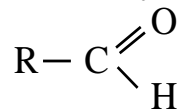


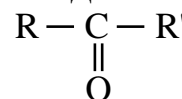
Курта С.А. Органічна хімія ЛЕКЦІЯ №10. РОЗДІЛ 12. АЛЬДЕГІДИ Й КЕТОНИ

Альдегідами й кетонами називаються похідні вуглеводнів, які містять одну або більше карбонільних груп C=O (оксогруп).

Сполуки, у яких карбонільна група зв'язана з одним вуглеводневим залишком і воднем, називаються *альдегідами*



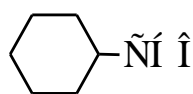
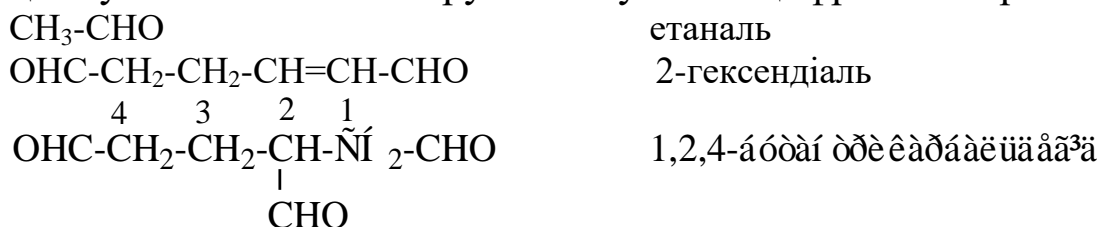
Якщо карбонільна група зв'язана з двома вуглеводневими залишками, то такі оксосполуки називаються *кетонами*



У цьому випадку групу C=O називають *кетогрупою*.

Альдегіди та кетони аліфатичного ряду бувають *насиченими* й *ненасиченими*.

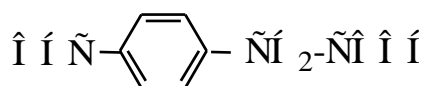
За номенклатурою IUPAC назви альдегідів утворюють за допомогою суфіксів *-аль* або *-карбальдегід*; кетони – з додаванням суфікса *-он*. Якщо в молекулі присутня група, яка має переваги перед карбонільною групою, для утворення назви альдегіду використовують префікс *форміл-*, кетону – префікс *оксо-*. Нумерація ланцюга альдегідів починається з карбону оксогрупи, а кетонів – з кінця ланцюга, до якого найближче розташована карбонільна група. При цьому положення оксогрупи вказуються цифрою. Наприклад:



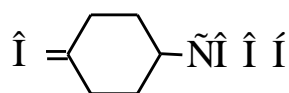
циклогексаналь



4-пентен-2-он



4-форміл-1-пентен



4-форміл-1-циклогексаналь

За тривіальною номенклатурою альдегіди називають за відповідними кислотами, у які вони перетворюються під час окиснення (табл. 12.1) з додаванням у кінці слова “альдегід”. Кетони, за ра-

ціональною (радикально-функціональною) номенклатурою, позначаються як вуглеводневі залишки, перераховані в алфавітному порядку, із закінченням – кетон. (табл. 12.1). Їх ізомерія залежить від положення карбонільної групи й будови вуглеводневого ланцюга.

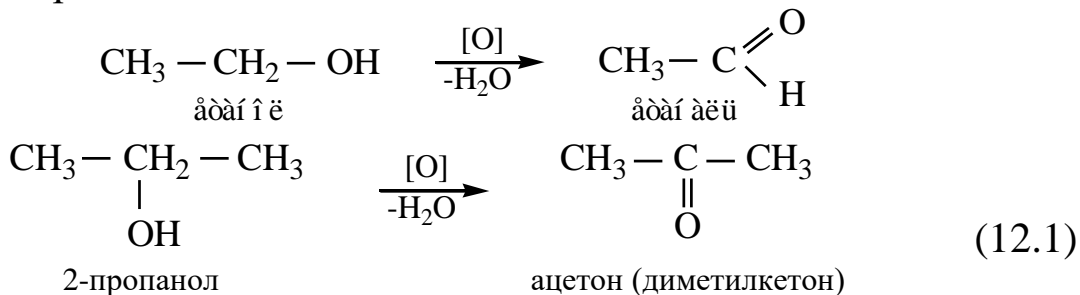
Таблиця 12.1

Найменування альдегідів та кетонів

$\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	Метаналь	Мурашиний альдегід (формальдегід)
$\text{CH}_3-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	Етаналь	Оцтовий альдегід (ацетальдегід)
$\text{C}_2\text{H}_5-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	Пропаналь	Пропіоновий альдегід
$\text{C}_3\text{H}_7-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	Бутаналь	Масляний альдегід (бутиральдегід)
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	2-Метилпропаналь	Ізомасляний альдегід (ізобутиральдегід)
$\text{C}_4\text{H}_9-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	Пентаналь	Валер'яновий альдегід
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	2-Пропеналь	Акриловий альдегід (акролеїн)
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$	2-Бутеналь	Кротоновий альдегід
$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$	Пропанон	Диметилкетон (ацетон)
$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{C}_2\text{H}_5$	Бутанон	Етилметилкетон
$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{C}_3\text{H}_7$	2-Пентанон	Метилпропілкетон
$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2$	3-Бутен-2-он	Вінілметилкетон
$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$	4-Пентин-2-он	Метилпропаргілкетон

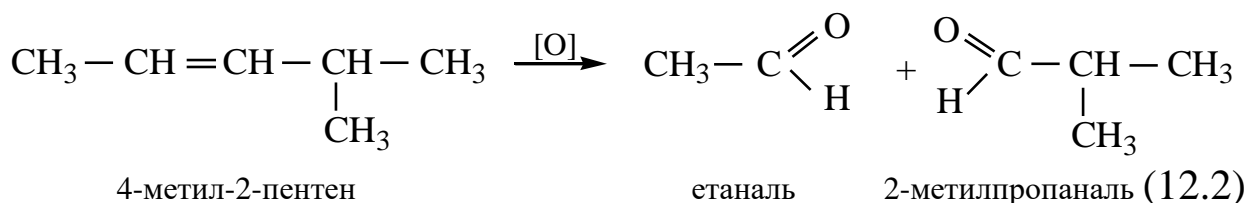
12.1 Методи одержання

1. За допомогою окиснення. Окиснення або каталітичне дегідрування спиртів. Як окисник використовують кисень повітря в присутності Cu. При цьому із первинних спиртів отримують альдегіди, з вторинних – кетони:

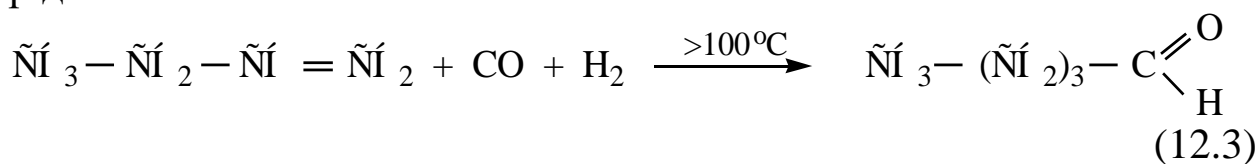


Дегідрування спиртів пояснює назву “альдегід”. Альдегід – це продукт дегідрування спирту (від лат. *Alcohol dehydrogenatus* – спирт, від якого “відняли” гідроген). Як каталізатори використовують Cu, Ag, Ni, Co, Pt, Pd. Окиснення можна проводити KMnO₄, хромовою сумішшю (суміш K₂Cr₂O₇ з концентрованою H₂SO₄).

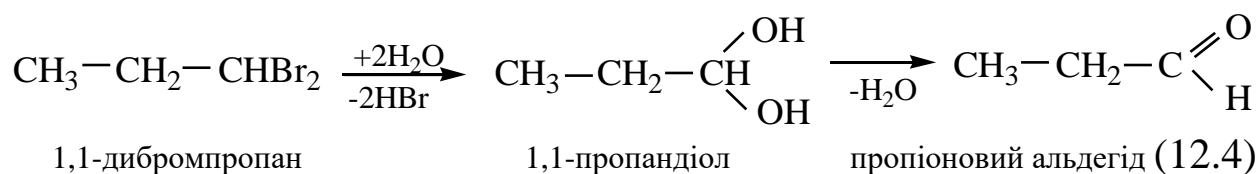
Окиснення алкенів за зв'язком >C=C<:



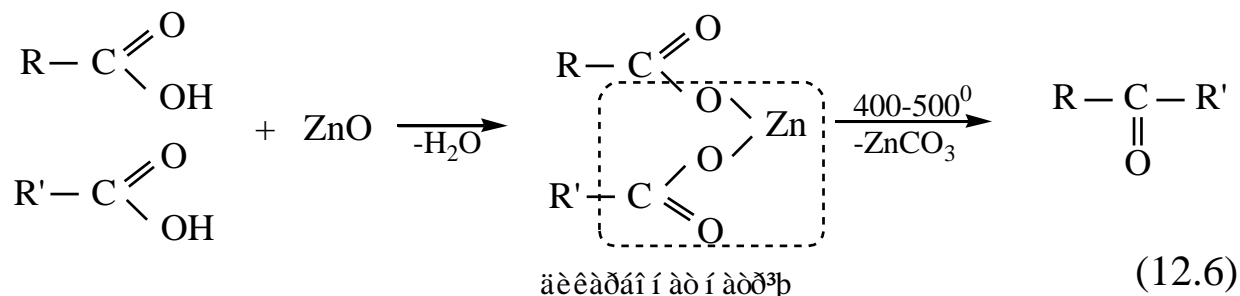
2. Оксосинтез (гідроформілування алкенів). Реакцію з етиленом і пропіленом проводять у газовій фазі, а з алкенами C₄-C₂₀ – у рідкій:



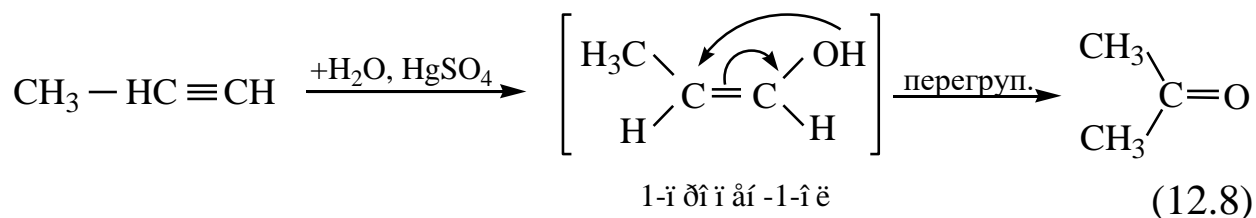
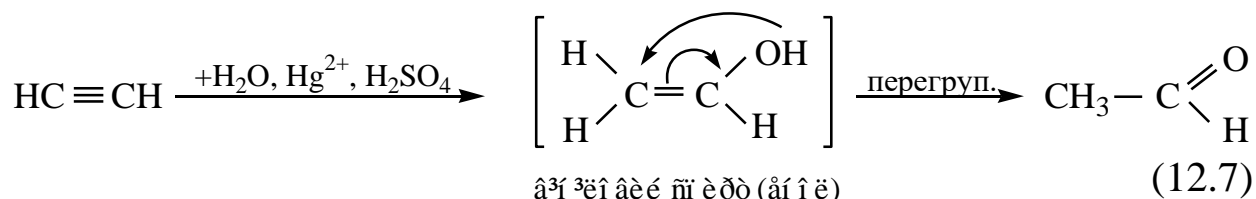
3. Гідроліз гемінальних галогенопохідних. У разі знаходження галогенів на кінці ланцюга утворюються альдегіди, а в середині – кетони.



4. Піроліз карбонових кислот. Під час пропускання суміші карбонових кислот над каталізатором (MgO, ZnO та інші) утворюються солі кислот, які за високих температур розкладаються на відповідні карбонові сполуки та карбонати. Кислоти можуть бути однакові або різні. Якщо одна з кислот мурашина, утворюються альдегіди. У всіх інших випадках – кетони:



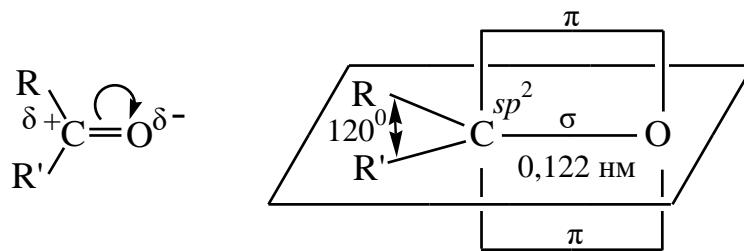
5. Гідратація ацетилену та його гомологів. За реакцією Кучерова з ацетилену утворюється оцтовий альдегід, зі всіх інших алкінів – кетони:



12.2 Фізичні властивості

Метаналь – газ, наступні його гомологи – це безбарвні рідини, вищі представники – тверді речовини. Насичені альдегіди й кетони відзначаються різким запахом. Температури кипіння їх нижчі, ніж у спиртів, тому що для альдегідів і кетонів водневий зв’язок не характерний. Кетони киплять за більш високих температур, ніж альдегіди.

Унаслідок значної відмінності в електронегативності атомів карбону та кисню карбонільна група має високу полярність і чималу здатність до поляризації. Отже, атоми карбону й кисню містять значні ефективні заряди, які збільшуються під дією зовнішніх факторів (наприклад, реагентів). Такі властивості карбонільної групи пояснюються її електронною будовою. Карбон карбонільної групи проявляє електрофільні властивості, а кисень – нуклеофільні:



Завдяки цьому, атом карбону карбонільної групи може реагувати з нуклеофільними реагентами, а атом кисню – з електрофільними. Замісники, які здатні збільшувати позитивний заряд на атомі карбону карбонільної групи (електроноакцептори), сильно збільшують реакційну здатність альдегідів і кетонів. Зворотний ефект спостерігається для електродонорних замісників.

Енергія зв'язку C=O дорівнює 798 кДж/моль (для порівняння $E_{C=C}$ становить 602 кДж/моль).

12.3 Хімічні властивості

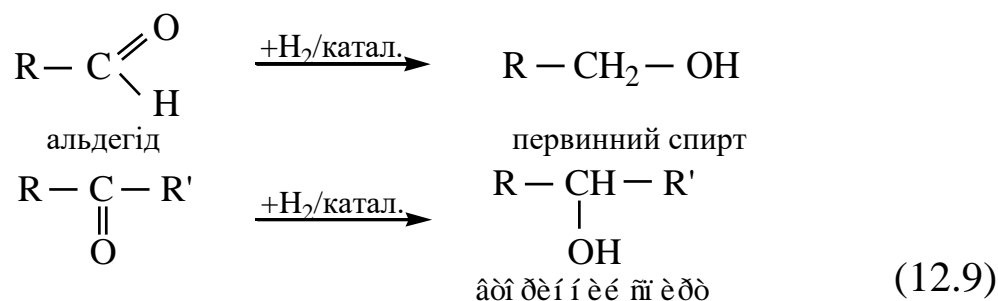
Головними видами хімічних реакцій альдегідів і кетонів є реакції:

- 1) приєднання за карбонільною групою;
- 2) заміщення;
- 3) окиснення;
- 4) полімеризації і поліконденсації.

12.3.1 Реакції приєднання

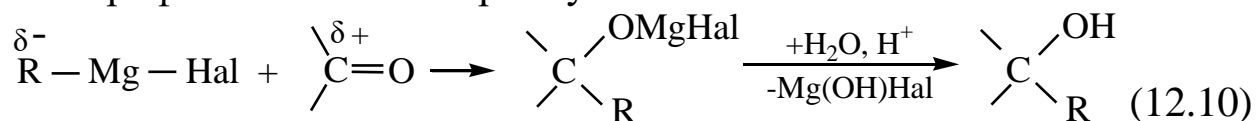
Під час взаємодії з полярними реагентами π -зв'язок карбонільної групи розривається і проходить приєднання до атомів карбону й кисню.

1. Приєднання водню (гідрування). Під час відновлення альдегіди утворюють первинні спирти, а кетони – вторинні:

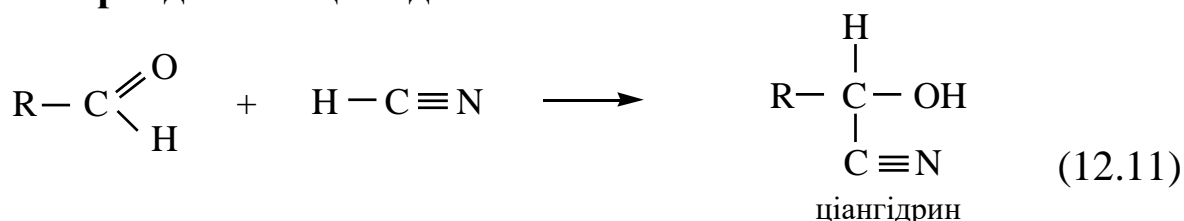


Як відновник використовують також літійалюміній гідрид LiAlH_4 або літійборгідрид LiBH_4 (реакція з перенесенням гідридного іона).

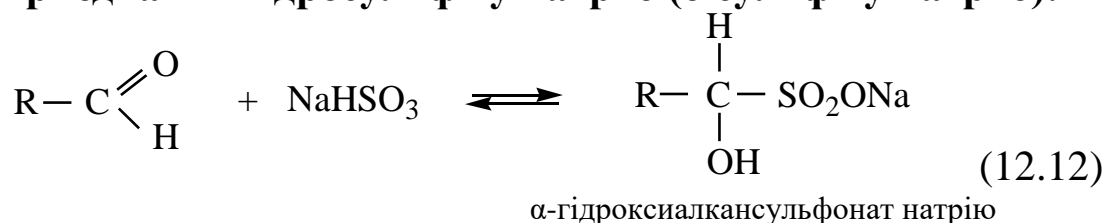
2. Приєднання реактиву Гриньяра. Указані реакції розглядалися під час отримання спиртів (розділ 9). Алкільна частина реактиву Гриньяра (R) є нуклеофілом, який легко приєднується до електрофільного атома карбону:



3. Приєднання ціанідної кислоти HCN:

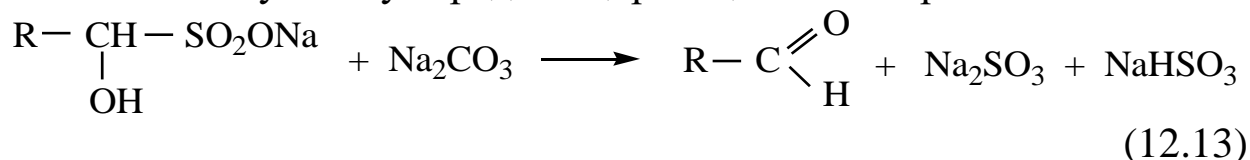


4. Приєднання гідросульфїту натрію (бісульфїту натрію):



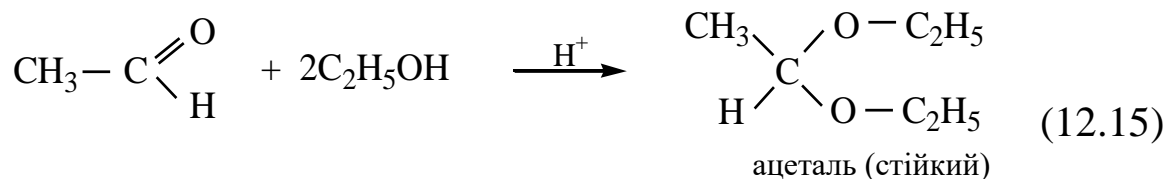
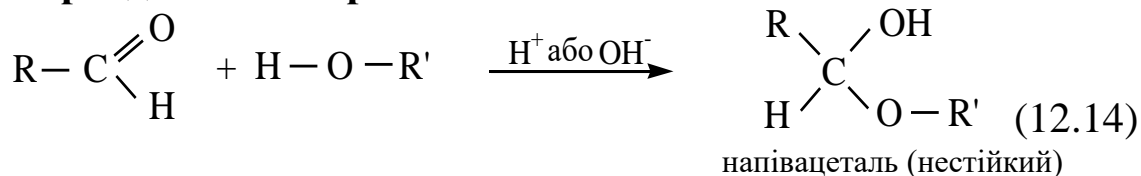
Похідні являють собою кристалічні речовини. Завдяки легкості кристалізації, ця реакція використовується для кількісного визначення альдегідів та для очистки альдегідів і кетонів.

