, што вугальная кіслата няўстойлівая і адразу ж распадаецца на ваду і вуглякіслы газ:



Таму пры дзеянні карбонавых кіслот на солі вугальнай кіслаты назіраецца вылучэнне газу:



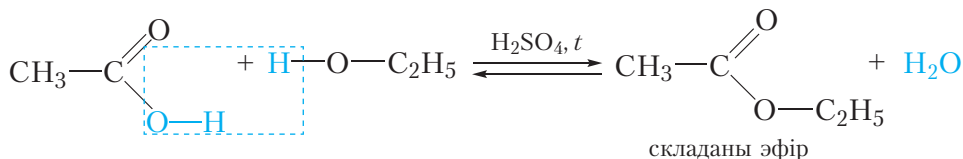
Узаемадзеянне з солямі вугальнай кіслаты — якасная рэакцыя на карбонавыя кіслоты.

Гэту рэакцыю часта ажыццяўляюць у побыце. У многіх кулінарных рэцэптах так апісваецца прыгатаванне разрыхляльніка для цеста: «бяром соду, пагашаную воцатам». Формула пітной соды — NaHCO_3 . Прывядзём ураўненне рэакцыі, якая пры гэтым адбываецца:



2. Узаемадзеянне са спіртамі. Этэрыфікацыя

Акрамя праяўлення тыповых кіслотных уласцівасцей, карбаксільная група карбонавай кіслаты можа ўдзельнічаць у іншых хімічных рэакцыях. Адной з такіх рэакцый з'яўляецца ўтварэнне складаных эфіраў пры ўзаемадзеянні са спіртамі:



Мал 33.1. Растварэнне аксідку медзі(II) у воцатнай кіслаце



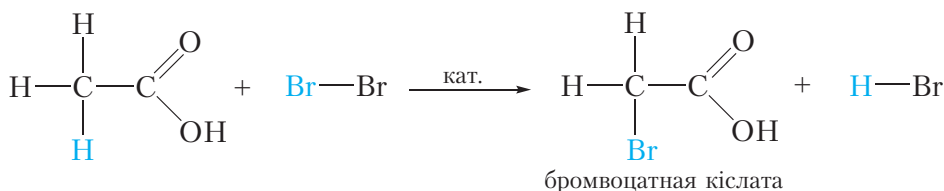
Відэа 33.1. Узаемадзеянне карбанату натрыю з воцатнай кіслатой

На практыцы дадзеную рэакцыю праводзяць наступным чынам. У прабірку змяшчаюць па 2–3 см³ канцэнтраванай воцатнай кіслаты і этылавага спірту, потым дабаўляюць 1–2 кроплі канцэнтраванай сернай кіслаты (яна з’яўляецца каталізатарам). Пасля непрацяглага награвання сумесі адчуваецца спецыфічны прыемны пах. Гэты пах сведчыць аб утварэнні новага рэчыва — *складанага эфіру*.

Рэакцыя, якая працякае, носіць назву *рэакцыя этэрыфікацыі*. Больш падрабозна складаныя эфіры будуць разгледжаны ў наступным раздзеле.

3. Замяшчэнне атама вадароду ў вуглевадародным радыкале на галаген

Важнай уласцівасцю карбонавых кіслот з’яўляецца здольнасць уступаць у рэакцыю замяшчэння атамаў вадароду вуглевадароднага радыкала на галаген (хлор або бром):



Гэту рэакцыю праводзяць у прысутнасці чырвонага фосфару.

Трэба адзначыць, што ў падобных рэакцыях адбываецца замяшчэнне атама вадароду пры суседнім з карбаксільнай групай атаме вугляроду. У выніку ўтвараюцца галагензамешчаныя карбонавыя кіслоты, якія шырока выкарыстоўваюцца ў арганічным сінтэзе. З’яўленне атама галагену побач з карбаксільнай групай прыводзіць да ўзмацнення кіслотных уласцівасцей. Так, бромвоцатная кіслата прыкладна ў 70 разоў мацней, чым воцатная.



* Вытворныя
карбонавых кіслот

З некаторымі вытворнымі карбонавых кіслот вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Карбонавыя кіслоты з’яўляюцца слабымі кіслотамі. У водным раствору яны абарачальна дысацыіруюць на катыён вадароду H⁺ і аніён кіслотнага астатку RCOO⁻.

Утварэнне іонаў вадароду ў выніку дысацыяцыі абумоўлівае працягленне карбонавымі кіслотамі ўласцівасцей, агульных з неарганічнымі кіслотамі: яны змяняюць афарбоўку індикатараў, рэагуюць з актыўнымі металамі, аксідамі і гідраксідамі металаў, аміякам, выцягваюць вугальную кіслату з солей.

Карбонавыя кіслоты ў прысутнасці сернай кіслаты рэагуюць са спіртамі з утварэннем складаных эфіраў. Такая рэакцыя называецца рэакцыяй этэрыфікацыі.

Атам вадароду ў вуглевадародным радыкале карбонавай кіслаты можа замяшчацца на атам галагену.

Пытанні і заданні

1. У якія колеры афарбоўвае раствор воцатнай кіслаты лакмус, фенолфталеін і метыларанж?

2. Напішыце ўраўненні рэакцый (у малекулярнай і іоннай формах) узаемадзеяння воцатнай кіслаты з наступнымі рэчывамі: а) гідраксід калію; б) магній; в) аксід кальцыю; г) карбанат барыю.

3. У чатырох непадпісаных прабірках знаходзяцца водныя растворы рэчываў: этанолу, гліцэрыны, этанолу і воцатнай кіслаты. У вашым распараджэнні маюцца водныя растворы рэчываў: соды (NaHCO_3), сульфату медзі(II) і гідраксиду натрыю. Як пры дапамозе наяўных рэактываў адрозніць рэчывы ў прабірках? Падрабязна апішыце ход эксперыменту і назірання. Састаўце адпаведныя ўраўненні рэакцый.

4. Рэчыва **A** саставу $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$, якое мае неразгалінаваны вугляродны шкілет, рэагуе з металічным натрыем з утварэннем арганічнага рэчыва **B**. Пры дэгідратацыі рэчыва **A** ўтвараецца алкен **B**, здольны існаваць у выглядзе *цыс*- і *транс*-ізамераў.

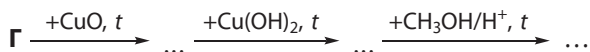
а) Прывядзіце формулу алкену **B** і адпаведныя формулы і назвы *цыс*- і *транс*-ізамераў.

б) Прывядзіце структурныя формулы рэчываў **A** і **B**.

в) Напішыце ўраўненні ўсіх апісаных у задачы рэакцый і ўкажыце ўмовы іх працякання.

г) Рэчыва **Г** з'яўляецца ізамерам рэчыва **A**. Рэчыва **Г** не змяшчае трацічных атамаў вугляроду і рэагуе з металічным натрыем. Прывядзіце структурную формулу рэчыва **Г**.

д) Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:



Практычная работа 2

Параўнанне ўласцівасцей карбонавых і неарганічных кіслот

Мэта работы: даследаваць хімічныя ўласцівасці карбонавых кіслот і параўнаць іх з хімічнымі ўласцівасцямі неарганічных кіслот.

Абсталяванне і рэактывы: штатыў з прабіркамі, спіртоўка, трымальнік для прабірак, водныя растворы воцатнай і хлоравадароднай кіслот, аксід медзі(II), растворы шчолачы і соды, цынк (гранулы), растворы індыкатараў, індыкатарная папера. Для дадатковага эксперыменту — розная садавіна і ягады.

Ход работы

Ажыццявіце ўзаемадзеянне воцатнай і хлоравадароднай кіслот з выдадзенымі вам рэчывамі. Параўнайце з'явы, якія назіраюцца. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць, у малекулярнай і іоннай формах.

Дадатковы эксперымент

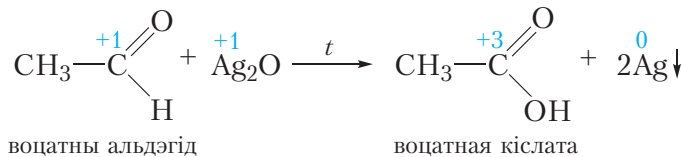
Выпрабуйце растворамі лакмусу, метыларанжу і індыкатарнай паперай сокі лімона, яблыка, журавін і іншых кіслых пладоў. Пераканайцеся ў прысутнасці кіслот у іх саставе.

§ 34. Атрыманне і прымяненне насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот

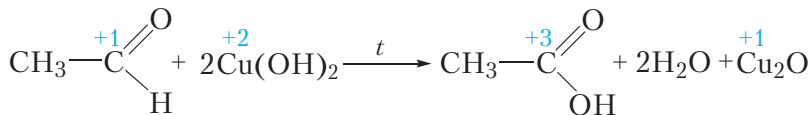
Атрыманне

1. Акісленне альдэгідаў і спіртоў

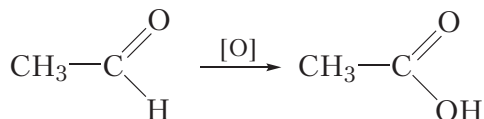
Як вы ўжо ведаеце, карбонавыя кіслоты ўтвараюцца пры акісленні альдэгідаў:



або



У арганічнай хіміі ў схемах працэсаў акіслення часта выкарыстоўваюць сімвал кіслароду ў квадратных дужках [O]. Тады прыведзеныя вышэй ураўненні рэакцый можна запісаць у выглядзе схемы:



да ежы і кансервант. Акрамя таго, воцатная кіслата выкарыстоўваецца для атрымання ацэтатнага шоўку (§ 44) і сінтэзу лекаў. Так, аспірын з'яўляецца складаным эфірам воцатнай кіслаты.

Складаныя эфіры карбонавых кіслот прымяняюцца ў якасці растваральнікаў і духмяных рэчываў.

Натрыевыя і каліевыя солі пальміцінавай і стэарынавай кіслот валодаюць мыйнымі ўласцівасцямі і з'яўляюцца састаўной часткай мыйных сродкаў.

Карбонавыя кіслоты могуць быць атрыманы акісленнем альдэгідаў і спіртоў.

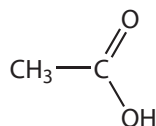
Воцатную кіслату атрымліваюць акісленнем бутану кіслародам на каталізатары.

Пытанні і заданні

1. Які спірт трэба акісліць для атрымання кіслаты, формула якой $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$? Напішыце схему дадзенай рэакцыі. Дайце назвы арганічным рэчывам.

2. Прыведзіце структурную формулу і назву карбонавай кіслаты **X**, якая з'яўляецца ізамерам бутанавай кіслаты. Як можна атрымаць кіслату **X**, маючы ў распараджэнні адпаведны альдэгід, сульфат медзі(II), раствор гідраксиду натрыю і дыстыляваную ваду? Напішыце ўраўненні ўсіх неабходных рэакцый, укажыце ўмовы іх працякання і растлумачце з'явы, якія назіраюцца.

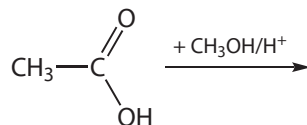
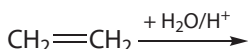
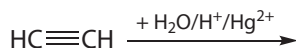
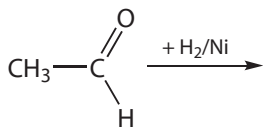
3. Укажыце сцверджанні, справядлівыя для рэчыва, формула якога:



1. Прымяняецца ў харчовай прамысловасці
2. Выцясняе вугальную кіслату з солей
3. У адрозненне ад этанолу, рэагуе з растворам гідраксиду натрыю
4. Афарбоўвае метыларанж у чырвоны колер
5. Можа быць атрымана акісленнем этанолу KMnO_4 у прысутнасці сернай кіслаты
6. Можа быць атрымана шляхам далучэння вады да этыну
7. Рэагуе з цынкам з вылучэннем вадароду
8. Гамолаг этанолу

4. У выніку награвання воднага раствору рэчыва **A** з аміячным растворам аксіду серабра на сценках прабіркi ўтварыўся бліскучы налёт.

Укажыце спосаб атрымання рэчыва **A**:



5. Разлічыце масу воцатнай кіслаты, якую можна атрымаць каталітычным акісленнем 1 м³ бутану (н. у.), калі выхад прадукту рэакцыі складае 95 %.

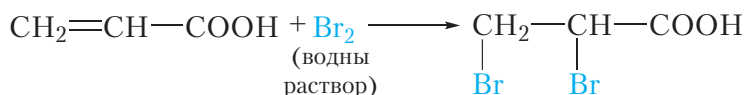
§ 35. Ненасычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты

Раней упаміналася, што найпрасцейшай ненасычанай карбонавай кіслотой з'яўляецца акрылавая кіслата:

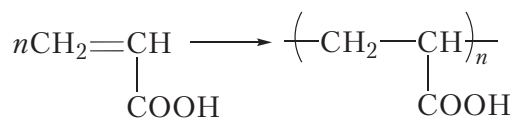


Акрылавая кіслата ўяўляе сабой бясколерную вадкасць з рэзкім пахам, добра растваральную ў вадзе, тэмпература яе кіпення роўна 141 °С.

Так як нараўне з карбаксільнай групай акрылавая кіслата змяшчае двойную сувязь С=С, то яна праяўляе ўласцівасці, характэрныя і для кіслот, і для алкенаў. Сапраўды, для акрылавай кіслаты характэрны ўсе ўласцівасці карбонавых кіслот — яна рэагуе з металамі, аксідамі металаў, шчолачамі, утварае складаныя эфіры са спіртамі. Таксама як і алкены, акрылавая кіслата ўступае ў рэакцыі далучэння па двойной сувязі С=С. Напрыклад, акрылавая кіслата абясколервае бромную вадку:



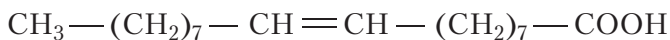
Падобна алкенам, акрылавая кіслата і яе вытворныя ўступаюць у рэакцыю полімерызацыі:



Палімеры на аснове акрылавай кіслаты шырока выкарыстоўваюцца для атрымання арганічнага шкла, сінтэтычных валокнаў і інш.

Сярод ненасычаных аднаасноўных карбонавых кіслот асабліваю цікавасць прадстаўляюць алеінавая $\text{C}_{17}\text{H}_{33}-\text{COOH}$, ліналевая $\text{C}_{17}\text{H}_{31}-\text{COOH}$ і ліналенавая $\text{C}_{17}\text{H}_{29}-\text{COOH}$ кіслоты, вуглевадародныя радыкалы якіх змяшчаюць адну, дзве і тры двайныя сувязі адпаведна.

Усе гэтыя кіслоты маюць неразгалінаваную будову, іх структурныя формулы:



алеінавая кіслата



ліналевая кіслата



ліналенавая кіслата

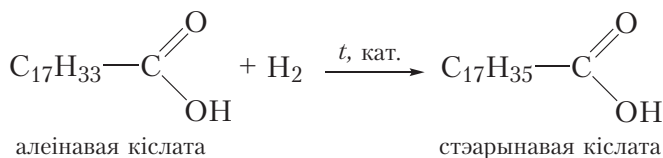
Астаткі дадзеных кіслот уваходзяць у састаў тлушчаў. Таму, таксама як пальміцінавая і стэарынавая кіслоты, яны называюцца *вышэйшымі тлустымі кіслотамі*.

Таксама як пальміцінавая і стэарынавая кіслоты, ненасычаныя вышэйшыя тлустыя кіслоты нерастваральныя ў вадзе.

Алеінавая, ліналевая і ліналенавая кіслоты, падобна ненасычаным вуглевадародам, могуць уступаць у рэакцыі далучэння па сувязях $\text{C}=\text{C}$. Напрыклад, у выніку далучэння вадароду, алеінавая кіслата ператвараецца ў стэарынавую:



Відэа 35.1. Абясколерванне бромнай вады алеінавай кіслотой

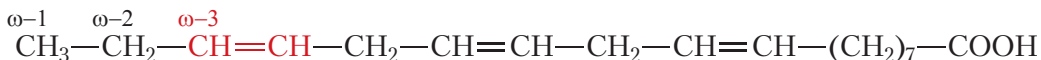


алеінавая кіслата

стэарынавая кіслата

Ненасычаныя вышэйшыя тлустыя кіслоты абясколерваюць бромную ваду (відэа 35.1).

Ліналенавая кіслата з'яўляецца адной з так званых амега-3 кіслот, бо змяшчае двойную сувязь у амега-3 пазіцыі:



Карысць такіх кіслот для арганізма чалавека ў цяперашні час не выклікае сумненняў. Гэтыя кіслоты не сінтэзуюцца нашым арганізмам, таму вялікае значэнне мае ўжыванне ў ежу прадуктаў, багатых гэтымі рэчывамі: тлустых гатункаў рыбы, авакада, ільнянога алею і г. д.

Ненасычаныя карбонавыя кіслоты праяўляюць хімічныя ўласцівасці, характэрныя для карбонавых кіслот і ненасычаных вугледадародаў.

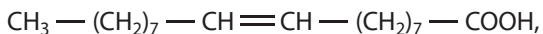
Як і іншыя карбонавыя кіслоты, ненасычаныя кіслоты рэагуюць з металамі, аксідамі і гідраксідамі металаў, уступаюць у рэакцыю этэрыфікацыі.

Падобна ненасычаным вугледадародам, ненасычаныя карбонавыя кіслоты ўступаюць у рэакцыі далучэння па сувязях $\text{C}=\text{C}$.

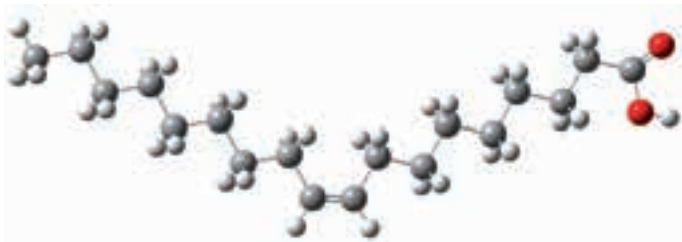
Астаткі ненасычаных вышэйшых карбонавых кіслот уваходзяць у састаў тлушчаў.

Пытанні і заданні

1. Выведзіце агульную формулу гамолагаў акрылавай кіслаты.
2. Укажыце назвы кіслот, якія з'яўляюцца гамолагамі: алеінавая, ліналеявая, пальміцінавая, стэарынавая.
3. Рэчыва, структурная формула якога:



можа існаваць у выглядзе двух прасторавых ізамераў. *Цыс*-ізамер — гэта алеінавая кіслата, а *транс*-ізамер — элаідынавая кіслата. Прывядзіце формулы алеінавай і элаідынавай кіслот. Шарастрыжнёвая мадэль якой з гэтых кіслот адлюстравана на малюнку?



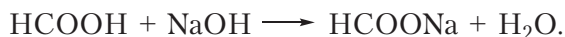
§ 36. Вылічэнні па ўраўненнях рэакцый, якія працякаюць у растворах

Рашэнне разліковых задач, у якіх фігуруюць не індывідуальныя рэчывы, а іх растворы, прынцыпова не адрозніваецца ад рашэння звычайных задач, якія патрабуюць разліку па ўраўненню хімічнай рэакцыі. У гэтым выпадку неабходна папярэдне вылічыць змяшчэнне рэагуючых рэчываў у растворы (гэта можа быць маса або колькасць), потым неабходна выканаць разлік па ўраўненню хімічнай рэакцыі, якая працякае. Разгледзім прыклады такіх задач і іх рашэнне.

Прыклад 1. Маецца 50 г воднага раствору мурашынай кіслаты з масавай доляй HCOOH , роўнай 10 %. Разлічыце масу 5%-га раствору NaOH , які спатрэбіцца для нейтралізацыі кіслаты.

Рашэнне

Ураўненне рэакцыі, якая працякае:



Разлічым масу кіслаты:

$$m(\text{к-ты}) = \omega \cdot m(\text{р-ру}) = 0,1 \cdot 50 = 5 \text{ г.}$$

Разлічым колькасць кіслаты:

$$n = \frac{m(\text{к-ты})}{M(\text{к-ты})} = \frac{5}{46} = 0,109 \text{ моль.}$$

З ураўнення рэакцыі вынікае, што для нейтралізацыі кіслаты спатрэбіцца 0,109 моль шчолачы.

Разлічым масу шчолачы:

$$m(\text{NaOH}) = n \cdot M = 0,109 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 4,36 \text{ г.}$$

Разлічым масу 5%-га раствору NaOH :

$$m(\text{р-ру}) = \frac{m(\text{NaOH})}{\omega(\text{NaOH})} = \frac{4,36}{0,05} = 87,2 \text{ г.}$$

Адказ: спатрэбіцца 87,2 г 5%-га раствору шчолачы.

Прыклад 2. Які аб'ём 6%-га раствору воцатнай кіслаты шчыльнасцю $1,007 \text{ г/см}^3$ спатрэбіцца для таго, каб «пагасіць» 3 г пітной соды? Які аб'ём вуглякіслага газу (н. у.) пры гэтым вылучыцца?

Рашэнне

Ураўненне рэакцыі ўзаемадзеяння пітной соды з воцатнай кіслатой:



Разлічым колькасць соды:

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{M(\text{NaHCO}_3)} = \frac{3}{84} = 0,0357 \text{ моль}.$$

Разлічым аб'ём 6%-га раствору воцатнай кіслаты шчыльнасцю $1,007 \text{ г/см}^3$, які спатрэбіцца для ўзаемадзеяння з гідракарбанатам натрыю колькасцю 0,0357 моль:

$$m(\text{к-ты}) = n \cdot M = 0,0357 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 2,14 \text{ г};$$

$$m(\text{р-ру}) = \frac{m(\text{к-ты})}{\omega(\text{к-ты})} = \frac{2,14}{0,06} = 35,7 \text{ г}.$$

$$V(\text{р-ру}) = \frac{m(\text{р-ру})}{\rho(\text{р-ру})} = \frac{35,7}{1,007} = 35,5 \text{ см}^3.$$

Разлічым аб'ём 0,0357 моль вуглякіслага газу (н. у.), які вылучыцца ў выніку дадзенай рэакцыі:

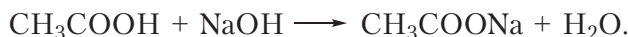
$$V(\text{CO}_2) = V_m \cdot n = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} \cdot 0,0357 \text{ моль} = 0,800 \text{ дм}^3.$$

Адказ: спатрэбіцца $35,5 \text{ см}^3$ кіслаты, вылучыцца $0,800 \text{ дм}^3$ вуглякіслага газу.

Прыклад 3. Для поўнай нейтралізацыі воцатнай кіслаты, растворанай у 30 см^3 вады, спатрэбілася $23,4 \text{ см}^3$ раствору гідраксиду натрыю з малярнай канцэнтрацыяй $0,5 \text{ моль/дм}^3$. Разлічыце масавую долю воцатнай кіслаты ў зыходным растворе.

Рашэнне

Ураўненне рэакцыі, якая працякае:



Разлічым колькасць гідраксиду натрыю, зрасходаванага на нейтралізацыю воцатнай кіслаты:

у 1000 см^3 — 0,5 моль NaOH;

у $23,4 \text{ см}^3$ — x моль NaOH;

$x = 0,0117$.

З ураўнення рэакцыі вынікае, што ў растворы воцатнай кіслаты змяшчалася 0,0117 моль рэчыва. Маса воцатнай кіслаты:

$$m(\text{к-ты}) = n \cdot M = 0,0117 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 0,702 \text{ г.}$$

Разлічым масавую долю воцатнай кіслаты ў зыходным растворы. Напомнім, што агульная маса раствору складаецца з сумы мас растваральніка і растваранага рэчыва. Шчыльнасць вады роўна $1,0 \text{ г/см}^3$.

$$\omega = \frac{m(\text{к-ты})}{m(\text{р-ру})} = \frac{0,702}{0,702 + 30} \cdot 100 = 2,29 \, \%.$$

Адказ: 2,29 %.

Вылічэнні па ўраўненнях рэакцый, якія працякаюць у растворах, прынцыпова не адрозніваюцца ад звычайных разлікаў па ўраўненнях хімічных рэакцый.

Для рашэння задач такога тыпу неабходна, выкарыстоўваючы даныя па саставе раствораў, разлічыць колькасці рэагуючых рэчываў, потым выканаць разлік па ўраўненню рэакцыі.

Пытанні і заданні

1. Разлічыце масу ацэтату натрыю, які спатрэбіцца для прыгатавання 100 см^3 яго раствору з малярнай канцэнтрацыяй, роўнай $0,2 \text{ моль/дм}^3$.

2. У вадзе растварана прапанавая кіслата масай 5,92 г. Разлічыце аб'ём 10%-га раствору гідраксиду калію шчыльнасцю $1,09 \text{ г/см}^3$, які спатрэбіцца для нейтралізацыі кіслаты.

3. У рэцэпце прыгатавання цеста было запісана наступнае: «Адную чайную ложку соды пагасіце некалькімі сталовымі ложкамі 6%-га воцату». Толькі гаспадыня забылася запісаць, колькі сталовых ложкаў воцату для гэтага спатрэбіцца. Аднавіце гэту частку рэцэпту. Улічыце, што ў чайнай ложцы змяшчаецца прыкладна 3 г соды, а ёмістасць сталовай ложка — прыкладна 10 см^3 . Шчыльнасць 6%-га раствору воцатнай кіслаты роўна $1,007 \text{ г/см}^3$.

§ 37. Узаемасувязь паміж вугледадародамі, спіртамі, альдэгідамі, карбонавымі кіслотамі

У ходзе вывучэння арганічнай хіміі вы маглі пераканацца, што паміж асобнымі класамі арганічных злучэнняў існуе ўзаемасувязь, якая дазваляе ажыццяўляць сінтэз адных злучэнняў з другіх. Прывядзём прыклады задач, якія можна рашыць, выкарыстоўваючы веды аб ўзаемасувязі злучэнняў розных класаў.

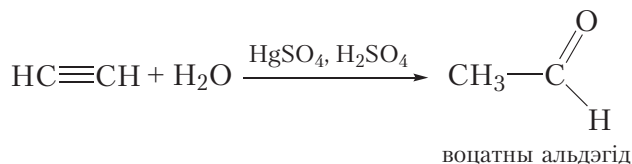
Прыклад 1. *Прапануйце спосаб атрымання воцатнай кіслаты з ацэтылену.*

Разгледзім структурныя формулы ацэтылену і воцатнай кіслаты:

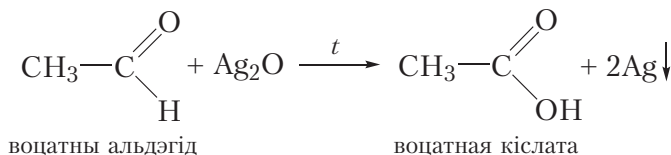


Мы не ведаем хімічную рэакцыю, якая дазваляе непасрэдна атрымаць воцатную кіслату з ацэтылену. Таму для ажыццяўлення гэтага ператварэння спатрэбіцца некалькі стадый.

Агульным спосабам атрымання карбонавых кіслот з'яўляецца акісленне адпаведных альдэгідаў. Такім чынам, спачатку неабходна атрымаць з ацэтылену воцатны альдэгід:



Далей акісляем воцатны альдэгід да воцатнай кіслаты:



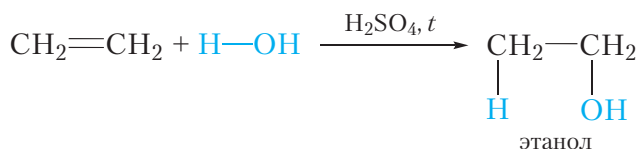
Прыклад 2. Прапануйце спосаб атрымання воцатнай кіслаты з этылену.

