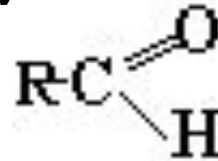


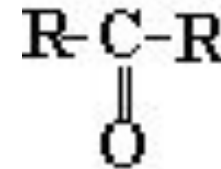
КАРБОНІЛЬНІ СПОЛУКИ - АЛЬДЕГІДИ ТА КЕТОНИ

Альдегідами і кетонами називають похідні вуглеводнів, у яких при одному атомі вуглецю два атоми водню заміщено киснем.

Сполуки, в яких на кисень заміщено водні при первинному атомі вуглецю, називаються **альдегідами**:



Якщо ж два атоми водню заміщено киснем при вторинному атомі вуглецю, то такі оксосполуки називаються **кетонами**:

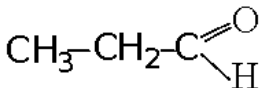


У цьому випадку групу C=O називають **кетогрупою**.

НАСИЧЕНІ АЛЬДЕГІДИ ТА КЕТОНИ

- За номенклатурою IUPAC альдегіди називають за назвою відповідного вуглеводня з додаванням закінчення *-аль*. *Кетони* - з додаванням закінчення *-он*. Нумерація ланцюга в молекулах альдегідів починається з вуглецевого атома оксогрупи, а у кетонів - з того кінця ланцюга, до якого ближче розташована карбонільна група, при цьому положення оксогрупи вказують локантом.
- За радикало-функціональною номенклатурою кетони називають, вказуючи за алфавітним порядком вуглеводневі залишки, що зв'язані з карбонільною групою з додаванням суфіксу *-кетон*. Тривіальні назви альдегідів походять, як правило, від назв кислот, в які вони перетворюються при окисненні, з додаванням у кінці слова *"альдегід"*.

Назви альдегідів і кетонів

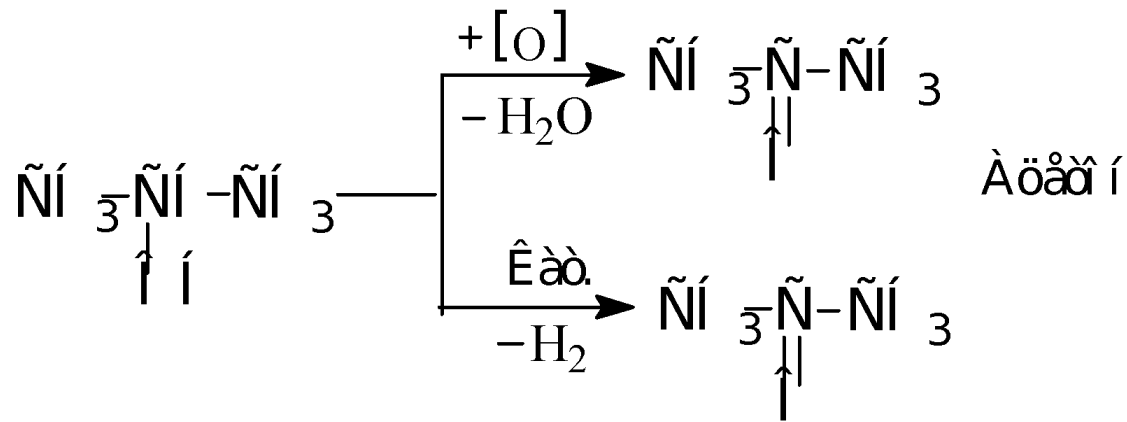
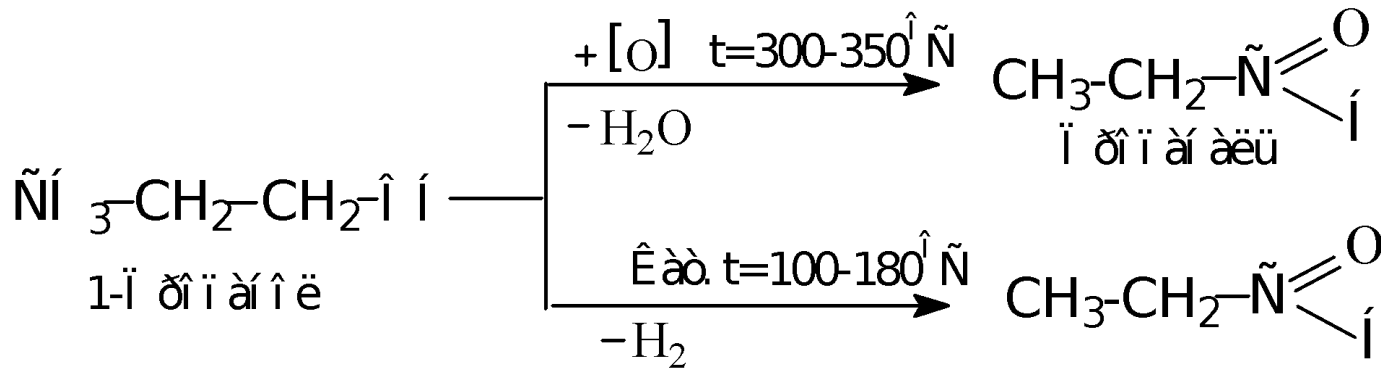
Структурна формула	Номенклатура	
	Замісникова	Радикало-функціональна (тривіальна)
Альдегіди		
	Метаналь	(Мурашиний альдегід, формальдегід)
	Етаналь	(Оцтовий альдегід, ацетальдегід)
	Пропаналь	(Пропіоновий або пропіонатний альдегід)
	Бутаналь	(Масляний або бутиратний альдегід)
	2-Метилпропаналь	(Ізомасляний або ізобутиратний альдегід)
Кетони		
	Пропанон	Диметилкетон (ацетон)
	Бутанон	Етилметилкетон
	2-Пентанон	Метилпропілкетон
	3-Метил-2-бутанон	Ізопропілметилкетон

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ

- 1. Окиснення

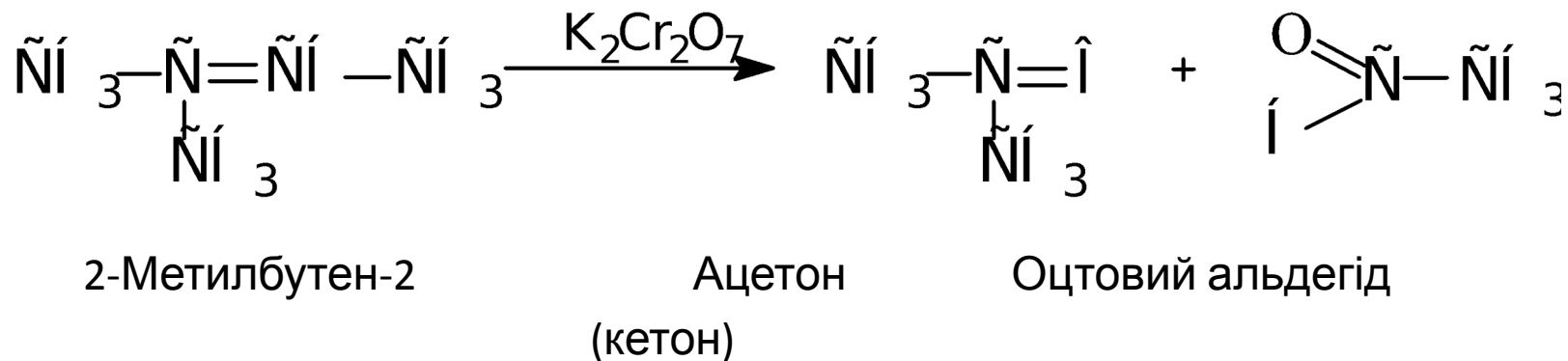
1.1. Окиснення або каталітичне дегідрування спиртів

Як окиснювач найчастіше використовується кисень повітря у присутності **Cu**. При цьому з первинних спиртів отримують альдегіди, а з вторинних – кетони:

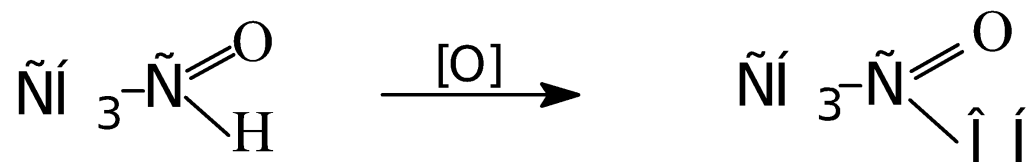


1.2. Окиснення алкенів по C=C зв'язках

Під дією сильних окиснювачів (CrO_3 , HNO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) відбувається розрив подвійного зв'язку алкану з утворенням альдегідів, кетонів та карбонових кислот