У слаболужному середовищі реакція стає зворотною:

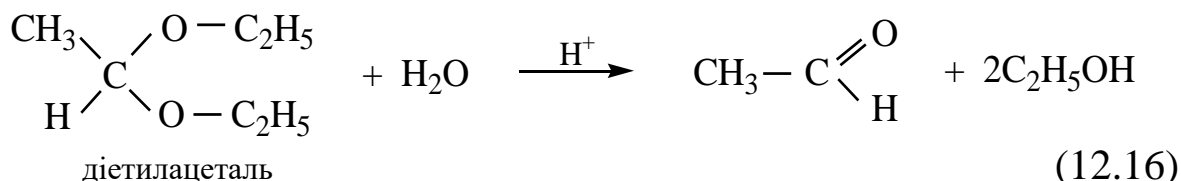


Кетони вступають легко в зазначену реакцію лише у випадку метилкетонів (CH₃COR).

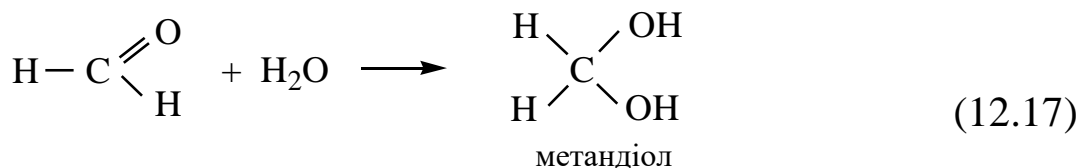
5. Приєднання спиртів:



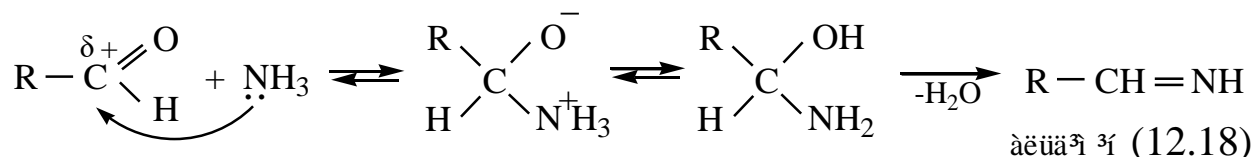
Ацеталі під час нагрівання з розбавленими кислотами піддаються гідролізу:



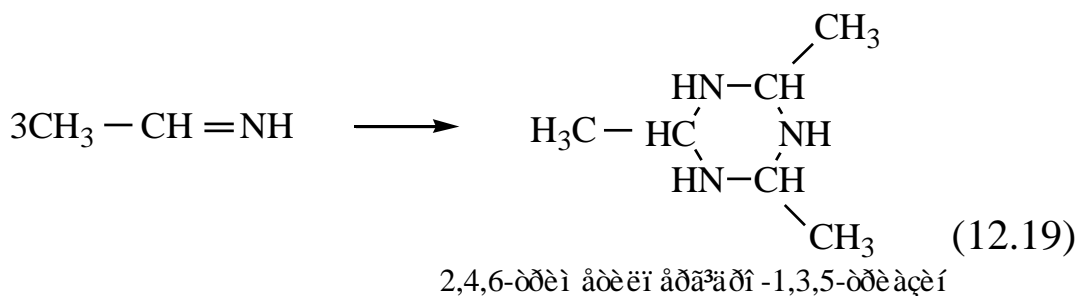
6. Приєднання води. Вода, як і спирти, є слабким нуклеофілом. Тому вона реагує тільки з дуже активними карбонільними сполуками (формальдегід, галогенозаміщені альдегіди і кетони):



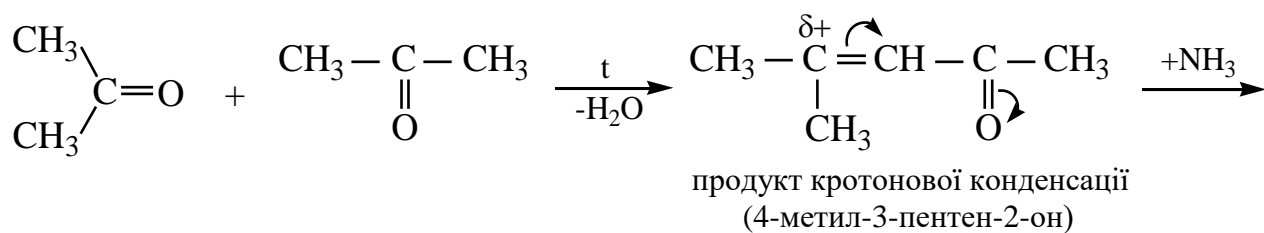
8. Приєднання амоніаку. Взаємодія альдегідів з амоніаком дозволяє відрізнити їх від кетонів, оскільки останні з амоніаком не реагують:

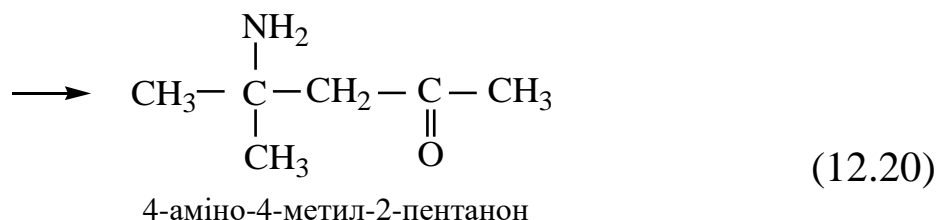


Указана реакція практично завжди закінчується відщепленням води й утворенням зв'язку C=N. Часто протікає полімеризація альдімінів з утворенням циклічних сполук (альдегідамоніаки):

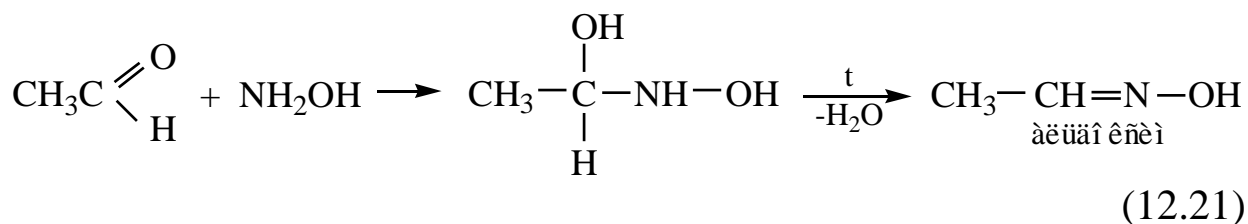


Кетони з аміаком реагують більш складно й набагато повільніше:



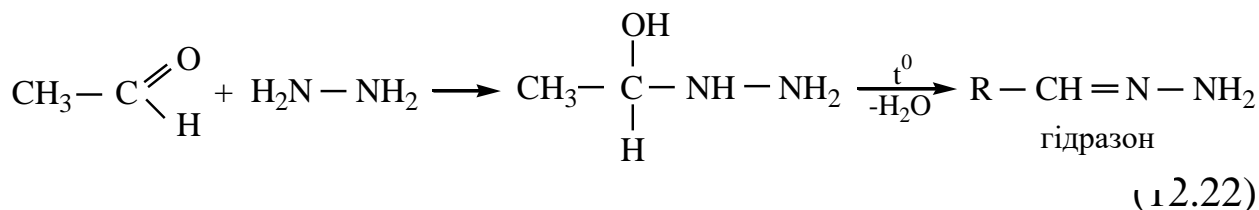


8. Взаємодія з гідроксиламіном NH₂OH. Ця реакція використовується для кількісного визначення альдегідів і кетонів. У результаті утворюються альдоксими й кетоксими:

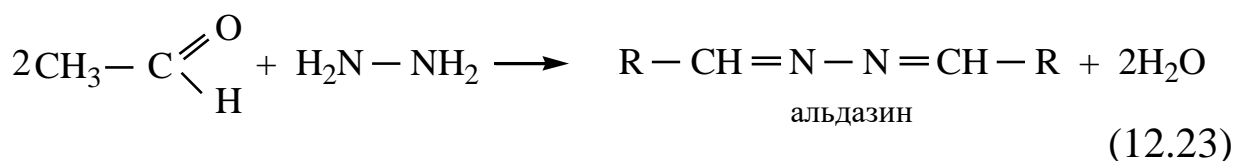


9. Приєднання гідразину та його похідних. Гідразин, аналогічно аміаку й гідроксиламіну, приєднується до електрофільного атома карбону карбонільної групи з наступним відщепленням води.

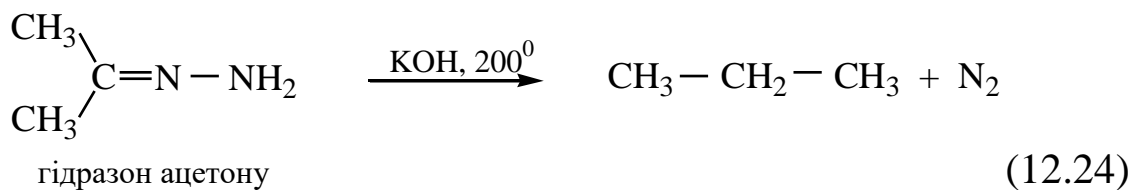
Гідразин NH₂-NH₂ може приєднуватися до карбонільних сполук у співвідношенні 1:1 або 1:2:



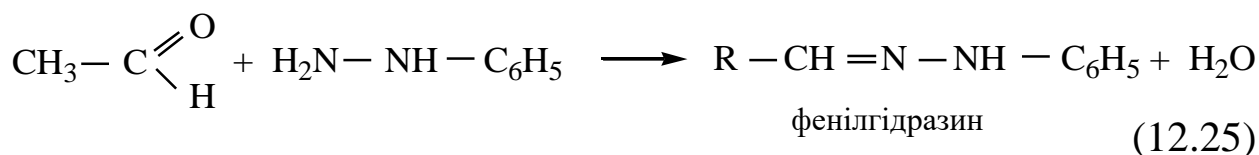
У реакціях карбонільні сполуки з гідрaziном (2:1) утворюють азини (альдазини) і кетазини:



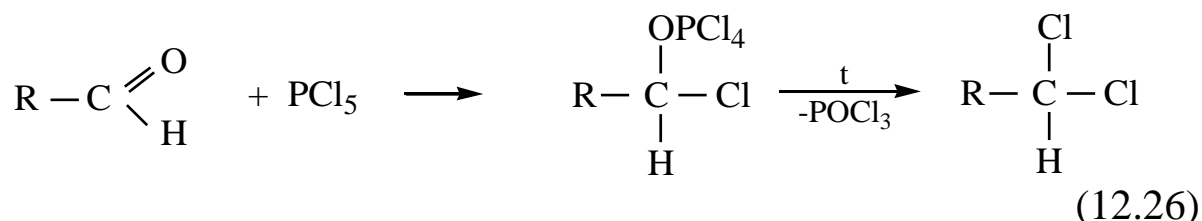
Гідразони під час нагрівання утворюють алкани (**М. Кіжнер, 1910**):



Подібно протікають реакції з фенілгідрaziном NH₂-NH-C₆H₅ з утворенням фенілгідразонів:

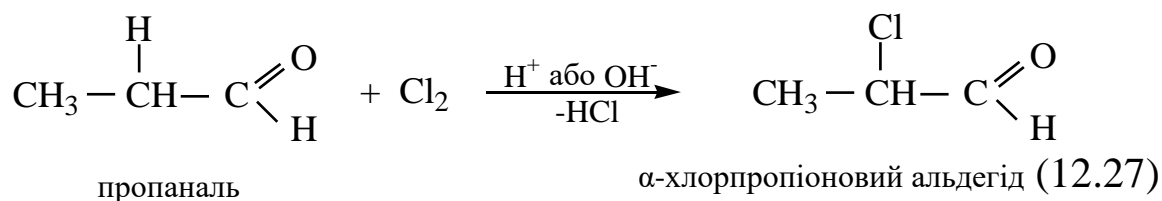


10. Приєднання галоген-нуклеofilів (PCl₅). Пряма взаємодія карбонільної групи з галогенами не відбувається. Під час взаємодії з PCl₅, який є сильним електрофілом, спочатку протікає активація карбонільної сполуки, а потім реакція з галогенід-іоном. Її використовують для отримання гемінальних дигалогеналканів:



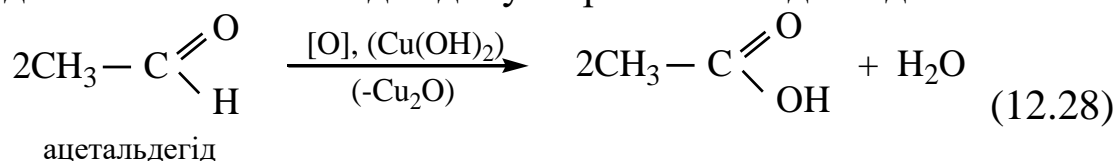
12.3.2 Реакції заміщення

Реакції заміщення гідрогену біля α-атома карбону відносно карбонільної групи (галогенування, нітрузування) є реакціями електрофільного заміщення (S_E):

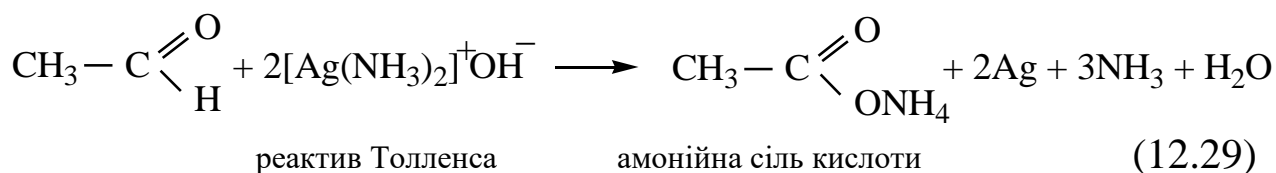


12.3.3 Реакції окиснення

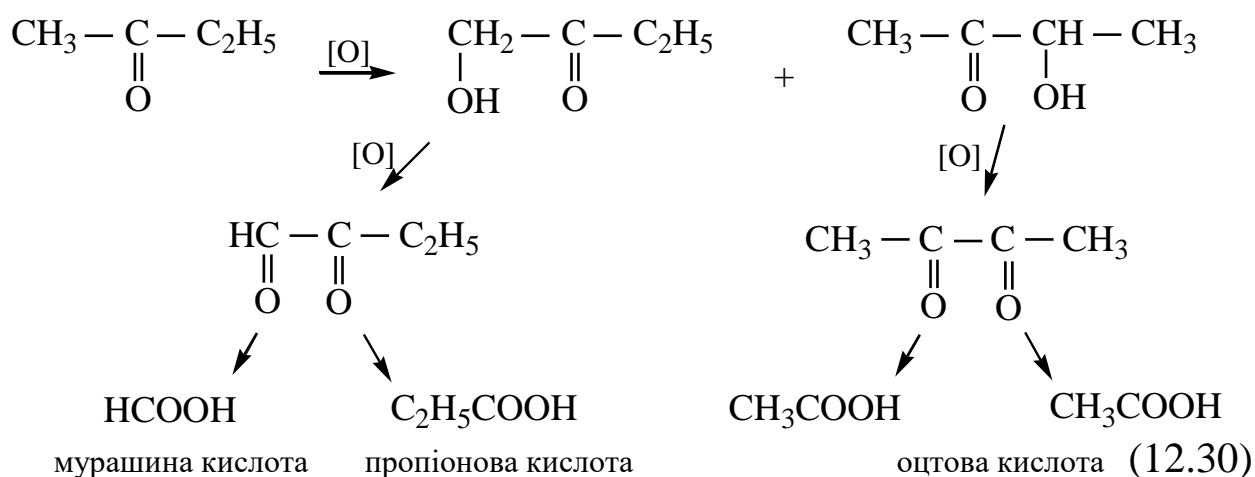
Під час окиснення альдегідів утворюються відповідні кислоти:



Окиснення аміачним розчином оксиду аргентуму називається “реакцією срібного дзеркала”:



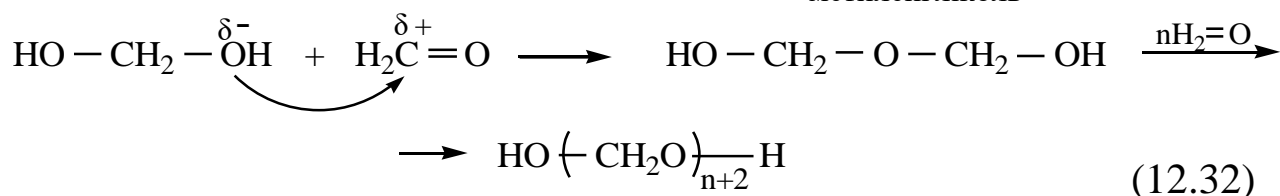
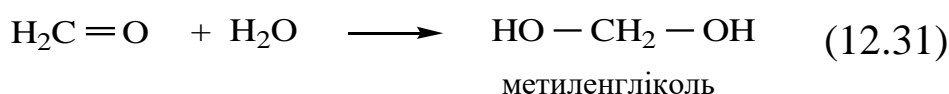
Окиснення кетонів проходить важче. Під час цього спостерігається розрив карбонового ланцюга з утворенням нижчих карбонових кислот:



12.3.4 Реакції полімеризації

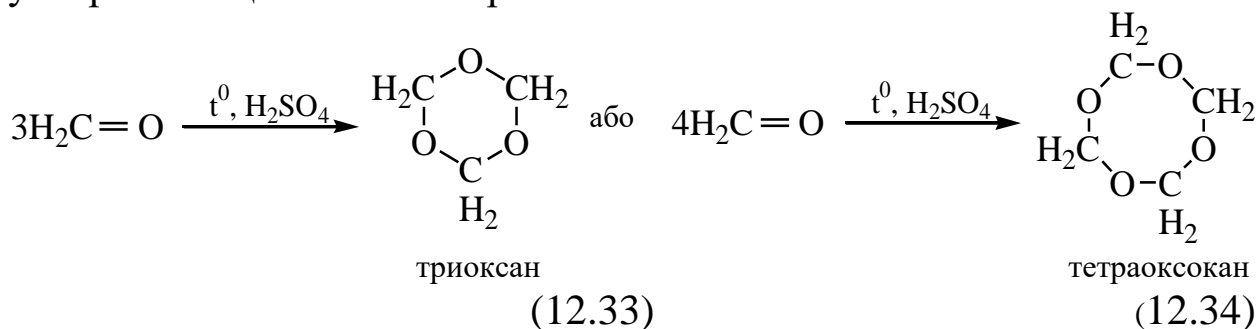
Реакції полімеризації характерні тільки для альдегідів, у першу чергу, для формальдегіду. При цьому утворюється лінійний високомолекулярний поліформальдегід, який використовують для виробництва синтетичного волокна. Реакція полімеризації протікає аналогічно до полімеризації етилену за рахунок подвійного зв'язку (розділ 5).

При полімеризації формальдегіду у водних розчинах утворюються параформальдегіди (параформ):



де $n=8-100$ (параформ) і $100 < n < 1000$ (α -поліоксиметилен).

Реакція полімеризації в присутності кислот (H^+) проходить з утворенням циклічних етерів:

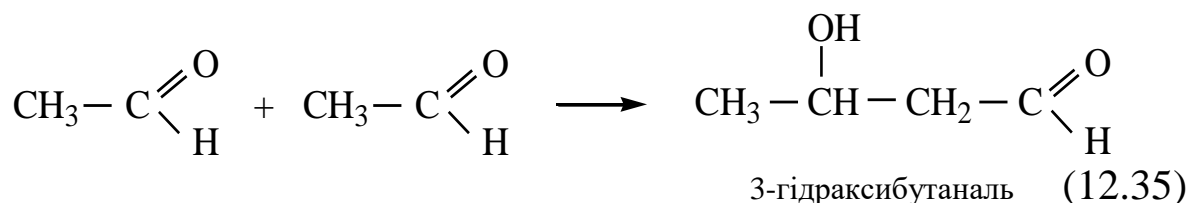


Циклічні тримери під час нагрівання здатні до реакції деполімеризації з утворенням вихідних альдегідів.

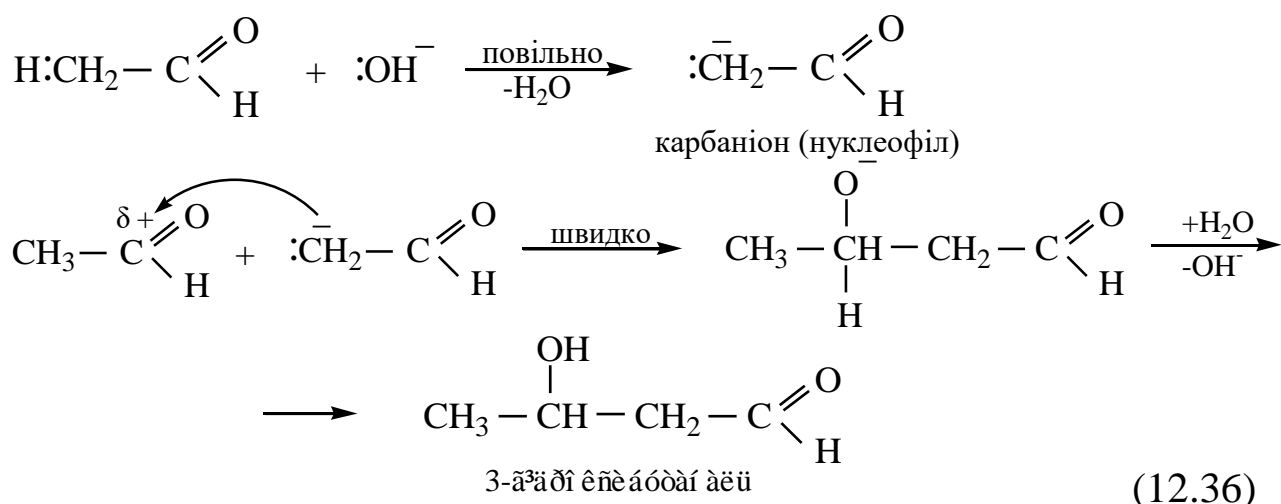
12.3.5 Реакції конденсації (димеризації)

Особливу групу реакцій альдегідів і кетонів складають реакції конденсації, засновані на рухливості гідрогену в α -положенні відносно карбонільної групи.

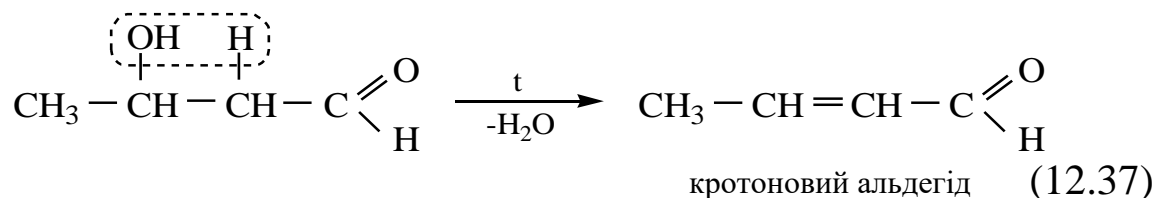
1. Альдольна конденсація (О. Бородін, Ж. Вюрц, 1872.). У цю реакцію вступають альдегіди, які в α -положенні до $C=O$ -групи містять атом гідрогену. Під дією карбонільної групи такий атом гідрогену легко відщеплюватиметься у вигляді протона в присутності основ:



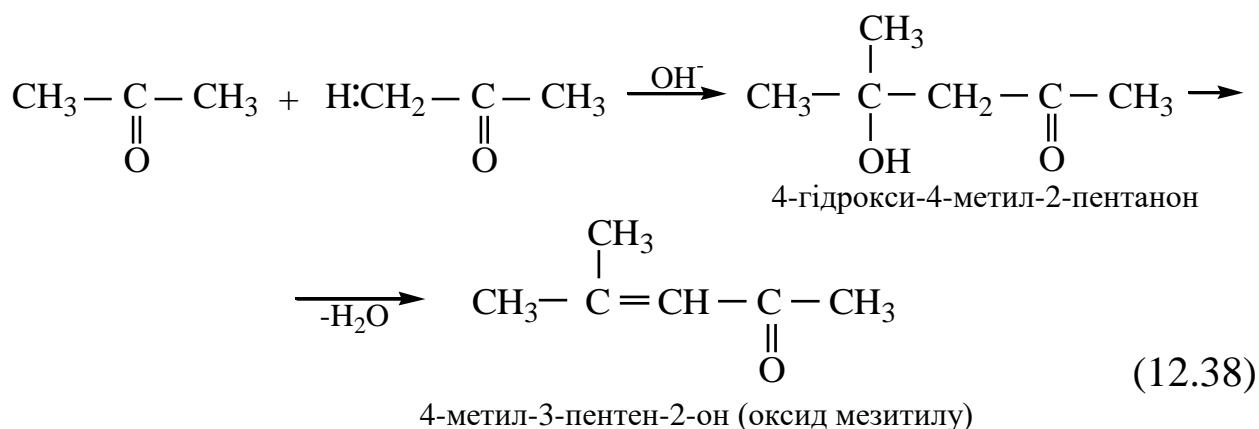
Механізм альдольної конденсації складається з двох стадій:



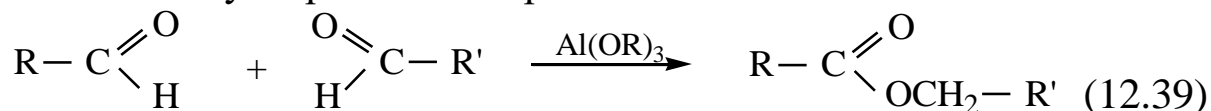
Синтезовані альдоли під час нагрівання, як правило, легко відщеплюють воду з утворенням ненасиченої карбонільної сполуки. Процес утворення ненасиченого альдегіду або кетону з альдолю називається *критоною конденсацією*, за назвою альдегіду, уперше одержаного таким методом:



Альдольна конденсація кетонів проходить у жорстких умовах під час нагрівання і застосування сильних основ, а критонова – ще в жорсткіших:

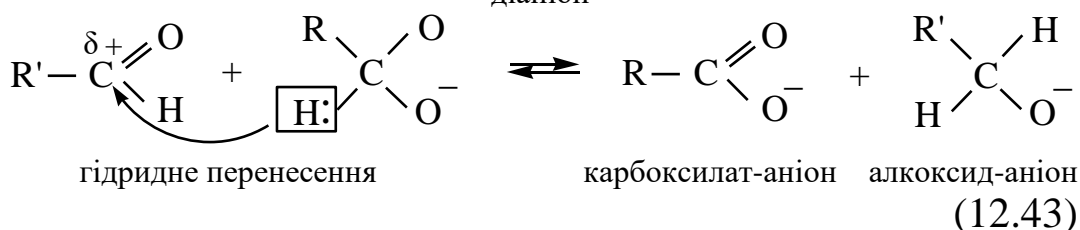
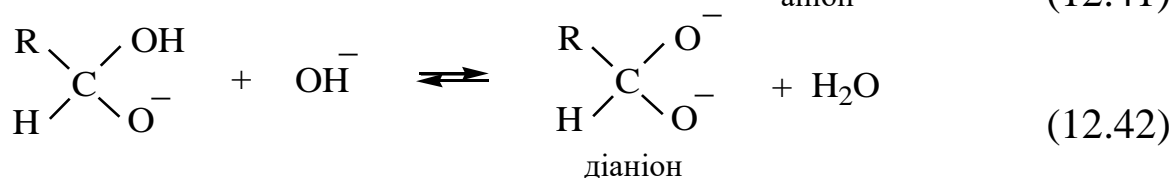
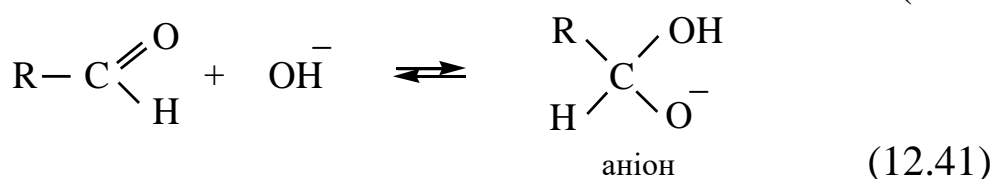
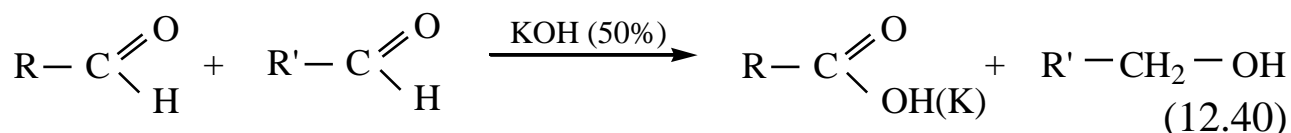