Разгледзім структурныя формулы этылену і воцатнай кіслаты:

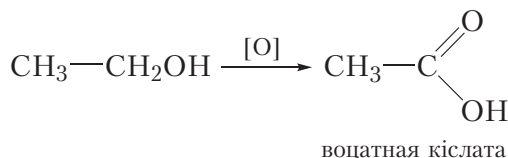


Для ажыццяўлення гэтага ператварэння зноў спатрэбіцца некалькі стадый.

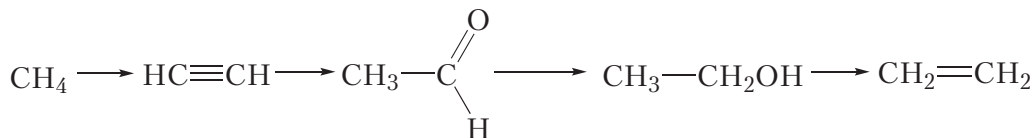
Успомнім, што карбонавыя кіслоты можна атрымаць пры акісленні не толькі альдэгідаў, але і спіртоў (без вылучэння прамежкавага альдэгіду, які ўтварыўся). У прыватнасці, воцатную кіслату можна атрымаць акісленнем этанолу растворам KMnO_4 у прысутнасці сернай кіслаты. Такім чынам, нам неабходна атрымаць з этылену этанол:



Далей акісляем этанол да воцатнай кіслаты:

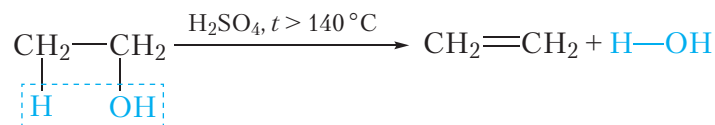
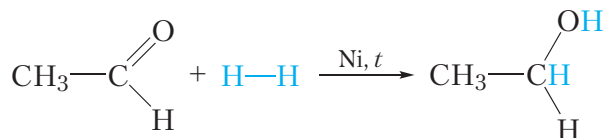
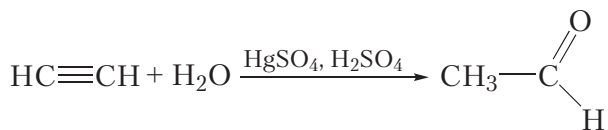


Прыклад 3. Прывядзіце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:



Кожнае з указаных ператварэнняў можна ажыццявіць у адну стадыю. Прывядзём ураўненні адпаведных рэакцый:





Існуе ўзаемасувязь паміж вуглеадаародамі, спіртамі, альдэгідамі і карбонавымі кіслотамі, дзякуючы чаму можна атрымліваць са злучэнняў аднаго класа злучэнні іншых класаў.

Альдэгіды атрымліваюць акісленнем спіртоў, аднаўленне альдэгідаў прыводзіць да спіртоў.

Карбонавыя кіслоты атрымліваюць акісленнем спіртоў і альдэгідаў.

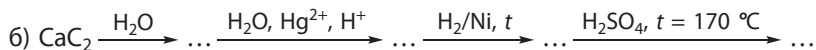
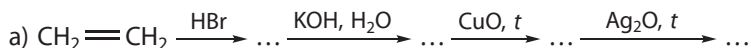
Пытанні і заданні

1. У выніку якіх працэсаў: акіслення або аднаўлення — можна ажыццявіць ператварэнне спіртоў у альдэгіды, а потым у карбонавыя кіслоты?

2. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна атрымаць этаналь з этану. На першай стадыі павінна працякаць рэакцыя галагенавання.

3. З прапаналю атрымайце: а) прапанавую кіслату; б) прапанол-1; в) прапан.

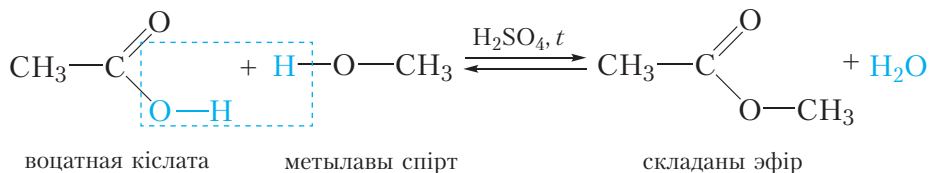
4. Дапоўніце схемы ператварэнняў:



§ 38. Складаныя эфіры

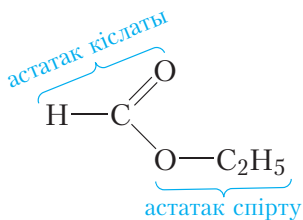
Наменклатура

Вывучаючы карбонавыя кіслоты, мы пазнаёміліся з рэакцыяй этэрыфікацыі — утварэннем складанага эфіру пры ўзаемадзеянні карбонавай кіслаты са спіртам:



Назву складанага эфіру складаюць з назваў спірту і кіслаты, з якіх ён утвараецца. Напрыклад, прыведзены вышэй складаны эфір утварыўся з метылавага спірту і воцатнай кіслаты, таму яго назва — метылавы эфір воцатнай кіслаты. Існуе іншы спосаб пабудовы назваў складаных эфіраў. У гэтым выпадку зыходзяць з назвы адпаведнага кіслотнага астатку (табл. 33.1, с. 187) і звязанага з ім радыкала. У прыведзеным вышэй складаным эфіры астатак воцатнай кіслаты (ацэтат) звязаны з метыльным радыкалам. Такі складаны эфір называецца метылацэтат.

Разгледзім другі прыклад. Дадзім назвы складанаму эфіру:



Як бачна, дадзены эфір утвораны астаткамі этылавага спірту і мурашынай кіслаты. Назва дадзенага эфіру — этылавы эфір мурашынай кіслаты, або этылфарміат.

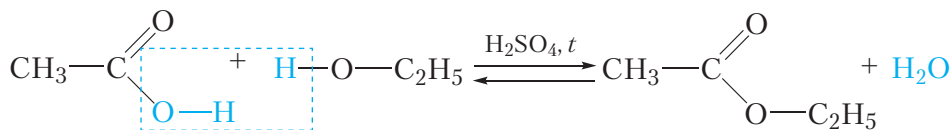
Фізічныя ўласцівасці

Складаныя эфіры найпрасцейшых карбонавых кіслот і спіртоў уяўляюць сабой вадкасці, часта маюць прыемны пах садавіны ці кветак. Напрыклад,

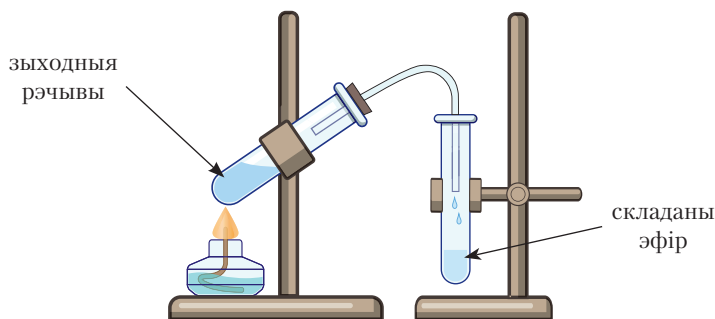
пентылавы эфір воцатнай кіслаты мае пах груш, пентылавы эфір бутанавай кіслаты — пах абрыкосаў, бутылавы эфір бутанавай кіслаты — ананасаў і г. д. Сапраўды, прыемныя пахі кветак і садавіны часта абумоўлены наяўнасцю ў іх саставе складаных эфіраў.

Атрыманне

Складаныя эфіры атрымліваюць па ўжо вядомай вам рэакцыі этэрыфікацыі. Напрыклад, этылавы эфір воцатнай кіслаты можна атрымаць з этанолу і воцатнай кіслаты:



Серная кіслата выступае ў ролі каталізатара. Для правядзення дадзенай рэакцыі выкарыстоўваюць канцэнтраваныя (якія практычна не змяшчаюць ваду) растворы этылавага спірту, воцатнай і сернай кіслаты. У выніку награвання сумесі зыходных рэчываў складаны эфір выдаляецца з рэакцыйнай сумесі ў выглядзе газу і потым кандэнсуецца ў прабірцы-прыёмніку:



Мал. 38.1. Атрыманне складанага эфіру

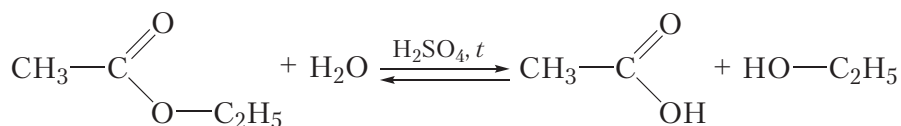
Выдаленне этылавага эфіру воцатнай кіслаты з рэакцыйнай сумесі тлумачыцца тым, што сярод усіх рэчываў, якія ўдзельнічаюць у рэакцыі, этылавый эфір воцатнай кіслаты мае найменшую тэмпературу кіпення $t_{\text{кіп}} = 77^\circ\text{C}$. Параўнальна невысокая тэмпература кіпення складанага эфіру абумоўлена тым, што ў яго малекуле адсутнічаюць палярныя групы —ОН, такім чынам, паміж малекуламі эфіру не могуць утварацца вадародныя сувязі. У малекулах вады, этанолу, воцатнай і сернай кіслот змяшчаюцца групы —ОН,

таму ў гэтых рэчывах маюцца вадародныя сувязі і іх тэмпературы кіпення вышэйшыя, чым у этылавага эфіру воцатнай кіслаты.

Хімічныя ўласцівасці

Кіслотны гідроліз

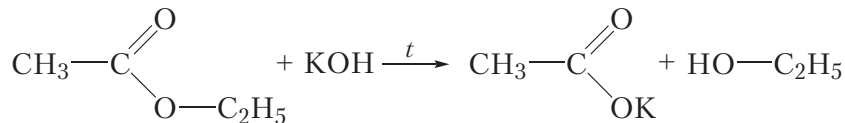
Важная хімічная ўласцівасць складаных эфіраў — узаемадзеянне іх з вадой у прысутнасці сернай кіслаты, якая прыводзіць да ўтварэння карбонавай кіслаты і спірту. Гэта рэакцыя называецца *кіслотным гідролізам* складанага эфіру:



Як бачна, гідроліз складанага эфіру з'яўляецца рэакцыяй, адваротнай рэакцыі этэрыфікацыі. Калі для правядзення рэакцыі этэрыфікацыі выкарыстоўваліся канцэнтраваныя (якія практычна не змяшчаюць ваду) растворы зыходных рэчываў, то гідроліз, наадварот, праводзяць у лішку вады.

Шчолачны гідроліз

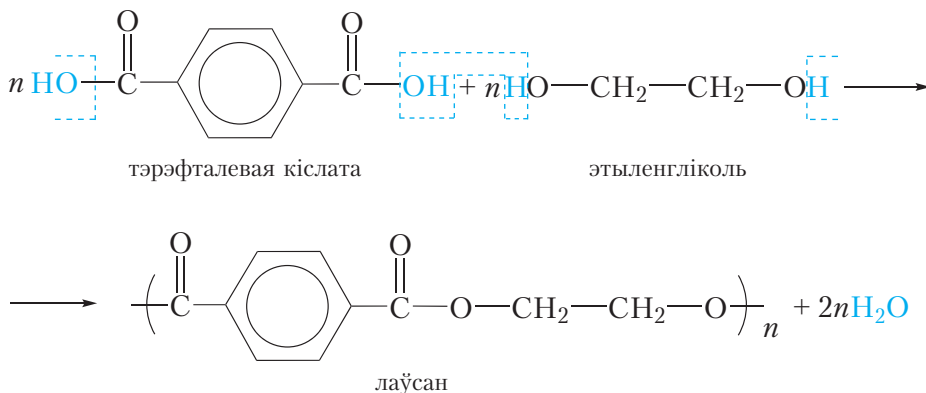
Для таго каб прадухіліць адваротную рэакцыю — узаемадзеянне спірту і кіслаты, якія атрымліваюцца, з утварэннем эфіру — можна праводзіць гідроліз у прысутнасці шчолачы (*шчолачны гідроліз*). У такім выпадку шчолач будзе ператвараць карбонавую кіслату ў соль і тым самым ліквідаваць магчымасць працякання адваротнай рэакцыі:



Прымяненне

Дзякуючы прыемнаму паху, складаныя эфіры прымяняюцца ў вытворчасці фруктовых вод, кандытарскіх вырабаў, касметыкі. Некаторыя складаныя эфіры, напрыклад этылавы эфір воцатнай кіслаты, прымяняюць у якасці растваральнікаў.

Сінтэтычнае валакно **лаўсан** з'яўляецца складаным эфірам палімернай будовы. Яго атрымліваюць у выніку ўзаемадзеяння тэрэфталевай кіслаты і этыленгліколю:



Як бачна, рэчывы ўзаемадзейнічаюць паміж сабой па тыпу рэакцыі этэрыфікацыі, якая мнагакратна паўтараецца, у выніку ўтвараюцца макрамалекулы лаўсану і нізкамалекулярны прадукт — вада. Напомнім, што працэсы, у выніку якіх з нізкамалекулярных рэчываў утвараецца высокамалекулярнае злучэнне і пабочны нізкамалекулярны прадукт, называюцца полікандэнсацияй (§ 30). Так як лаўсан з'яўляецца прадуктам рэакцыі этэрыфікацыі, якая мнагакратна паўтараецца, яго можна назваць поліэфірам, таму лаўсан адносіцца да сінтэтычных поліэфірных валокнаў. У нашай краіне лаўсан атрымліваюць на ААТ «Магілёўхімвалакно».

Складаныя эфіры ўтвараюцца пры ўзаемадзеянні карбонавых кіслот са спіртамі — рэакцыя этэрыфікацыі. Назвы складаных эфіраў складаюць з назваў спірту і кіслаты, з якіх яны ўтвараюцца.

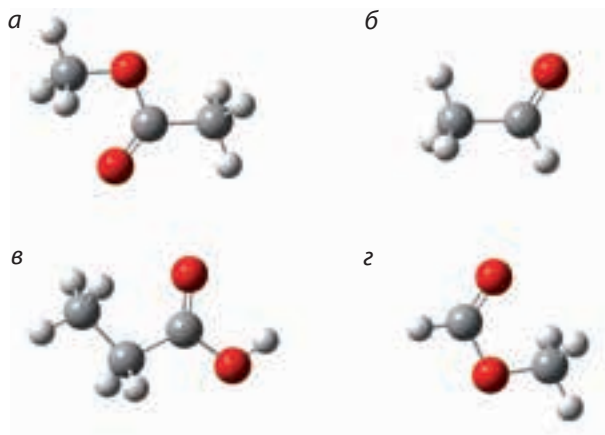
Складаныя эфіры найпрасцейшых карбонавых кіслот і спіртоў — вадкасці з прыемнымі пахамі.

Складаныя эфіры ўзаемадзейнічаюць з вадой з утварэннем адпаведнай карбонавай кіслаты і спірту.

Сінтэтычнае поліэфірнае валакно лаўсан атрымліваюць у выніку рэакцыі полікандэнсцыі паміж тэрэфталевай кіслатай і этыленгліколем.

Пытанні і заданні

1. Укажыце шарастрыжнёвую мадэль метылавага эфіру мурашынай кіслаты:

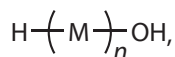


2. Напішыце ўраўненне рэакцыі этэрыфікацыі паміж мурашынай кіслатой і этылавым спіртам. Назавіце складаны эфір, які ўтвараецца.

3. Напішыце структурныя формулы метылавага эфіру мурашынай кіслаты, этылавага эфіру мурашынай кіслаты і метылавага эфіру воцатнай кіслаты. Якія з гэтых рэчываў з'яўляюцца ізамерамі?

4. Вылічыце масу этылавага эфіру воцатнай кіслаты, які можа быць атрыманы пры ўзаемадзеянні 30 г воцатнай кіслаты з 40 г этылавага спірту, калі выхад прадукту рэакцыі складае 75 %.

5*. Структурную формулу макрамалекулы палімера, атрыманага ў выніку рэакцыі полікандэнсацыі, можна прадставіць наступным чынам:



дзе M — структурнае звязно палімера, n — лік астаткаў манамера ў макрамалекуле, H— і —OH канцавыя групы макрамалекулы.

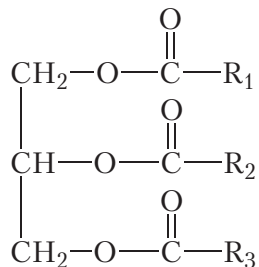
У выніку ўзаемадзеяння этыленгліколю з тэрэфталевай кіслатой утварыўся палімер, у якім лік астаткаў абодвух манамераў аднолькавы. Вызначце сярэдні лік астаткаў этыленгліколю ў макрамалекуле, калі вядома, што маса этыленгліколю, які ўступіў у рэакцыю, роўная 1,86 г, а маса вады, што ўтварылася, — 1,0567 г.

§ 39. Тлушчы

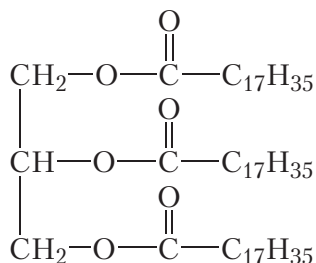
Будова. Фізічныя ўласцівасці

Тлушчы шырока распаўсюджаны ў прыродзе. Разам з вугляводамі і бялкамі яны ўваходзяць у састаў усіх жывых арганізмаў.

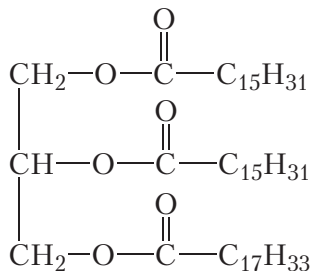
Аснову тлушчаў складаюць складаныя эфіры трохатамнага спірту гліцэрыны і карбонавых кіслот. Такія складаныя эфіры называюцца трыгліцэрыдамі. Агульная формула трыгліцэрыдаў:



Сімваламі R_1 , R_2 і R_3 абазначаны вуглевадародныя радыкалы, якія ўваходзілі ў састаў карбонавых кіслот. Вуглевадародныя радыкалы ў саставе малекулы трыгліцэрыду могуць быць аднолькавымі або рознымі. Напрыклад, калі трыгліцэрыд утвораны астаткамі стэарынавай кіслаты, то ён называецца трыстэарат гліцэрыны:



Прывядзём формулу трыгліцэрыду, які змяшчае два астаткі пальміцінавай і адзін астатак алеінавай кіслаты:



Тлушч з'яўляецца сумессю розных трыгліцэрыдаў. Такім чынам, уласцівасці тлушчу ў многім залежаць ад будовы карбонавых кіслот, астаткі якіх уваходзяць у састаў трыгліцэрыдаў, а таксама ад адноснага змяшчэння гэтых

астаткаў у тлушчы. Часцей у састаў тлушчаў уваходзяць астаткі наступных кіслот: пальміцінавай, стэарынавай, алеінавай, ліналевай, ліналенавай. У табліцы 39.1 прыведзены формулы і тэмпературы плаўлення гэтых кіслот.

Табліца 39.1. Формулы, назвы і тэмпературы плаўлення вышэйшых тлустых карбонавых кіслот

Назва	Формула	Клас	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$
Пальміцінавая кіслата	$\text{C}_{15}\text{H}_{31} - \text{COOH}$	насычаныя	63
Стэарынавая кіслата	$\text{C}_{17}\text{H}_{35} - \text{COOH}$		70
Алеінавая кіслата	$\text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{COOH}$	ненасычаныя	14
Ліналевая кіслата	$\text{C}_{17}\text{H}_{31} - \text{COOH}$		-5
Ліналенавая кіслата	$\text{C}_{17}\text{H}_{29} - \text{COOH}$		-11

Як бачна з даных табліцы, ненасычаныя кіслоты маюць больш нізкія тэмпературы плаўлення, чым насычаныя. Таму тлушчы, якія змяшчаюць вялікую колькасць астаткаў ненасычаных карбонавых кіслот, будуць вадкімі. Такія тлушчы маюць расліннае паходжанне і называюцца алеямі. Тлушчы, якія змяшчаюць вялікую колькасць астаткаў насычаных карбонавых кіслот, — цвёрдыя. Гэта жывёльныя тлушчы.

У табліцы 39.2 прыведзена прыкладная колькасць астаткаў насычаных і ненасычаных карбонавых кіслот у розных вадкіх і цвёрдых тлушчах.

Табліца 39.2. Прыкладная колькасць астаткаў карбонавых кіслот (у % па масе) у саставе тлушчаў

Назва тлушчу	Астаткі насычаных кіслот		Астаткі ненасычаных кіслот		
	пальміцінавая	стэарынавая	алеінавая	ліналевая	ліналенавая
Аліўкавы алей	5	3	78	10	< 1
Сланечнікавы алей	4	4	34	54	< 1
Ялавічны тлушч	28	24	40	3	1
Барановы тлушч	27	26	35	4	3

Як відаць з табліцы 39.2, у аліўкавым і сланечнікавым алеі (раслінныя тлушчы) вялікая колькасць астаткаў ненасычаных кіслот — больш за 85 %. Колькасць астаткаў насычаных кіслот у гэтых тлушчах невялікая — менш за 10 %. У ялавічным і барановым тлушчах (жывёльныя тлушчы), наадварот, вялікая колькасць астаткаў насычаных кіслот — больш за 50 %.

Наяўнасць вялікай колькасці астаткаў ненасычаных кіслот у раслінных тлушчах абумоўлівае асаблівую каштоўнасць іх у якасці кампанентаў здаровага харчавання. У жывым арганізме прысутнасць гэтых рэчываў блакіруе шкодныя працэсы з удзелам свабодных радыкалаў за кошт наяўнасці рэакцыйназдольных двайных сувязей $C=C$. Гэта прадухіляе заўчаснае старэнне і развіццё многіх хвароб. Таму адзін з прынцыпаў здаровага харчавання — ужыванне ў ежу пераважна не жывёльных, а раслінных тлушчаў (аліўкавага, сланечнікавага і іншых алеяў).

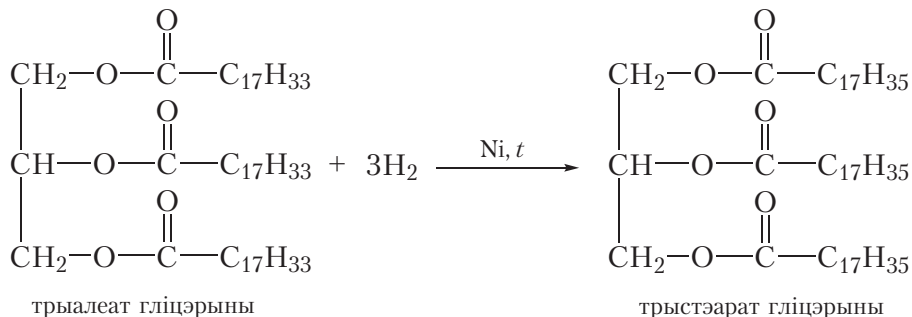
Тлушчы нерастваральныя ў вадзе, але раствараюцца ў арганічных растваральніках.

Хімічныя ўласцівасці

1. Гідрыраванне

Вадкія тлушчы можна ператварыць у цвёрдыя, калі ажыццявіць рэакцыю далучэння вадароду па двайных сувязях $C=C$ астаткаў ненасычаных кіслот. Гэты працэс, які называецца *гідрыраваннем тлушчаў*, шырока выкарыстоўваецца ў прамысловасці для атрымання цвёрдых тлушчаў — зыходных рэчываў для вытворчасці мыйных сродкаў і *маргарыну*.

У якасці прыкладу прывядзём ураўненне рэакцыі гідрыравання трыгліцэрыду алеінавай кіслаты да трыгліцэрыду стэарынавай кіслаты:

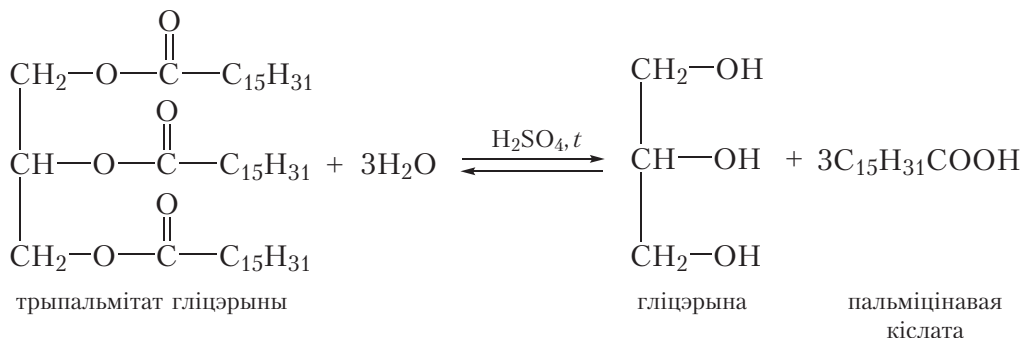


2. Гідроліз

Так як трыгліцэрыды з'яўляюцца складанымі эфірамі, яны падвяргаюцца кіслотнаму і шчолачнаму гідролізу.

Кіслотны гідроліз

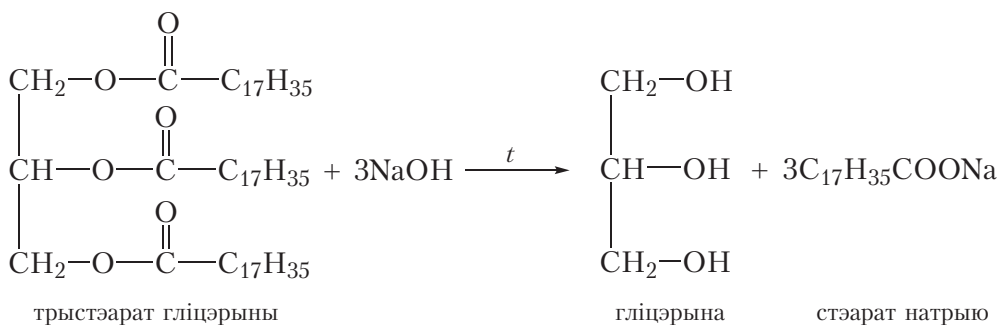
Пры награванні ў прысутнасці кіслот тлушчы гідралізуецца да гліцэрыны і адпаведных карбонавых кіслот. Прыкладзём ураўненне рэакцыі кіслотнага гідролізу на прыкладзе трыгліцэрыду пальміцінавай кіслаты:



Так як тлушч з'яўляецца сумессю трыгліцэрыдаў, то пры гідролізе тлушчу ўтвараецца сумесь карбонавых кіслот і гліцэрыны.

Шчолачны гідроліз

Працэс шчолачнага гідролізу мае асаблівае значэнне, таму што ў выніку разам з гліцэрынай утвараюцца солі карбонавых кіслот. Напрыклад, пры гідролізе трыгліцэрыду стэарынавай кіслаты растворам гідраксіду натрыю ўтвараецца натрыевая соль стэарынавай кіслаты — стэарат натрыю:



Натрыевыя і каліевыя солі вышэйшых тлустых кіслот з'яўляюцца асновай мыла. У сувязі з гэтым рэакцыю шчолачнага гідролізу часам называюць *амыленнем*.