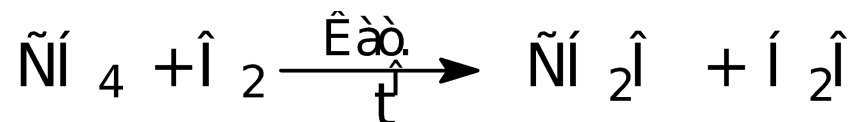


Утворені альдегіди за умов реакції окиснюються до відповідних карбонових кислот



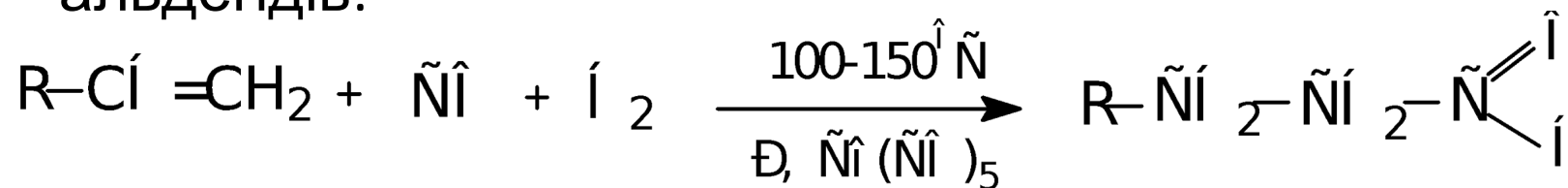
1.3. Окиснення алканів

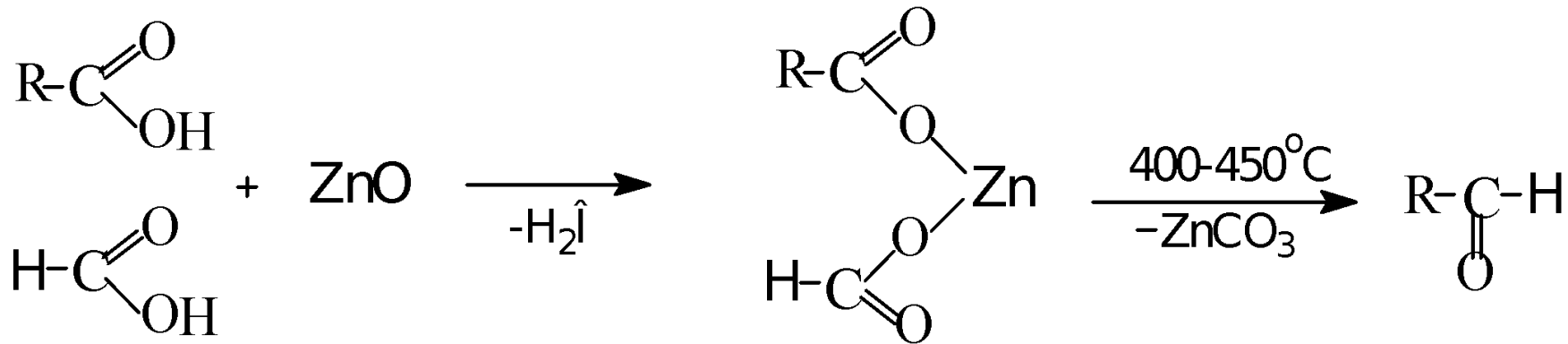
Важливою промисловою реакцією є каталітичне окиснення метану до формальдегіду:



2. Реакція оксосинтезу (гідроформілювання алкенів), О.Роєлен, 1938 р.

Алкени в присутності кобальтового каталізатора під тиском взаємодіють з синтез-газом з утворенням альдегідів:





- 5. Гідратація ацетилену та його гомологів**

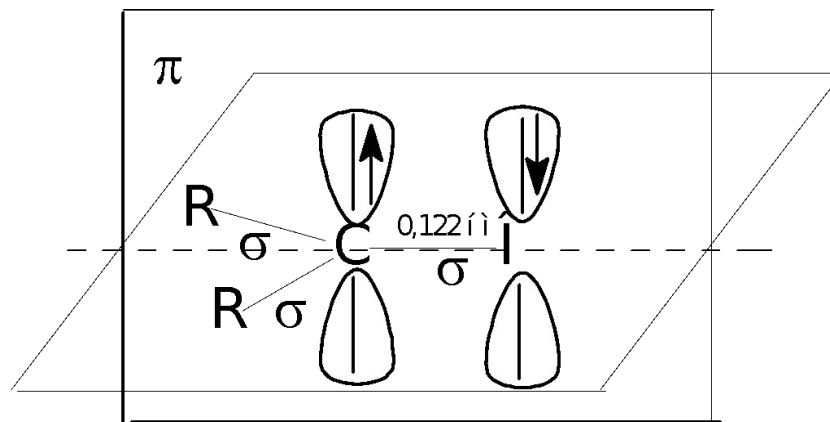
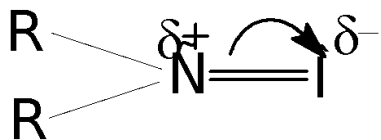
За реакцією Кучерова з ацетилену утворюється оцтовий альдегід, з усіх інших алкінів – кетони.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Насичені альдегіди та кетони - це безбарвні рідини. Метаналь - газ з різким запахом. Їх температури кипіння нижчі, ніж у спиртів, тому що для альдегідів і кетонів утворення водневого зв'язку не характерне. Кетони киплять при вищій температурі, ніж альдегіди.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

- Хімічні властивості альдегідів і кетонів зумовлені наявністю в їх молекулах карбонільної групи. Атоми вуглецю та кисню мають різну електронегативність, тому зв'язок C=O сильно полярний. Завдяки цьому атоми вуглецю і кисню в карбонільній групі набувають значних ефективних зарядів.
- Крім того, карбонільна група здатна ще більше поляризуватись під впливом зовнішніх факторів.



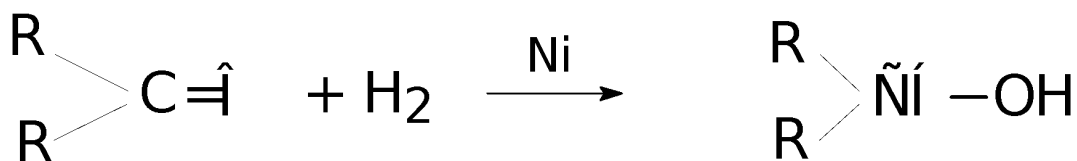
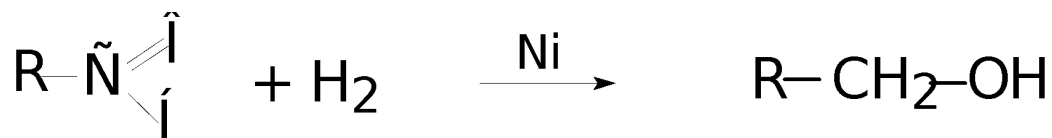
- Завдяки високій полярності, і поляризованості реакційна здатність карбонільної групи значно вища, ніж C=C-зв'язку.

- Вуглець карбонільної групи виявляє електрофільні властивості, а кисень - нуклеофільні. Завдяки цьому, атом вуглецю карбонільної групи здатний реагувати з нуклеофільними реагентами, а атом кисню з електрофільними.
- Головними типами хімічних реакцій альдегідів і кетонів є:
 - 1) реакції приєднання за карбонільною групою;
 - 2) реакції заміщення;
 - 3) реакції окиснення;
 - 4) реакції полімеризації та поліконденсації.

Реакції приєднання за подвійним зв'язком карбонільної групи

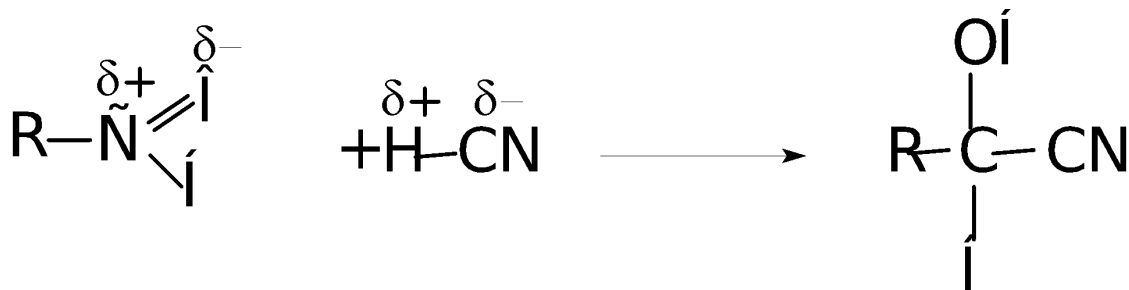
- 1. Приєднання водню (гідрування)

При гідруванні альдегіди утворюють первинні спирти, а кетони вторинні:

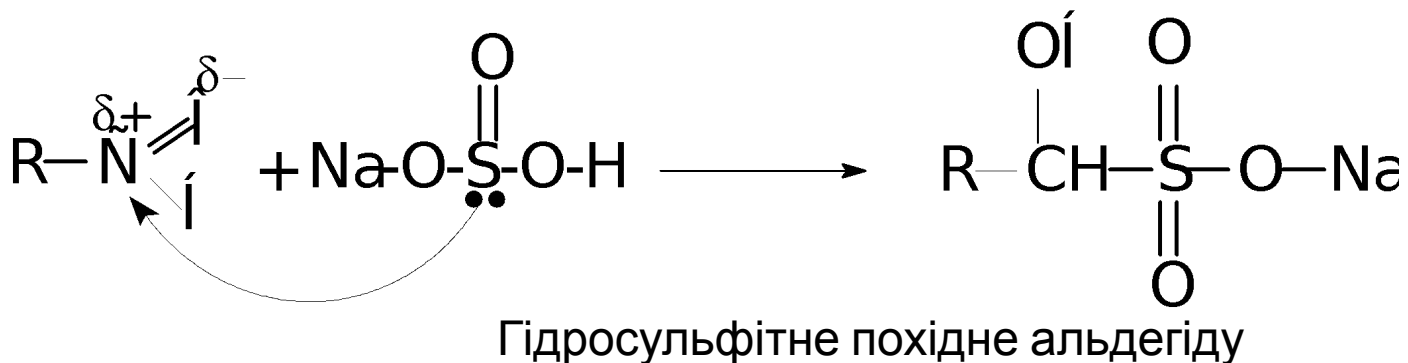


- 2. Реакції нуклеофільного приєднання (A_N)

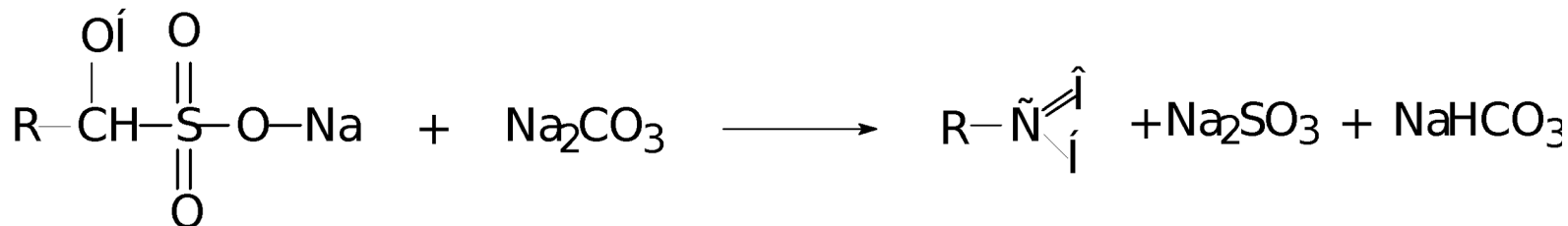
- 2.1. Приєднання цианідної кислоти (HCN)



2.2. Приєднання натрій гідросульфїту NaHSO_3

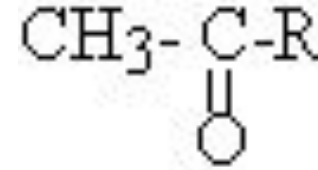


Гідросульфїтні похідні - це кристалічні речовини. Завдяки легкості їх кристалізації ця реакція застосовується для виділення альдегідів і кетонів. У слаболужному середовищі реакція протікає у зворотньому напрямі:

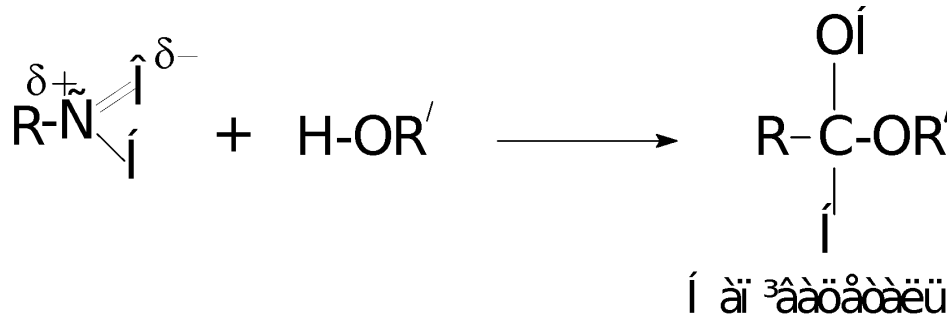


З кетонів з гідросульфідом натрію реагують тільки метилкетони .

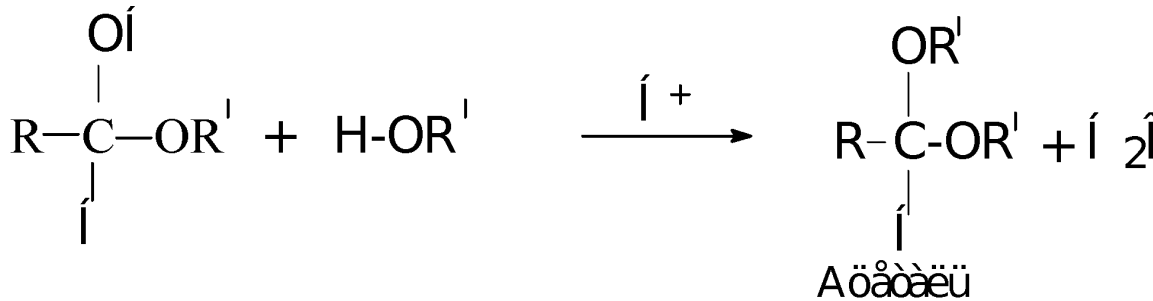
Протіканню реакції з іншими кетонами заважає так званий стеричний фактор.



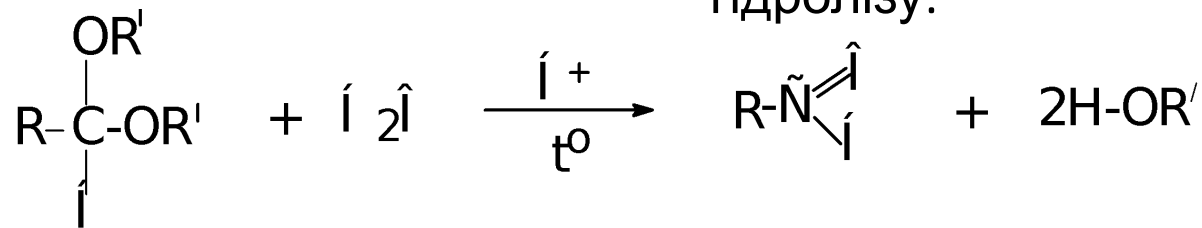
• **2.3. Приєднання спиртів**



Напівацеталь в кислому середовищі може взаємодіяти ще з однією молекулою спирту з утворенням ацеталю.

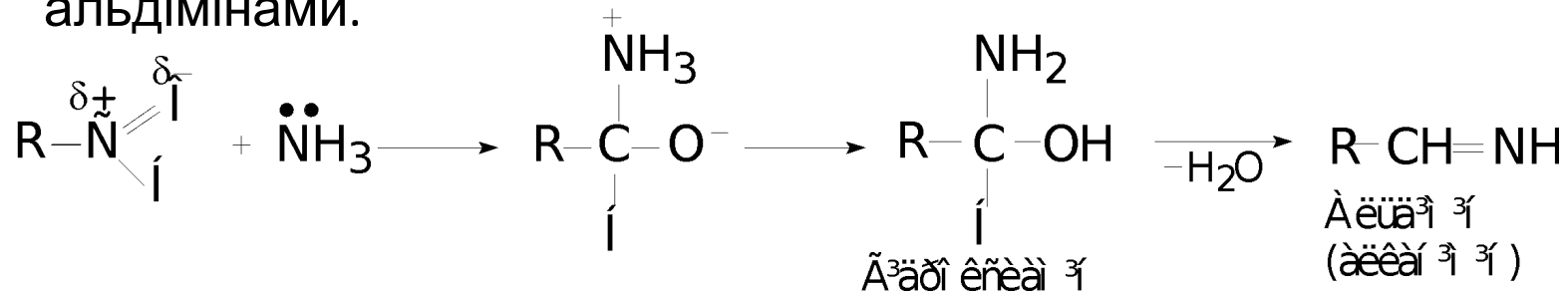


Ацеталі при нагріванні з розведеними кислотами піддаються гідролізу:



- 2.5. Приєднання аміаку**

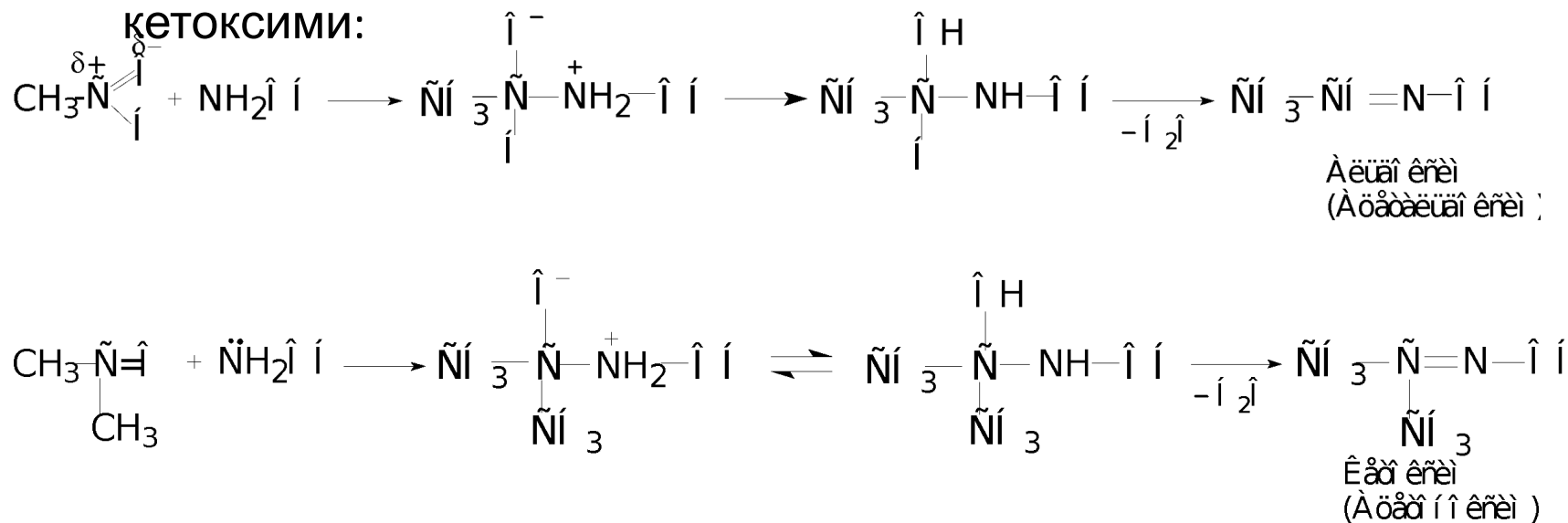
Альдегіди приєднують аміак з утворенням гідроксиамінів. Дана реакція практично завжди закінчується відщепленням води і утворенням зв'язку C=N. Одержані сполуки називають альдімінами.



Кетони з аміаком реагують складніше і значно повільніше.

2.6. Взаємодія з гідроксиламіном (NH₂OH)

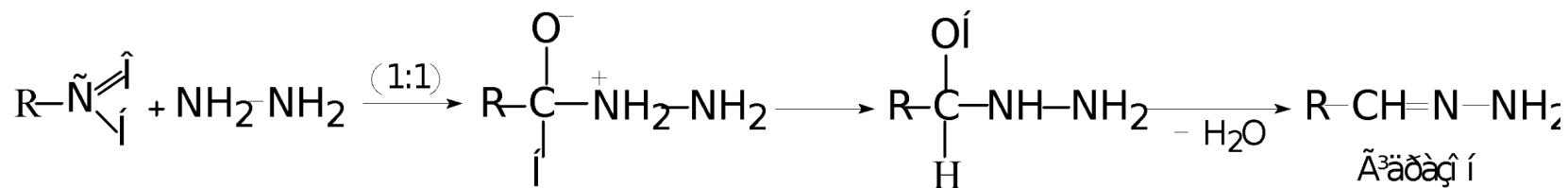
Дана реакція застосовується для кількісного визначення альдегідів і кетонів. При цьому утворюються альдоксими і кетоксими:



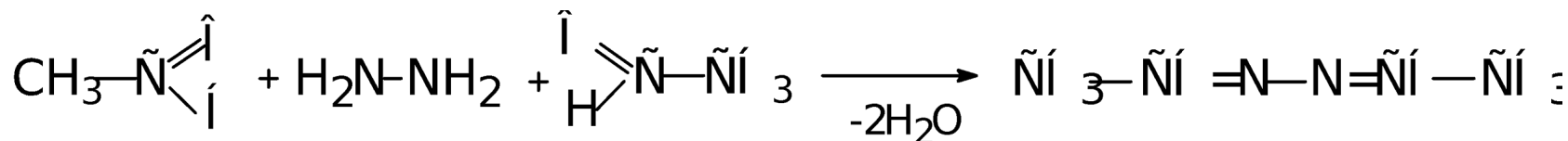
2.7. Приєднання гідразину та його похідних

Гідразин, аналогічно до аміаку і гідроксиламіну, приєднується до електрофільного атома вуглецю карбонільної групи з наступним відщепленням води.

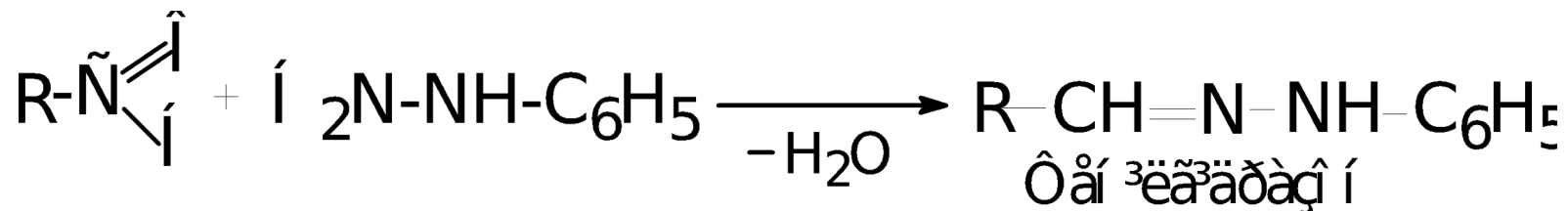
При співвідношенні 1:1 утворюються гідразони:



При співвідношенні карбонільна сполука гідразин - 2:1 утворюються **азини** (альдазини і кетазини):

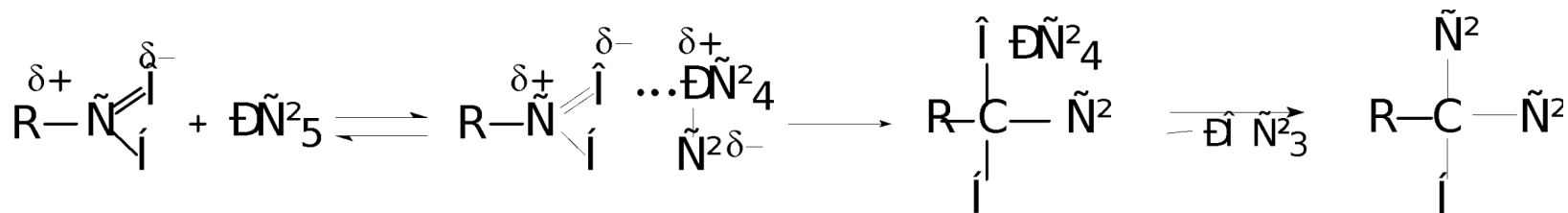


Аналогічно протікають реакції з фенолгіdraзином $\text{NH}_2\text{-NH-C}_6\text{H}_5$. При цьому утворюються фенолгідрозони:



• **2.9. Взаємодія з галоген-нуклеофілами ($\text{PCl}_5, \text{PCl}_3$)**

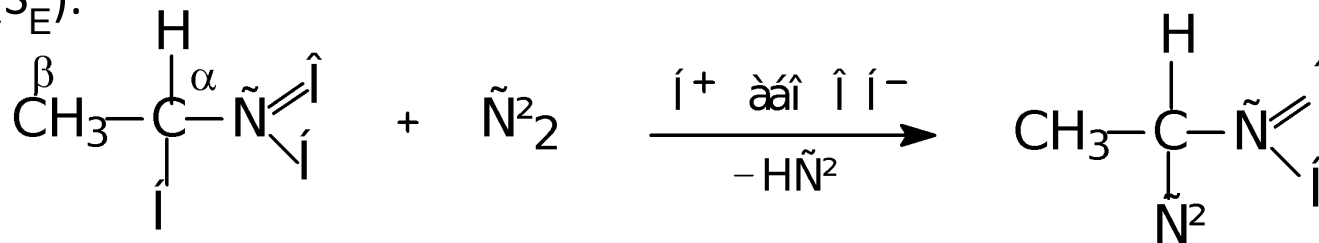
При взаємодії з PCl_5 , який є сильним електрофілом, спочатку відбувається активація карбонільної сполуки, а потім реакція з галогенід-іоном. Цю реакцію використовують для одержання гемінальних дихлоралканів:



Реакції заміщення (S)

- Атоми гідрогену біля α -вуглецевого атому характеризуються підвищеною рухливістю і можуть легко обмінюватися на інші атоми чи функціональні групи.

