

# เคมีอินทรีย์

# Organic Chemistry

อ.ดร.อภิชาติ อิ่มยิ้ม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# เคมีอินทรีย์

- สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

(การเรียกชื่อ และปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญ)

- แอลเคน

- แอลคีน

- แอลไคน์

- แอลโรแมติก

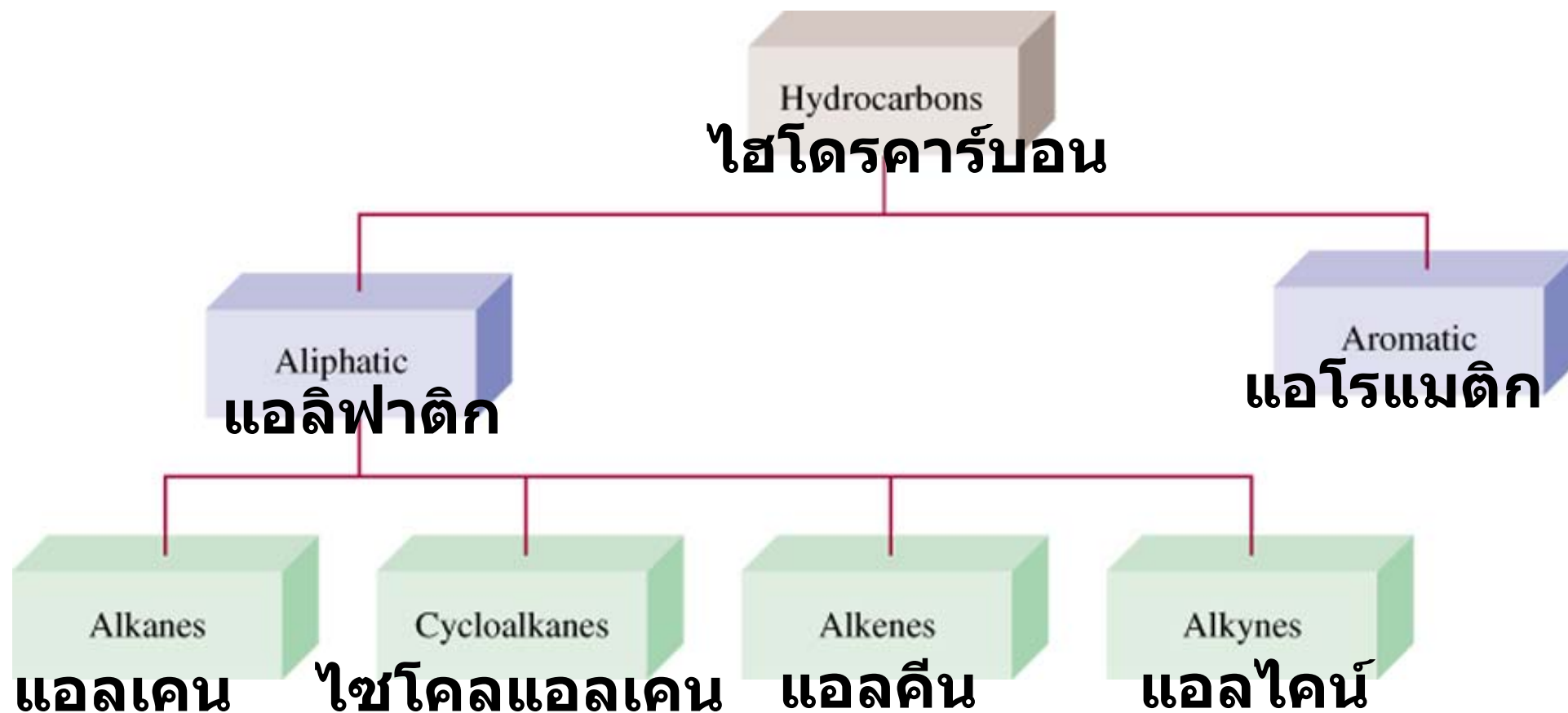
- ไอโซเมอร์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

- เคมีของหมู่ฟังก์ชัน

(การเรียกชื่อ การเตรียม และปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญ)



# การจำแนกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

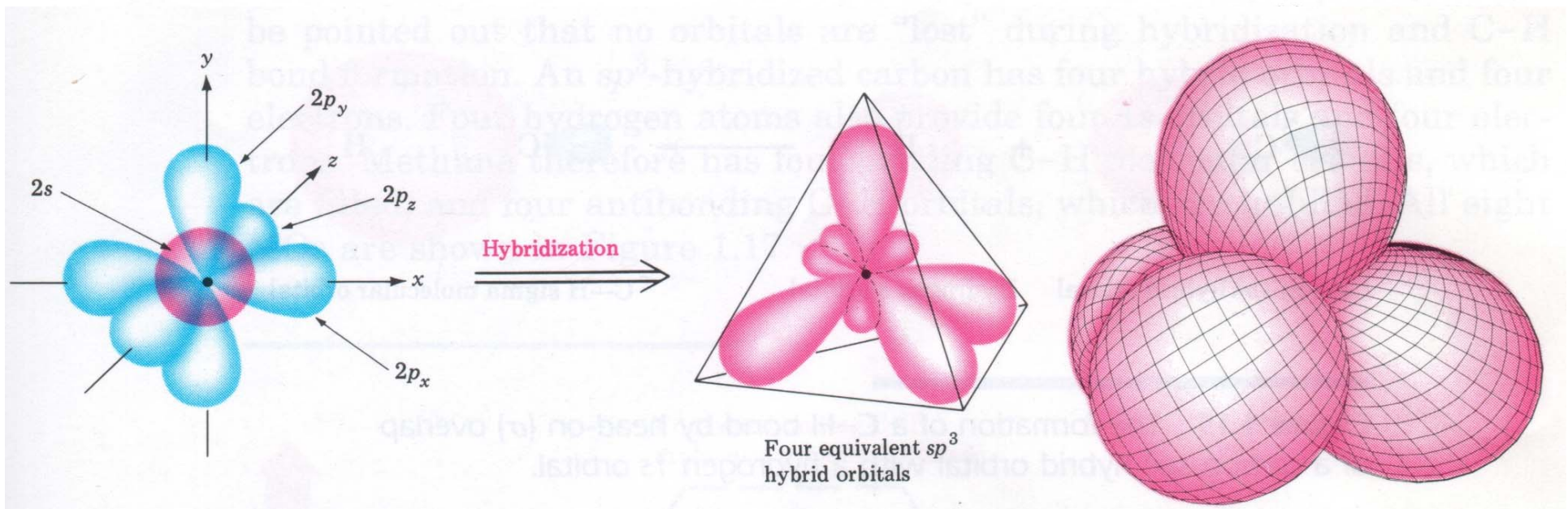
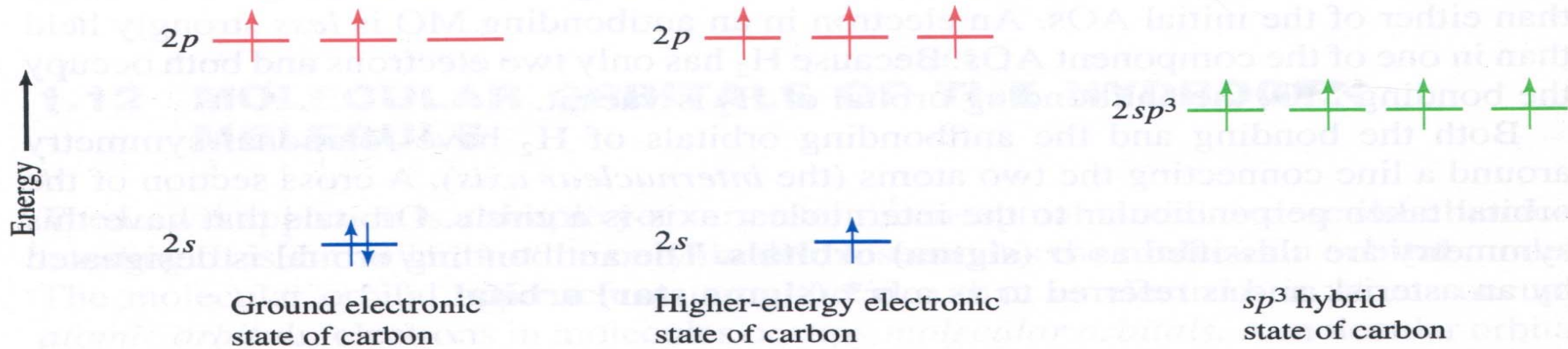


# การเกิดไฮบริดเซชันและการเกิดพันธะของคาร์บอน

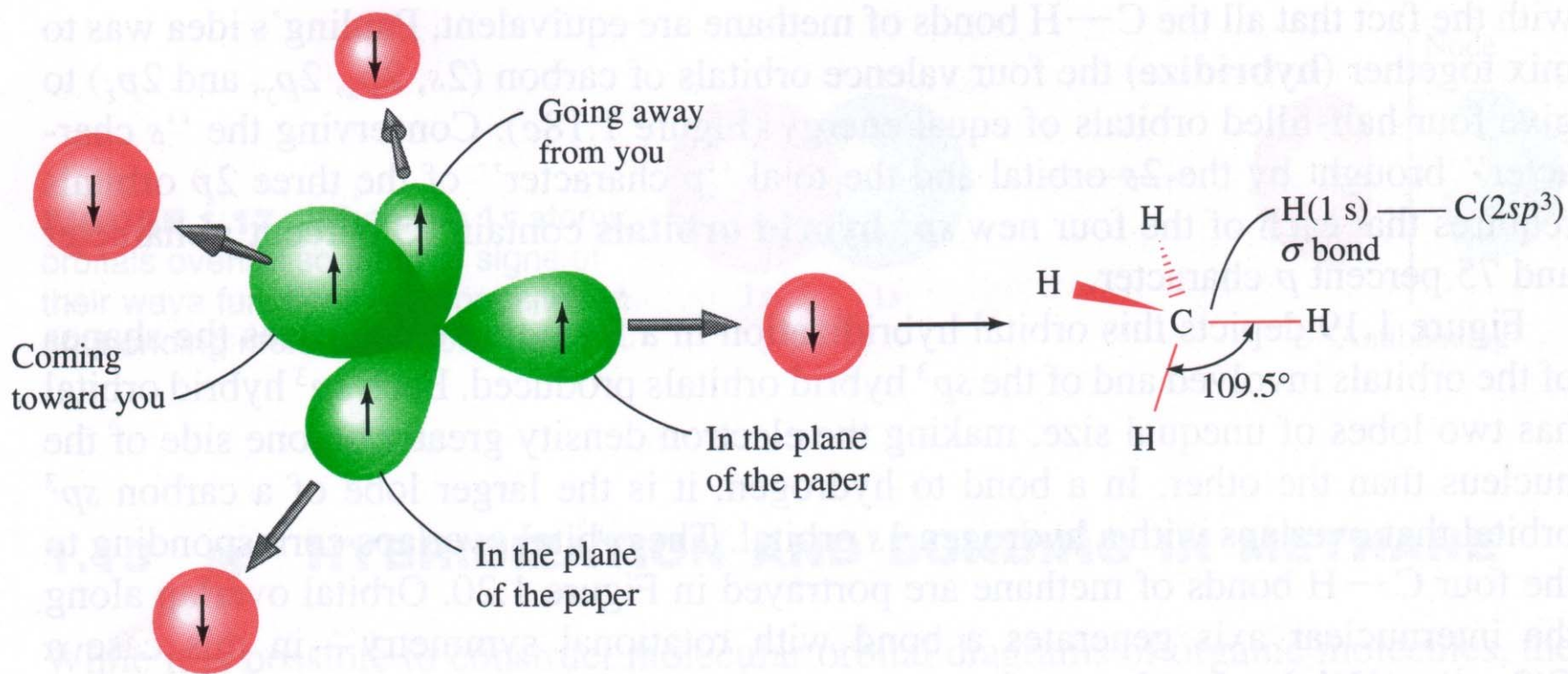
## Orbital Hybridization and Bonding of Carbon

### 1. $sp^3$ hybridization in methane ( $CH_4$ )

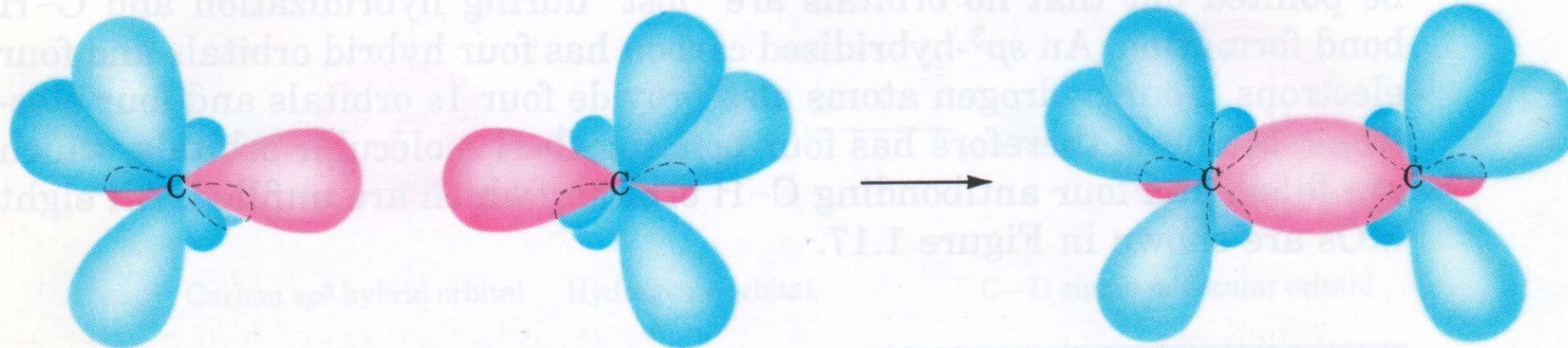
Orbital hybridization:  $sp^3$



# $sp^3$ hybridization and bonding in methane ( $CH_4$ )



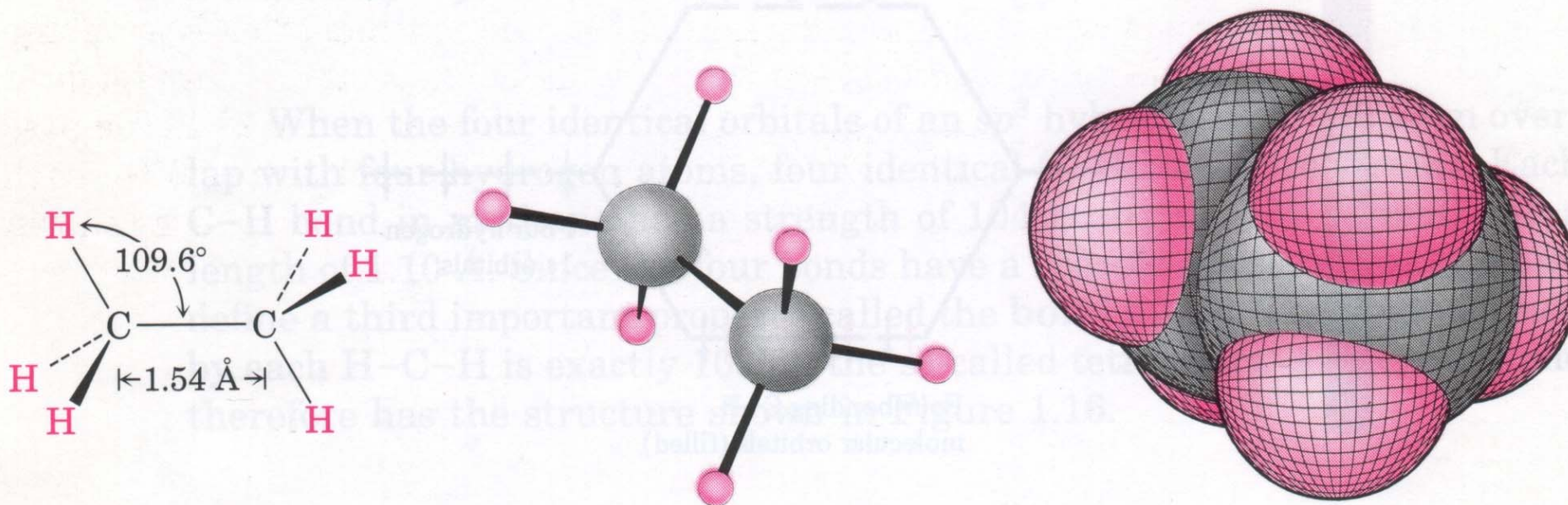
# $sp^3$ - $sp^3$ hybridization and bonding in ethane ( $C_2H_6$ )



$sp^3$  carbon

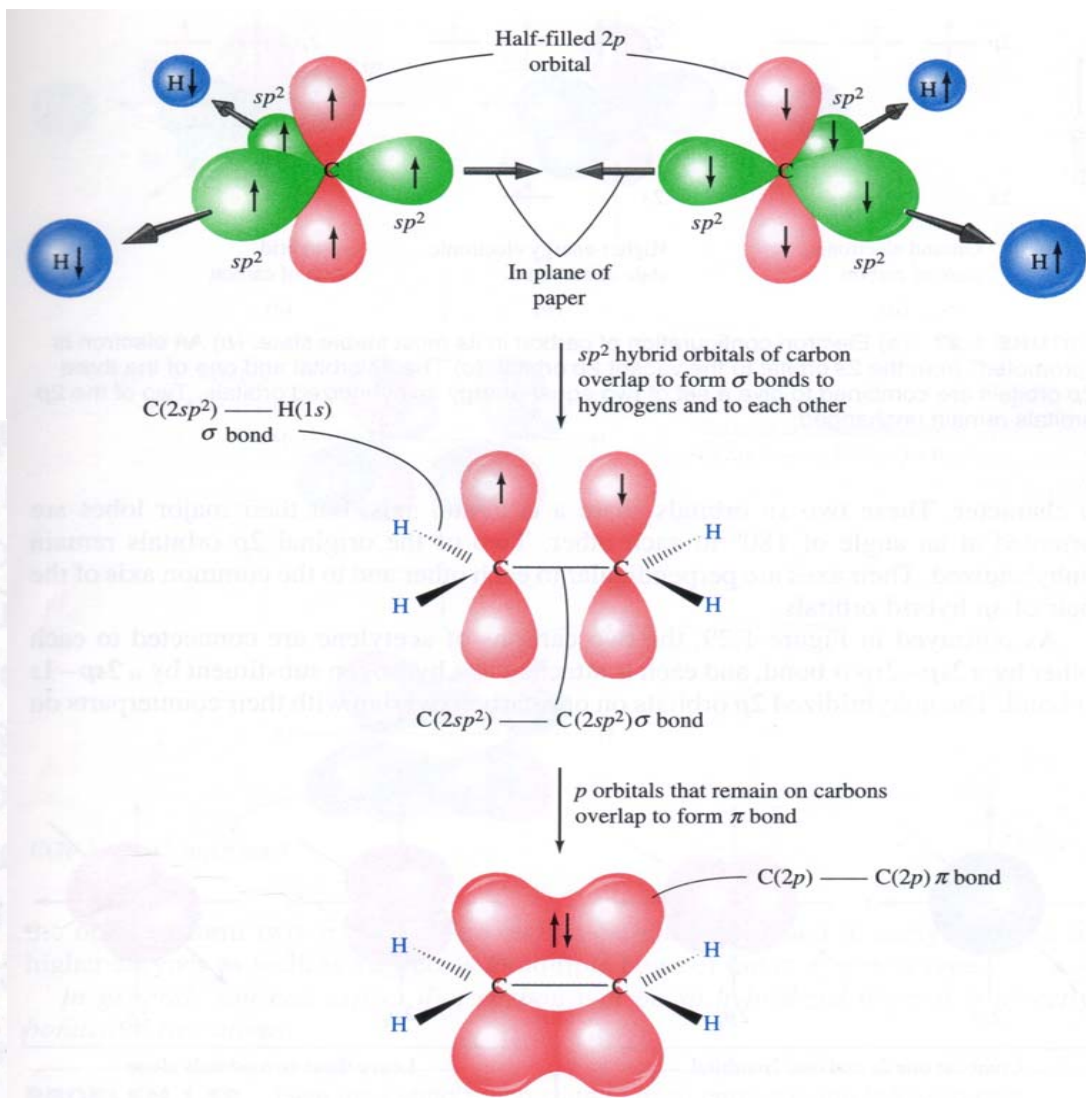
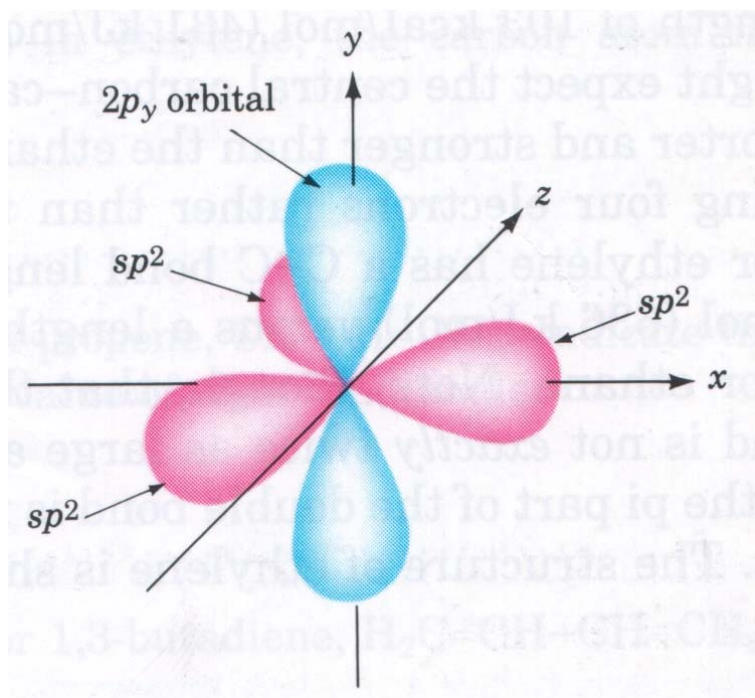
$sp^3$  carbon

$sp^3$ - $sp^3$  sigma bond



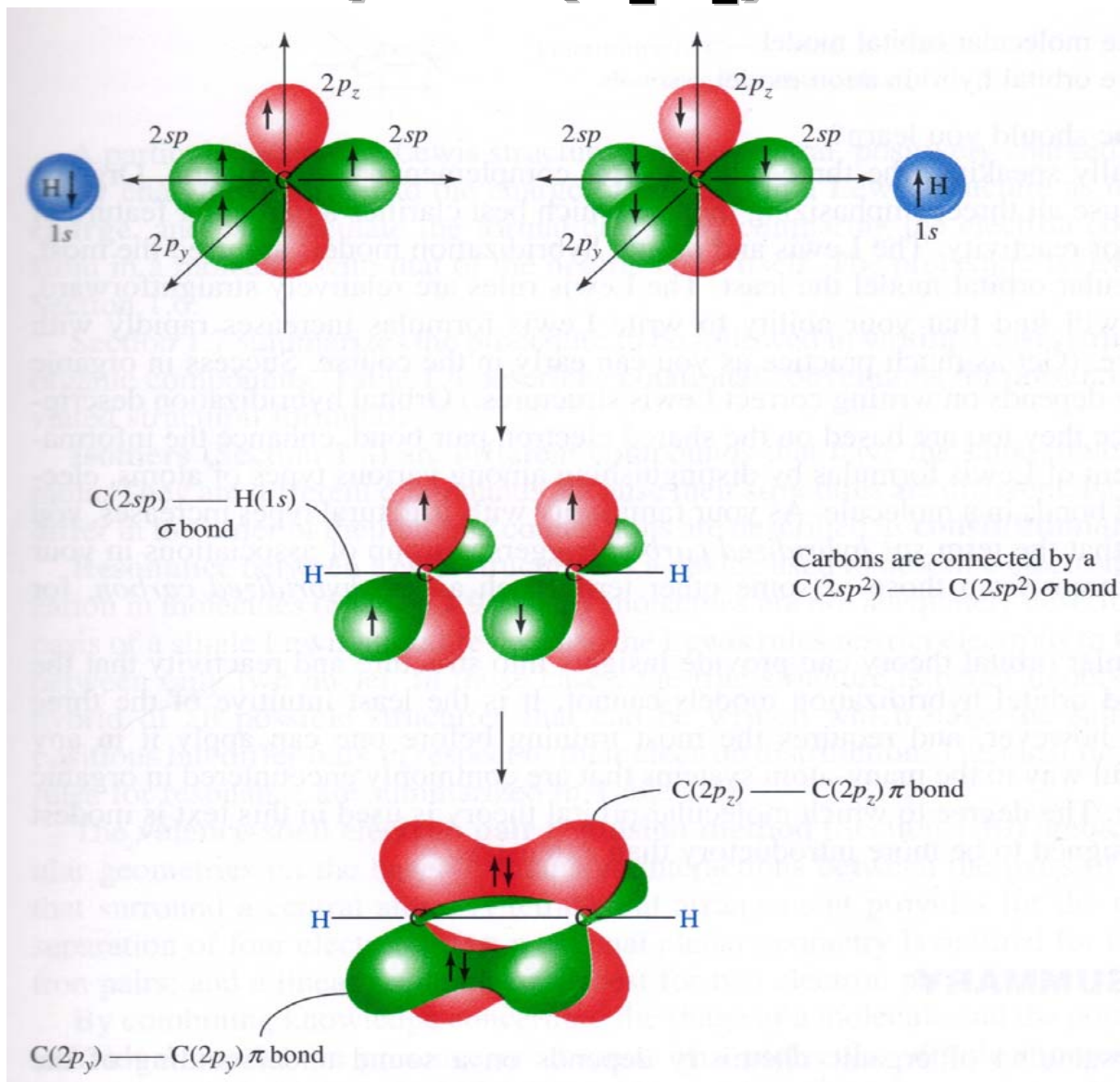
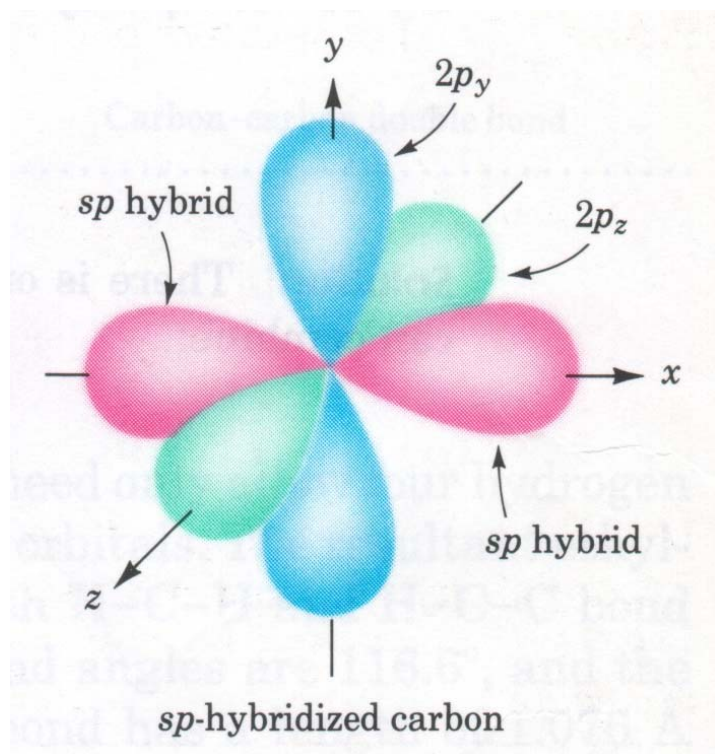
# Orbital Hybridization and Bonding of Carbon