З рэакцыйнай сумесі, якая ўтварылася ў выніку шчолачнага гідролізу тлушчу, солі вышэйшых карбонавых кіслот здабываюць шляхам дабаўлення хларыду натрыю пры перамешванні. Па меры насычэння раствору хларыдам

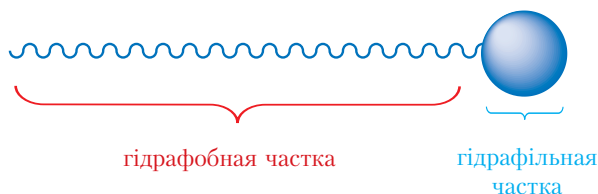
натрыю растваральнасць солей вышэйшых карбонавых кіслот памяншаецца, раствор пачынае мутнець і нарэшце солі вышэйшых тлустых кіслот усплываюць над празрыстай вадкасцю ў выглядзе тварожыстых шматкоў, якія аддзяляюць, прамываюць вадой, дабаўляюць фарбавальнікі, аддушкі і прэсуюць у звычайныя кавалкі мыла.

Мылы. Паняцце аб сінтэтычных мыйных сродках

Разгледзім, як праяўляецца мыйны эффект мыла. У вадзе каліевыя і натрыевыя солі карбонавых кіслот дысацыіруюць на іоны:



Аніён вышэйшай карбонавай кіслаты ўяўляе сабой доўгі вуглевадародны радыкал, звязаны з групай —COO^- . Гэтыя два фрагменты валодаюць процілеглымі ў адносінах да вады ўласцівасцямі. Практычна непалярны вуглевадародны радыкал не раствараецца ў вадзе — з'яўляецца *гідрафобным*. Палярная група —COO^- , наадварот, моцна ўзаемадзейнічае з вадой — з'яўляецца *гідрафільнай*:



Так як гідрафобная частка імкнецца выштурхнуцца з вады, аніёны вышэйшых карбонавых кіслот размяшчаюцца на паверхні вады наступным чынам:

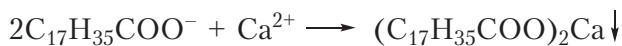


За кошт гідрафобнай часткі, што знаходзіцца над паверхняй, аніёны карбонавых кіслот узаемадзейнічаюць з часціцамі забруджвальніка, напрыклад тлушчу, якія таксама валодаюць малой палярнасцю («падобнае раствараецца ў падобным»). Пры гэтым утвараюцца кропелькі, у якіх гідрафільныя часткі мыла накіраваны вонкі і ўзаемадзейнічаюць з вадой, а гідрафобныя часткі ўзаемадзейнічаюць з забруджвальнікам, змешчаным унутры кроплі. Гэта значыць, мыла з'яўляецца своеасаблівым пераносчыкам нерастваральнага

ў вадзе забруджвання ў раствор. Апісаны працэс можна наглядна адлюстраваць у наступным выглядзе:



Мыйнае дзеянне мыла зніжаецца ў вадзе, якая змяшчае іоны Ca^{2+} і Mg^{2+} , такая вада называецца *жорсткай*. Прычына ў тым, што іоны Ca^{2+} і Mg^{2+} утвараюць з аніёнамі кіслотных астаткаў вышэйшых кіслот нерастваральныя солі:



Пры гэтым аніён кіслотнага астатку звязваецца ў нерастваральнае злучэнне, выводзіцца з раствора, і мыла губляе мыйнае дзеянне.

У цяперашні час распрацаваны сінтэтычныя мыйныя сродкі, якія валодаюць мыйным дзеяннем нават у жорсткай вадзе, так як не ўтвараюць асадкаў з іонамі Ca^{2+} і Mg^{2+} . Прыкладам такога злучэння з'яўляецца лаўрылсульфат натрыю $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_2\text{ONa}$.

Сучасныя мыйныя сродкі ўяўляюць сабой шматкампанентныя сумесі, у састаў якіх уваходзяць солі карбонавых кіслот і сінтэтычныя мыйныя сродкі, а таксама ароматызатары, антызлежвальныя кампаненты, рэчывы, што рэгулююць пенаўтварэнне, і інш.

Аснову тлушчаў складаюць трыгліцэрыды — складаныя эфіры, утвораныя трохатамным спіртам гліцэрынай і вышэйшымі тлустымі кіслотамі.

У цвёрдых тлушчах вялікае змяшчэнне астаткаў насычаных тлустых кіслот; у састаў вадкіх тлушчаў пераважна ўваходзяць трыгліцэрыды, утвораныя астаткамі ненасычаных карбонавых кіслот.

У выніку гідрыравання вадкіх тлушчаў атрымліваюць цвёрдыя тлушчы.

Прадуктамі кіслотнага гідролізу тлушчаў з'яўляюцца гліцэрына і карбонавыя кіслоты, шчолачнага гідролізу — гліцэрына і солі карбонавых кіслот.

Натрыевыя і каліевыя солі вышэйшых тлустых кіслот з'яўляюцца кампанентамі мыйных сродкаў.

Пытанні і заданні

1. Напішыце структурныя формулы трыпальмітату і трыстэарату гліцэрыны.

2. У выніку поўнага гідрыравання вадкага (н. у.) рэчыва **A** утварацца цвёрдае (н. у.) рэчыва **B**. Пры шчолачным гідролізе рэчыва **B** утвараецца рэчыва **B**, якое з'яўляецца кампанентам мыйных сродкаў. Укажыце назву рэчыва **A**:

- а) трыпальмітат гліцэрыны;
- б) трыалеат гліцэрыны;
- в) трыстэарат гліцэрыны;
- г) этылацэтат.

Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

3. Для поўнага гідрыравання некаторага трыгліцэрыду колькасцю 10 моль неабходны вадарод аб'ёмам 672 дм^3 (н. у.). У выніку кіслотнага гідролізу прадукту гідрыравання ўтвараецца гліцэрына і толькі адна карбонавая кіслата (маса кіслаты роўна 8,52 кг). Прывядзіце магчымую структурную формулу трыгліцэрыду.

4. Алеінавая кіслата, астаткі якой уваходзяць у састаў прыродных тлушчаў, мае цысканфігурацыю двайной сувязі. У працэсе яе гідрыравання пры вытворчасці маргарыну, разам з гідрыраваннем, ідзе дэгідрыраванне радыкалаў стэарынавай кіслаты, якая ўтвараецца, прычым ненасычаны радыкал набывае *транс*-канфігурацыю. Такія тлушчы называюцца *транс*-тлушчамі. Ці карысна ўжываць іх у ежу?

Лабараторны дослед 5

Даследаванне ўласцівасцей тлушчаў (растваральнасць, доказ ненасычанага характару астаткаў карбонавых кіслот)

У прабірку змясціце 1 см^3 алею і прыкладна 2–3 см^3 вады. Закаркуйце прабірку і страсяніце. Назіраецца расслаенне змесціва. Слой алею знаходзіцца наверху. Зрабіце вывад аб растваральнасці тлушчу ў вадзе і аб значэнні шчыльнасці алею (напомнім, што шчыльнасць вады складае 1 г/см^3).

Дабаўце ў прабірку з алеем 1–2 см^3 раствору ёду (выкарыстоўваецца замест бромнай вады), закаркуйце і страсяніце. На аснове абясколервання раствору ёду зрабіце вывад аб прысутнасці двайных сувязей у малекулах тлушчу.

Вы можаце параўнаць уласцівасці мыла і сінтэтычных мыйных сродкаў, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

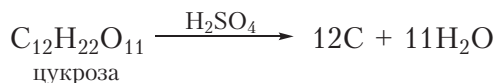


* Параўнанне ўласцівасцей мыла і СМС

§ 40. Вугляводы. Глюкоза

Арганічныя злучэнні, якія адносяцца да класа вугляводаў, шырока распаўсюджаны ў прыродзе. Яны змяшчаюцца ў жывых арганізмах. З многімі з іх мы часта сустракаемся ў паўсядзённым жыцці, гэта добра вядомыя ўсім цукроза (звычайны цукар), глюкоза, крухмал.

Састаў большасці вугляводаў адпавядае агульнай формуле $C_n(H_2O)_m$. Канцэнтраваная серная кіслата, з'яўляючыся моцным водааднімаючым сродкам, здольна аднімаць ваду ад малекул вугляводаў. Прывядзем схему рэакцыі, якая працякае, пры дзеянні канцэнтраванай сернай кіслаты на цукрозу:



Дадзеную рэакцыю можна правесці наступным чынам. У вузкую хімічную шклянку змяшчаюць 4–5 г цукровой пудры. Потым у шклянку дабаўляюць прыкладна 10 см³ канцэнтраванай сернай кіслаты і змесціва перамешваюць шклянкой палачкай. Праз кароткі час змесціва шклянкі цямнее, потым чарнее і ператвараецца ў «чорную змяю», якая выпаўзае са шклянкі. «Змяя» ўяўляе сабой вугаль, успелены парамі вады, якія вылучаюцца.

Нягледзячы на тое, што састаў многіх вугляводаў падпарадкоўваецца агульнай формуле $C_n(H_2O)_m$ і яны асмальваюцца пры дзеянні моцных водааднімаючых сродкаў, вугляводы не з'яўляюцца гідратамі вугляроду, гэта значыць не з'яўляюцца злучэннямі вугляроду з вадой.

Разгледзім будову і ўласцівасці аднаго з прадстаўнікоў класа вугляводаў — *глюкозы*.

Глюкоза — бясколернае крышталічнае рэчыва, добра растваральнае ў вадзе, салодкае на смак. Малекулярная формула глюкозы — $C_6H_{12}O_6$. Формулу можна прадставіць як $C_6(H_2O)_6$, гэта значыць яна адпавядае агульнай формуле $C_n(H_2O)_m$ пры $n = m = 6$.

Паспрабуем цяпер вызначыць, якія функцыянальныя групы змяшчаюцца ў малекуле глюкозы. Добрая растваральнасць глюкозы ў вадзе можа быць звязана з наяўнасцю ў малекуле гідраксільных груп (успомнім, што мнагатамныя спірты этыленгліколь і гліцэрына неабмежавана змешваюцца з вадой). Праверым, ці ўступае глюкоза ў якую рэакцыю на мнагатамныя



Відэа 40.1.

Дэгідратацыя цукрозы

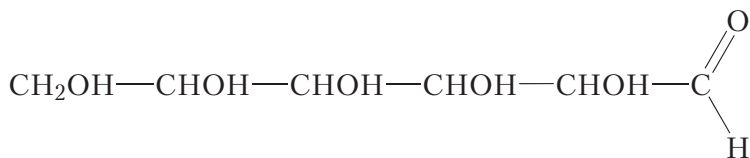
спірты. У прабірку нальём $1\text{--}2\text{ см}^3$ раствору шчолачы, потым крыху раствору сульфату медзі(II). Пры гэтым выпадае блакітны асадак гідраксиду медзі(II):



Потым у прабірку з асадкам дабавім водны раствор глюкозы. Пры гэтым гідраксід медзі(II) раствараецца і ўтвараецца празрысты раствор васількова-сіняга колеру. Растварэнне гідраксиду медзі(II) пры ўзаемадзеянні з глюкозай адбываецца з прычыны ўтварэння растварымага ў вадзе комплекснага злучэння, падобна таму, як гэта адбывалася ў выпадку гліцэрыны (відэа 25.1, с. 147). Дослед даказвае, што ў малекуле глюкозы маецца некалькі гідраксільных груп. Устаноўлена, што малекула глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ змяшчае пяць гідраксільных груп. Тады шосты атам кіслароду ўваходзіць у састаў другой функцыянальнай групы. Можна меркаваць, што гэтай функцыянальнай групай з'яўляецца альдэгідная група.

Праверым, ці ўступае глюкоза ў якасныя рэакцыі на альдэгідную групу. У прабірку змесцім $1\text{--}2\text{ см}^3$ раствору глюкозы, потым дабавім прыкладна столькі ж аміячнага раствору аксиду серабра і нагрэем сумесь. Праз некаторы час сценкі прабіркі пакрыюцца тонкім слоём серабра. Рэакцыя «сярэбра-нага люстра» з'яўляецца якаснай рэакцыяй на альдэгідную групу, такім чынам у малекуле глюкозы маецца альдэгідная група (відэа 30.1, с. 170).

Значыць, глюкоза з'яўляецца адначасова мнагаатамным спіртам і альдэгідам. Структурная формула глюкозы:

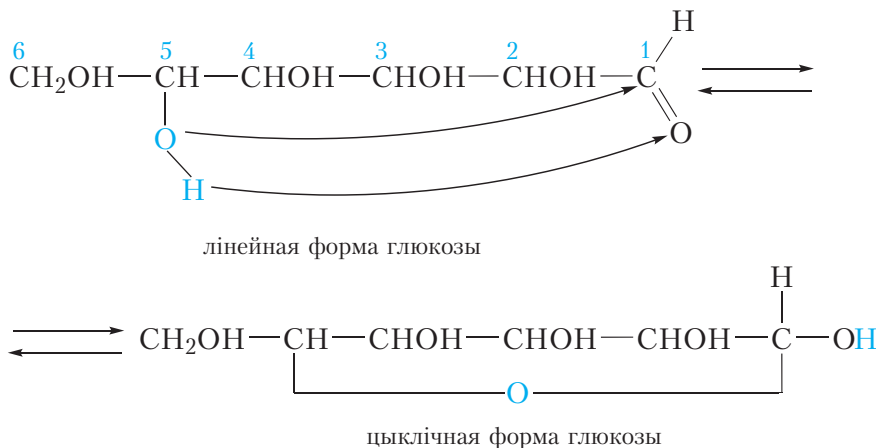


Прадстаўленая форма называецца лінейнай формай глюкозы. Устаноўлена, што ў водным растворе глюкозы, акрамя лінейнай формы, прысутнічаюць таксама цыклічныя формы глюкозы.

Цыклічныя формы глюкозы

Уласцівасць малекулы глюкозы замыкацца ў цыкл абумоўлена прысутнасцю ў ёй рэакцыйназдольных функцыянальных груп — гідраксільнай

і альдэгіднай, здольных узаемадзейнічаць адна з адной. Мы ўжо ведаем, што для альдэгідаў характэрны рэакцыі далучэння па двайной сувязі $C=O$. На схеме паказана, як такая рэакцыя працякае ў малекуле глюкозы:



Са схемы бачна, што з альдэгіднай групай узаемадзейнічае гідраксіл, злучаны з пятым атамам вугляроду. Пры гэтым π -сувязь паміж атамамі вугляроду і кіслароду альдэгіднай групы разрываецца, да атама вугляроду далучаецца атам кіслароду гідраксільнай групы, утвараючы цыкл, які складаецца з шасці атамаў (пяці атамаў вугляроду і аднаго атама кіслароду). Да атама кіслароду альдэгіднай групы далучаецца атам вадароду гідраксільнай групы. У выніку ўтвараецца цыклічная форма глюкозы.

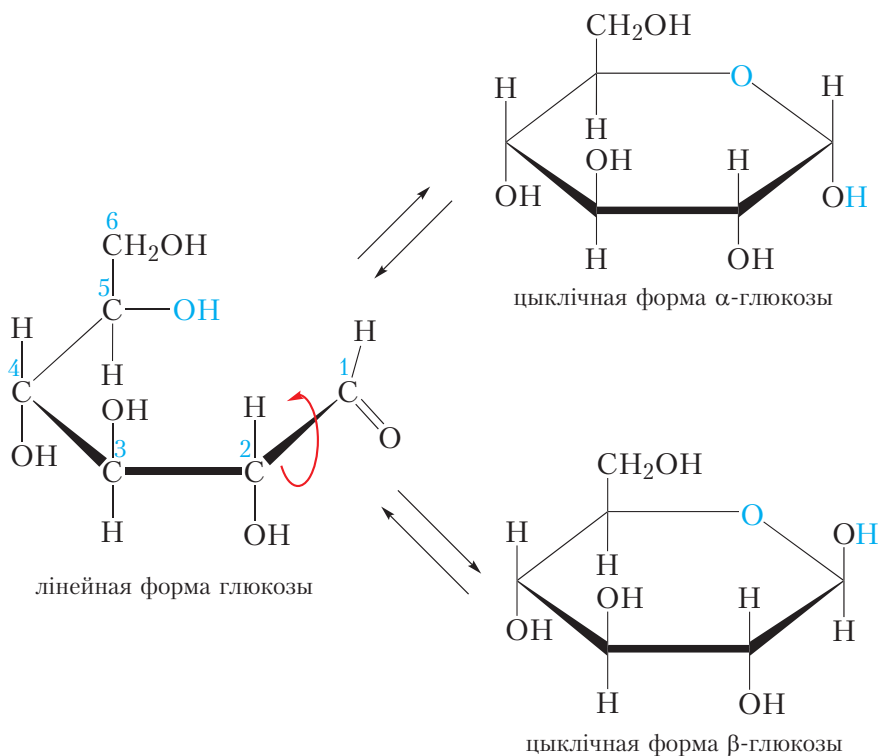
У цыклічнай форме глюкозы, як і ў лінейнай форме, маецца пяць гідраксільных груп. У той жа час у цыклічнай форме глюкозы няма альдэгіднай групы.

Працэс цыклізацыі абарачальны. Таму ў водным растворе глюкозы адначасова змяшчаюцца і лінейная, і цыклічныя формы.

Прыведзеная схема цыклізацыі глюкозы наглядна паказвае, за кошт узаемадзеяння якіх атамаў малекулы адбываецца ўтварэнне цыклу. Разгледзім цяпер прасторавае размяшчэнне атамаў у цыклічнай форме глюкозы. Для гэтага прадставім працэс унутрымалекулярнай цыклізацыі больш дэталёва.

За кошт вярчэння вакол адзінарных сувязей $C-C$ вугляродны ланцуг лінейнай формы глюкозы можа прымаць розныя прастаправыя формы

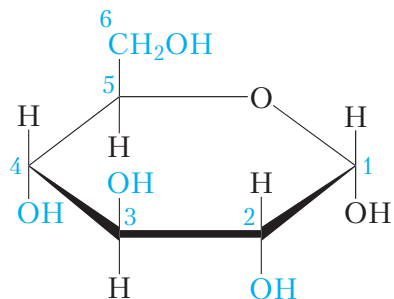
(§ 7, лабараторны дослед 1, с. 43). У адной з такіх форм гідраксільная група пятага атама вугляроду аказваецца прасторава збліжанай з альдэгіднай групай:



Мал. 40.1. Схема ўнутрымалекулярнай цыклізацыі глюкозы

Са схемы відаць, што цыклізацыя можа адбыцца або ў момант, калі атам кіслароду альдэгіднай групы знаходзіцца ўнізе, або ў момант, калі за кошт вярчэння вакол сувязі C1—C2 альдэгідная група развернецца на 180° і атам кіслароду альдэгіднай групы апынецца ўверсе. У залежнасці ад гэтага пры цыклізацыі глюкозы могуць утварыцца дзве цыклічныя формы (α - і β -), якія адрозніваюцца паміж сабой прасторавым размяшчэннем гідраксільнай групы ў першага атама вугляроду. У цыклічнай α -форме гэта гідраксільная група знаходзіцца пад цыклам, а ў цыклічнай β -форме — над цыклам (мал. 40.1). Прасторавае размяшчэнне астатніх замяшчальнікаў адносна цыкла ў α - і β -формах глюкозы аднолькавае.

Так, група $\text{—CH}_2\text{OH}$ каля пятага атама вугляроду размяшчаецца над цыклам, гідраксільная група чацвёртага атама вугляроду — пад цыклам, гідраксільная група трэцяга — над цыклам, другога — пад цыклам:



Мал. 40.2. Чаргаванне становішча замяшчальнікаў адносна цыкла ў малекуле α -глюкозы

Такім чынам, у цыклічных формах глюкозы ў атамаў вугляроду з нумарамі 2—5 становішчы замяшчальнікаў адносна цыкла чаргуюцца (мал. 40.2).

Паколькі працэс цыклізацыі глюкозы абарачальны, то ў водным раствору глюкозы адначасова прысутнічаюць лінейная і цыклічныя α - і β -формы. Пры гэтым прыкладна 65 % малекул глюкозы знаходзіцца ў β -форме, 34 % — у α -форме і менш за 1 % — у лінейнай форме. Паміж рознымі формамі глюкозы ў раствору існуе дынамічная раўнавага, гэта значыць пастаянна адбываецца ўтварэнне і раскрыццё цыклаў (мал. 40.1).

Цікава ведаць

Рэакцыя «срэбнага люстра» можа быць выкарыстана для вырабу навагодніх ёлачных цацак. Для гэтага ў шкляную загатоўку цацкі заліваюць сумесь аміячнага раствору аксиду серабра і глюкозы, потым загатоўку награвваюць. Калі награванню падвяргаўся адзін бок загатоўкі, пасярэбранай аказвалася адпаведная частка цацкі, пры награванні з усіх бакоў уся цацка аказвалася пасярэбранай (мал. 40.3). Зараз гэта тэхналогія выкарыстоўваецца рэдка.



Мал. 40.3. Старыя пасярэбраныя ёлачныя цацкі

Глюкоза з'яўляецца прадстаўніком класа вугляводаў.

Малекулярная формула глюкозы $C_6H_{12}O_6$.

Глюкоза можа існаваць у лінейнай і цыклічнай формах. У водным растворе глюкозы адначасова прысутнічаюць лінейная і цыклічныя α - і β -формы. Паміж рознымі формамі глюкозы ў растворе існуе дынамічная раўнавага, гэта значыць пастаянна адбываецца ўтварэнне і раскрыццё цыклаў.

У лінейнай форме глюкозы маецца адна альдэгідная і пяць гідраксільных груп. Таму глюкоза ўступае ў якасныя рэакцыі на альдэгіды («срэбраны лустра») і мнагаатамныя спірты (утварэнне раствору васількова-сіняга колеру з гідраксідам медзі(II)).

Пытанні і заданні

1. Якія вядомыя вам арганічныя злучэнні адносяцца да класа вугляводаў?
2. Напішыце малекулярную і структурную формулы глюкозы. Якія функцыянальныя групы маюцца ў малекуле глюкозы?
3. Маноза з'яўляецца прасторавым ізамерам глюкозы. Малекула манозы адрозніваецца ад малекулы глюкозы прасторавым размяшчэннем гідраксільнай групы ў другога атама вугляроду. Прывядзіце цыклічныя формы манозы. Улічыце, што, падобна глюкозе, маноза можа існаваць у α - і β -формах.
4. Апішыце эксперыменты, якія можна правесці, каб даказаць, якія функцыянальныя групы змяшчаюцца ў малекуле глюкозы.

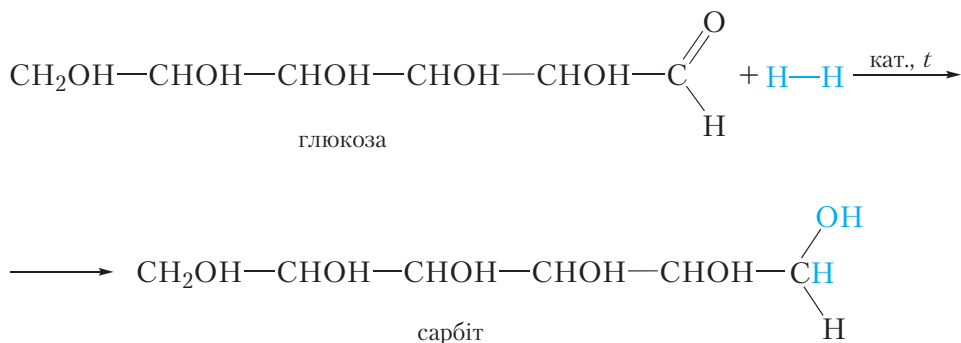
§ 41. Хімічныя ўласцівасці глюкозы

У малекуле глюкозы маюцца альдэгідная і гідраксільныя групы, таму для яе характэрны хімічныя ўласцівасці як альдэгідаў, так і мнагаатамных спіртоў.

Спачатку разгледзім рэакцыі з удзелам альдэгіднай групы малекулы глюкозы. Паколькі альдэгідная група маецца толькі ў лінейнай форме глюкозы, ва ўраўненнях рэакцыі будзем запісваць формулу глюкозы ў лінейнай форме.

1. Далучэнне вадароду. Аднаўленне

Альдэгідная група глюкозы можа далучыць малекулу вадароду. Гэта рэакцыя суправаджаецца разрывам π -сувязі паміж атамамі вугляроду і кіслароду альдэгіднай групы:

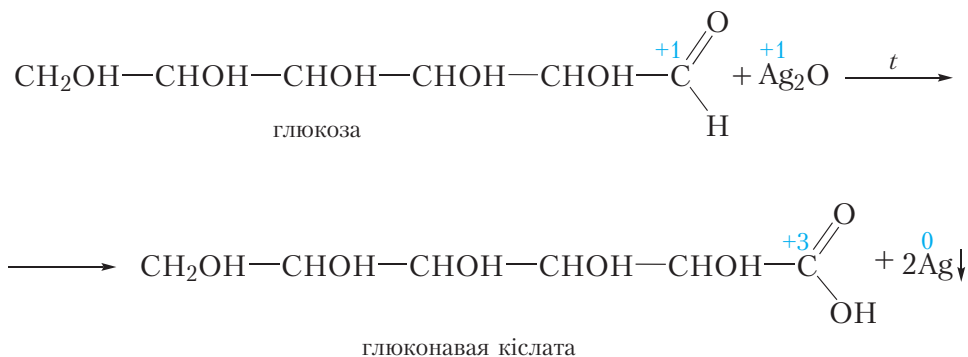


Шасціатамны спірт, які ўтвараецца, называецца *сарбіт*. Ён мае салодкі смак і выкарыстоўваецца ў якасці заменніка цукру.

У выніку далучэння вадароду малекула глюкозы аднаўляецца, таму рэакцыю з вадародам таксама называюць рэакцыяй аднаўлення.

2. Акісленне аміячным раствором аксідру серабра

Глюкоза дае якую рэакцыю на альдэгіды, аднаўляючы серабро з аміячнага раствора аксідру серабра (рэакцыя «сярэбранага люстра»). Пры гэтым альдэгідная група малекулы глюкозы акісляецца да карбаксільнай:



У выніку рэакцыі ўтвараецца глюконавая кіслата.

3. Узаємодія з гідроксидом міді(II)

Узаемадзеянне з гідраксідам медзі(II) з'яўляецца яснай рэакцыяй як на мнагаатамныя спірты, так і на альдэгіды. Глюкоза праяўляе ўласцівасці як мнагаатамных спіртоў, так і альдэгідаў. Разгледзім, што будзе назірацца пры ўзаемадзеянні глюкозы з гідраксідам медзі(II). Змяшам у прабірцы растворы шчолачы і сульфату медзі(II). Пры гэтым выпадае блакітны асад гідраксіду медзі(II):

Чырвоны асадак уяўляе сабой аксід медзі(I) Cu_2O . У дадзенай рэакцыі гідраксід медзі(II) аднаўляецца да аксіду медзі(I), а глюкоза акісляецца да глюконавай кіслаты.

У апісаным эксперыменце глюкоза спачатку праяўляе ўласцівасці мнагатамнага спірту, раствараючы свежаасаджаны гідраксід медзі(II). Пры награванні сумесі адбываецца рэакцыя ўжо з альдэгіднай групай глюкозы — іоны медзі(II) акісляюць яе да карбаксільнай групы.



