

## บทที่ 4

### อัลเคนและไฮโดรเจนออกไซด์

จุดประสงค์ เมื่อศึกษาบทนี้จะเห็นได้ว่า นักศึกษาควรจะสามารถ

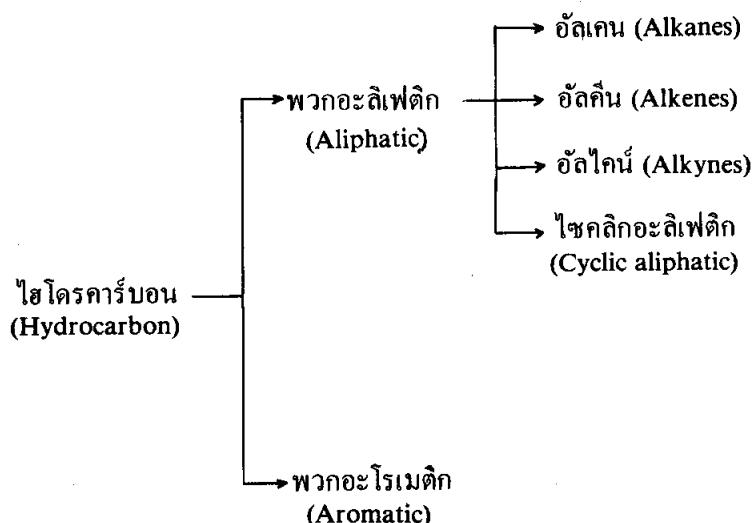
1. บอกเหตุการณ์ที่พบໄ้สื่อการเรียนในธรรมชาติและวิธีการแยกสารประกอบหน้าผ่านจากธรรมชาติได้
2. เขียนก้อนพอร์เมชันของอัลเคนและไฮโดรเจนออกไซด์
3. เรียงชื่อสารประกอบอัลเคนและไฮโดรเจนออกไซด์ทุกรูปแบบ
4. ประยุกต์ใช้บุญสมวิถีทางการแยกของอัลเคนและไฮโดรเจนออกไซด์
5. แสดงปฏิกิริยาการเครื่องยนต์อัลเคนและไฮโดรเจนออกไซด์ในห้องปฏิบัติการโดยวิธีต่าง ๆ ได้
6. เขียนกลไกของปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยเชิงไลเซนในอัลเคนโดยปฏิกิริยาเกิดแบบฟรี-เราวัตต์ได้
7. อธิบายและยกตัวอย่างปฏิกิริยาเดลซ์-อัลเดอร์ได้
8. เขียนผลิตผลของปฏิกิริยาการแทนที่ในพวกไฮโดรเจนออกไซด์ที่มีขนาดของวงต่าง ๆ กันได้

#### 4.1 ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons)

ไฮโดรคาร์บอนหมายถึงสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอนแบ่งตามลักษณะโครงสร้างออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภทคือ

1. อะลีฟิติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic hydrocarbons)
2. อะโรเมติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbons)

อะลีฟิติกไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยสารประกอบชนิดอิมตัว (saturated compounds) และสารประกอบชนิดไม่อิมตัว (unsaturated compounds) สารประกอบชนิดอิมตัวจะประกอบด้วยพันธะเดี่ยวเท่านั้น ส่วนสารประกอบชนิดไม่อิมตัวจะประกอบด้วยพันธะคู่หรือพันธะสามด้วย อะลีฟิติกไฮโดรคาร์บอนแบ่งเป็นประเภทอื่น ๆ ดังแสดงในแผนผังต่อไปนี้



อะโรเมติกไฮโดรคาร์บอนเป็นสารประกอบที่โครงสร้างมีวงอะโรเมติก (aromatic ring) ซึ่งจะได้กล่าวในบทเฉพาะเรื่องต่อไป

สำหรับในบทนี้จะได้กล่าวถึงสารประกอบพากอัลเคนและไฮโคลอัลเคน เกี่ยวกับโครงสร้างวิธีเรียกชื่อ คุณสมบัติ วิธีเตรียมและปฏิกริยาทางเคมี

#### 4.2 แหล่งที่พนในธรรมชาติ (Natural sources)

แหล่งธรรมชาติที่สำคัญของไฮโดรคาร์บอนได้แก่ ปิโตรเลียม (petroleum) และกําชธรรมชาติ (natural gas)

ปิโตรเลียมและกําชธรรมชาติเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์จากทรัพพิชทรากสต๊าร์ทที่ทับถมอยู่ใต้ดินเป็นเวลาช้านานหลายล้านปี เนื่องจากมีการบีบอัดของชั้นดินชั้นหินและความร้อนให้พื้นโลกจะทำให้สารอินทรีย์เหล่านั้นถูกย่อยสลายออกเป็นกําช แต่ถ้าไม่ได้พื้นโลกเป็นระยะหลายพันหลายหมื่นปี น้ำมันดินที่กักเก็บอยู่หรือสารอินทรีย์ที่สลายตัวบางส่วนอาจจะถูกย่อยสลายเป็นกําช ซึ่งทั้งน้ำมันดินและกําชธรรมชาตินี้เมื่ออยู่ในแหล่งของมันจะมีความดันสูงมาก ดังนั้นเมื่อเจาะมันจะพุ่งขึ้นมา

คำว่าปิโตรเลียมหมายความรวมทั้งน้ำมันดิน กําชธรรมชาติ และกําชธรรมชาติเหลว

##### 4.2.1 ปิโตรเลียม ปิโตรเลียมเป็นแหล่งธรรมชาติที่สำคัญที่สุดของไฮโดรคาร์บอน

ปิโตรเลียมประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่มีเรนซิ่งน้ำมัน 1 ตัว ไปจนถึงพากที่มีการ์บอนมากกว่า 50 ตัว ซึ่งมีจุดเดือดแตกต่างกันเนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลไม่เหมือนกัน

น้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันดินมีลักษณะเป็นของเหลว มีสีน้ำตาลแก่ถึงดำ นอกจากประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนแล้ว อาจมีธาตุ ออกซิเจน ในโครงสร้าง กำมะถัน แร่ธาตุ ต่าง ๆ และสิ่งเจือปนอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย คุณสมบัติของน้ำมันดินจะแตกต่างกันไปตามแหล่งหรือปอน้ำมันที่ขุดเจาะขึ้นมา

การกลั่นน้ำมันดินเป็นกรรมวิธีแยกน้ำมันออกเป็นส่วน ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติที่แตกต่างกันของจุดเดือดของไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันดิน กรรมวิธีในการกลั่นน้ำมัน 2 แบบคือ กลั่นในบรรยายการศรัณดราและกลั่นภายในตู้เผา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำมันดินและผลิตผลที่ต้องการ

ตารางที่ 4.1  
ส่วนต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิน

ชื่อส่วนต่าง ๆ	อุณหภูมิเดือด °C	จำนวน	ประโยชน์ .*
1. ก๊าซธรรมชาติ (natural gas)	< 20°	C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	เชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิง หุงต้ม เชื้อเพลิงให้ความ ร้อน
2. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)	20 - 60°	C <sub>5</sub> - C <sub>6</sub>	ตัวทำละลาย
3. ลิโกรอิน (ligroin)	60 - 90°	C <sub>6</sub> - C <sub>7</sub>	ตัวทำละลาย
4. ก๊าซโซลีน (gasoline)	50 - 200°	C <sub>6</sub> - C <sub>12</sub>	เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์
5. เคโรสีน (kerosene)	200 - 300°	C <sub>12</sub> - C <sub>18</sub> และ <sup>+</sup> พวกอะโรเมติก	เชื้อเพลิงในเครื่องบินและ ใช้จุดตะเกียง
6. ก๊าซอยล์ (gas oil) (น้ำมันดีเซล, น้ำมันเตา)	> 275°	C <sub>13</sub> - C <sub>18</sub>	เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ดีเซล เชื้อเพลิงในโรง <sup>+</sup> ไฟฟ้าและอุตสาหกรรม
7. น้ำมันหล่อลื่น (lubricating oil)	เป็นของเหลว ที่ไม่ระเหย ถูกกลั่น <sup>+</sup> ออกโดยลดความ ดัน	C <sub>20</sub> - C <sub>30</sub>	น้ำมันหล่อลื่น
8. แอสฟัลต์ หรือ ยางมะตอย (asphalt)	ไม่ระเหยและ ไม่สามารถถูกกลั่น <sup>+</sup> ออกมากได้จะ เหลืออยู่จาก การกลั่น	พวกที่มีโครง สร้างเป็น polycyclic	ราดถนน

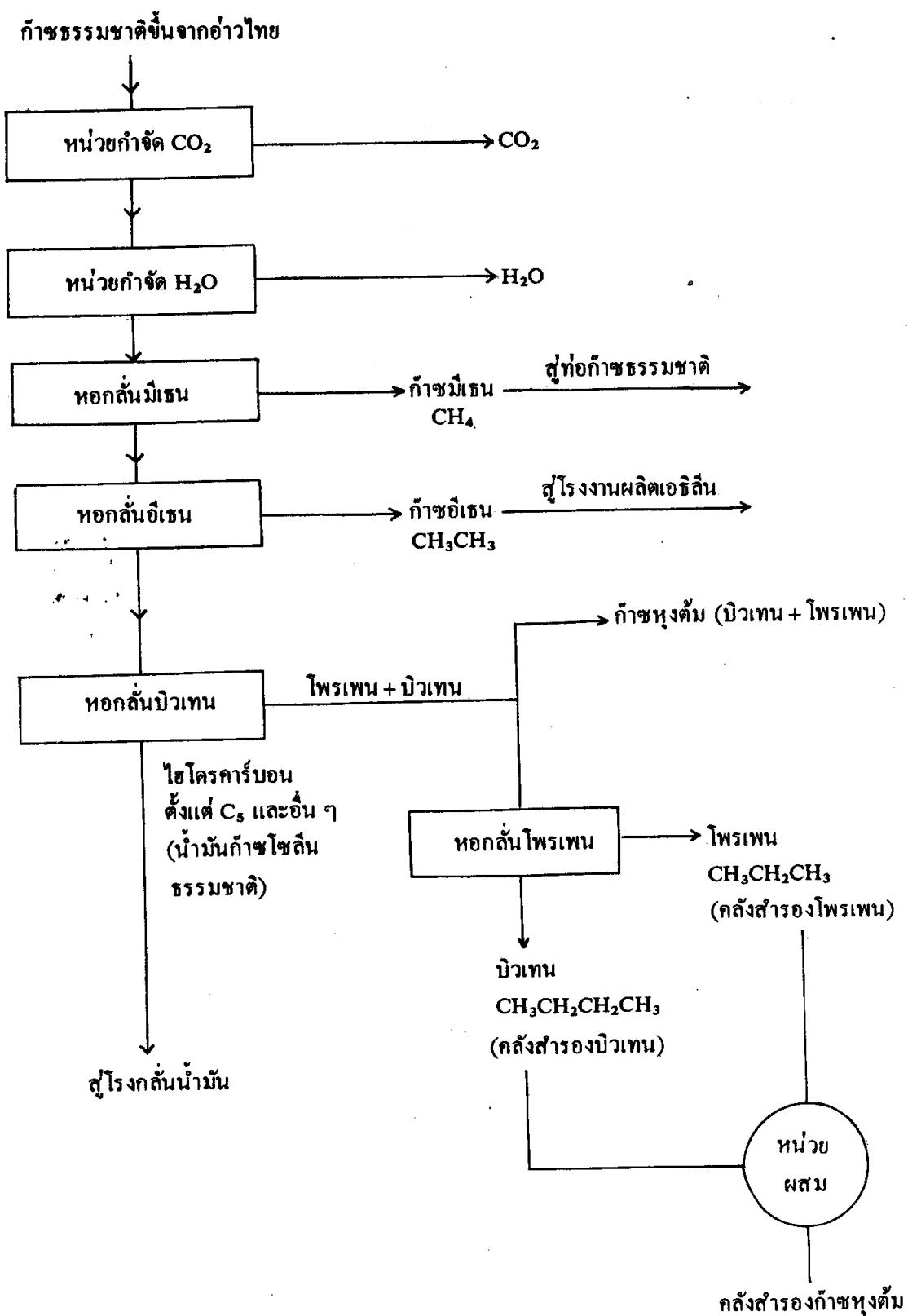
จากตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงส่วนต่าง ๆ (fractions) ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปีโตรเลียม หรือน้ำมันดิบ จะเห็นได้ว่าเมื่อกลั่นน้ำมันดิบแล้วเก็บส่วนต่าง ๆ ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของชุดเดือดเฉลี่ยต่าง ๆ นั้น แต่ละส่วนก็ยังคงเป็นของผสมของไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด และสามารถนำแต่ละส่วนเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กัน

ถึงแม้ว่าปีโตรเลียมเป็นของผสมที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนมากหมายหลายชนิด ไฮโดรคาร์บอนบางตัวคือก๊าซถูกแยกออกมาได้อีก เช่น บาริสุทธิ์ โดยเฉพาะพวกที่มีจำนวนcarbanon ไม่เกิน 6 ตัว ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ผลิตผลต่าง ๆ มากมาย เช่น ยางสังเคราะห์ ในลอน เส้นใยโพลีเอสเทอร์ ผงซักฟอก พลาสติก สีข้อม ฯลฯ ผลิตผลที่ได้ดัดแปลงมาจากปีโตรเลียมเหล่านี้เรียกว่า ปีโตรเคมิกัล (petrochemicals)

4.2.2 ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับน้ำมันปีโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่จะเป็นพวกลักษณะที่ระเหยง่าย ซึ่งได้แก่ลักษณะที่ประกอบด้วยการบันตั้งแต่ 1 ถึง 4 ตัว คือ เมธาน (methane), อีthan (ethane), โปรดเพน (propane), และบิวแทน (butane) นอกจากนี้อาจมีก๊าซอื่น ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ในโตรเจน บางทีก็มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ ฯลฯ

เมื่อแยกก๊าซธรรมชาติจะได้ก๊าซต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งก๊าซกลางทะเลอ่าวไทย เมื่อผ่านโรงงานแยกก๊าซที่จังหวัดระยอง จะได้ก๊าซต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการ โรงงานแยกก๊าซมีแผนผัง\* แสดงการแยกก๊าซธรรมชาติดังนี้

\* จากเอกสารการปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย ศูนย์ประชาสัมพันธ์ การปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย 25 กันยายน 2524



กําชธรรมชาติที่แยกได้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. เมธาน ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัสดุดีบุนในการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เมธานอล ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ยูเรีย (urea) , แอมโมเนียม ฯลฯ

2. อีเทน, โพรเพน, บิวเทน ใช้เป็นวัสดุดีบุนในอุตสาหกรรมเบ็ตโตรเคมีกัล เช่น ผลิตพลาสติก ในลอน ยางเทียน ฯลฯ

3. กําชทุงต้ม หรือเรียกว่ากําชปีโตรเลียมเหลว (L.P.G. มาจากคำว่า Liquified Petroleum Gas) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า “แอล.พ.จ.” เป็นของสมควรห่วงโพรเพนและบิวเทน ในอัตราส่วนประมาณ 30 : 70

แอล.พ.จ. มีคุณสมบัติประจาร์ตัวที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ เมื่อให้ความดันค่อนข้างสูงที่อุณหภูมิบรรยายกาศจะกลายสภาพเป็นของเหลว แต่พอลดความดันคืนไปล้อของเหลวนี้ออกสู่บรรยายกาศของเหลวจะกลายสภาพเป็นกําชทันที

กําชทุงต้มหรือ แอล.พ.จ. นี้มีประโยชน์ในการใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มและใช้ทดแทนน้ำมันที่ใช้กันเครื่องยนต์ต่าง ๆ

#### 4.3 โครงสร้างและคุณฟอร์เมชันของอัลเคนและไซโคลอัลเคน

อัลเคนมีสูตรทั่วไป  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

ไซโคลอัลเคนมีสูตรทั่วไป  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$

จะเห็นได้ว่าไซโคลอัลเคนมีจำนวนไฮโดรเจนอะตอมน้อยกว่าอัลเคน 2 อะตอม

ตัวอย่าง

อัลเคน



Propane ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )

ไซโคลอัลเคน



Cyclopropane ( $\text{C}_3\text{H}_6$ )