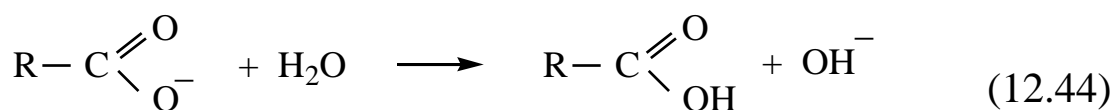
2. Естеровая конденсація Тищенко (1906 р.). Для альдегідів, які містять атоми гідрогену в α -положенні, спостерігається реакція диспропорціювання під впливом малої кількості алкоголятів алюмінію з утворенням естерів:



Взаємодія алюмінію з атомом кисню значно збільшує електрофільність карбонільного карбону. Це полегшує перенесення гідрид-іона H^- .

3. Реакція диспропорціювання, або С. Канніцаро (1853 р.), для альдегідів проходить у сильнолужному середовищі з утворенням продуктів окиснення – карбонових кислот і продуктів відновлення – спиртів. Вона є процесом окиснення-відновлення і відбувається за таким механізмом:

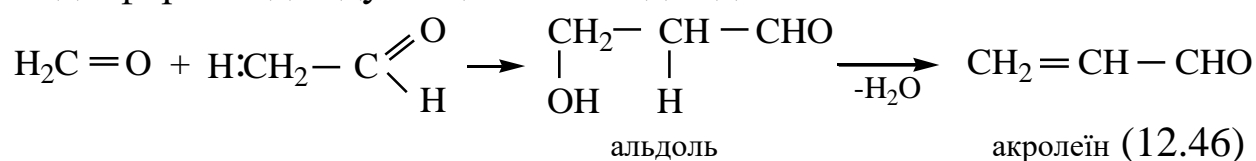




12.4 Ненасичені альдегіди й кетони

Ненасиченими альдегідами й кетонами називаються сполуки, що містять поряд з карбонільною групою ненасичені подвійні чи потрійні зв'язки в алкільному радикалі.

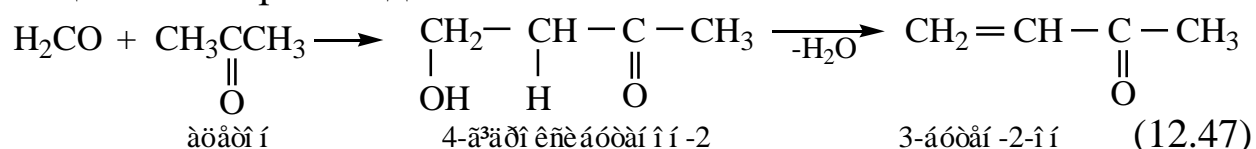
Типовим представником ненасичених альдегідів є *акролеїн* (*2-пропеналь*), який одержують шляхом альдольно-котонової взаємодії формальдегіду з оцтовим альдегідом:



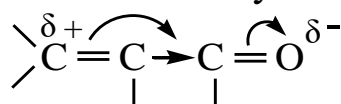
Крім того, його отримують окисненням пропену (розділ 5) або дегідратацією гліцеролу (розділ 9).

Котоновий альдегід (*2-бутеналь*) одержують шляхом котонової конденсації оцтового альдегіду.

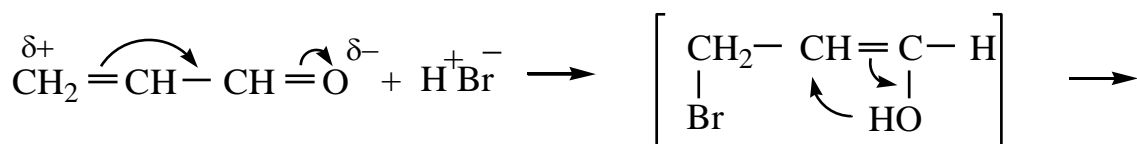
Вінілметилкетон (*3-бутен-2-он*) отримують з вінілацетилену за реакцією Кучерова або котоновою конденсацією формальдегіду з ацетоном через альдоль:

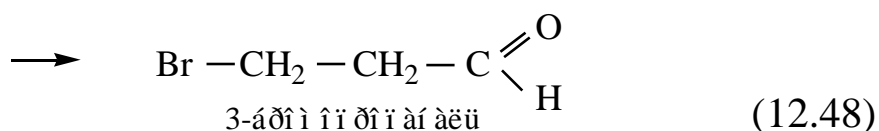


Хімічні властивості ненасичених альдегідів і кетонів залежать від взаємного розташування та впливу карбонільної групи й кратних зв'язків. При спряженні для них характерні специфічні властивості. Це відбувається внаслідок дії значних негативних *I*- та *M*-ефектів карбонільної групи, що викликає суттєву поляризацію подвійного карбон-карбонного зв'язку:

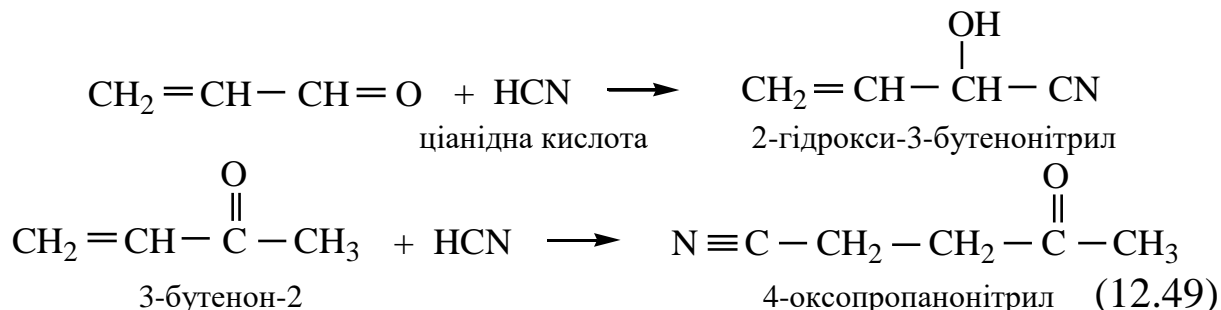


Приєднання галогеноводнів проходить проти правила Марковнікова:

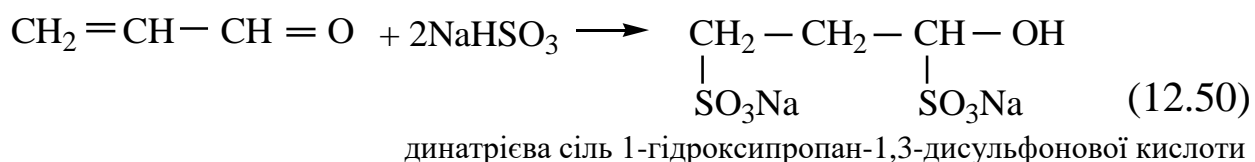




Приєднання HCN (ціанідної кислоти) для альдегідів проходить по карбонільній, а для кетонів – по ненасиченій групі:



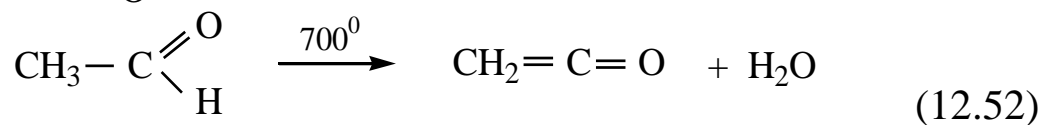
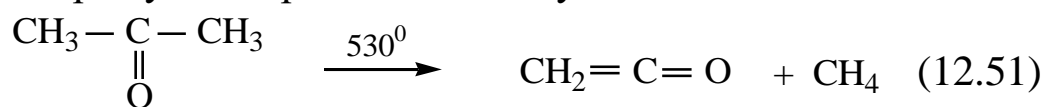
Приєднання гідросульфїту натрію відбувається як по карбонільній групі, так і по подвійному зв'язку:



12.5 Кетени

Кетенами називаються сполуки із системою кумульованих подвійних зв'язків $>\text{C}=\text{C}=\text{O}$, які подібні до алкадієнів типу алену $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$.

Кетени отримують піролізом ацетону або оцтової кислоти:

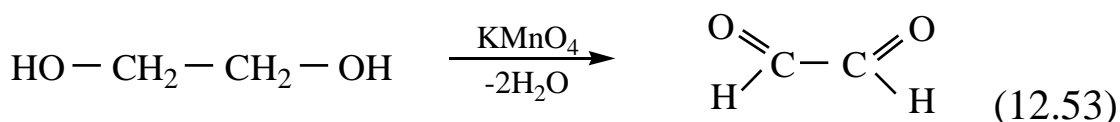


Кетени є електрофільними реагентами з електрофільним центром на атомі карбону в *sp*-гібридизованому стані. Тому вони проявляють високу реакційну здатність і реагують з водою, спиртами, кислотами (нуклеофільними сполуками).