Відэа 41.1. Якасная
рэакцыя на глюкозу
з гідраксідам медзі(II)

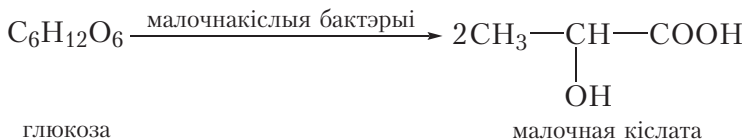
4. Спиртавое броджэнне

Некаторыя мікраарганізмы, напрыклад дрожджы, валодаюць здольнасцю ператвараць глюкозу ў этылавы спірт. Гэты працэс называецца спіртавым броджэннем глюкозы:

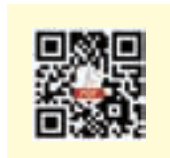


5. Малочнакіслае браджэнне

Малочнакіслыя бактэрыі валодаюць здольнасцю ператвараць глюкозу ў малочную кіслату. Гэты працэс называецца малочнакіслым браджаннем глюкозы:



Малочная кіслата з'яўляецца выдатным прыродным кансервантам. Яна ўтвараецца пры скісанні малака і змяшчаецца ў кісламалочных прадуктах (сыроватка, кефір, тварог і інш.), якія, у адрозненне ад свежага малака, могуць захоўвацца дастаткова доўга. Наяўнасцю малочнай кіслаты абумоўлены кіслы смак гэтых прадуктаў. Малочная кіслата ўтвараецца таксама ў працэсах квашання капусты, мачэння яблыкаў, сіласавання зялёных кармоў, яна перашкаджае працяканню працэсаў гніення і дазваляе захоўваць прадукты доўгі час.



* Масляна кіслае
браджэнне глюкозы

З яшчэ адным відам браджэння глюкозы — масляна-кіслым — вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Глюкоза сустракаецца ў прыродзе ў саставе разнастайнай агародніны і садавіны. Асабліва многа яе ў вінаградзе, таму глюкозу часта называюць вінаградным цукрам.

Глюкоза выкарыстоўваецца ў медыцыне як лекавы прэпарат, у прыватнасці пры аслабленні і інтаксікацыі арганізма.

У прыродзе глюкоза ўтвараецца ў зялёных раслінах у працэсе фотасінтэзу:



У прамысловасці глюкозу атрымліваюць з целюлозы і крухмалу, больш падрабязна пра гэта — у наступных параграфях.

У малекуле глюкозы маюцца альдэгідная і гідраксільныя групы, таму для яе характэрны хімічныя ўласцівасці як альдэгідаў, так і мнагаатамных спіртоў.

Глюкоза дае якую рэакцыю на мнагаатамныя спірты — утварэнне раствору васількова-сіняга колеру пры ўзаемадзеянні са свежаасаджаным гідраксідам медзі(II).

Глюкоза дае якасныя рэакцыі на альдэгідную групу, акісляючыся да глюконавай кіслаты пры награванні з гідраксідам медзі(II) або аміячным раствором аксиду серабра.

Як і альдэгіды, глюкоза далучае вадарод. Пры гэтым адбываецца аднаўленне глюкозы і ўтвараецца шасціатамны спірт сарбіт.

Пад дзеяннем бактэрыі глюкоза падвяргаецца спіртавому браджэнню з утварэннем этанолу і малочнакісламу браджэнню з утварэннем малочнай кіслаты.

Пытанні і заданні

1. Водны раствор арганічнага рэчыва **A** змяшалі са свежаасаджаным гідраксідам медзі(II). У выніку ўтварыўся раствор васількова-сіняга колеру. Пры награванні раствора адбылося ўтварэнне цагляна-чырвонага асадку. Прапануйце магчымую формулу рэчыва **A** і напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

2. У чатырох прабірках знаходзяцца водныя растворы этанолу, этанолу, этиленгліколю і глюкозы. Як пры дапамозе аднаго рэактыва ўстанавіць, якое рэчыва ў якой прабірцы знаходзіцца? Апішыце ход эксперыменту і з'явы, якія назіраюцца. Прывядзіце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

3. Глюкоза, падобна спіртам, можа ўтвараць складаныя эфіры. Напішыце формулу складанага эфіру, утворанага адной малекулай глюкозы і пяццю малекуламі воцатнай кіслаты. Формулу глюкозы запішыце ў цыклічнай форме.



4. Кальцыевая соль глюконавай кіслаты — глюконат кальцыю — выкарыстоўваецца ў медыцыне для папаўнення дэфіцыту іонаў Ca^{2+} у арганізме. Напішыце структурную формулу глюконату кальцыю.

5. У працэсе спіртавога брадження глюкозы вылучыўся вуглякіслы газ аб'ёмам $1,12 \text{ дм}^3$ (н. у.).

а) Напішыце ўраўненне хімічнай рэакцыі, якая пры гэтым працякала.

б) Вылічыце масу атрыманага падчас брадження этылавага спірту.

6. Разлічыце аб'ём этылавага спірту, які можа быць атрыманы са 100 г глюкозы, калі выхад этанолу ў працэсе брадження роўны 55 %. Шчыльнасць этанолу $0,79 \text{ г/см}^3$.

Лабараторны дослед 6

Узаемадзеянне глюкозы з гідраксідам медзі(II)

Наліце ў прабірку $2\text{--}3 \text{ см}^3$ раствору шчолачы, потым $1\text{--}2 \text{ см}^3$ раствору сульфату медзі(II). Назіраецца выпадзенне блакітнага асадку гідраксиду медзі(II). Потым наліце ў прабірку $2\text{--}3 \text{ см}^3$ раствору глюкозы. Асадок гідраксиду медзі(II) раствараецца, раствор набывае васількова-сіні колер. Нагрэйце змесціва прабіркi. Назірайце з'яўленне ў прабірцы асадку спачатку жоўтага, а потым цагляна-чырвонага колеру, які ўласцівы аксиду медзі(I).

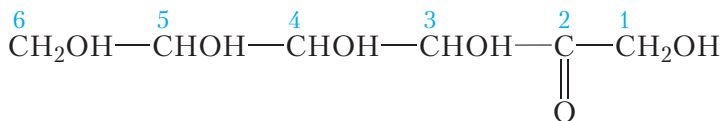
Растлумачце з'явы, што назіраюцца, напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

§ 42. Фруктоза. Цукроза

Фруктоза

Яшчэ адзін вуглявод, з якім мы пазнаёмімся, — *фруктоза*. Фруктоза ўяўляе сабой бясколернае крышталічнае рэчыва, якое добра раствараецца ў вадзе. Фруктоза прыкладна ў два разы саладзейшая за глюкозу, яна ўваходзіць у састаў пчалінага мёду.

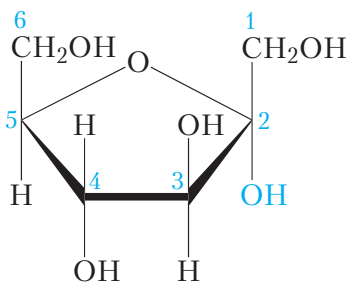
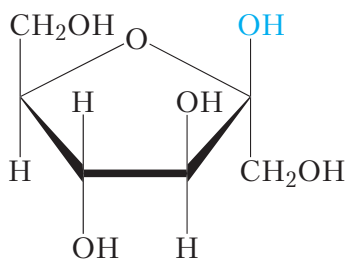
Малекулярная формула фруктозы такая самая, як і глюкозы — $C_6H_{12}O_6$, гэта значыць яна з'яўляецца ізамерам глюкозы. Вы ўжо ведаеце, што ў малекуле глюкозы змяшчаецца альдэгідная група. У малекуле фруктозы, у адрозненне ад глюкозы, маецца кетонная група:



фруктоза

Акрамя кетоннай групы у малекуле фруктозы змяшчаецца пяць гідраксільных груп. Такім чынам, фруктоза з'яўляецца адначасова мнагатамным спіртам і кетонам.

Як і глюкоза, фруктоза ўтварае цыклічныя α - і β -формы:

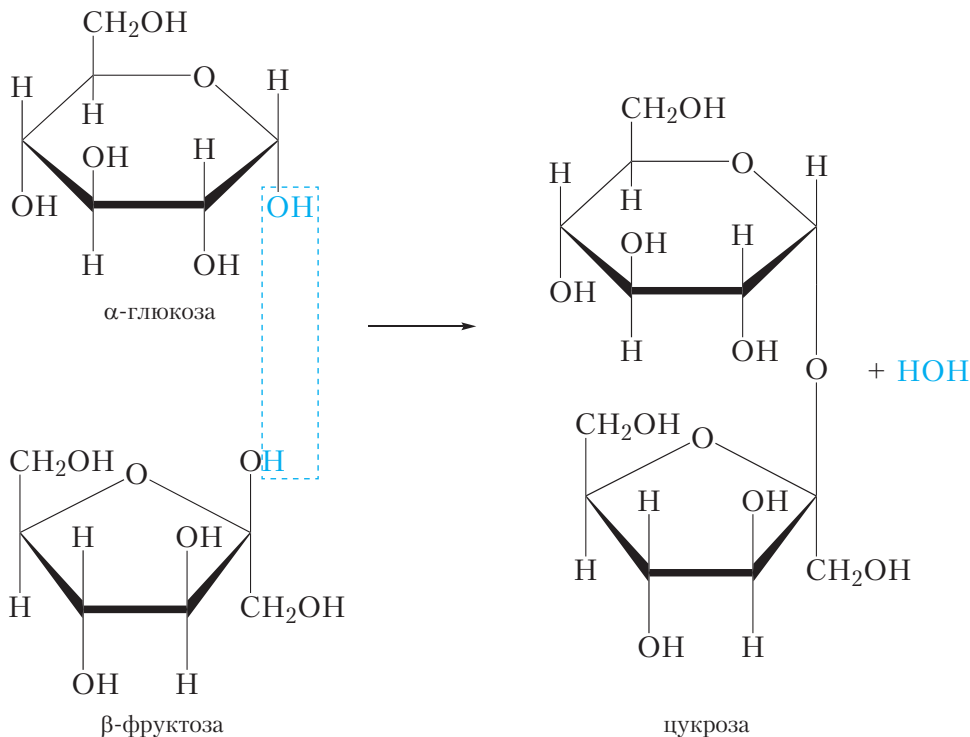
цыклічная α -форма фруктозыцыклічная β -форма фруктозы

Гэтыя формы адрозніваюцца паміж сабой прасторавым размяшчэннем гідраксільнай групы ў другога атама вугляроду. Са схемы відаць, што, у адрозненне ад глюкозы, для фруктозы характэрна ўтварэнне пяцічленных цыклаў.

Цукроза

Астаткі глюкозы і фруктозы ўваходзяць у састаў добра вядомага нам вуглявода — цукрозы, гэта значыць звычайнага цукру.

Цукроза — бясколернае крышталічнае рэчыва, добра растваральнае ў вадзе, салодкае на смак. Малекулярная формула цукрозы $C_{12}H_{22}O_{11}$. Працэс утварэння малекулы цукрозы з глюкозы і фруктозы можна прадставіць наступнай схемай:



Прыведзеная схема паказвае, што малекула цукрозы складаецца з астаткаў двух вугляводаў — глюкозы і фруктозы. Таму цукроза адносіцца да *дышукрыдаў*. Адпаведна, глюкоза і фруктоза з’яўляюцца *монацукрыдамі*.

Астаткі глюкозы і фруктозы ў саставе малекулы цукрозы звязаны паміж сабой кіслародным мастком, які ўтварыўся ў выніку адшчаплення адной малекулы вады ад двух малекул монацукрыдаў: глюкозы і фруктозы.

Хімічныя ўласцівасці цукрозы

У малекуле цукрозы сувязь паміж астаткамі глюкозы і фруктозы ажыццяўляецца за кошт гідраксільнай групы першага атама вугляроду

малекулы глюкозы. У сувязі з гэтым у малекуле цукрозы цыклічная форма глюкозы зафіксавана і ўтварэнне лінейнай формы, што змяшчае альдэгідную групу, немагчыма. Таму цукроза не праяўляе ўласцівасцей, характэрных для альдэгідаў. Напрыклад, цукроза не дае рэакцыю «сярэбранага люстра».

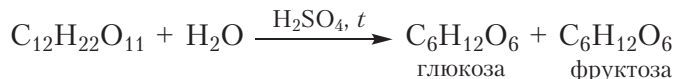
1. Узаемадзеянне цукрозы з гідраксідам медзі(II)

Узаемадзеянне з гідраксідам медзі(II) з'яўляецца якаснай рэакцыяй на мнагаатамныя спірты. Пры дабаўленні раствору цукрозы да свежаасаджанага гідраксіду медзі(II) ўтвараецца празрысты раствор васількова-сіняга колеру. Гэта рэакцыя даказвае, што цукроза з'яўляецца мнагаатамным спіртам.

Пры награванні атрыманага раствору чырвоны асадак гідраксіду медзі(I) не ўтвараецца. Гэта даказвае, што, у адрозненне ад глюкозы, цукроза не праяўляе ўласцівасцей, характэрных для альдэгідаў.

2. Гідроліз цукрозы

Наяўнасць у малекуле цукрозы астакаў глюкозы і фруктозы можа быць даказана эксперыментальным шляхам. Калі да раствору цукрозы дабавіць некалькі кропель сернай кіслаты і раствор пракіпяціць, адбудзецца гідроліз цукрозы і ў растворы ўтворацца глюкоза і фруктоза:



Наяўнасць у прадуктах гідролізу глюкозы пацвярджаецца з дапамогай якасных рэакцый на альдэгідную групу.

Атрыманне цукрозы

Цукроза змяшчаецца ў цукровым трыснягу і цукровых бураках. Таму атрыманне цукрозы зводзіцца да яе вылучэння з соку гэтых раслін.

Для атрымання цукру з цукровага трыснягу яго прэсуюць, сок, які вылучыўся, ачышчаюць і выпарваюць.

У Беларусі цукар атрымліваюць з цукровых буракоў. Найбуйнейшыя ў нашай краіне цукровыя заводы размешчаны ў Скідзелях, Гарадзеі і Слуцку. Для атрымання цукру вымытыя цукровыя буракі здрабняюць і апрацоўваюць гарачай вадой. У выніку цукроза з цукровых буракоў пераходзіць у водны раствор. Акрамя цукрозы ў раствор пераходзіць і шмат іншых рэчываў, якія змяшчаюцца ў цукровых бураках, таму атрыманы раствор падвяргаюць шматразовай ачыстцы. Ачышчаны цукровы сіроп упарваюць, крышталі цукрозы, якія ападаюць, адфільтроўваюць і атрымліваюць цукар.

Малекулярная формула фруктозы $C_6H_{12}O_6$.

Фруктоза і глюкоза з'яўляюцца ізамерамі.

У лінейнай форме фруктозы маецца кетонная група і пяць гідраксільных груп.

Малекулярная формула цукрозы $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Цукроза з'яўляецца дыцукрыдам і складаецца з астаткаў глюкозы і фруктозы, звязаных кіслародным мастком.

Цукроза ўступае ў якасную рэакцыю на мнагаатамныя спірты, утвараючы са свежаасаджаным гідраксідам медзі(II) раствор васількова-сіняга колеру.

Цукроза не дае якасных рэакцый на альдэгідную групу.

У выніку гідролізу цукрозы ўтвараюцца глюкоза і фруктоза.

Цукрозу атрымліваюць з цукровага трыснягу і цукровых буракоў.

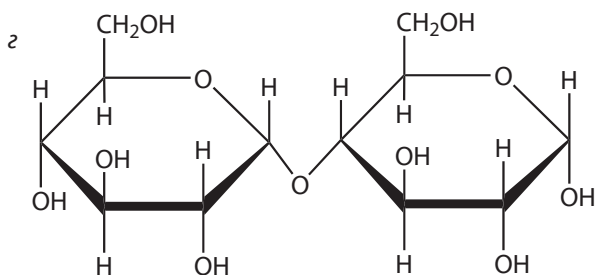
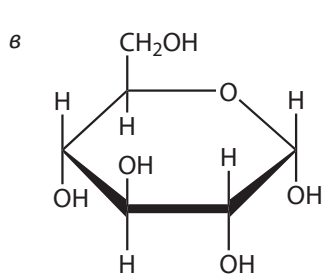
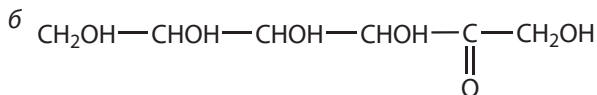
Пытанні і заданні

1. Напішыце малекулярную і структурную (для лінейнай формы) формулы фруктозы. Якія функцыянальныя групы маюцца ў малекуле фруктозы? Дзе ў прыродзе сустракаецца фруктоза?

2. Прывядзіце формулы і назвы вядомых вам мона- і дыцукрыдаў.

3. Сярод пералічаных рэчываў выберыце тыя, якія падвяргаюцца гідролізу. Прывядзіце ўраўненні адпаведных рэакцый.

^a $C_{12}H_{22}O_{11}$ (цукроза)



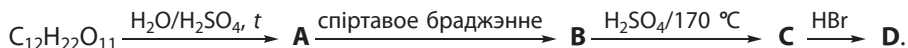
4. Які з вугляводаў (глюкоза ці цукроза) дае рэакцыю «сярэбранага люстра»? Прывядзіце ўраўненне рэакцыі.

5. Водны раствор арганічнага рэчыва **A** змяшалі са свежаасаджаным гідраксідам медзі(II). У выніку ўтварыўся раствор васількова-сіняга колеру. Раствор нагрэлі. Пры гэтым змянення афарбоўкі не назіралі. Прапануйце магчымую формулу рэчыва **A**.

6. Да раствору цукрозы дабавілі некалькі кропель сернай кіслаты і сумесь пракіпяцілі. Потым раствор нейтралізавалі шчолаччу. Ці будзе атрыманая сумесь даваць рэакцыю «сярэбранага люстра»? Прывядзіце ўраўненні рэакцый.

7. Злучэнне **A** мае салодкі смак, добра растваральнае ў вадзе і змяшчаецца ў цукровым трыснягу. Пры гідролізе **A** ўтвараюцца рэчывы **B** і **C**, якія маюць аднолькавую адносную малекулярную масу. Рэчыва **B** дае чырвоны асадок пры награванні з гідраксідам медзі(II). Пад дзеяннем ферменту малочнакіслых бактэрый рэчыва **B** утварае злучэнне **D** з дваістай хімічнай функцыяй, якое назапашваецца пры скісанні малака. Прывядзіце магчымыя формулы рэчываў **A**, **B**, **D** і ўраўненні рэакцый.

8. Дадзена схема ператварэнняў арганічных рэчываў:



Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

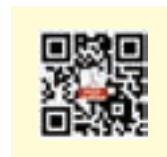
9. Пры поўным акісленні 1 моль глюкозы вылучаецца 670 ккал энергіі, а пры поўным акісленні 1 моль цукрозы вылучаецца 1350 ккал энергіі. Юны хімік Стас незаўважна для сябе з'еў 5 г глюкозы, а юны хімік Васіль — 5 г цукрозы. На падставе прыведзеных даных, дапоўніце наступны сказ.

Юны хімік Стас спажыў на ... ккал ..., чым юны хімік Васіль.

10. Якую максімальную масу этанолу можна атрымаць з 1 кг цукрозы? Лічыце, што этанол утвараецца пры брадзжэнні і глюкозы, і фруктозы.

11. Дыцукрыд масай 29,6 г падверглі поўнаму гідролізу. Адносна малекулярныя масы монацукрыдаў, якія ўтварыліся, роўныя 180 і 134 адпаведна. Разлічыце сумарную масу (г) монацукрыдаў, якія ўтварыліся.

З вугляводамі, якія маюць важнае біяхімічнае значэнне, — рыбозай і дэзаксірыбозай — вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



* Рыбоза.
Дэзаксірыбоза

§ 43. Крухмал

Крухмал уяўляе сабой белы парашок. У адрозненне ад глюкозы, фруктозы і цукрозы, ён не мае салодкага смаку і не раствараецца ў халоднай вадзе. Пры змешванні з гарачай вадой крухмал утварае глеісты, клейкі калоідны

раствор — клейстар. Пры дапамозе гэтага раствору можна прыклеіць паперу да розных паверхняў.

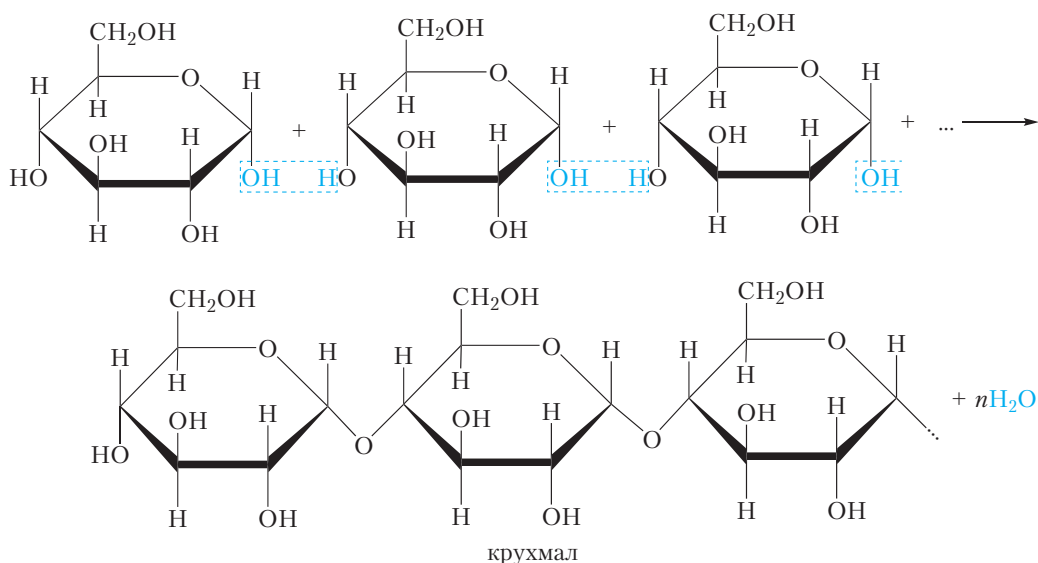
Крухмал шырока распаўсюджаны ў прыродзе, ён утвараецца ў выніку фотасінтэзу і назапашваецца ў насенні, клубнях і пладах раслін (мал. 43.1). Найбольш багата крухмалам зерне кукурузы, пшаніцы і рысу (колькасць крухмалу дасягае 70–80 %), а таксама клубні бульбы (больш за 20 %).



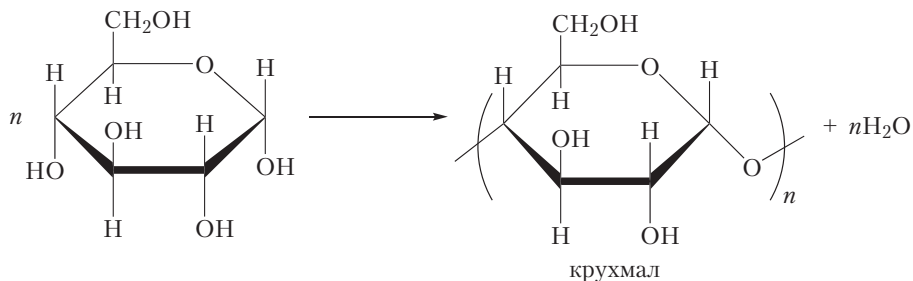
Мал. 43.1. Крыніцы крухмалу

Састаў і будова крухмалу

Разгледзім састаў і будову крухмалу. Малекулярная формула крухмалу $(C_6H_{10}O_5)_n$, гэта значыць крухмал з'яўляецца палімерам. Устаноўлена, што макрамалекулы крухмалу складаюцца з астаткаў α -глюкозы. Тады працэс утварэння крухмалу з глюкозы можна прадставіць наступнай схемай:



або



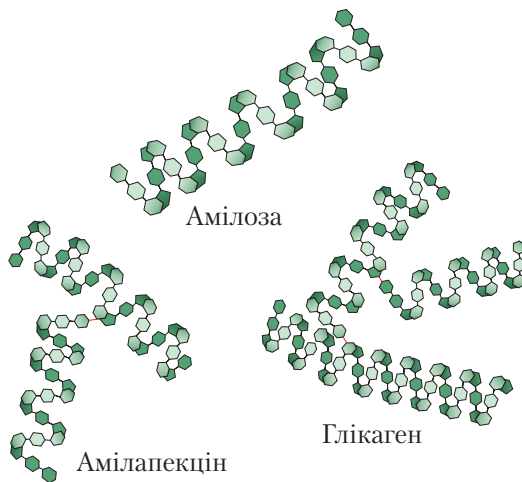
Такім чынам, крухмал з'яўляецца прадуктам полікандэнсацыі глюкозы. Макрамалекула крухмалу складаецца з вялікай колькасці астаткаў манацукрыду глюкозы. Таму крухмал з'яўляецца *поліцукрыдам*.

Макрамалекулы крухмалу могуць быць лінейнымі або разгалінаванымі, гэта значыць крухмал уяўляе сабой сумесь двух палімераў, якія называюцца *амілоза* і *амілапекцін*.

Амілоза — неразгалінаваны палімер (мал. 43.2). Макрамалекулы амілозы маюць форму спіралі. Усярэдзіне спіралі могуць размясціцца некаторыя малекулы, напрыклад малекула ёду. Пры гэтым утвараецца так званае злучэнне ўключэння, у якім малекула ёду «ўключана» ўсярэдзіну спіралепадобнай макрамалекулы амілозы. Гэта злучэнне мае ярка-сіні колер. Утварэнне ярка-сіняга злучэння ўключэння пры ўзаемадзеянні з ёдам з'яўляецца якаснай рэакцыяй на крухмал, і наадварот, з дапамогай крухмальнага раствору можна выявіць нават невялікую колькасць ёду.

Крухмал змяшчае таксама разгалінаваныя макрамалекулы. Разгалінаваны палімер называецца *амілапекцін* (мал. 43.2).

Падобна раслінам, у жывёлных арганізмах таксама змяшчаецца поліцукрыд, які складаецца з астаткаў α -глюкозы. Ён называецца *глікаген*. Глікаген падобны па будове на амілапекцін, але з'яўляецца яшчэ больш разгалінаваным (мал. 43.2).



Мал. 43.2. Будова амілозы, амілапекціну і глікагену

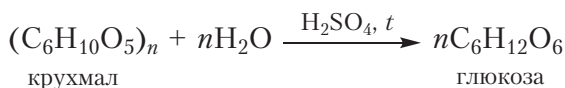
Хімічныя ўласцівасці крухмалу

У макрамалекуле крухмалу цыклічныя формы глюкозы зафіксаваны, таму крухмал не выяўляе ўласцівасці, характэрныя для альдэгідаў. Крухмал не дае рэакцыю «сярэбранага люстра» і не ўтварае чырвоны асадак аксиду медзі(І) пры награванні з гідраксідом медзі(ІІ).

У той жа час крухмал праяўляе некаторыя хімічныя ўласцівасці, характэрныя для цукрозы. Мы ўжо ведаем, што, у адрозненне ад монацукрыдаў, дыцукрыд цукроза падвяргаецца гідролізу. Пры гэтым адбываецца расшчапленне малекулы цукрозы і ўтвараюцца дзве малекулы монацукрыдаў: глюкозы і фруктозы (§ 42). Будучы поліцукрыдам, крухмал таксама падвяргаецца гідролізу. Калі нагрэць крухмальны клейстар з некалькімі кроплямі сернай кіслаты, то адбываецца паступовае расшчапленне макрамалекул крухмалу. Пры гэтым спачатку ўтвараюцца прадукты частковага расшчаплення макрамалекул, якія маюць малекулярную масу меншую, чым у крухмалу, — *дэктрыны*. Пры далейшым расшчапленні малекул можа ўтварацца дыцукрыд *мальтоза*. Канчатковым прадуктам гідролізу з'яўляецца глюкоза:



* Практычная работа
«Гідроліз крухмалу»



Пазнаёміцца з тым, як на практыцы праводзяць гідроліз крухмалу вы можаце, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Прымяненне і атрыманне крухмалу

Крухмал з'яўляецца адным з найбольш распаўсюджаных вугляводаў у рацыёне харчавання чалавека. Пад дзеяннем стрававальных ферментаў макрамалекулы крухмалу гідралізуюцца да глюкозы. У клетках адбываецца акісленне глюкозы да вуглякіслага газу і вады. Гэты працэс суправаджаецца вылучэннем вялікай колькасці энергіі, неабходнай для функцыянавання арганізма. Лішкі глюкозы назапашваюцца «пра запас» у клетках у выглядзе глікагену.