Butane ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )

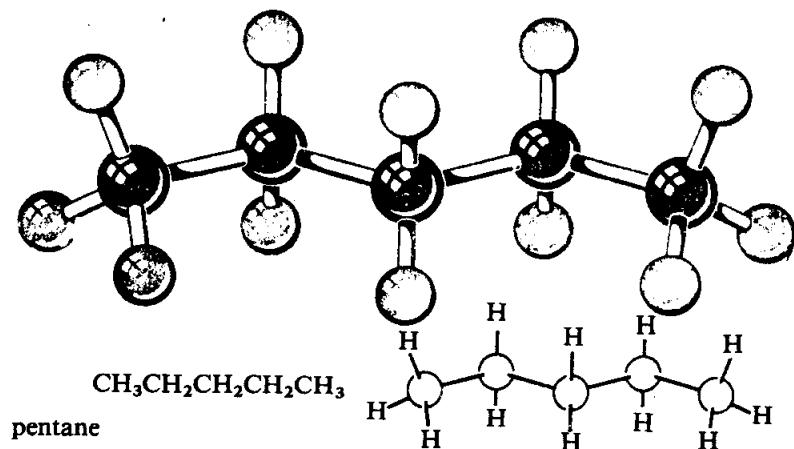
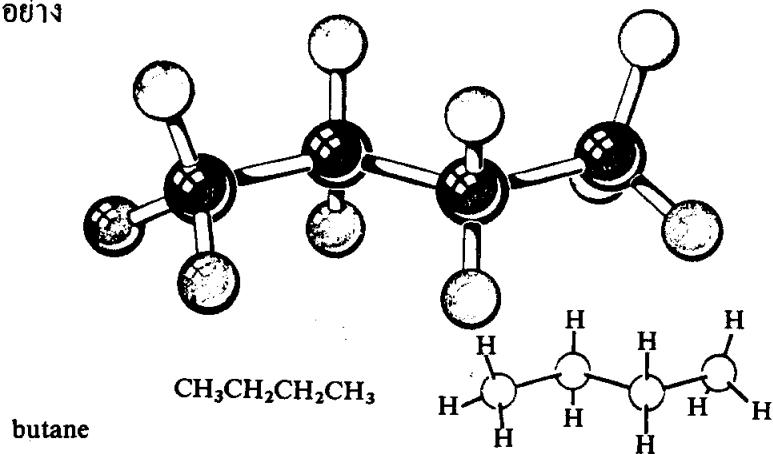


Cyclobutane ( $\text{C}_4\text{H}_8$ )

ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 1.7.1 ว่า ใน การสร้างโมเลกุลของอัลเคน การ์บอนอะตอมมีการใช้บริดแบบ  $sp^3$  เช่น การสร้างโมเลกุลของมีเซนดังรูปที่ 1.6 และการสร้างโมเลกุลของอีเทนดังรูปที่ 1.8 พันธะในอัลเคนเป็นพันธะซิกماและเป็นพันธะเดี่ยวที่สามารถหมุนรอบตัวได้อย่างอิสระ หมุนพันธะทุกหมุนการท่ากันหมัดคือ  $109.5^\circ$

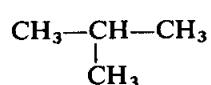
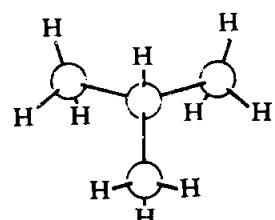
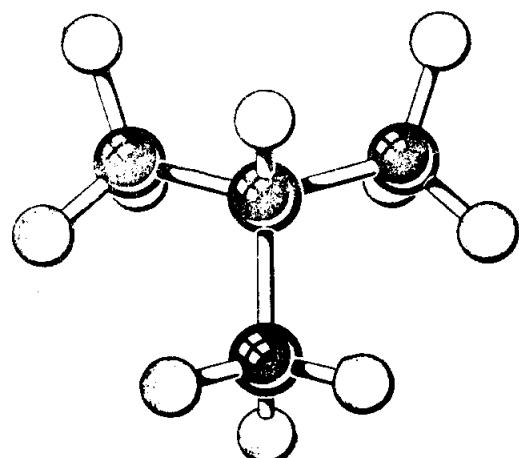
อัลเคนที่มีโครงสร้างเป็นโซ่อิง เมื่อเขียนสูตรโครงสร้างแบบ 3 มิติจะเห็นว่าสายโซ่มีลักษณะซักแซกไม่ได้เป็นเส้นตรงที่เดียว ทั้งนี้เนื่องจากหมุนพันธะทุกหมุนการ  $109.5^\circ$  และอัลเคนที่ไม่มีแขนงนี้เรียกว่า “normal” อัลเคน แต่ละการ์บอนต่อพันธะกับการ์บอนอีก 2 อะตอมเท่านั้น

ตัวอย่าง

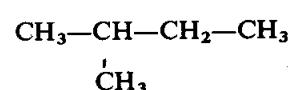
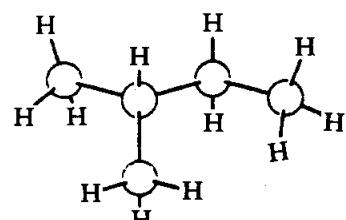
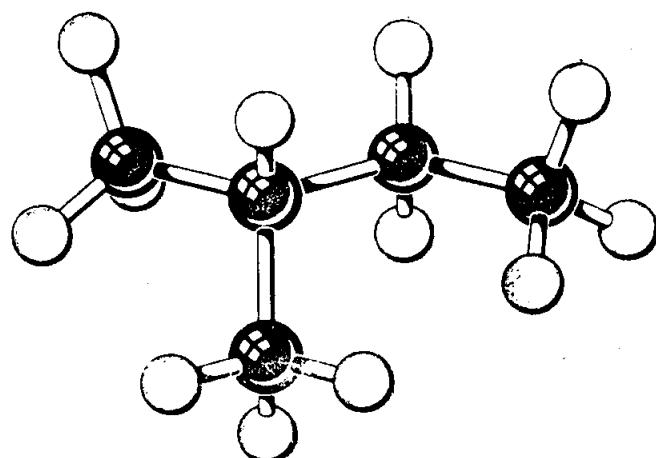


ถ้าอัลเคนนี้โครงสร้างเป็นโซ่แนงจะเห็นได้ว่า แต่ละคาร์บอนมีพันธะกับคาร์บอนอื่นมากกว่า 2 อะตอม

ตัวอย่าง



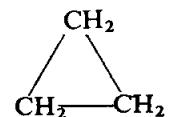
isobutane



isopentane

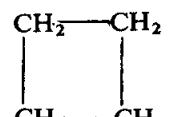
การที่อัลเคนนี้พันธะเดียวซึ่งหมุนรอบได้อย่างอิสระ จึงทำให้มีค่อนฟอร์เมชันได้หลายแบบ ซึ่งตัวอย่างค่อนฟอร์เมชันของอีเทนและบิวเทน ได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 3.7.1

สำหรับไซโคลอัลเคนมีโครงร่างเป็นวง ขนาดของวงมีขนาดตั้งแต่ครึ่งบัน 3 อะตอมขึ้นไป โครงสร้างของวงที่มีจำนวนครั้งบันไม่มากนัก มีดังนี้



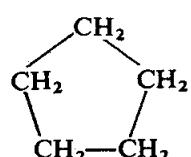
Cyclopropane

หรือเขียนเป็น



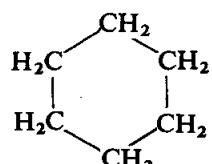
Cyclobutane

หรือเขียนเป็น



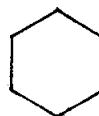
Cyclopentane

หรือเขียนเป็น



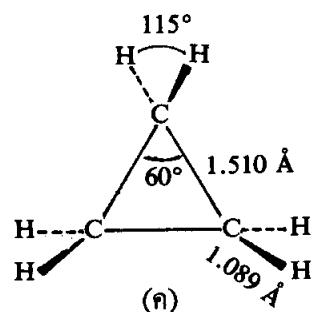
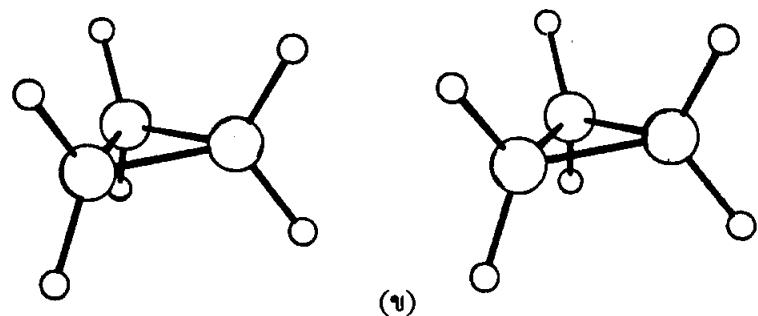
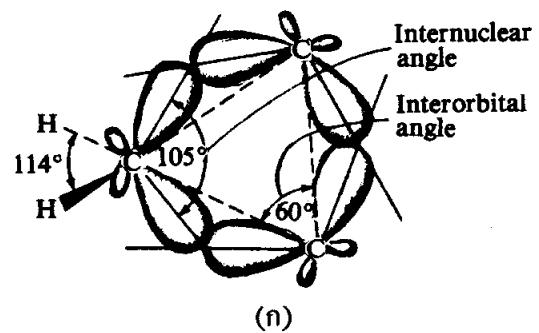
Cyclohexane

หรือเขียนเป็น



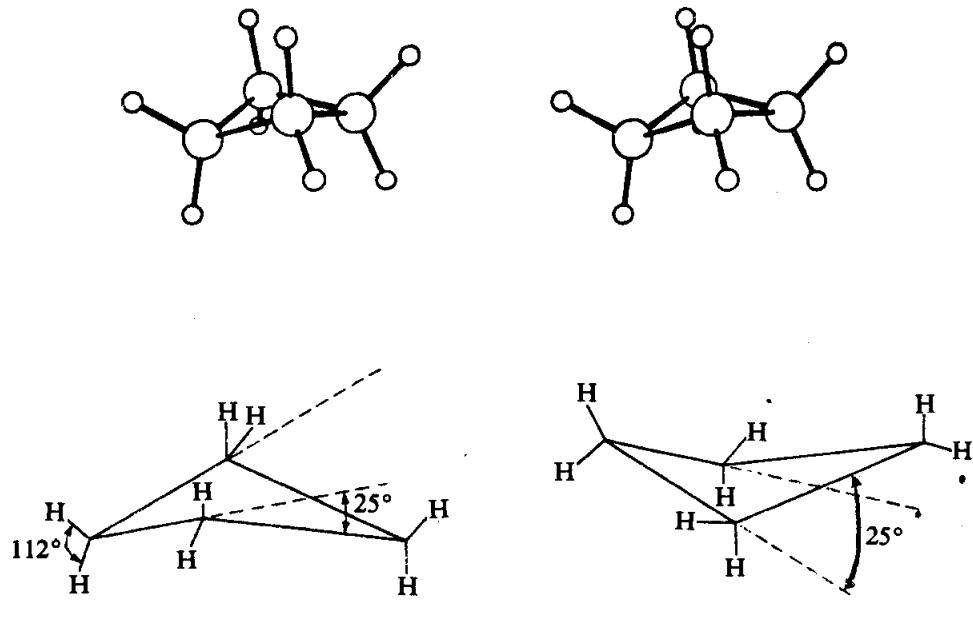
ในการที่โครงร่างของไซโคลอัลเคนเป็นวง หมุนของ C-C-C ในวงที่เบี่ยงเบนไปจากมุมเดตระเอ็ตรอน ( $109.5^\circ$ ) เรียกว่า angle strain ซึ่งจะมีผลต่อเสถียรภาพของไซโคลอัลเคนเหล่านั้น อย่างไรก็ตามเสถียรภาพของไซโคลอัลเคนยังขึ้นอยู่กับ strain อย่างอ่อนด้วยดังกล่าวแล้วในหัวข้อที่ 3.7.2

ไซโคลโพเรเพน (Cyclopropane) ไซโคลโพเรเพน,  $\text{C}_3\text{H}_6$  ไม่เดคุณแบบราบ นี่ strain สูงมากจึงไม่ค่อยเสถียร ดังนั้นเมื่อทำปฏิกิริยาส่วนใหญ่วงจะแตกหักออกเป็นไซโคลโพเรเพน จากรูปที่ 4.1 (ก) และการเข้าเหลื่อมช่อง  $\text{sp}^3$  - ออร์บิตอลในไซโคลโพเรเพน ซึ่งมี angle strain สูงที่สุดในบรรดาไซโคลอัลเคนทั้งหลาย จะเห็นได้ว่ามุมพันธะ C-C-C เป็น  $60^\circ$  ซึ่งเป็นมุมระหว่างส่วนที่ลากผ่านนิวเคลียสของครั้งบัน (internuclear angle) และมุมระหว่างออร์บิตอลที่เที่ยว (interorbital angle) จะประมาณ  $105^\circ$



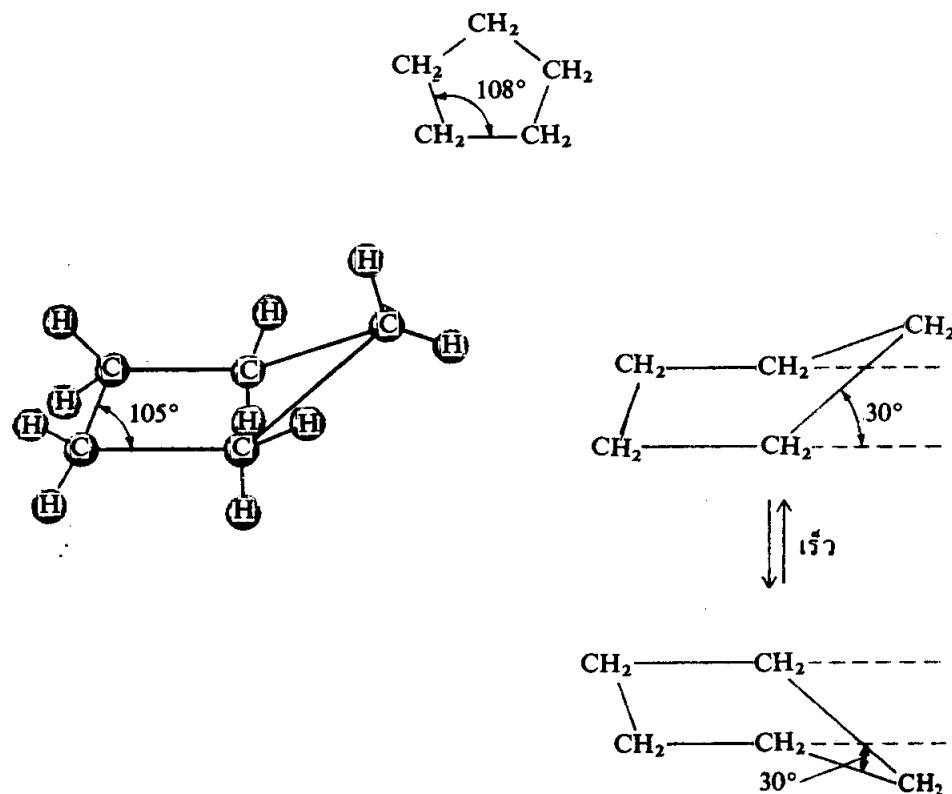
รูปที่ 4.1 (ก) แสดงการเข้าเหลี่ยมซ้อนของ  $sp^3$ - ออร์บิตอลในไฮโดรเจน  
 (ข) แสดงโครงสร้างแบบ 3 มิติ  
 (ค) แสดงนุ่มพันธะและความยาวพันธะ

ไฮโคลบิวเทน (Cyclobutane) ไฮโคลบิวเทน,  $C_4H_8$  โครงสร้างเป็นวงประgonด้วย carbon 4 อะตอมต่อกันเป็นรูปสี่เหลี่ยม มี angle strain น้อยกว่าไฮโคลเพน ไม่เลกุลของไฮโคลบิวเทนไม่แน่นราก แต่จะมีค่าองฟอร์เมชัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งค่าองฟอร์เมชันแบบนี้จะทำให้ torsional strain ลดลง



รูปที่ 4.2 แสดงค่าองฟอร์เมชันของไฮโคลบิวเทน

ไฮโคลเพนเทน (Cyclopentane) ไฮโคลเพนเทน,  $C_5H_{10}$  โครงสร้างเป็นวงซึ่งประกอบด้วย carbon 5 อะตอมต่อกันเป็นรูปห้าเหลี่ยม ไม่เลกุลจะไม่แน่นราก เพราะมี torsional strain มาก ถึงแม้ว่า angle strain น้อย แต่จะมีค่าองฟอร์เมชันดังแสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นว่ามี carbon 4 อะตอมอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน ส่วนอีก 1 อะตอมไม่อยู่ในแนวระนาบ การเกิดการปิดหรือการหักขึ้นหักลง (pucker) สามารถเกิดขึ้นได้รอบ ๆ วงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดค่าองฟอร์เมชันรูปซองจดหมายซึ่งมี strain น้อยกว่าโครงสร้างแบบราบและมีมุมพับจะ C-C-C ประมาณ  $105^\circ$



รูปที่ 4.3 แสดงค่อนฟอร์เมชันของไซโคเลพนเคน

ไซโคเลเซกเคน (Cyclohexane) ไซโคเลเซกเคน,  $C_6H_{12}$  เป็นตัวที่สำคัญที่สุดในบรรดาไซโคเลอัลเคนทั้งหลาย โครงร่างเป็นวงประgon ด้วยครั้งบอน 6 อะตอมต่อกันเป็นรูปหกเหลี่ยม ถ้าโครงสร้างแบบราบมุนของรูปหกเหลี่ยมจะเป็น  $120^\circ$  ซึ่งกว้างกว่ามุนเตตรี-ชีครอน ดังนั้นจะมี angle strain  $10.5^\circ$  ซึ่งไซโคเลเซกเคนไม่ควรจะเสถียร แต่ข้อเท็จจริงแล้วไซโคเลเซกเคนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เสถียร ดังนั้นโน้ตเดกุลไซโคเลเซกเคนจะไม่แบบราบ โครงสร้างของวงจะมีการบิดหรือหักขึ้นหักลงได้ค่อนฟอร์เมชันรูปต่าง ๆ เพื่อให้มีมุนพันจะใกล้เคียง  $109.5^\circ$

ค่อนฟอร์เมชันรูปต่าง ๆ ของไซโคเลเซกเคนได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 3.7.2 คือรูปเก้าอี้ รูปเรือ และรูปเรือบิด ซึ่งเมื่อเรียงลำดับเสถียรภาพของค่อนฟอร์เมชันต่าง ๆ เหล่านี้จากมากไปหาน้อย เป็นดังนี้

กอนฟอร์เมอร์  
รูปเก้าอี้ > กอนฟอร์เมอร์  
รูปเรือนบิด > กอนฟอร์เมอร์  
รูปเรือ



กอนฟอร์เมชันรูปเก้าอี้จะเป็นกอนฟอร์เมอร์ที่มีนุ่มพันธะไกล์เคียงมุนเดตระหีดron และไฮโดรเจนทุกคู่อยู่แบบสแตกเกอร์ จึงเป็นกอนฟอร์เมอร์ที่ไม่มี strain ใด ๆ เลย และเป็นกอนฟอร์เมอร์ที่เสถียรที่สุดในบรรดา กอนฟอร์เมอร์ต่าง ๆ ของไชโคลເຊົ້າເຊັນ (ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.7.2)

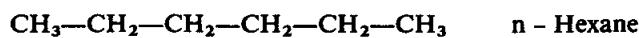
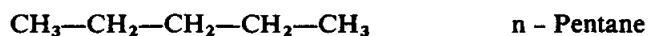
#### 4.4 การเรียกชื่ออัลเคน

##### การเรียกชื่ออัลเคน n ระบบ

###### 1. ระบบชื่อสามัญ (Common name)

1.1 กรณีที่สารประกอบเป็นโซ่อิง ให้ใช้คำว่า “normal” หรือเพิ่มย่อเป็น “n” นำหน้าในการอ่านชื่ออัลเคนนั้น

ตัวอย่าง

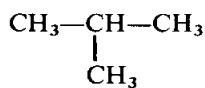


สารประกอบที่ไม่มีโซ่อิง เช่น มีเซน, อีเซน, โพรเพน ไม่ต้องใช้คำนำหน้าดังกล่าว

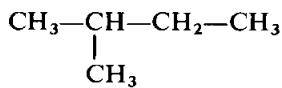
###### 1.2 กรณีที่สารประกอบเป็นโซ่แขนง

1.2.1 ถ้ามีแขนงเป็นหมู่ เมนทิล ( $\text{CH}_3-$ ) เกาะอยู่ที่ carbons ตัวที่สองของโซ่อัลเคน ให้ใช้คำว่า iso- นำหน้าชื่อ

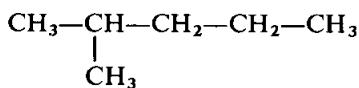
### ตัวอย่าง



Isobutane



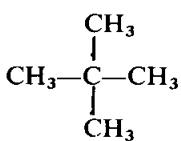
Isopentane



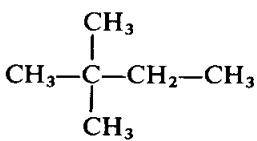
Isohexane

1.2.2 ถ้ามีหมู่เนธิล 3 หมู่จะเรียกว่า น้ำหน้าชื่อ

### ตัวอย่าง



Neopentane



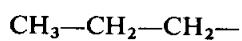
Neohexane

### 1.3 การเรียกชื่อ หมู่อัลกิล (Alkyl groups)

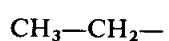
หมู่อัลกิลมีสูตรทั่วไป  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  ใช้สัญลักษณ์  $\text{R}$  หมู่อัลกิลได้จากการที่เอาไฮโดรเจนหนึ่งอะตอมออกจากอัลเคน การเรียกชื่อให้เรียกชื่อตามอัลเคนซึ่งเป็นที่มาของหมู่อัลกิล โดยการตัดคำลงท้าย -ane ออกแล้วใช้คำลงท้าย -yl แทน

หลักเกณฑ์ในการเรียกชื่อหมู่อัลกิลมีดังนี้

1. เรียกชื่อหมู่อัลกิลตามชื่ออัลเคนที่มีจำนวนการบอนแทรกัน เช่น



n - Propyl

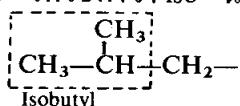
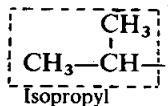


Ethyl

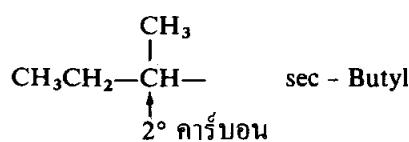


Methyl

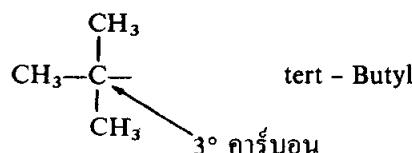
2. เมื่อมีโครงสร้างเป็นแบบ iso- ให้ใช้คำว่า iso- นำหน้าหมู่อัลกิล เช่น



3. ใช้คำว่า sec- (อ่านว่า secondary) นำหน้าเมื่อคาร์บอนที่ขาดไฮด्रเจนอะตอมเป็น 2° คาร์บอน (secondary carbon) เช่น



4. ใช้คำว่า tert- (อ่านว่า tertiary) นำหน้าเมื่อคาร์บอนที่ขาดไฮด्रเจนอะตอมเป็น 3° คาร์บอน (tertiary carbon) เช่น



ตัวอย่าง

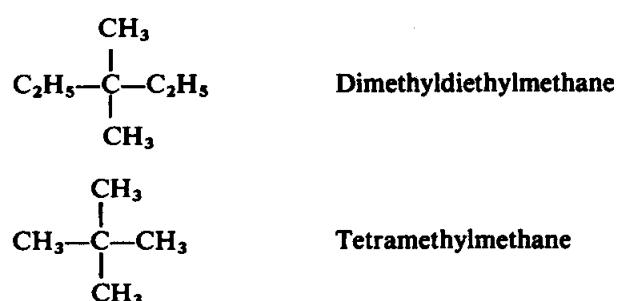
หมู่อัดคลิล	การเรียกชื่อ
$\text{CH}_3-$	Methyl-
$\text{CH}_3\text{CH}_2-$	Ethyl-
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	n - Propyl-
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Isopropyl-
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	n - Butyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Isobutyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	sec - Butyl (อ่านว่า secondary butyl-)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	tert - Butyl (อ่านว่า tertiary butyl-)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	n - Pentyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Isopentyl

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}-$	sec - Petyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Neopentyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	tert - Petyl
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2-$	n - Hexyl
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2-$	n - Heptyl
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2-$	n - Octyl
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_2-$	n - Nonyl
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2-$	n - Decyl

2. ระบบชื่อนุพันธ์ (Derived name) ระบบนี้เรียกชื่อเป็นอนุพันธ์ของมีเซน โดยถือว่าไอกลุ่มของมีเซนถูกแทนที่ด้วยหมู่อัลกิล จึงเรียกชื่อเป็น alkylmethane มีหลักเกณฑ์ในการเรียกชื่อดังนี้

1. เสือกการรับอนดัวที่มีหมู่อัลกิลเกาะอยู่มากที่สุดเป็นการรับอนหลักของมีเซน
2. หมู่อัลกิลที่เกาะอยู่ถ้าเหมือนกัน 2 หมู่ ให้ใช้คำว่า di- นำหน้าหมู่อัลกิล ถ้าเหมือนกัน 3 หมู่ ใช้คำว่า tri- นำหน้า ถ้าเหมือนกัน 4 หมู่ ใช้คำว่า tetra- นำหน้า
3. ถ้าหมู่อัลกิลที่เกาะอยู่ไม่เหมือนกันให้อ่านชื่อหมู่อัลกิลโดยเรียงลำดับหมู่จากหมู่เด็กไปทางหมู่ใหญ่ตามลำดับ

ตัวอย่าง



การเรียกชื่อตามระบบสามัญและระบบชื่อนุพันธ์ นักใช้เรียกพากอัลเคนที่มีจำนวนcarbenon ไม่มากนัก แต่ถ้าอัลเคนที่มีจำนวนมาก ๆ และโครงสร้างมีความสับซ้อนซึ่งนักจะเรียกชื่อโดยใช้ระบบ IUPAC

3. ระบบ IUPAC การเรียกชื่ออัลเคนตามระบบ IUPAC ใช้คำลงท้าย -ane ส่วนคำนำหน้าก็เดิมแต่จำนวนcarbenon

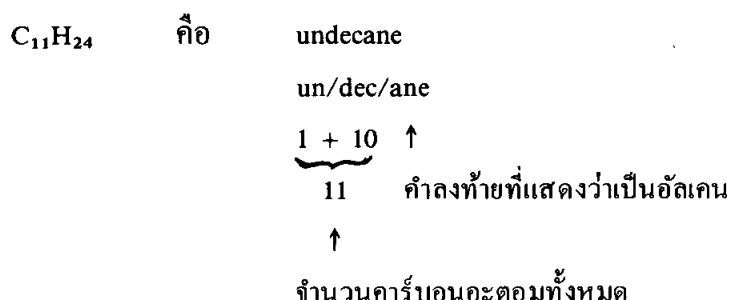
ในกรณีที่อัลเคนเป็นโซ่อียงไม่มีแขนง การเรียกชื่อดูจากตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงการเรียกชื่ออัลเคนที่มีโครงสร้างเป็นโซ่อียง

ตารางที่ 4.2  
ชื่อตามระบบ IUPAC ของอัลเคนที่เป็นโซ่อียง

จำนวนcarbenon	สูตรโครงสร้าง แบบ condensed	สูตรโนเมเกูล	ชื่อตามระบบ IUPAC
1	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	Methane
2	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	$\text{C}_2\text{H}_6$	Ethane
3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$	Propane
4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	Butane
5	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	Pentane
6	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	Hexane
7	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	Heptane
8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	Octane
9	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	Nonane
10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Decane
11	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	Undecane
12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	Dodecane
13	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	Tridecane
14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$	$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	Tetradecane
15	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	Pentadecane

จำนวนคาร์บอน	สูตรโครงสร้าง แบบ condensed	สูตรโมเลกุล	ชื่อตามระบบ IUPAC
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	Hexadecane
17	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$	$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	Heptadecane
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3$	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	Octadecane
19	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{CH}_3$	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	Nonadecane
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CH}_3$	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	Eicosane
21	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{19}\text{CH}_3$	$\text{C}_{21}\text{H}_{44}$	Heneicosane
22	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{CH}_3$	$\text{C}_{22}\text{H}_{46}$	Docosane
23	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{21}\text{CH}_3$	$\text{C}_{23}\text{H}_{48}$	Tricosane
30	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{CH}_3$	$\text{C}_{30}\text{H}_{62}$	Triacontane
31	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{29}\text{CH}_3$	$\text{C}_{31}\text{H}_{64}$	Hentriacontane
40	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$	$\text{C}_{40}\text{H}_{82}$	Tetracontane
50	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{48}\text{CH}_3$	$\text{C}_{50}\text{H}_{102}$	Pentacontane
60	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{58}\text{CH}_3$	$\text{C}_{60}\text{H}_{122}$	Hexacontane
70	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{68}\text{CH}_3$	$\text{C}_{70}\text{H}_{142}$	Heptacontane
80	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{78}\text{CH}_3$	$\text{C}_{80}\text{H}_{162}$	Octacontane
90	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{88}\text{CH}_3$	$\text{C}_{90}\text{H}_{182}$	Nonacontane
100	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{98}\text{CH}_3$	$\text{C}_{100}\text{H}_{202}$	Hectane

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าการเรียกชื่ออัลเคนที่มีคาร์บอนเกิน 10 อะตอมนั้นเป็นระบบใช้คำนำหน้า (prefixes) 2 คำ เช่น



สำหรับอัลเคนที่มีจำนวน 20 - 29 นั้น การเรียกชื่อนี้คืออยู่ในไปตามกฎเกณฑ์ เช่น

$C_{20}H_{42}$  ก็อ eicosane

$C_{21}H_{44}$  ก็อ heneicosane

อัลเคน  $C_{22}H_{46}$  ถึง  $C_{29}H_{60}$  จะเห็นว่า “ei” ถูกตัดทิ้งไป

$C_{22}H_{46}$  ก็อ do/cos/ane

2 + 20

22

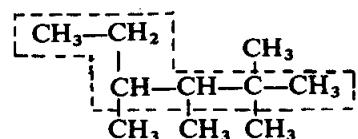
อัลเคนที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 30 อะตอมขึ้นไปก็จะมีคำนำหน้าชื่อที่แสดงจำนวนการ์บอนต่าง ๆ กันไป

อย่างไรก็ตามชื่อของอัลเคนที่มีการ์บอนตั้งแต่ 1 - 20 อะตอมเหล่านี้ควรจะจดจำไว้ ทั้งนี้ เพราะชื่อของสารประกอบเคมีอินทรีชนิดต่าง ๆ นักจะยึดถือการเรียกชื่อไฮโดร-การ์บอนอัลเคนเป็นหลัก

กรณีที่อัลเคนเป็นโซ่แบนง การเรียกชื่อตามระบบ IUPAC มีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

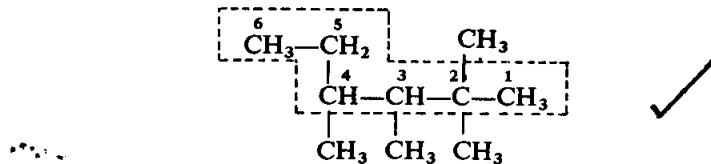
1. เลือกโซ่ต่ำของสารบันทึกที่ติดต่อกันยาวที่สุดเป็นโซ่หลัก (ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเป็นเส้นตรงแนวเดียวกันตลอด)

ตัวอย่าง

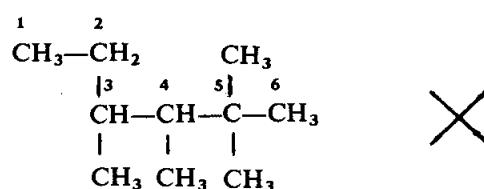


ใช้อะตอมของสารบันทึกที่ยาวที่สุดที่มีการ์บอน 6 อะตอม จะนั้นชื่อหลักของสารประกอบด้วยก็คือ hexane