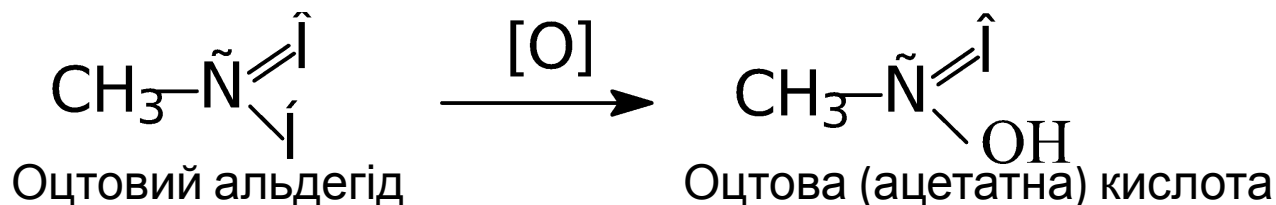
Ці реакції протікають за механізмом електрофільного заміщення (S_E):



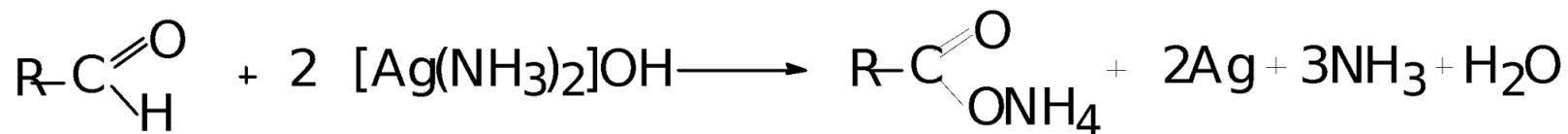
2-Хлоропропаналь

Реакції окиснення

- При окисненні альдегідів утворюються відповідні кислоти:

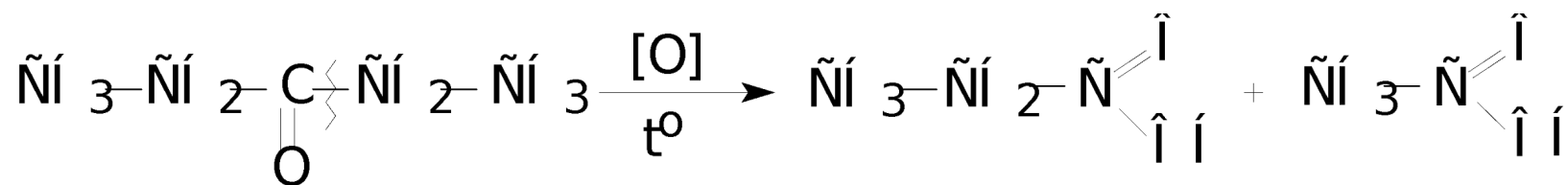


- Окиснення аміачним розчином оксиду срібла (реактивом Толенса) називається "реакцією срібного дзеркала" і може служити якісною реакцією на альдегідну групу:



- Кетони в "реакцію срібного дзеркала" не вступають.

Окиснення кетонів відбувається складніше і протікає лише в жорстких умовах. При їх окисненні спостерігається розрив вуглецевого ланцюга:



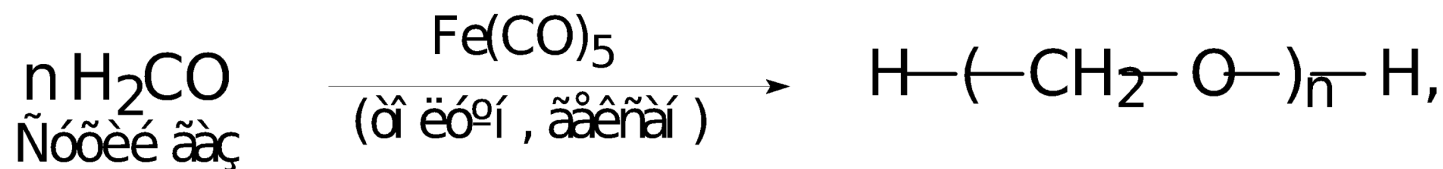
Суміш карбонових кислот

Реакції полімеризації і конденсації

- Реакції полімеризації характерні тільки для альдегідів.

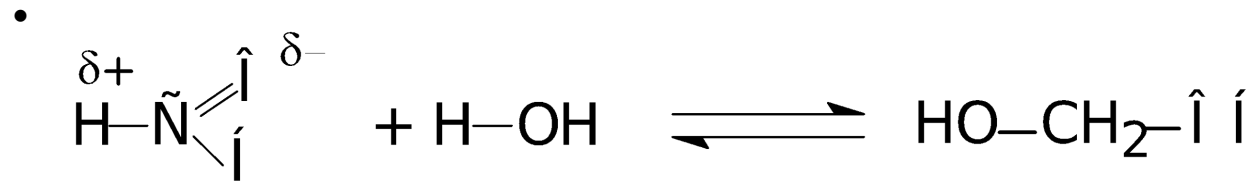
1. Полімеризація формальдегіду

У присутності певних каталізаторів формальдегід здатний до полімеризації за рахунок розкриття π -зв'язку карбонільної групи (аналогічно до полімеризації алкенів):



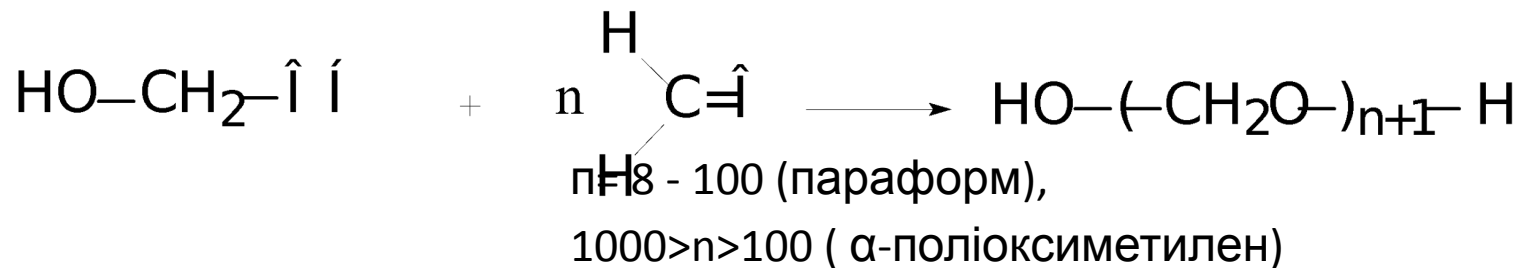
При цьому утворюється лінійний високомолекулярний поліформальдегід, який застосовується для виробництва синтетичного волокна.

У випадку протікання ступінчастої полімеризації у водних розчинах, в залежності від умов, утворюється α -поліоксиметилен або параформальдегід (параформ):



(40%-ний водний розчин формальдегіду (формалін)

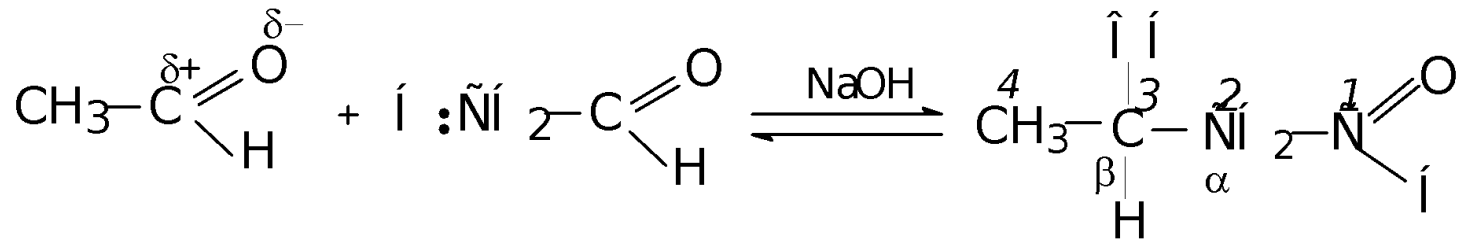
Метиленгліколь



2. Реакції конденсації (димеризації)

- Особливу групу реакцій альдегідів і кетонів складають реакції конденсації, зумовлені рухливістю атомів водню що зв'язані з α -вуглецевим атомом.
- **2.1. Альдольна конденсація або альдольне приєднання** (О.П. Бородін, Ж.Вюрц, 1872)