Крухмал выкарыстоўваецца для прыгатавання разнастайных прадуктаў харчавання: кісялёў, мусаў, жэле, кандытарскіх і кулінарных вырабаў. Яго прымяняюць для апрацоўкі тканін і атрымання клейвых саставаў. У хімічных лабараторыях крухмал выкарыстоўваюць як адчувальны індыкатар на наяўнасць ёду.

Частковым гідролізам крухмалу атрымліваюць патаку — густую салодкую масу, якая прадстаўляе сабой сумесь дэкстрынаў, мальтозы і глюкозы. Патака выкарыстоўваецца ў харчовай прамысловасці пры вытворчасці кандытарскіх вырабаў і інш.

Поўным гідролізам крухмалу атрымліваюць глюкозу. Рэакцыі браджэння глюкозы выкарыстоўваюць для вытворчасці этылавага спірту, малочнай кіслаты і іншых рэчываў.

Атрымліваюць крухмал вылучэннем з прыродных крыніц (зерне злакаў, клубні бульбы).

Крухмал з'яўляецца прыродным поліцукрыдам, ён утвараецца ў выніку фотасінтэзу і назапашваецца ў раслінах.

Малекулярная формула крухмалу $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Макрамалекулы крухмалу складаюцца з астаткаў α -глюкозы, звязаных паміж сабой кіслароднымі масткамі.

Крухмал уяўляе сабой сумесь двух палімераў — амілозы і амілапекціну.

Якаснай рэакцыяй на крухмал з'яўляецца ўтварэнне ярка-сіняга злучэння ўключэння пры ўзаемадзеянні з ёдам.

У выніку поўнага гідролізу крухмалу ўтвараецца глюкоза.

Крухмал атрымліваюць вылучэннем з прыродных крыніц — бульбы, рысу, пшаніцы, кукурузы.

У жывёльных арганізмах таксама маецца поліцукрыд, які складаецца з астаткаў α -глюкозы. Ён называецца глікагенам.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце малекулярную формулу крухмалу і ўраўненне рэакцыі яго поўнага гідролізу.

2. Напішыце схему атрымання крухмалу з глюкозы. Чаму рэакцыя атрымання крухмалу з глюкозы называецца полікандэнсацияй, а не полімерызацыяй?

3. У хатніх умовах лёгка выканаць наступны эксперымент. Калі на кавалачак белага хлеба або свежы зрэз клубня бульбы нанесці кроплю ёднай настойкі, з'явіцца сіняе афарбоўванне. Растлумачце эфект, які назіраецца.

4. Да крухмальнага клейстару дабавілі некалькі кропель сернай кіслаты і сумесь нагрэлі. Потым раствор нейтралізавалі шчолаччу. Ці будзе атрыманая сумесь даваць рэакцыю «сярэбранага люстра»? Прывядзіце ўраўненні рэакцый.

5. Пры гідролізе крухмалу можа быць атрыманы дыцукрыд мальтоза. Прывядзіце структурную формулу мальтозы. Састаўце ўраўненне рэакцыі гідролізу мальтозы, выкарыстоўваючы структурныя формулы рэчываў.

6. Сярэдняя адносная малекулярная маса крухмалу роўна 405 000. Укажыце сярэдні лік астаткаў глюкозы ў малекуле крухмалу.

7. Разлічыце масы: а) пшаніцы, б) бульбы, якія тэарэтычна спатрэбяцца для атрымання 100 л этанолу шчыльнасцю 0,79 г/мл. Колькасць крухмалу ў пшаніцы і клубнях бульбы прыняць роўнымі 75 і 24 % па масе адпаведна.

8. Масавая доля крухмалу ў кукурузе складае 65 %. Сумарны выхад атрымання этанолу з кукурузы роўны 70 % ад тэарэтычна магчымага. Укажыце масу этанолу, якая будзе атрымана з 324 г кукурузы.

Лабараторны дослед 7

Вывучэнне фізічных уласцівасцей крухмалу. Узаемадзеянне крухмалу з ёдам

Узвесь невялікай колькасці крухмалу ў вадзе даведзіце да кіпення. Утвараецца крухмальны клейстар. Разбаўце яго вадой і правядзіце якасную рэакцыю з ёдам. Нагрэйце раствор сіняга комплексу крухмалу з ёдам. Назіраецца абясколерванне раствору. Для паспяховага правядзення гэтага доследу раствор комплексу ёду з крухмалам павінен быць разбаўленым.

Атрымайце гідракід медзі(II), дабаўце да яго разбаўлены крухмальны клейстар, нагрэйце прабірку. Ці назіраецца пры гэтым растварэнне гідракіды медзі(II) і далейшае аднаўленне Cu(II) ?

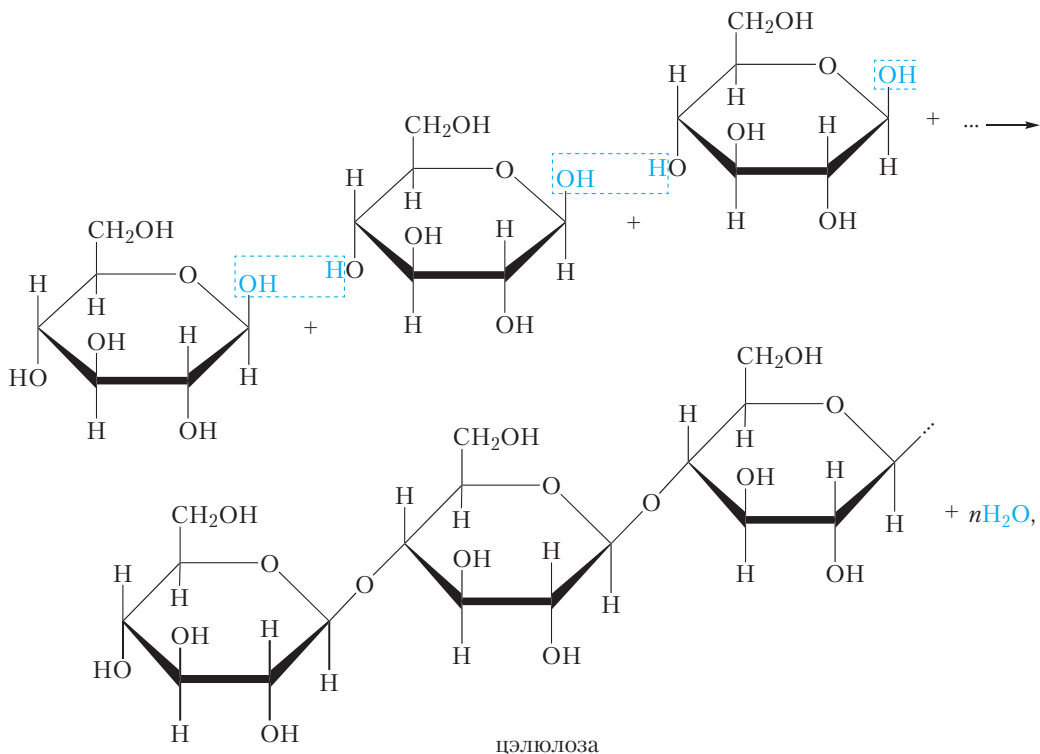
Капніце раствор ёду на кавалачак белага хлеба і свежы зрэз клубня бульбы. Пра што сведчыць з'яўленне сіняй плямы на месцы кроплі?

Растлумачце з'явы, якія назіраюцца, напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

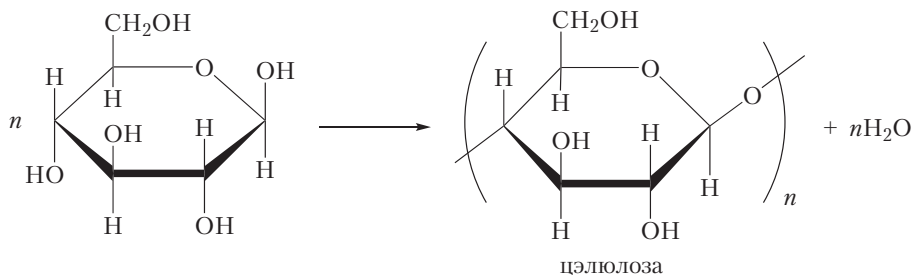
§ 44. Цэлюлоза

Будова і фізічныя ўласцівасці

Малекулярная формула цэлюлозы $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, гэта значыць цэлюлоза, як і крухмал, з'яўляецца поліцукрыдам. У той жа час будова цэлюлозы і крухмалу адрозніваецца. У адрозненне ад крухмалу, макрамалекулы цэлюлозы складаюцца з астаткаў β -глюкозы. Працэс утварэння цэлюлозы з глюкозы прадстаўлены на схеме:



або



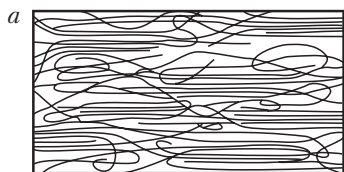
Ёсць яшчэ адно важнае адрозненне ў будове цэлюлозы і крухмалу. Макрамалекулы крухмалу могуць быць лінейнымі або разгалінаванымі, у той час як макрамалекулы цэлюлозы маюць лінейную будову. Лінейныя макрамалекулы цэлюлозы могуць размяшчацца паралельна адна адной і ўтвараць паміж сабой мноства вадародных сувязей. Дзякуючы гэтаму цэлюлоза мае высокую механічную трываласць і не раствараецца ў вадзе і арганічных растваральніках.

Макрамалекулы цэлюлозы змяшчаюцца ў клетачных сценках раслін. Цэлюлозу (ад лац. *cellula* — ‘клетка’) яшчэ называюць клятчаткай.

Драўніна змяшчае каля 50 % цэлюлозы. Яшчэ больш цэлюлозы змяшчаецца ў валокнах лёну і бавоўны (больш за 90 %).



Мал. 44.1. Драўніна і бавоўнік



Мал. 44.2. Размяшчэнне макрамалекул цэлюлозы

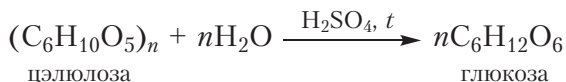
a — у валокнах лёну,
б — у драўніне

У валокнах лёну і бавоўны макрамалекулы цэлюлозы арыентаваны ў адным напрамку — уздоўж восі валакна (мал. 44.2, *a*). У драўніне макрамалекулы цэлюлозы размешчаны менш упарадкавана (мал. 44.2, *б*).

Хімічныя ўласцівасці цэлюлозы

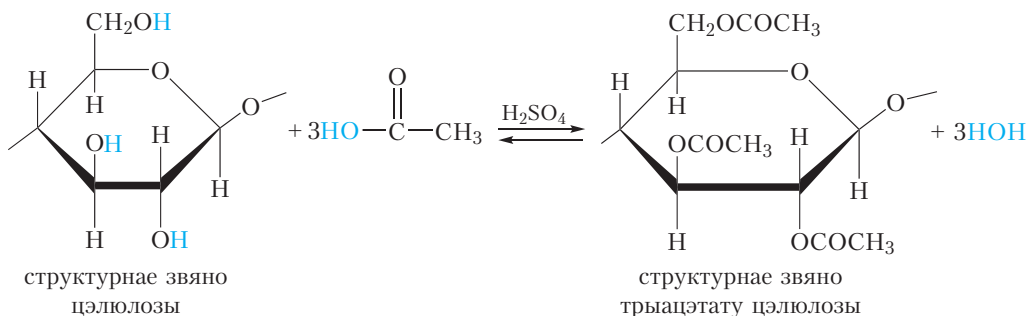
1. Гідроліз

Таксама як і крухмал, цэлюлоза падвяргаецца гідролізу. Канчатковым прадуктам гідролізу цэлюлозы з’яўляецца глюкоза:



2. Утварэнне ацэтатаў цэлюлозы

Макрамалекулы цэлюлозы змяшчаюць гідраксільныя групы, таму цэлюлоза праяўляе ўласцівасці, характэрныя для спіртоў. Напрыклад, цэлюлоза ўтварае складаныя эфіры пры ўзаемадзеянні з воцатнай кіслотой (ураўненне рэакцыі прыведзена для аднаго структурнага звяна макрамалекулы цэлюлозы):

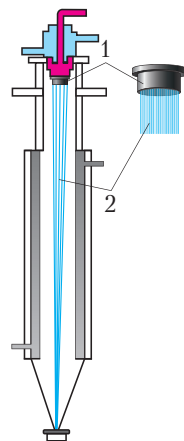


Эфіры цэлюлозы з воцатнай кіслотой называюцца *ацэтатамі цэлюлозы*. Калі ў рэакцыю ўступаюць усе гідраксільныя групы малекулы цэлюлозы, утвараецца *трыацэтат цэлюлозы*. Са схемы відаць, што ў макрамалекулах трыацэтату цэлюлозы адсутнічаюць гідраксільныя групы. Такім чынам, паміж гэтымі малекуламі няма вадародных сувязей, таму макрамалекулы трыацэтату цэлюлозы не так трывала звязаны адна з адной, як малекулы цэлюлозы. Гэта прыводзіць да таго, што, у адрозненне ад цэлюлозы, яе ацэтаты раствараюцца ў некаторых арганічных растваральніках. Гэта выкарыстоўваецца пры атрыманні штучных валокнаў.

Як мы ўжо адзначалі, у драўніне макрамалекулы цэлюлозы размешчаны менш упарадкавана, чым у валокнах бавоўны і лёну (мал. 44.2). Такім чынам, для атрымання валокнаў з цэлюлозы, выдзеленай з драўніны, неабходна размясціць макрамалекулы цэлюлозы ўздоўж аднаго напрамку — уздоўж восі валакна. Для гэтага трэба надаць малекулам цэлюлозы рухомасць, напрыклад, шляхам пераводу іх у раствор. Паколькі сама цэлюлоза не раствараецца ні ў вадзе, ні ў арганічных растваральніках, для пераводу яе ў растваральны стан з цэлюлозы атрымліваюць ацэтаты цэлюлозы.

Ацэтаты цэлюлозы раствараюць у арганічных растваральніках. Пры гэтым утвараецца вязкі раствор. Потым гэты раствор праціскаюць праз вузкія адтуліны. Пры гэтым макрамалекулы цэлюлозы выстройваюцца ўздоўж аднаго напрамку (мал. 44.3).

Ацэтатнае валакно складаецца з мадыфікаваных малекул прыроднага палімера — цэлюлозы. Такія валокны называюцца *штучнымі валокнамі*.

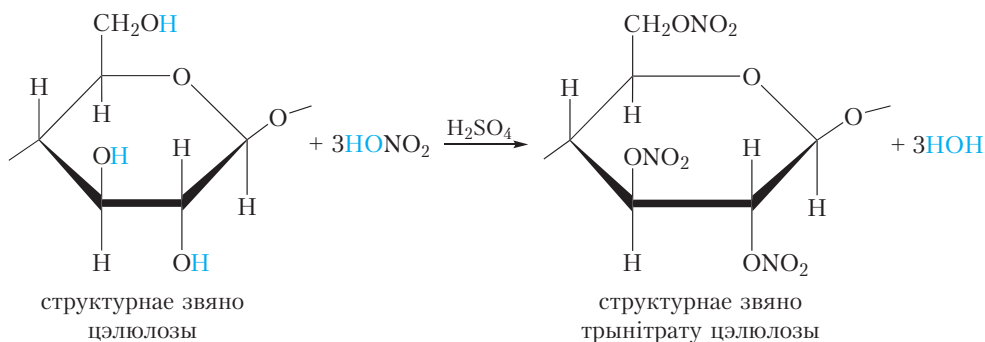


Мал. 44.3. Схема атрымання ацэтатнага валакна: 1 — каўпачок з вузкімі адтулінамі; 2 — пучок валокнаў

Їх неабходна адрозніваць ад сінтэтычных валокнаў, макрамалекулы якіх атрыманы сінтэтычным шляхам па рэакцыі полікандэнсацыі. Прыкладам сінтэтычных валокнаў з'яўляецца поліэфірнае валакно лаўсан (§ 38).

3. Утварэнне нітратай целюлозы

Падобна спіртам, целюлоза ўтварае складаныя эфіры з азотнай кіслотой. Пры дзеянні на целюлозу сумессю канцэнтраваных азотнай і сернай кіслот адбываецца паступовае ператварэнне гідраксільных груп у складанаэфірныя:



Эфіры целюлозы з азотнай кіслотой называюцца *нітратамі целюлозы*. У выпадку ператварэння ўсіх гідраксільных груп у складанаэфірныя ўтвараецца *трынітрат целюлозы*. Ён з'яўляецца выбуховым рэчывам і выкарыстоўваецца для вырабу бяздымнага пораху.

Прымяненне целюлозы

Валокны лёну і бавоўны, якія ў асноўным складаюцца з целюлозы, выкарыстоўваюць для вырабу нітак і тканін.

Складаныя эфіры целюлозы з воцатнай кіслотой выкарыстоўваюць для атрымання штучнага ацэтатнага валакна (ацэтатнага шоўку).

Целюлоза, вылучаная з драўніны, выкарыстоўваецца для вырабу паперы. Для атрымання паперы здробненую драўніну вараць у прысутнасці кіслотных або шчолачных рэагентаў. Тэхнічную целюлозу, якая атрымліваецца пасля варкі, ачышчаюць і адбеляюць. Да пачатку XIX стагоддзя аркушы паперы выраблялі ўручную шляхам вычэрпвання папяровай масы формай з сеткаватым дном і сушкай асобных аркушаў, але ў 1806 годзе была запатэнтавана першая папераробная машына, якая фармавала паперу на канвеернай сетцы, што бесперапынна рухалася, і намотвала яе на вялікія рулоны.

Папера з чыстай цэлюлозы занадта порыстая, чарніла і фарбы на ёй распываюцца. Такім матэрыялам з'яўляецца фільтравальная папера, якая маецца ў кабінёце хіміі. Пры атрыманні высакакаснай паперы для пісьма і капіравальнай тэхнікі ў папяровую масу ўводзяць спецыяльныя дабаўкі (мел і іншыя напаяўняльнікі, адбельвальнікі, клей). Паверхню паперы для капіравальнай тэхнікі падвяргаюць спецыяльнай апрацоўцы, каб пазбегнуць назапашвання на ёй статычнай электрычнасці. Таму нядзіўна, што некаторыя гатункі паперы каштуюць даволі дорага.

У арганізме чалавека няма ферментаў, здольных расшчапляць сувязі паміж астаткамі β -глюкозы. Таму, у адрозненне ад крухмалу, цэлюлоза не можа быць пажыўным рэчывам для чалавека. Аднак жвачныя жывёлы маюць у страўніку мікраарганізмы, здольныя расшчапляць малекулы цэлюлозы, таму для жвачных жывёл цэлюлоза з'яўляецца крыніцай энергіі.

Цэлюлоза з'яўляецца прыродным поліцукрыдам, яна змяшчаецца ў клетачных сценах раслін.

Малекулярная формула цэлюлозы $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Макрамалекулы цэлюлозы складаюцца з астаткаў β -глюкозы, звязаных паміж сабой кіслароднымі масткамі.

У адрозненне ад крухмалу, макрамалекулы цэлюлозы маюць неразгалінаваную будову, таму могуць размяшчацца паралельна адна адной і ўтвараць паміж сабой мноства вадародных сувязей. Гэтым тлумачыцца высокая трываласць цэлюлозы.

У выніку поўнага гідролізу цэлюлозы ўтвараецца глюкоза.

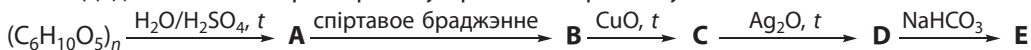
Цэлюлоза ўтварае складаныя эфіры з воцатнай і азотнай кіслотамі.

Цэлюлозу выкарыстоўваюць для атрымання валокнаў, паперы, бяздымнага пороху.

Пытанні і заданні

1. Дзе ў прыродзе сустракаецца цэлюлоза?
2. Пры апрацоўцы цэлюлозы азотнай кіслотой у прысутнасці сернай кіслаты ўтвараецца трынітрат цэлюлозы. Напішыце ўраўненне хімічнай рэакцыі, якая пры гэтым працякае.
3. Што такое штучныя валокны? Напішыце ўраўненне рэакцыі атрымання трыацэтата цэлюлозы.
4. Сярэдняя адносная малекулярная маса ўзору цэлюлозы складае 1 420 000. Разлічыце сярэдні лік структурных звёнаў у макрамалекуле дадзенага ўзору цэлюлозы.

5. Дадзена схема ператварэнняў арганічных рэчываў:



Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

6. Прыродны палімер **A** ўваходзіць у састаў абалонак клетак раслін. Канчатковым прадуктам гідролізу **A** з'яўляецца рэчыва **B**. Пры дзеянні на **B** аміячным раствором аксиду серабра ўтвараецца злучэнне **C**, якое валодае дваістай хімічнай функцыяй. Прывядзіце формулы рэчываў **A**, **B**, **C** і ўраўненні рэакцый.

7. Укажыце галіны прымянення цэлюлозы. Якія рэчывы, што шырока выкарыстоўваюцца ў побыце, атрымліваюць з цэлюлозы?

8*. Юны хімік вырашыў даследаваць рэакцыю цэлюлозы з азотнай кіслотой. Для гэтага ён узяў кавалачак баваўнянай тканіны і змясціў яе ў нітрующую сумесь (сумесь канцэнтраваных сернай і азотнай кіслот). Прыкладна праз 15 мінут ён вынуў тканіну з нітрующей сумесі, прамыў і высушыў. Потым ён падпаліў кавалачкі атрыманай тканіны, а таксама тканіны, што не падвяргалася апрацоўцы. Зыходная тканіна з цяжкасцю загарэлася, вылучаючы шмат сажы і дыму, у той час як тканіна, апрацаваная нітрующей сумессю, хутка згарэла, не вылучаючы сажы. Растлумачце з'яву, што назіралася, напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякалі.

Практычная работа 3

Рашэнне эксперыментальных задач

1. У трох пранумараваных прабірках знаходзяцца растворы наступных рэчываў:

Варыянт 1. Гліцэрына, глюкоза, фармальдэгід.

Варыянт 2. Фармальдэгід, глюкоза, этанол.

Варыянт 3. Воцатная кіслата, гліцэрына, глюкоза.

Варыянт 4. Этанол, сахароза, глюкоза.

З дапамогай аднаго рэактыва (якога?) вызначце, у якой з прабірак знаходзіцца кожнае з рэчываў.

2. Доследным шляхам дакажыце наяўнасць крухмалу ў белым хлебе і бульбе.

3. Дакажыце, што ў састаў малекулы цукрозы ўваходзяць астаткі глюкозы. Для гэтага ажыццявіце гідроліз цукрозы.

Гідроліз цукрозы

У прабірку змясціце 0,3–0,5 г цукрозы і 7–8 см³ вады. Раствор падзяліце на тры часткі. У першую прабірку дабаўце 1 см³ разбаўленай сернай кіслаты, цэнтры кіпення і кіпяціце 1–2 мінуты. У другую прабірку таксама дабаўце кіслату, але награванне не праводзіце. Трэцяя прабірка — кантрольная. Потым ва ўсіх прабірках ажыццявіце якасную рэакцыю на глюкозу.

Дадатковы эксперымент

Доследным шляхам дакажыце наяўнасць глюкозы ў саставе садавіны (яблыкі, грушы, вінаград і інш.).

Раздзел 4

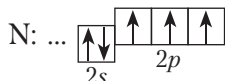
АЗОТЗМЯШЧАЛЬНЫЯ АРГАНІЧНЫЯ ЗЛУЧЭННІ

§ 45. Будова і фізічныя ўласцівасці амінаў

Вывучаючы папярэднія параграфы, вы даведаліся аб будове і ўласцівасцях спіртоў, альдэгідаў, карбонавых кіслот, складаных эфіраў, вугляводаў. Малекулы ўсіх гэтых злучэнняў змяшчаюць кісларод, таму яны адносяцца да кіслародзмяшчальных арганічных рэчываў. У той жа час існуе вялікая колькасць арганічных злучэнняў, якія змяшчаюць азот. Гэтымі злучэннямі з'яўляюцца бялкі, нуклеінавыя кіслоты і многія іншыя. Перш чым прыступіць да вывучэння азотзмяшчальных арганічных рэчываў, разгледзім будову і ўласцівасці вядомага вам неарганічнага рэчыва аміяку.

Будова малекулы аміяку і іона амонію. Донарна-акцэптарная сувязь

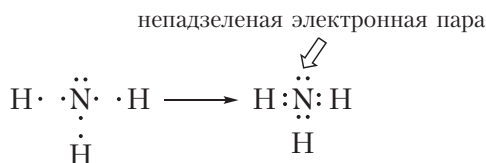
Формула аміяку — NH_3 . Разгледзім, як утвараюцца кавалентныя сувязі ў малекуле аміяку. На знешнім электронным слоі атама азоту маецца тры няспараныя электроны:



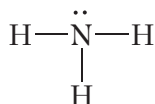
У атаме вадароду — адзін неспараны электрон:



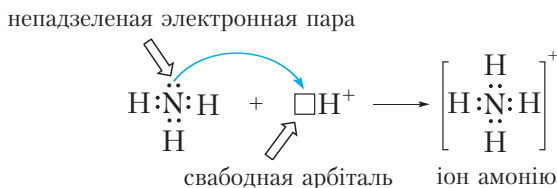
Тады схему ўтварэння кавалентных сувязей у малекуле аміяку можна прадставіць наступным чынам:

Мал. 45.1. Схема ўтварэння кавалентных сувязей у малекуле аміяку NH₃

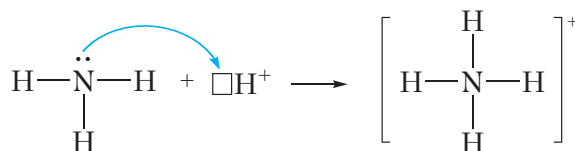
Са схемы відаць, што тры няспараныя электроны атама азоту ўдзельнічаюць ва ўтварэнні трох кавалентных сувязей N—H. У той жа час на знешнім слоі атама азоту застаецца электронная пара. Такая электронная пара называецца *непадзеленай* электроннай парай. Структурная формула аміяку:



Дзякуючы наяўнасці непадзеленай электроннай пары атам азоту малекулы аміяку можа ўтвараць яшчэ адну кавалентную сувязь. Напрыклад, малекула аміяку здольна далучаць катыён вадароду H⁺, утвараючы іён амонію:



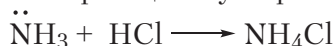
або

Мал. 45.2. Схема ўтварэння іона амонію NH₄⁺

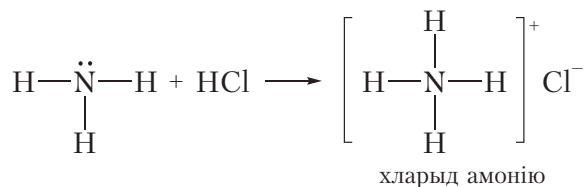
З малюнка 45.2 відаць, што ўсе чатыры кавалентныя сувязі N—H у іоне амонію аднолькавыя. Яны ўтвораны з дапамогай агульных электронных пар паміж атамамі азоту і вадароду. Аднак механізм утварэння гэтых сувязей адрозніваецца. Тры сувязі N—H утвараюцца за кошт няспараных электронаў атамаў азоту і вадароду (мал. 45.1). Такі спосаб утварэння кавалентнай сувязі называецца *абменным*. Чацвёртая сувязь N—H у іоне

амонію ўтвараецца за кошт непадзеленай электроннай пары атама азоту і свабоднай арбіталі катыёну H^+ (мал. 45.2). Такі спосаб утварэння кавалентнай сувязі называецца *донарна-акцэптарным*. Пры гэтым атам азоту, які прадстаўляе электронную пару, называецца *донарам*, а катыён вадароду, які прымае электронную пару на сваю свабодную арбіталь, — *акцэптарам*.