12.6 Дикарбонільні сполуки

Наявність двох карбонільних груп характерна для діальдегідів, дикетонів або альдегідокетонів.

Гліоксаль отримують м'яким окисненням етиленгліколю або оцтового альдегіду.

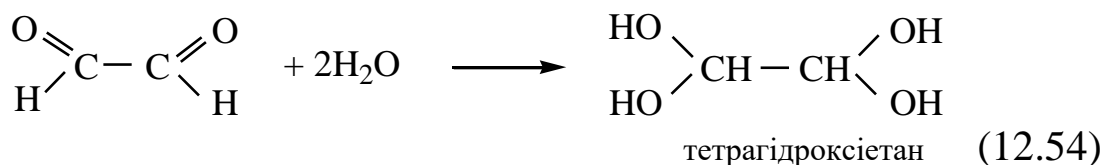


Таблиця 12.2

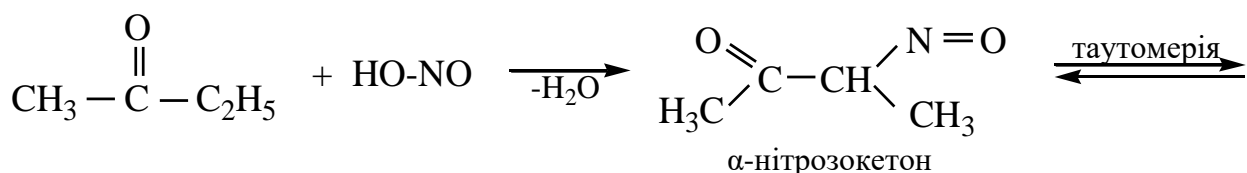
Класифікація дикарбонільних сполук

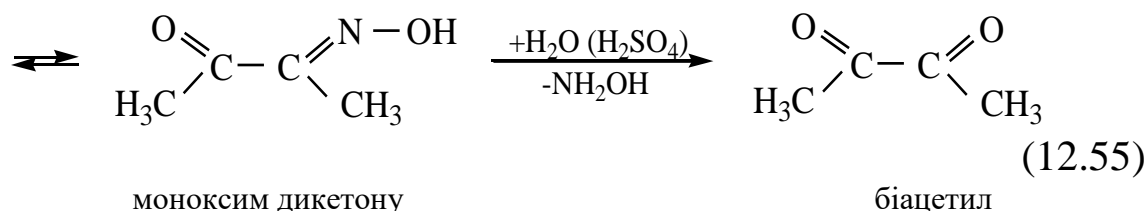
Формула	Номенклатура	
	IUPAC	Раціональна
Діальдегіди		
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Етандіаль	Гліюксаль (α -діальдегід)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Пропандіаль	Малоновий альдегід (β -діальдегід)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Бутандіаль	Бурштиновий альдегід.
Дикетони		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	2,3-бутандіон	Біацетил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	2,4-пентандіон	Ацетилацетон
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	2,5-гександіон	Ацетонілацетон
Альдегідокетони		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	3-оксобутаналь	Формілацетон
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{C} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	2-оксопропаналь	Піровиноградний альдегід

Гліюксаль проявляє всі властивості альдегідів. Він, подібно до формальдегіду, приєднує воду з утворенням відповідного гідрату:

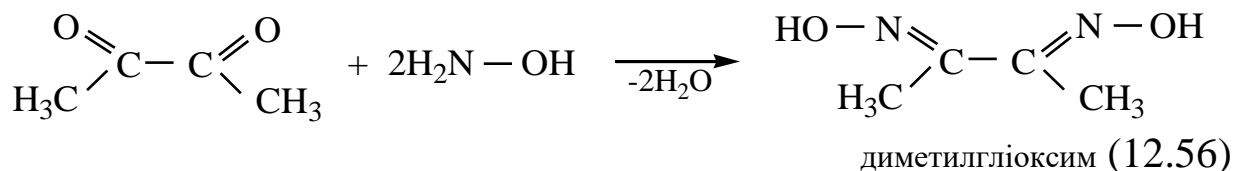


Біацетил отримують із метилетилкетону:

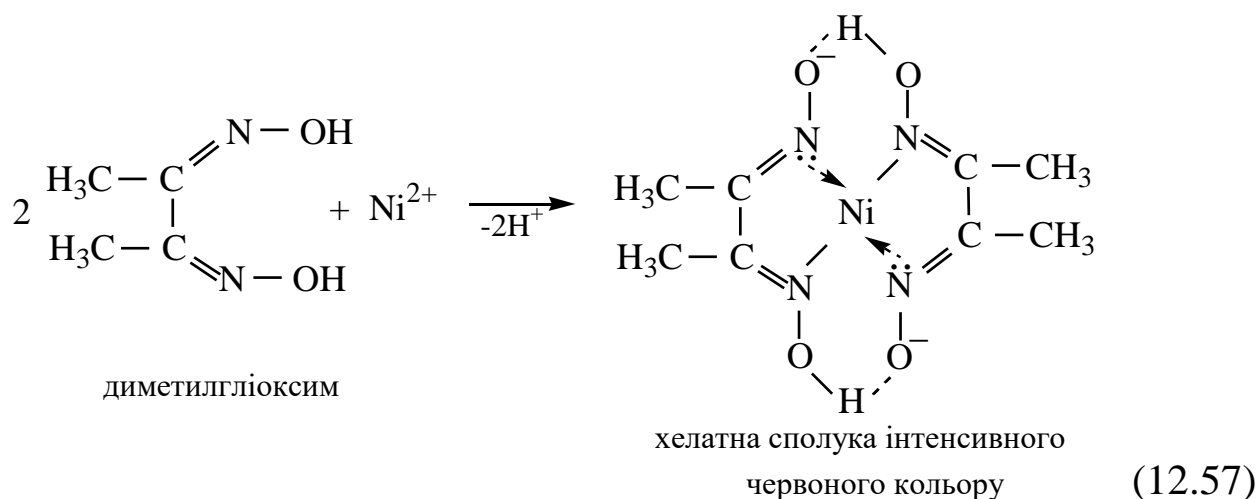




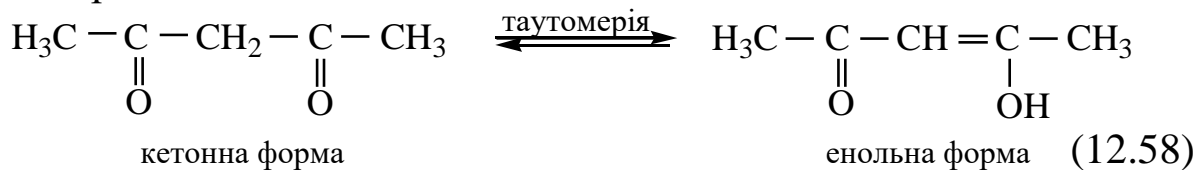
α -Дикетони володіють підвищеною реакційною здатністю, легко утворюють діоксими:



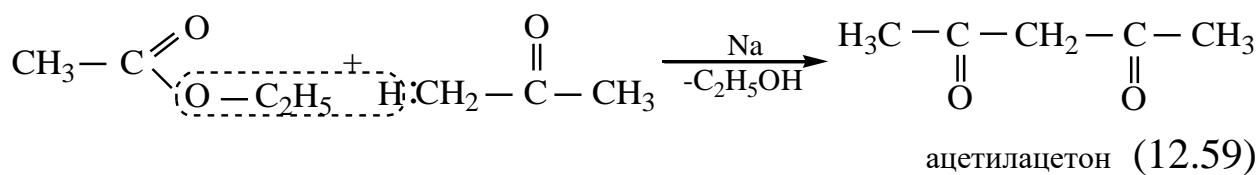
Диметилгліоксим (реактив Чугаєва) використовують як реактив на іони Ni^{2+} з утворенням комплексної сполуки (хелату) яскраво-червоного кольору:



Ацетилацетон (2,4-пентандіон) схильний до кето-енольної таутомерії:

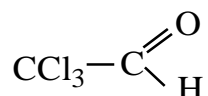


Ацетилацетон отримують конденсацією за Кляйzenом з етилацетату й ацетону:



12.7 Галогенопохідні альдегідів і кетонів

12.7.1 Синтез, фізичні, хімічні властивості та сфери застосування трихлороцтового альдегіду



Хлораль безбарвна прозора рідина з різким запахом; т. кип. 98,83°C, т. топл. -57,5°C. Молекулярна маса 147,40. У воді хлораль нерозчинний, але реагує з нею з утворенням водорозчинного хлоральгідрату.

Хлораль є вихідною сировиною для виробництва інсектицидів (хлорофос, ДДТ), гербіцидів (трихлорацетат натрію, дихлоральсечовина). Значні кількості хлоралю використовують для виробництва особливо чистого хлороформу. У невеликих кількостях його застосовують для одержання фармацевтичних препаратів.

Методи синтезу хлоралю

1. Рідкофазне хлорування етилового спирту чи етиленхлоргідрину за 25–95°C, наприклад:



2. Рідкофазне хлорування ацетальдегіду за 0–95°C:



3. Рідкофазне хлорування суміші діетилового етеру з водою за 25–95°C:

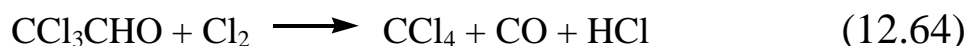


4. Синтез із чотирьохлористого карбону й формальдегіду під час пропускання їх парів над тонкоподрібненими металами:

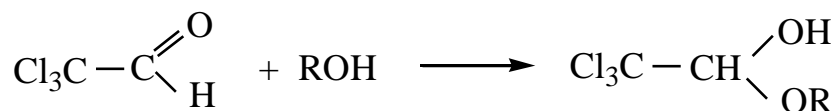


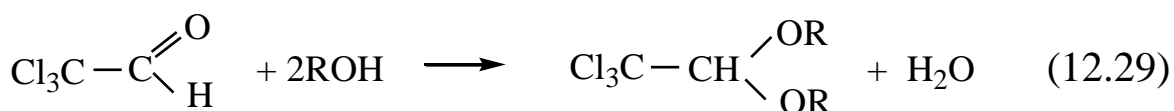
Хімічні властивості хлоралю

1. *Галогенування.* Хлорування за температур, вищих від 100°C, чи під час ультрафіолетового опромінення приводить до утворення чотирьохлористого карбону:



2. *Етерифікація.* Приєднує спирти, утворюючи, залежно від умов, напівацеталі (*алкоголяти*) чи ацеталі:

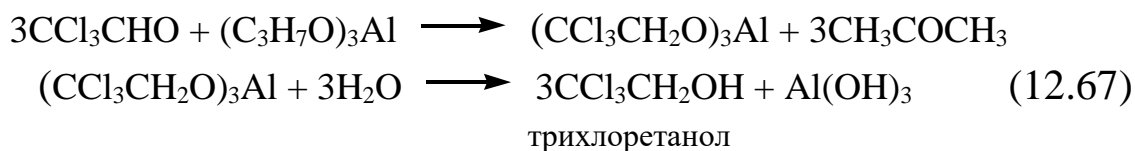




3. Гідратація. Приєднує воду з утворенням хлоральгідрату:



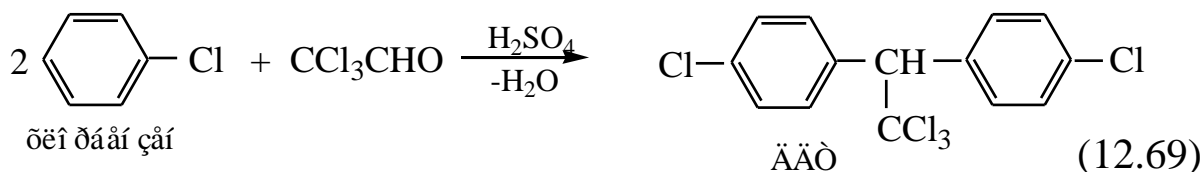
4. **Відновлення.** Під час дії відновників, наприклад ізопропілату алюмінію, утворюється трихлоретанол:



5. **Окиснення.** Під дією окисників, наприклад міцної нітратної кислоти, окиснюється до трихлороцтової кислоти:

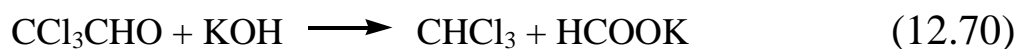


6. **Конденсація.** У присутності каталізаторів конденсується з ароматичними вуглеводнями, утворюючи похідні дифенілетану, наприклад 1,1-біс(п-хлорфеніл)-2,2,2-трихлоретан (ДДТ):

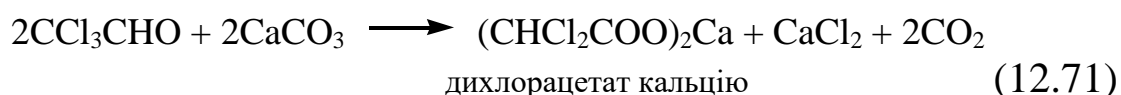


7. **Полімеризація.** При зберіганні повільно полімеризується в білу аморфну масу, нерозчинну у воді, у розведених мінеральних кислотах і більшості органічних розчинників. Швидкість полімеризації різко зростає в присутності кислотних каталізаторів, наприклад сульфатної кислоти.

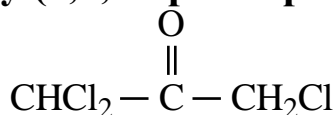
8. **Розщеплення.** Під дією лугів розщеплюється на хлороформ і сіль мурашиної кислоти, аналогічно реагує і полімер хлоралу:



9. **Ізомеризація.** Під час обробки водною суспензією карбонату кальцію в присутності ціаністих солей утворюється дихлорацетат кальцію:



12.7.2. Способи одержання, властивості та використання – 1,1,3-трихлорпропанону (1,1,3-трихлорацетону) (C₃H₃Cl₃O)

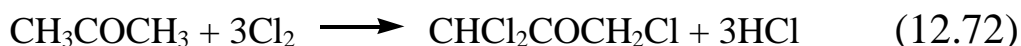


Безбарвна прозора рідина з різким запахом; т. кип. 170–172°C, т. топл. – 96,7°C. Молекулярна маса 161,43. Густина за 20°C $\rho = 1359 \text{ кг/м}^3$. Коефіцієнт заломлення $n_{D20} = 1,4925$. Показник заломлення $n^{20} = 1,4925$

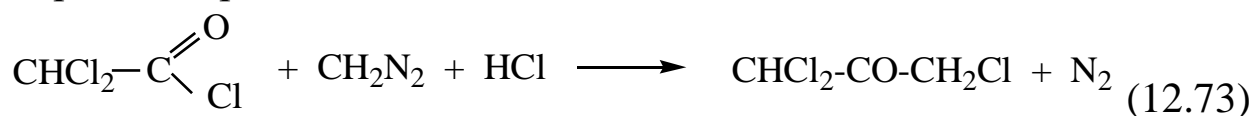
1,1,3-Трихлорацетон використовується у виробництві фолієвої кислоти.

Методи синтезу 1,1,3-трихлорацетону

1. Хлорування ацетону з наступним виділенням 1,1,3-трихлорацетону з продуктів хлорування:



2. Синтез з дихлорацетилхлориду й діазометану при обробці гідрогенхлоридом:



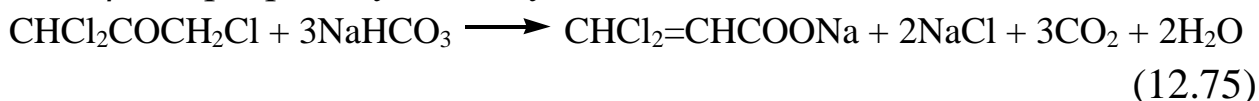
Хімічні властивості 1,1,3-трихлорацетону

1. Галогенування. При хлоруванні за підвищеної температури перетворюється послідовно в тетра-, пента- і гексахлорацетони, наприклад:



2. Гідратація. Реагує з водою, утворюючи водорозчинний гідрат.

3. Перегрупування Фаворського. У водному середовищі в присутності слабких лугів перегрупується, утворюючи *цис*- β -хлоракрилову кислоту:



1.6. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Курта С.А., Лучкевич Є.Р., Матківський М.П. Хімія органічних сполук. Підручник для вищих навчальних закладів. м. Івано-Франківськ: При-карпат.нац.ун-т ім. В.Стефаника, 2013. – 588 с. вид-во. Прикарпат. нац. у-ту. Авторські права захищені свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір № 52578 від 13.12.2013 р. державним департаментом інтелектуальної власності МОН України.

2. Ластухін Ю. О. Органічна хімія : підруч. [для вищ. навч. закл.] / Ластухін Ю. О., Воронов С. А. – Л. : Центр Європи, 2001. – 864 с.

3. Домбровський А. В. Органічна хімія / Домбровський А.В., Найдан В.М. – М. : Вища шк., 1882. – 503 с.

4. Будова і реакційна здатність органічних сполук / Ганущак М. І., Кириченко В. І., Клим М. І. та ін. – К. : НМК ВО, 1882. – 216 с.

5. Курта С. А. Будова речовини : навчально-методичний посібник / Курта С. А. – Івано-Франківськ ; Калуш : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2007. – 162 с. – (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 25385 від 20.08.2008 р.).

6. Курта С. А. Хімія і технологія хлорорганічних сполук : монографія / С. А. Курта. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2008 р. – 262 с. – (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір в Україні № 30576 від 08.10.2008 р.).

7. Хімія : збірник тестів для абітурієнтів, які вступають на спеціальності “Хімія” та “Агрохімія і ґрунтознавство” / Курта С. А., Лучкевич Є. Р., Матківський М. Г. та ін. – Івано-Франківськ : Плай, 2005. – 184 с.

8. Лучкевич Є.Р. Хімія ароматичних азосполук : монографія / Є.Р.Лучкевич. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2013 р. – 285 с.

9. Курта С.А. Природні вуглеводи і полісахариди. Навчальний посібник. ISBN 878-866-8868-84-3. Видав: Супрун В.П.76025, Івано-Франківськ, вул. В.Великого,12,аХТел.: (0342) 71-04-40,e-mail:printsv@ukr.net, Свід. про внесення до Держреєстру від 17.10.2005р. Серія ІФ №25. – 100с.

10. Серняк І.М., Микитин І.М., Курта С.А., Ляковська М.Р., Методичні вказівки до лабораторних робіт з Органічної хімії(ароматичні вуглеводні). МОН ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,Івано-Франківськ 2018, 118 с.

11. Курта С.А. Основи нафтохімії. Навчальний посібник. Друк: Голіней О.М..76008, Івано-Франківськ, вул. Галицька 128 Тел.: (0342) 58-04-32(+380505403064 – 183 с.(друк. арк. 11,62) Рішення Вченої Ради Факультету природничих наук ПНУ, протокол №3 від «12» грудня 2018 року. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.№85804 від 10..02.2020р. ст.1.Рішення Мінекономіки торг. Та сільс. Госп.. України.м. Київ. 01008 вул. Грушевського 12\2.

12. Курта С.А. , Хацевич О.М. Основи квантової хімії. (навчально посібник) . Рішення Вченої Ради Факультету природничих наук ПНУ, протокол № 2 від «22» лютого 2018 року р.-235с. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.№85470 від 21.01.2020р. ст.1.Рішення Мінекономіки. України м. Київ, 01008 вул. Грушевського