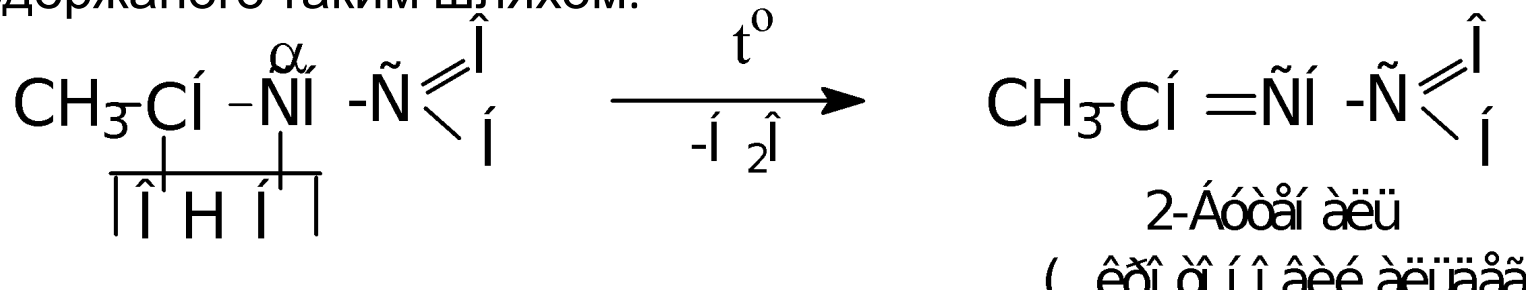
У цю реакцію вступають альдегіди, які в α -положенні до $C=O$ групи мають атоми водню:



3-Альдої енеаооай әөü
 (β- әәәәй еñей àñейй еé әөüәәәә)

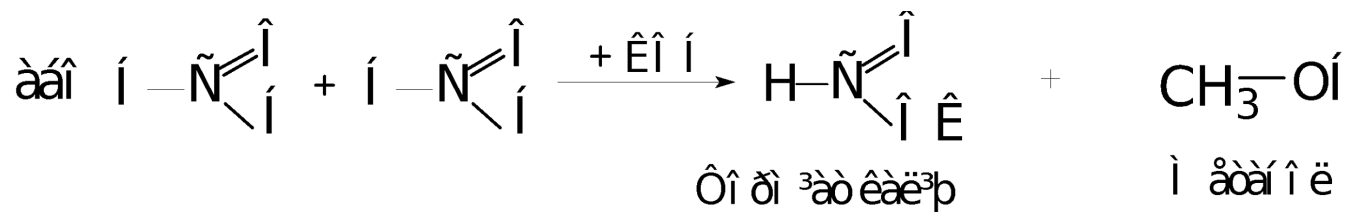
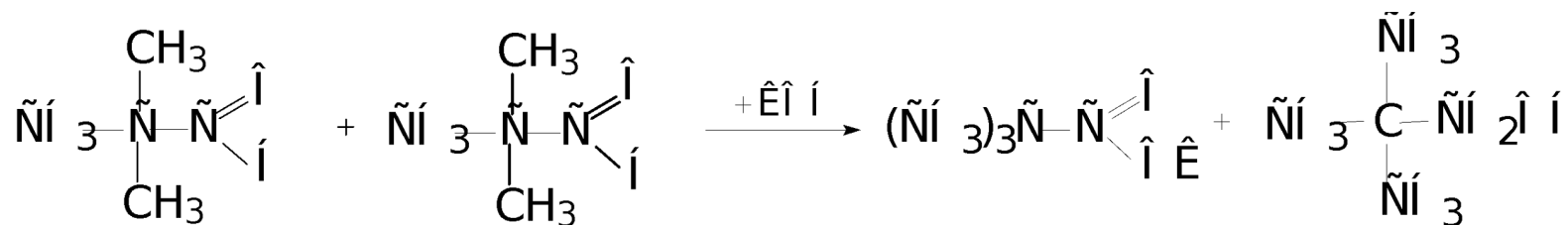
2.2. Кротонова конденсація

Якщо утворений в результаті альдольної конденсації альдоль містить в α -положенні атоми водню, то при нагрівання він може відщеплювати воду з утворенням ненасиченого альдегіду. Таке продовження реакції альдольної конденсації називається кротоною конденсацією, за назвою альдегіду, вперше одержаного таким шляхом.



2.3. Реакція диспропорціювання (Канніццаро 1853)

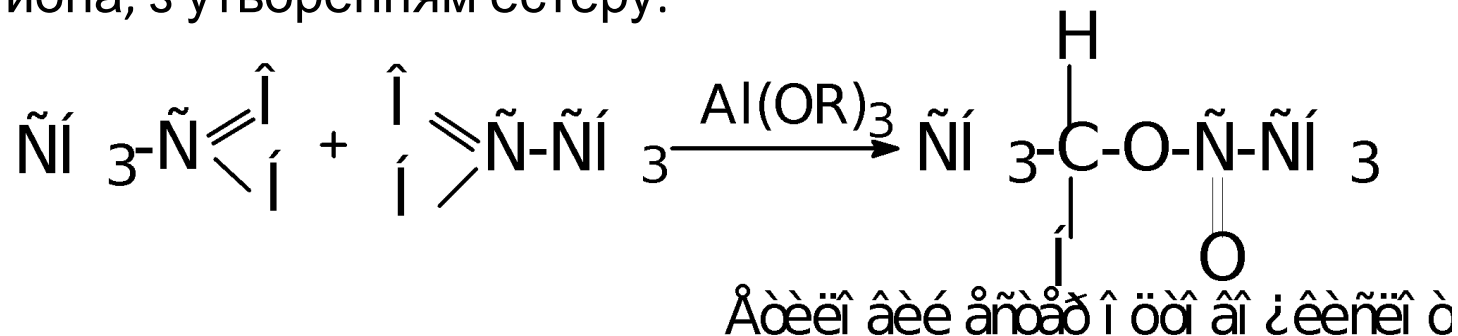
(формальдегід і альдегіди) при α -вуглецевому атомі, які в α -положенні до групи не мають атомів водню (четвертинний атом вуглецю), вступають в реакцію диспропорціювання (окиснення-відновлення). Одна молекула альдегіду відновлюється і перетворюється на спирт, а друга окиснюється і перетворюється на карбонову кислоту.



Отже, в лужному середовищі альдегіди, що містять хоча б один атом водню при α -вуглецевому атомі вступають в альдольну конденсацію. Якщо цих атомів водню є хоча б два, то альдольна конденсація супроводжується кротоновою. А якщо у молекулі альдегіду нема жодного атома водню при α -вуглецевому атомі, то такі альдегіди вступають у реакцію Канніццаро.

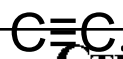
2.4. Естерна конденсація (В.Є.Тищенко, 1906)

- У присутності алкоголяту алюмінію відбувається диспропорціювання альдегідів, тобто одна молекула альдегіду відновлюється, а друга окиснюється за рахунок переносу гідрид-йона, з утворенням естеру:



НЕНАСИЧЕНІ АЛЬДЕГІДИ ТА КЕТОНИ

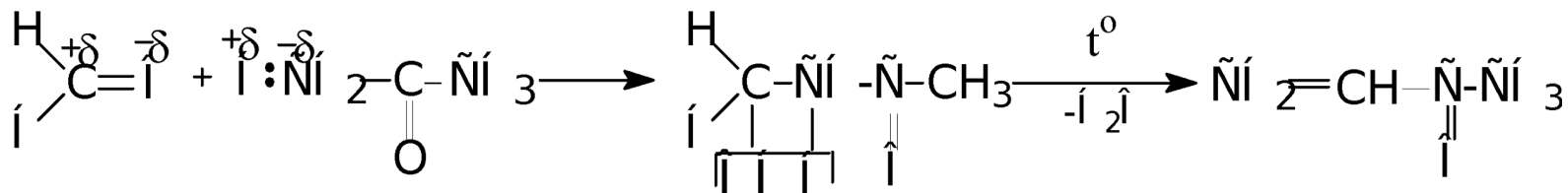
- Ненасиченими альдегідами і кетонами називаються сполуки, які містять в молекулі карбонільну групу і кратні зв'язки C=C або



Структурна формула	Номенклатура	
	Замісникова	Радикало-функціональна (тривіальна)
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	2-Пропеналь	(Акролеїн)
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	2-Бутеналь	(Кротоновий альдегід)
$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	Пропіналь	(Пропаргіловий альдегід)
$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2$	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

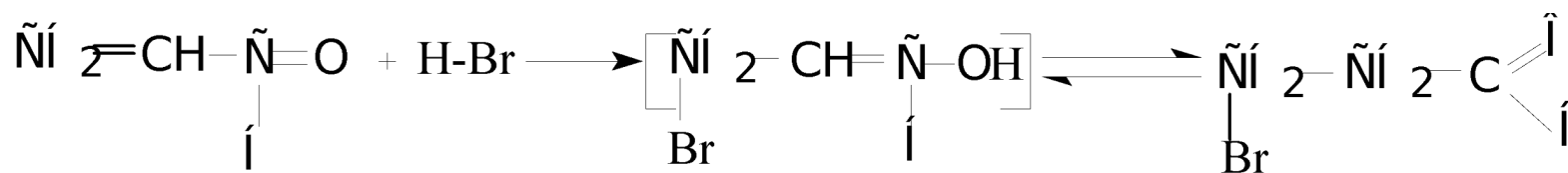
Кротоновий альдегід (2-бутеналь). Кротоновий альдегід отримують реакцією кротонової конденсації оцтового альдегіду.