Рэчывы, здольныя далучаць катыён вадароду H^+ , з'яўляюцца асновамі. Такім чынам, аміяк — аснова. Асноўныя ўласцівасці аміяку праяўляюцца ў рэакцыях з кіслотамі. У гэтых рэакцыях утвараюцца солі амонію:

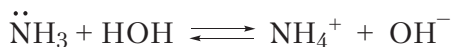


або

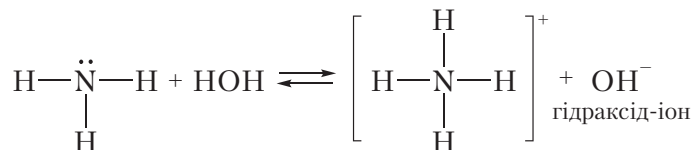


Відаць, што ў рэакцыі з HCl малекула NH_3 далучае катыён H^+ і ператвараецца ў іон амонію NH_4^+ . У іоне амонію атам азоту ўтварае чатыры кавалентныя сувязі $\text{N} - \text{H}$, таму валентнасць азоту роўная IV. У хларыдзе амонію, акрамя кавалентных сувязей $\text{N} - \text{H}$, маецца іонная сувязь паміж катыёнам NH_4^+ і аніёнам Cl^- .

Аміяк праяўляе асноўныя ўласцівасці не толькі пры ўзаемадзеянні з кіслотамі, але і з вадой. Так, пры растварэнні аміяку ў вадзе працякае абарачальная рэакцыя:



або



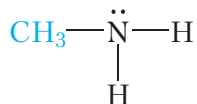
Відаць, што пры ўзаемадзеянні з вадой малекула аміяку далучае катыён вадароду. Пры гэтым утвараюцца іон амонію NH_4^+ і гідраксід-іон OH^- . Наяўнасць іонаў OH^- абумоўлівае шчолачную рэакцыю водных раствораў аміяку.

Пяройдзем да разгляду будовы арганічных азотзмяшчальных рэчываў — амінаў.

Будова малекул амінаў

Аміны можна разглядаць як вытворныя аміяку, у малекуле якога адзін, два ці тры атамы вадароду замешчаны на вуглевадародныя радыкалы.

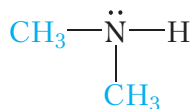
Напрыклад, замесцім адзін атам вадароду малекулы аміяку на метыльны радыкал:



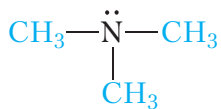
Такое злучэнне называецца *метыламін*. Метыламін уяўляе сабой бясколерны газ ($t_{\text{кип}} = -6^\circ\text{C}$) з рэзкім пахам, які нагадвае пах аміяку.

Метыламін з'яўляецца найпрасцейшым прадстаўніком амінаў. Яго формулу можна запісаць наступным чынам: CH_3-NH_2 . Відаць, што ў малекуле метыламіну маецца група $-\text{NH}_2$, якая называецца *амінагрупай*.

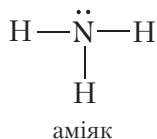
Калі замясціць два атамы вадароду малекулы аміяку на метыльныя радыкалы, то атрымаецца дыметыламін:



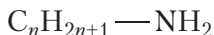
Нарэшце, пры замяшчэнні ўсіх трох атамаў вадароду малекулы аміяку на метыльныя радыкалы атрымаем триметыламін:



У залежнасці ад ліку замешчаных атамаў вадароду аміны падзяляюць на **першасныя** (замешчаны адзін атам вадароду), **другасныя** (замешчаны два атамы вадароду) і **трацічныя** (замешчаны тры атамы вадароду):

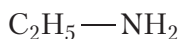


Метыламін $\text{CH}_3\text{—NH}_2$ з'яўляецца першасным амінам. Улічваючы, што агульная формула алкільных радыкалаў $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{—}$, лёгка атрымаць агульную формулу гамалагаў метыламіну:



У малекулах амінаў, як і ў малекуле аміяку, у атама азоту маецца непадзеленая электронная пара. Дзякуючы гэтаму аміны, як і аміяк, могуць далаучаць катыён вадароду H^+ . Гэта значыць аміны з'яўляюцца арганічнымі асновамі.

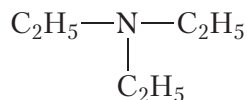
Назвы амінаў складаюцца з назваў вуглевадародных радыкалаў, звязаных з атамамі азоту, і канчатка *-амін*. Прывядзём назвы некаторых амінаў:



этыламін

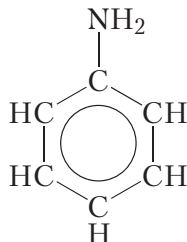


метылэтыламін



трыэтыламін

Акрамя алкільных радыкалаў малекулы амінаў могуць змяшчаць і іншыя замяшчальнікі. Прыкладам такога аміну з'яўляецца *анілін*:



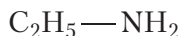
У малекуле аніліну група —NH_2 звязана з радыкалам $\text{—C}_6\text{H}_5$, які называецца *феніл*. Таму анілін называюць таксама феніламінам.

Анілін уяўляе сабой бясколерную алеістую вадкасць, дрэнна растваральную ў вадзе, з тэмпературай кіпення 184°C . Анілін ядавіты.

Ізамерыя амінаў

Метыламін $\text{CH}_3\text{—NH}_2$ не мае ізамераў.

Наступныя прадстаўнікі алкіламінаў змяшчаюць два атамы вугляроду ў малекуле. У гэтым выпадку магчыма існаванне двух ізамераў:



этыламін



дыметыламін

Фізічныя ўласцівасці амінаў

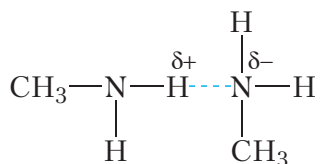
У табліцы 45.1 прыведзены структурныя формулы, назвы і тэмпературы кіпення некаторых насычаных амінаў.

Табліца 45.1. Структурныя формулы, назвы і тэмпературы кіпення насычаных амінаў

Формула	Назва	$t_{\text{кіп}}, ^\circ\text{C}$
$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$	метыламін	-6
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$	этыламін	17
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$	прапіламін	49
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$	бутыламін	78

З даных табліцы відаць, што толькі метыламін мае тэмпературу кіпення ніжэй за 0°C , такім чынам, пры нармальных умовах толькі метыламін з'яўляецца газам.

Больш высокія, у параўнанні з вуглеводародамі, тэмпературы кіпення амінаў абумоўлены ўтварэннем вадародных сувязей паміж іх малекуламі:



Палярнасць сувязі $\text{N} - \text{H}$ ніжэй, чым сувязі $\text{O} - \text{H}$. Таму тэмпературы кіпення амінаў ніжэйшыя, чым спіртоў з тым самым лікам атамаў вугляроду.

Падобна аміяку, ніжэйшыя аміны добра растваральныя ў вадзе. З ростам вуглеводародных радыкалаў растваральнасць амінаў у вадзе памяншаецца. Напрыклад, анілін маларастваральны ў вадзе. У 100 г вады пры пакаёвай тэмпературы можна растварыць прыкладна 3,5 г аніліну.

Аміны можна разглядаць як вытворныя аміяку, у малекуле якога адзін, два ці тры атамы вадароду замешчаны на вуглеводародныя радыкалы.

У залежнасці ад ліку замешчаных атамаў вадароду аміны падзяляюць на першасныя (замешчаны адзін атам вадароду), другасныя (замешчаны два атамы вадароду) і трацічныя (замешчаны тры атамы вадароду).

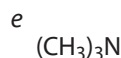
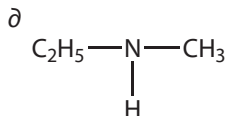
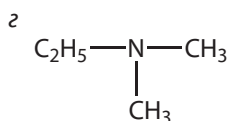
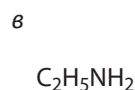
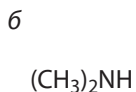
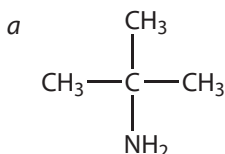
У малекулах амінаў, як і ў малекуле аміяку, у атама азоту маецца непадзеленая электронная пара. Таму аміны могуць далучаць катыён вадароду H^+ і з'яўляюцца арганічнымі асновамі.

Дзякуючы наяўнасці палярных сувязей $N-H$ паміж малекуламі амінаў могуць утварацца вадародныя сувязі. Таму тэмпературы кіпення амінаў вышэйшыя, чым тэмпературы кіпення алканаў з такім самым лікам атамаў вугляроду ў малекулах.

Ніжэйшыя аміны добра растваральныя ў вадзе. З ростам вуглевадародных радыкалаў растваральнасць амінаў у вадзе памяншаецца.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце прыклады рэакцый, у якіх аміяк праяўляе ўласцівасці асновы. Якая часціца далучаецца да малекулы аміяку ў гэтых рэакцыях?
2. Чаму водны раствор аміяку афарбоўвае фенолфталеін у малінавы колер?
3. Знайдзіце першасныя, другасныя і трацічныя аміны сярод рэчываў, формулы якіх:



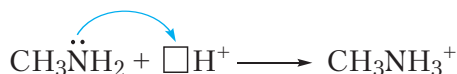
4. Напішыце агульную формулу гамолагаў метыламіну.
5. Напішыце структурныя формулы ўсіх ізамераў прапіламіну.
6. Адлюстрыце ўтварэнне вадародных сувязей паміж малекуламі этыламіну. Ці могуць утварацца вадародныя сувязі паміж малекуламі трыметыламіну?
7. Масавая доля вугляроду ў малекуле гамолага метыламіну роўна 61,0 %. Прывядзіце магчымую формулу гэтага рэчыва.

§ 46. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне амінаў

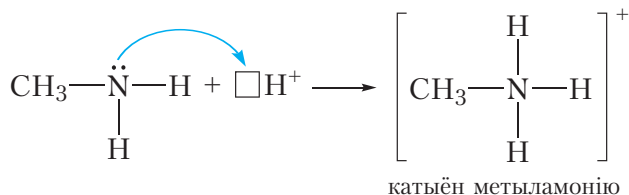
Хімічныя ўласцівасці насычаных амінаў

1. Асноўныя ўласцівасці

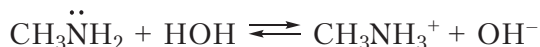
У малекулах амінаў у атама азоту маецца непадзеленая электронная пара, таму яны могуць далучаць катыён вадароду H^+ :



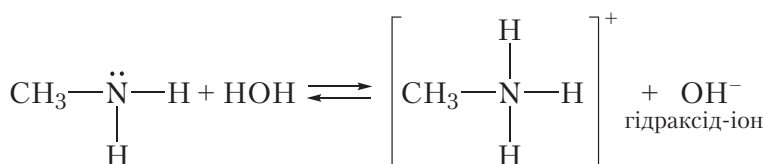
або



Гэта значыць, таксама як і аміяк, аміны праяўляюць асноўныя ўласцівасці. Так, пры растварэнні метыламіну ў вадзе працякае абарачальная рэакцыя:

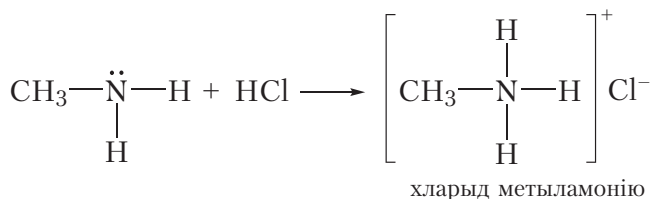
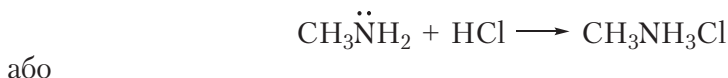


або



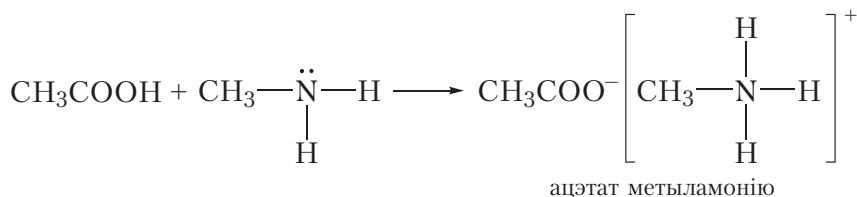
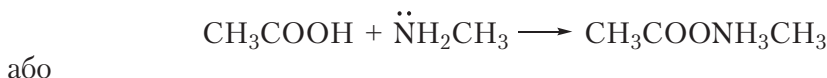
Відаць, што пры ўзаемадзеянні з вадой малекула метыламіну далучае катыён вадароду. Пры гэтым утвараюцца іон метыламонію $CH_3NH_3^+$ і гідроксід-іон OH^- . Наяўнасць іонаў OH^- абумоўлівае шчолачную рэакцыю водных раствораў метыламіну, таму раствор метыламіну ў вадзе афарбоўвае фенолфталеін у малінавы колер.

Асноўныя ўласцівасці амінаў праяўляюцца таксама ў рэакцыях з кіслотамі. Напрыклад, пры ўзаемадзеянні метыламіну з саянай кіслотой утвараецца соль — хларыд метыламонію:



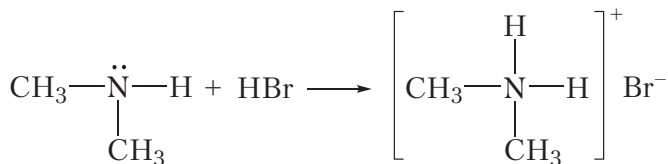
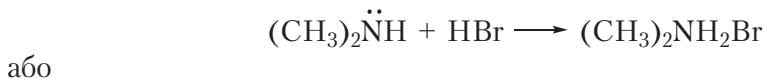
Як і ўсе солі, хларыд метыламонію мае іонную будову. Ён складаецца з катыёну метыламонію і хларыд-аніёну. Хларыд метыламонію — цвёрдае, добра растваральнае ў вадзе рэчыва.

Аналагічна працякаюць рэакцыі метыламіну і з іншымі кіслотамі:

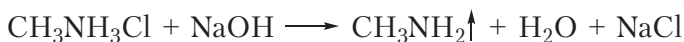


Гэтыя рэакцыі заключаюцца ў далучэнні катыёну вадароду H^+ да малекулы метыламіну.

Мы разгледзілі ўзаемадзеянне метыламіну з вадой і кіслотамі. Відавочна, падобным чынам гэтыя рэакцыі будуць працякаць і для іншых амінаў:



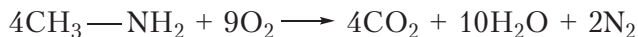
Солі амінаў — цвёрдыя, добра растваральныя ў вадзе рэчывы. Шчолачы выцясняюць аміны з солей:



Падобную рэакцыю вы сустрэкалі пры вывучэнні неарганічнай хіміі, калі разглядалі выцясненне аміяку з солей амонію пад дзеяннем шчолачаў.

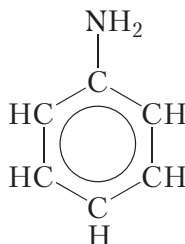
2. Гарэнне

Як і большасць арганічных злучэнняў, аміны гараць у кіслародзе. Пры гэтым утвараюцца вуглякіслы газ, вада і азот:



Хімічныя ўласцівасці аніліну

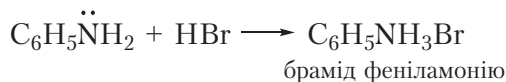
Структурная формула аніліну:



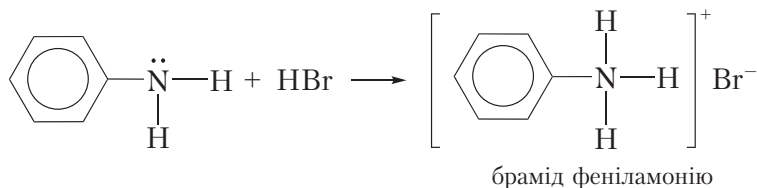
З-за ўплыву бензольнага кольца на амінагрупу некаторыя ўласцівасці аніліну адрозніваюцца ад хімічных уласцівасцей насычаных амінаў. З другога боку, амінагрупа ў малекуле аніліну аказвае ўплыў на ўласцівасці бензольнага кольца.

Рэакцыі па амінагрупе

З-за ўплыву бензольнага кольца на амінагрупу асноўныя ўласцівасці аніліну выяўлены слабей, чым у насычаных амінаў. Так, у адрозненне ад насычаных амінаў, водны раствор аніліну не змяняе афарбоўку індыкатараў. У той жа час, падобна насычаным амінам, анілін утварае солі пры ўзаемадзеянні з кіслотамі:

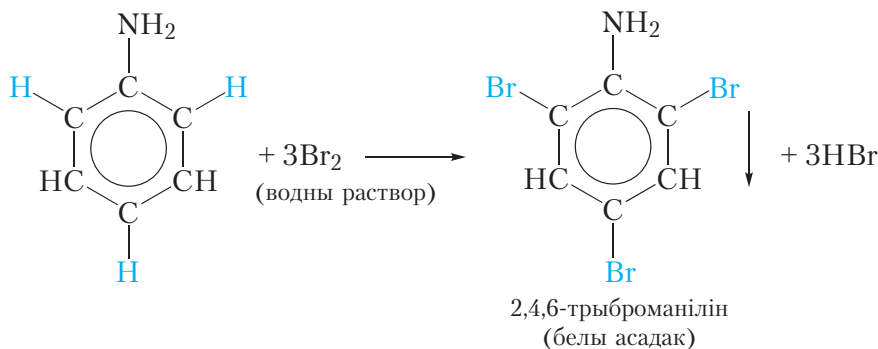


або



Рэакцыі замяшчэння ў бензольным кольцы

У малекуле аніліну амінагрупа ўплывае на ўласцівасці бензольнага кольца, палягчаючы замяшчэнне атамаў вадароду. Так, пры змешванні раствору аніліну з бромнай вадой назіраецца яе абясколерванне і выпадзенне белага асадку. Ураўненне рэакцыі, якая працякае:



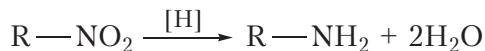
У выніку рэакцыі адбываецца замяшчэнне трох атамаў вадароду бензольнага кольца атамамі броду і ўтвараецца 2,4,6-трыброманілін. Адзначым, што замяшчэнне атама вадароду бензольнага кольца атамам броду магчыма і для бензолу, але ўмовы працякання рэакцыі значна больш жорсткія, чым для аніліну. Напомнім, што падобны ўплыў на бензольнае кольца аказвае гідраксільная група ў малекуле фенолу (§ 28).

Атрыманне амінаў

Аміны можна атрымаць з нітразлучэнняў, з якімі вы пазнаёміліся пры вывучэнні нітравання бензолу (§ 20). Сутнасць рэакцыі атрымання амінаў з нітразлучэнняў становіцца зразумелай, калі разгледзець формулы нітразлучэнняў і амінаў:



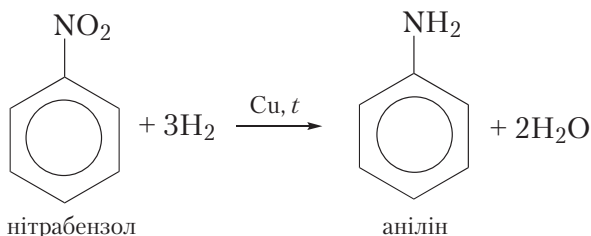
Як бачна, каб атрымаць амін з нітразлучэння, неабходна ў малекуле нітразлучэння «замяніць» атамы кіслароду на атамы вадароду, гэта значыць аднавіць рэчыва. Прывядзём схему такой рэакцыі:



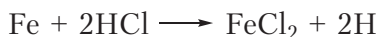
Прыведзеная схема не паказвае, якое рэчыва выкарыстоўваецца для аднаўлення нітразлучэння, адноўнік тут умоўна пазначаны [H].

Разгледзім, якія рэчывы выкарыстоўваюць на практыцы для аднаўлення нітразлучэнняў.

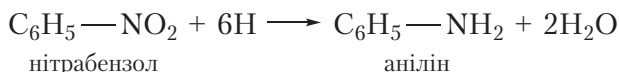
Аднаўленне нітразлучэнняў вадародам у прысутнасці каталізатара:



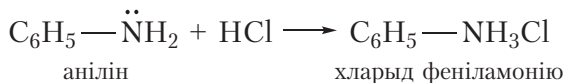
Аднаўленне нітразлучэнняў вадародам у момант вылучэння. Для атрымання аніліну такім метадам у колбу змяшчаюць нітрабензол, канцэнтраваную салыную кіслату і жалезнае пілавінне. Жалеза ўзаемадзейнічае з салынай кіслотой з утварэннем вадароду, які ў першы момант вылучаецца ў атамарным выглядзе:



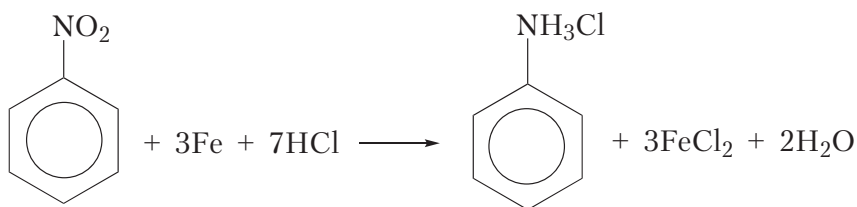
Атамарны вадарод мае высокую рэакцыйную здольнасць і, не паспеўшы злучыцца ў менш актыўныя малекулы H_2 , аднаўляе нітрагрупу малекулы нітрабензолу:



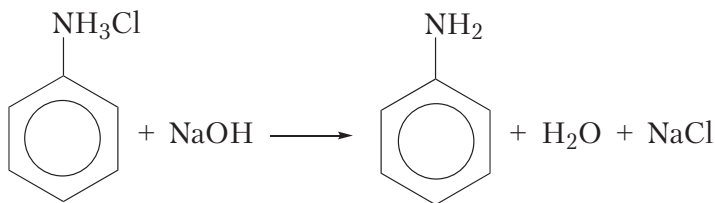
Анілін, які атрымліваецца пры гэтым, узаемадзейнічае з салынай кіслотой, утвараючы соль:



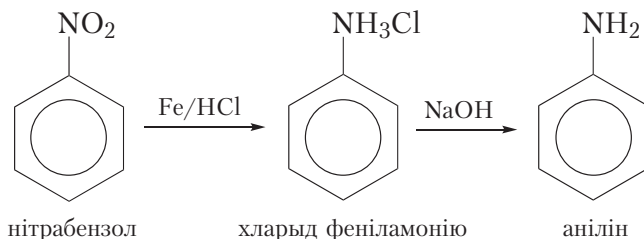
Сумарнае ўраўненне рэакцыі аднаўлення нітрабензолу вадародам у момант вылучэння:



З атрыманай солі дзеяннем шчолачы выцясняюць анілін:



Такім чынам, працэс атрымання аніліну шляхам аднаўлення нітрабензолу вадародам у момант вылучэння можна адлюстравать схемай:



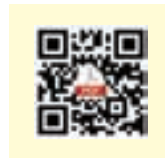
Мал. 46.1. Мікалай
Мікалаевіч Зінін

Цікава ведаць

Рэакцыя атрымання амінаў аднаўленнем нітразлучэнняў носіць імя вядомага рускага хіміка Мікалая Мікалаевіча Зініна (1812–1880). Ён не толькі зрабіў значны ўклад у развіццё арганічнай хіміі, але і стварыў бліскучую школу рускіх хімікаў-арганікаў. Яго вучнямі былі Аляксандр Міхайлавіч Бутлераў — заснавальнік тэорыі будовы арганічных злучэнняў — і Аляксандр Парфір'евіч Барадзін — вядомы хімік і кампазітар, аўтар оперы «Князь Ігар».

Аб іншых метадах атрымання амінаў вы можаце даведацца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

Аміны шырока выкарыстоўваюцца ў арганічным сінтэзе. Яны з'яўляюцца зыходнымі рэчывамі для атрымання фарбавальнікаў, лекавых прэпаратаў і многіх іншых рэчываў.



* Атрыманне амінаў

Аміны таксама, як і аміяк, праяўляюць асноўныя ўласцівасці. Водныя растворы насычаных амінаў маюць шчолачную рэакцыю і таму змяняюць афарбоўку індыкатараў. Аміны ўтвараюць солі пры ўзаемадзеянні з кіслотамі.

Аміны гараць у кіслародзе. Пры гэтым утвараюцца вуглякіслы газ, вада і азот.

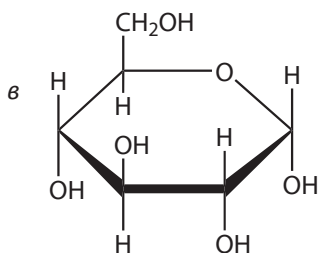
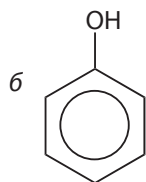
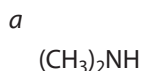
Асноўныя ўласцівасці аніліну выяўлены слабей, чым у насычаных амінаў. Водны раствор аніліну не змяняе афарбоўку індыкатараў. У той жа час анілін, як і насычаныя аміны, утварае солі пры ўзаемадзеянні з кіслотамі.

Амінагрупа малекулы аніліну ўплывае на бензольнае кольца, палягчаючы замяшчэнне атамаў вадароду ў становішчах 2, 4, 6, таму, у адрозненне ад бензолу, анілін аб'ясколервае бромную ваду.

Аміны атрымліваюць аднаўленнем нітразлучэнняў.

Пытанні і заданні

1. Арганічнае рэчыва **A** растварылі ў вадзе. У атрыманы раствор дабавілі некалькі кропель фенолфталеіну. У выніку раствор набыў малінавую афарбоўку. Укажыце формулу рэчыва **A**.



Прывядзіце ўраўненне рэакцыі, якая працякае, пры растварэнні рэчыва **A** ў вадзе.

2. Напішыце ўраўненне рэакцыі паміж этыламінам (2 моль) і растворам сернай кіслаты (1 моль). Назавіце прадукт рэакцыі.

3. Як можна атрымаць анілін, выкарыстоўваючы ў якасці зыходнага рэчыва бензол? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.

4. У колбу змясцілі нітрабензол, бромавадародную кіслату (**лішак**) і жалезнае пілавінне. Пры гэтым утварылася арганічнае рэчыва **X**, масавая доля бром у якім роўна 46,0 %.

а) Напішыце ўраўненне рэакцыі, якая працякае, і назавіце рэчыва **X**.

б) Напішыце малекулярнае і іоннае ўраўненні рэакцыі рэчыва **X** з гідраксідам натрыю ў водным растворе.

в) Напішыце малекулярнае і іоннае ўраўненні рэакцыі рэчыва **X** з нітратам серабра ў водным растворе.

5. Цвёрдае, растваральнае ў вадзе арганічнае рэчыва **A** пры ўзаемадзеянні з водным раствором нітрату серабра ўтварае белы тварожысты асадок. Пры дзеянні гідраксіду калію на рэчыва **A** ўтвараецца злучэнне **B**, бясколерная алеістая вадкасць, маларастваральная ў вадзе. Пры дзеянні бромнай вадкі на **B** утвараецца белы асадок рэчыва **C**. Масавая доля азоту ў рэчыве **A** роўна 10,8 %. Што ўяўляюць сабой рэчывы **A**, **B** і **C**? Прывядзіце іх формулы і ўраўненні апісаных рэакцый.

6. Дадзена схема ператварэнняў:



Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

7. Пры згаранні 0,45 г арганічнага рэчыва вылучылася 0,448 л (н. у.) вуглякіслага газу, 0,63 г вадкі і 0,112 л (н. у.) азоту. Адносная шчыльнасць пароў арганічнага рэчыва па азоту роўна 1,607. Устаноўце малекулярную формулу гэтага рэчыва.

8. Некаторае арганічнае злучэнне акрамя вугляроду і вадароду змяшчае азот, масавая доля якога 23,7 %. Гэта злучэнне ўзаемадзейнічае з сяляннай кіслотой з утварэннем солі, яго малекула змяшчае два вуглевадародныя радыкалы і адзін атам азоту. На падставе гэтых даных:

а) Устаноўце малекулярную формулу арганічнага злучэння.

б) Састаўце яго структурную формулу.

в) Прывядзіце ўраўненне рэакцыі яго ўзаемадзеяння з сяляннай кіслотой.

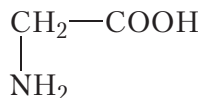
9*. Ці можна атрымаць метыламін узаемадзеяннем метану з аміякам? Кратка раслумачце свой адказ.

10*. Прапануйце схему атрымання метыламіну, зыходзячы з метану і неарганічных рэчываў. Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.

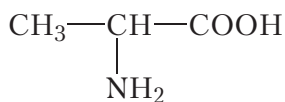
11*. Прапануйце схему атрымання этыламіну, зыходзячы з этылену, вадкі і аміяку. Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.

§ 47. Амінакіслоты

У малекулах амінакіслот змяшчаюцца адначасова амінагрупа —NH_2 і карбаксільная група —COOH . Паспрабуем сканструяваць такую малекулу. Для гэтага да атама вугляроду далучым карбаксільную групу і амінагрупу:

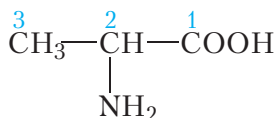


Атрымалася найпрасцейшая амінакіслата — амінавоцатная, або *гліцын*. Бліжэйшым гамолагам гліцыну з'яўляецца амінакіслата *аланін*:

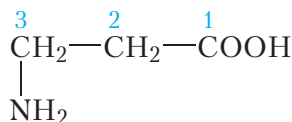


Наменклатура амінакіслот

Назвы амінакіслот складаюцца з назвы адпаведнай карбонавай кіслаты з прыстаўкай *аміна-*, перад якой указана становішча амінагрупы:

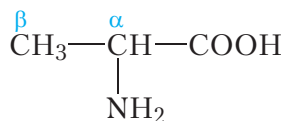


2-амінапрапанавая кіслата

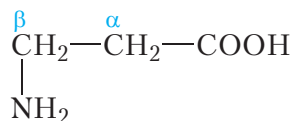


3-амінапрапанавая кіслата

Часам пры пабудове назваў амінакіслот становішча амінагрупы абазначаюць не лічбамі, а літарамі грэчаскага алфавіту:



α -амінапрапіёнавая кіслата



β -амінапрапіёнавая кіслата

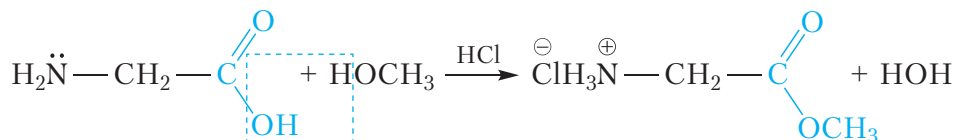
Некаторыя амінакіслоты маюць трывіяльныя назвы, напрыклад, амінаэтанавая кіслата называецца *гліцын*, а 2-амінапрапанавая — *аланін*.

Фізічныя ўласцівасці амінакіслот

Амінакіслоты — бясколерныя крышталічныя рэчывы, добра растваральныя ў вадзе, многія з іх маюць салодкі смак. Тэмпературы плаўлення

3. Утварэнне складаных эфіраў

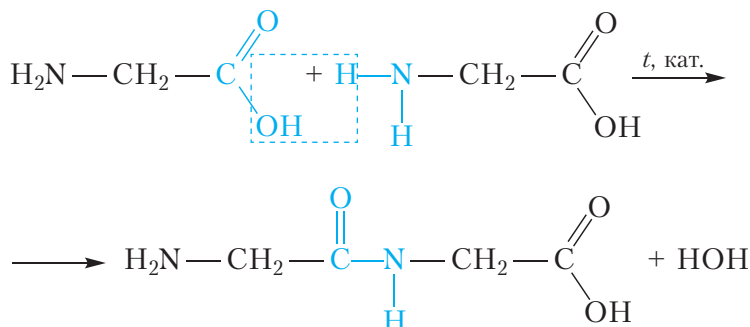
Як і карбонавыя кіслоты, амінакіслоты ўтвараюць складаныя эфіры пры ўзаемадзеянні са спіртамі. Каталізатарамі дадзенай рэакцыі з'яўляюцца неарганічныя кіслоты (напрыклад, HCl):



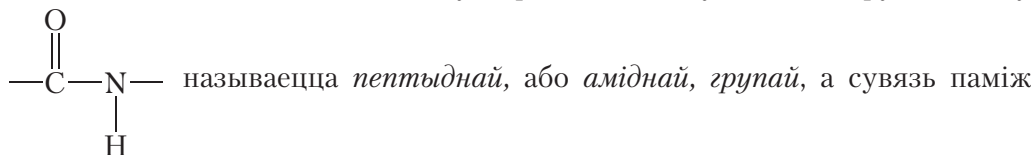
Звярніце ўвагу, што ў ходзе рэакцыі HCl не толькі выконвае ролю каталізатара, але і ўзаемадзейнічае з амінагрупай, утвараючы соль.

4. Утварэнне пептыдаў

Пры пэўных умовах малекулы амінакіслот могуць рэагаваць адна з адной:



У ходзе рэакцыі ад карбаксільнай групы адной малекулы амінакіслоты адшчапляецца група —OH, а ад амінагрупы другой малекулы — атам вадароду. У выніку фарміруецца кавалентная сувязь паміж двума амінакіслотнымі астаткамі і ўтвараецца малекула вады. Група атамаў

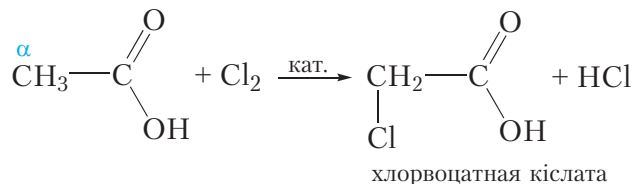


амінакіслотнымі астаткамі — *пептыднай, або аміднай, сувяззю*.

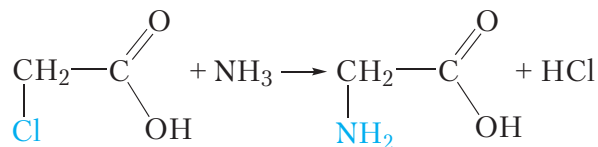
Пры ўзаемадзеянні дзвюх малекул амінакіслот утвараецца *дыпептыд*. Дыпептыд можа ўзаемадзейнічаць з наступнай малекулай амінакіслоты з утварэннем *трыпептыду* і г. д.

Атрыманне амінакіслот

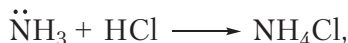
α -Амінакіслоты могуць быць атрыманы з адпаведных карбонавых кіслот. Для гэтага спачатку атам вадароду α -вугляроднага атама карбонавай кіслаты замяшчаюць на галаген (§ 33):



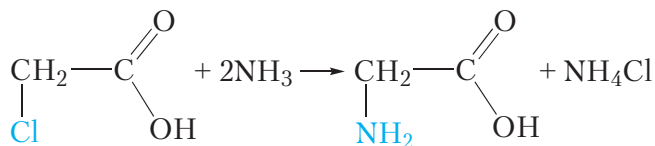
Потым атам галагену ў малекуле α -галагензамешчанай карбонавай кіслаты замяшчаюць амінагрупай:



Хлоравадарод, які вылучаецца ў ходзе рэакцыі, узаемадзейнічае з малекуламi аміяку:



таму для рэакцыі з 1 моль хлорвоцатнай кіслаты патрабуецца 2 моль аміяку:



Прымяненне амінакіслот

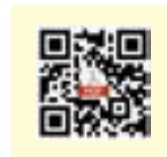
У жывых арганізмах, у тым ліку ў арганізме чалавека, з амінакіслот утвараюцца бялкі. Некаторыя амінакіслоты выкарыстоўваюць у якасці лекавых сродкаў і харчовых дабавак. Амінакіслоты прымяняюцца для атрымання высокамалекулярных злучэнняў, з якіх вырабляюць валокны і пластмасы.

Разгледзім атрыманне сінтэтычнага валакна *капрон*. Утварэнне палімеру, з якога атрымліваюць валакно, можна прадставіць наступнай схемай:



Астаткі 6-амінагексанавай кіслаты ў капроне звязаны аміднымі сувязямі, таму валакно капрон адносіцца да поліамідных. Паколькі макрамалекулы капрону атрымліваюць сінтэтычным шляхам, то капрон — сінтэтычнае валакно. У нашай краіне капрон атрымліваюць на філіяле «Завод Хімвалакно» ААТ «Гродна Азот». Яшчэ адным прыкладам сінтэтычных валокнаў з'яўляецца поліэфірнае валакно лаўсан (§ 38).

Аб сінтэтычным валакне нейлоне вы даведаецеся, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



Нейлон

Амінакіслоты — арганічныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць амінагрупу —NH₂ і карбакільную групу —COOH.

Для амінакіслот характэрны ўласцівасці як амінаў, так і карбонавых кіслот.

Амінакіслоты ўтвараюць солі пры ўзаемадзеянні і з кіслотамі, і са шчолачамі. Такім чынам, амінакіслоты — амфатэрныя арганічныя злучэнні.

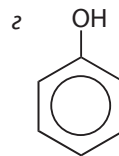
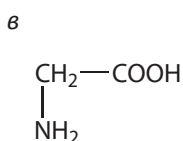
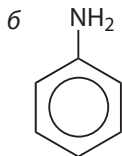
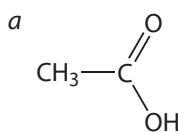
Растворы амінакіслот не змяняюць афарбоўку індикатараў, паколькі аміна- і карбакільная групы ў амінакіслотах нейтралізуюць адна адну.

Малекулы амінакіслот могуць рэагаваць адна з адной, утвараючы пептыды.

Полікандэнсацыяй 6-амінагексанавай кіслаты атрымліваюць сінтэтычнае валакно капрон.

Пытанні і заданні

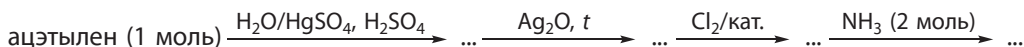
1. Арганічнае рэчыва **A** ўтварае солі пры ўзаемадзеянні і з кіслотамі, і са шчолачамі. Укажыце формулу рэчыва **A**.



2. Прывядзіце ўраўненні рэакцый аланіну: а) з саяянай кіслотой; б) з растворам гідраксіду натрыю.

3. Напішыце структурную формулу дыпептыду, утворанага астаткамі аланіну.

4. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія адпавядаюць наступнай схеме ператварэнняў:



5. Колькі розных дыпептыдаў будзе атрымана пры награванні сумесі гліцыну і аланіну? Прывядзіце формулы гэтых дыпептыдаў.

6. Колькі амінакіслотных астаткаў і пептыдных сувязей змяшчаецца ў малекуле лінейнага (нецыклічнага) тэтрапептыду?

7. Прывядзіце ўраўненні рэакцый атрымання капрону, лаўсану, поліэтылену, сінтэтычнага каўчуку з адпаведных манамераў. Якія з прыведзеных вамі рэакцый з'яўляюцца рэакцыямі полімерызацыі, а якія — полікандэнсацыі?

8. Арганічнае рэчыва **A** змяшчае 11,97 % азоту, 9,40 % вадароду і 27,35 % кіслароду па масе і ўтвараецца пры ўзаемадзеянні арганічнага рэчыва **B** з прапанолам-1, насычаным хлоравадародам, і наступным выцясненнем з солі. Вядома, што рэчыва **B** мае прыроднае паходжанне і здольна ўзаемадзейнічаць як з кіслотамі, так і са шчолачамі.

а) Устаноўце малекулярную формулу рэчыва **A**.

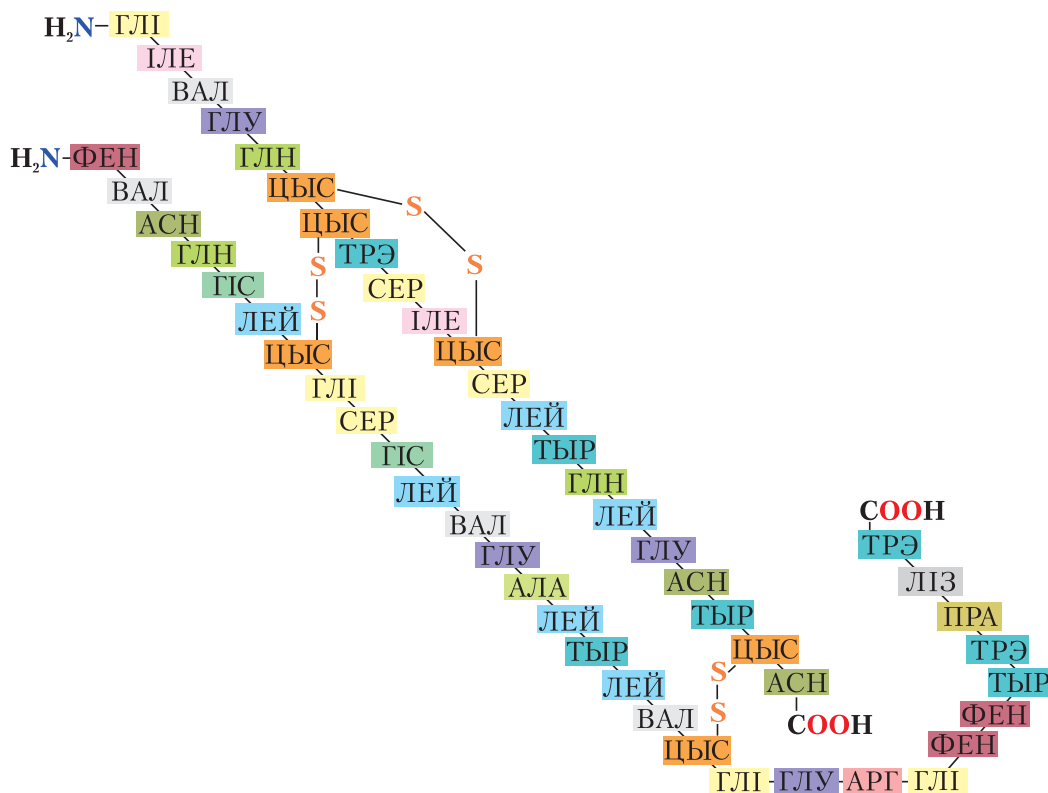
б) Састаўце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

9*. У выніку спальвання 3,045 г трыпептыду ў кіслародзе было атрымана 1,755 г вады, 4,620 г вуглякіслага газу і 504 см³ (н. у.) азоту. Устаноўце малекулярную формулу трыпептыду, калі вядома, што яго малекула змяшчае тры атамы азоту. Колькі ізамерных трыптыдаў адпавядае ўстаноўленай вамі малекулярнай формуле? Прывядзіце іх структурныя формулы. Улічвайце, што ў саставе трыпептыду змяшчаюцца астаткі толькі α-амінакіслот.

Заканчэнне табліцы 48.1

Формула	Назва	Абазначэнне
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	аланін	ала
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	фенілаланін	фен
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	серын	сер
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$	цыстэін	цыс
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	тыразін	тыр

Астаткі гэтых амінакіслот размешчаны ў макрамалекулах бялку ў строга вызначанай паслядоўнасці (мал. 48.1).



Мал. 48.1. Паслядоўнасць амінакіслотных астаткаў у малекуле інсуліну чалавека

З малюнка 48.1 відаць, што малекула бялку інсуліну складаецца з двух поліпептыдных ланцугоў, злучаных двума дысульфіднымі масткамі (—S—S—). Кожны поліпептыдны ланцуг характарызуецца строга вызначанай паслядоўнасцю амінакіслотных астаткаў, прычым астаткі многіх амінакіслот сустракаюцца ў малекуле інсуліну некалькі разоў. Напрыклад, з малюнка 48.1 відаць, што астатак гліцыну (глі) сустракаецца ў малекуле інсуліну чатыры разы.

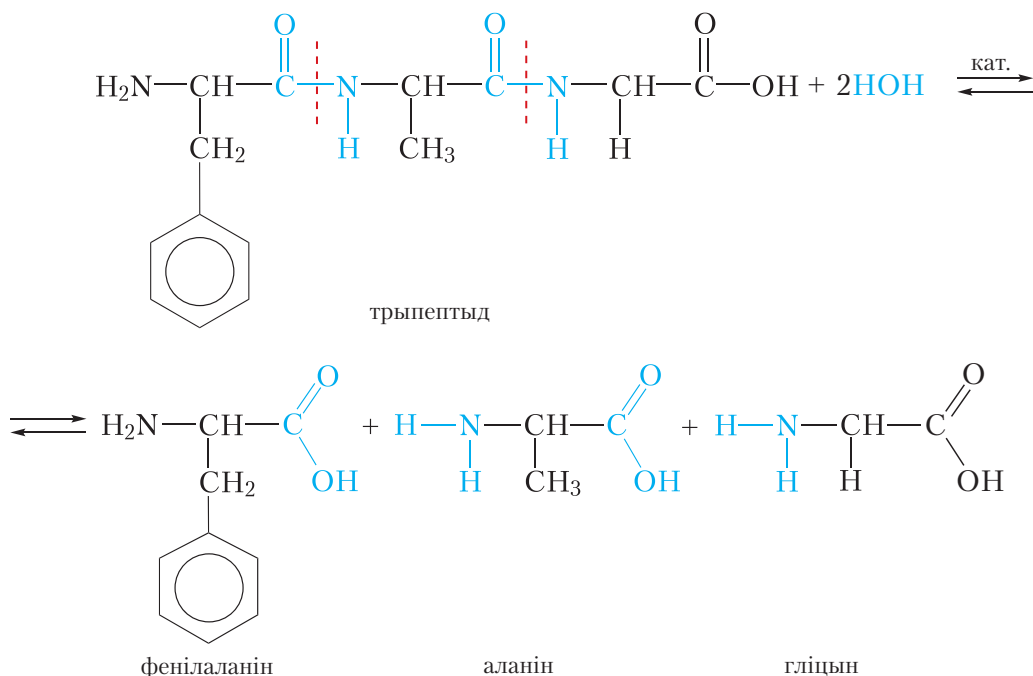
На першы погляд можа здацца, што выкарыстанне 20 розных амінакіслот для пабудовы малекул бялкоў істотна абмяжоўвае разнастайнасць бялковых структур. На самай справе колькасць камбінацый, якую можна скласці, выкарыстоўваючы для пабудовы поліпептыдных ланцугоў 20 розных амінакіслот, практычна бясконца. Напрыклад, калі поліпептыдны ланцуг будзе складацца са 100 амінакіслотных астаткаў, то, выкарыстоўваючы для яго пабудовы 20 розных амінакіслот, можна скласці 20^{100} камбінацый!

Уласцівасці бялкоў

Як мы ўжо пераканаліся, магчыма існаванне велізарнага мноства розных бялкоў. У залежнасці ад будовы амінакіслотных астаткаў і іх паслядоўнасці ў поліпептыдным ланцугу, уласцівасці бялкоў могуць істотна адрознівацца. Напрыклад, бялок курынага яйка альбумін раствараецца ў вадзе, у той жа час бялкі кераціны, якія ўваходзяць у састаў валасоў і пазногцяў, нерастваральныя ў вадзе. Разгледзім некаторыя хімічныя ўласцівасці бялкоў.

1. Гідроліз

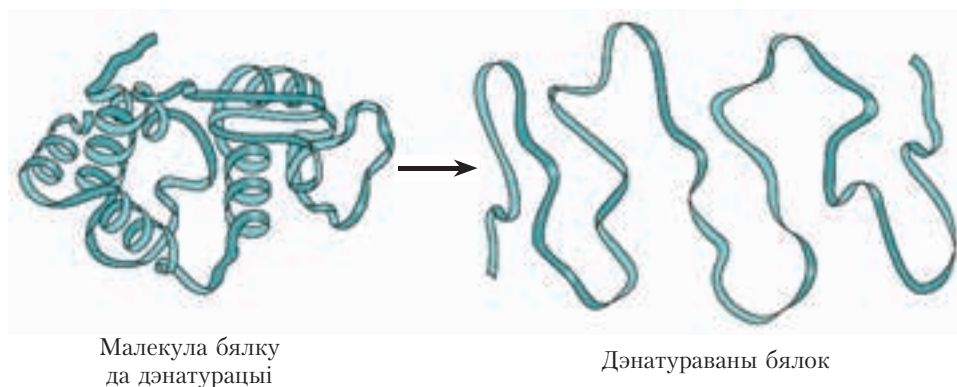
Бялкі падвяргаюцца гідролізу. Пры гэтым адбываецца паступовае расшчапленне малекулы бялку. Спачатку ўтвараюцца прадукты частковага расшчаплення — пептыды, якія маюць малекулярную масу меншую, чым у зыходнага бялку. Канчатковымі прадуктамі гідролізу з'яўляюцца α -амінакіслоты, з якіх пабудавана малекула бялку. Разгледзім рэакцыю гідролізу на прыкладзе трыпептыду, які складаецца з астаткаў фенілаланіну, аланіну і гліцыну:



Пры гідролізе адбываецца разрыў пептыдных сувязей у малекуле бялку. У якасці каталізатараў рэакцыі гідролізу бялку можна выкарыстоўваць кіслоты або шчолачы. У жывых арганізмах гідроліз бялкоў каталізуюць ферменты.

2. Дэнаатурацыя

Пад дзеяннем розных фактараў (награванне, дзеянне кіслот, шчолачаў і інш.) можа адбыцца парушэнне прасторавай структуры малекулы бялку (мал. 48.2). Такі працэс называецца дэнаатурацыяй. Напрыклад, дэнаатурацыя бялку адбываецца пры варцы яек. У выніку дэнаатурацыі бялок губляе характэрныя для яго біяхімічныя ўласцівасці.



Мал. 48.2. Парушэнне прасторавай структуры малекулы бялку пры дэнаатурацыі

3. Біурэтавая рэакцыя (якасная рэакцыя на бялкі)

Біурэтавая рэакцыя з'яўляецца якаснай рэакцыяй на бялкі. Калі да воднага раствору бялку, які змяшчае крыху шчолачы, дабавіць раствор сульфату медзі(II), то ўтвараецца складанае комплекснае злучэнне і раствор набывае чырвона-фіялетавую афарбоўку. У біурэтавую рэакцыю ўступаюць рэчывы, якія змяшчаюць пептыдныя сувязі.

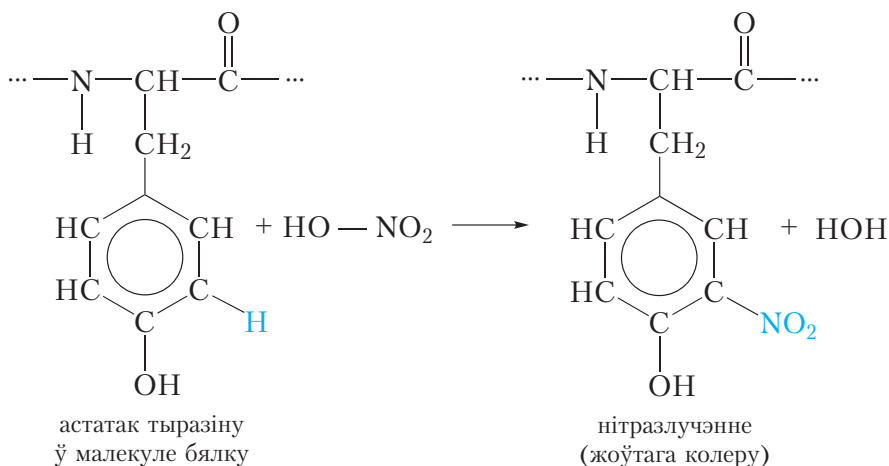


Відэа 48.1. Каляровыя рэакцыі бялкоў

4. Ксантапратэінавая рэакцыя

Ксантапратэінавая рэакцыя дазваляе выявіць у бялках астаткі амінакіслот, якія змяшчаюць бензольнае кольца, напрыклад, фенілаланін

і тыразіну (табл. 48.1). Пры дзеянні канцэнтраванай азотнай кіслаты адбываецца нітраванне бензольных кольцаў малекул такіх амінакіслот:



У выніку рэакцыі атамы вадароду ў бензольных кольцах фенілаланіну і тыразіну замяшчаюцца на нітрагрупы —NO_2 і з'яўляецца жоўтая афарбоўка.

У бялках скуры змяшчаецца вялікая колькасць астаткаў араматычных амінакіслот. Таму пры пападанні азотнай кіслаты на скуру на ёй з'яўляюцца жоўтыя плямы.

Бялкі ў жывым арганізме выконваюць мноства функцый. З бялкоў складаюцца тканкі органаў. Каталізатарамі і рэгулятарамі біяхімічных працэсаў выступаюць ферменты і гармоны — бялковыя малекулы, кожны від якіх рэгулюе асобны працэс. Высокая выбіральнасць ферменту абумоўлена яго ўнікальнай будовай.

Бялок інсулін выконвае важную ролю ў абмене рэчываў — ён рэгулюе вугляводны абмен, недастатковая выпрацоўка гэтага бялку падстраўнікавай залозай прыводзіць да цяжкага захворвання — цукровага дыябету.

Бялкі — важнейшы кампанент ежы. Калі асноўнымі крыніцамі энергіі для жывога арганізма з'яўляюцца тлушчы і вугляводы, бялковы кампанент служыць у першую чаргу крыніцай амінакіслот для біясінтэзу бялкоў. Пры гэтым бялкі ежы расшчапляюцца на асобныя амінакіслоты, з якіх потым ажыццяўляецца біясінтэз. У сувязі з гэтым адрозніваюць *заменныя* і *незаменныя* амінакіслоты. Замена амінакіслот могуць быць сінтэзаваны ў арганізме чалавека з іншых кампанентаў ежы, незаменныя не могуць быць сінтэзаваны, таму абавязкова павінны паступаць у арганізм

з ежай. Прыклады заменных амінакіслот — гліцын і аланін; незаменных — фенілаланін (табл. 48.1).

У заключэнне адзначым, што, знаёмячыся з арганічнай хіміяй, мы прайшлі шлях ад найпрасцейшых арганічных рэчываў — вуглевадародаў — да бялкоў. Далейшае вывучэнне арганічнай хіміі і біялогіі дазволіць прыадчыніць яшчэ шмат таямніц жывога свету.

Малекулы бялкоў пабудаваны з астаткаў α-амінакіслот, якія злучаны пептыднымі сувязямі.

Малекулы бялкоў звычайна змяшчаюць сотні і нават тысячы амінакіслотных астаткаў. Пры гэтым найбольш часта ў саставе бялкоў сустракаюцца астаткі толькі 20 розных амінакіслот.

Бялкі падвяргаюцца гідролізу. Канчатковымі прадуктамі гідролізу з'яўляюцца α-амінакіслоты, з якіх пабудавана малекула бялку.

Пры награванні, дзеянні кіслот, шчолачаў і пад дзеяннем іншых фактараў адбываецца дэнаатурацыя бялку. У выніку дэнаатурацыі бялок губляе характэрныя для яго біяхімічныя ўласцівасці.

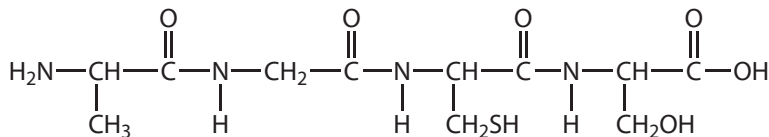
Якаснай рэакцыяй на бялкі з'яўляецца біурэтавая рэакцыя.

Бялкі, якія змяшчаюць астаткі араматычных амінакіслот, даюць жоўтае афарбоўванне з азотнай кіслотой (ксантапратэінавая рэакцыя).

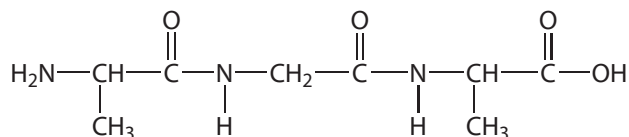
Адрозніваюць заменныя і незаменныя амінакіслоты бялкоў.

Пытанні і заданні

1. Укажыце лік пептыдных сувязей у малекуле рэчыва, формула якога:



2. Напішыце ўраўненне рэакцыі гідролізу рэчыва, формула якога:



3. Пры поўным гідролізе трыпептыду атрымана сумесь аланіну і фенілаланіну ў мольных суадносінах 2 : 1. Састаўце ўсе магчымыя формулы трыпептыду.

4. Пры поўным гідролізе трыпептыду атрымана сумесь гліцыну, аланіну і фенілаланіну. Састаўце ўсе магчымыя формулы трыпептыду.

5. У малекуле інсуліну чалавека змяшчаецца 6 атамаў серы (мал. 48.1). Масавая доля серы ў інсуліне роўна 3,3 %. Ацаніце малярную масу інсуліну.

6. Пры поўным гідролізе 16,5 г дыпептыду ўтварылася толькі адна амінакіслата. Яе маса роўна 18,75 г. Устанавіце будову дыпептыду.

7. Пры шчолачным гідролізе 16,0 г дыпептыду ўтварылася толькі адно арганічнае рэчыва — натрыевая соль адной з амінакіслот. Маса гэтай солі роўна 22,2 г. Устанавіце будову дыпептыду.

8*. Пры поўным кіслотным гідролізе некаторага пентапептыду атрыманы тры амінакіслаты — гліцын, аланін і фенілаланін у мольных адносінах 3 : 1 : 1. Пры частковым гідролізе гэтага ж пентапептыду былі вылучаны тры трыпептыды і тры дыпептыды. Вызначэнне N-канцавых амінакіслот у трох трыпептыдах паказала, што ў двух імі з'яўляецца гліцын, а ў трэцім — аланін. Вызначце паслядоўнасць амінакіслот у малекуле пентапептыду і напішыце яго структурную формулу.

Лабараторны дослед 8

Уласцівасці бялкоў: дэнатурацыя, каляровыя рэакцыі

Біурэтавая рэакцыя. Да 1–2 см³ раствору бялку прыліце роўны аб'ём разбаўленага раствору шчолачы і некалькі кропель разбаўленага бледна-блакітнага раствору меднага купарвасу. Назіраецца чырвона-фіялетавае афарбоўванне.

Ксантапратэінавая рэакцыя. Да раствору бялку дабаўце некалькі кропель канцэнтраванай азотнай кіслаты. Бялок згусе і назіраецца жоўтае афарбоўванне.

Практычная работа 4

Рашэнне эксперыментальных задач

Варыянт 1

Акiсленне этанолу да воцатнага альдэгiду

У прабірку з газаадводнай трубкай змясціце 0,5 г дыхрамату калію (K₂Cr₂O₇), 2 см³ разбаўленай сернай кіслаты і 2 см³ этанолу, сумесь страсяніце. Назіраецца разаграванне сумесі і змяненне яе афарбоўкі.

Дабаўце ў прабірку цэнтры кіпення, замацуеце яе нахільна і апусціце газаадводную трубку амаль да дна другой прабіркі, у якую наліта 2 см³ халоднай вады і якая змешчана ў шклянку з лёдам. Асцярожна нагрэйце рэакцыйную сумесь. На працягу 2–3 мінут аб'ём сумесі ў прабірцы-прыёмніку павялічваецца амаль удвая, пасля гэтага награванне спыніце і разбярыце прыбор. Прысутнасць альдэгiду вызначце па паху і з дапамогай якасных рэакцый.

Варыянт 2

Вылучэнне вышэйшых тлустых кіслот з мыла***Утварэнне нерастваральных солей вышэйшых тлустых кіслот***

У шклянцы растварыце 1 г мыльнай стружкі ў 10 см^3 дыстыляванай вады (чаму дыстыляванай?). Атрыманы раствор падзяліце на тры часткі.

Да першай прыліце 2 см^3 10%-га раствора сернай кіслаты. Сумесь нагрэйце амаль да кіпення. Тлустыя кіслоты, якія расплавіліся, усплываюць у выглядзе слоя, што зацвердзяе пры ахаладжэнні раствору.

У другую прабірку прыліце 1 см^3 5%-га раствора хларыду кальцыю. Да асадку кальцыевай солі прыліце 10%-ны раствор воцатнай кіслаты. Асадку раствараецца, адбываецца вылучэнне тлустых кіслот, якія ўтвараюць пры награванні алейны слой.

У трэцюю прабірку прыліце 1 см^3 5%-га раствора меднага купарвасу. Прабірку з асадкам меднай солі нагрэйце да пачатку кіпення, пры гэтым соль усплывае ў выглядзе ізумрудна-зялёнага кольца. Калі ў растворы маецца лішак натрыевага мыла, дослед не атрымліваецца. У гэтым выпадку дабаўце яшчэ крыху 5%-га раствора меднага купарвасу і зноў сумесь нагрэйце да кіпення.

Варыянт 3

Высаліванне мыла

У прабірку наліце 3–5 см^3 воднага раствора мыла, падагрэйце яго і дабаўце пры перамешванні сухі хларыд натрыю. Па меры насычэння раствору соллю растваральнасць мыла памяншаецца, раствор пачынае мутнець і нарэшце натрыевае мыла ўсплывае над празрыстай вадкасцю ў выглядзе тварожыстых шматкоў. Гэты працэс называюць высаліваннем, яго часта прымяняюць у лабараторнай практыцы і ў прамысловасці пры вылучэнні арганічных рэчываў з водных раствораў.

Варыянт 4

Атрыманне складанага эфіру

У прабірку змясціце па 2–3 см^3 этылавага або ізаамілавага спірту (3-метылбутанолу-1), потым прыкладна такі ж аб'ём воцатнай кіслаты. Дабаўце 1 см^3 канцэнтраванай сернай кіслаты. Для раўнамернага кіпення дабаўце крыху сухога пяску або фарфоровых крошак. Закаркуйце прабірку коркам з доўгай трубкай, якая служыць адваротным халадзільнікам. Награвайце прабірку на працягу некалькіх мінут. Пасля ахаладжэння наліце ў прабірку некалькі см^3 вады. Вадкасць расслаіцца. Верхні слой — складаны эфір. Пры выкарыстанні ізаамілавага спірту складаны эфір мае пах груш.

ЗАКЛЮЧЭННЕ

Мы завяршылі вывучэнне курса арганічнай хіміі. Падвядзём кароткі вынік. Арганічная хімія — хімія злучэнняў вугляроду. Дзякуючы ўнікальнай будове атама, у якім валентны ўзровень запоўнены роўна напалавіну, атамы вугляроду лёгка злучаюцца паміж сабой дастаткова трывалымі кавалентнымі сувязямі з утварэннем лінейных, разгалінаваных ланцугоў і цыклаў. Гэтыя структуры могуць змяшчаць толькі адзінарныя сувязі, а таксама ўключаць кратныя (двайныя і трайныя) сувязі. Асаблівы выпадак уяўляюць сабой араматычныя злучэнні, што змяшчаюць цыклы з адзінарнымі і двайнымі сувязямі, якія чаргуюцца (спалучанымі сувязямі). Калі вугляродны шкілет дапаўняецца атамамі вадароду, мы маем справу з вуглевадародамі, якіх невычэрпнае мноства.

Нягледзячы на велізарную разнастайнасць структур вуглевадародаў, уласцівасці іх даволі нешматлікія. Вуглевадароды гараць, гэтым абумоўлена іх практычнае прымяненне ў якасці энерганосьбітаў. Найбольш устойлівыя вуглевадароды — алканы і арэны — уступаюць у рэакцыі замяшчэння, у выніку якіх вугляродны шкілет захоўваецца, а атамы вадароду могуць быць замешчаны на іншыя атамы, у прыватнасці на атамы галагенаў. Малекулы алканаў пры высокіх тэмпературах і цісках могуць быць расшчэплены на малекулы вуглевадародаў з меншымі малекулярнымі масамі. Гэтыя працэсы шырока выкарыстоўваюцца пры перапрацоўцы прыроднай вуглевадароднай сыравіны.

У адрозненне ад алканаў і арэнаў, вуглевадароды, малекулы якіх змяшчаюць двайныя і трайныя сувязі (алкены, алкадыены і алкіны) лёгка ўступаюць у рэакцыі далучэння, якія прыводзяць да атрымання алканаў (гідрыраванне), галагенвытворных (галагенаванне, гідрагалагенаванне), спіртоў (гідратацыя), палімераў (полімерызацыя). Араматычныя вуглевадароды таксама ўступаюць у рэакцыі далучэння, утвараючы цыклаалканы.

Гэтымі ўласцівасцямі на дадзеным этапе вывучэння арганічнай хіміі абмяжоўваецца хімія вуглевадародаў. Значна больш разнастайныя хімічныя ўласцівасці арганічных злучэнняў, малекулы якіх уключаюць, акрамя атамаў вугляроду і вадароду, атамы іншых элементаў. Атамы кіслароду ў саставе арганічных злучэнняў з'яўляюцца састаўной часткай функцыянальных груп: гідраксільнай —ОН, альдэгіднай —СНО, карбаксільнай —СООН. Спірты і фенолы, малекулы якіх змяшчаюць гідраксільныя групы, праяўляюць слабыя кіслотныя ўласцівасці, што

дазваляе ім узаемадзейнічаць са шчолачнымі металамі (спірты) і нават шчолачамі (фенолы).

Самымі сапраўднымі кіслотамі з'яўляюцца карбонавыя кіслоты, малекулы якіх змяшчаюць карбаксільныя групы. Яны змяняюць афарбоўку індыкатараў, рэагуюць са шчолачамі, актыўнымі металамі, солямі, аксідамі металаў. Кіслоты таксама ўступаюць у рэакцыю этэрыфікацыі са спіртамі з утварэннем складаных эфіраў. Прадстаўнікамі складаных эфіраў з'яўляюцца тлушчы, яны ўтвораны трохатамным спіртам гліцэрынай і вышэйшымі тлустымі кіслотамі, важнейшыя з якіх — пальміцінавая, стэарынавая, алеінавая, ліналеявая і ліналенавая.

Альдэгіды, малекулы якіх змяшчаюць групу — СНО, з'яўляюцца важным класам арганічных злучэнняў, але на дадзеным этапе вывучэння арганічнай хіміі мы абмежаваліся знаёмствам са здольнасцю альдэгідаў акісляцца да карбонавых кіслот (рэакцыя «сярэбранага люстра») і аднаўляцца да спіртоў. Альдэгідную групу змяшчаюць малекулы многіх вугляводаў, у прыватнасці глюкозы. Вугляводы — біфункцыянальныя арганічныя злучэнні, іх малекулы ўключаюць, нараўне з альдэгіднай, гідраксільныя групы. Глюкоза з'яўляецца пяціатамным альдэгідаспіртам і праяўляе хімічныя ўласцівасці, характэрныя для мнагаатамных спіртоў і альдэгідаў. На гэтым прыкладзе бачна, што веданне будовы малекул арганічных злучэнняў дазваляе тлумачыць і нават прадказваць іх уласцівасці, што робіць магчымым мэтанакіраваны сінтэз рэчываў.

Малекулы найпрасцейшых вугляводаў (монацукрыдаў) лёгка падвяргаюцца ўнутрымалекулярнай цыклізацыі. Цыклы, у сваю чаргу, за кошт міжмалекулярнай дэгідратацыі ўтвараюць малекулы дыцукрыдаў (мальтоза, цукроза) і макрамалекулы поліцукрыдаў (цэлюлоза, крухмал).

Вывучаючы кіслародзмяшчальныя арганічныя злучэнні, мы ўбачылі сярод іх рэчывы, якія ўваходзяць у састаў жывых арганізмаў. Гэта карбонавыя кіслоты, тлушчы і вугляводы, якія з'яўляюцца асновай расліннага і жывёльнага свету. Пашырыла рамкі знаёмства з «хіміяй жывога» вывучэнне азотзмяшчальных арганічных злучэнняў, якое прывяло нас да бялкоў — рэчываў, з якіх пабудаваны аб'екты жывёльнага свету, у тым ліку чалавек. Мы ўбачылі, што атам азоту ў саставе амінагрупы надае рэчывам асноўныя ўласцівасці. Амінакіслоты — арганічныя амфатэрныя злучэнні, малекулы якіх змяшчаюць асноўную — NH_2 і кіслотную — COOH групы. Міжмалекулярная дэгідратацыя амінакіслот прыводзіць да пептыдаў, якімі з'яўляюцца бялкі.

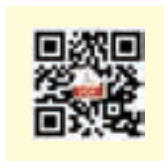
Веданне асноў арганічнай хіміі дазволіла нам разабрацца з асновамі хіміі высокамалекулярных злучэнняў, якія ўтвараюцца ў выніку рэакцый полімерызацыі і полікандэнсацыі арганічных рэчываў.

Кароткі агляд вывучанага матэрыялу паказвае, што арганічная хімія займае асаблівае месца не толькі сярод хімічных, але і сярод усіх прыродазнаўчых навук. Яна дазваляе нам меркаваць аб будове і ўласцівасцях рэчываў, з якіх складаецца навакольны свет жывой прыроды, а таксама зразумець значэнне дасягненняў хімічнай навукі для задавальнення патрэб сучаснага грамадства ў рэчывах, без якіх яно проста не зможа існаваць.

Пазнаёміцца на практыцы з некаторымі сінтэтычнымі палімерамі, а таксама з пытаннямі і заданнямі павышанага ўзроўню складанасці вы можаце, перайшоўшы па спасылках у QR-кодах.



*Практычная работа «Уласцівасці
высокамалекулярных
злучэнняў»



*Пытанні і заданні
павышанага ўзроўню

АДКАЗЫ

§ 5. 7. 85,04 %.

§ 10. 3. 9 рэчываў; 4. 89,6 дм³; 5. 24 г.

§ 11. 1. C₃H₈; 2. CH₄; 3. C₆H₁₄, 5 ізамераў; 4. C₅H₁₂, 3 ізамеры; 5. C₂H₆O;

6. C₆H₁₄.

§ 14. 4. Бутэн-1.

§ 15. 5. а) 5600 г/моль, б) 200; 6. 4 дм³.

§ 16. 4. А — C₃H₆, Б — C₃H₈; 5. 2,3-дыметылбутэн-2; 6. C₅H₁₀; 7. 235,2 кг.

§ 17. 7. 30 : 1.

§ 18. 5. Бутын-2; 6. 819 дм³.

§ 19. 6. Бензол.

§ 21. 5. Гептан і этылен; 6. 1,78 дм³; 8. в) 80, г) C₆H₁₄, д) 60 кг.

§ 24. 1. 0,584 дм³; 6. 27,6 %; 7. 247 дм³.

§ 25. 6. 1,68 дм³.

§ 28. 4. 32,8 см³.

§ 30. 4. C₄H₉CHO; 5. 4,9 кг.

§ 32. 5. 56,6 г/моль.

§ 33. 4. А — бутанол-2, Б — бутэн-2, Г — бутанол-1.

§ 34. 5. 5,09 кг.

§ 35. 1. C_nH_{2n-1} — COOH.

§ 36. 1. 1,64 г; 2. 41,1 см³; 3. 35,5 см³ раствору кіслаты або прыкладна 3,5 ставых лыжак воцату.

§ 38. 4. 33 г; 5. 23.

§ 39. 2. Трыалеат гліцэрыны; 3. Трыалеат гліцэрыны.

§ 41. 5. 2,3 г; 6. 35,6 см³.

§ 42. 9. 1,13, менш; 10. 538 г; 11. 31,4 г.

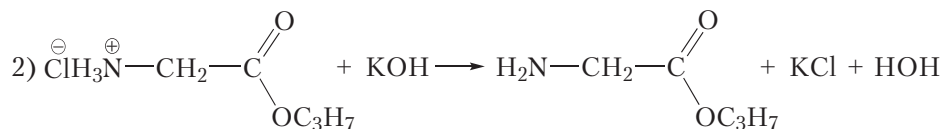
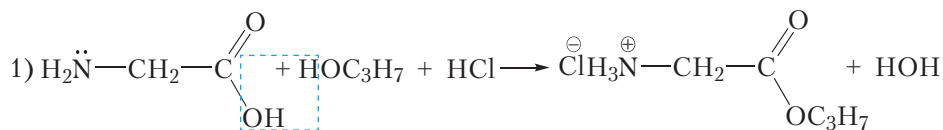
§ 43. 6. 2500; 7. а) 185 і б) 580 кг; 8. 84 г.

§ 44. 4. 8765; 6. А — цэлюлоза, Б — глюкоза, С — глюконавая кіслата.

§ 45. 4. C_nH_{2n+3}N; 7. C₃H₉N.

§ 46. 7. C₂H₇N; 8. а) C₃H₉N, б) метылэтыламін.

§ 47. 5. 4 дыпептыды; 8. а) C₅H₁₁O₂N, б)



9. C₇H₁₃O₄N₃.

§ 48. 5. Прыкладна 5 818 г/моль; 6. Гліцылгліцын; 7. Аланілаланін.

ЗМЕСТ

Прадмова	3
Раздзел 1. УВОДЗІНЫ Ў АРГАНІЧНУЮ ХІМІЮ	5
§ 1. Будова атама. Стан электрона ў атаме. Атамная арбіталь.....	5
§ 2. Будова электронных абалонак атамаў	9
§ 3. Тыпы хімічнай сувязі	15
§ 4. Кавалентная сувязь	18
§ 5. Прадмет арганічнай хіміі. Тэорыя будовы арганічных рэчываў.....	26
Раздзел 2. ВУГЛЕВАДАРОДЫ.....	33
§ 6. Структурныя формулы найпрасцейшых вуглеводарадаў. Алканы. Ізамерыя алканаў	33
§ 7. Прасторавая будова малекул алканаў. sp^3 -Гібрыдызацыя.....	37
§ 8. Гамалагічны рад і фізічныя ўласцівасці алканаў	44
§ 9. Наменклатура алканаў	48
§ 10. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне алканаў	54
§ 11. Устанаўленне формулы арганічнага рэчыва	62
§ 12. Алкены. Будова малекул.....	68
§ 13. Алкены. Структурная ізамерыя і наменклатура	72
§ 14. Прасторавая ізамерыя алкенаў.....	75
§ 15. Фізічныя і хімічныя ўласцівасці алкенаў.....	79
§ 16. Атрыманне і прымяненне алкенаў.....	86
<i>Практычная работа 1. Атрыманне этылену і вывучэнне яго ўласцівасцей.</i>	90
§ 17. Алкадыены	91
§ 18. Алкіны	98
§ 19. Араматычныя вуглеводароды. Бензол, будова малекулы.....	107
§ 20. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне бензолу	112
§ 21. Прыродныя крыніцы вуглеводарадаў і іх выкарыстанне.....	116
Раздзел 3. КІСЛАРОДЗМЯШЧАЛЬНЫЯ АРГАНІЧНЫЯ ЗЛУЧЭННІ.....	126
§ 22. Насычаныя аднаатамныя спірты. Ізамерыя, наменклатура, класіфікацыя.....	126
§ 23. Фізічныя ўласцівасці спіртоў. Вадародная сувязь і яе ўплыў на ўласцівасці спіртоў	132

§ 24. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне спіртоў.....	137
§ 25. Мнагаатамныя спірты.....	144
§ 26. Узаемасувязь паміж вуглеводародамі і спіртамі.....	149
§ 27. Фенолы	154
§ 28. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне фенолу.....	157
§ 29. Альдэгіды. Наменклатура. Ізамерыя. Фізічныя ўласцівасці	162
§ 30. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне альдэгідаў	169
§ 31. Карбонавыя кіслоты. Класіфікацыя	177
§ 32. Насычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты. Наменклатура. Ізамерыя. Фізічныя ўласцівасці	182
§ 33. Хімічныя ўласцівасці насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот	187
<i>Практычная работа 2. Параўнанне ўласцівасцей карбонавых і неарганічных кіслот</i>	192
§ 34. Атрыманне і прымяненне насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот	193
§ 35. Ненасычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты	196
§ 36. Вылічэнні па ўраўненнях рэакцый, якія працякаюць у растворах	199
§ 37. Узаемасувязь паміж вуглеводародамі, спіртамі, альдэгідамі, карбонавымі кіслотамі	202
§ 38. Складаныя эфіры	205
§ 39. Тлушчы.....	209
§ 40. Вугляводы. Глюкоза	217
§ 41. Хімічныя ўласцівасці глюкозы	222
§ 42. Фруктоза. Цукроза	228
§ 43. Крукмал	232
§ 44. Цэлюлоза.....	237
<i>Практычная работа 3. Рашэнне эксперыментальных задач ...</i>	243

Раздзел 4. АЗОТЗМЯШЧАЛЬНЫЯ

АРГАНІЧНЫЯ ЗЛУЧЭННІ

§ 45. Будова і фізічныя ўласцівасці амінаў	244
§ 46. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне амінаў.....	251
§ 47. Амінакіслоты	259
§ 48. Бялкі	265
<i>Практычная работа 4. Рашэнне эксперыментальных задач.....</i>	272

Заклучэнне	274
------------------	-----

Адказы	277
--------------	-----

(Назва ўстановы адукацыі)

Навучальны год	Імя і прозвішча вучня	Стан вучэбнага дапаможніка пры атрыманні	Адзнака вучню за карыстанне вучэбным дапаможнікам
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Вучэбнае выданне

Калевіч Таццяна Аляксандраўна
Магуліс Вадзім Эдвардавіч
Магуліс Віталій Эдвардавіч
Варакса Ігар Мікалаевіч

Хімія

Вучэбны дапаможнік для 10 класа ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання
(з электронным дадаткам для павышанага ўзроўню)

Рэдактар	<i>Л. Б. Сопат</i>
Мастак вокладкі	<i>К. Ю. Сарока</i>
Мастакі	<i>В. В. Сізова, К. Ю. Сарока</i>
Тэхнічныя рэдактары	<i>В. В. Сізова, А. П. Шаціла</i>
Камп'ютарны набор	<i>Л. Б. Сопат, А. П. Шаціла</i>
Камп'ютарная вёрстка	<i>В. В. Сізова, А. П. Шаціла</i>
Карэктары	<i>Н. А. Сячко, Л. Б. Сопат</i>

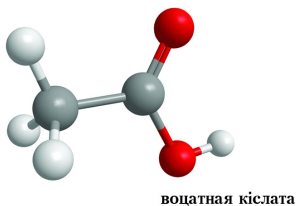
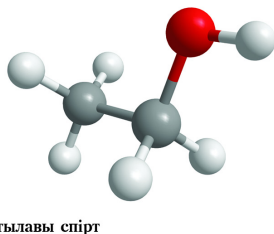
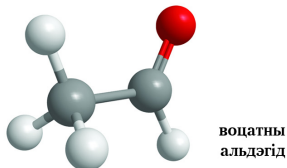
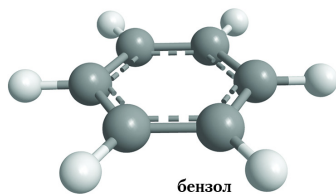
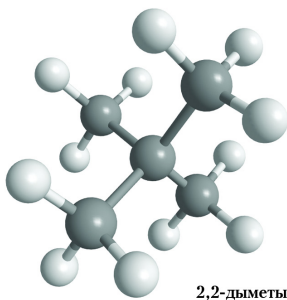
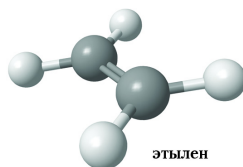
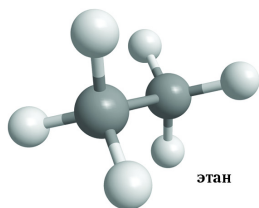
Падпісана да друку 04.12.2019. Фармат 70×90 ¹/₁₆. Папера афсетная. Друк афсетны.
Ум. друк. арк. 20,48. Ул.-выд. арк. 16,0. Тыраж 11 210 экз. Заказ

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Выдавецтва «Адукацыя і выхаванне»».
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/19 ад 02.08.2013.
Вул. Будзённага, 21, 220070, г. Мінск.

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Выдавецтва «Беларускі Дом друку»».
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 2/102 ад 01.04.2014.
Пр-т Незалежнасці, 79, 220013, г. Мінск.

Правообладатель Адукацыя і выхаванне

ПРАСТОРАВАЯ БУДОВА МАЛЕКУЛ



АСНОЎНЫЯ КЛАСЫ АРГАНІЧНЫХ ЗЛУЧЭННЯЎ

ВУГЛЕВАДАРОДЫ

Алканы C_nH_{2n+2}
Алкадыены C_nH_{2n-2}
Арэны C_6H_6

Алкены C_nH_{2n}
Алкадыны C_nH_{2n-2}

КІСЛАРОДЗМЯШЧАЛЬНЫЯ АРГАНІЧНЫЯ ЗЛУЧЭННІ

Спірты $R-OH$

Альдэгіды $R-C(=O)H$

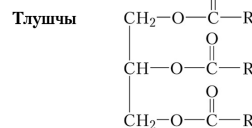
Складаныя эфіры $R_1-C(=O)O-R_2$

Вуглевадароды $C_6H_{12}O_6$

Фенолы



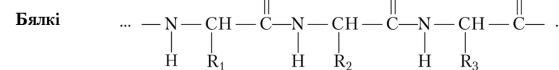
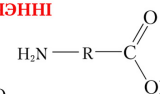
Карбонавыя кіслоты $R-C(=O)OH$



АЗОТЗМЯШЧАЛЬНЫЯ АРГАНІЧНЫЯ ЗЛУЧЭННІ

Аміны $R-NH_2$

Амінакіслоты



Адносныя атамныя масы

Вуглярод	12,0
Вадарод	1,0
Кісларод	16,0
Азот	14,0
Хлор	35,5

Бром	79,9
Ёд	126,9
Сера	32,1
Фосфар	31,0
Натрый	23,0

Калій	39,1
Кальцый	40,1
Магній	24,3
Жалеза	55,8
Медзь	63,5