## 2. $sp^2$ hybridization in ethylene ( $C_2H_4$ )



# Orbital Hybridization and Bonding of Carbon

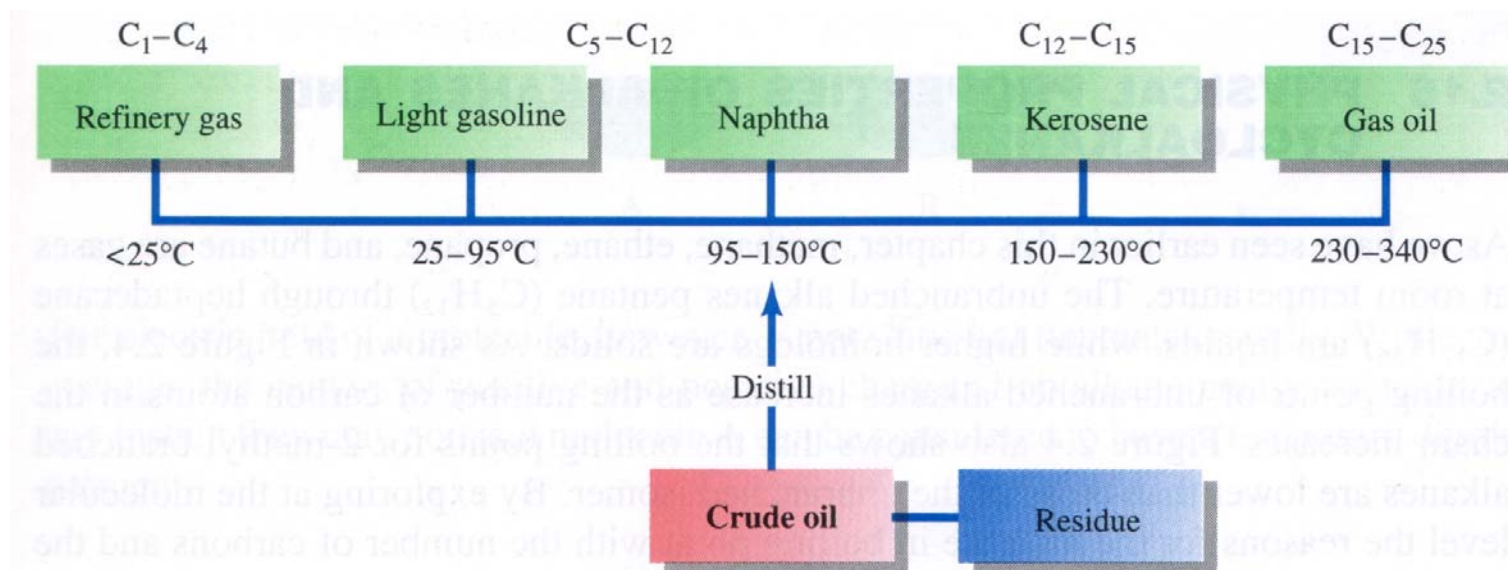
## 3. $sp$ hybridization in acetylene ( $C_2H_2$ )

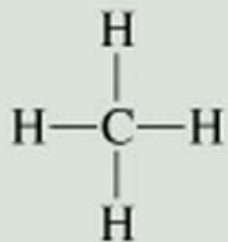
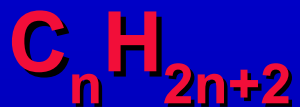


# แอลเคน (Alkanes)

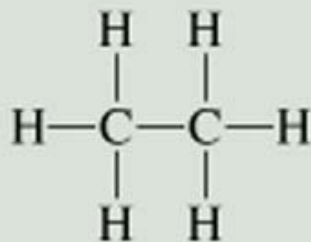
แอลเคน มีสูตรโมเลกุลทั่วไปเป็น  $C_nH_{2n+2}$  เมื่อ  $n = 1, 2, 3, \dots$

- มีพันธะเดี่ยวเท่านั้น (single covalent bonds)
- เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (saturated hydrocarbons) เพราะประกอบด้วยไฮโดรเจนอะตอมที่มีจำนวนมากที่สุดที่สามารถเกิดพันธะกับอะตอมของคาร์บอนได้

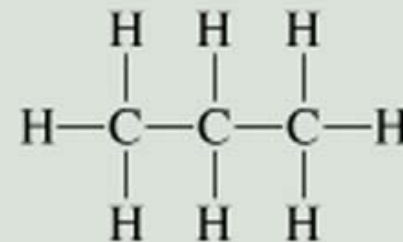




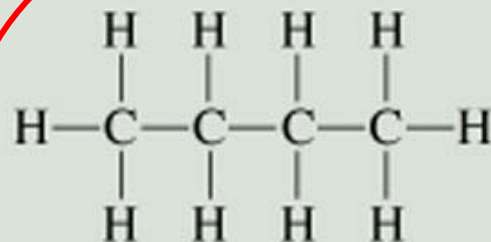
Methane



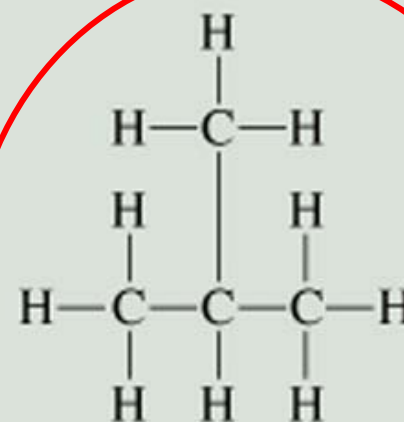
Ethane



Propane



*n*-Butane

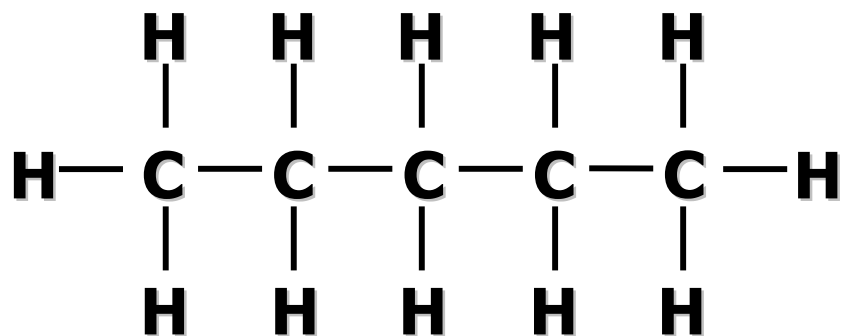


Isobutane

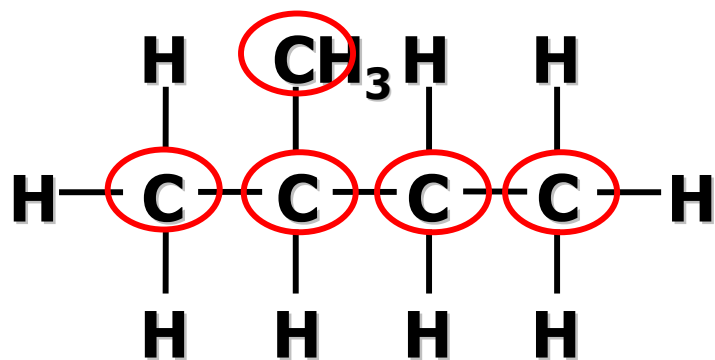
**ไอโซเมอร์โครงสร้าง (Structural isomers) คือ โมเลกุลที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีโครงสร้างต่างกัน**



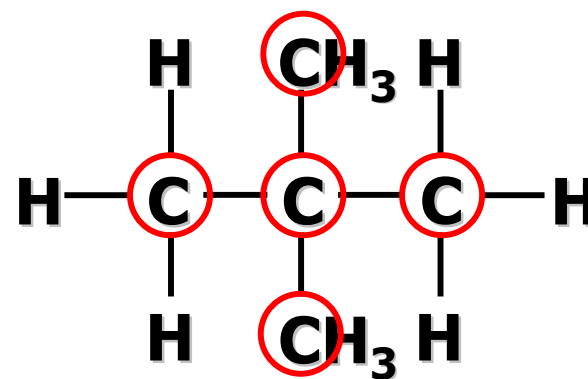
เพนเทน (pentane,  $C_5H_{12}$ ) มีจำนวนไอโซเมอร์  
โครงสร้างเท่าไร



*n*-pentane



2-methylbutane



2,2-dimethylpropane

# การเรียกชื่อ (Nomenclature)

---

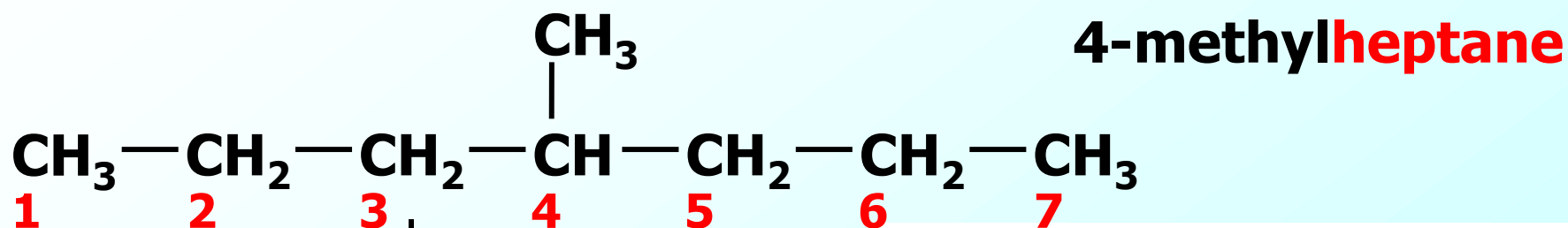
1. ชื่อสามัญ (Common name)

2. ชื่อไอยูแพค (IUPAC name)

**IUPAC = International Union of  
Pure and Applied Chemistry**

# การเรียกชื่อแอลเคน (Alkane Nomenclature)

- ชื่อหลักของแอลเคน เรียกตามจำนวนคาร์บอนที่ต่อกันยาวที่สุด



- แอลเคนที่อะตอมไฮโดรเจนหายไป 1 อะตอมเรียกว่า **แอลคิล (alkyl)**



**Table 24.2** Common Alkyl Groups

Name	Formula
Methyl	$-\text{CH}_3$
Ethyl	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
<i>n</i> -Propyl	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
<i>n</i> -Butyl	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Isopropyl	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  -\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $
<i>t</i> -Butyl*	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  -\text{C}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $

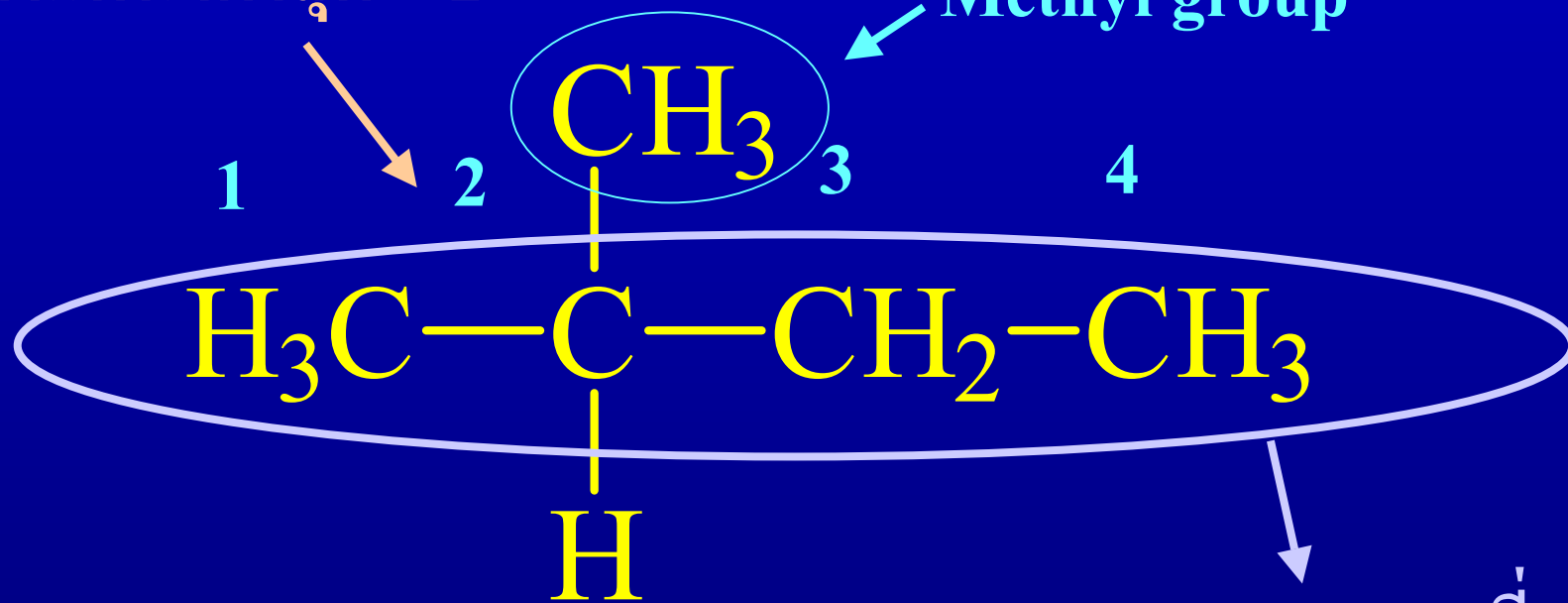
# การเรียกชื่อแอลเคน (Alkane Nomenclature)

**Table 24.1** The First 10 Straight-Chain Alkanes

Name of Hydrocarbon	Molecular Formula	Number of Carbon Atoms	Melting Point (°C)	Boiling Point (°C)
Methane	CH <sub>4</sub>	1	-182.5	-161.6
Ethane	CH <sub>3</sub> —CH <sub>3</sub>	2	-183.3	-88.6
Propane	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>	3	-189.7	-42.1
Butane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>	4	-138.3	-0.5
Pentane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> —CH <sub>3</sub>	5	-129.8	36.1
Hexane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> —CH <sub>3</sub>	6	-95.3	68.7
Heptane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> —CH <sub>3</sub>	7	-90.6	98.4
Octane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> —CH <sub>3</sub>	8	-56.8	125.7
Nonane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> —CH <sub>3</sub>	9	-53.5	150.8
Decane	CH <sub>3</sub> —(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> —CH <sub>3</sub>	10	-29.7	174.0

ตำแหน่งต่ำสุด = 2

Methyl group



Carbon chain ที่ยาวที่สุด

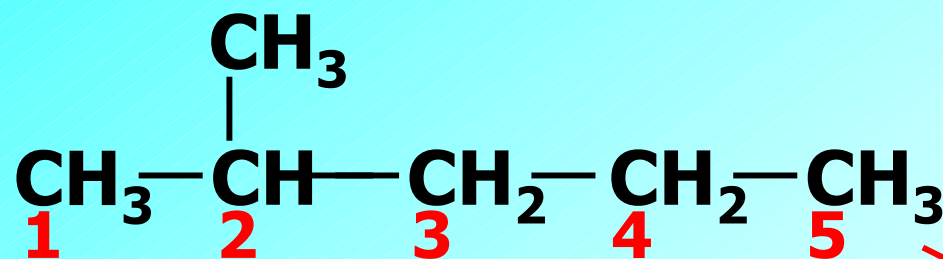
$\text{C}_4 \rightarrow$  butane

ชื่อคือ

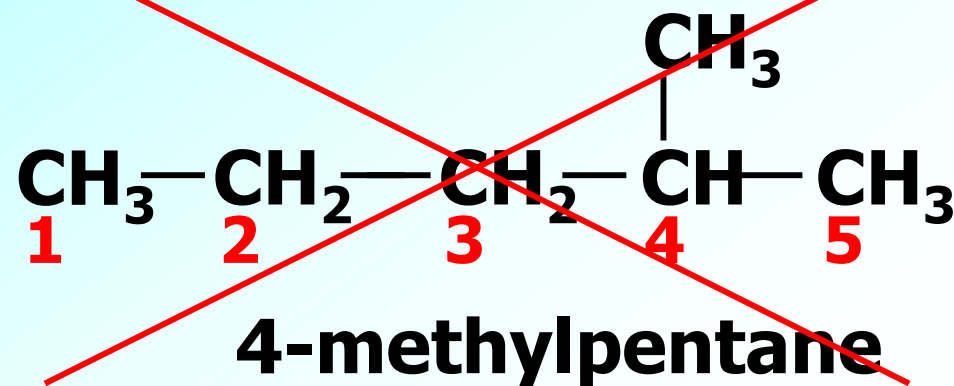
2-Methylbutane

# การเรียกชื่อแอลเคน (Alkane Nomenclature)

- เมื่อมีหมู่ที่มาต่อกับแอลเคนสายหลัก การกำหนดตำแหน่งของหมู่ดังกล่าวต้องให้เป็นตัวเลขที่น้อยที่สุด



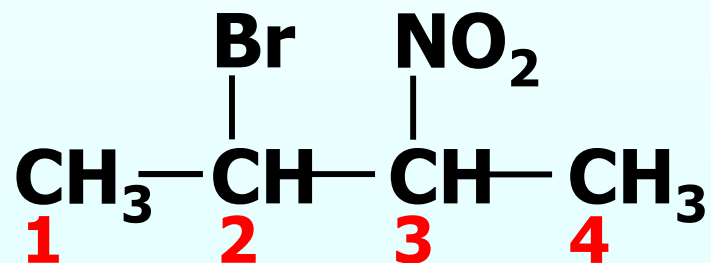
2-methylpentane



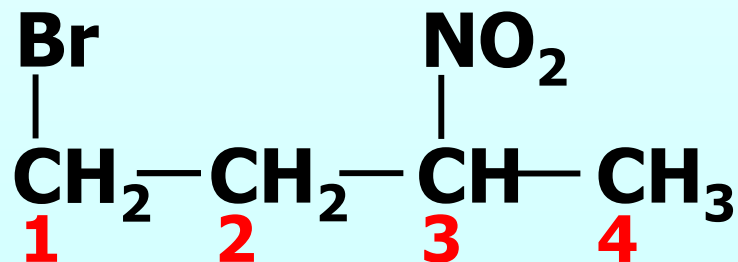


## การเรียกชื่อแอลเคน (Alkane Nomenclature)

- เมื่อมีหมู่แทนที่อื่น ๆ การเรียกชื่อใช้กฎเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว



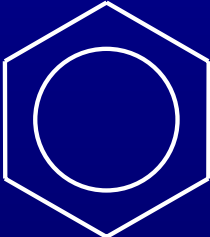
**2-bromo-3-nitrobutane**

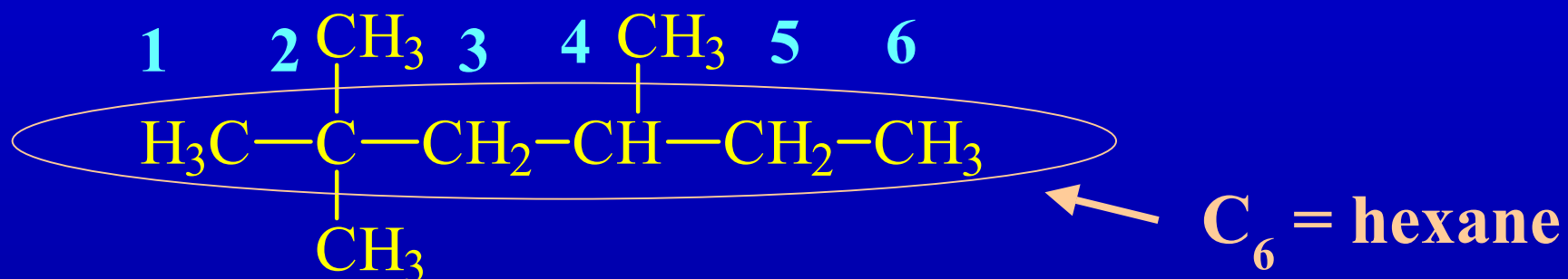


**1-bromo-3-nitrobutane**

# แอลเคนที่มีหมู่แทนที่ (Substituted alkanes)

## Common functional groups

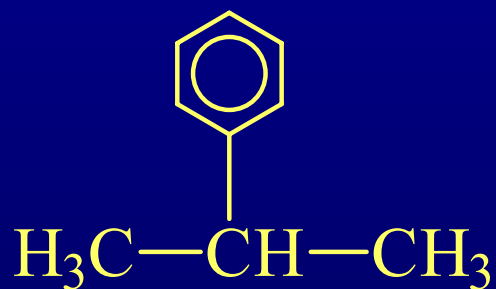
- NH <sub>2</sub>	<b>Amino</b>	- I	<b>Iodo</b>
- F	<b>Fluoro</b>	- NO <sub>2</sub>	<b>Nitro</b>
- Cl	<b>Chloro</b>	- CH=CH <sub>2</sub>	<b>Vinyl</b>
- Br	<b>Bromo</b>	- 	<b>Phenyl</b>



## 2, 2, 4- Trimethylhexane



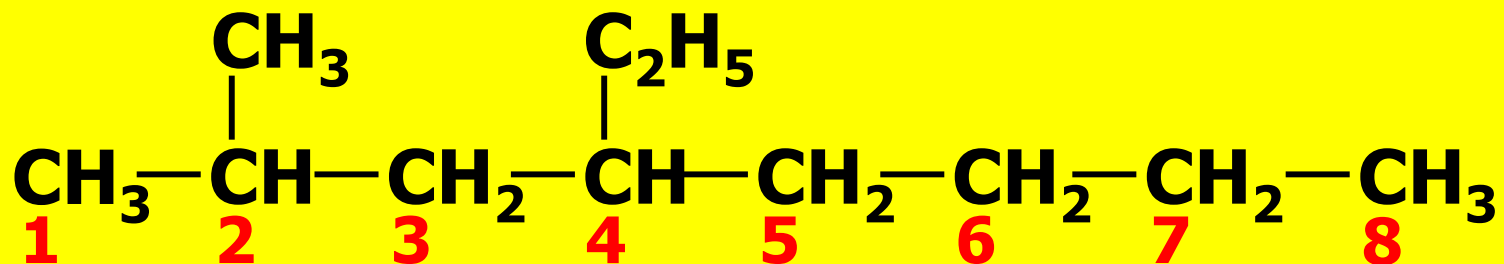
## 2-Bromo-3- nitrobutane



## 2-Phenylpropane



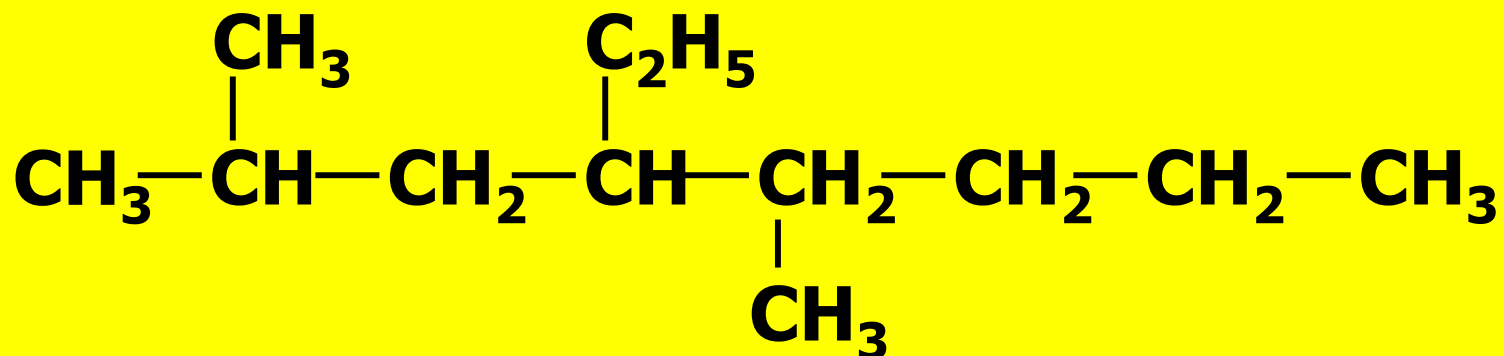
ชื่อ IUPAC ของสารต่อไปนี้คืออะไร



4-ethyl-2-methyloctane

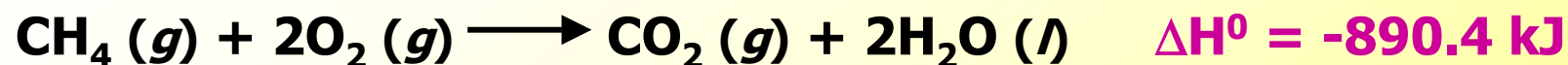


จงเขียนโครงสร้างของ  
4-ethyl-2,5-dimethyloctane



# ปฏิกิริยาของแอลเคน (Alkane Reactions)

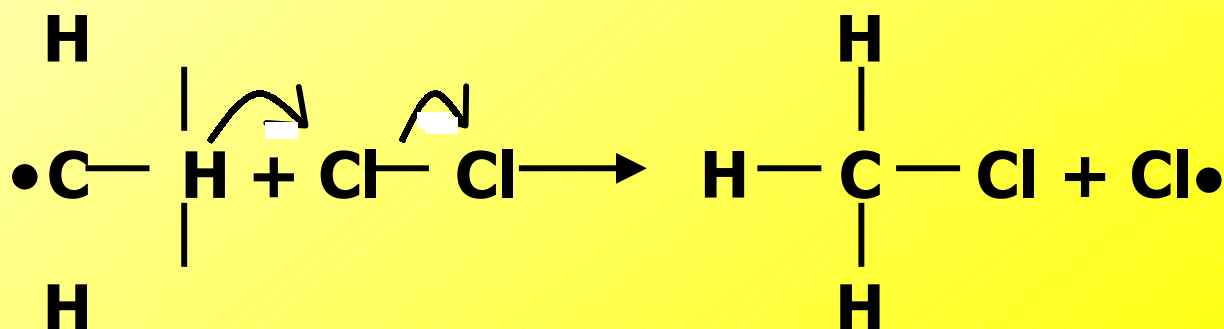
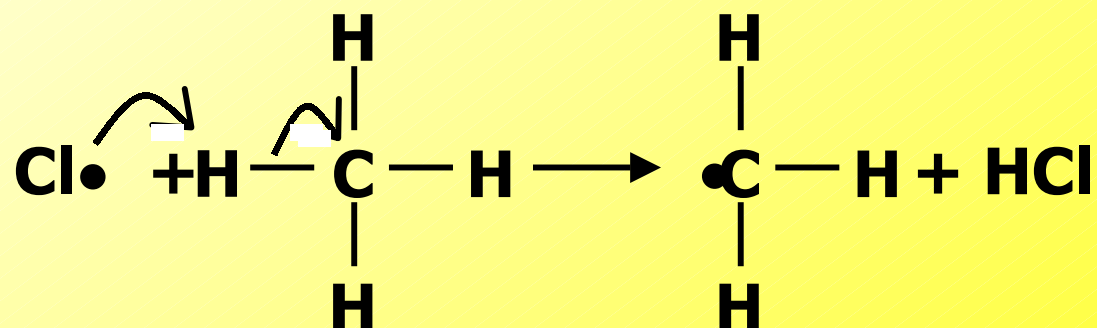
## การเผาไหม้ (Combustion)



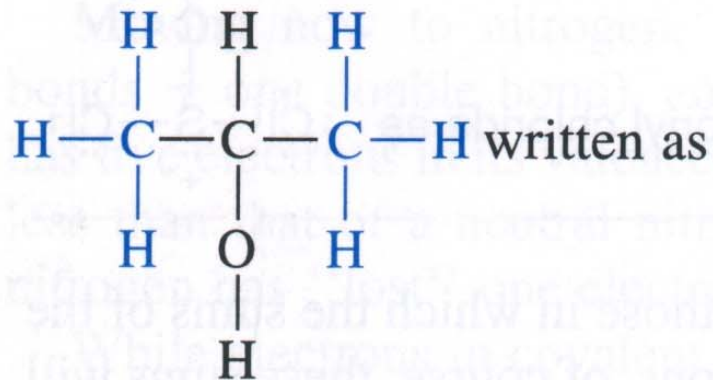
## การแทนที่ด้วยแฮโลเจน (Halogenation)