Вінілметилкетон (3-бутен-2-он) - кротоновою конденсацією формальдегіду з ацетоном через альдоль:

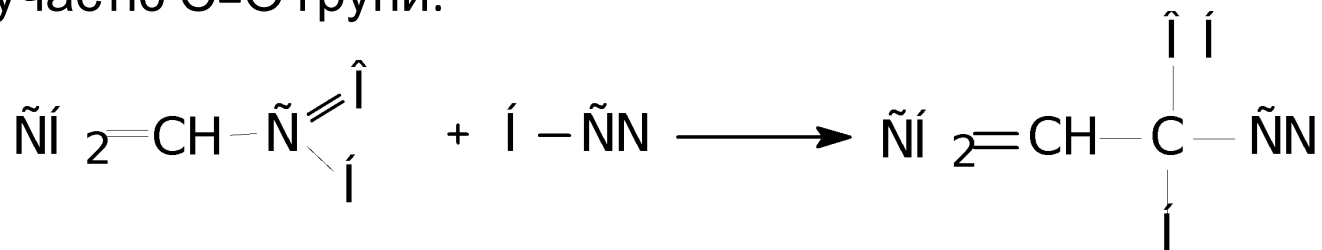


Хімічні властивості

- Хімічні властивості ненасичених альдегідів і кетонів залежать від взаємного розташування і впливу один на одного карбонільної групи і кратних зв'язків. У випадку спряження зв'язків C=C і C=O їм притаманні специфічні властивості. Так, за рахунок значних (-I) і (-M)-ефектів, що проявляє карбонільна група, подвійний C=C-зв'язок сильно поляризується. Тому, приєднання галогеноводнів відбувається проти правила Марковнікова:



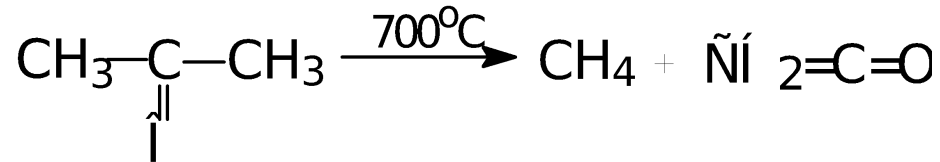
- Приєднання HCN (ціанідної кислоти) відбувається тільки за участю C=O групи:



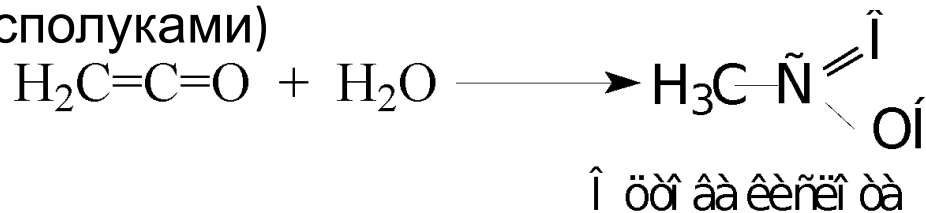
Кетени

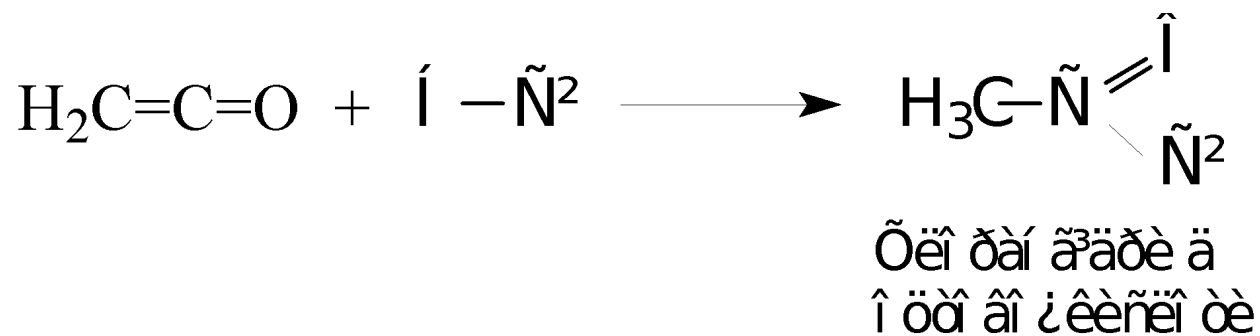
- Кетенами називаються сполуки з системою кумульованих зв'язків, подібних до алкадієнів типу алену.

Кетен ($\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{O}$) отримують піролізом ацетону:



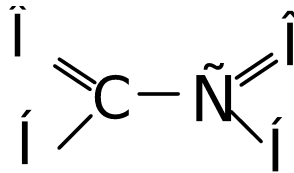
Кетени характеризуються значним позитивним зарядом на карбонільному атомі вуглецю, що перебуває в sp -гібридному стані. Тому вони проявляють високу реакційну здатність і реагують з водою, спиртами, кислотами (нуклеофільними сполуками)



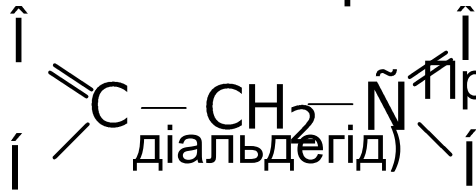


ДИКАРБОНІЛЬНІ СПОЛУКИ

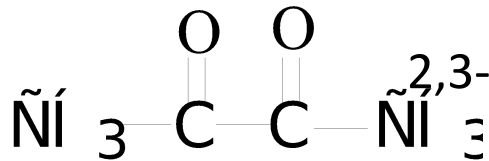
- Сполуки, що містять дві карбонільні групи називаються **діальдегідами і дикетонами**.



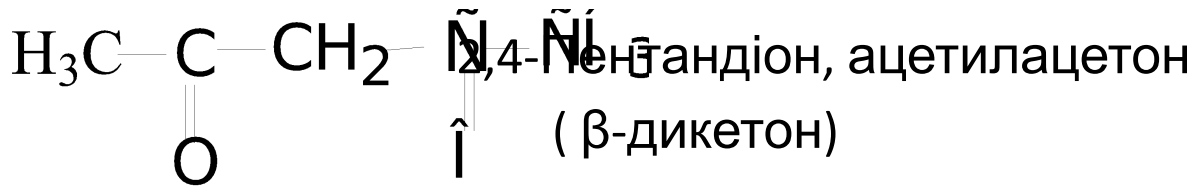
Етандіаль, гліоксаль (α -діальдегід)



Пропандіаль, малоновий альдегід (β -діальдегід)

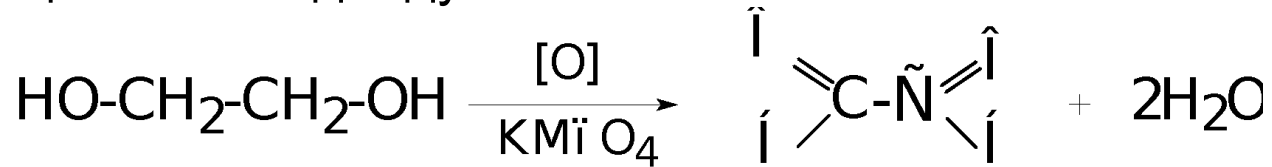


2,3-Бутандіон, діацетил (α -дикетон)

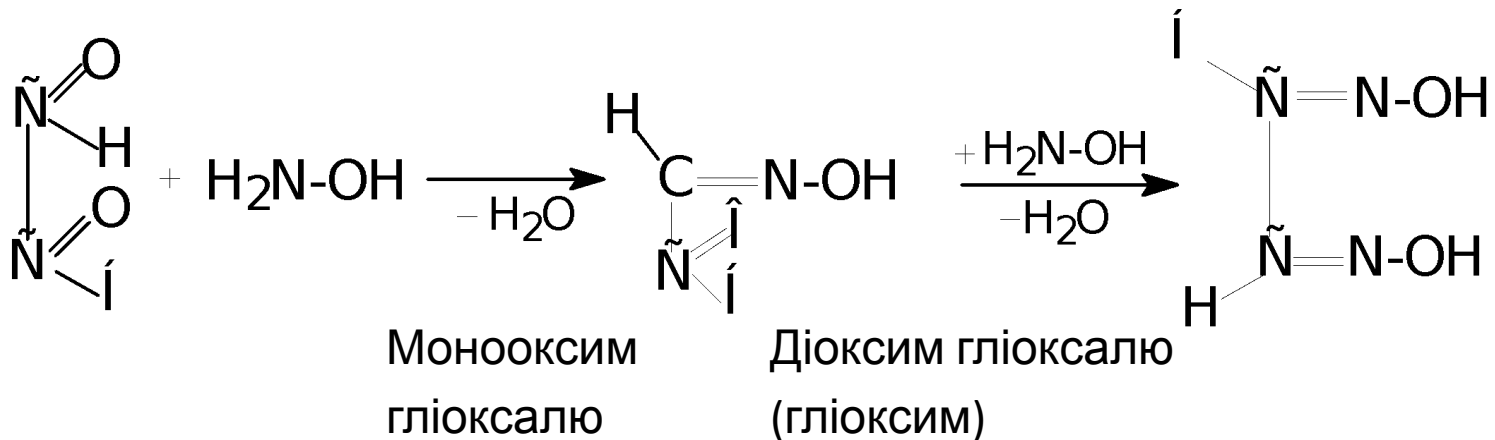


2,4-Пентандіон, ацетилацетон (β -дикетон)