2. การกำหนดตัวเลขตำแหน่งการ์บอนในโซ่หลัก ให้เริ่มจากปลายข้างใดข้างหนึ่ง ซึ่งมีอพารามาดูแล้วปรากฏว่าตัวเลขตำแหน่งการ์บอนที่มีแขนงหรือมีหมู่อัลกิลเกาะอยู่ เป็นตัวเลขน้อย ๆ



แบบนี้กำหนดเลขตัวແเน່ງການບອນຄູກຕ້ອງ



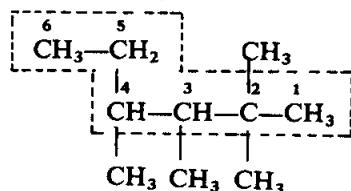
แบบนี้กำหนดเลขตัวແเน່ງການບອນຜົດ

3. ถ้าມีໜູ້ອັລຄົລເກະອຍໆກັນໂຫ້ຫລັກ ໃຫ້ເຮືອກຂໍ້ອໜູ້ອັລຄົລນັ້ນໄວ້ຂ້າງໜ້າຂໍ້ອໜູ້ຫລັກ  
ຂອງອັລເກນໂດຍນອກຕົວເລີຂອງການບອນທີ່ມີໜູ້ອັລຄົລເກະອຍໆໄວ້ຂ້າງໜ້າຂໍ້ອໜູ້ອັລຄົລນັ້ນ

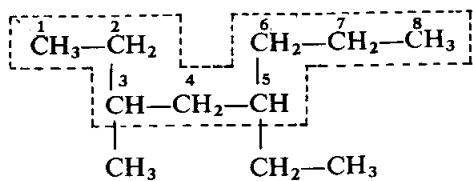
3.1 ถ้าມີໜູ້ອັລຄົລທີ່ໄໝໜູ້ອັນກັນເກະອຍໆ ການເຮືອກສຳດັບໜູ້ອັລຄົລຈະເຮືອງຕາມບາດ  
ຫວຼາຍເຮືອງຕາມອັກນຽກໄດ້ ແຕ່ຈະຕ້ອງກຳຫັດຕົວເລີທີ່ແນ່ງໄວ້ຂ້າງໜ້າຂໍ້ອໜູ້ອັລຄົລນັ້ນ

3.2 ถ้าມີໜູ້ອັລຄົລທີ່ເໝັນກັນເກະອຍໆ ໃຫ້ໃຊ້ກຳນົາຫ້າແສດງຈຳນວນໜູ້ອັລຄົລເປັນ  
di, tri, tetra ຊລຸ່ມ ນໍາຫ້າໜູ້ອັລຄົລນັ້ນ ພຣ້ອມທັງນອກຕົວເລີທີ່ແນ່ງດ້ວຍ

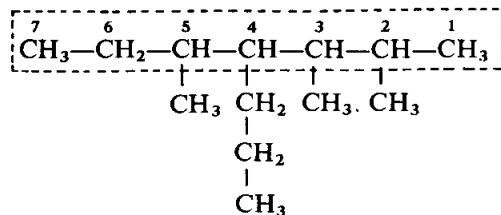
ຕົວຢ່າງ



2, 2, 3, 4 – Tetramethylhexane



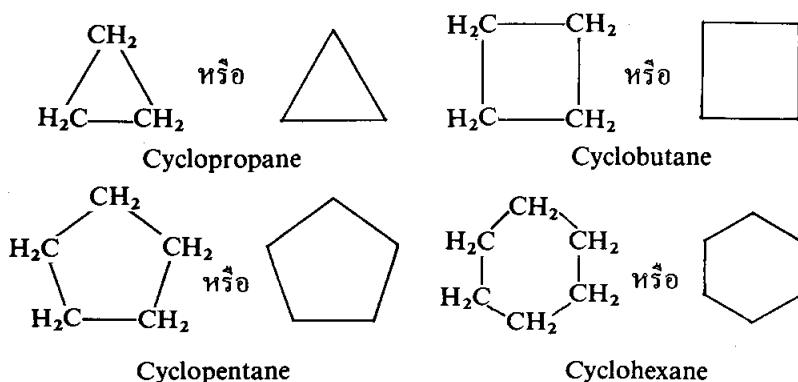
3 - Methyl - 5 - ethyloctane  
หรือ 5 - Ethyl - 3 - methyloctane



2, 3, 5 - Trimethyl - 4 - propylheptane

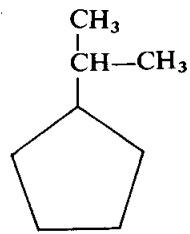
#### 4.5 การเรียกชื่อไซโคลอัลเคน

ไซโคลอัลเคนเป็นสารประกอบชนิดอิมตัวโดยที่ใช้อักษรของคาร์บอนต่อกันเป็นวง การเรียกชื่อจึงใช้คำว่า “cyclo” นำหน้าชื่ออัลเคนที่มีจำนวนcarbonเท่ากัน ตัวอย่าง

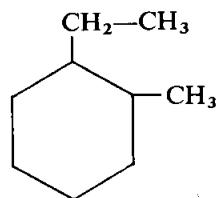


ในกรณีที่ไซโคลอัลเคนมีหมู่อัลคิลภาวะอยู่ให้เรียกชื่อเป็น alkylcycloalkane โดยกำหนดตัวเลขตำแหน่งcarbonที่หมู่อัลคิลภาวะอยู่เป็นตัวเลขลำดับที่สุด

ตัวอย่าง



Isopropylcyclopentane



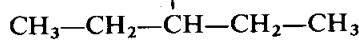
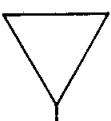
หรือ

1 - Ethyl - 2 - methylcyclohexane

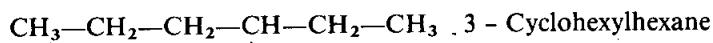
1 - Methyl - 2 - ethylcyclohexane

alkane

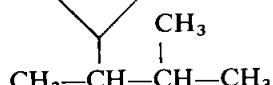
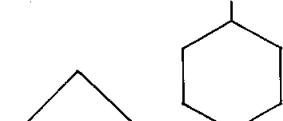
ตัวอย่าง



3 - Cyclopropylpentane



3 - Cyclohexylhexane



2 - Cyclobutyl - 3 - methylbutane

#### 4.6 ไอโซเนอร์ชนิดโครงสร้างของอัลเคน

อัลเคนที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4 อะตอมขึ้นไปจะเริ่มนี้ไอโซเนอร์ชนิดโครงสร้าง ไอโซเนอร์ชนิดโครงสร้างเหล่านี้จะมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างแตกต่างกัน และมักจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไม่มากก็น้อย

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าถ้ามีจำนวนการบอนอะตอนเพิ่มขึ้น ก็จะมีจำนวนไอโซเนอร์มากขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 4.3  
จำนวนไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างของอัลเคน

สูตรโมเลกุล	จำนวนไอโซเมอร์
$\text{CH}_4$	(1 โครงสร้าง)
$\text{C}_2\text{H}_6$	(1 โครงสร้าง)
$\text{C}_3\text{H}_8$	(1 โครงสร้าง)
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	2
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	3
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	5
$\text{C}_7\text{H}_{16}$	9
$\text{C}_8\text{H}_{18}$	18
$\text{C}_9\text{H}_{20}$	35
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	75
$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	159
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	355
$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	802
$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	1858
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	4347
-----	-----

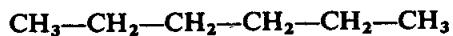
วิธีการเขียนไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ทุก ๆ ไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างจะต้องมีสูตรโมเลกุลเดียวกันหรือมีสูตรโมเลกุลร่วนกัน
2. การเขียนไอโซเมอร์ต้องตรวจเช็คเพื่อบังคับการเขียนช้า ๆ
3. มีวิธีการเขียนเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

## ตัวอย่าง

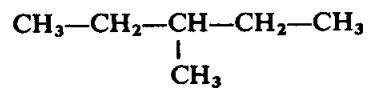
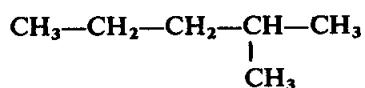


1. เริ่มจากการเขียนโครงสร้างของคาร์บอน 6 อะตอม จะได้เป็น

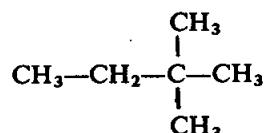
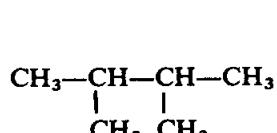


(1)

2. เขียนไอโซเมอร์ที่ใช้หลักมีการ์บอน 5 อะตอม และมีหมู่  $\text{CH}_3-$  จำนวน 1 หมู่ เกาะอยู่ที่การ์บอนใด ๆ ที่ไม่ใช่ปลายโซ่ ในแต่ละไอโซเมอร์นั้นตำแหน่งการ์บอนที่มีหมู่  $\text{CH}_3-$  เกาะอยู่จะต้องไม่ซ้ำกัน



3. เขียนไอโซเมอร์ที่ใช้หลักมีการ์บอน 4 อะตอม และมีหมู่  $\text{CH}_3-$  จำนวน 2 หมู่ เกาะอยู่ที่การ์บอนในโซ่หลัก ซึ่งอาจจะเกะที่การ์บอนตัวเดียวกันหรือคนละตัวก็ได้



ดังนั้นไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างของ  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  มีจำนวน 5 ไอโซเมอร์

## 4.7 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

### 4.7.1 คุณสมบัติทางกายภาพของอัลเคน

1. อัลเคนที่ประกอบด้วยการ์บอนจำนวน 1 ถึง 4 อะตอม ก็อตติ้งแต่เมื่อเทียบกับบุเทนจะมีสถานะเป็นก๊าซ ถ้าประกอบด้วยการ์บอนจำนวน 5 - 19 อะตอมจะมีสถานะเป็นของเหลว และถ้าจำนวนการ์บอนอะตอมมากกว่านี้จะเป็นของแข็ง

2. ไมเลกุลของอัลเคนเป็นไมเลกุลชนิดไม่มีช้ำ จะดึงดูดกันระหว่างไมเลกุลด้วยแรงวนเดอ瓦ลล์ซึ่งไม่นักนัก แต่ก็มีผลต่อจุดเดือด ความหนาแน่นและความหนืด

ตารางที่ 4.4  
ค่าคงตัวทางกายภาพของ n - อัลเคนบางตัว

ชื่อ	สูตร	จุดเดือด	จุดหลอมเหลว	ความหนาแน่น
		°C	°C	กรัม/ซม. <sup>3</sup> ที่ 20°
Methane	CH <sub>4</sub>	-161.7	-182.6	0.424
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-88.6	-172.0	0.546
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-42.2	-187.1	0.582
n - Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-0.5	-135.0	0.579
n - Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	36.1	-129.7	0.626
n - Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	68.7	-94.0	0.659
n - Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	98.4	-90.5	0.684
n - Octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	125.6	-56.8	0.703
n - Nonane	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	150.7	-53.7	0.718
n - Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	174.0	-29.7	0.730
n - Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	195.8	-25.6	0.740
n - Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	216.3	-9.6	0.149
n - Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	230.0	-6.0	0.757
n - Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	251.0	5.5	0.764
n - Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	268.0	10.0	0.769
n - Hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	280.0	18.1	0.775
n - Heptadecane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	303.0	22.0	0.777
n - Octadecane	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	308.0	28.0	0.777
n - Nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	330.0	32.0	0.778
n - Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>		36.4	0.778
n - Heneicosane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>		40.4	0.778
n - Docosane	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>		44.4	0.778

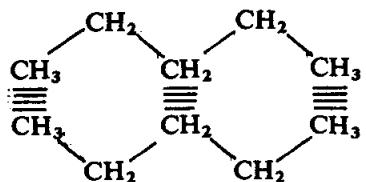
ชื่อ	สูตร	จุดเดือด °C	จุดหลอมเหลว °C	ความหนาแน่น กรัม/ซม. <sup>3</sup> ที่ 20°
n - Tricosane	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	47.4	0.780	
n - Tetracosane	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	51.1	0.779	
n - Pentacosane	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	53.3		ของแข็ง
n - Triacontane	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	66.0		
n - Pentatriacontane	C <sub>35</sub> H <sub>72</sub>	74.6		
n - Tetracontane	C <sub>40</sub> H <sub>82</sub>	81.0		
n - Pentacontane	C <sub>50</sub> H <sub>102</sub>	92.0		
n - Hexacontane	C <sub>60</sub> H <sub>122</sub>	99.0		
n - Heptacontane	C <sub>70</sub> H <sub>142</sub>	105.0		

3. จุดเดือดของอัลเคน จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าจุดเดือดเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวน  
การ์บอนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เพราะเมื่อโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้น พื้นที่ผิว (surface area) จะเพิ่มขึ้น  
ดังนั้นแรงวนเดอวัลต์ระหว่างโมเลกุลจึงมากขึ้น นั้นก็คือจะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

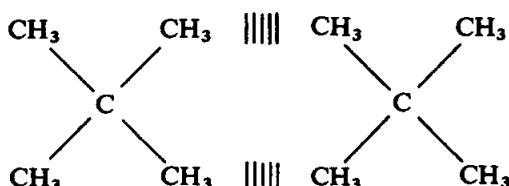
#### ตารางที่ 4.5 ค่าจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของไอโซเมอร์ของเพนเทนและเซกเตน

		จุดเดือด	จุดหลอมเหลว
ไอโซเมอร์ของ Pentane	n-Pentane	36.1	-129.7
	Isopentane	27.9	-156.6
	Neopentane	9.5	-16.6
ไอโซเมอร์ของ Hexane	n-Hexane	68.7	-94.0
	2-Methylpentane	60.3	-153.7
	3-Methylpentane	63.3	-118.0
Hexane	2, 3-Dimethylbutane	58.0	-128.8
	2, 2-Dimethylbutane	49.7	-98.2

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าไฮโซเนอร์ที่เป็นโซ่เดียวจะมีจุดเดือดต่ำกว่าไฮโซเนอร์ที่เป็นโซ่อร์ทั้งนี้เนื่องจากพวกรที่เป็นโซ่เดียวจะมีพื้นที่ผิวน้อยกว่าจึงทำให้มีแรงวนเดอวาลต่ำน้อยกว่า



แรงวนเดอวาลต่ำระหว่างไมเดกุลของ  $n$ -pentane

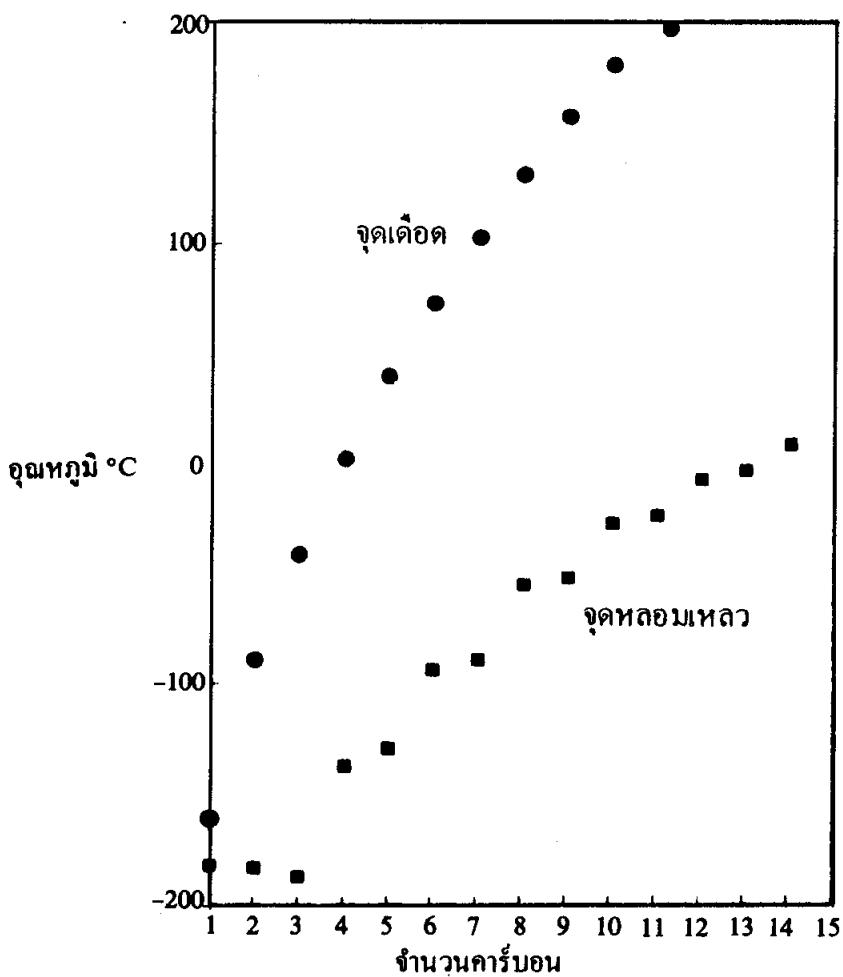


แรงวนเดอวาลต่ำระหว่างไมเดกุลของ neopentane

4. จุดหลอมเหลวของอัลเคน จากตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า  $n$ -alkane ที่มีจำนวนคาร์บอนที่เป็นเลขคู่จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าพวกรที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่ ค่าจุดหลอมเหลวของอัลเคนไม่ได้ขึ้นอยู่กับแรงกระทำระหว่างไมเดกุลแต่อย่างเดียว แต่ก็ขึ้นอยู่กับการจัดตัวของไมเดกุลในโครงรูปผลึก (crystal lattice) ใช่ของอัลเคนที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่จะเรียงตัวกันแน่นในสถานะที่เป็นผลึก ดังนั้นแรงดึงดูดระหว่างแต่ละโซ่มากขึ้น จึงทำให้จุดหลอมเหลวของอัลเคนที่มีจำนวนเป็นเลขคู่สูงกว่าจุดหลอมเหลวของอัลเคนที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่

5. เมื่อเทียบความหนาแน่นของอัลเคนและสารประกอบอินทรีย์กันอื่น ๆ อัลเคนเป็นพวกรที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด อัลเคนทุกตัวจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (คือความหนาแน่นของน้ำที่  $4^{\circ}\text{C}$ ) จะเห็นได้ง่าย ๆ ก็คือน้ำมันซึ่งเป็นของผสานของไฮโดรคาร์บอนที่ส่วนใหญ่เป็นอัลเคนลอยอยู่บนชั้นน้ำ

6. อัลเคนจะไม่ละลายในน้ำและไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดมีขั้วมาก ๆ ทั้งนี้ เพราะอัลเคนเป็นสารประกอบชนิดไม่มีขั้ว จึงละลายได้ในตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้วหรือชนิดที่มีขั้วเพียงเล็กน้อย ตัวทำละลายที่ดีสำหรับอัลเคนได้แก่ เบนซีน ( $\bigcirc$ ) คาร์บอนเตตระคลอไรต์ ( $\text{CCl}_4$ ), คลอโรฟอร์ม ( $\text{CHCl}_3$ ) และอัลเคนตัวยกัน



รูปที่ 4.4 แสดงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของอัลกีน

#### 4.7.2 คุณสมบัติทางกายภาพของไฮโคลอัลกีน

1. ไฮโคลอัลกีนส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบชนิดไม่มีข้าว จึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายชนิดไม่มีข้าวหรือชนิดมีข้าวเพียงเล็กน้อย แต่ไม่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายชนิดมีข้าวมาก ๆ

2. จากตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงค่าจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นของไฮโคลอัลกีนบางตัว จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของอัลกีนในตารางที่ 4.4 ในกรณีที่มีจำนวนกรุ๊ปคาร์บอนเท่ากัน พวกละษะไฮโคลอัลกีนจะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นสูงกว่า

ตารางที่ 4.6  
ค่าคงตัวทางกายภาพของไฮโดรเจนอะเคนบางตัว

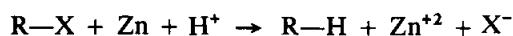
ชื่อ	จุดเดือด	จุดหลอมเหลว	ความหนาแน่น
	°C	°C	กรัม/ซม. <sup>3</sup> ที่ 20°
Cyclopropane	-33	-127	0.688
Cyclobutane	11	-80	0.704
Cyclopentane	49	-94	0.746
Cyclohexane	81	6.4	0.778
Cycloheptane	117	-13	0.810
Cyclooctane	147	14	0.830
Methylcyclopentane	72	-142	0.749
Methylcyclohexane	100	-126	0.769

#### 4.8 การเตรียม (Preparation)

##### 4.8.1 การเตรียมอัลเคน

1. เตรียมจากอัลกิลไฮเดต์ (Alkyl halides) มีวิธีเตรียมได้หลายวิธีดังนี้

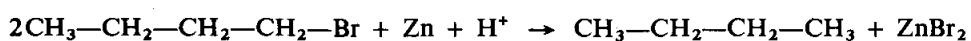
1.1 รีดิวส์อัลกิลไฮเดต์ตัวขึ้นโลหะและกรด อัลกิลไฮเดต์ R - X (X คือ Cl, Br, I) ทำปฏิกิริยากับน้ำยาดูดซึ่งจะได้อัลเคนที่มีจำนวนการบอนเท่าเดิมและโครงสร้างของคาร์บอนไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีสมการดังนี้



Alkyl halide

Alkane

ตัวอย่าง



1 - Bromobutane

n - Butane

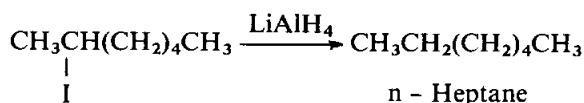
จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน ซึ่งโลหะสังกะสีถูกออกไซด์เป็น  $Zn^{+2}$  และการบอนถูกรีดิวส์

1.2 รัฐวิสาหกิจไฮไลต์ด้วยผลเชิง SCALE ของลูกค้าในประเทศไทย ลิขสิทธิ์ของลูกค้าในประเทศไทย  
เป็นตัวรีดิวส์ที่แรง สามารถรีดิวส์อัลกิลไฮไลต์ให้เป็นอัลเกน ดังสมการ



(X = Br, I) aluminum hydride

ព័ត៌មាន



## 2 - Iodoheptane

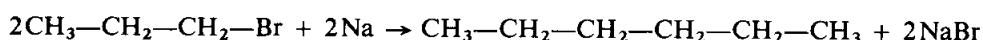
1.3 ปฏิกิริยาเวทซ์ (Wurtz reaction) ปฏิกิริยาเวทซ์เป็นปฏิกิริยาระหว่างอัลกิเล่ไอลเด็ตกับโลหะโซเดียม โดยใช้อัลกิเล่ไอลเด็ตที่เหมือนกัน 2 โนเกลกุ จะได้ผลิตผลเป็นอัลเคนที่มีจำนวนการ์บอนอะตอมเป็นสองเท่าของอัลกิเล่ไอลเด็ตที่ใช้ ดังสมการ



### Alkyl halide

### Alkane

๗๖๙



## 1 - Bromopropane

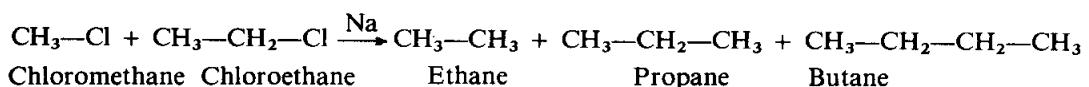
#### n - Hexane

ปฏิกริยาเวิทซ์นี้มีข้อเสียคือ ผลิตผลที่ได้อาจจะไม่ได้อยู่กันแต่อย่างเดียว แต่จะได้ผลิตผลที่เป็นของผสมของสารประกอบอื่น ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้ 2° อัลกิลไฮโดรเจนและ 3° อัลกิลไฮโดรเจน

ปฏิกิริยาเวทซ์ชnidphen (Mixed Wurtz reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่างอัลกิลไฮด์ 2 โนเมเลกุลที่ไม่เหมือนกันกับโลหะโซเดียม ผลิตผลที่ได้เป็นของผสมของอัลเคนหลายชนิด ดังสมการ



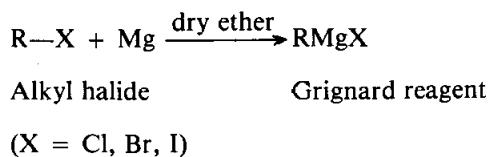
ตัวอย่าง



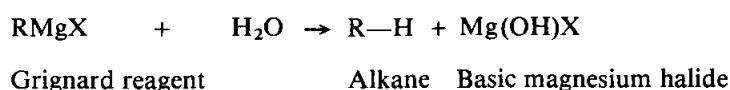
## 1.4 โดยการเตรียมผ่านสารประกอบออร์กานอยเมทัลลิก (Organometallics)

1.4.1 เตรียมผ่านกรินยาร์ดรีเอเจนต์ (Grignard reagent) กรินยาร์ดรีเอเจนต์เป็นสารประกอบออร์กานอยเมทัลลิก มีสูตรทั่วไป  $\text{RMgX}$  เป็นสารประกอบที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยามาก

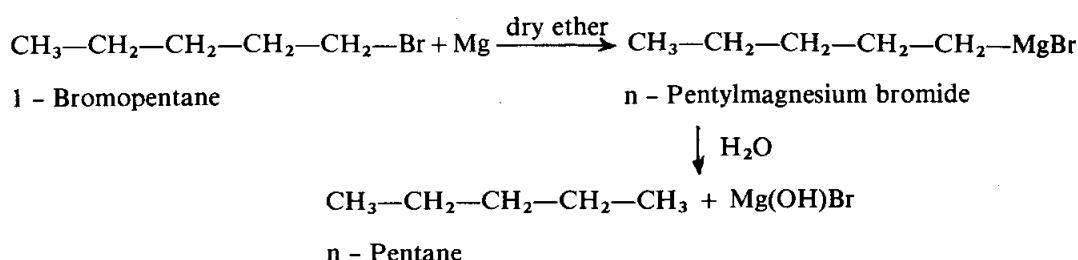
กรินยาร์ดรีเอเจนต์เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างอัลกิลไฮเดคกับโลหะแมกนีเซียม ในอีเชอร์ที่ปราศจากนำดังสมการ



กรินยาร์ดรีเอเจนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำ จะถูกไฮโดรไลส์ได้อลเคน

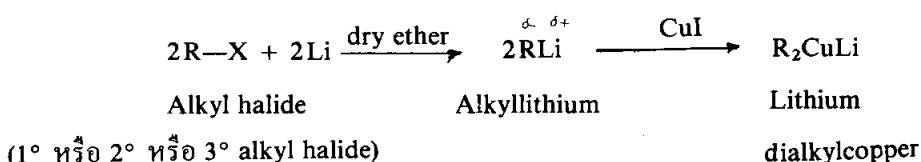


ตัวอย่าง

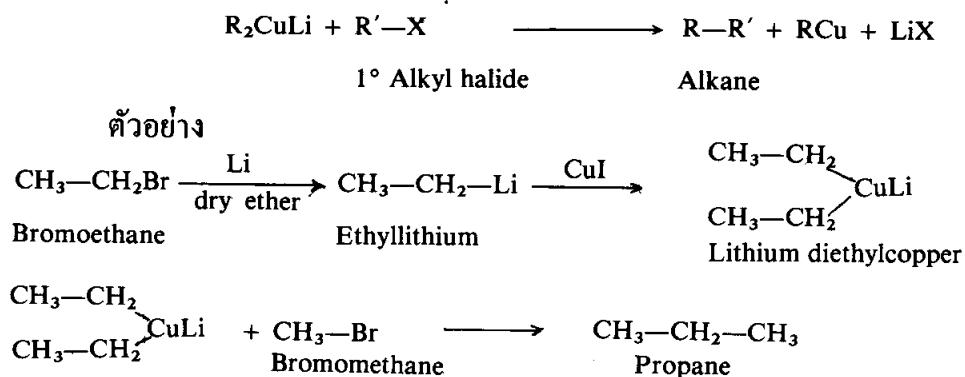


## 1.4.2 เตรียมผ่านอัลกิลลิเธียม (Alkyl lithium)

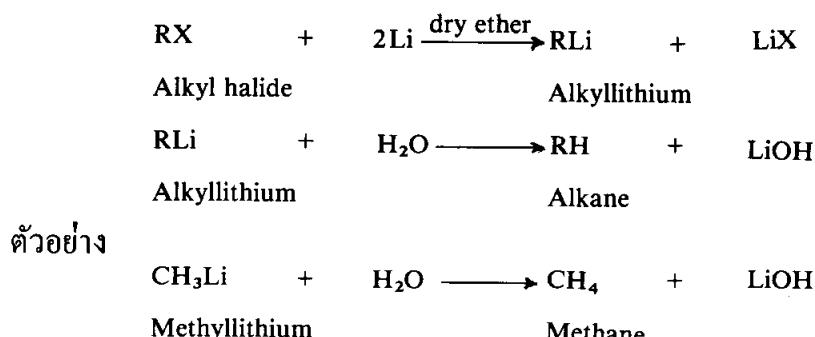
1.4.2.1 จากอัลกิลไฮเดคที่ทำปฏิกิริยากับโลหะลิเธียมในอีเชอร์ที่ปราศจากน้ำจะได้อัลกิลลิเธียม (alkyllithium) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับคิวปรัสไอโอดีด จะได้ลิเธียมไดอัลกิลกอนปีเปอร์ (Lithium dialkylcopper) ดังสมการ



เมื่อเลือกใช้อัลกิลคอมปิวเตอร์ทำปฏิกิริยาต่อไปกับ 1° อัลกิลไฮด์จะได้ผลิตผลเป็นอัลเคน ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Corey – House alkane synthesis ดังสมการ

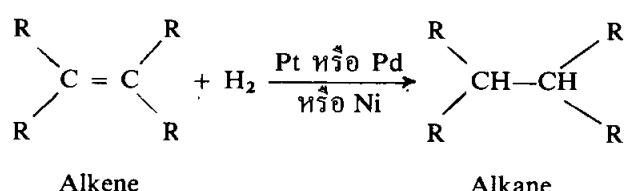


#### 1.4.2.2 ໄໂໂໂຣໄලສ໌ອັດຄືລາຕີເຫັນ ດັ່ງສະການ

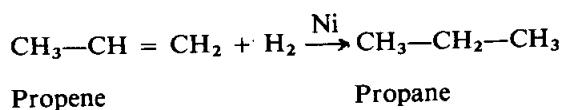


2. เตรียมจากปฏิกิริยาการเพิ่มไฮโดรเจนโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic hydrogenation) ของพากอัดกึ่นและอัดไนท์

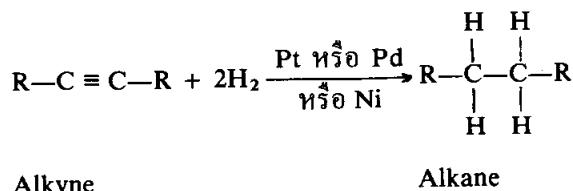
2.1 การเพิ่มไฮโดรเจนให้กับอัลคีน อัลคีนเป็นอะลิฟติกไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิมตัว (unsaturated hydrocarbon) คือมีพันธะคู่  $C = C$  อยู่ในโมเลกุล ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยา กับไฮโดรเจนโดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ด้วย ไฮโดรเจนจะเข้าไปเพิ่มที่พันธะคู่  $C = C$  ของอัลคีนได้ผลิตผลเป็นอัลเคน ดังสมการ



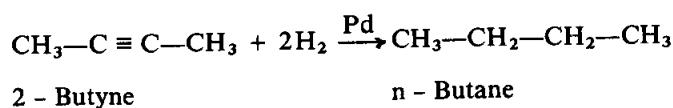
ตัวอย่าง



2.2 การเพิ่มไฮโดรเจนให้กับอัลไคน์ อัลไคน์เป็นอะลีฟิดิกไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะสาม  $C \equiv C$  ในโมเลกุลเมื่อทำปฏิกิริยา กับไฮโดรเจน โดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ด้วย จะเกิดปฏิกิริยาการเพิ่มไฮโดรเจนเข้าที่พันธะสาม  $C \equiv C$  ได้ผลิตผลเป็นอัลเคน ดังสมการ



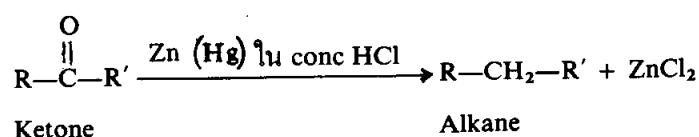
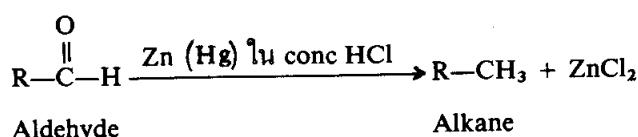
ចំណាំ



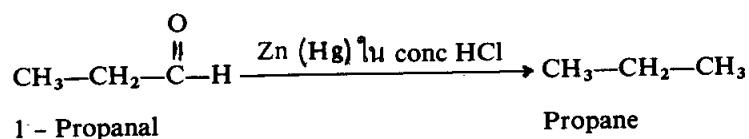
### 3. เครื่ยนจากปฏิกิริยาลดักหันของพากอัลเดไฮด์และกีโตน (Reduction of aldehydes and

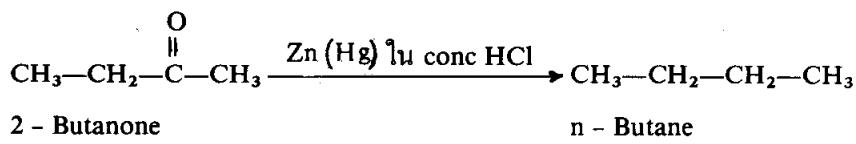
ketones)

3.1 Clemmensen Reduction เป็นปฏิกิริยาการรีดิวส์อัลดีไฮด์หรือค์โตนโดย zinc amalgam หรือ amalgamated zinc ในกรดไอกไซด์แคลเซียมเข้มข้น ดังสมการ

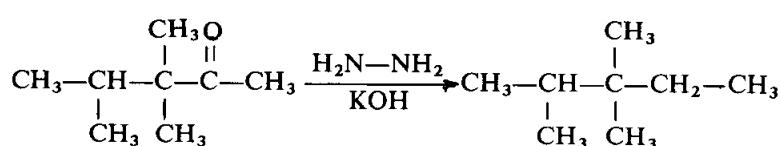
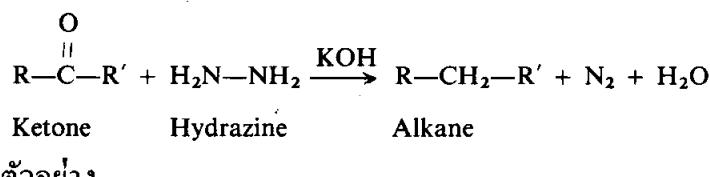
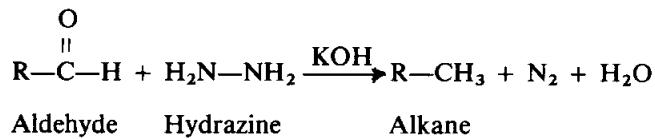


ចំណាំ





3.2 Wolff - Kishner Reduction เป็นปฏิกิริยาการรีดิวส์อัลเดทหรือค์ตอนโดยไฮดราซิน (hydrazine) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังสมการ

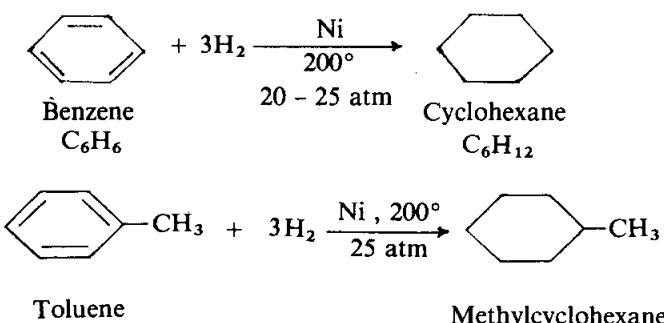


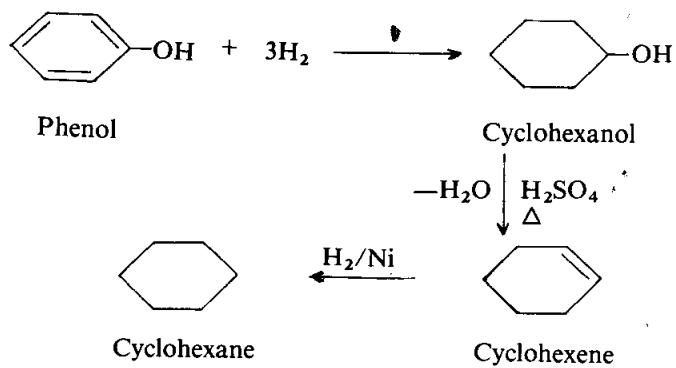
3, 3, 4 - Trimethyl - 2 - pentanone      2, 3, 3 - Trimethylpentane

#### 4.8.2 การเตรียมไฮโคลอัลเคน

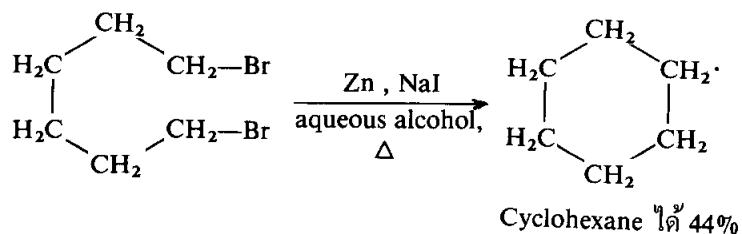
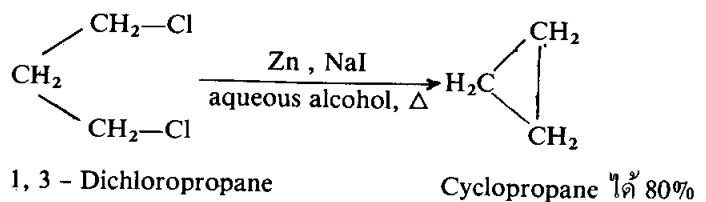
1. เตรียมจากเบนจีนและอนุพันธ์ของเบนจีน วิธีนี้เป็นวิธีเตรียมเฉพาะไฮโคลอีกเซน และอนุพันธ์ของไฮโคลอีกเซนเท่านั้น ซึ่งใช้ปฏิกิริยาเพิ่มไฮดรอกไซด์โซเดียมโดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุดหนูมีและความดันสูง

ตัวอย่าง



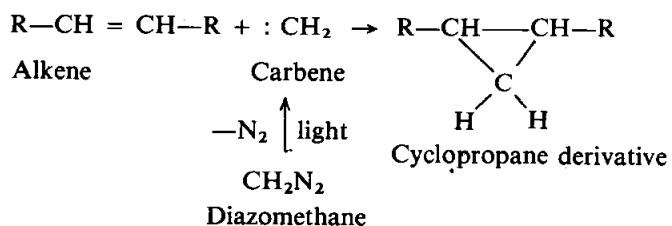


2. เที่ยบจากสารประagonพ瓦อัลกิลไดไฮด์ (Alkyl dihalide) อัลกิลไดไฮด์ทำปฏิกิริยา กับโลหะสังกะสีจะเกิดการ coupling ในโมเลกุลไดไฮด์โคลอัลเคน ตัวอย่าง

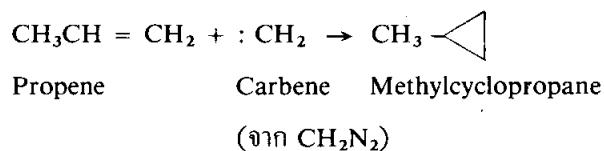


วิธีนี้ใช้สังเคราะห์ไซโคลโพเรเพนได้ผลดีมาก สำหรับการเกิดการต่อเป็นวง (cyclization) เพื่อเกิดเป็นไซโคลเอ็กเซนเกิดยากกว่าและผลิตผลที่ได้มีมากนัก

3. เตรียมจากปฏิกริยาการเพิ่มคราร์บีนเข้าในพวงอ้อลักษณะ



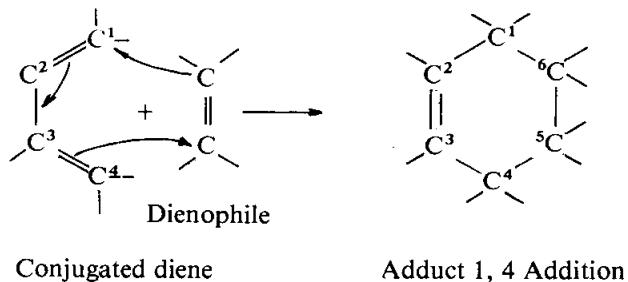
ตัวอย่าง



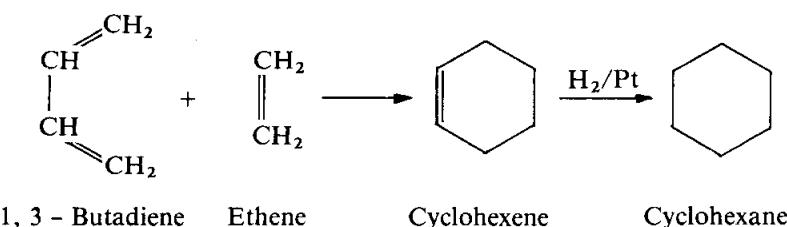
4. เตรียนจากปฏิกิริยาที่เรียกว่า “Cycloaddition” ของอัลคีน เป็นปฏิกิริยาการเพิ่ม (add) โนเลกูลของอัลคีนเข้าด้วยกันแล้วเกิดเป็นวงชื่น

4.1 ปฏิกิริยาเดลส์-อลเดอร์ (Diels – Alder reaction) หรือเรียกเป็น [ 2 + 4 ] cycloaddition เป็นปฏิกิริยาระหว่าง alkadiene ซึ่งเป็น conjugated diene กับอัลคีนซึ่งในปฏิกิริยานี้เรียกว่า ไดอีโนไฟล์ (dienophile ตรงกับภาษาอังกฤษว่า diene – loving)

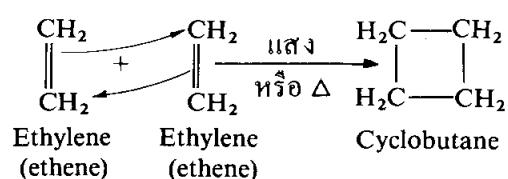
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาการเพิ่มที่เรียกว่า “1, 4 addition” ของไดอีโนไฟล์ เข้าไปในไดอีน



ตัวอย่าง



4.2 [ 2 + 2 ] Cycloaddition ของอัลคีน ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเมื่อมีแสงหรือใช้ความร้อน



## 4.9 ปฏิกิริยาของอัลเคนและไฮโคลอัลเคน

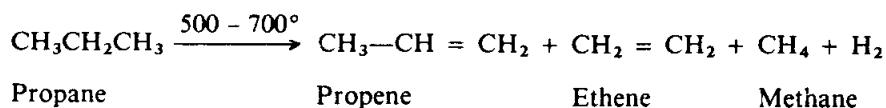
อัลเคนทุกตัวและไฮโคลอัลเคนที่มีขนาดดวงประกอบด้วยการบอนตั้งแต่ ๕ อะตอมขึ้นไป เป็นพากที่เจือยต่อการทำปฏิกิริยามาก

พันธะระหว่างการบอน-การบอน-ไฮโดรเจนค่อนข้างแข็งแรง โน-เลกุลเป็นชนิดไม่มีข้าว ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดยเดียวเหลืออยู่เพราจะอิเล็กตรอนถูกใช้ร่วมกันในการสร้างพันธะหมุด ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับกรดเข้มข้นหรือค่างเข้มข้น ไม่สามารถถูกออกซิไดส์หรือรีดิวส์ด้วยตัวออกซิไดส์หรือตัวรีดิวส์ที่แรงได้ และเป็นพากที่เจือยต่อตัวเข้าทำปฏิกิริยาเก็บอนทุกชนิด ซึ่งแต่เดิมอัลเคนถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าพาราฟิน (paraffins : มาจากคำภาษาลาติน parum affinitas ซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า low หรือ slight หรือ little affinity) และไฮโคลอัลเคนก็ถูกเรียกเป็นไฮโคลพาราฟิน (cycloparaffins) ขณะนี้ปฏิกิริยาของพากอัลเคนและไฮโคลอัลเคนจึงมีไม่กี่ชนิดเท่านั้น และส่วนใหญ่ต้องใช้ภาวะที่รุนแรงมาก ๆ

### 4.9.1 ปฏิกิริยาของอัลเคน

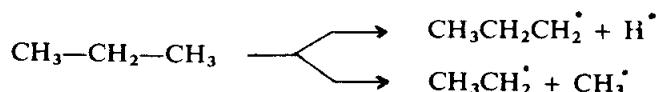
1. ปฏิกิริยาไฟโรลิซิส (Pyrolysis) หรือ แครกคิง (Cracking) เป็นปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อน โดยการให้ความร้อนแก่อัลเคนที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ และปราศจากการออกซิเจน อัลเคนที่มีโนเลกุลใหญ่ ๆ จะเกิดการแตกหักออก ได้ผลิตผลเป็นของสมของไฮโดรคาร์บอนที่มีโนเลกุลขนาดเล็ก ๆ

อัลเคน  $\xrightarrow{\Delta}$  ของสมของไฮโดรคาร์บอนโนเลกุลเล็ก ๆ  
ตัวอย่าง

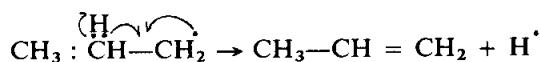
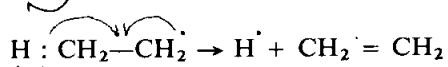
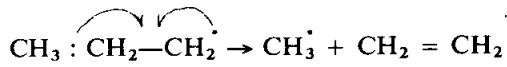
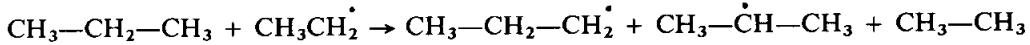


กลไกของปฏิกิริยาเป็นแบบฟรีเแรคติกัดังนี้

ในขั้นแรกเกิดการแตกหักพันธะ C-C และ C-H ของอัลเคนแบบโซโนลิซิส ได้ฟรีเแรคติกัด



ฟรีเเรดิคัลและไฮโดรเจนอะตอมที่เกิดขึ้นจะช่วยให้เกิดฟรีเเรดิคัลใหม่ขึ้น ปฏิกิริยา  
เกิดขึ้นซ้ำ ๆ



ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุด เมื่อไม่มีเเรดิคัลเหลืออยู่เลย



2. ปฏิกิริยาการสันดาป (Combustion) การสันดาปของอัลเคนได้ผลิตผลเป็นการรืบอน-ไคลออกไซด์และน้ำ และที่สำคัญที่สุดก็คือจะได้พลังงานความร้อนของมากด้วย ความร้อนที่ได้นี้เรียกว่าความร้อนของปฏิกิริยาการสันดาป (heat of combustion) ใช้สัญลักษณ์  $\Delta H$  มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่ำโน้มหรือกิโลจูลต่ำโน้ม

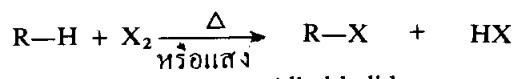
ตัวอย่าง



Methane (- 890 กิโลจูลต่ำโน้ม)

$\Delta H$  มีค่าเป็นลบหมายถึงเป็นปฏิกิริยาหายความร้อน (exothermic reaction)

3. ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยไฮโดรเจน (Halogenation) อัลเคนทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนโดยมีแสงหรือใช้ความร้อนสูงกว่า  $300^{\circ}$  ได้ผลิตผลเป็นอัลกิลไฮเดรต หรือของผสมของอัลกิล-ไฮเดรต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอัลเคนตัวตั้งต้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาแทนที่ไฮโดรเจนของอัลเคนด้วยไฮโดรเจน กลไกของปฏิกิริยาเกิดแบบฟรีเเรดิคัล สมการทั่วไปเป็นดังนี้

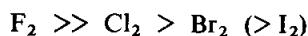


Alkane Alkyl halide

(ส่วนใหญ่เป็นของผสม)

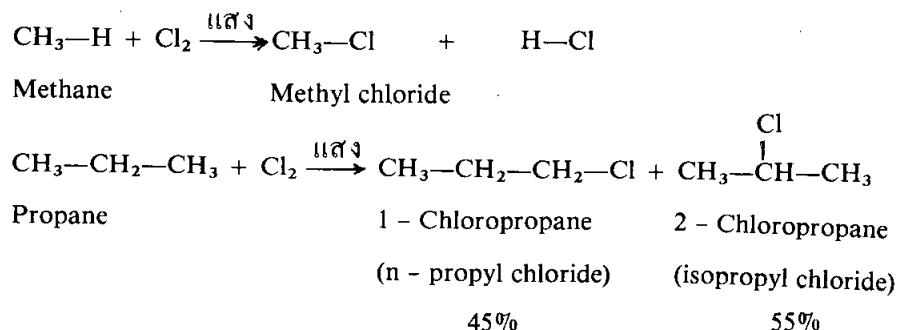
$X_2$  กือ เอโลเจน

สำคัญความว่องไวของเอโลเจนในปฏิกิริยา



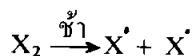
เอโลเจนที่ใช้มักจะใช้บอร์มีนและคลอรินเท่านั้น ทั้งนี้ เพราะฟลูออรีนว่องไวมาก เกินไปจนไม่สามารถที่จะควบคุมปฏิกิริยาได้ ส่วนไอโอดีนนั้นไม่เกิดปฏิกิริยา

ตัวอย่าง

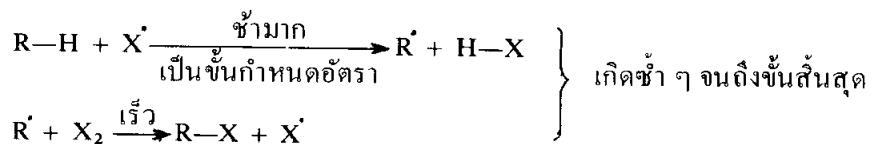


### กลไกของปฏิกิริยา

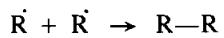
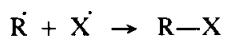
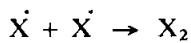
กลไกของปฏิกิริยาแทนที่ด้วยเอโลเจนในอัลเคนเกิดขึ้นเป็นขั้น ๆ ดังต่อไปนี้  
ขั้นแรก เป็นขั้นที่เรียกว่า “Chain - initiating step” ในขั้นนี้เอโลเจนเมื่อมีแสงหรือ  
ความร้อน จะเกิดการแตกหักพันธะในโมเลกุลแบบโซโนลิซีส์ได้เอโลเจนอะตอมที่เป็น  
ฟรีเอดิคัลซึ่งเป็นอนิเตอร์มิเดียตที่ว่องไวในปฏิกิริยามาก ดังสมการ



ขั้นต่อมาเป็นขั้นที่เรียกว่า “Chain - propagating step” ในขั้นนี้เอโลเจนแรดิคัล  
ที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวช่วยให้เกิดฟรีเอดิคัลใหม่ขึ้น และปฏิกิริยาเกิดซ้ำ ๆ ดำเนินต่อเรื่อย ๆ

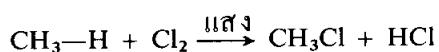


ขั้นสุดท้ายเป็นขั้นที่เรียกว่า “Chain – terminating step” ในขั้นนี้จะเป็นขั้นสิ้นสุดของปฏิกิริยา

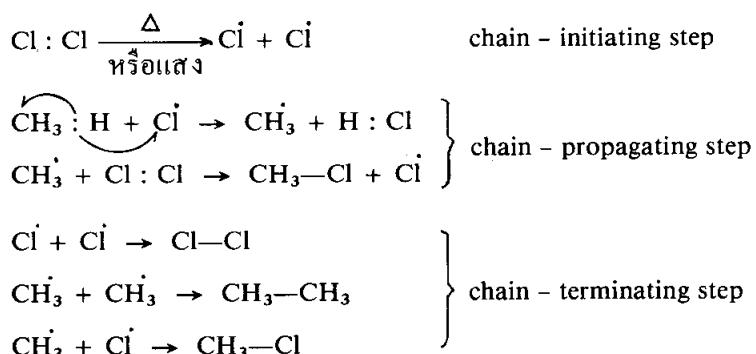


ตัวอย่าง

อัลเคนที่มีคาร์บอนห้องอยู่ เช่น มีธน



กลไกปฏิกิริยาเป็นขั้น ๆ ดังนี้

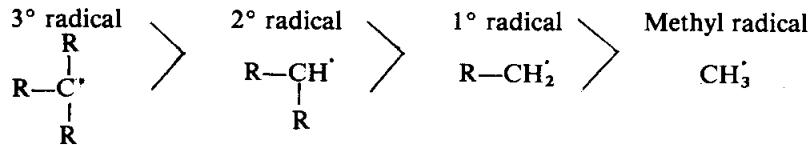


สำหรับพวกลอัลเคนที่มีจำนวน carbon ตั้งแต่ 3 จะตอนขึ้นไป ในโมเลกุลอากาศจะมีทั้ง  $1^\circ$ ,  $2^\circ$  หรือ  $3^\circ$  ไฮโดรเจน ดังนั้นในขั้นที่ไฮโดรเจนถูกดึงออกนั้น  $1^\circ$  หรือ  $2^\circ$  หรือ  $3^\circ$  ไฮโดรเจนได้อาจจะถูกดึงออกได้ตามความน่าจะเป็น (probability) ของหลักสถิติและความยากง่ายในการถูกดึง ผลิตผลจากปฏิกิริยาจะได้เป็นของสมของไอโซเมอร์ซึ่งกันและกัน แต่ผลที่ได้ไม่เท่ากัน

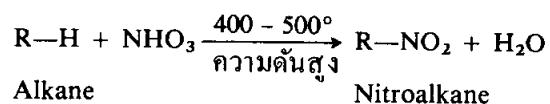
ชนิดของไฮโดรเจนที่ถูกดึงออกเรียงลำดับจากง่ายไปยากดังนี้



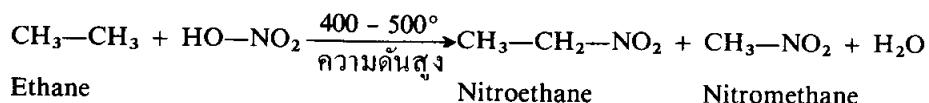
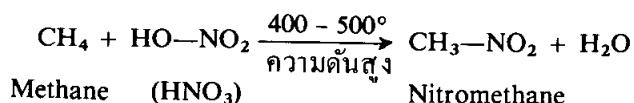
ทั้งนี้ เพราะเมื่อถึงไฮโดรเจนจากคาร์บอนจะได้ฟรีเอดิกัล ซึ่งมีเสถียรภาพมากน้อย  
ตามลำดับดังนี้



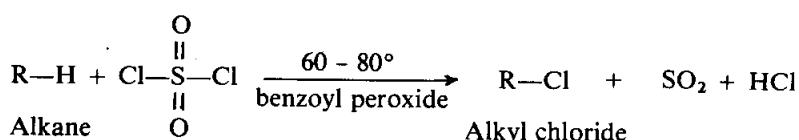
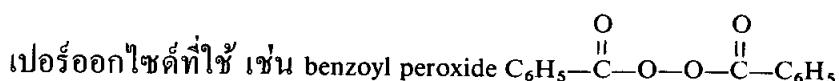
4. ปฏิกริยาแทนที่ด้วยหมู่ในโตร (Nitration) เป็นปฏิกริยาแทนที่ไฮโดรเจนของอัลเคน  
ด้วยหมู่ในโตร ( $-\text{NO}_2$ ) โดยใช้กรดในคริก ที่อุณหภูมิและความดันสูง จะได้ผลิตผลที่  
เป็นของสมของในโตรอัลเคนต่าง ๆ และได้ผลไม่นานัก



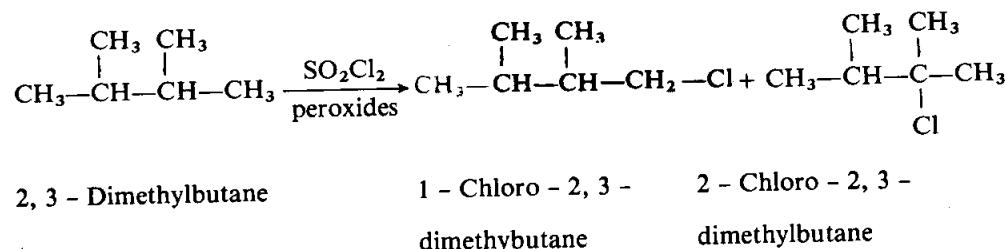
ตัวอย่าง



5. ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยไฮโลเจนโดยใช้ชัลฟูริลคลอไรด์ เป็นปฏิกริยาแทนที่ไฮโลเจน  
ในอัลเคนโดยใช้ชัลฟูริลคลอไรด์ ( $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ) และต้องมีเปอร์ออกไซด์อยู่ด้วย



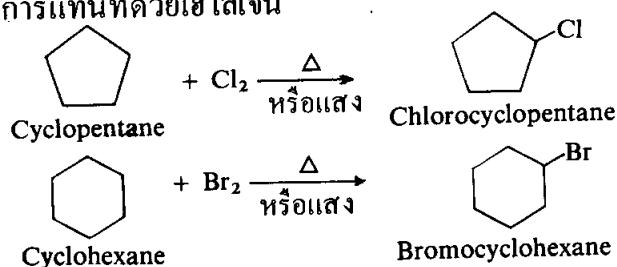
ตัวอย่าง



4.9.2 ปฏิกิริยาของไฮโคลอัลเคน ปฏิกิริยาของไฮโคลอัลเคนที่ขนาดของประกอบด้วยการ์บอน 5 อะตอม หรือมากกว่าจะคล้ายกับปฏิกิริยาของอัลเคน

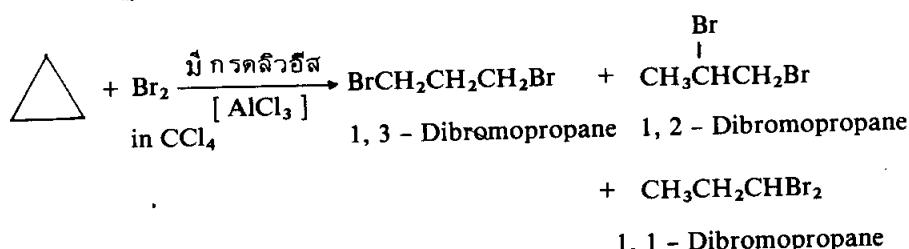
ตัวอย่าง

ปฏิกิริยารแทนที่ด้วยไฮโลเจน

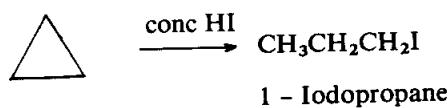


ส่วนไฮโคลอัลเคนที่มีวงขนาดเล็กมากคือ ไฮโคลโพรเพน เป็นพากที่มี strain สูงเมื่อทำปฏิกิริยาจะเปิด ดังนี้

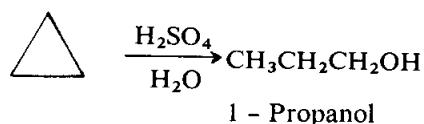
1. ปฏิกิริยารแทนที่ด้วยไฮโลเจน



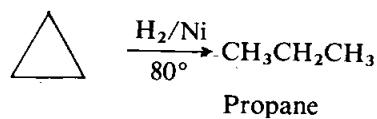
2. ปฏิกิริยากับกรดไฮโดรไฮโอดิกเข้มข้น



### 3. ปฏิกิริยากับสารละลายกรดซัลฟูริกในน้ำ

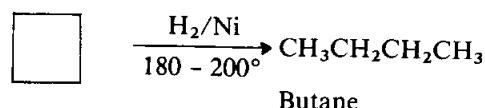


### 4. ปฏิกิริยากับไฮโดรเจนโดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิสูง



สำหรับไฮคลอโรบีวเทนนั้นwang มี strain แต่ก็น้อยกว่าไฮคลอโรเพน ดังนั้นปฏิกิริยาของไฮคลอโรบีวเทนกับไฮดรเจนจะไม่เปิด

สำหรับปฏิกิริยากับไฮโดรเจนโดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าของไฮคลอโรเพน



## สรุปเนื้อหาสาระสำคัญ

- ไฮโดรคาร์บอนหมายถึงสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน แบ่งออกเป็น
  - อะลีฟติกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ อัลเคน อัลกีน อัลไคน์และพากไฮคลิก-อะลีฟติก
    - อะโรเมติกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนซีน ฯลฯ  
แหล่งที่พบในธรรมชาติได้แก่ปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ ดูหัวข้อที่ 4.2
  - โครงสร้างและคุณพิษร์เมชันของอัลเคนและไฮคลออลเคน ดูหัวข้อที่ 4.3
  - การเรียกชื่ออัลเคนนี้ 3 ระบบ
    - ระบบชื่อสามัญ ดูหัวข้อที่ 4.4 ข้อที่ 1
    - ระบบชื่อนุพันธ์ ดูหัวข้อที่ 4.4 ข้อที่ 2

3. ระบบ IUPAC ดูหัวข้อที่ 4.4 ข้อที่ 3  
การเรียกชื่อไฮโคลอัลเกน ดูหัวข้อที่ 4.5

4. หลักเกณฑ์ในการเขียนไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างของอัลเกน ดูหัวข้อที่ 4.6

5. คุณสมบัติทางกายภาพของอัลเกนและของไฮโคลอัลเกน ดูได้จากหัวข้อที่ 4.7

6. การเตรียมอัลเกน

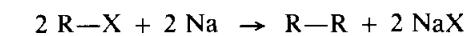
  1. เตรียมจากอัลกิลไฮไดด์
    - 1.1 โดยใช้อัลกิลไฮไดด์ทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสีในกรด ดูหัวข้อที่ 4.8.1  
ข้อที่ 1.1
$$\text{R}-\text{X} + \text{Zn} + \text{H}^+ \rightarrow \text{R}-\text{H} + \text{Zn}^{+2} + \text{X}^-$$

Alkyl halide	Alkane	
--------------	--------	--

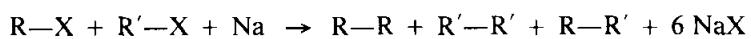
    - 1.2 รีดิวส์อัลกิลไฮไดด์ด้วยลิเธียมอะลูมิնัมไฮไครด์ ดูหัวข้อที่ 4.8.1 ข้อที่ 1.2
$$4 \text{ R}-\text{X} + \text{LiAlH}_4 \longrightarrow 4 \text{ R}-\text{H} + \text{LiX} + \text{AlX}_3$$

Alkyl halide	Lithium	Alkane
	aluminum hydride	

    - 1.3 ปฏิกิริยาเวิทซ์ เป็นปฏิกิริยาระหว่างอัลกิลไฮไดด์กับโลหะโซเดียม โดยใช้อัลกิลไฮไดด์ 2 โมเลกุลที่เหมือนกันจะได้อัลเกน ดูหัวข้อที่ 4.8.1 ข้อที่ 1.3

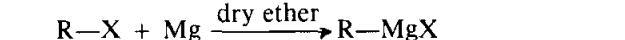


ปฏิกริยาเวิทซ์ชนิดผสม เป็นปฏิกริยาระหว่างอัลกิเมไฮล์ด์ 2 โนเลกุลที่ไม่เหมือนกันกับโลหะโซเดียม ผลิตผลที่ได้มักจะได้เป็นของผสมของอัลเคนหลายชนิด



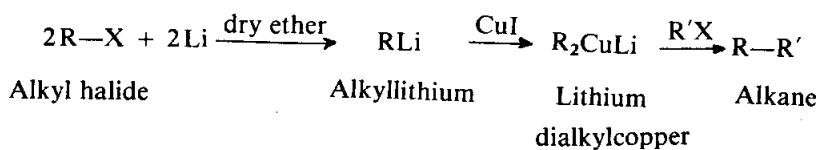
#### 1.4 เตรียมผ่านสาระประกอบการค้นคว้า

#### 1.4.1 เตรียมแผนกรนยารด้วยเจนต



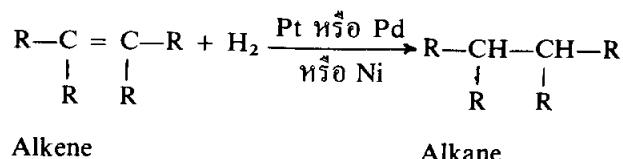
$$\text{RMgX} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R - H} + \text{Mg(OH)X}$$

#### 1.4.2 เตรียมผ่านอัลกิลติธีร์ยม

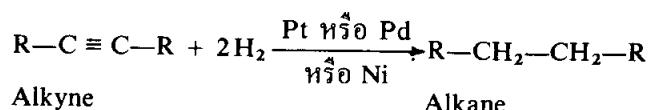


2. เตรียมจากปฏิกริยาการเพิ่มไฮดรเจนโดยมีตัวเร่งปฏิกริยาของพวกล้อลึกลง และอัลไคน์ ดูหัวข้อที่ 4.8.1 ข้อที่ 2

## 2.1 จากการเพิ่มไฮโดรเจนให้กับอัลกีน

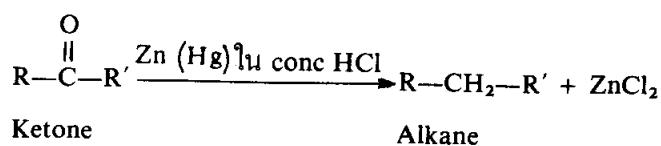
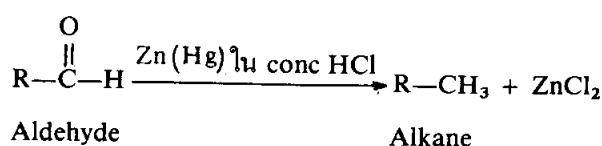


## 2.2 การเพิ่มไฮโดรเจนให้กับอัลไคด์

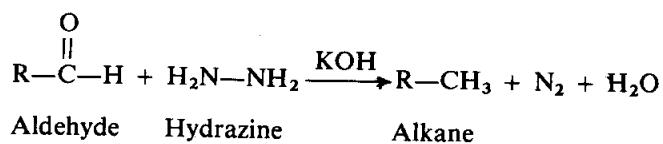


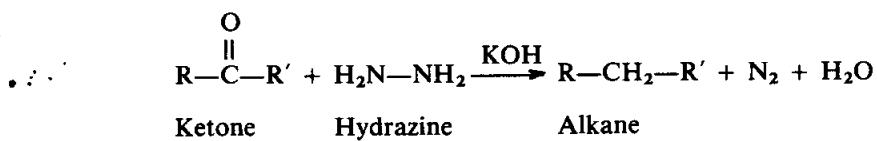
3. เตรียมจากปฏิกริยาเรตักชันของอัลดี้ไฮเดร็ตและค์โตน โดยวิธี

3.1 Clemmensen reduction ซึ่งใช้ zinc amalgam (หรือ amalgamated zinc) ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นเป็นตัวรีดิวส์ ดหัวข้อที่ 4.8.1 ข้อที่ 3.1



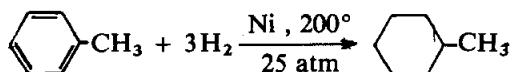
3.2 Woff - Kishner Reduction ซึ่งรีดิวส์โดยใช้ไฮดรอกซินในสารละลายไปแพตสเซ็นไฮดรอกไซด์ ดทั้งข้อที่ 4.8.2 ข้อที่ 3.2





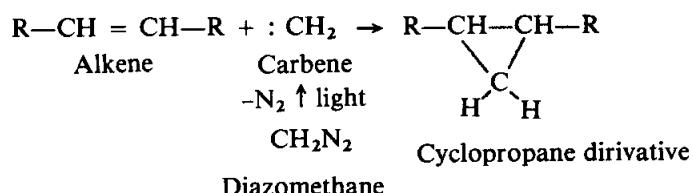
## 7. การเตรียมไฮโคลอัลเคน

1. เตรียมจากabenชีนและอนุพันธ์ของabenชีนวิธีใช้เป็นวิธีเตรียมไฮโคลอัลเคน และอนุพันธ์ของไฮโคลอัลเคน ดูหัวข้อที่ 4.8.2 ข้อที่ 1 เช่น



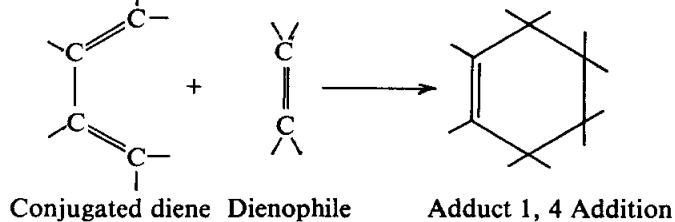
2. เตรียมจากสารประกอบอัลกิลไดไฮด์ทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสี จะเกิดการ coupling ในโนมเลกุลไดไฮโคลอัลเคน วิธีนี้ใช้เตรียมไฮโคลอัลโพเรนได้ดีมาก ดูตัวอย่างจากหัวข้อที่ 4.8.2 ข้อที่ 2

3. เตรียมจากปฏิกิริยาการเพิ่มการบีน เข้าในพวกลอัลคีน



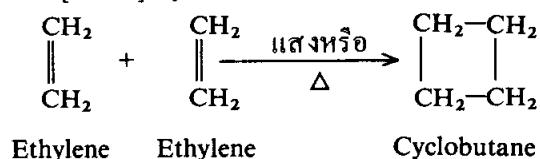
4. เตรียมจากปฏิกิริยา Cycloaddition ดูหัวข้อที่ 4.8.2 ข้อที่ 4

4.1 ปฏิกิริยาดิล็อกซ์-อัลเดอร์ เป็นปฏิกิริยาระหว่าง conjugated diene กับ ไอดีโนไฟล์ส



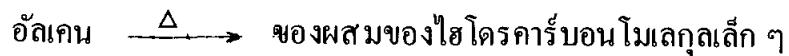
ปฏิกิริยานี้อาจจะเรียกเป็น [2+4] cycloaddition

4.2 [2+2] Cycloaddition ของอัลคีน เช่น



## 8. ปฏิกิริยาของอัลเคน

1. ปฏิกิริยาไฟโรลิซิสหรือแครกคิง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อน โดยให้ความร้อนแก่อัลเคนที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ และปราศจากออกซิเจน



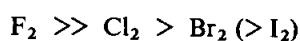
กลไกของปฏิกิริยาดูหัวข้อที่ 4.9.1 ข้อที่ 1

2. ปฏิกิริยาการสันดาป ดูหัวข้อที่ 4.9.1 ข้อที่ 2

3. ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยไฮโลเจน ดูหัวข้อที่ 4.9.1 ข้อที่ 3



ลำดับความว่องไวของไฮโลเจน



กลไกของปฏิกิริยาเกิดแบบฟรีแรดิกัล ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

Chain - initiating step

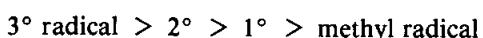
Chain - propagating step

Chain - terminating step

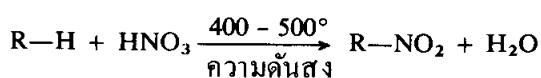
ชนิดของไฮโดรเจนที่ถูกดึงออกเรียงลำดับจากง่ายไปยากดังนี้



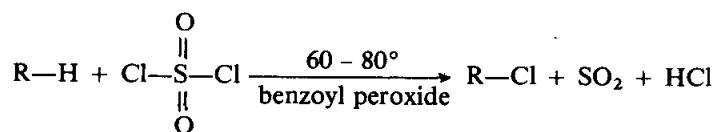
เสถียรภาพของฟรีแรดิกัล มีลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้



## 4. ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยหมู่ในไฮโดรเจน



5. ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยไฮโลเจนโดยใช้ซัลฟูริลคลอไรด์และต้องมีเปอร์ออกไซด์อยู่ด้วย ดูหัวข้อที่ 4.9.1 ข้อที่ 5



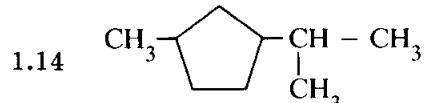
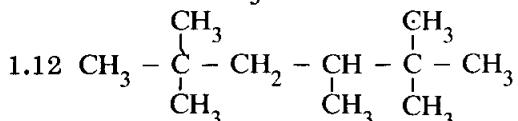
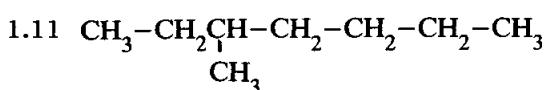
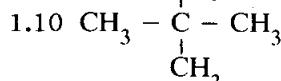
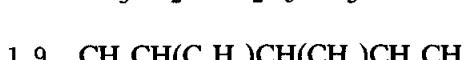
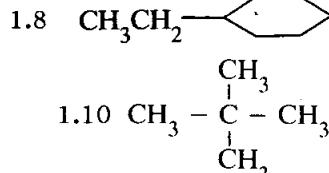
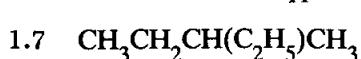
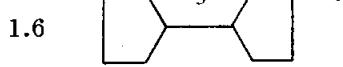
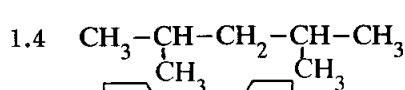
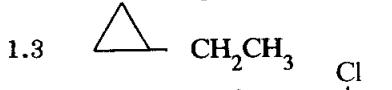
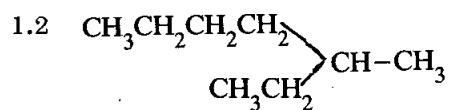
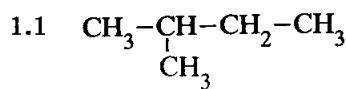
## 9. ปฏิกริยาของไชโคโลลลีกเคน

ปฏิกริยาของไชโคโลลลีกเคนที่ขนาดของวงประกอบด้วยการ์บอน 5 อะตอม  
หรือมากกว่า จะคล้ายกับปฏิกริยาของอัลเคน

แต่ไชโคโลลลีกเคนที่มีวงขนาดเล็กมากคือไชโคโลพรีเพนซึ่งเป็นพากที่มี strain  
สูง เมื่อทำปฏิกริยาจะเปิด ดูหัวข้อที่ 4.9.2

## แบบฝึกหัดทบทวนบทที่ 4

1. จงอ่านชื่อสารประกอบต่อไปนี้ตามระบบ IUPAC



2. จงเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบต่อไปนี้

2.1 2,2,3,3 – Tetramethylpentane

2.2 4 – Ethyl – 3, 4 – dimethylheptane

2.3 5 – Isopropyl – 3 – methyloctane

2.4 cis – 1, 2 – Dibromocyclopropane

2.5 Nitrocyclohexane

2.6 Isopentane

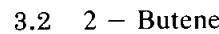
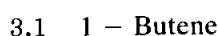
2.7 2, 2, 4, 4 – Tetramethyloctane

2.8 2 – Cyclopentylpentane

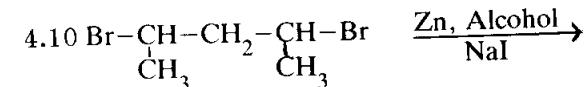
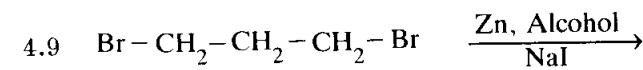
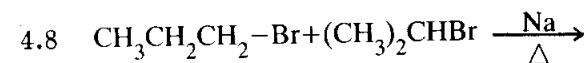
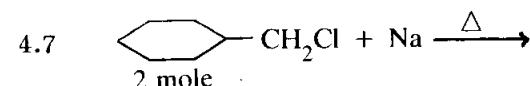
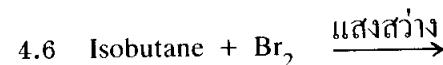
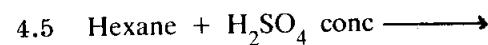
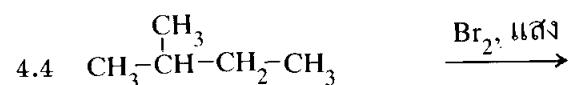
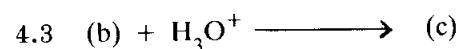
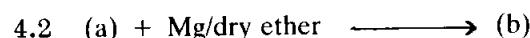
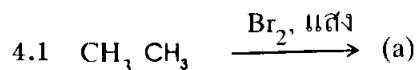
2.9 4 – tert – Butylnonane

2.10 2 – Chloro – 2, 4, 4 – trimethylpentane

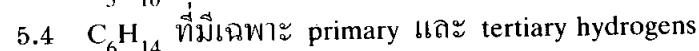
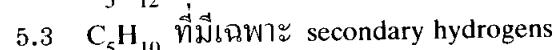
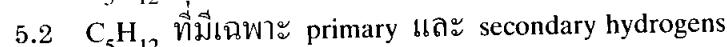
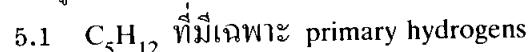
3. จงเขียนปฏิกิริยาการเตี๊ยม n – butane จากสารตั้งต้นที่กำหนดให้ดังนี้ :-



4. จงเขียนสมการเพื่อแสดงผลิตผลของปฏิกิริยาต่อไปนี้

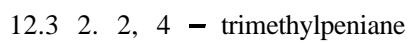


5. จงเขียนสูตรโครงสร้างและอ่านชื่อตามระบบ IUPAC ของอัลเคนและไฮโดรคลออัลเคนที่มีสูตรตั้งนี้



6. จงเขียนผลิตผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่ออัลเคนต่อไปนี้ทำปฏิกิริยา monochlorination
- |                |                                |
|----------------|--------------------------------|
| 6.1 n-Hexane   | 6.2 2, 2, 4 – Trimethylpentane |
| 6.3 iso-Hexane | 6.4 2, 2 – Dimethylbutane      |
7. จงเขียนผลิตผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อสารประกอบต่อไปนี้ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ที่กำหนดให้
- |  |
|--|
| 7.1 Cyclopropane + Cl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub>                       |
| 7.2 Cyclopropane + Cl <sub>2</sub> (300°)                                    |
| 7.3 Cyclopropane + conc H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                       |
| 7.4 Cyclopentane + Cl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub>                       |
| 7.5 Cyclopentane + Cl <sub>2</sub> (300°)                                    |
| 7.6 Chlorocyclopentane + (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Cu Li |
8. มีอัลกีนอยู่ 3 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะให้ผลิตผล 2 – methylbutane เมื่อเพิ่มไฮโดรเจนโดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จงเขียนสูตรโครงสร้างของอัลกีนทั้ง 3 ตัว พร้อมสมการที่เกิดขึ้น
9. อัลเคน A, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> ซึ่งสังเคราะห์จากอัลคิคลอไรด์ C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Cl ทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสีและกรด จงหาสูตรโครงสร้างของอัลเคน A และสูตรโครงสร้างของอัลคิเลไฮเดอตที่ควรจะเป็นไปได้ทุกตัว
10. จงเขียนสมการวิธีเตรียมสารประกอบต่อไปนี้ จากอัลคิลऐลเดอตที่เหมาะสมโดยใช้วิธีสังเคราะห์ของ Corey – House
- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 10.1 Pentane                | 10.2 Methylcyclopentane       |
| 10.3 2, 2 – Dimethylpropane | 10.4 2, 2, 5 – Trimethyhexane |
11. A เป็นสารประกอบไฮดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับโนร์มิน โดยมีแสงจะได้สารประกอบ B และ C ซึ่งเป็นไฮโซเมอร์ซึ่งกันและกัน B จำนวน 2 โมล ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมเกิด 2, 3 – Dimethylbutane
- (1) จงหาสูตรโครงสร้างของ A, B และ C
  - (2) จงหาสูตรโครงสร้างของผลิตผลของปฏิกิริยา เมื่อ C จำนวน 2 โมลทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม

12. จงเขียนผลิตผลของปฏิกิริยาเมื่อสารประกอบต่อไปนี้ทำปฏิกิริยากับก๊าซคลอรีนโดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่  $25^\circ\text{ C}$ .



13. จงเขียนกลไกของปฏิกิริยาต่อไปนี้