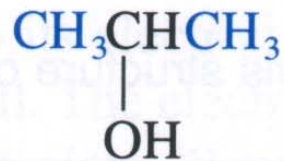
กลไกการ  
เกิดปฏิกิริยา



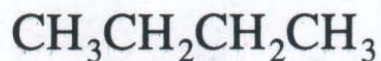
# การเขียนโครงสร้าง (Writing Structural Formula)



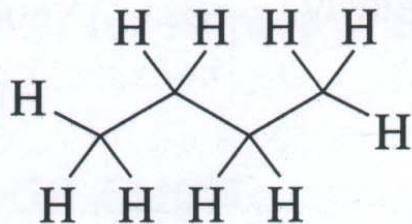
written as



or condensed even further to  
 $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$



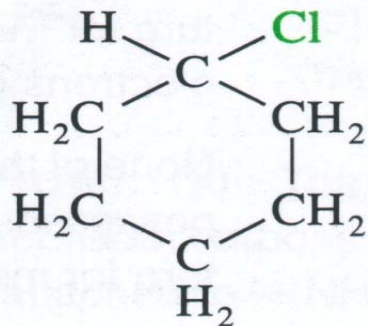
becomes



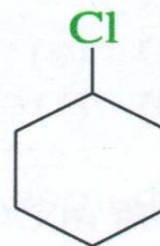
simplified to



becomes

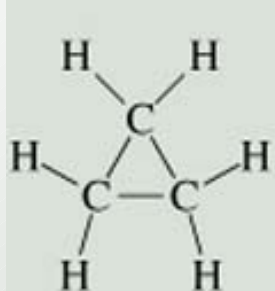


becomes

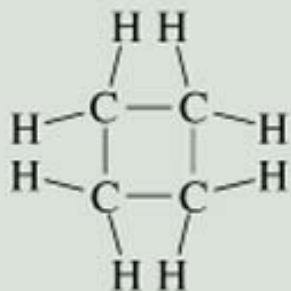


# ไซโคลแอลเคน (Cycloalkanes)

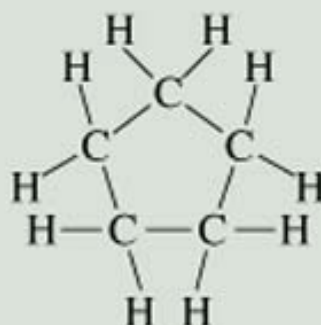
แอลเคนที่มีอะตอมคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นวง  
มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ  $C_nH_{2n}$  เมื่อ  $n = 3, 4, \dots$



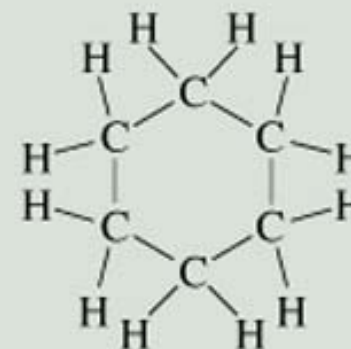
Cyclopropane



Cyclobutane



Cyclopentane

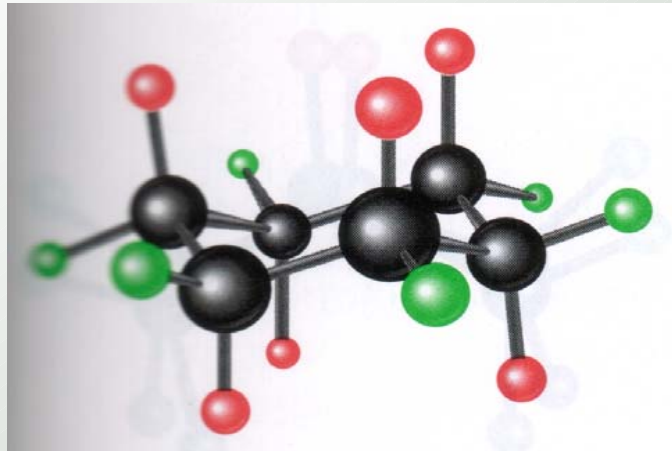


Cyclohexane

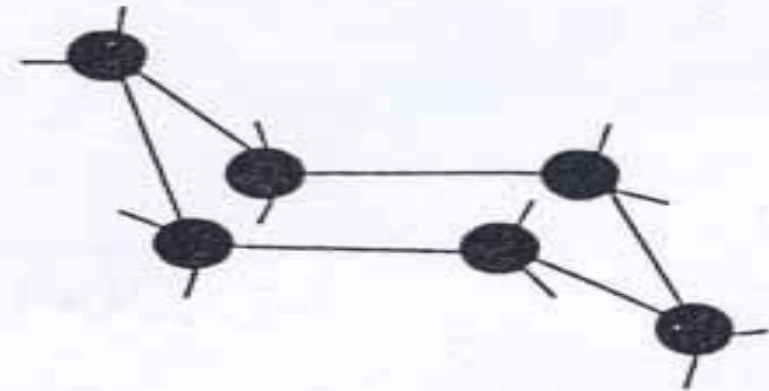
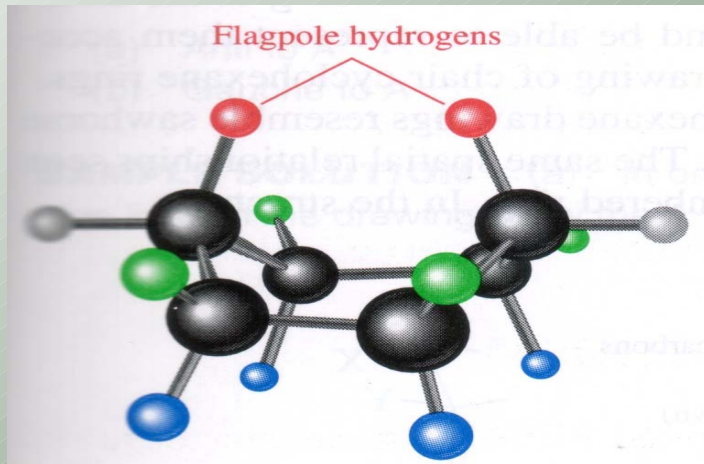
# ไซโคลเฮกเซน

มีรูปร่างได้หลายแบบแต่ที่พบบ่อยมี 2 แบบ คือ

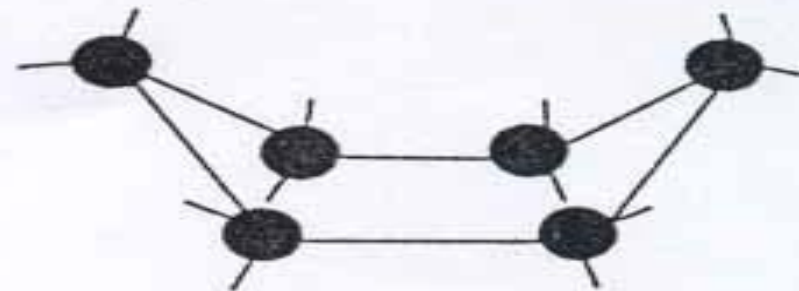
## 1. รูปเก้าอี้ (chair form)



## 2. รูปเรือ (boat form)



Chair form

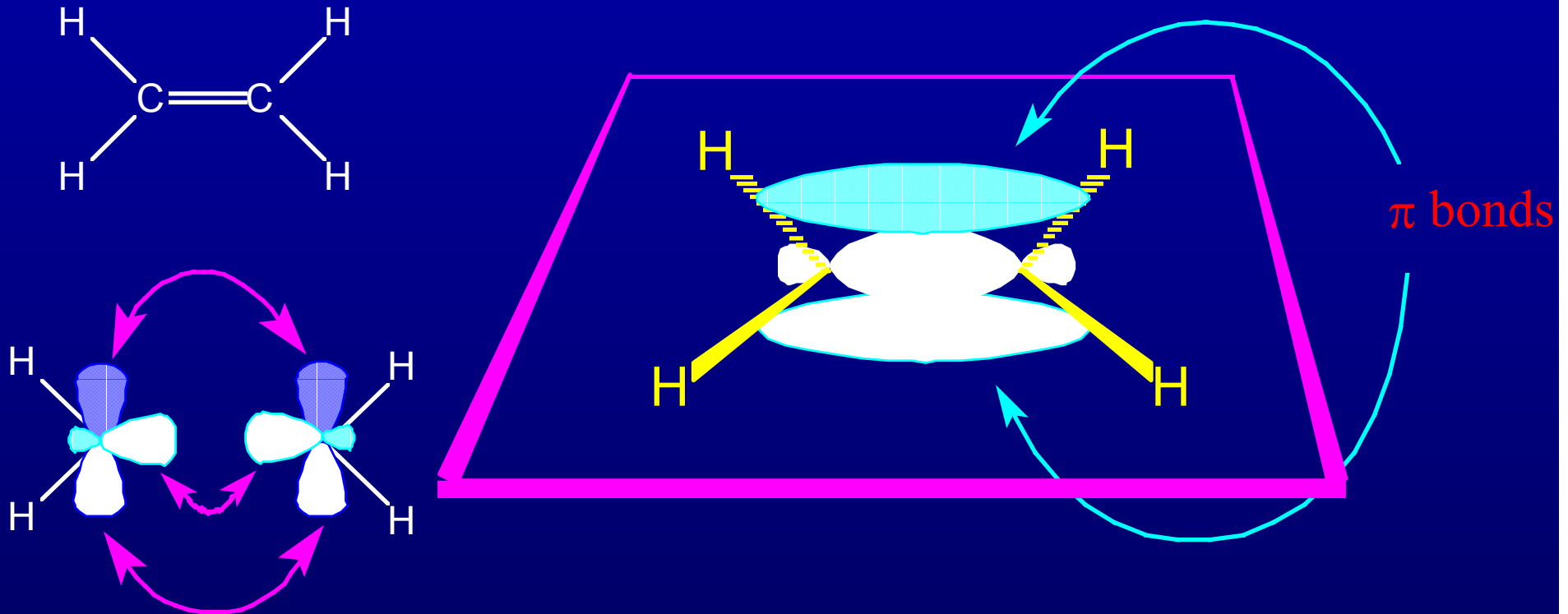


Boat form

# แอลคีน (Alkenes)

แอลคีน มีสูตรทั่วไปคือ  $C_nH_{2n}$  เมื่อ  $n = 2, 3, \dots$

- ประกอบด้วยพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอน 2 อะตอม  $\geq 1$  พันธะ (carbon-carbon double bond)
- เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าโอเลฟินส์ (olefins)

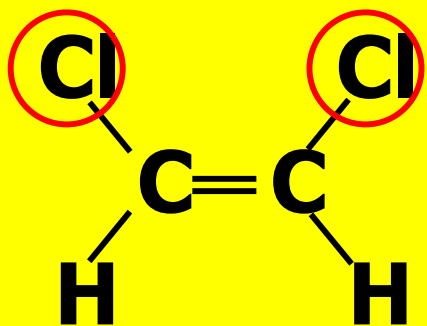


## การเรียกชื่อแอลคีน (Alkene Nomenclature)

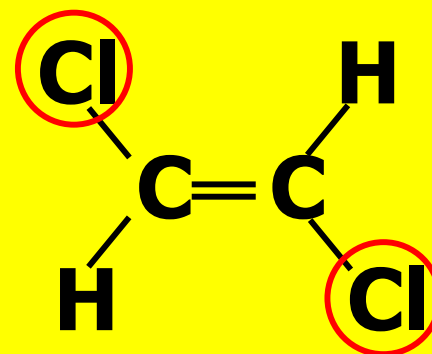
- เรียกชื่อตาม parent compound โดยเปลี่ยน ท้ายเสียงเป็น -ene
- บอกตำแหน่งของ double bond ด้วยตัวเลขที่น้อยที่สุด



# Geometric isomers

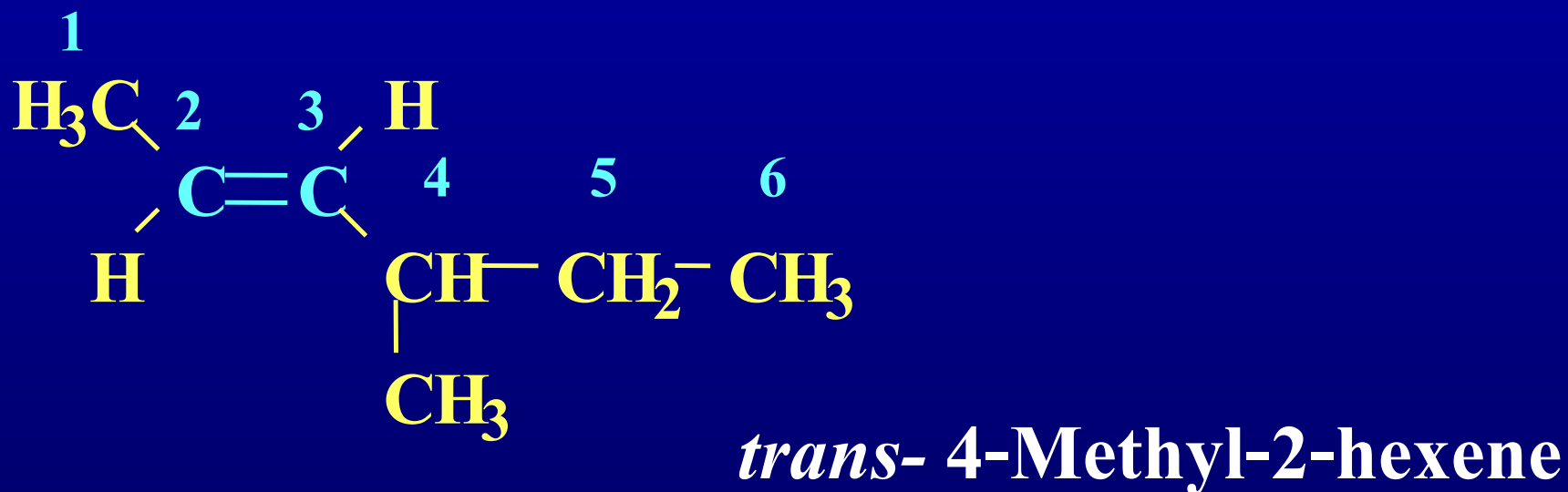
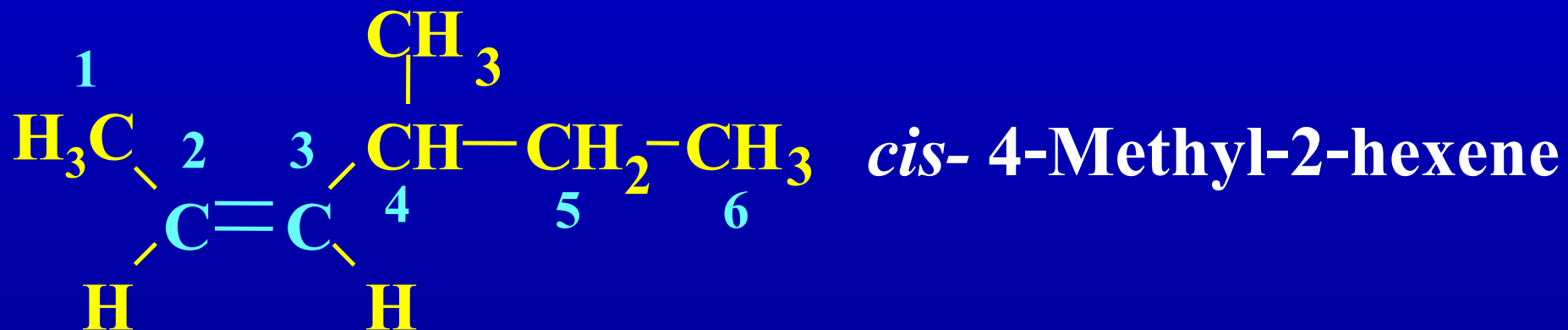


***cis***-dichloroethylene



***trans***-dichloroethylene

# การเรียกชื่อแอลคีน (Alkene Nomenclature)

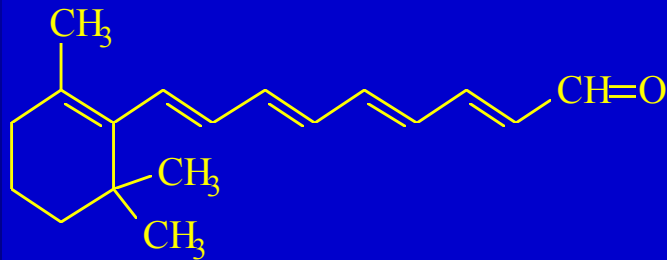


# Alkenes: Conjugation

- พันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว  
“conjugated double bonds”



- เสถียรภาพ  
เพิ่มขึ้น



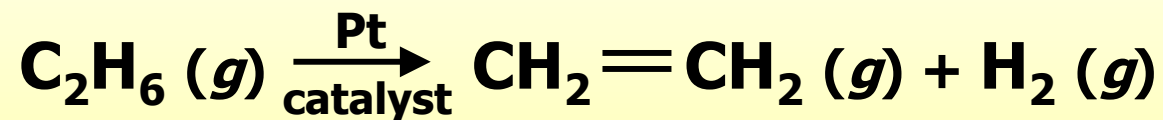
all - *trans* Retinal



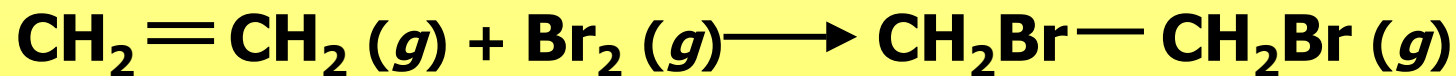
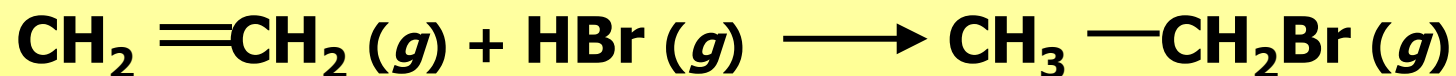
11 - *cis* - Retinal

# ปฏิกิริยาของแอลคีน (Alkene Reactions)

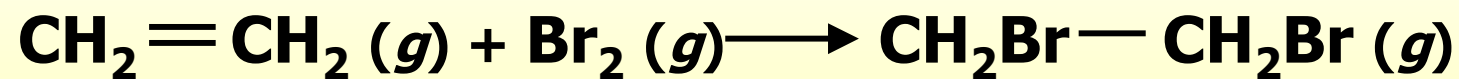
## การแตก (Cracking)



## ปฏิกิริยาการเพิ่ม (Addition Reactions)

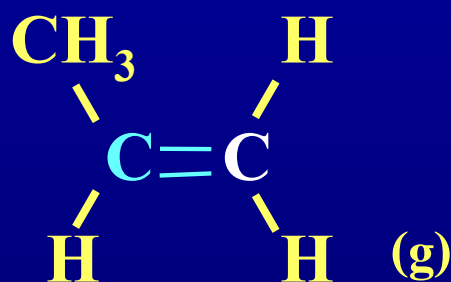


# ปฏิกิริยาของแอลคีน (Alkene Reactions)

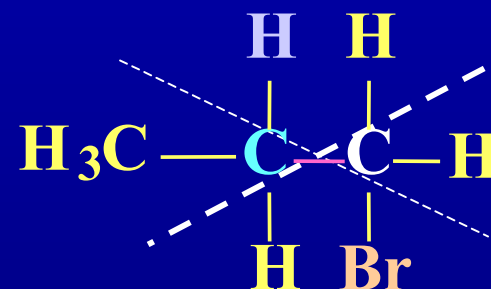


# Markovnikov's rule

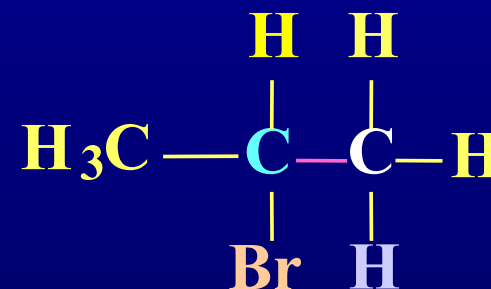
“ปฏิกิริยาการเติมใน **unsymmetrical alkene** ส่วนที่มีความเป็นบวกของรีเอเจนต์ (ส่วนใหญ่คือ  $H^+$ ) จะเติมลงใน **C** ที่มี **H** มากกว่า”



Propene



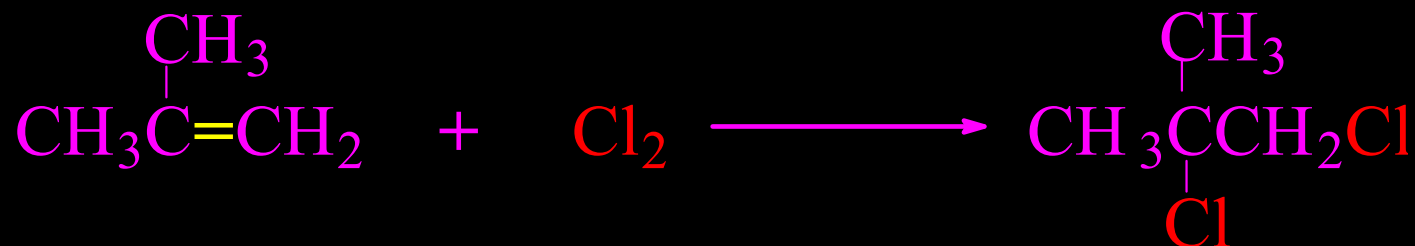
1-Bromopropane



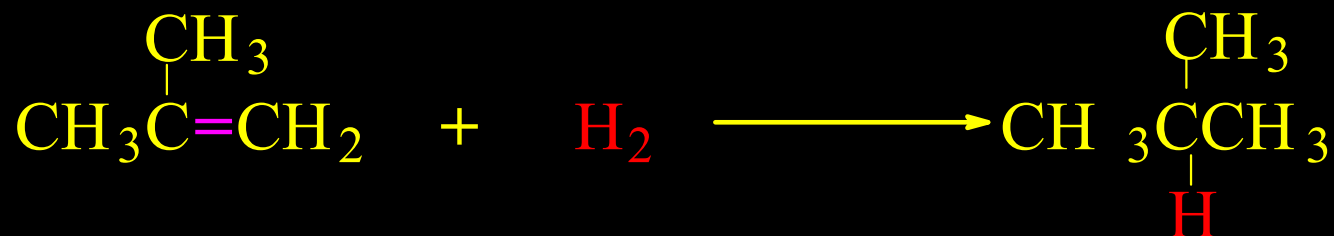
2-Bromopropane

# ปฏิกิริยาการเพิ่ม (Addition Reactions) ของ Alkene

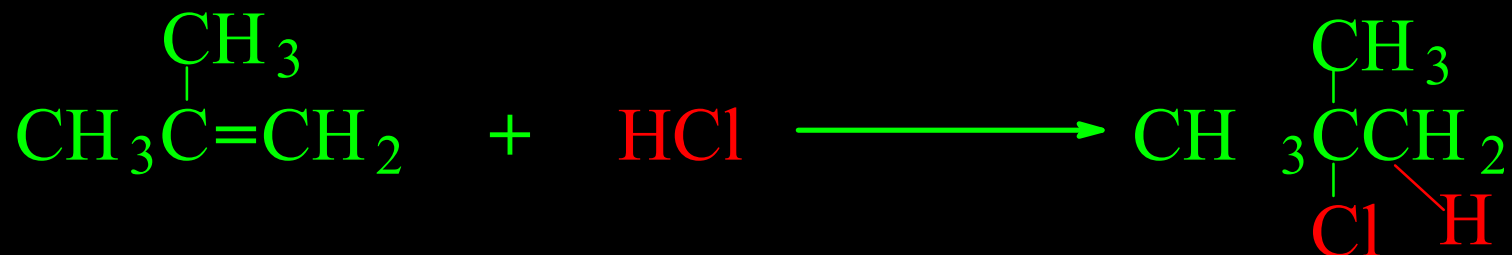
## 1. Halogenation



## 2. Hydrogenation

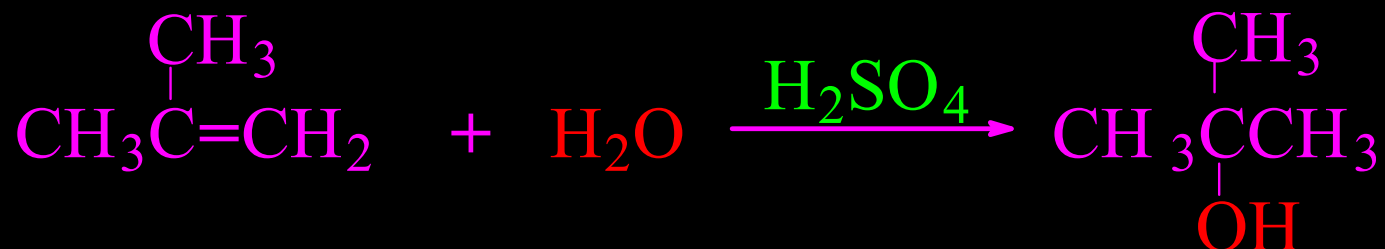


## 3. Hydrohalogenation

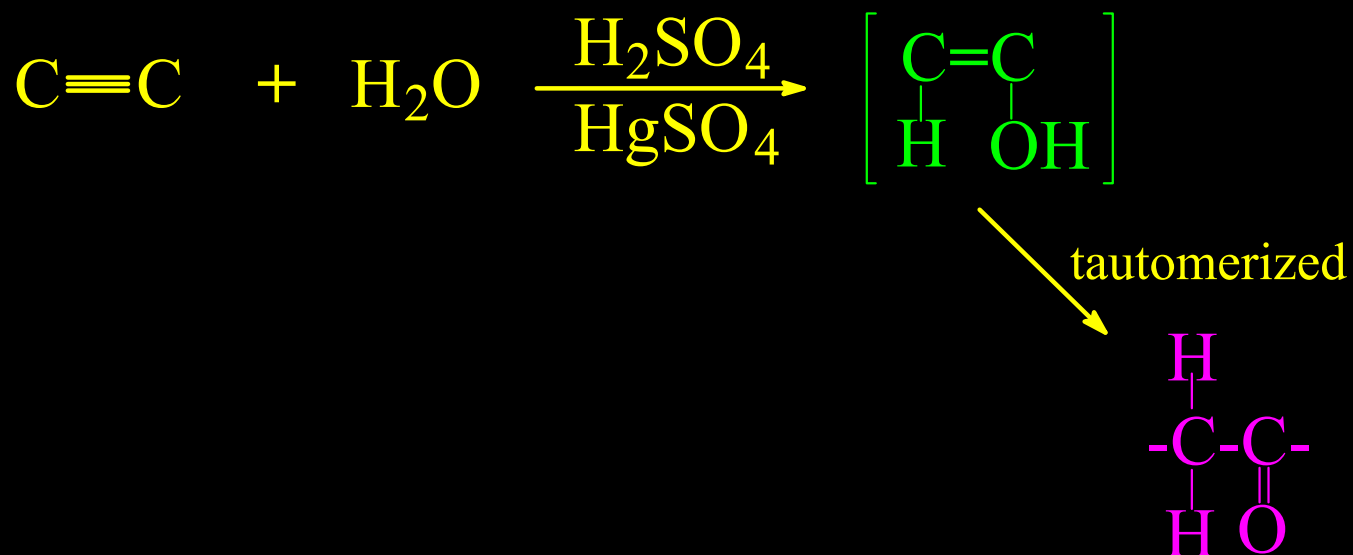


# ปฏิกิริยาการเพิ่ม (Addition Reactions) ของ Alkene (ต่อ)

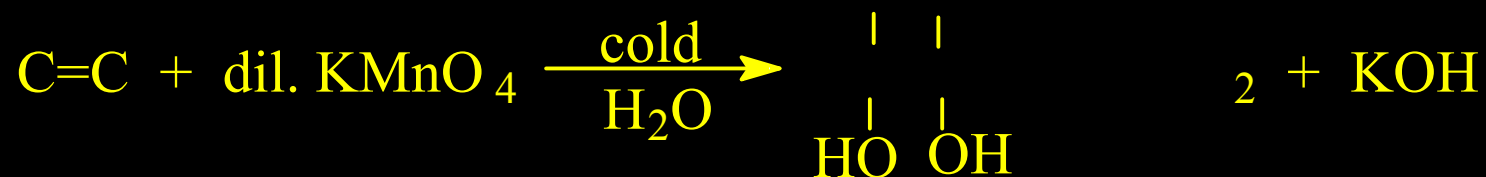
## 4. Hydration



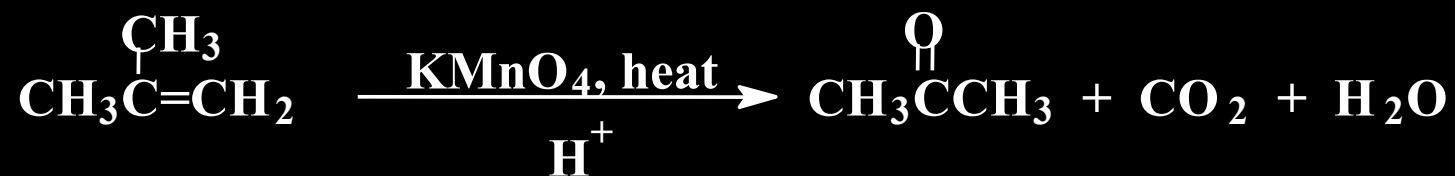
alkyne  $\longrightarrow$  Aldehyde or ketone



# ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของ Alkene



High temp.  $\longrightarrow$  Aldehyde, ketone, carboxylic

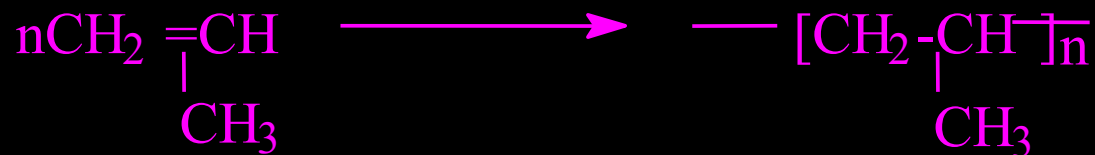


# ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ของ Alkene

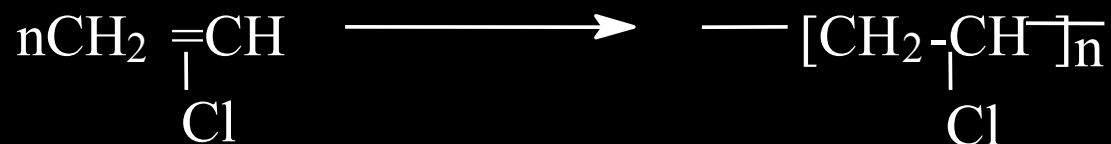
## Polyethylene (PE)



## Polypropylene (PP)



## Polyvinyl chloride (PVC)



# แอลไคน์ (Alkynes)

แอลไคน์ มีสูตรทั่วไป  $C_nH_{2n-2}$  เมื่อ  $n = 2,3,4,\dots$

- ประกอบด้วยพันธะสามระหว่างอะตอมคาร์บอน 2 อะตอมอย่างน้อย 1 พันธะ (carbon-carbon triple bond)

Alkynes nomenclature เรียกชื่อตาม parent compound โดยเปลี่ยนท้ายเสียงเป็น -yne



1-butyne



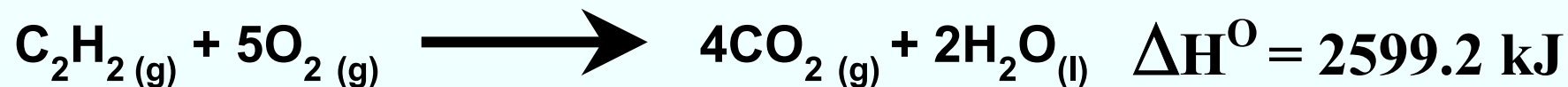
2-butyne

การผลิตก๊าซอะเซทิลีน  
(acetylene)



# ปฏิกิริยาของแอลไคน์ (Alkyne Reactions)

## การเผาไหม้ (Combustion)

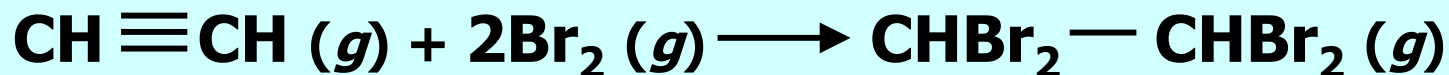
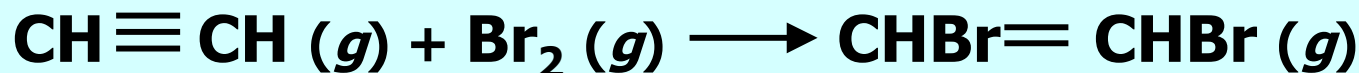
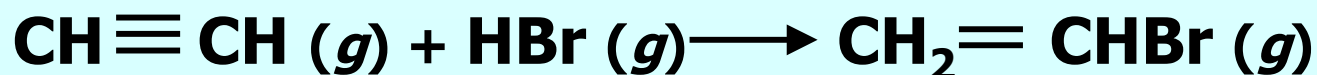


## ปฏิกิริยาการเพิ่ม (Addition Reactions)

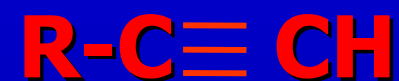
### การเพิ่มไฮโดรเจน (Hydrogenation)



### การเพิ่มแฮโลเจน (Halogenation)



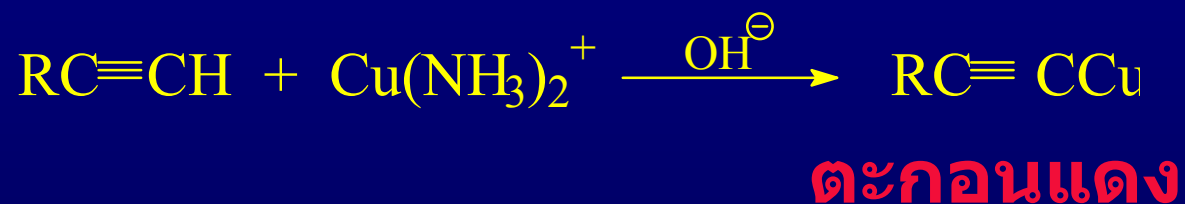
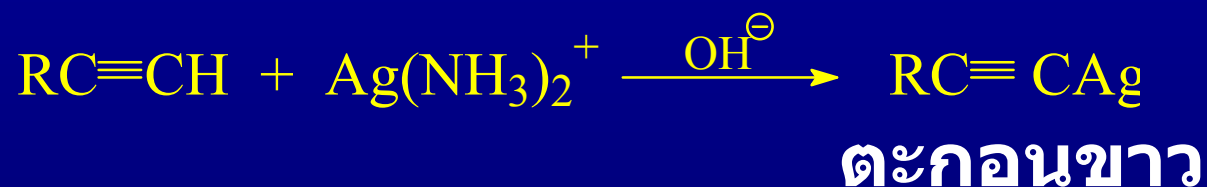
# ปฏิกิริยาของ terminal alkynes



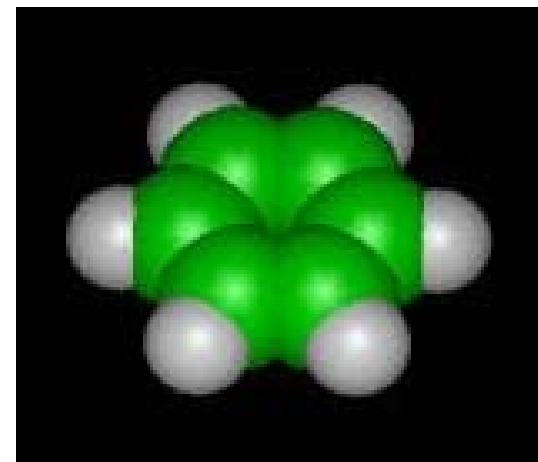
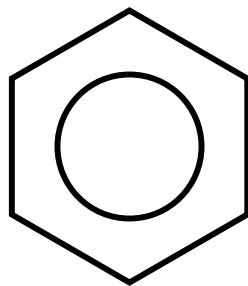
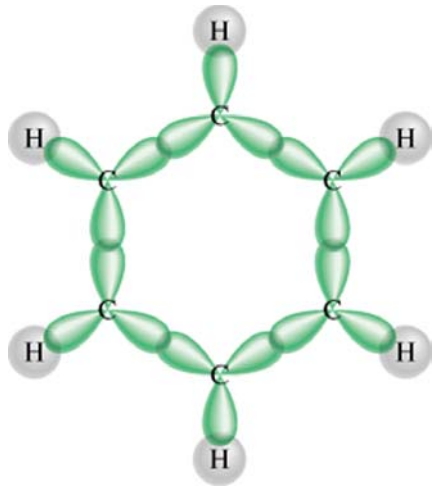
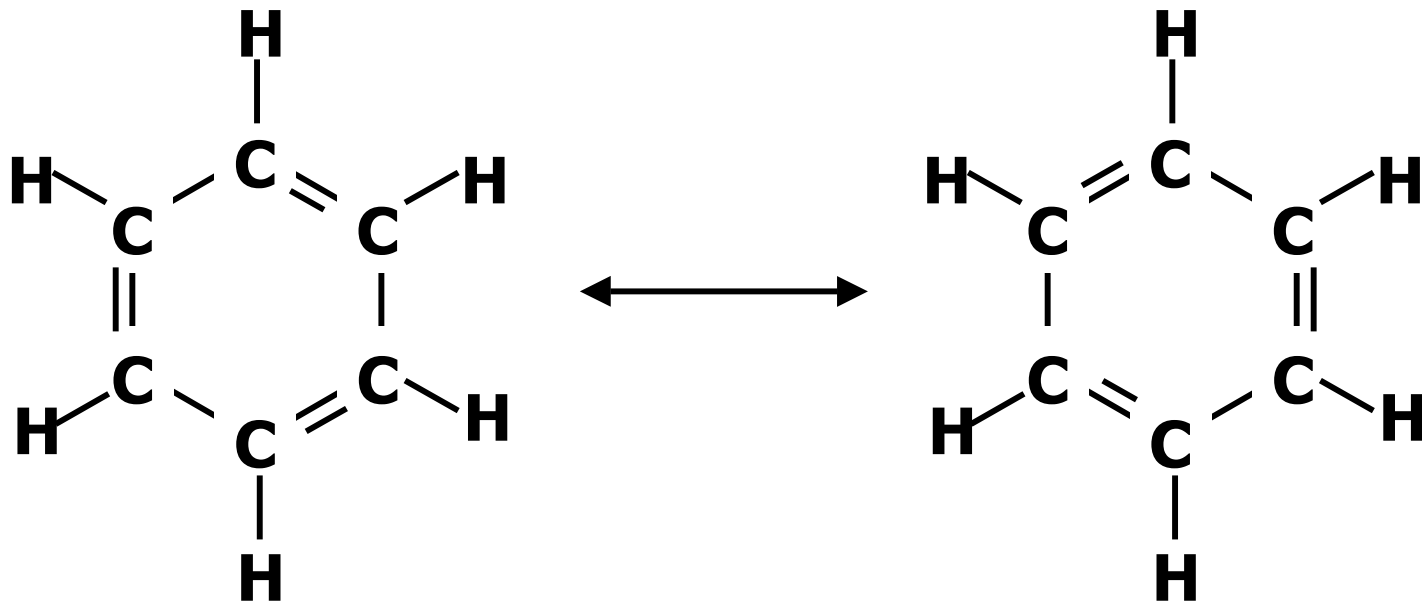
## 1. เตรียม alkyne ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น



## 2. ตกตะกอนกับโลหะหนัก

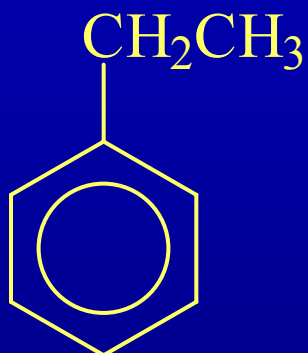


# แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbons)

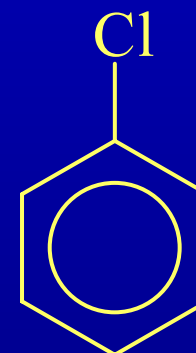


# การเรียกชื่อสารประกอบแอโรแมติก (Aromatic Compound Nomenclature)

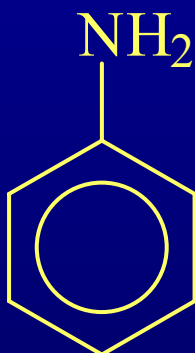
- เมื่อมีหมู่แทนที่ 1 หมู่



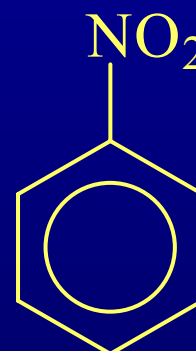
**Ethylbenzene**



**Chlorobenzene**

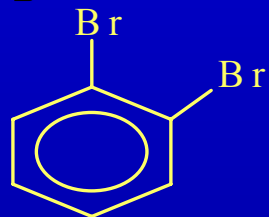


**Aminobenzene (aniline)**

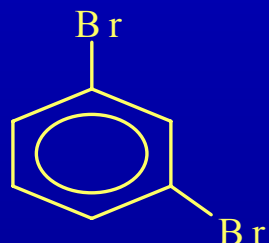


**Nitrobenzene**

- ถ้ามีหมู่แทนที่มากกว่า 1 หมู่ ต้องระบุตำแหน่ง



**1,2- Dibromobenzene**  
**(*o* -Dibromobenzene)**



**1,3- Dibromobenzene**  
**(*m* -Dibromobenzene)**

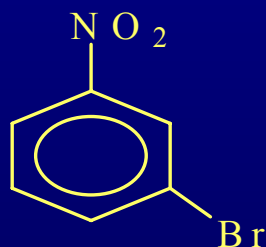


**1,4- Dibromobenzene**  
**(*p* -Dibromobenzene)**

***o* - ortho**

***m* - meta**

***p* - para**

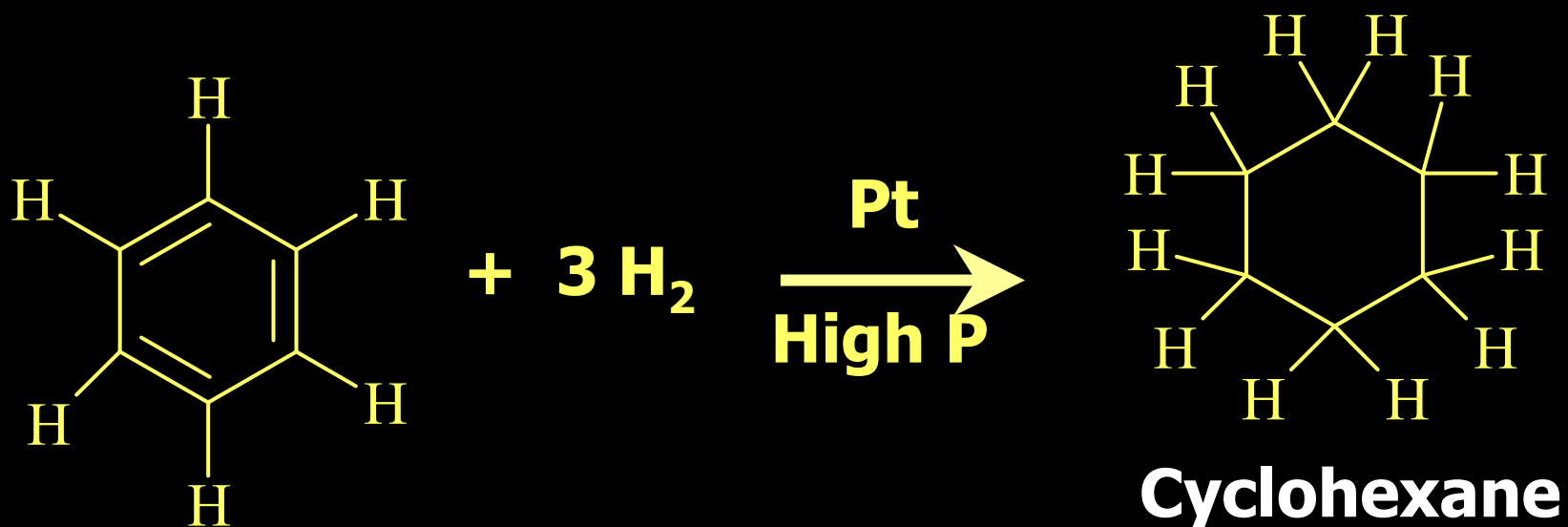


**3-Bromonitrobenzene**  
**(*m* - Bromonitrobenzene)**

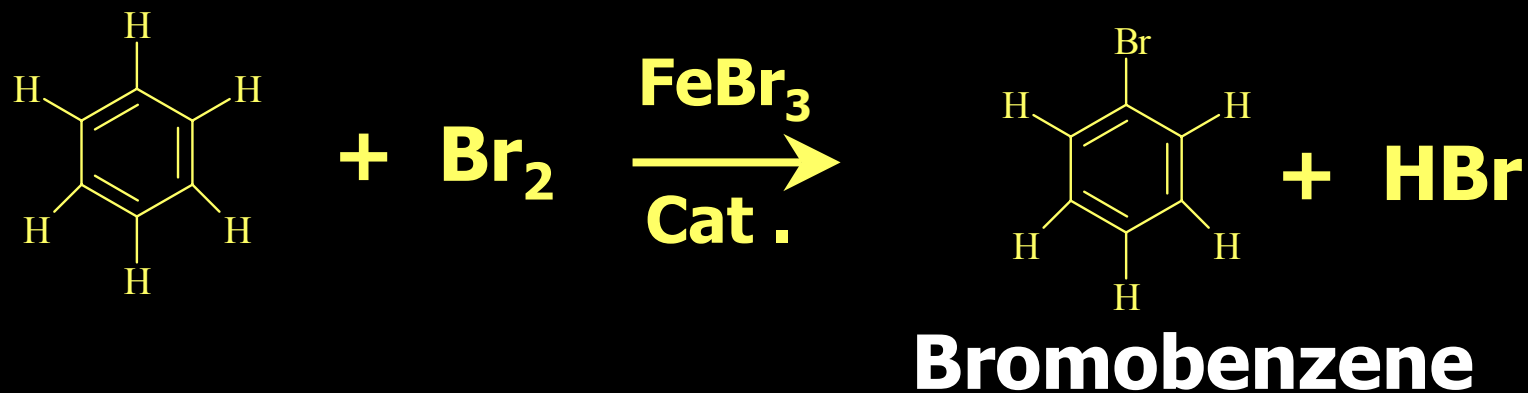
# ปฏิกิริยาของ Aromatic compound

1. Hydrogenation (เติม H)
2. Substitution (ไล่ที่, แทนที่ H)
3. Alkylation (ใส่ alkyl group ใน benzene)

## 1. Hydrogenation เกิดยาก



## 2. Substitution (โล่ที่, แทนที่ H)

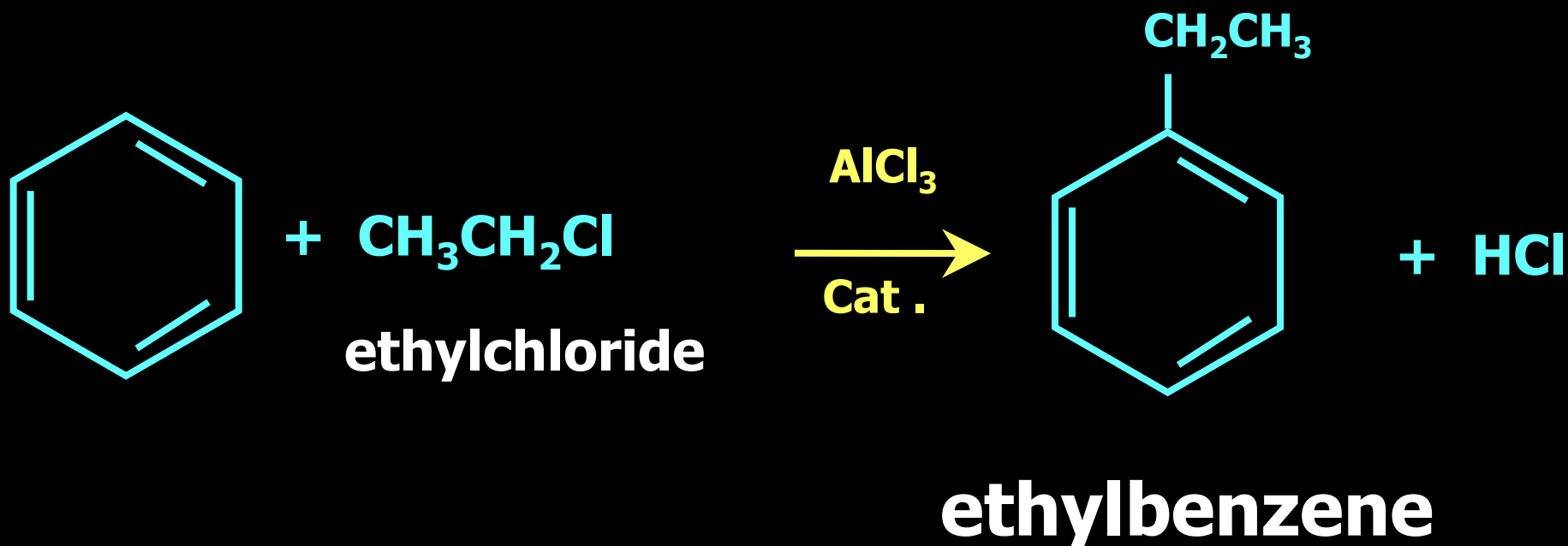


Halogenation, Sulfonation

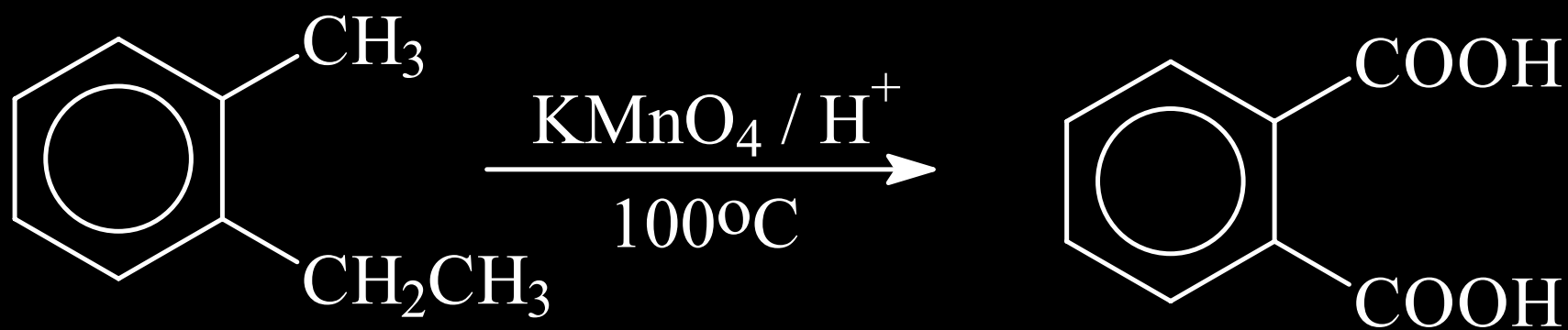
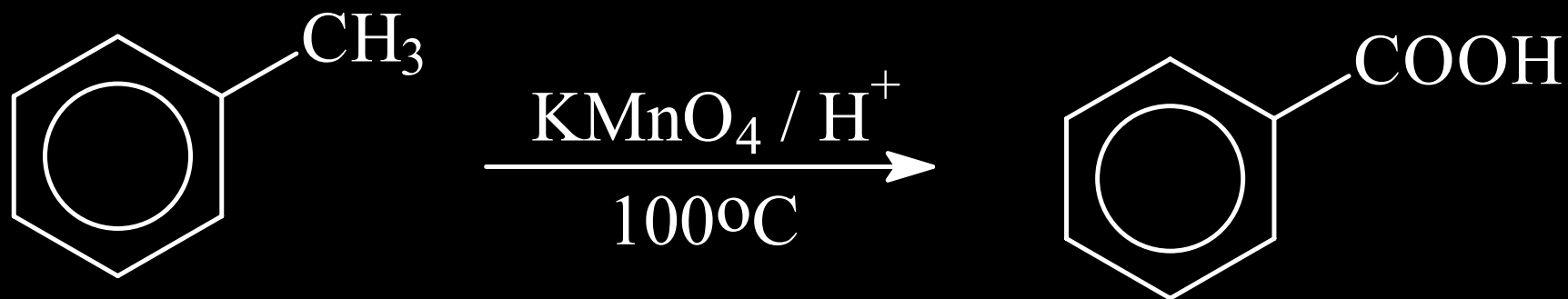
Nitration



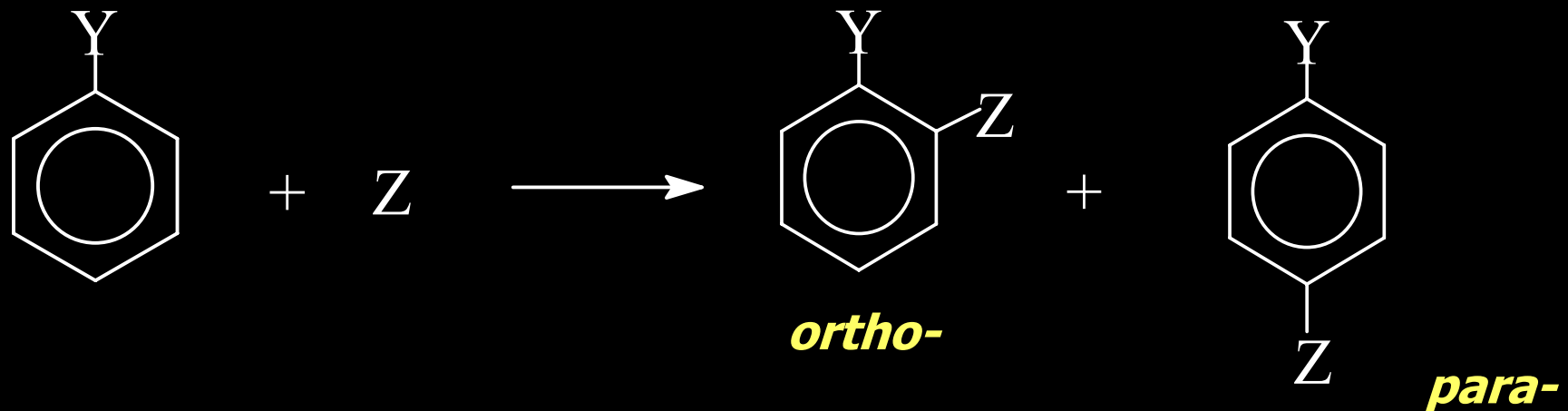
### 3. Alkylation (ใส่ alkyl group ใน benzene ring)



## 4. Oxidation of alkyl benzene

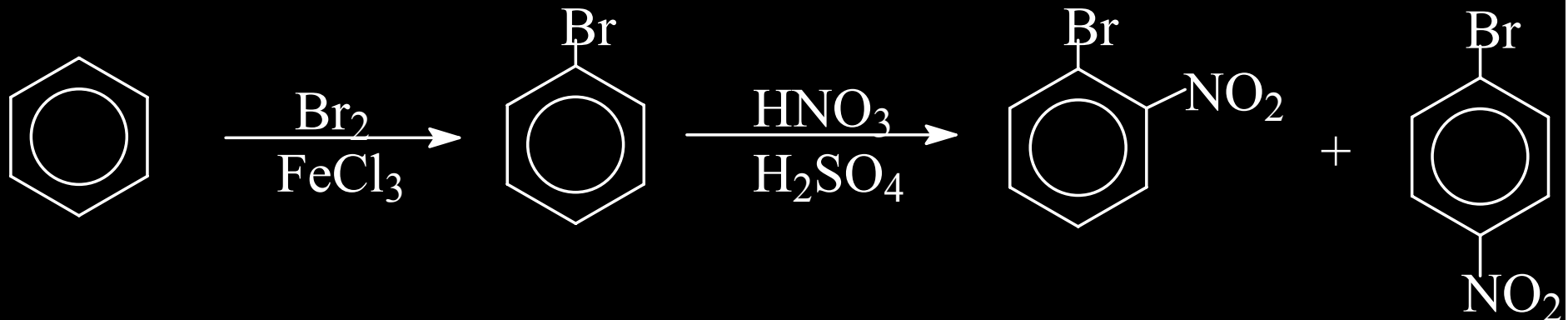


## 5. Polysubstitution in benzene ring

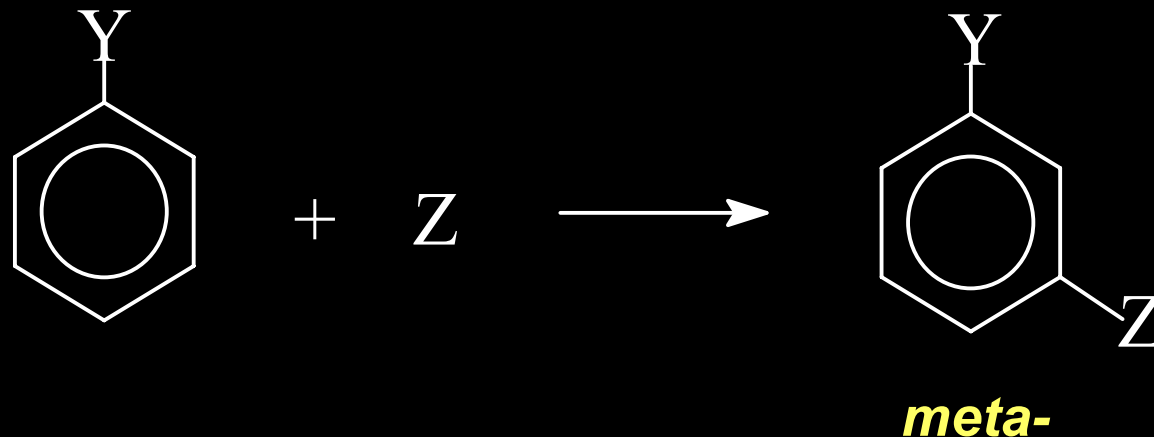


**Y = หมู่ให้อิเล็กตรอน (e<sup>-</sup> donating group)**

**-OH, -OR, -NH<sub>2</sub>, -NHR, -NR<sub>2</sub>, -R, -X**

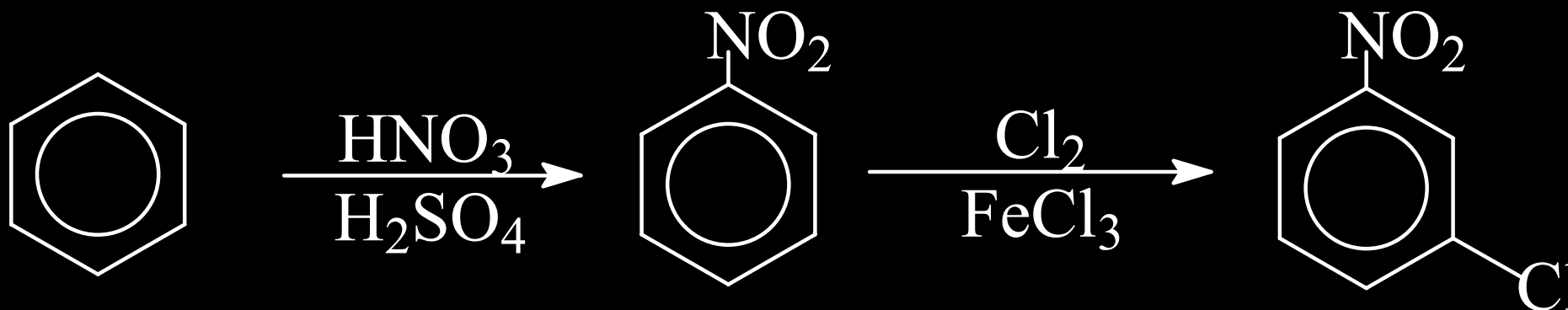


## 5. Polysubstitution in benzene ring

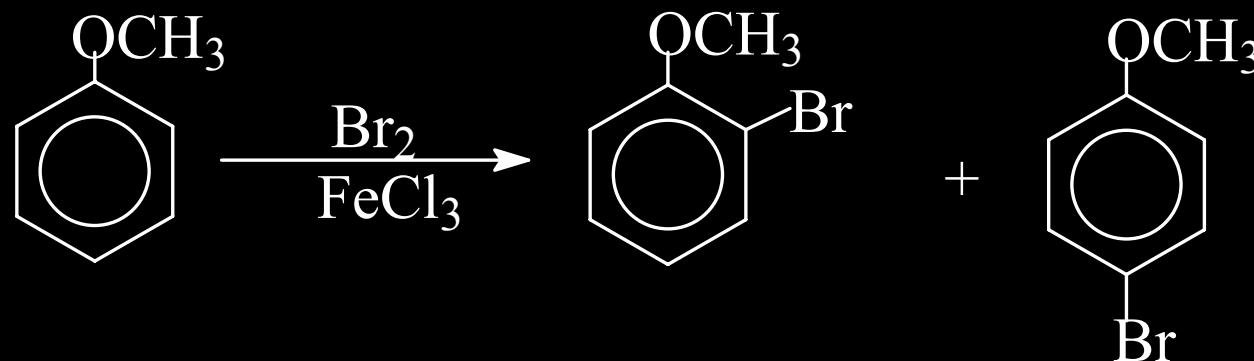


**Y = หมู่ดึงอิเล็กตรอน ( $e^-$  withdrawing group)**

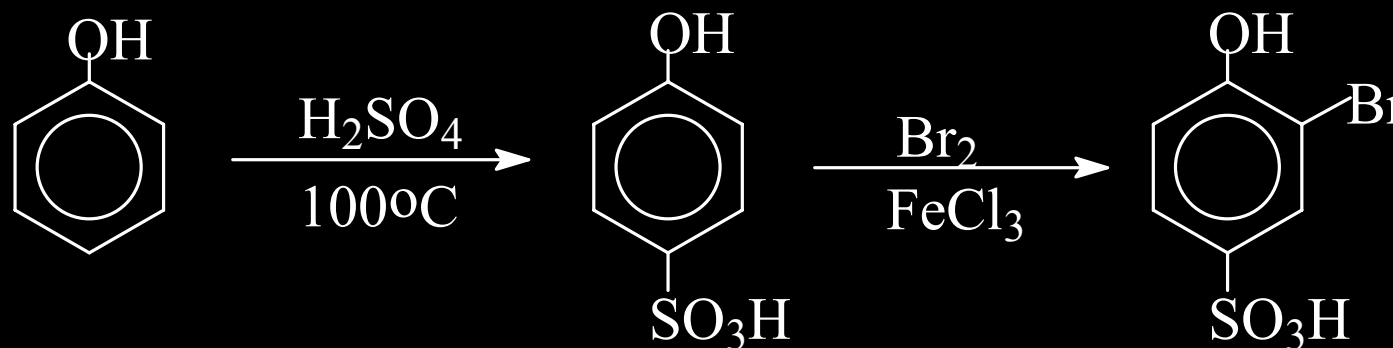
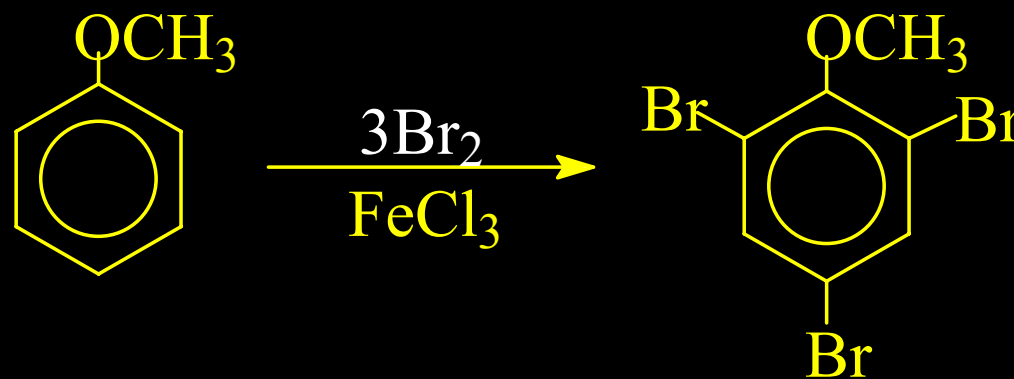
**$-\text{NO}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{COOR}$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$**

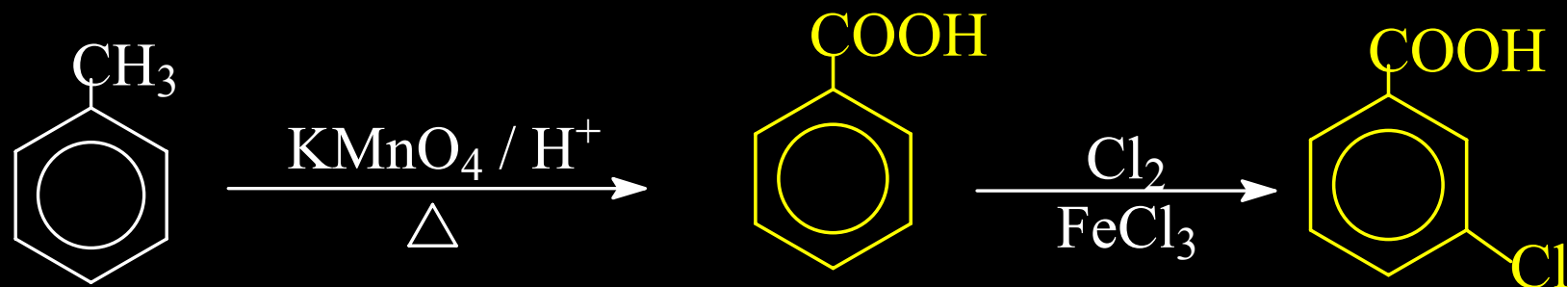
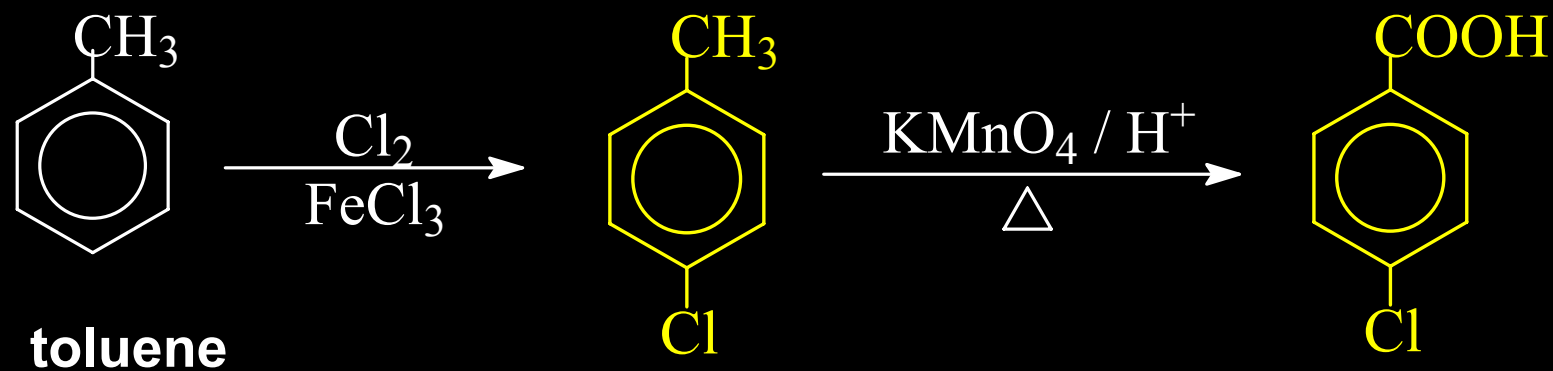
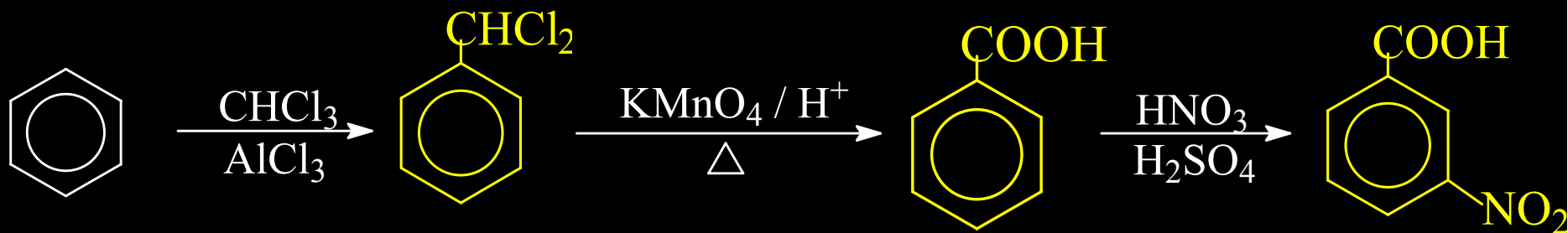


# Electrophilic Aromatic Substitution



**excess  $\text{Br}_2$   $\longrightarrow$  tribromide substitution**

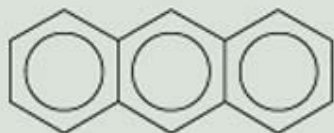




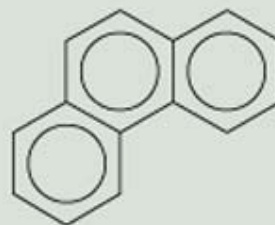
# Polycyclic Aromatic Hydrocarbons



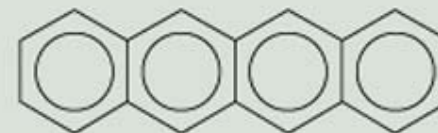
Naphthalene



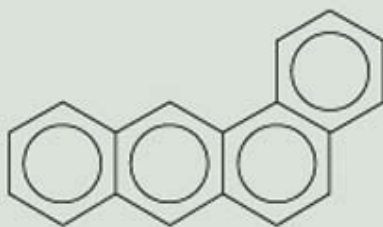
Anthracene



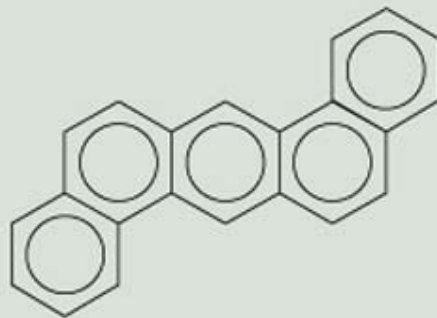
Phenanthrene



Naphthacene



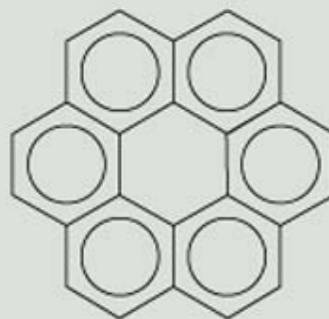
Benz(*a*)anthracene\*



Dibenz(*a,h*)anthracene\*



Benzo(*a*)pyrene



Coronene

# ISOMERISM

## Isomers (ไอโซเมอร์)

คือ โมเลกุลที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน  
(ประกอบด้วยอะตอมชนิดต่างๆ  
เหมือนกันในจำนวนที่เท่ากัน) แต่  
มีการจัดเรียงตัวแตกต่างกัน

# ชนิดของ ISOMERS

- **structural / skeleton isomers**
- **geometric isomers**
- **position isomers**
- **functional isomers**
- **optical isomers (enantiomers)**



# Structural isomers

คือ isomers ที่มีการจัดเรียงตัวของ carbon แตกต่างกัน



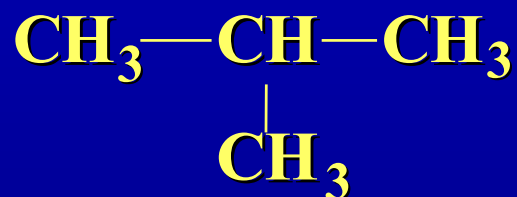
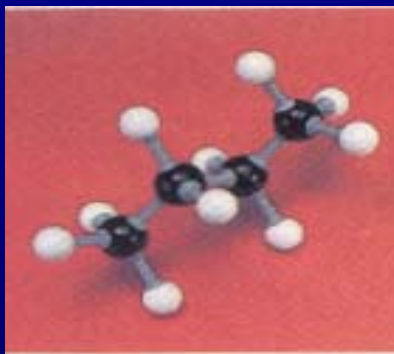
n-Butane

m.p. - 138.3 °C

b.p. - 0.5 °C

$n_D$  1.3543<sup>-13</sup>

$\rho$  0.6012<sup>20</sup><sub>4</sub>



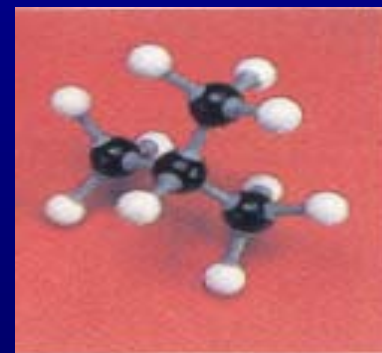
i-Butane

m.p. - 145 °C

b.p. 10.2 °C

$n_D$  \_\_\_\_\_

$\rho$  0.557<sup>20</sup><sub>4</sub>



# structural isomers (ต่อ)



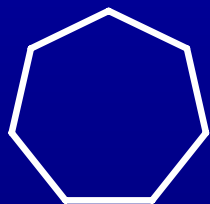
## n-Pentane

m.p. -130 °C

b.p. 36 °C

$n_D$  1.3579<sup>20</sup>

$\rho$  0.6262<sup>20</sup><sub>4</sub>



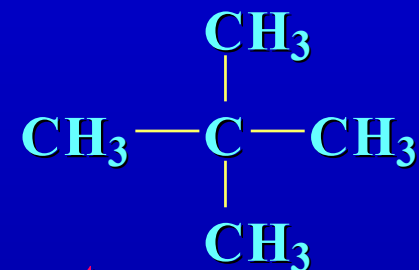
## Cycloheptane

m.p. - 12 °C

b.p. 118 °C

$n_D$  1.4449<sup>20</sup>

$\rho$  0.8109<sup>20</sup><sub>4</sub>



## Neo-pentane

m.p. - 20 °C

b.p. 9.5 °C

$n_D$  1.3476<sup>6</sup>

$\rho$  0.6135<sup>20</sup><sub>4</sub>



## Methylcyclohexane

m.p. - 126 °C

b.p. 100 °C

$n_D$  1.4253<sup>15</sup>

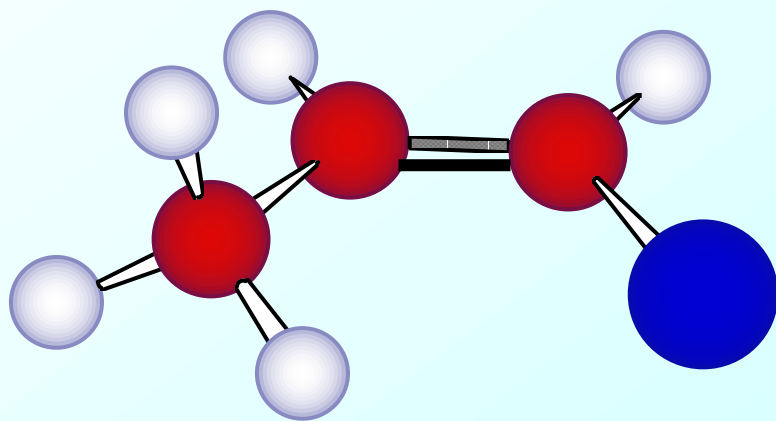
$\rho$  0.7695<sup>20</sup><sub>4</sub>



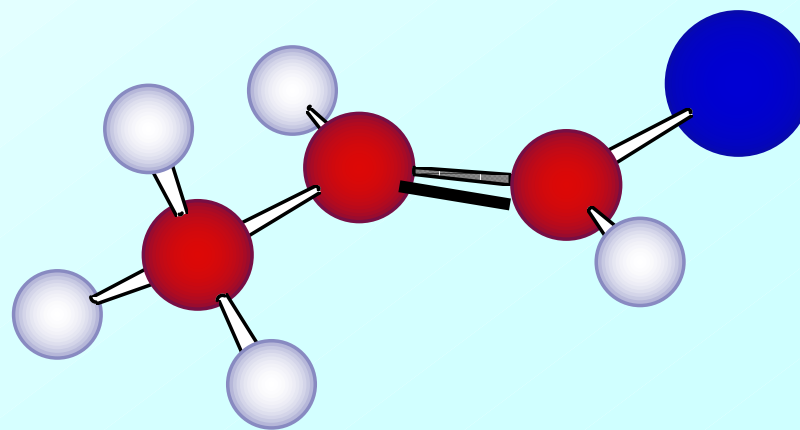
# Geometric isomers



คือ isomers ซึ่งเกิดจากการวางตัว หรือ ตำแหน่งของกรุปรอบๆ บริเวณที่มี **restricted rotation** เช่น มี **double bond** หรือมี **ring**



*cis*



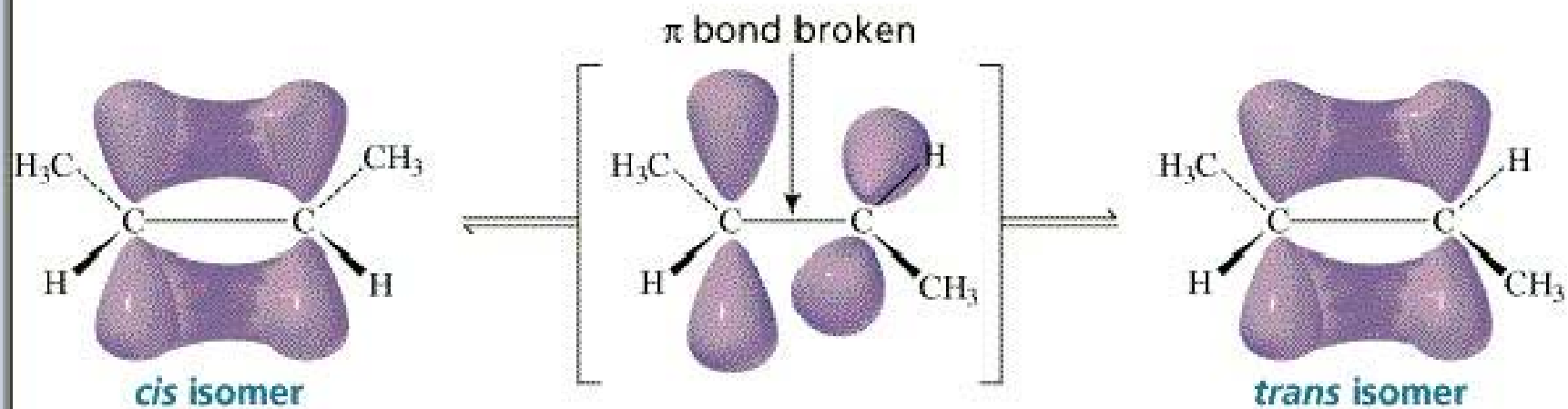
*trans*

## ตัวอย่าง **Geometric isomers** :

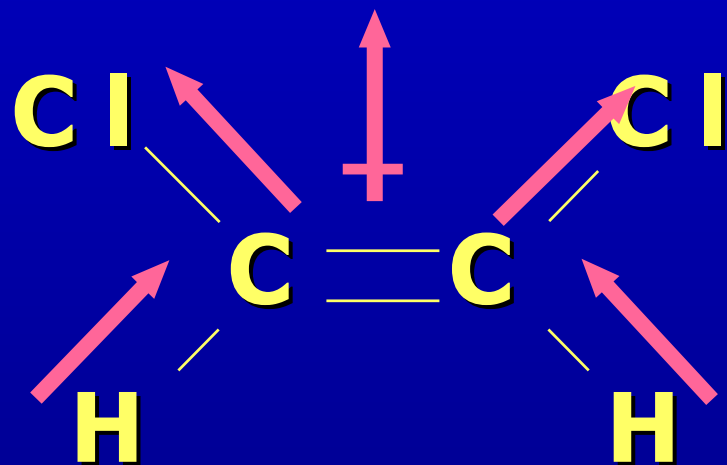
**cis-** มี group ที่เหมือนกันอยู่ทาง ด้านเดียวกัน  
ของ **double bond**  
หรือ ของระนาบของ **ring**

**trans-** มี group ที่เหมือนกันอยู่ทาง ด้านตรงกัน  
ข้าม ของ **double bond** หรือ ของระนาบ  
ของ **ring**

# cis isomer & trans isomer



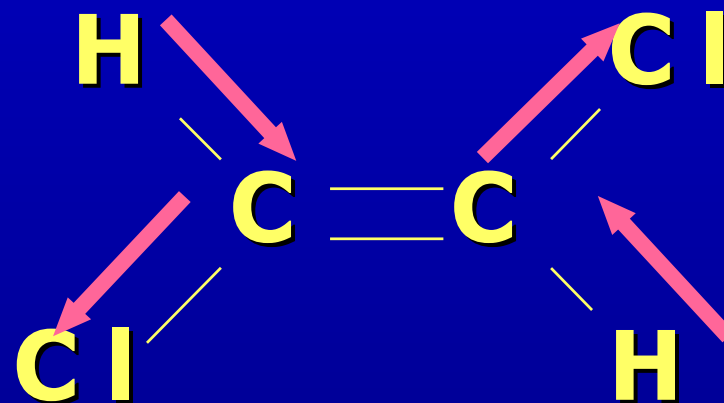
## Resultant dipole moment



**cis-dichloroethane**

$$m = 1.89\text{D}$$

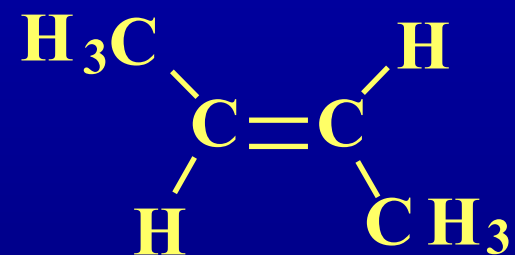
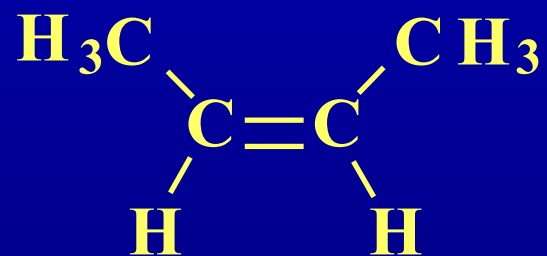
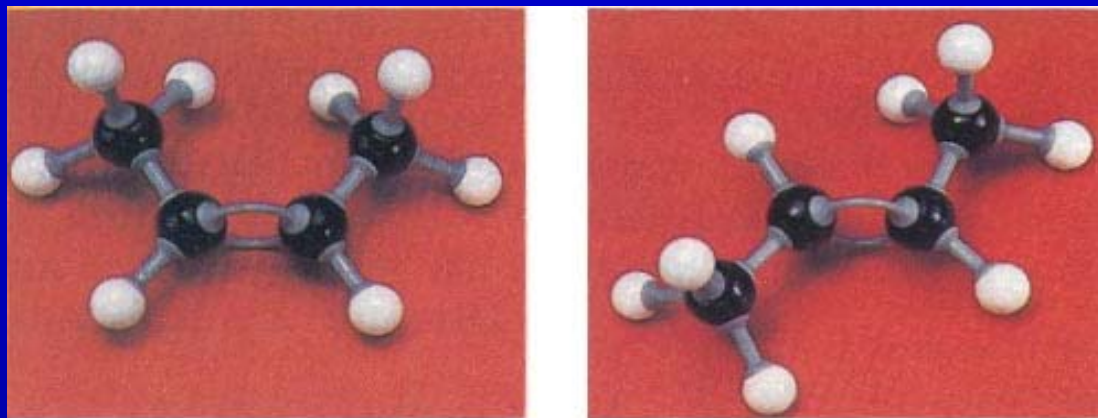
$$\text{bp.} = 60.3^{\circ}\text{C}$$



**trans-dichloroethane**

$$m = 0\text{D}$$

$$\text{bp.} = 47.5^{\circ}\text{C}$$



**cis-2-Butene**

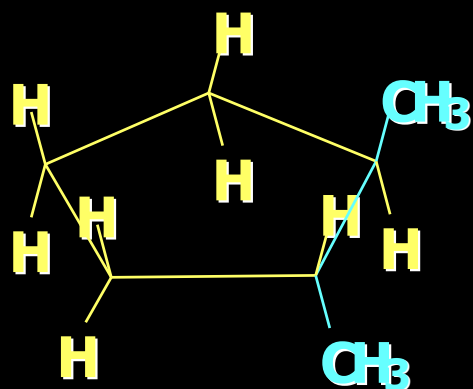
**m.p. = -138.9 °**

**b.p. = 3.7 °**

**trans-2-Butene**

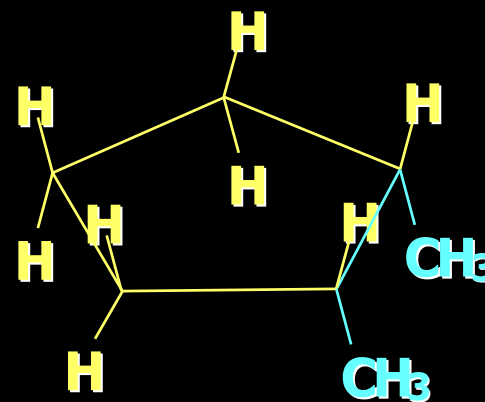
**m.p. = -105.6 °**

**b.p. = 0.9 °**



**trans-1,2-Dimethylcyclopentane**

**m.p. =  $-117.57^\circ$ , b.p. =  $91.87^\circ$**



**cis-1,2-Dimethylcyclopentane**

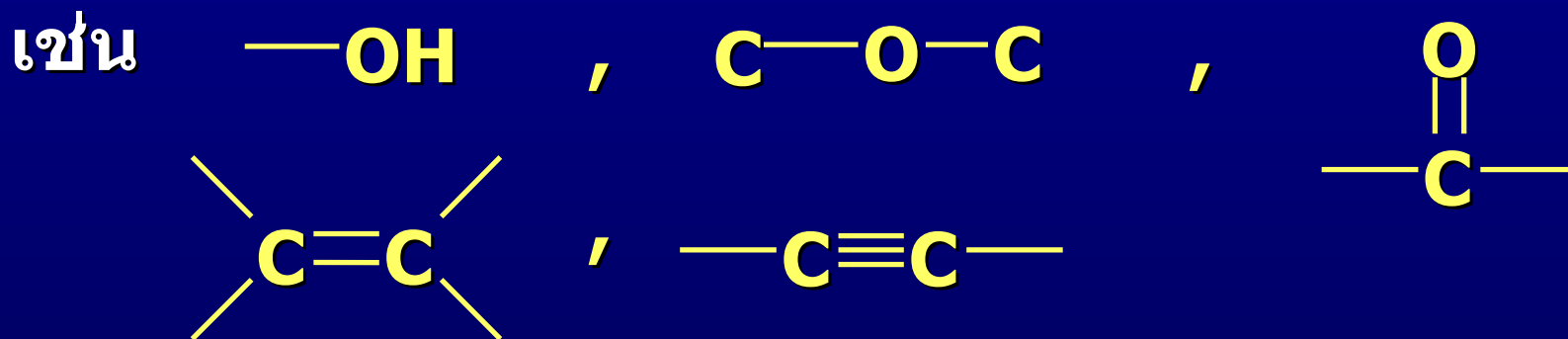
**m.p. =  $-93.80^\circ$ , b.p. =  $99.53^\circ$**

# Functional isomers

คือ isomers ที่มี functional group ต่างกัน

## Functional group

คือ ส่วนหนึ่งของโมเลกุลที่มีการจัดเรียงตัวของอะตอมที่ทำให้ parent molecule มีพฤติกรรมทางเคมีเปลี่ยนไป



**Functional group** เป็นส่วนที่วางไว้ใน  
การทำปฏิกิริยาของ  
โมเลกุล



โมเลกุลต่างกัน แต่มี functional group เหมือนกัน จะมีสมบัติทาง เคมีคล้ายคลึงกัน  
ตัวอย่าง



Ethyl alcohol  
( beverages , medicine)



Dimethyl ether  
(refrigerant)



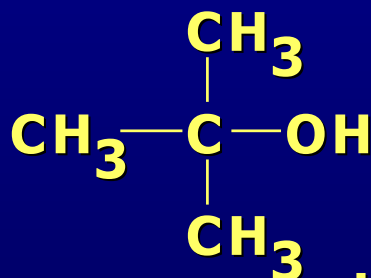
n-Propyl alcohol  
(solvent and intermediate  
for chemical synthesis)



i-Propyl alcohol  
(rubbing alcohol)



Methyl ethyl ether  
(fumigant)



t-Butyl alcohol



Diethyl ether  
(anesthetic)

# Position isomers

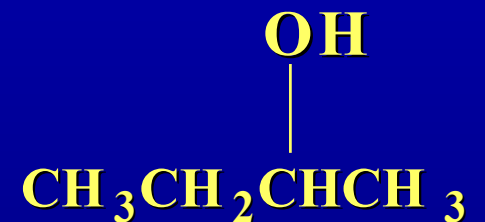
คือ isomers ที่มีตำแหน่งของ functional group บน carbon skeleton แตกต่างกัน เช่น



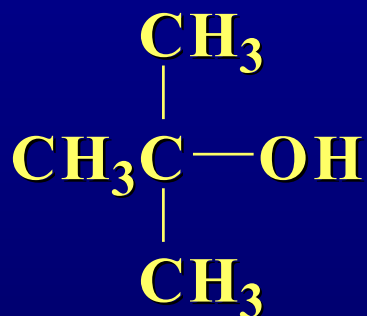
n-Butyl alcohol



i-Butyl alcohol



s-Butyl alcohol



t-Butyl alcohol

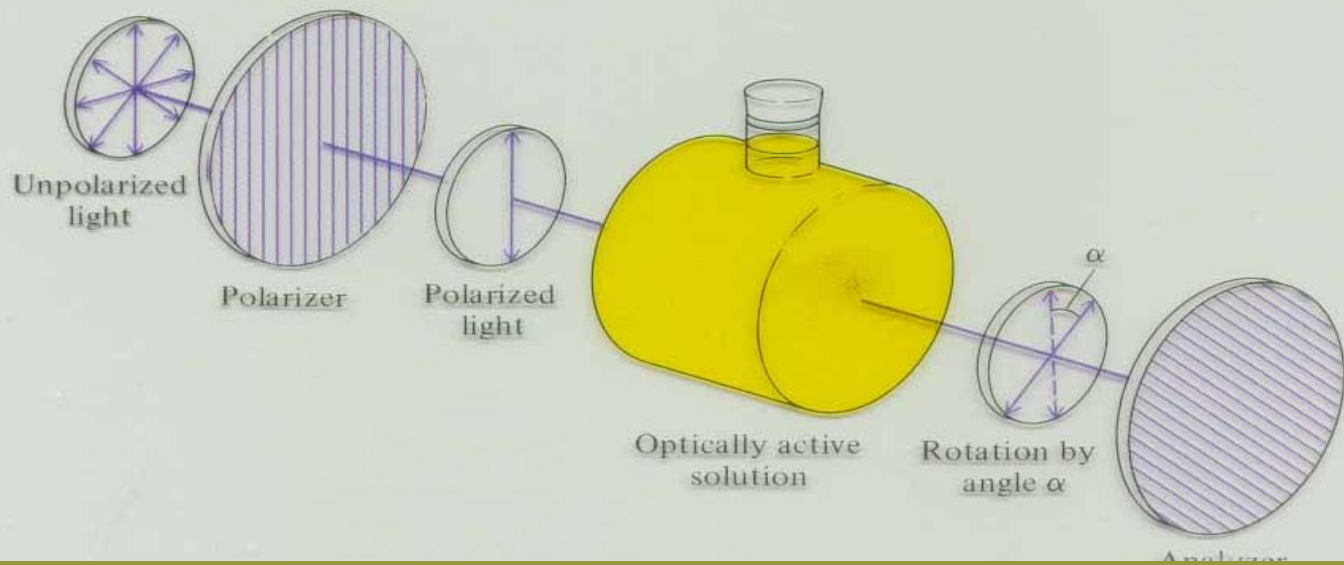
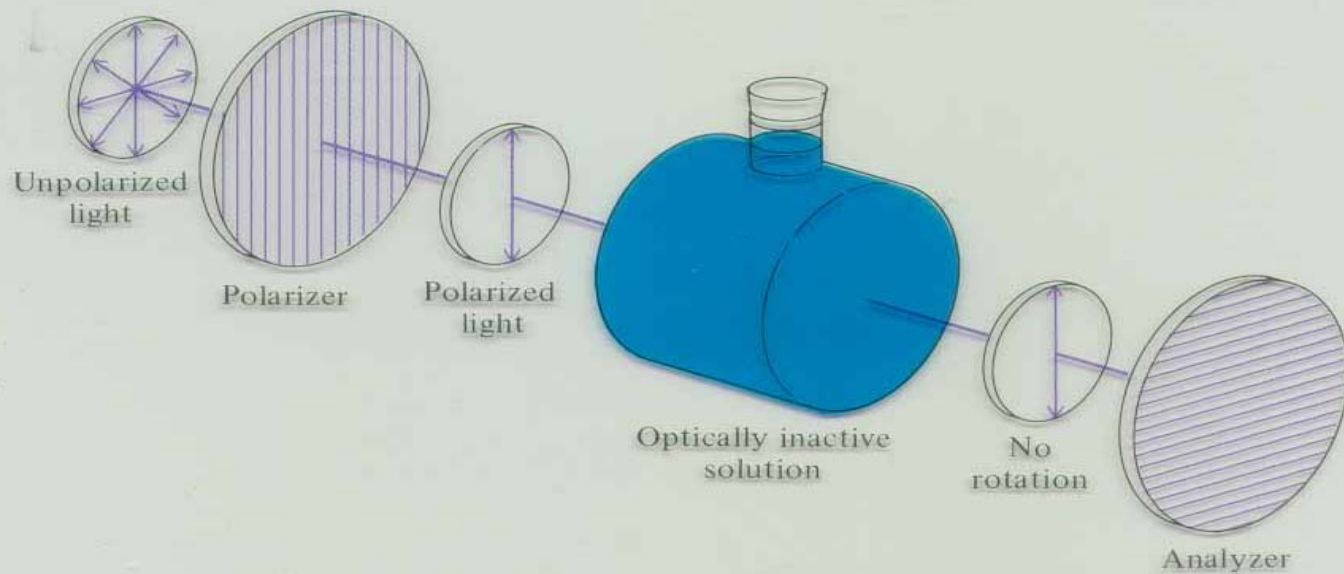
# Optical isomers

**plane-polarized light** คือ แสงที่มี electric vector ในระนาบเดียวกันหมด

**polarimeter** คือ เครื่องมือวัดการหมุนไปของ plane of polarization

สารอินทรีย์บางชนิดสามารถหมุน plane of polarization ได้เป็น สาร **optically active**

# Optical isomers



# Polarimeter

$[\alpha]$  = specific rotation

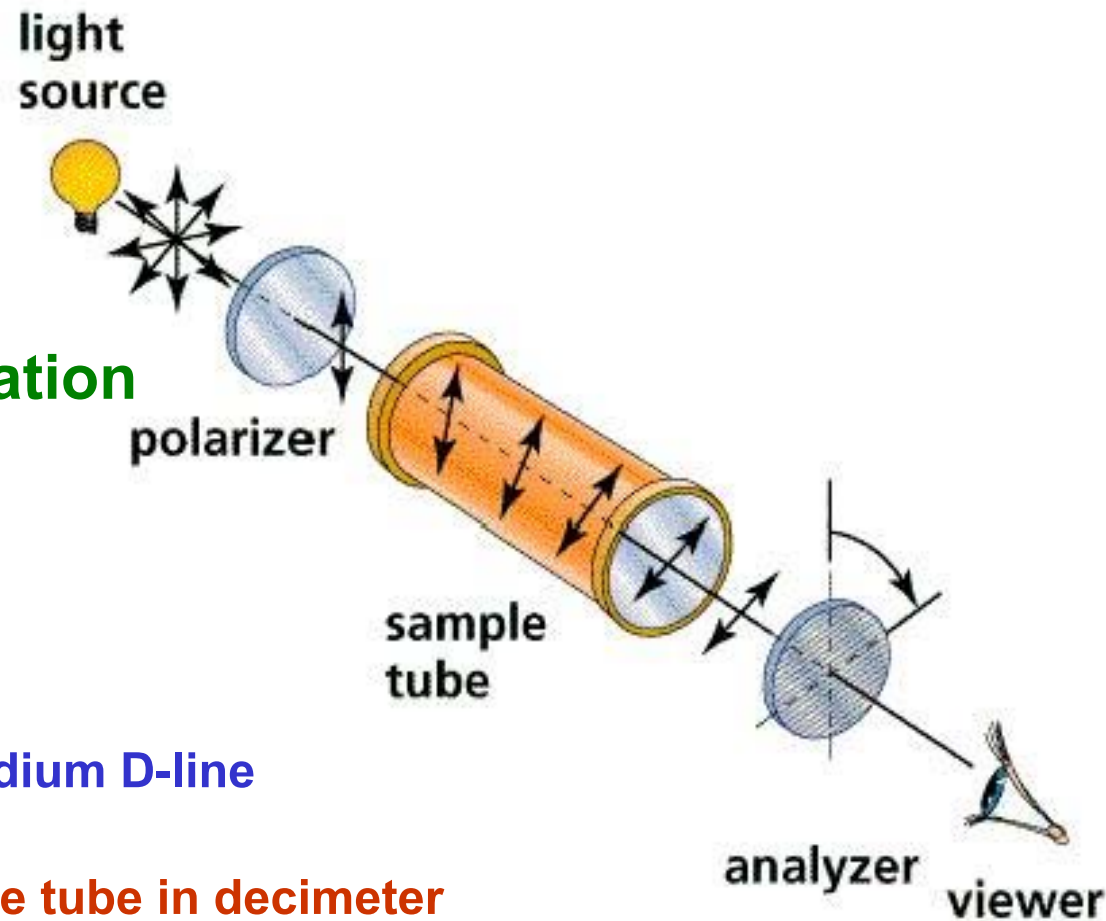
$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{l \times c}$$

T = temp. in °C

$\lambda$  = indicated as sodium D-line

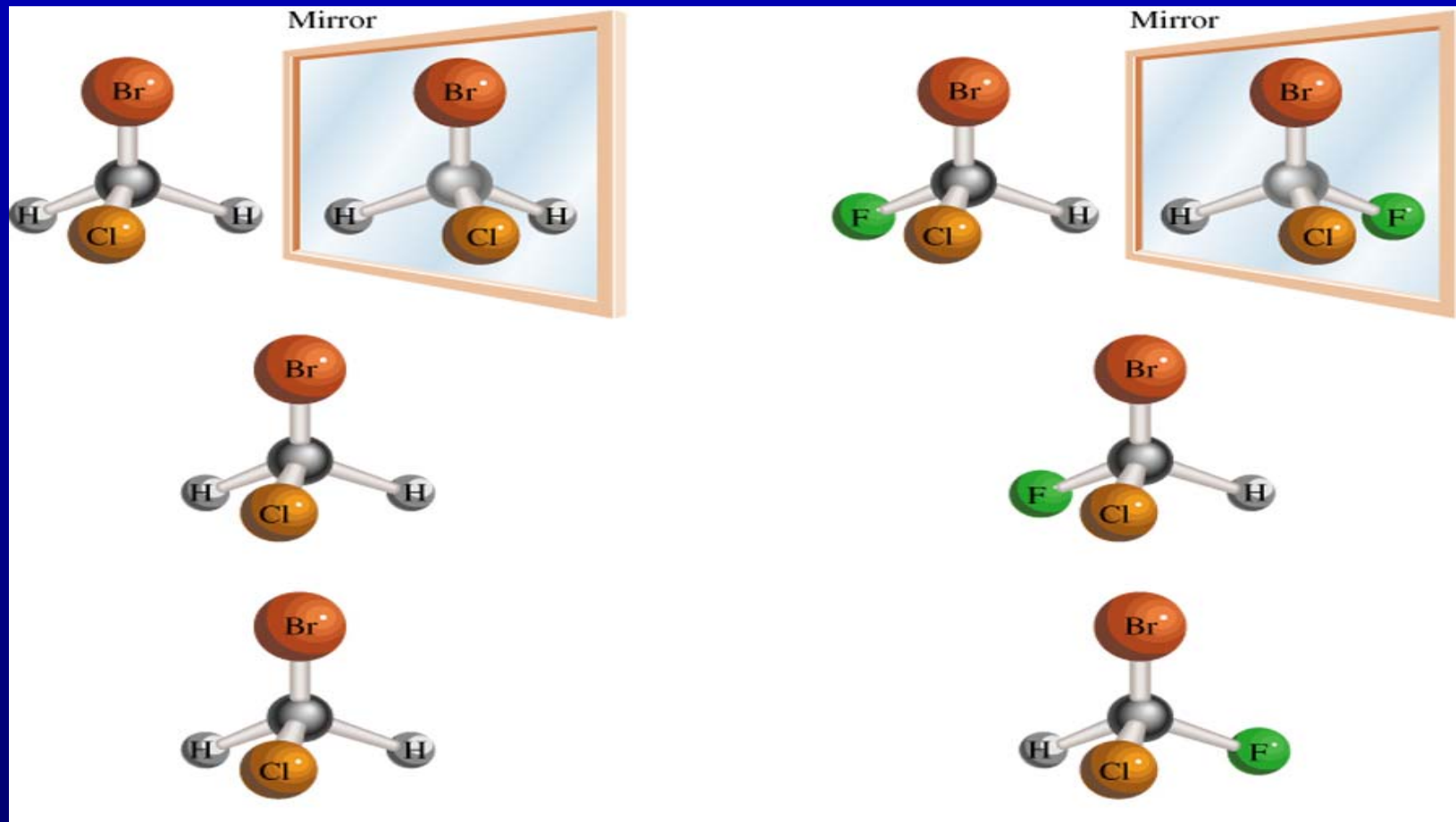
l = length of sample tube in decimeter

c = conc. in gram per mL of solution



# Optical isomers

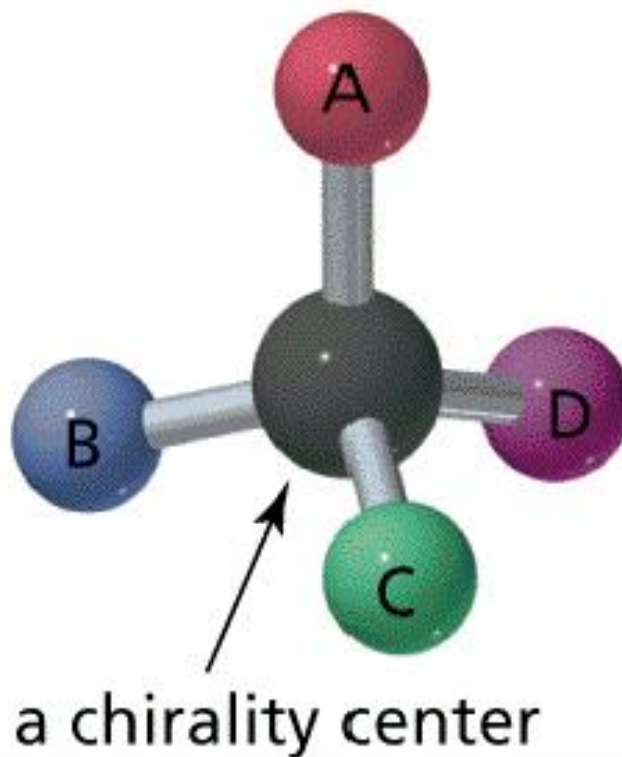
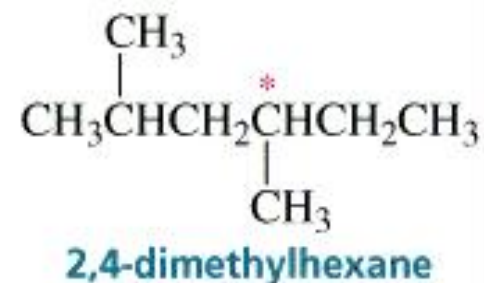
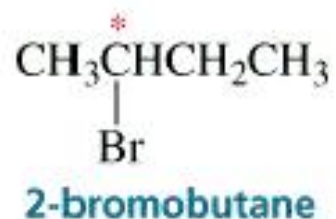
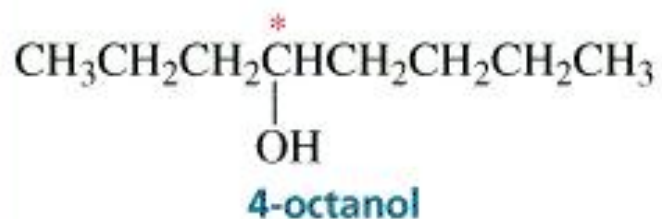
คือ isomers ที่มีสมบัติ optical activity แตกต่างกันแต่  
ละ isomers เรียก **enantiomorph** หรือ **enantiomer**



อไครอล (achiral)

ไครอล (chiral)

# Chiral Carbon (Chirality)



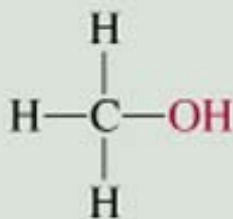
ถ้ามีแต่ละ enantiomer ซึ่งเป็น enantiomorph pair  
ในปริมาณ เท่ากัน จะทำให้ optically activity ซึ่งตรง  
กันข้ามกัน หักล้างกัน เกิดเป็น racemic mixture  
ซึ่งไม่แสดง optical activity



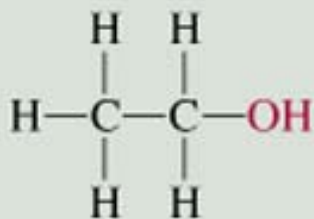
# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

## แอลกอฮอล์ (Alcohols)

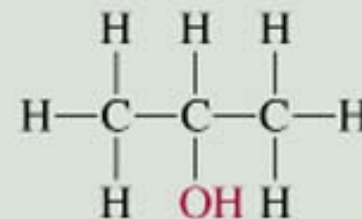
ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) และมีสูตรทั่วไปเป็น R-OH



Methanol  
(methyl alcohol)



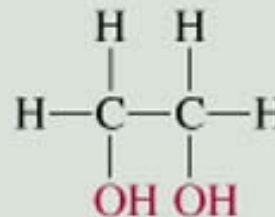
Ethanol  
(ethyl alcohol)



2-Propanol  
(isopropyl alcohol)



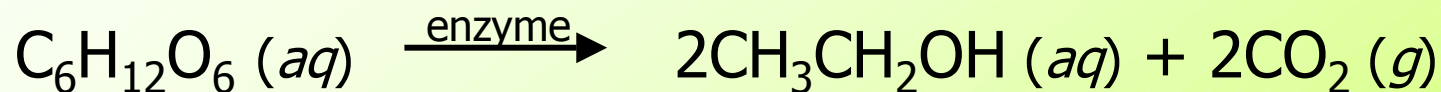
Phenol



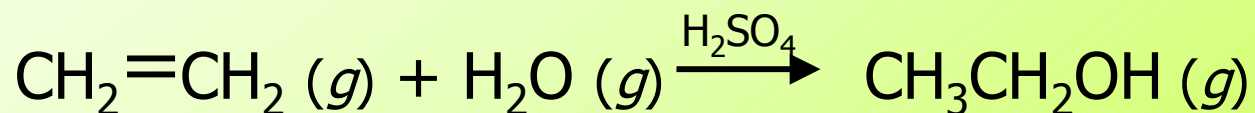
Ethylene glycol

# การผลิตเอทานอล

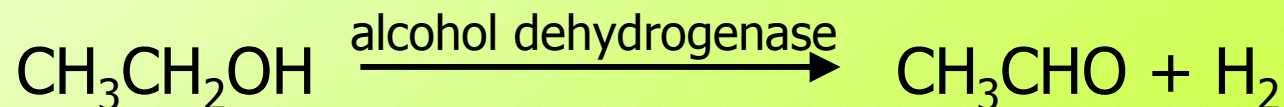
## การผลิตเอทานอลด้วยวิธีชีวภาพ (Biological production of ethanol)



## การผลิตเอทานอลในเชิงอุตสาหกรรม (Commercial production of ethanol)



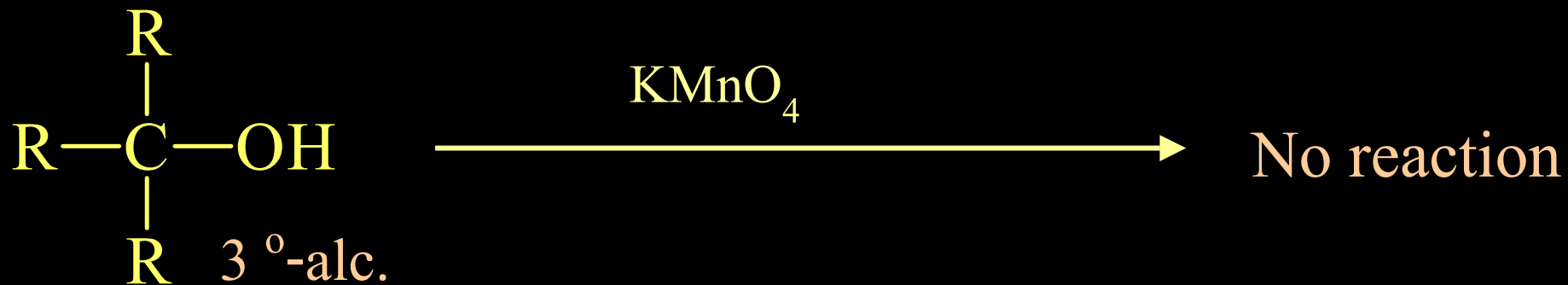
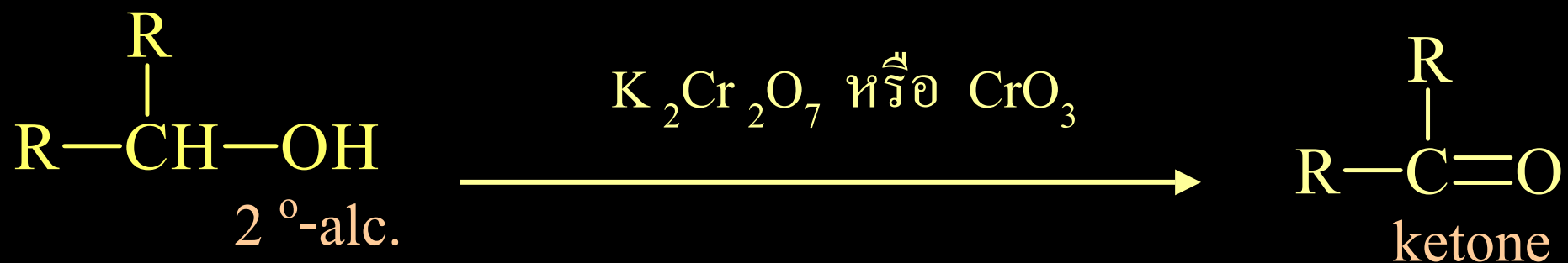
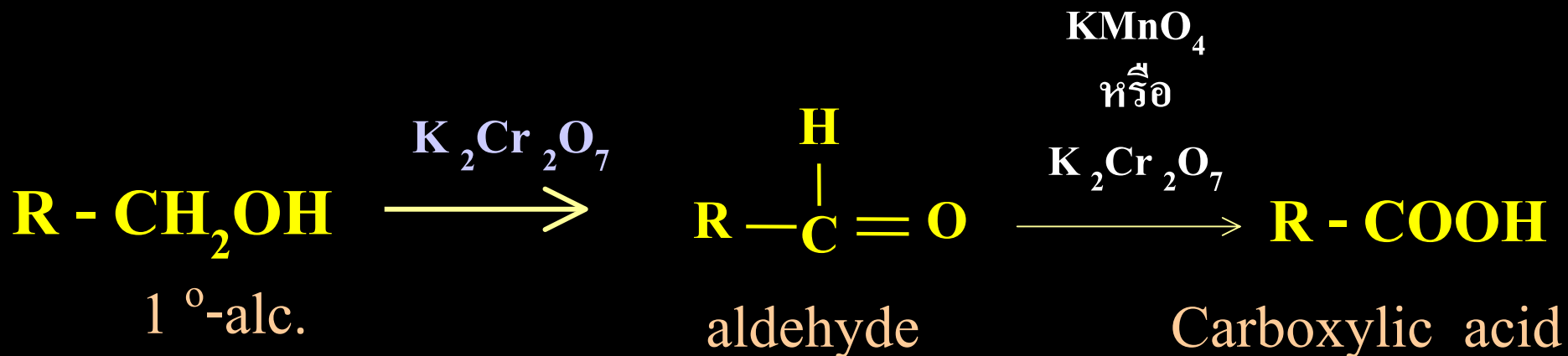
## การออกซิไดส์เอทานอลในร่างกาย (Metabolic oxidation of ethanol)



# ปฏิกิริยาของ alcohols

- 1. Oxidation**
- 2. Dehydration**
- 3. Reaction as acid**
- 4. ทำปฏิกิริยากับ hydrogen halide**
- 5. Ester formation**

# 1. Oxidation



## 2. Dehydration (นำ H<sub>2</sub>O ออก)

### 2.1 Substitution



### 2.2 Elimination



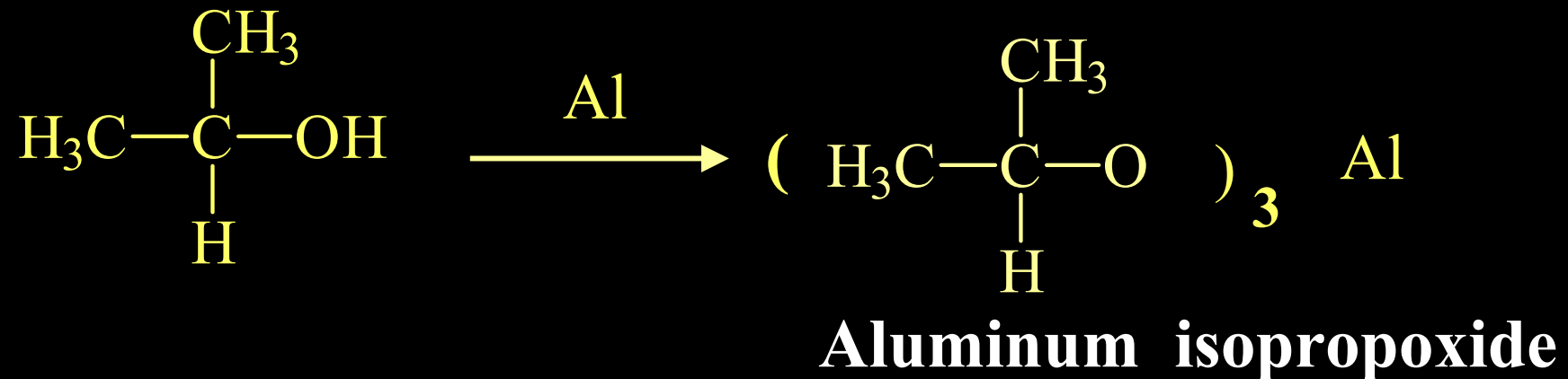
**Major pdt.**

**Minor pdt.**

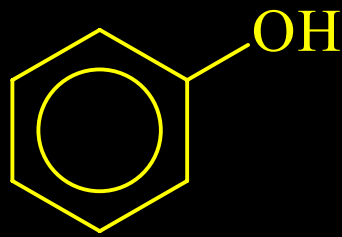
### 3. Reaction as acid ทำปฏิกิริยากับ active metals



(M  $\equiv$  Na, K, Mg, Al etc.)

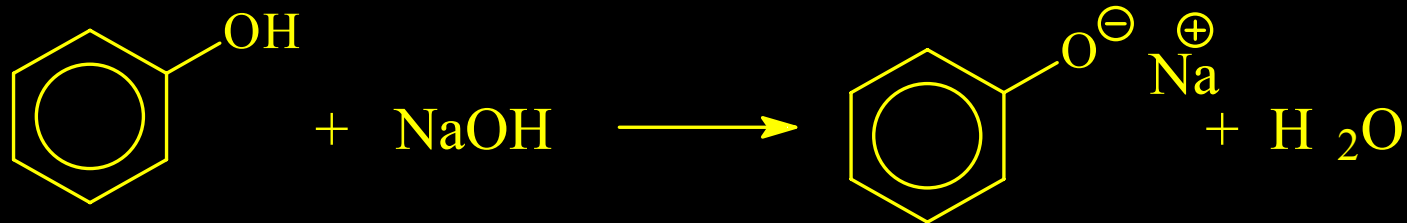


### 3. Reaction as acid (ต่อ)

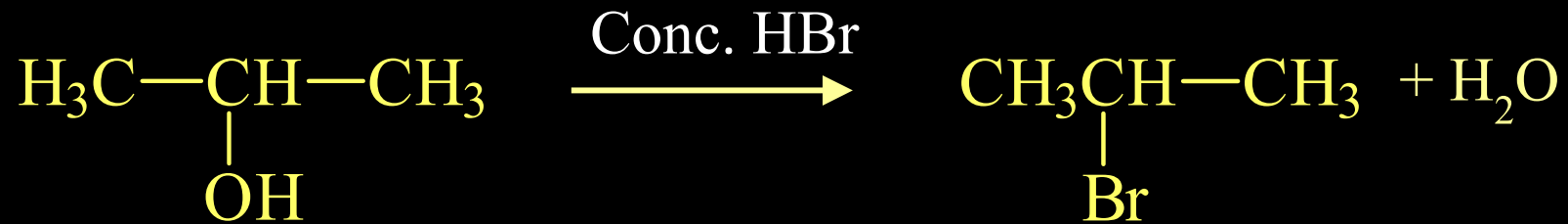


= ArOH (Aryl alcohol)

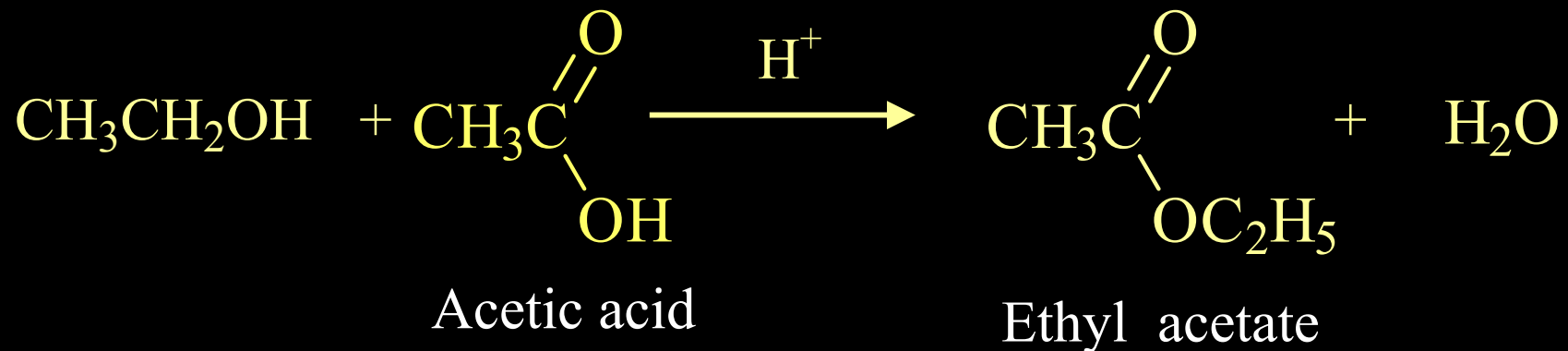
**Stronger ACID than alkyl alcohol (R-OH)**



#### 4. ทำปฏิกิริยากับ hydrogen halide



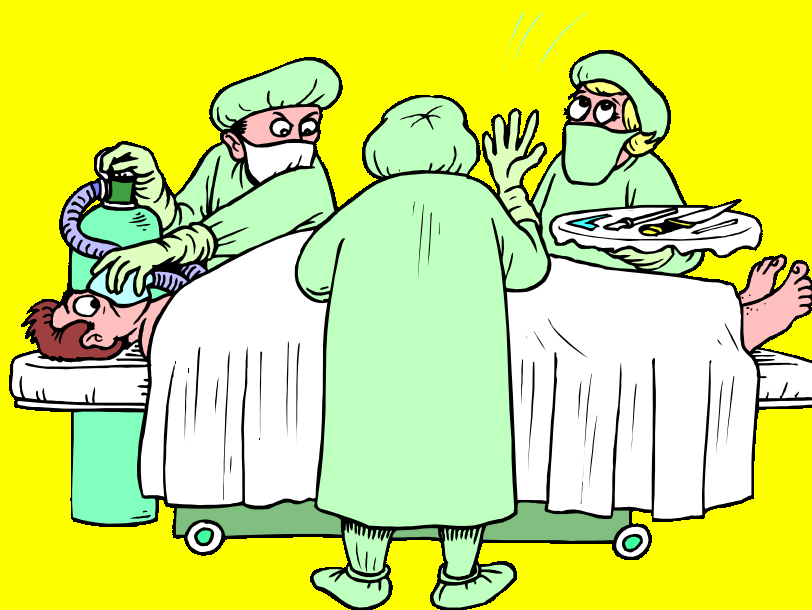
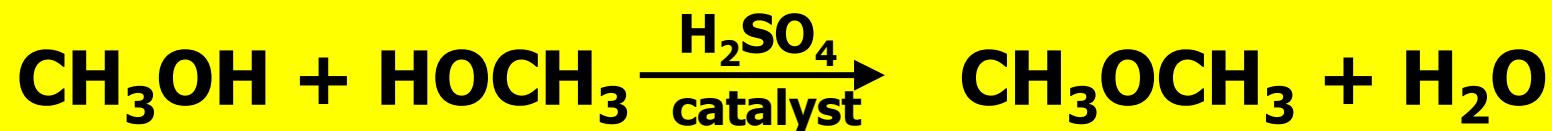
#### 5. Ester formation



# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

**อีเทอร์ (Ethers)** มีสูตรทั่วไปคือ  $R-O-R'$ .

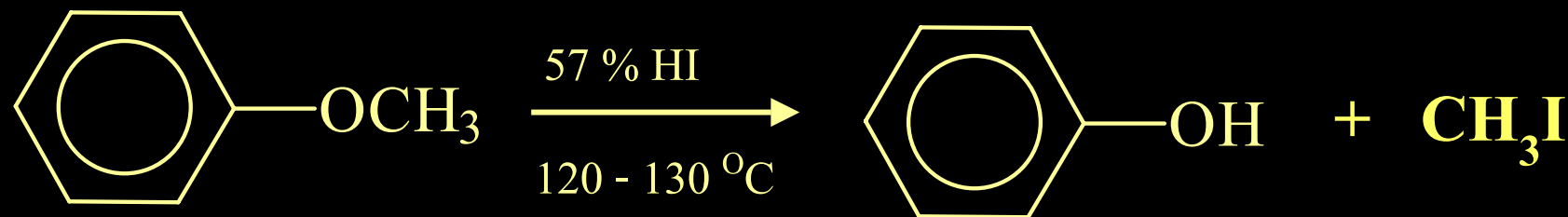
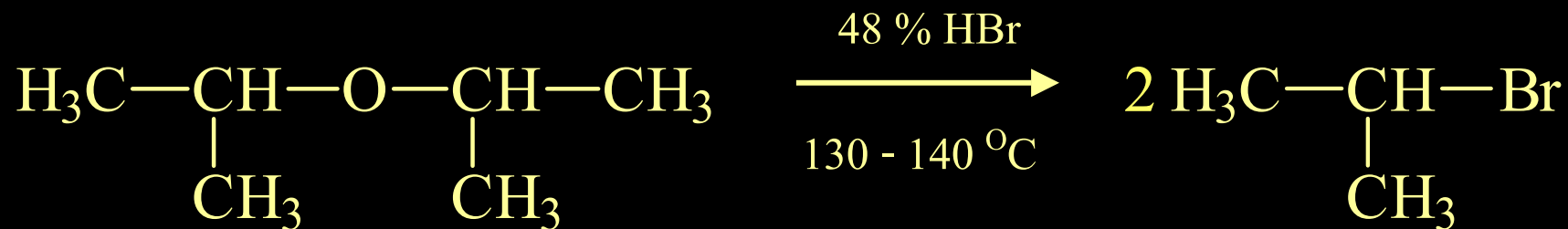
ปฏิกิริยาการควบแน่น (Condensation Reaction)



## ปฏิกิริยาของอีเทอร์ : Cleavage by acids



(Reactivity HX :  $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$ )



anisole

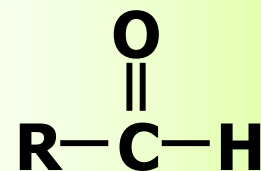
# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

## แอลดีไฮด์และคีโตน (Aldehydes and ketones)

มีหมู่คาร์บอนิล (carbonyl,  $>C=O$ ) เป็นองค์ประกอบ

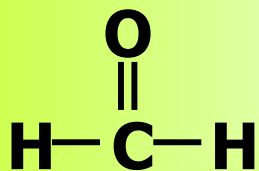
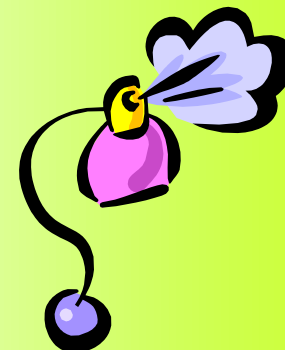
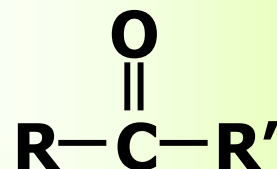
- **aldehydes**

มีสูตรทั่วไปคือ

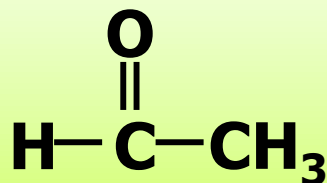


- **ketones**

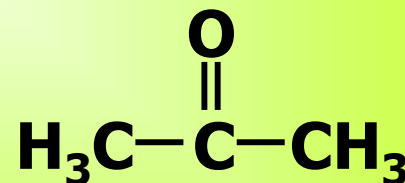
มีสูตรทั่วไปคือ



formaldehyde

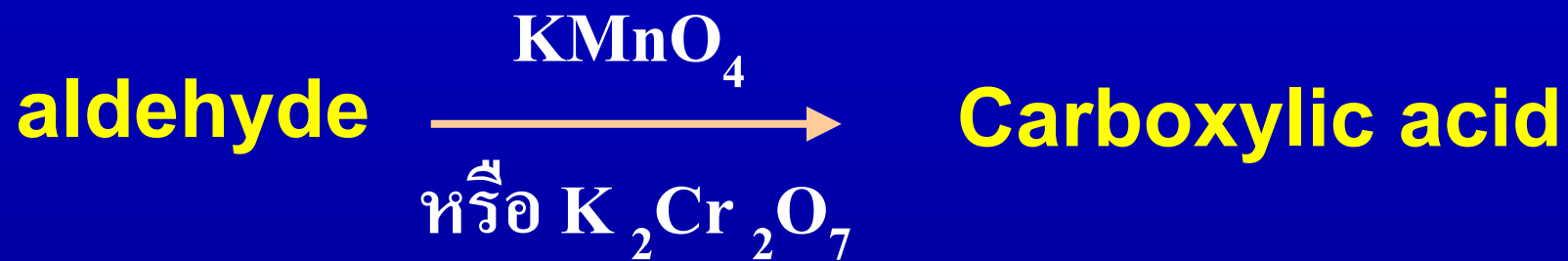


acetaldehyde



acetone

## ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลดีไฮด์และคีโตน

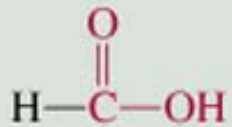


ketone จะถูก oxidise ได้ยากกว่า  
aldehyde

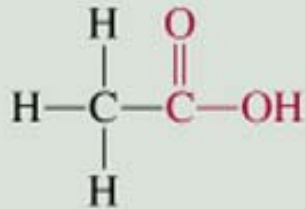
# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

## กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acids)

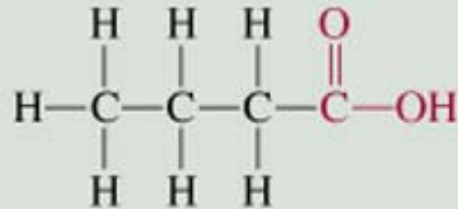
มีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl,  $-\text{COOH}$ ) เป็นองค์ประกอบ



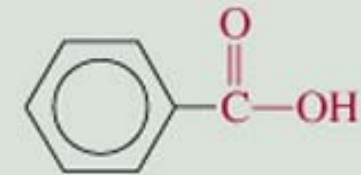
Formic acid



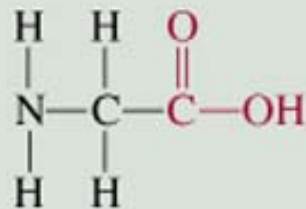
Acetic acid



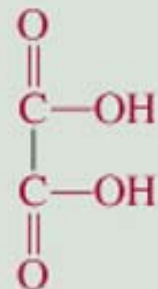
Butyric acid



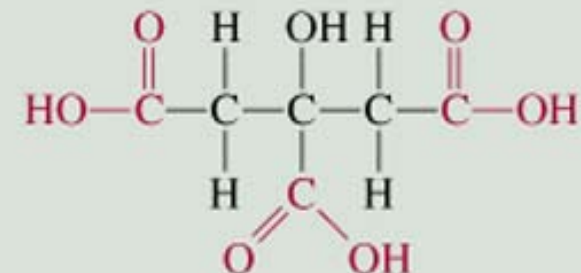
Benzoic acid



Glycine



Oxalic acid



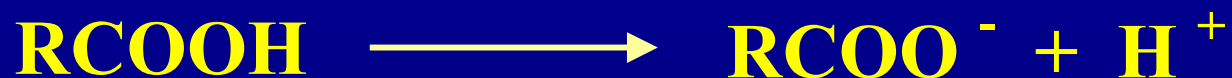
Citric acid

# ปฏิกิริยาที่สำคัญของ carboxylic acid

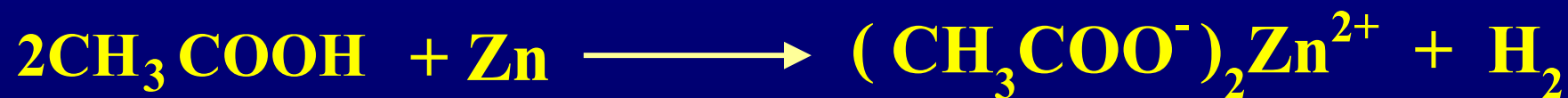
## 1. Acidity

## 2. เปลี่ยนเป็น Ester

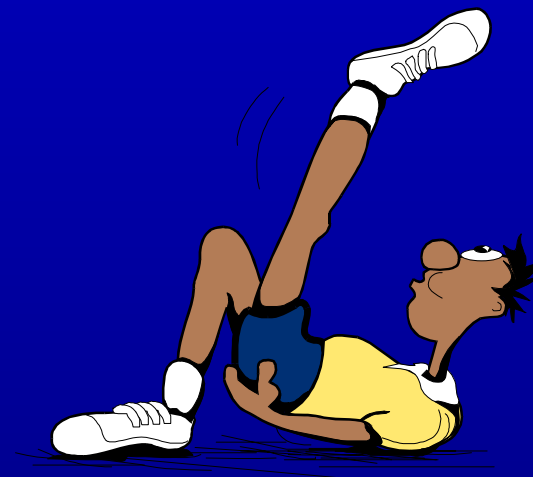
### 1. Acidity



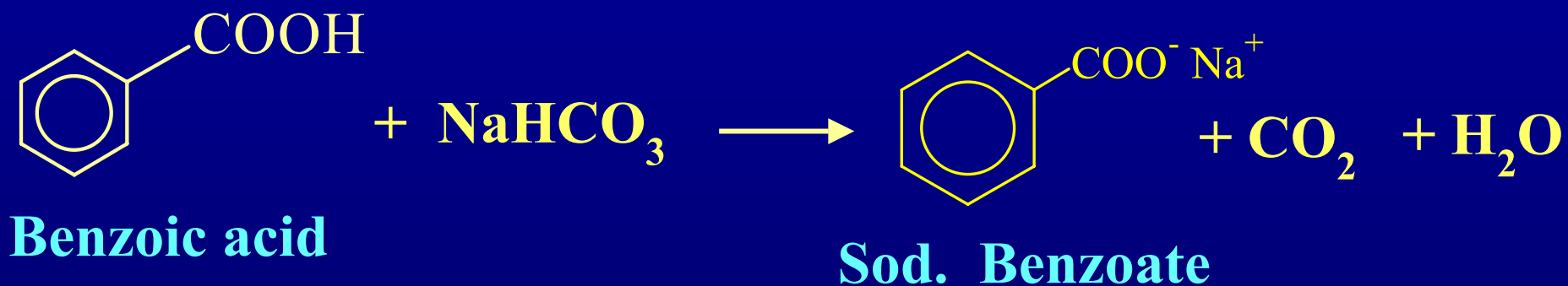
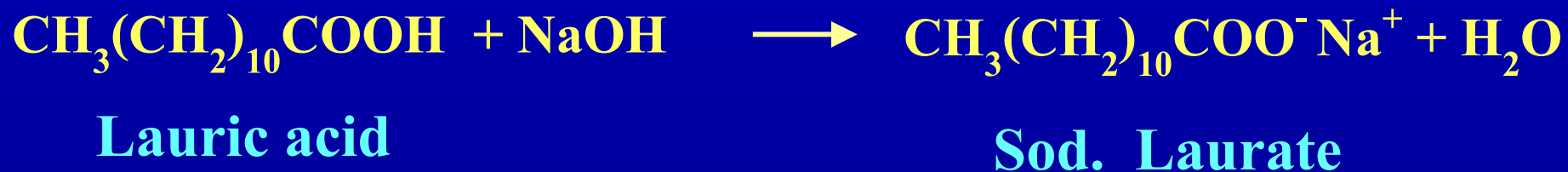
เกิด salt



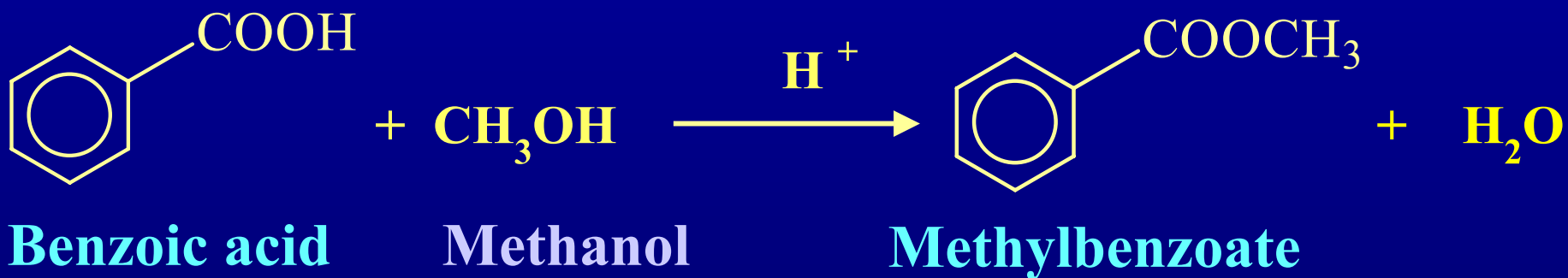
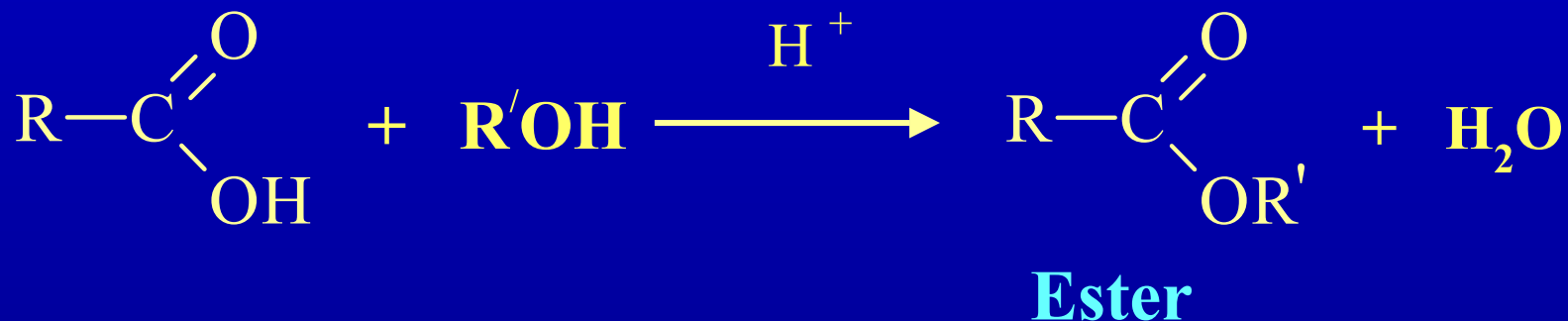
Zinc acetate



## 1. Acidity (ต่อ)



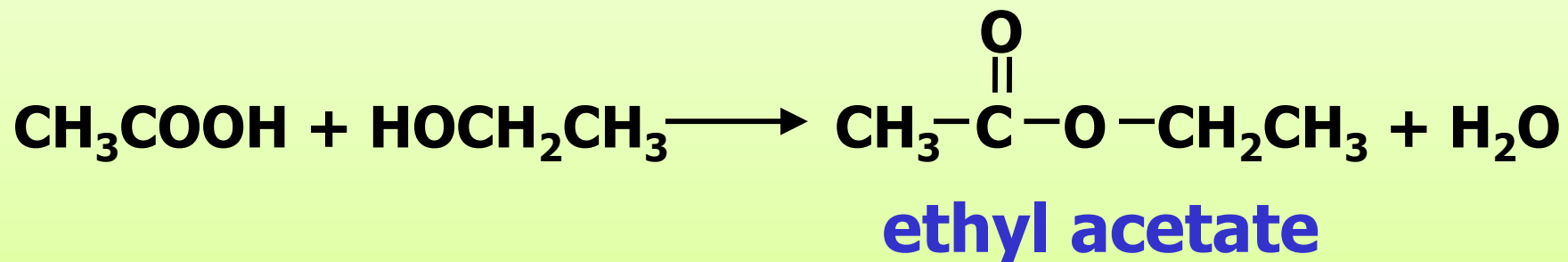
## 2. เปลี่ยนเป็น Ester



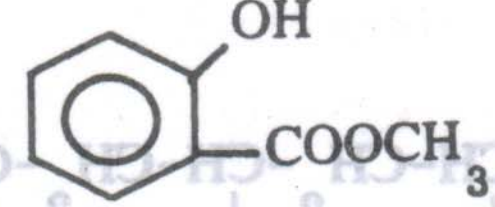
# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

## เอสเทอร์ (Esters)

มีสูตรทั่วไปคือ  $R'COOR$

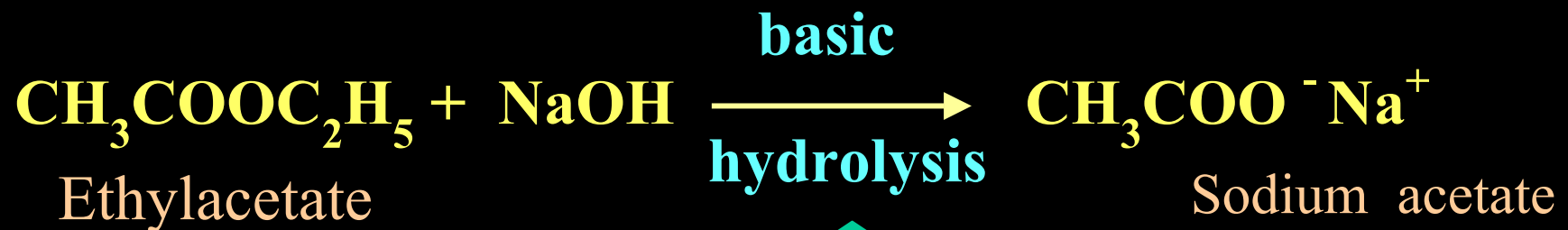


# เอสเทอร์ (Esters)

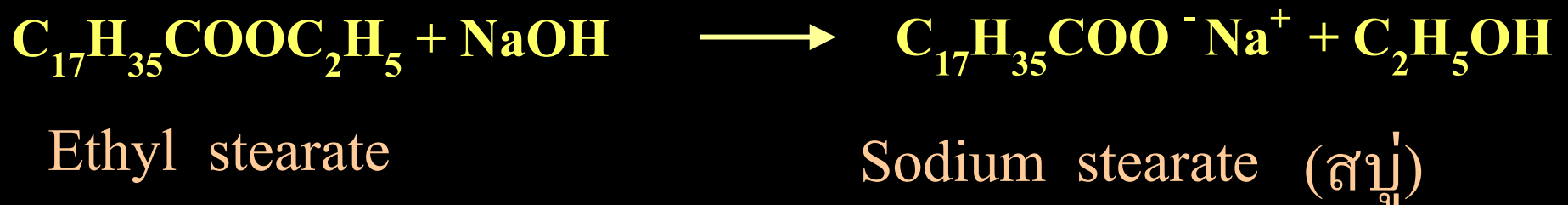
ชื่อสามัญ	สูตรโครงสร้างอย่างย่อ	กลิ่น
Ethyl acetate	$\text{CH}_3 \text{COOCH}_2 \text{CH}_3$	ดอกนวมแมว
n-Butyl acetate	$\text{CH}_3 \text{COOCH}_2 (\text{CH}_2)_2 \text{CH}_3$	กล้วยหอม
Methyl butyrate	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 \text{COOCH}_3$	แอปเปิ้ล
n-Octyl acetate	$\text{CH}_3 \text{COOCH}_2 (\text{CH}_2)_6 \text{CH}_3$	ส้ม
Ethyl butyrate	$\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{COOCH}_2 \text{CH}_3$	สับปะรด
Methyl salicylate		น้ำมันระกำ

# ปฏิกิริยาที่สำคัญของ ester

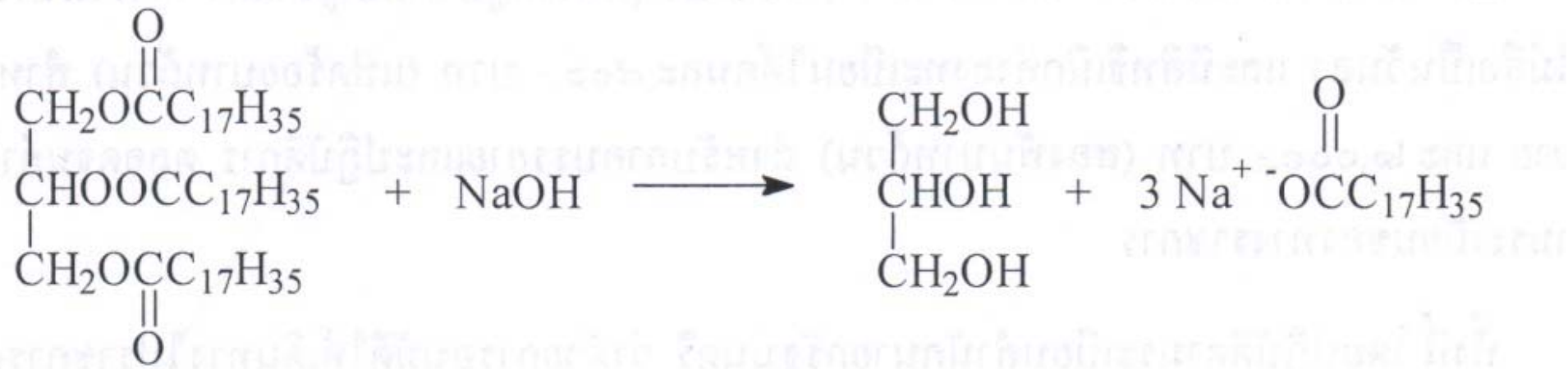
## Hydrolysis



↑  
Saponification



# การเตรียมสบู่ในอุตสาหกรรม



fat

glycerol

sodium salt of fatty acid

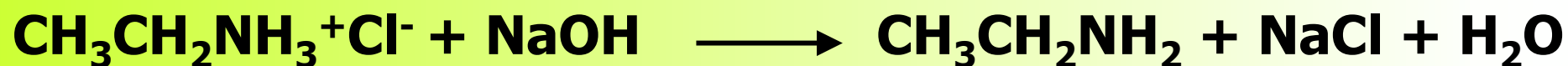
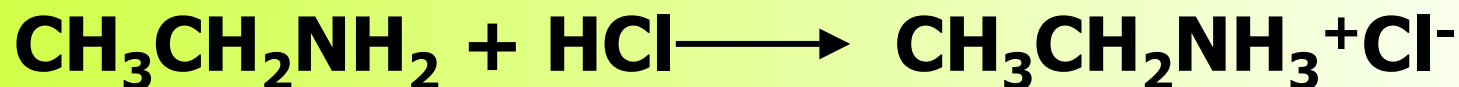
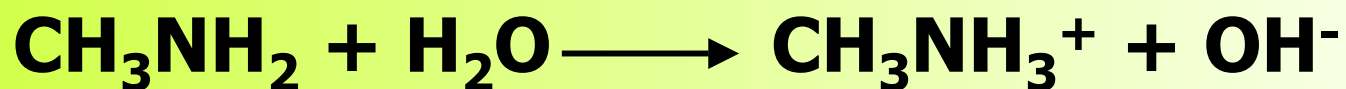
(สบู่)

## เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

### เอมีน (Amines)

มีฤทธิ์เป็นเบส มีกลิ่นเหม็น

มีสูตรทั่วไปคือ  $R_3N$  เมื่อ R อาจเป็น H แอลคิล หรือแอริล



# เอมีน (Amines)



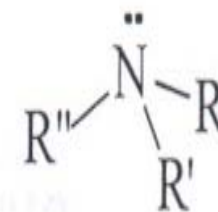
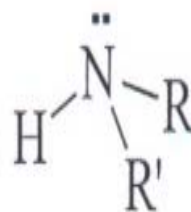
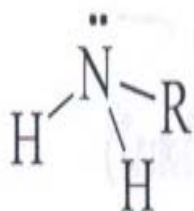
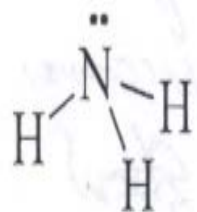
**Primary Amine**



**Secondary Amine**



**Tertiary Amine**

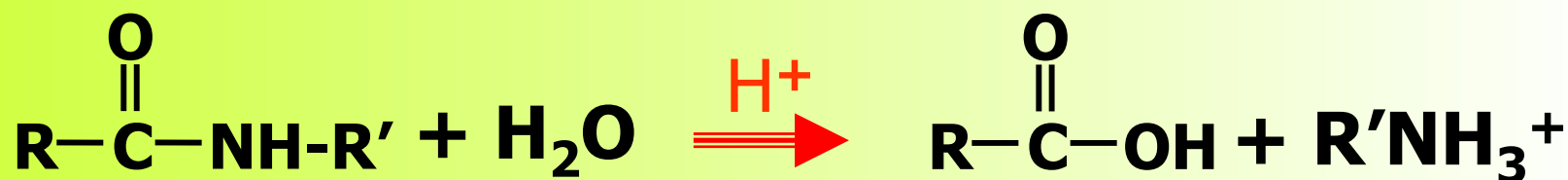
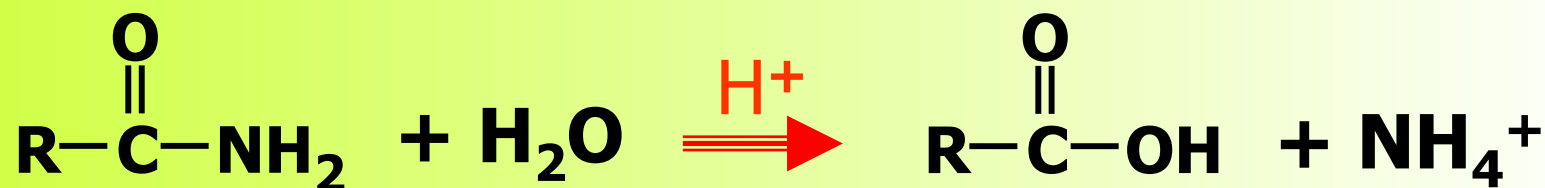


# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

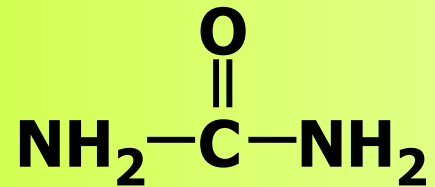
## เอไมด์ (Amides)

เป็นอนุพันธ์ของกรดอินทรีย์ มีหมู่อะมิโด (Amido) หรือ

หมู่เอไมด์  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$  มีสูตรทั่วไปคือ  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$



## ยูเรีย (Urea)



### การผลิตยูเรียในอุตสาหกรรม



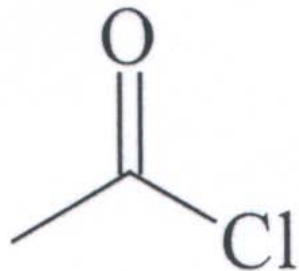
# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

## เอซิดคลอไรด์ (Acid chlorides)



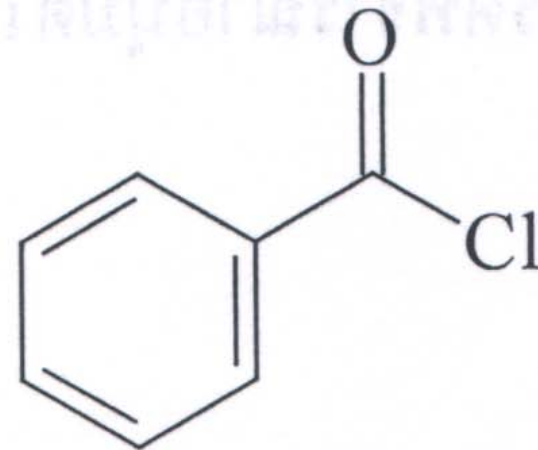
# การเรียกชื่อเอซิดคลอไรด์

เรียกเป็น **Alkanoyl chloride**



ethanoyl chloride

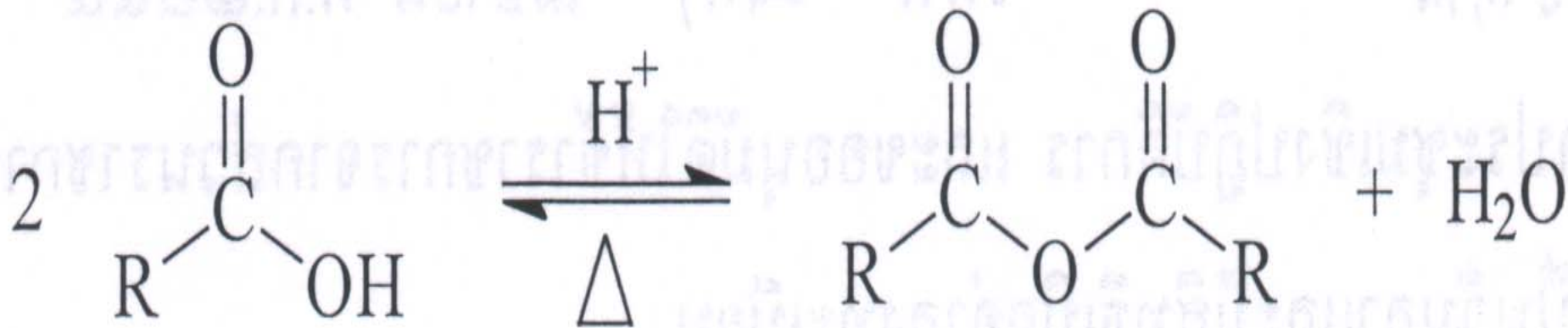
(ชื่อสามัญ: acetyl chloride)



benzoyl chloride

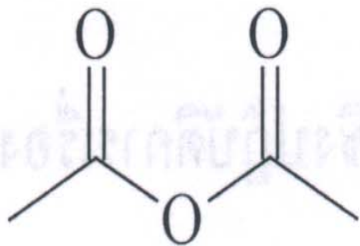
## เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

### เอซิดแอนไฮไดรด์ (Acid anhydride)



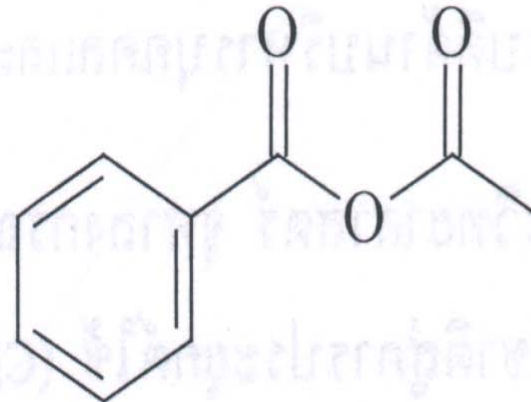
# การเรียกชื่อเอซิดแอนไฮไดรด์

เรียกเป็น **Alkanoic anhydride**



ethanoic anhydride

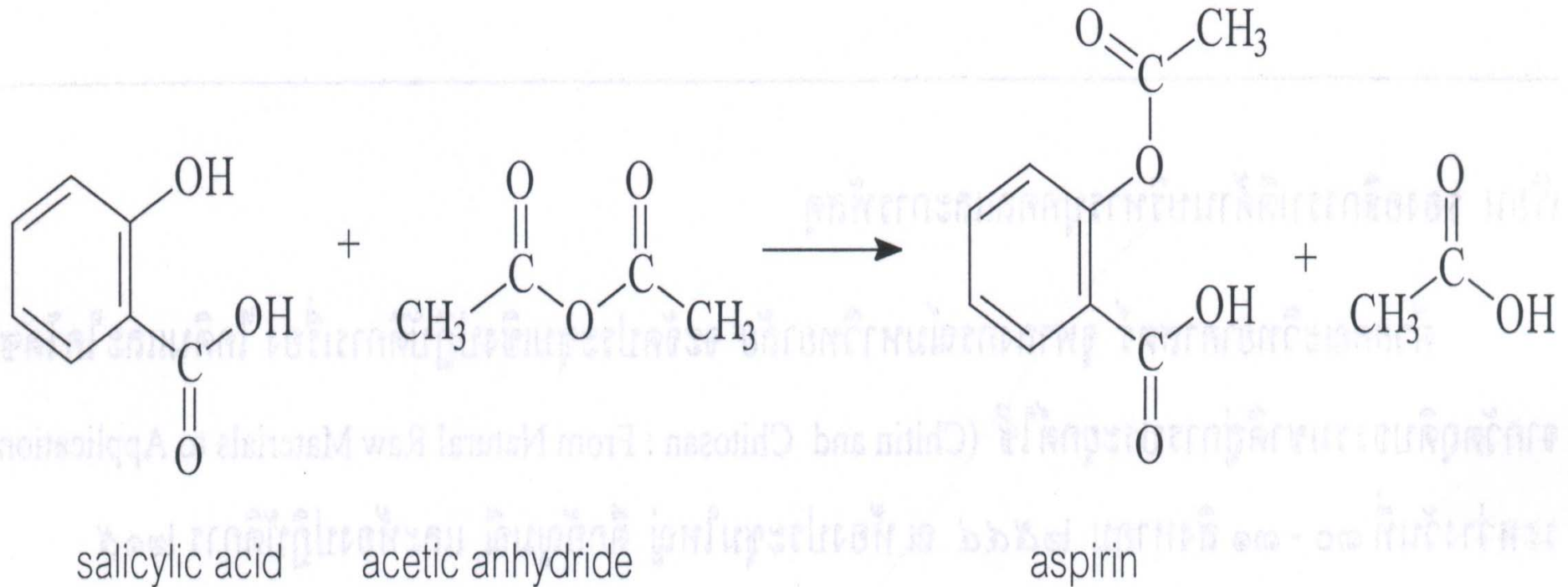
(ชื่อสามัญ: acetic anhydride)



benzoic ethanoic anhydride

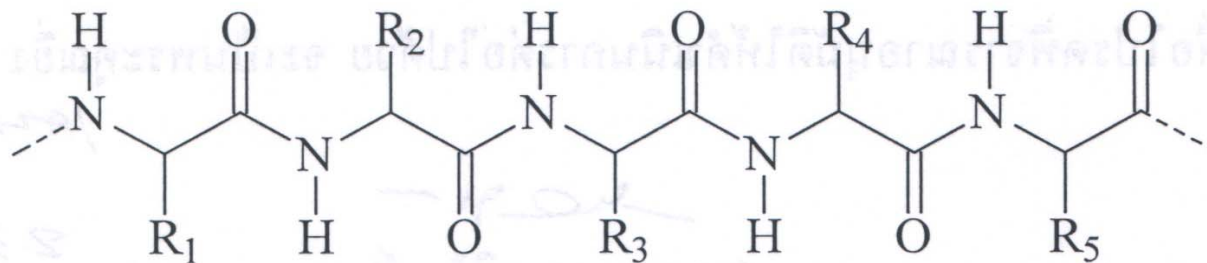
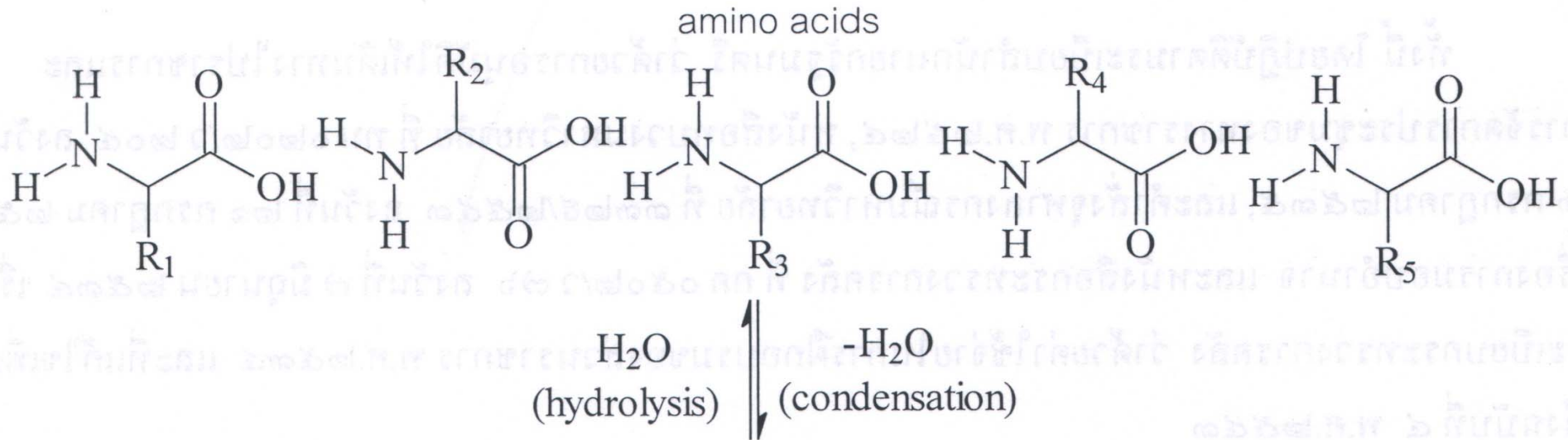
(ชื่อสามัญ: benzoic acetic anhydride)

# การสังเคราะห์ยาแอสไพริน



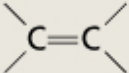
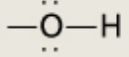
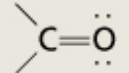
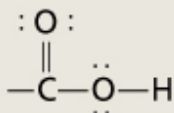
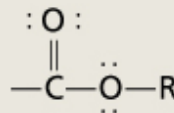
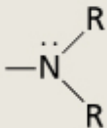
# เคมีของหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group Chemistry)

## กรดอะมิโนและโปรตีน (Amino acids and Proteins)

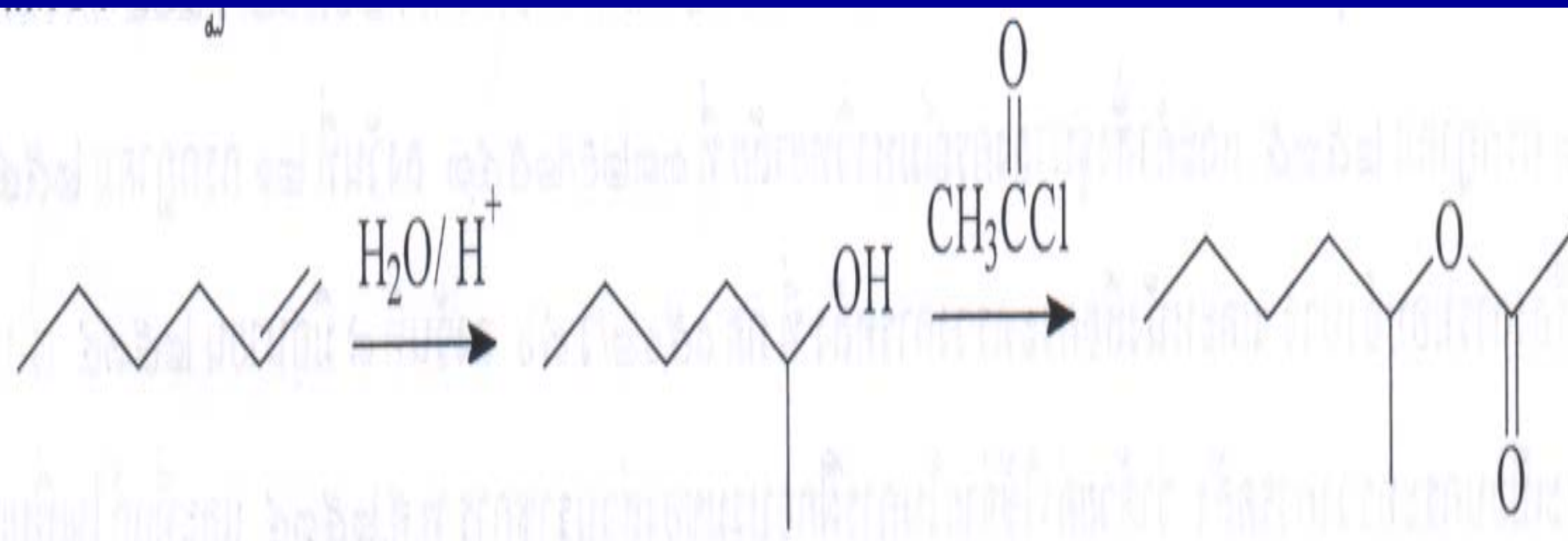
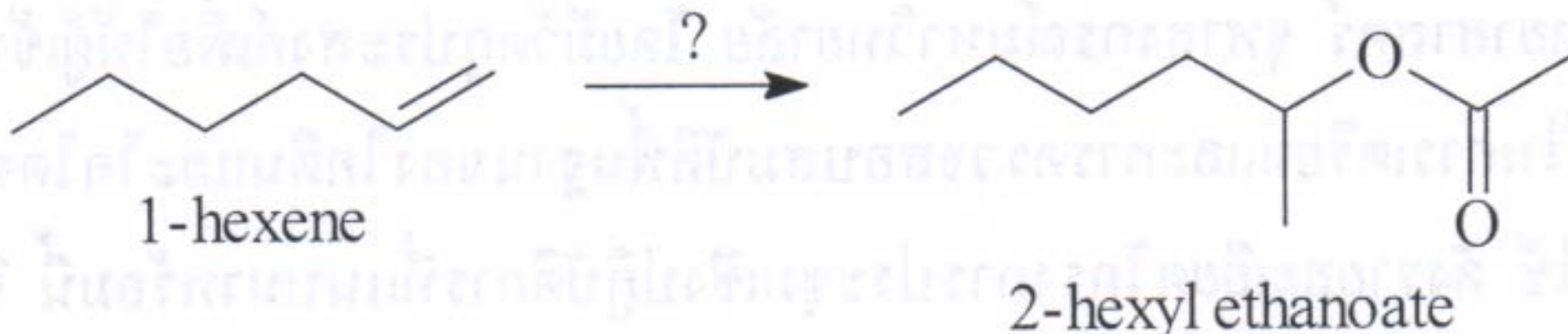


peptide or protein

**Table 24.4** Important Functional Groups and Their Reactions

Functional Group	Name	Typical Reactions
	Carbon-carbon double bond	Addition reactions with halogens, hydrogen halides, and water; hydrogenation to yield alkanes
$-\text{C}\equiv\text{C}-$	Carbon-carbon triple bond	Addition reactions with halogens, hydrogen halides; hydrogenation to yield alkenes and alkanes
$-\ddot{\text{X}}:$ (X = F, Cl, Br, I)	Halogen	Exchange reactions: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{KI} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{I} + \text{KBr}$
	Hydroxyl	Esterification (formation of an ester) with carboxylic acids; oxidation to aldehydes, ketones, and carboxylic acids
	Carbonyl	Reduction to yield alcohols; oxidation of aldehydes to yield carboxylic acids
	Carboxyl	Esterification with alcohols; reaction with phosphorus pentachloride to yield acid chlorides
 (R = hydrocarbon)	Ester	Hydrolysis to yield acids and alcohols
 (R = H or hydrocarbon)	Amine	Formation of ammonium salts with acids

# การสังเคราะห์สารอินทรีย์ (Organic Synthesis)



# QUIZ 6

สาร A + เอทานอล  $\rightleftharpoons$  สาร B + H<sub>2</sub>O

สาร B + H<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons$  กรดอะซิติก + สาร C

สาร A B และ C เป็นสารอะไร  
ชื่อ IUPAC และ สูตรโครงสร้าง