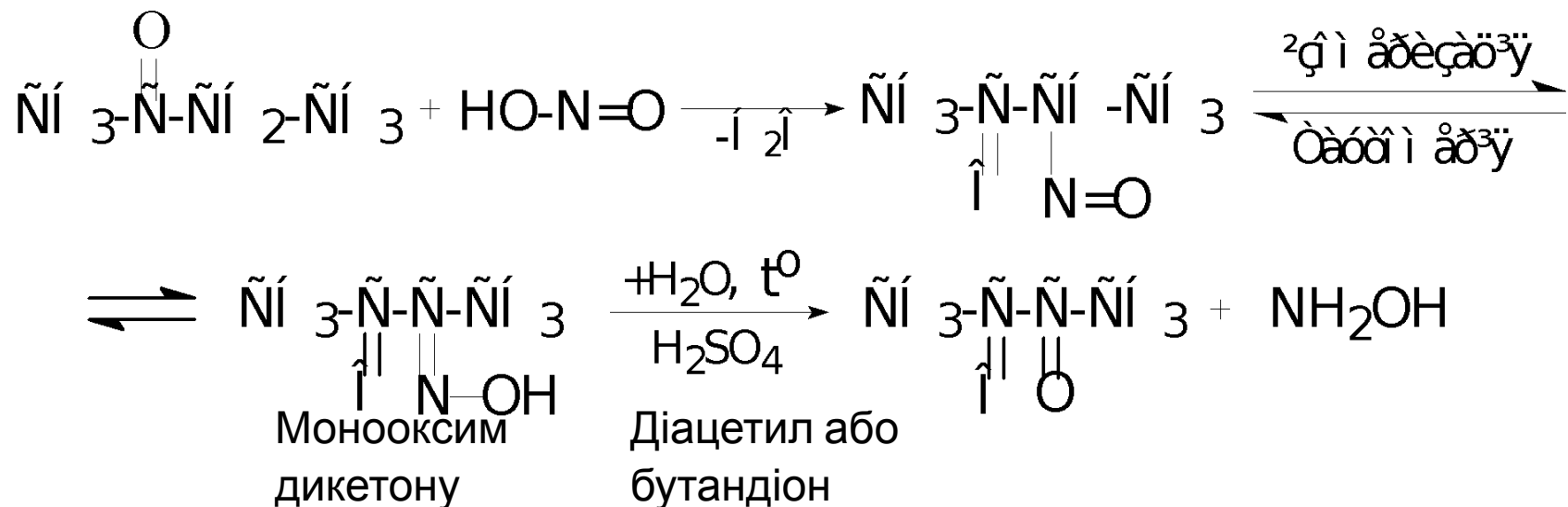
Гліоксаль одержують м'яким окисненням етиленгліколю або оцтового альдегіду:



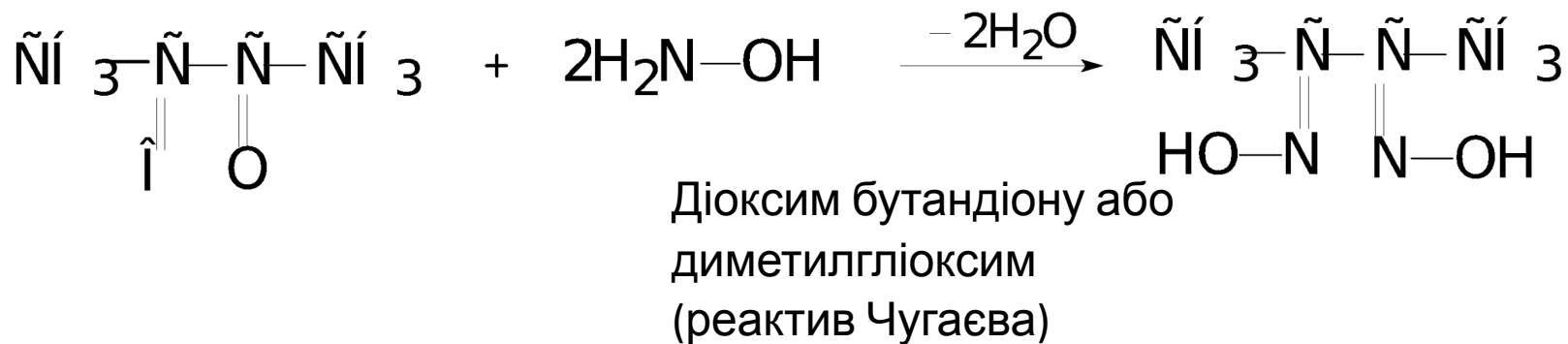
- Гліоксаль виявляє всі властивості альдегідів:



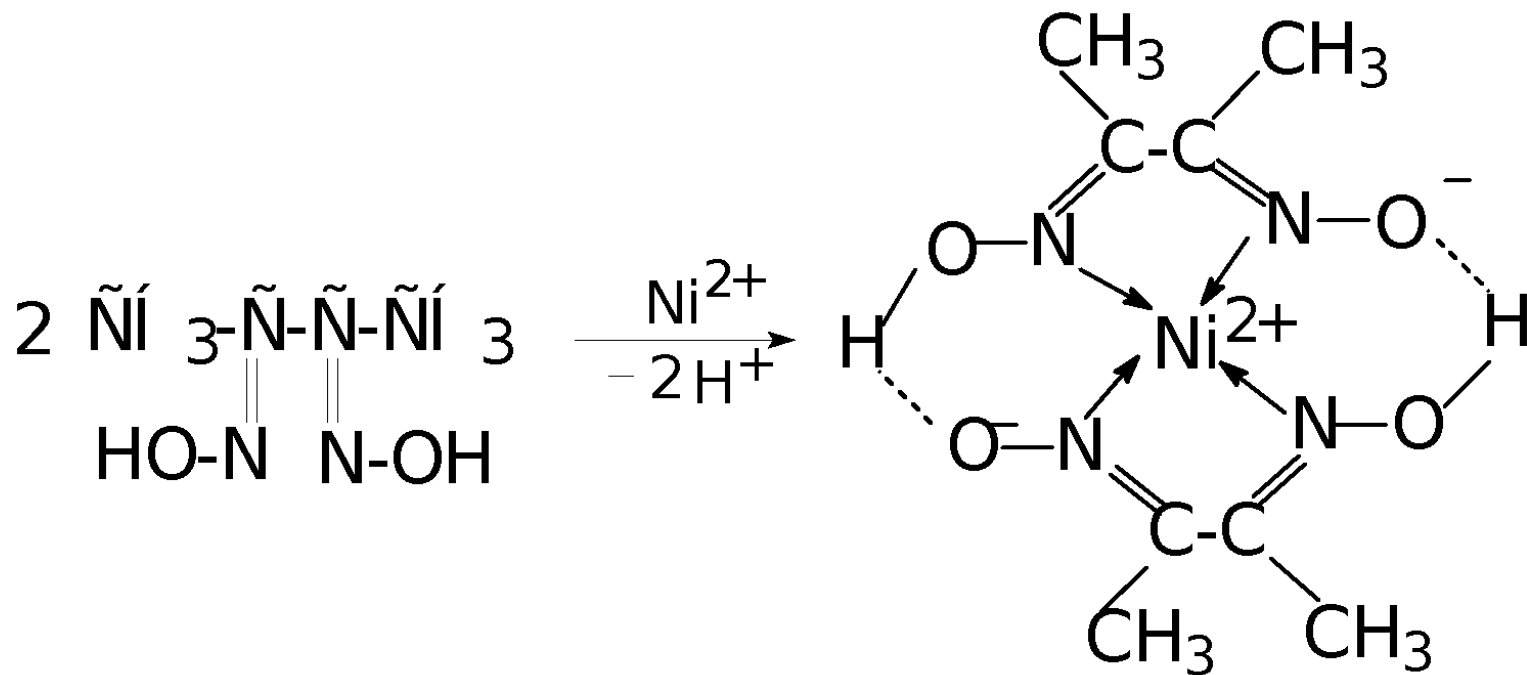
Діацетил одержують з метилетилкетону:



α -Дикетони мають підвищену реакційну здатність, вони легко утворюють діоксими:



Диметилгліоксим застосовується як реактив на іони Ni^{2+} з якими він утворює комплексну сполуку хелат - яскраво-червоного кольору:



Ацетилацетон

- Ацетилацетон є прикладом сполуки, що утворює доволі стабільну енольну форму, тому він схильний до кето-енольної таутомерії:

