

บทที่ 2

ไฮโดรคาร์บอนอิมตัว (Saturated Hydrocarbons)

สาระสำคัญ

ประเภทของไฮโดรคาร์บอน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในธรรมชาติ แอลเคนและไฮโคลแอลเคน monocyclic alkanes และ bicyclic alkanes โครงรูปของไฮโคลแอลเคน เสถียรภาพ ของโครงรูปและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สมบัติทางกายภาพ การเรียกชื่อตามระบบ และเรียกเป็น อนุพันธ์ของมีเทน การเรียกหมู่แอลกิล การเตรียมแอลเคนและไฮโคลแอลเคน และปฏิกิริยา ของแอลเคนและไฮโคลแอลเคน

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อได้ศึกษาบทเรียนนี้แล้วนักศึกษาควรจะสามารถ

1. อธิบายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในธรรมชาติ จำแนกประเภทของไฮโดรคาร์บอน บอก จำนวนวงแหวนในพอลิไฮโคลิกแอลเคนได้
2. เขียนโครงรูปของแอลเคนและไฮโคลแอลเคน ระบุปัจจัยที่มีต่อเสถียรภาพของโครงรูป และ เปรียบเทียบเสถียรภาพของโครงรูปแต่ละแบบได้
3. อธิบายสมบัติทางกายภาพและเปรียบเทียบได้
4. อ่านชื่อแอลเคน ไฮโคลแอลเคน และหมู่แอลกิล เขียนสูตรโครงสร้างจากชื่อสารประกอบ และบอกความแตกต่างของใบไฮโคลแอลเคนได้
5. เขียนปฏิกิริยาการเตรียมแอลเคน ไฮโคลแอลเคนได้ แสดงผลิตผล รีเอเจนต์ และสภาวะ ของปฏิกิริยาที่เกิดได้
6. นำไปใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบอื่นๆได้

บทนำ

ไฮโดรคาร์บอนเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนแบ่งเป็นชนิดอิมตัว ไม่อิมตัว และแอโรเมติกไฮโดรคาร์บอน

ไฮโดรคาร์บอนอิมตัว หรือแอลเคน (alkanes) เป็นไฮโดรคาร์บอนพื้นฐาน C และ H ในโครงสร้างเชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยวเพียงอย่างเดียว มีเฉพาะพันธะเดี่ยว C–C และพันธะ C–H carbons แต่ละอะตอมต้องมี 4 พันธะ อาจสร้างพันธะกับ carbons อื่นหรือกับไฮโดรเจน โครงโซ่อาจเป็นโซ่อิง โซ่กิ่ง หรือเป็นวง และอาจมีไฮโอดีฟอร์ชันิดในโครงสร้าง ไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ พบทั้งในรูปโซ่อิมและเป็นวง ใช้เป็นเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติก เส้นใย ยาง ตัวทำละลาย วัสดุระเบิด และเคมีภัณฑ์อื่นในอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

2.1 แอลิฟติกไฮโดรคาร์บอนและแอลเคน (Aliphatic Hydrocarbons and Alkanes)

แอลิฟติกไฮโดรคาร์บอน อะคอมการ์บอนอาจเก่าต่อ กันแบบโซ่อิม หรือต่อเป็นวงที่ไม่ใช่วงแอโรเมติก โดยใช้พันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม สำหรับแอลเคน จัดเป็นแอลิฟติกไฮโดรคาร์บอนชนิดอิมตัวซึ่ง carbons ทุกอะตอมในโมเลกุลใช้พันธะเดี่ยว

2.1.1 ไฮโดรคาร์บอนจากธรรมชาติ

น้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) ซึ่งเกิดจากการทับถมกันเป็นชั้นๆ ของ生物 เช่น สัตว์และจุลินทรีย์ เป็นเวลานานนับหลายร้อยล้านปี การเปลี่ยนสารที่ถูกย่อยสลายเหล่านี้ภายใต้ความร้อนสูงและความดันสูงโดยไม่มีออกซิเจน ให้น้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ ซึ่งถูกบีบอัดให้ไหลผ่านชั้นหินไปสะสมรวมที่ชั้นหินกักเก็บ หรือหินอุ้มปีโตรเลียม

ไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันดิบ

น้ำมันดิบ เป็นสารผสมของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดต่างๆ โดยทั่วไปมี carbons ตั้งแต่ 1 ไปจนถึง 50 อะคอม หรือว่านั้น เป็นแอลเคนทั้งโซ่อิงและโซ่กิ่ง ไฮคลออลเคน มีแอโรเมติกไฮโดรคาร์บอน และสารอินทรีย์อื่นที่มี N, O และ S ด้วย น้ำมันดิบจากแหล่ง

ต่างๆ จะมีส่วนผสมเฉพาะตัวแตกต่างกันไป เป็นสิ่งที่บอกสมบัติทางกายภาพบางอย่าง เช่น สี และความหนืด ไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันดินมีดังนี้

1. แอลเคน หรือพาราfin

- เป็นไฮโดรคาร์บอนอิมตัว ไม่เลกุลเป็นโซ่อร์ครองหรือโซ่กิ่ง
- สถานะเป็นแก๊สหรือของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ขึ้นกับขนาดไม่เลกุล
- เช่น มีเทน (methane), อีเทน (ethane), โปรดเพน (propane), บิวเทน (butane), ไอโซบิวเทน (isobutane), เพนเทน (pentane) และเขกเซน (hexane)

2. ไซโคลแอลเคน หรือแนฟทีน (naphthenes)

- โครงสร้างมีวง 1 วง หรือกว่าหนึ้น
- ส่วนใหญ่เป็นของเหลว
- เช่น ไซโคลเชกเซน, ไซโคลเพนเทน และ 1,2-dimethylcyclohexane

3. แօโรแมติก

- มีวงแօโรแมติก 1 วง หรือมากกว่า
- ส่วนใหญ่เป็นของเหลว
- เช่น เบนซีน, ໂගສູອິນ, ไซลีน (xylene), เอทิลเบนซีน (ethylbenzene), โปรดพິລ
เบนซีน (propylbenzene)

4. ไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ได้แก่ แอลคีน ไดอิน และແອລໄຄນໍ

- ส่วนใหญ่เป็นแก๊ส หรือของเหลว
- เช่น เอทิลีน (ethylene), บิวทีน (butene), ไอโซบิวทีน (isobutene), อะเซทีลีน (acetylene), บີວກາໄດອິນ (butadienes)

ไฮโดรเจนเป็นแหล่งสำคัญของน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้การกลั่นสำดับส่วนแยกออกตามช่วง
จุดเดือด และปรับให้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานสูง แต่ละส่วนประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ
เช่น น้ำมันเบนซีน หรือแก๊สoline (gasoline) เชื้อเพลิงເກຣອສູນ (kerosene) น้ำมันดีเซล
เชื้อเพลิงอากาศยาน น้ำมันเชื้อเพลิงอื่นๆ และแก๊สบีໂຕຣເລີມເຫຼວ (LPG)

2.1.1.1 แก๊สoline หรือ น้ำมันเบนซีน

เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นสารผสมของไฮโดรคาร์บอน มี
คาร์บอนตั้งแต่ 5–12 อะตอม ช่วงจุดเดือดอยู่ระหว่าง 40–205 °C ส่วนใหญ่เป็นแอลเคน มีไฮ-

โคลแอลเคนและสารประกอนแอโรเมติกเล็กน้อย (ไม่มีแอลกิลและแอลไคน์) ผสมรวมกันเพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซิน ได้แก่ น้ำมันเบนซินออกเทน¹ 87 ออกเทน 91 และ ออกเทน 95

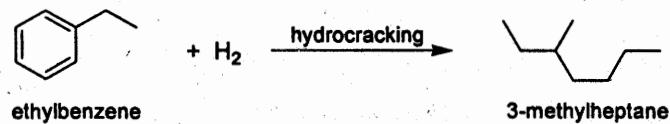
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทั่วไปของแก๊โซลิน

ประเภทไฮdrocarbon	ตัวอย่าง	ปริมาณร้อยละ
แอลิฟติก-โซ่ตรง	Heptane	30-50
แอลิฟติก-โซ่กึ่ง	Isooctane	
แอลิฟติก-เป็นวง	Cyclopentane	20-30
แอโรเมติก	Ethylbenzene	20-30

เนื่องจากความต้องการในการใช้น้ำมันเบนซินหรือแก๊โซลินมีปริมาณสูงมาก น้ำมันดิน 1 บาร์เรล² จะให้แก๊โซลินโดยตรงร้อยละ 25-35 จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนสิ่งกลั่นส่วนอื่นเป็นน้ำมันเบนซิน เชื้อเพลิงอื่น และสารที่มีประโยชน์ ด้วยการแปลงโมเลกุลโดยวิธีทางเคมีแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

(1) การแยกสลายด้วยความร้อน (Cracking)

เป็นการใช้ความร้อนสูง เพื่อเปลี่ยนโมเลกุลขนาดใหญ่จากสิ่งกลั่นระดับกลาง สิ่งกลั่นหนักและการกลั่น ให้แตกหักเป็นคาร์บอนโซลัต โดยมีหรือไม่มีตัวเร่ง ได้สารที่มีคุณค่าผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เช่น แก๊โซลิน เชื้อเพลิงไอพั่น น้ำมันดีเซล

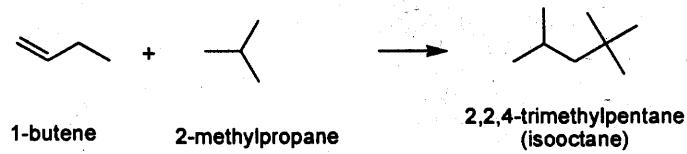


¹ เลขอ กเทน (Octane number): เป็นค่าตัวเลขที่บอกความสามารถของน้ำมันเบนซิน หรือแก๊โซลินที่จะเผาไหม้โดยปราศจากการน็อกในเครื่องยนต์ กำหนดขึ้นโดยการเปรียบเทียบลักษณะของแก๊โซลิน กับ ไอโซกเทน (2,2,4-trimethylpentane) และ เชปเทน โดยที่ไอโซกเทนมีค่าเป็น 100 เนื่องจากมีโครงสร้างแบบโซ่กึ่งซึ่งเผาไหม้เครื่องยนต์ได้เรียบและการน็อกเกิดเล็กน้อย ขณะที่ เชปเทนซึ่งเป็นโซ่ตรง มีค่าเป็น 0 และเกิดการน็อกมาก เนื่อง แก๊โซลินที่ก่อตัวแยกจากหอกลั่นโดยตรงมีค่าออกเทนประมาณ 70 หมายความว่าแก๊โซลินนั้นๆ มีสมบัติของการน็อกเช่นเดียวกับสารผสมระหว่างไอโซกเทน 70% และ เชปเทน 30%

² บาร์เรล (Barrel): หน่วยวัดปริมาตรน้ำมันดินหรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม; 1 บาร์เรลเท่ากับ 42 แกลลอน หรือประมาณ 159 ลิตร

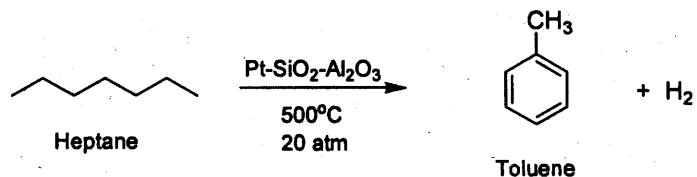
(2) การรวมตัว (Combining) หรือ alkylation

เป็นการทำโมเลกุลขนาดใหญ่จากโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น 1-propene หรือ 1-butene รวมกับแอลเคนโมเลกุลเล็กๆ ที่อุณหภูมิและความดันต่ำ โดยมี HF หรือ H_2SO_4 เป็นตัวเร่งเปลี่ยนให้แก๊สโซลินที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น



(3) การเปลี่ยนรูป (Catalytic Reformation)

เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลให้เป็นไฮโดรคาร์บอนที่ค่าประเมินออกเทนสูงขึ้น ใช้ตัวเร่ง เพื่อเปลี่ยนสิ่งกลั่นส่วนที่มีจำนวน carbons เท่าแก๊สโซลินและไฮดรอกซิล และไฮดรอนสายสั้น เป็นแก๊สโซลินที่มีค่าออกเทนสูง และได้แก๊ส H_2 เป็นวัตถุผลอยได้



(4) การกำจัดสิ่งเจือปน (Treating)

เป็นวิธีกำจัดหรือเปลี่ยนสารเจือปนในส่วนกลั่นต่างๆ เช่น สารอินทรีย์ที่มีชั้ลเฟอร์ ในโตรเจน และออกซิเจน น้ำ โลหะ และเกลืออนินทรีย์ เช่น ใช้การดักฟิวริกกับไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว สารที่มีในโตรเจน สารที่มีออกซิเจน หรือหากใช้สารดูดความชื้นกำจัดน้ำ และใช้วิธี hydro-treating เปลี่ยนชั้ลเฟอร์เป็น H_2S และในโตรเจนเป็น NH_3

2.1.1.2 แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas, LPG)

LPG เป็นไฮโดรคาร์บอนผลอยได้จากการกลั่นแยกน้ำมันดิบ หรือแก๊สธรรมชาติ มีสถานะเป็นไอที่อุณหภูมิปกติและความดันบรรยายกาศ และเป็นของเหลวที่ความดันสูงปานกลาง โดยทั่วไปเป็นโพรเพนหรือบิวเทนที่ผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ สำหรับประเทศไทยใช้อัตราส่วนของโพรเพนและบิวเทนประมาณ 70:30 ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม เชื้อมโลหะ ใช้ในอุตสาหกรรม และใช้กับยานพาหนะ

ไพรเพนมีจุดเดือด -42°C จึงเป็นไอทันที่เมื่อออกจากถังเก็บแม้อยู่ที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ส่วนบิวเทนจุดเดือด -0.6°C เป็นไอได้ยากที่อุณหภูมิต่ำจึงมีข้อจำกัดในการใช้ มักผสมร่วมกับไพรเพนมากกว่าใช้เดี่ยวๆ เนื่องจาก LPG หนักกว่าอากาศ เมื่อร้าวไฟจะสะสมตัวตามพื้นล่าง และลูกคิดไฟได้ถ้ามีประกายไฟ

ตารางที่ 2.2 แสดงผลลัพธ์ความร้อนจากเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

เชื้อเพลิง	ผลลัพธ์ความร้อน (BTU) ต่อเชื้อเพลิง 1 ปอนด์
ไพรเพน	21,500
บิวเทน	21,200
แก๊โซฮีลิน	17,500
ถ่านหิน	10,000

2.1.1.3 แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)

แก๊สธรรมชาติจากแหล่งแก๊สเป็นสารผสมของแก๊สไฮdrocarbon ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ อาจติดมากับน้ำมันดินจากหลุ่มน้ำมันดิน หรือจากหลุ่มคอนเดนเซต (condensate³ wells) แก๊สธรรมชาติที่มาจากการหลุ่มน้ำมันเรียกว่า associated gas ซึ่งอาจอยู่ในรูปแก๊สอิสระหรือละลายอยู่ในน้ำมันดิน ส่วนที่มาจากการหลุ่มแก๊สหรือหลุ่มคอนเดนเซต เรียกว่า non-associated gas

แก๊สธรรมชาติเป็นสารผสมของไฮdrocarbon ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นมีเทน (CH_4) นอกจากนี้เป็นอีเทน (C_2H_6) มีไพรเพน (propane, C_3H_8) บิวเทน (butane, C_4H_{10}) ไอโซ- H_2S , N_2 , CO_2 , He มีไฮdrocarbon ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเล็กน้อย และสารอื่นๆ

แก๊สธรรมชาติซึ่งผ่านกระบวนการที่โรงแยกแก๊ส เพื่อแยกไฮdrocarbon ที่มีควรบ่อน ตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไปออก เหลือเฉพาะมีเทน (C_1) จะถูกส่งเข้าระบบท่อเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง หลักในการผลิตไฟฟ้า รองลงมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และภาคชนส่งโดยนำไปอัดใส่ถังเป็นเชื้อเพลิงยานยนต์ที่รู้จักในชื่อ NGV (natural gas for vehicles) หรือแก๊สธรรมชาติอัด CNG (compressed natural gas; CNG) หรือแก๊สธรรมชาติเหลว (liquefied natural gas; LNG)

³ คอนเดนเซต (condensate) เป็นไฮdrocarbon เหลวจากแก๊สธรรมชาติ หรือไฮdrocarbon ที่กลับตัวจากแก๊สธรรมชาติ อยู่ในสถานะของเหลวที่อุณหภูมิและความดันบรรยายการ เช่น เพนเทน เชกเซน เชปเทน และออกเทน เมื่อขึ้นมาถึงปากบ่อนจะก่อผลิต สามารถแยกออกจากไฮdrocarbon ที่มีสถานะเป็นแก๊สบนแท่นผลิต และสำลียงบนส่งโดยทางเรือหรือทางท่อ นำไปกลับเป็นน้ำมันสำเร็จรูปได้ต่อไป

แก๊สธรรมชาติเหลว (Liquefied natural gas, LNG)

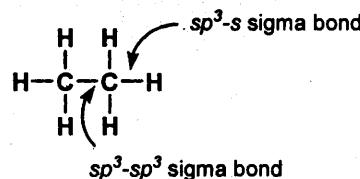
แก๊สธรรมชาติที่ถูกดูดซึ่งต่างกับแก๊สติดไฟได้จากกลุ่มแก๊สโดยตรง กระบวนการก่อนการขับส่งเป็นการแยกส่วนประกอนอินจี เพื่อให้ได้แก๊สมีเทน จากนั้นจึงทำให้มีเทนเป็นของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงเป็นประมาณ -160°C ปริมาตรจะลดลงจากเดิมมากเพื่อสะดวกในการขนส่ง หรือเก็บรักษา มีเทนเบากว่าอากาศ เมื่อรู้ว่าหลังจากการจ่ายตัวสู่บรรจุภัณฑ์ด้านบนโดยรวดเร็ว ไม่สามารถพื้นด้านล่างเหมือน LPG

2.2 แอลเคนและไฮโคลแอลเคน

2.2.1 แอลเคน

แอลเคน เป็นไฮโดรคาร์บอนอิมตัว มีเฉพาะพันธะซิกมา คาร์บอนในแอลเคนใช้ออร์บิทัลสมชานิด sp^2 พันธะเดียว C-C เกิดจากการเหลื่อมช้อนระหว่างออร์บิทัล sp^2 จากคาร์บอนทั้งสองอะตอม และ C-H เกิดจากการเหลื่อมช้อนระหว่างออร์บิทัล sp^2 จาก C และ 1s ของ H

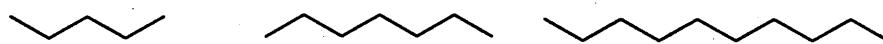
โครงสร้างแอลเคนที่เป็นโซ่อิมมีสูตรโมเลกุล C_nH_{2n-2} ที่คาร์บอนแต่ละอะตอมจะมี H จำนวนเท่าที่เป็นได้ แอลเคนโซ่อิตร (straight-chain alkanes) หรือ *normal alkane* จะมีคาร์บอนต่อเรียงเป็น列า ถ้ามีโซ่กิ่งเรียก branched-chain alkanes และเป็นวงเรียกไฮโคลแอลเคน (cycloalkanes)



แอลเคนโซ่อิตรมีชื่อเรียกดามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่มีในโซ่ (ตารางที่ 2.3) อักษรลงท้าย-ene แสดงว่าโมเลกุลนั้นๆ เป็นแอลเคน

ไฮโซเมอร์ของแอลเคน และชุดโครงสร้างที่สัมพันธ์กัน

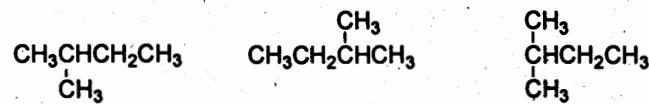
แอลเคนที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 4 อะตอมขึ้นไปมีการเกาด์ตอกันของ C หลายแบบ แต่ละแบบต่างเป็นไฮโซเมอร์ชนิดโครงสร้าง แอลเคนโซ่อิตรที่คาร์บอนเพิ่มขึ้นทีละอะตอม จะต่างกันที่จำนวนหมู่เมทธิลีน (methylene, $-\text{CH}_2-$) เรียกชุดโครงสร้างที่สัมพันธ์กันนี้ว่า homologous series สูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$ แม้จะเรียกแอลเคนโซ่อิตร แต่การที่คาร์บอนเป็นเตตราซีดรอน จึงเขียนโครงโซ่carbonเป็นเส้นหกมุมขึ้นลง 120°



ตารางที่ 2.3 ชื่อแอลเคนใช้ทรงบานชนิดและจำนวนไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้าง

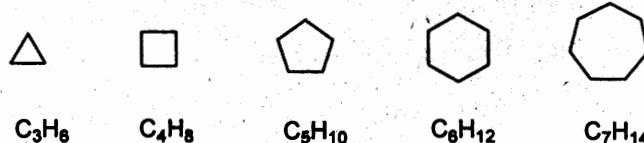
จำนวนคาร์บอน	ชื่อ	สูตร (C_nH_{2n+2})	จำนวนไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้าง
1	Methane	CH_4	1
2	Ethane	CH_3CH_3	1
3	Propane	$CH_3CH_2CH_3$	1
4	Butane	C_4H_{10}	2
5	Pentane	C_5H_{12}	3
6	Hexane	C_6H_{14}	5
7	Heptane	C_7H_{16}	9
8	Octane	C_8H_{18}	18
9	Nonane	C_9H_{20}	35
10	Decane	$C_{10}H_{22}$	75
15	Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	4,347
20	Eicosane	$C_{20}H_{42}$	366,319
40	Tetracontane	$C_{40}H_{82}$	62,491,178,805,831
100	Hectane	$C_{100}H_{202}$	

จำนวนไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างเพิ่มขึ้นเมื่อ carbons บนเพิ่ม เพื่อให้ได้โครงสร้างแต่ละแบบที่ไม่ซ้ำกัน อาจเริ่มจากโครงสร้างแบบไม่มีใช้กิ่ง ตัด carbons ที่จะอะตอมเปลี่ยนเป็นกิ่งเข้า เกาะตำแหน่งต่างๆ โดยต้องดูให้ออกว่าแต่ละแบบเป็นสารเดียวกันหรือไม่ จากรูปแบบการ เกาะต่อ กันของ carbons ในโครงสร้าง เช่น ไอโซเมอร์ของ C_5H_{12} ทั้งสามแบบต่อไปนี้เป็นสารเดียวกัน แต่ละแบบมี carbons ต่อ กัน 4 อะตอม และมีหมุนเวียน $-CH_3$ เป็นใช้กิ่ง



2.2.2 ไซโคลแอลเคน

ไซโคลแอลเคน เป็นแอลเคนที่มี carbons ตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไปเกาะต่อ กันเป็นวง วง แหวน 1 วง มีไซโคลเจนลดลง 2 อะตอม สูตรโมเลกุลทั่วไปของไซโคลแอลเคนที่มี 1 วง จึงเป็น C_nH_{2n} ปกติใช้สูตรโครงสร้างแบบเส้นในการแสดงโครงสร้าง เช่น



2.3 การเรียกแอลเคนและไฮโคลแอลเคน

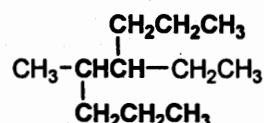
การเรียกแอลเคนมีระบบที่แน่นอนและกระชับ ซึ่งอธิบายโครงสร้างบอนโดยยึดถือวิธีการระบุจำนวนคาร์บอนในโซ่อ้างอิงที่ 2.3 เป็นชื่อแอลเคนโซ่อร์ที่เรียงตามจำนวนcarbon มาก่อน คำส่วนใหญ่มาจากภาษาละตินหรือภาษากรีก ซึ่งแสดงจำนวนอะตอมcarbon ในโซ่อ้างอิงด้วย -ane เช่น

Heptadecane ($C_{17}H_{36}$) เป็นคำประกอบ มาจากภาษากรีก *hepta* คือ 7 และภาษาละติน *decem* คือ 10 สำหรับแอลเคนสี่อันดับแรกเป็นชื่อพิเศษที่ได้รับการยอมรับในการเรียกดามระบบ ซึ่งลงท้ายด้วย -ane เช่นเดียวกัน ชื่อเหล่านี้เป็นหลักของการเรียกชื่อสารอินทรีย์อื่นๆ สำหรับแอลเคนโซ่อร์ที่ไม่ใช่โมเลกุลเล็กบางชนิด มีชื่อสามัญที่ยังใช้กันอยู่ โดยมีคำ เช่น *iso-* และ *neo-* นำไว้ข้างหน้า

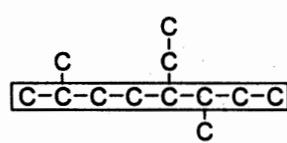
2.3.1 การเรียกชื่อแอลเคนตามระบบ IUPAC

1) หากใช้หลัก เรียกชื่อใช้หลัก และเดิมคำลงท้าย

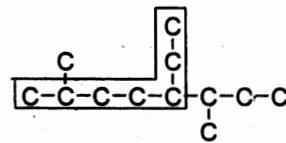
- ใช้หลักเป็นโซ่อร์ที่มีcarbon 8 อัน เนื่องจากต้องยกหัวใจที่สุด บางครั้งอาจไม่ต้องเป็นโซ่อร์ท แต่อาจหักมุมขึ้นลงได้



- อ่านชื่อหลักตามจำนวนcarbon ในโซ่อร์ท เดิมคำลงท้าย -ane (เช่นเดียวกับตาราง 2.3)

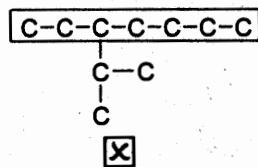


ใช้หลักมีcarbon 8 อะตอม
8 C -----> oct -----> octane

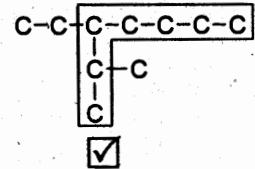


ใช้หลักมีcarbon 7 อะตอม

- ถ้ามีโซ่อร์ทที่carbon 8 เท่ากันมากกว่า 1 แบบ เลือกแบบที่มีการแทนที่มากกว่า



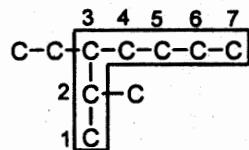
ใช้หลักมีการบอน 7 อัตโนม
หมู่แทนที่ 1 แห่ง



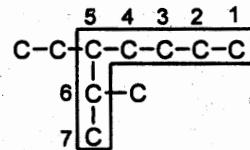
ใช้หลักมีการบอน 7 อัตโนม
หมู่แทนที่ 2 แห่ง

2) กำหนดเลขตำแหน่งในใช้หลัก

- เริ่มจากปลายด้านที่ใกล้กิ่งมากกว่า เพื่อให้หมู่แทนที่หมู่แรกอยู่ในตำแหน่งที่มีตัวเลขน้อยสุด



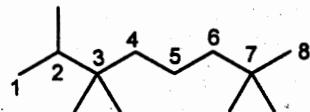
หมู่แรกอยู่ตำแหน่งที่ 2



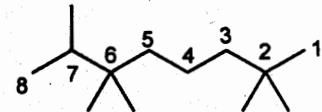
หมู่แรกอยู่ตำแหน่งที่ 5



- ถ้าันบากปลายหั้งสองด้าน หมู่แทนที่หมู่แรกมีเลขตำแหน่งเหมือนกัน ให้เริ่มจากปลายซึ่งหมู่แทนที่หมู่ที่ 2 มีเลขตำแหน่งน้อยกว่า



2,3,3,7,7-Pentamethyloctane

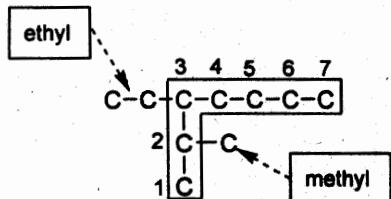


2,2,6,6,7-Pentamethyloctane



3) เรียกชื่อและระบุตำแหน่งของหมู่แทนที่แต่ละหมู่ซึ่งอยู่ในใช้หลัก

ชื่อใช้หลัก: heptane



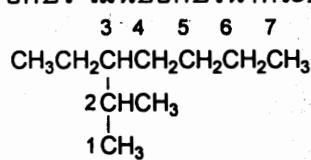
หมู่แทนที่ C₂, -CH₃ (2-methyl)

ที่ C₃, -CH₂CH₃ (3-ethyl)

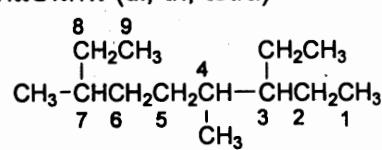
4) เนียนชื่อเดิมของสารประกอบต่อกันเป็นคำเดียว

- ส่วนที่เป็นชื่อหลักของแอลเคนอยู่ท้ายชื่อ

- เลขตำแหน่งและชื่อของหมู่แทนที่อยู่หน้าชื่อหลัก เรียงหมู่แทนที่ตามลำดับ อักษร ไม่นับอักษรนาทีระบุจำนวนหมู่ที่เหมือนกัน (di, tri, tetra)



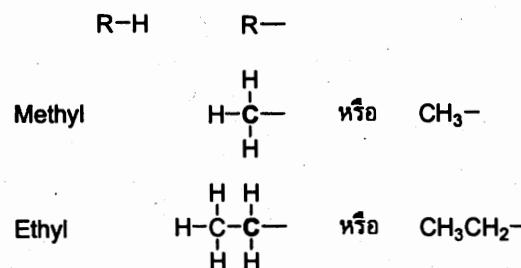
3-Ethyl-2-methylheptane



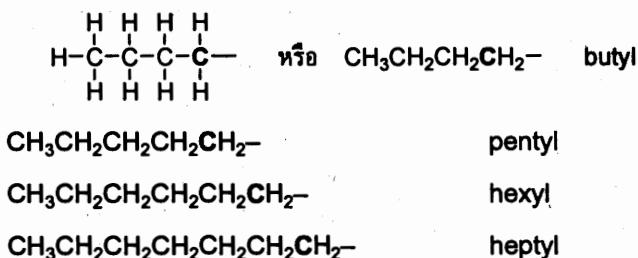
3-Ethyl-4,7-dimethylnonane

2.3.2 การเรียกหมู่แอลกิล

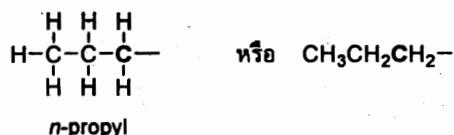
หมู่แอลกิล หรือหมู่ R หมายถึงหมู่ไฮโดรคาร์บอนจากแอลเคนที่ขาดไฮโดรเจนไป 1 อะตอม เป็นส่วนที่สร้างพันธะกับคาร์บอนอื่น หรือหมู่ฟังก์ชันอื่น ชื่อหมู่แอลกิลได้จากการเปลี่ยนอักษรลงท้าย -ane ของแอลเคนด้วยแบบเป็น -y เช่น

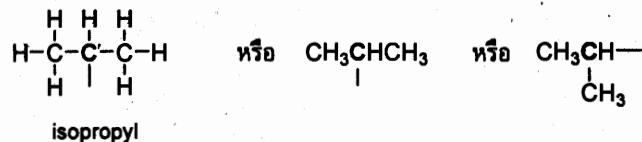


ชื่อหมู่แอลกิลใช้ตรงอื่นๆ ที่มีจุดเชื่อมเกาะกับอะตอมที่คาร์บอนปลายสุด ได้จากการเปลี่ยนชื่อตามระบบของแอลเคนนั้นๆ โดยตรง เช่น



สำหรับหมู่แอลกิลที่มีคาร์บอน 3 อะตอมขึ้นไป ควรบันทึกเป็นจุดเชื่อมเกาะมีมากกว่า 1 แห่ง เช่น หมู่ C_3H_7-





เนื่องจากหมู่แอลกิลที่มีใช้ก็งชีงมีโครงสร้างง่ายๆ และพบบ่อย การเรียกชื่อตามระบบ
จึงยอมรับให้ใช้ชื่อสามัญของหมู่แอลกิลเหล่านี้ได้

2.3.3 การเรียกใช้โคลแอลเคน

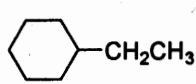
ใช้หลักคล้ายกัน ดังนี้

1) หากใช้หลัก เรียกชื่อโดยหลัก เดิมคำนำหน้าและลงท้าย

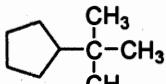
- ถ้าจำนวนcarbonในวงเท่ากันหรือมากกว่าใช้ช้างวง วงไหนเป็นโครงสร้างหลัก
- อ่านชื่อหลักตามจำนวนcarbonในวง
- เดิมคำนำหน้า -cyclo และลงท้าย -ane ที่ชื่อหลัก

2) อ่านชื่อหมู่แทนที่ ระบุตำแหน่งเป็นตัวเลขค่าสุด และเขียนชื่อสารประกอบ

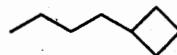
- ถ้ามีการแทนที่ 1 หมู่ ไม่ต้องใส่เลขตำแหน่ง



Ethylcyclohexane

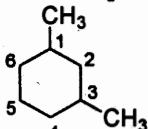


tert-Butylcyclopentane

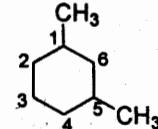


Butylcyclobutane

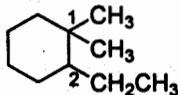
- ถ้ามีการแทนที่ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป เริ่มที่ตำแหน่งซึ่งมีการแทนที่ นับวนให้ได้
ตำแหน่งของหมู่แทนที่อื่นเป็นตัวเลขน้อยๆ เช่นกัน



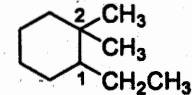
1,3-Dimethylcyclohexane



1,5-dimethylcyclohexane

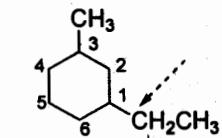


2-Ethyl-1,1-dimethylcyclohexane

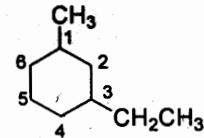


1-Ethyl-2,2-dimethylcyclohexane

- ถ้าชุดเลขที่เหมือนกันมีมากกว่า 1 แบบ ตำแหน่งที่ 1 เป็นหมู่ที่ลำดับอักษรมาก่อน



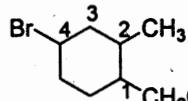
1-Ethyl-3-methylcyclohexane



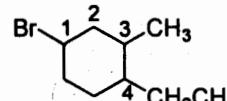
3-Ethyl-1-methylcyclohexane



- ถ้ามีอะดอมของไฮโลเจนอยู่ในวงด้วย ให้นับเหมือนเป็นดั่งหมู่แอลกิล



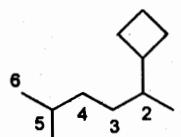
4-Bromo-1-ethyl-2-methylcyclohexane



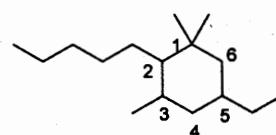
1-Bromo-4-ethyl-3-methylcyclohexane



3) วงแหวนมีจำนวนcarbonน้อยกว่าโซ่อ้างอิง วงแหวนจะเป็นหมู่แทนที่ (cycloalkyl) ของโซ่อ้างอิง



2-Cyclobutyl-5-methylhexane



5-Ethyl-1,1,3-trimethyl-2-pentylcyclohexane

2.4 พอลิไซค์คลิกแอลเคน (Polycyclic alkenes)

พอลิไซค์คลิกแอลเคน หมายถึงไฮโคลแอลเคนที่มี 2 วงขึ้นไป จำนวนวงได้จำกัดจำนวน พันธะน้อยที่สุดที่แตกหัก ทำให้สารนั้นเป็นโซ่อีดและไม่เป็นวงอีกต่อไป เช่น adamantane

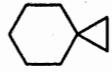


Adamantane $C_{10}H_{16}$
3 วง (tricyclic)

นอกจากจัดประเภทตามจำนวนวงแล้ว ยังแบ่งตามลักษณะการเชื่อมต่อวง เช่น ไฮโคล แอลเคนที่มี 2 วง (bicycloalkanes) ต่อไปนี้

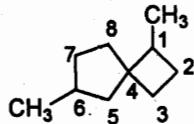
1. Spiro compounds หมายถึงสารประกอบที่มีวงแหวน 2 วง เชื่อมกันโดยใช้อะดอมร่วม หรือ spiro atom 1 อะดอม

การเรียกชื่อตามระบบ เรียกเป็น spiro[ตัวเลข.ตัวเลข]alkane เช่น



Spiro[2.5]octane

- คำลงท้าย *alkane* หมายถึงจำนวนคาร์บอนทั้งหมดที่มี
- **ตัวเลข** หมายถึงจำนวนcarbonในแต่ละวง ไม่นับที่ใช้ร่วมกัน
- ให้เริ่มนับจากอะตอมที่ติดกับอะตอมของวงที่เล็กกว่า ไปวนจนถึงอะตอมร่วม และต่อรอบวงที่สอง
- ถ้ามีการแทนที่ ให้นับวนไปทางที่หมุนแทนที่หมุนร่วมซึ่งต่อเนื่องน้อยที่สุด



1,6-Dimethylspiro[3.4]octane

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างไอโซเมอร์ของ bicycloalkanes C_8H_{14}

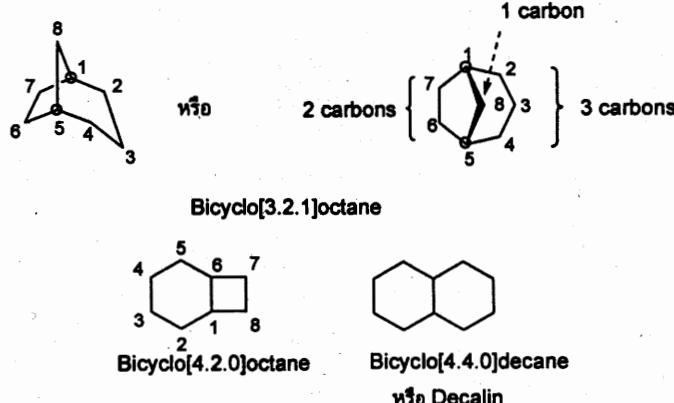
วงแยกกัน (Isolated Rings)	Spiro Rings	Fused Rings	Bridged Rings
ไม่มีอะตอมที่ใช้ร่วมกัน	ใช้อะตอมร่วมกัน 1 อะตอม	ใช้พันธะร่วมกัน 1 พันธะ	ใช้อะตอมร่วมกัน 2 อะตอม

2. **Fused-ring compounds** เป็นสารประกอบที่มีวงแหวน 2 วง ใช้อะตอมที่ติดกัน 2 อะตอมร่วมกัน หรือมีพันธะร่วมกัน 1 พันธะ

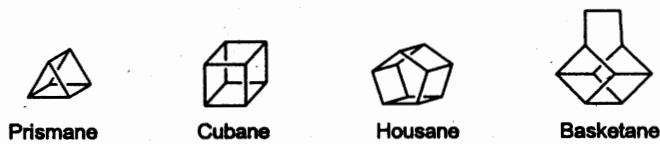
3. **Bridged compounds** เป็นสารประกอบที่ใช้อะตอมcarbonร่วมกัน 2 อะตอม ซึ่งไม่อยู่ดีดกัน

การเรียกชื่อตามระบบของทั้ง 2 ประเภทใช้หลักเดียวกัน เรียกเป็น *Bicyclo*[**ตัวเลข.ตัวเลข**]alkane อะตอมที่ใช้ร่วมกันเรียกอะตอมหัวสะพาน (bridgehead atoms) เริ่มนับจากอะตอมหัวสะพาน ไปวนไปตามโซลี่ยาวยที่สุดจนถึงอะตอมหัวสะพานอีกอะตอมหนึ่ง และต่อไปยังวงที่มีโซลี่สั้นกว่าจักรบ

- คำงท้าย alkane หมายถึงจำนวนคาร์บอนทั้งหมดที่มี
- ตัวเลข หมายถึงจำนวนcarbonในแต่ละวง (ไม่นับที่ใช้ร่วมกัน)



นอกจากชื่อตามระบบแล้ว พอลิไซคลิกแอลเคนหลายชนิดที่มีลักษณะพิเศษ นิยมใช้ชื่อสามัญซึ่งง่ายกว่าการเรียกตามระบบ เช่น



2.5 สมบัติทางกายภาพ

โครงสร้างแอลเคนเป็นระบะเป็น มีความยาวพันธะ C-C และ C-H สม่ำเสมอ แอลเคนเป็นสารประกอบไม่มีข้าว แรงยืดเห็นี่ยวยาวห่างโมเลกุลเป็นแรงอย่างอ่อน ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติกายภาพของสารประกอบโคลเวเลนซ์ คือ มวลโมเลกุล ขนาดโมเลกุล รูปร่างของโมเลกุล และแรงยืดเห็นี่ยวยาวห่างโมเลกุล ซึ่งส่งผลดังนี้

2.5.1 สถานะ

แรงระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดอนดอน (London force) ซึ่งเป็น dispersion force เป็นแรงอย่างอ่อน มีเทน อีเทน ไพรเพน และบิวเทน (C_1 ถึง C_4) มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิ ห้องแอลเคนโซ่อุ่นจาก C_5H_{12} ถึง $C_{17}H_{36}$ เป็นของเหลว และดังแต่ $C_{18}H_{38}$ ขึ้นไปเป็นของแข็ง

2.5.2 จุดเดือด

จุดเดือดของแอลเคนต่ำกว่าสารอินทรีย์อื่นที่มวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากแอลเคนมีส่วนขั้วน้อยมาก แรงระหว่างโมเลกุลจึงแข็งแรงน้อยกว่า จุดเดือดจึงต่ำกว่า

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคนกับสารอินทรีย์อื่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน

สารประกอบ	มวลโมเลกุล	จุดเดือด	แรงระหว่างโมเลกุล
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	-42 °C	London force
$\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\underset{ }{\text{CH}_2}}\text{C}-\text{H}$	44	21 °C	London force, แรงระหว่างไดโอด
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	46	79 °C	London force, แรงระหว่างไดโอด, พันธะไฮdroเจน

จุดเดือดของแอลเคนเพิ่มขึ้นตามจำนวนcarbon เมื่อมวลโมเลกุลเพิ่ม ขนาดของโมเลกุลใหญ่ขึ้น พื้นที่ผิวของโมเลกุลมากขึ้น แรงระหว่างโมเลกุลก็เพิ่มขึ้นด้วย ในจำนวน carbon ที่เท่ากัน ไอโซเมอร์ที่มีโซ่กิ่งมากกว่าจะมีจุดเดือดต่ำกว่า เนื่องจากขนาดโมเลกุลเล็กกว่า พื้นที่ผิวโมเลกุลน้อยลง แรงระหว่างโมเลกุลจึงน้อยลงและจุดเดือดก็ลดลงด้วย

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคนที่มีจำนวนcarbon และโครงสร้างต่างๆ

สารประกอบ	มวลโมเลกุล	จุดเดือด	จุดหลอมเหลว
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58	0 °C	-138 °C
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	72	36 °C	-130 °C
$\text{CH}_3\overset{\text{CH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}} \text{CH}_2\text{CH}_3$	72	30 °C	-160 °C
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	72	10 °C	-16.6 °C
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	86	69 °C	-95.3 °C

2.5.3 จุดหลอมเหลว

แอลเคนที่เป็นของแข็งที่อ่อน การจัดโมเลกุลในสถานะของแข็งอัดแน่นกว่าของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์ชนิดมีข้าวอื่นๆ ที่ขนาดโมเลกุลใกล้กัน แอลเคนมีจุดหลอมเหลวต่ำและเพิ่มขึ้นเมื่อ carbon มากขึ้น แต่จุดหลอมเหลวต่างจากจุดเดือดเนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดหลอมเหลว ได้แก่

สมมาตรระดับโมเลกุล (Molecular symmetry) เป็นสิ่งบอกความสามารถในการจัดเรียงโมเลกุลในสถานะของแข็ง โมเลกุลที่มีสมมาตรจะจัดเรียงตัวได้แน่นกระชับ จำนวนโมเลกุลในยูนิตเซลล์ (unit cell) สูง การยัดเห็นยวของโมเลกุลมากกว่า จุดหลอมเหลวจึงสูงกว่า

จำนวนcarbon และรูปทรงเชิงเรขาคณิตของโมเลกุล ไม่เลกุลที่มีการบอนเป็นเลขคู่อัดด้วยไนโกลกันมากกว่าและจุดหลอมเหลวสูงกว่าววกที่การบอนเป็นเลขคี่ และถ้ารูปทรงไม่เลกุลเกะกะ จำนวนการจัดตัวต่อหน่วยจะลดลง และจุดหลอมเหลวจะลดลง

2.5.4 การละลายและความหนาแน่น

แอลเคนเป็นสารไม่มีข้าว ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดไม่มีข้าวหรือมีข้าวน้อย แอลเคนและไฮโดรคาร์บอนทุกชนิดไม่เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ จึงไม่ละลายน้ำหรือไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำซึ่งมีความหนาแน่น 1.0 g/mL แอลเคนมีความหนาแน่นน้อยกว่า ($0.6\text{-}0.8 \text{ g/mL}$) ดังนั้นจึงอยู่เหนือผิวน้ำ

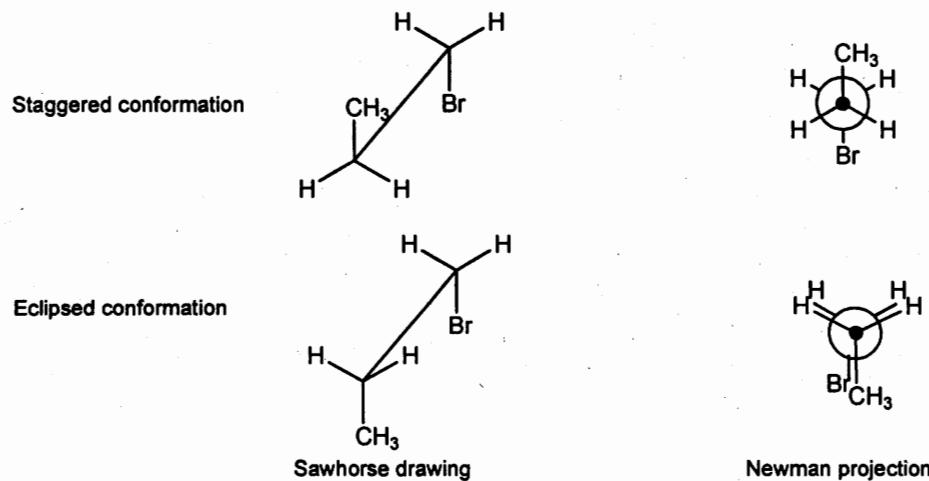
2.6 โครงรูปของแอลเคน (Alkane conformation)

ในโมเลกุลโซ่เปิดพันธะเดี่ยว C–C ในแอลเคนหมุนรอบอย่างอิสระที่อุณหภูมิห้อง การหมุนรอบพันธะเกิดเร็วมาก ทำให้เห็นไอโซเมอร์โครงรูปแบบต่างๆ ยาก แต่อาจมีปัจจัยที่ทำให้การเคลื่อนไหวโมเลกุลดลงจนเห็นความแตกต่างของไอโซเมอร์โครงรูปได้

2.6.1 ไอโซเมอร์โครงรูป (Conformational isomers หรือ conformers)

ไอโซเมอร์โครงรูป เป็นไอโซเมอร์ที่มีการเกาะต่อ กันของอะตอมเหมือนกัน แต่ความแตกต่างในการจัดอะตอมหรือหมุนอะตอมในที่ว่างเกิดจากการหมุนของพันธะเดี่ยว C–C

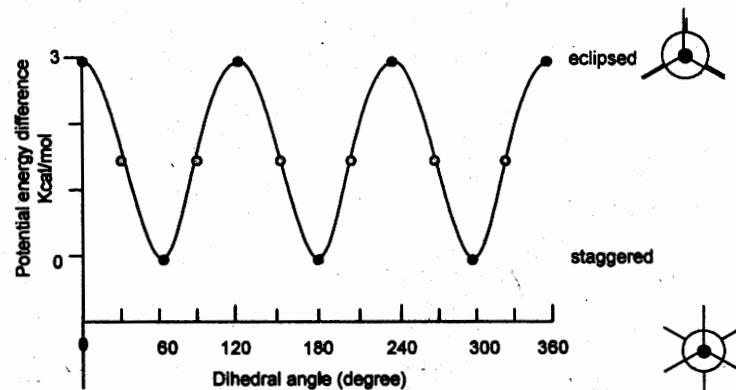
ไอโซเมอร์โครงรูปมีจำนวนนับไม่ถ้วน ที่สำคัญมี 2 แบบ คือ ช้อนเหลื่อม (staggered) ซึ่งมีพลังงานต่ำสุดและเสถียรภาพสูงสุด และช้อนตรง (eclipsed) มีพลังงานสูงและเสถียรภาพต่ำ ไอโซเมอร์โครงรูปเขียนให้ดูมีมิติได้ โดยการเขียนแบบซอว์ฮอร์ส (Sawhorse drawing) และภาพฉายแบบนิวแมน (Newman projection) เช่น



2.6.1.1 โครงรูปของอีเทน (Ethane Conformations)

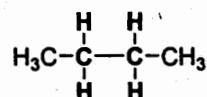
อีเทน; $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$, เป็นโมเลกุลเล็กๆ มีพันธะ C-C 1 พันธะ การเปลี่ยนแปลงโครงรูปที่อุณหภูมิห้องเกิดเร็วมาก ส่วนใหญ่ประมาณ 99% ออยู่ในโครงรูปแบบซ้อนเหลื่อมด้านภาพชายแบบนิวแม่นซึ่งมีพันธะ C-H ออยู่ห่างจากกันมากที่สุด ที่เหลือเป็นโครงรูปแบบอื่นและแบบซ้อนตรงซึ่งพันธะ C-H ออยู่ใกล้กัน

เมื่ออิเล็กตรอนในพันธะ C-H ของ carbons บนด้านหน้าและด้านหลังอยู่ในแนวตรงกัน แรงผลักจะมีมาก เกิดความเครียดที่เรียกว่า *eclipsing strain* หรือ *torsional strain* โครงรูปแบบซ้อนตรงซึ่งมีพลังงานศักย์มากกว่าและเสถียรภาพต่ำกว่า เมื่อพันธะ C-C หมุนไป อิเล็กตรอนในพันธะ C-H ออยู่ห่างกัน เสถียรภาพของโครงรูปเพิ่มขึ้น จนเป็นแบบซ้อนเหลื่อมซึ่งมีเสถียรภาพสูงสุด และพลังงานศักย์ต่ำสุด ดังรูป 2.1



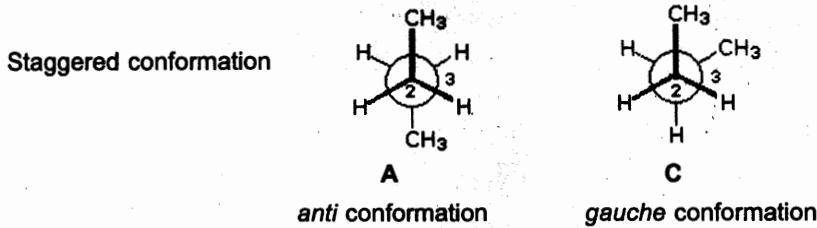
รูปที่ 2.1 กราฟแสดงระดับพลังงานศักย์ของโครงรูปอีเทนที่มีขนาดของมุม dihedral ต่างๆ กัน

2.6.1.2 โครงรูปของบิวเทน (Butane Conformations)

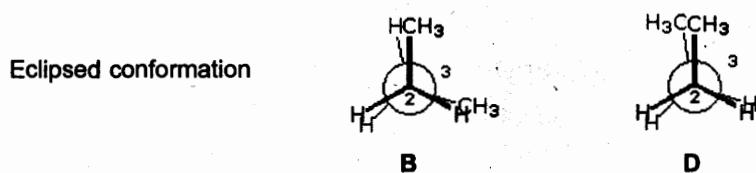


มีพันธะ C-C 2 พันธะในโมเลกุล จึงมีโครงรูปมากมาย โครงรูปสำคัญเกิดจากการหมุนพันธะเดียว C_2-C_3 ให้โครงรูปแบบซ้อนเหลื่อม 2 แบบ (A และ C) และซ้อนตรง 2 แบบ (B และ D)

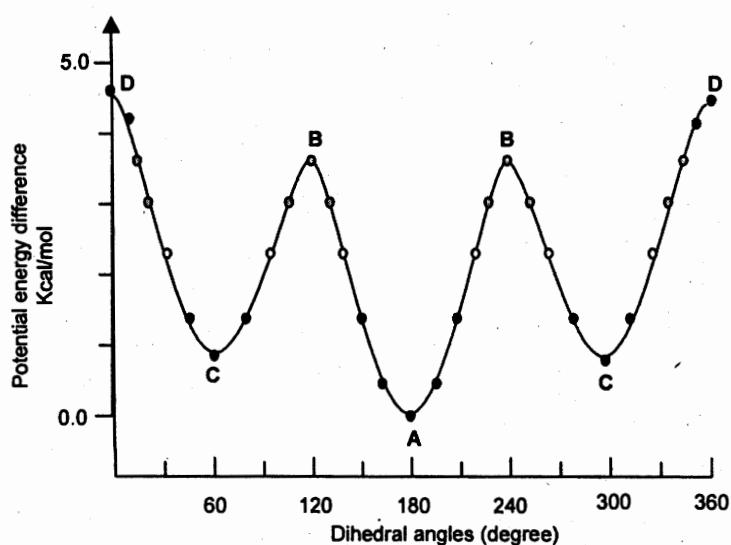
โครงรูปพิเศษเหล่านี้มีลักษณะและชื่อเฉพาะตามค่ามุม dihedral เมื่อหมุนพันธะ C_2-C_3 ในบิวเทนมีโครงรูปแบบซ้อนเหลื่อม 2 แบบ คือ แบบ *gauche* หรือ C ซึ่งหมุนเมტิลทั้งสองทำมุมกัน 60° และแบบ *anti* หรือ A ซึ่งหมุนเมटิลทั้งสองทำมุม 180° โครงรูปแบบ *gauche* ในบิวเทนมีเสถียรภาพต่ำกว่าแบบ *anti* เนื่องจากหมุนเมटิลทั้งสองของแบบ *gauche* ทำให้เกิด *steric strain*



การหมุนพันธะ C_2-C_3 ให้โครงรูปแบบช้อนตรง 2 แบบ คือ แบบ B หมุ่เมกิลแต่ละหมู่ต่างก็ช้อนตรงกับ H ของ carbонอีกอะตอมหนึ่ง (หมุ่เมกิลหักสองทำมุมกัน 120°) และแบบ D หมุ่เมกิลหักสองช้อนตรงกันทำมุม 0° โครงรูปแบบ D นี้มีหมุ่อะตอมขนาดใหญ่อยู่ช้อนตรงกัน

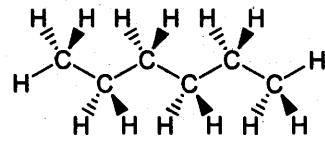
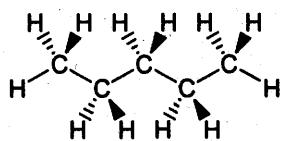


พลังงานศักย์ของโครงรูปแบบช้อนเหลื่อมแต่ละแบบ (หรือแบบช้อนตรงแต่ละแบบ) แตกต่างกัน เพราะ steric strain ซึ่งเป็นพลังงานที่เพิ่มมากขึ้น เกิดเมื่ออะตอมหรือหมุ่อะตอมถูกบังคับให้เข้ามาใกล้กัน



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงพลังงานศักย์ของโครงรูปบิวเทนที่มุน dihedral ต่างๆ

การดูโครงสร้างของแอลเคน โซ่อร์ชิงมีการบันทึกขึ้น ให้มองทางด้านข้าง จะเห็นโครงรูปที่เสถียรชั่งแกนหลักของพันธะ C-C จัดตัวแบบซิกแซก ทุกพันธะเป็นแบบซ้อนเหลื่อม (staggered) โซ่อาร์บอนในโมเลกุลมีโครงสร้างแบบ anti ในทุกพันธะ เช่น pentane และ hexane อย่างไรก็ได้เนื่องจากการหมุนรอบพันธะเกิดได้ง่าย จึงอาจมีโครงสร้างแบบอื่นด้วย สำหรับความแตกต่างของพลังงานโครงสร้างระหว่างแบบ gauche และแบบ anti นั้นคล้ายบิวเทน



2.6.2 เสถียรภาพและโครงสร้างไซโคลแอลเคน

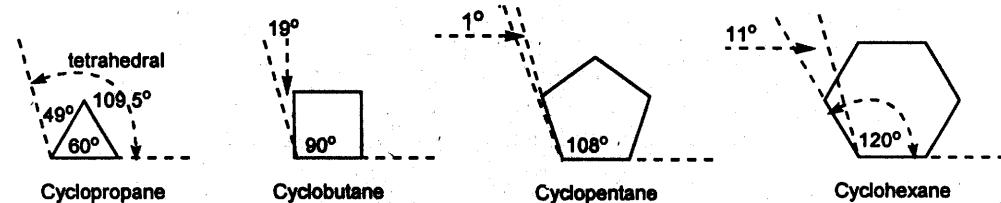
(Stability and Conformations of Cycloalkanes)

2.6.2.1 ความเครียดของวงแหวน (Ring Strain).

ความเครียด (Strain) หมายถึงการที่มุมพันธะและความยาวพันธะในโมเลกุล เปลี่ยนไปจากที่ควรเป็น ทำให้โมเลกุลนั้นมีพลังงานศักย์สะสมสูงขึ้น เรียกพลังงานความเครียด (strain energy) โดยทั่วไปความเครียดในโครงสร้างวงแหวน มี 3 ชนิด คือ

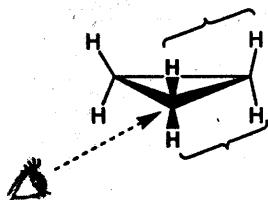
1. ความเครียดเชิงมุม (Angle strain) เป็นพลังงานศักย์สะสมในโมเลกุลซึ่งเกิดจากการที่มุมพันธะเปลี่ยนไปจากมุมออร์บิทัลปกติ

เมื่อเปรียบเทียบกับมุมภายในของรูปหลายเหลี่ยมที่ทุกมุมอยู่บนระนาบเดียวกัน ไซโคลแอลเคนทั้งขนาดเล็กและใหญ่อาจจะไม่เสถียร เนื่องจากมีความเครียดเชิงมุม (angle strain) ซึ่งเกิดจากการที่มุมพันธะถูกบังคับให้เปลี่ยนไปจากที่ควรเป็น

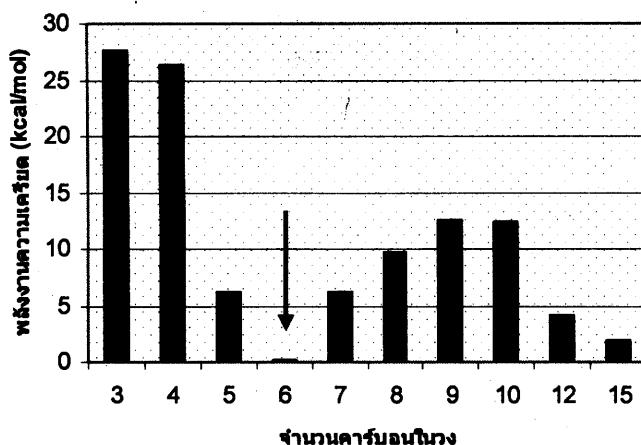


รูปที่ 2.3 แสดงมุมพันธะภายในรูปหลายเหลี่ยม เปรียบเทียบกับมุมเตตรากอน 109.5°

2. *Torsional strain* หรือ *Eclipsing strain* เป็นความเครียดที่เกิดจากการที่พันธะของอะตอมที่ใกล้กันมารอยู่ในแนวเดียวกัน อิเล็กตรอนในพันธะจึงผลักกัน ทำให้งบิดออกจากระนาบเพื่อไม่ให้พันธะซ้อนกัน เช่น



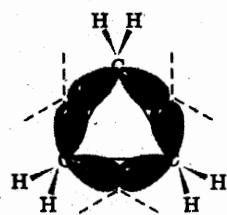
3. *Steric strain* เกิดจากแรงผลักของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนของอะตอมหรือหมู่อะตอม เมื่อเคลื่อนเข้าใกล้กันในระยะของรัศมีแวนเดอวัลส์



รูปที่ 2.4 แสดงผลลัพธ์งานความเครียดของไชโคลแอลเคนขนาดต่างๆ วงแหวนขนาดเล็กและขนาดกลางมีความเครียด แต่ไชโคลເຊກເໜີນມີຄວາມເຄີຍດ

2.6.2.2 ເສດຖະກິບແລະໂຄງຮູບປັບອອງໄໃໂໂຄລໂພຣເພີນ

ໄໃໂໂຄລໂພຣເພີນມີຈຳນວນอะຕອມໃນວັນນຸ້ຍີ່ສຸດ ຄາຮນບອນທັງສາມໄມ້ສາມາດເຫຼືອມຂັ້ນໂດຍທຳມຸນ 109.5 ແບບປັດ ການເຫຼືອມຂັ້ນຂອງຄາຮນບອນໃນພັນຫະ C-C ເກີດໄດ້ໄຟເຕີມທີ່ ແລະ ເບນອອກຈາກແກນເຂື້ອມຮ່ວງນິວເຄີຍສັກສອງເກີດຄວາມເຄີຍເຊີງມຸນ ພັນຫະຂອງໄໃໂໂຄລໂພຣເພີນ ຈຶ່ງເປັນພັນຫະໂດັ່ງ (bent bond) ແລະແວ້ງແຮງນ້ອຍກວ່າພັນຫະຫຼືກາ C-C ທົ່ວໄປ ທຳໄໝໄໝເສດຖະກິບໄວ້ຕ່ອງການເກີດປົງກິດຢາມາກວ່າໄໃໂໂຄລແອລເຄີນອື່ນໆ

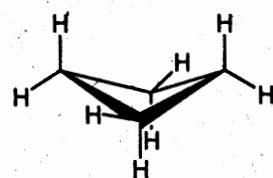


ไซโคลโพรเพนเป็นไซโคลแอลเคนชนิดเดียวที่มีการบอนหักสามอยู่ในระนาบเดียวกัน พันธะ C-H ที่บาร์บอนที่อยู่ติดกันจึงอยู่ในแนวซ้อนตรงกันหักหมวด 3 ชุด จึงมี torsional strain

2.6.2.3 เสถียรภาพ และโครงรูปของไซโคลบิวเทน

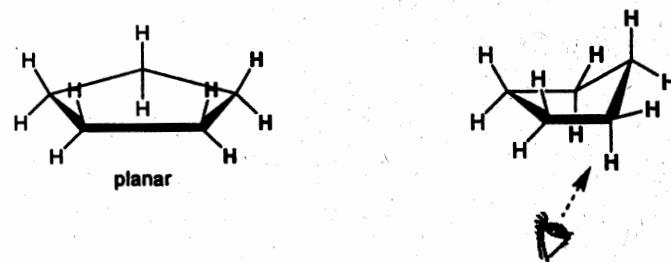
ถ้าวางไซโคลบิวเทนแบบราบควรมี torsional strain มากกว่าไซโคลโพรเพน เพราะ พันธะ C-H เพิ่มขึ้น การซ้อนตรงแนวแกนพันธะ C-H มากขึ้น

รูป 2.4 พลังงานความเครียดของไซโคลบิวเทนใกล้เคียงไซโคลโพรเพน ความเครียด เชิงมุมของไซโคลบิวเทนมีน้อยกว่าไซโคลโพรเพน เนื่องจากมุมพันธะเปลี่ยนเป็นน้อยกว่า โครงรูปของไซโคลบิวเทนพับหักมุ่งโดยมีการบอน 3 อะตอมอยู่ในระนาบเดียวกัน อะตอมที่เหลืออยู่นอกระนาบเล็กน้อย (ทำมุมกับระนาบประมาณ 25°) ทำให้ torsional strain ลดลง แต่ ความเครียดเชิงมุมกลับขึ้น (มุมพันธะลดลงเป็น 88°) โครงรูปปรับเปลี่ยนจนมีพลังงานต่ำสุด



2.6.2.4 เสถียรภาพ และโครงรูปของไซโคลเพนเทน

ถ้าวางไซโคลเพนเทนแบบราบ มุมพันธะจะเป็น 108° ต่างมุมเตตราระซีดอรอนน้อยมากจนไม่น่าจะมีความเครียดเชิงมุม แต่โครงรูปแบบนี้มี torsional strain มาก วงไซโคลเพนเทน จึงบิดจากระนาบเพื่อลด torsional strain (แต่ความเครียดเชิงมุมเพิ่ม) ได้โครงรูปที่มีพลังงาน ความเครียดน้อยที่สุดซึ่งคล้ายซองจดหมาย มีการบอน 4 อะตอมอยู่ในระนาบเดียวกัน อะตอมที่ 5 บิดออกจากระนาบ อะตอมของ H ส่วนหนึ่งอยู่ในรูปซ้อนเหลื่อม



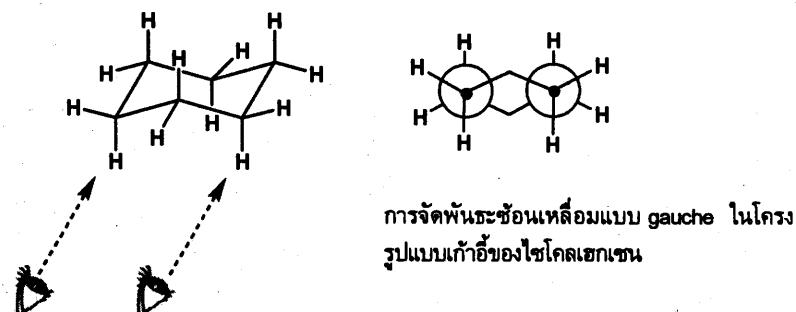
2.6.2.5 เสถียรภาพ และโครงรูปของไชโคลเอกเซน

ถ้าวงแหวนไชโคลเอกเซนแบบราบ มุมพันธะเป็น 120° และมีพันธะ C–H แบบข้ออ่อนตึง หลายพันธะซึ่งทำให้เกิด torsional strain แต่พบว่าวางไชโคลเอกเซนไม่มีความเครียดในวง เป็นไชโคลแอลเคนวงเล็กที่สุดที่มีมุมพันธะ 109.5° ไม่เลกต์ไม่แบบราบ แสดงถึงการบิดพลิกวง เพื่อให้มุมพันธะทุกมุมใกล้กันเดียวกัน และพันธะทุกอันเป็นแบบข้ออ่อนเหลื่อม



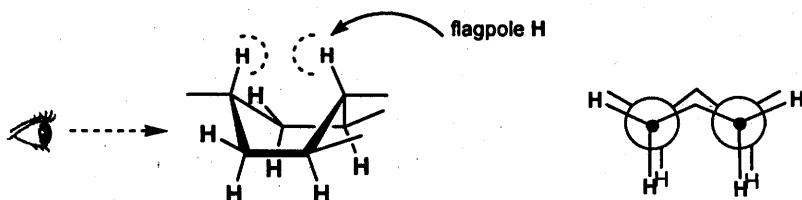
โครงรูปแบบเก้าอี้ (Chair conformation)

เป็นโครงรูป 3 มิติที่พลังงานต่ำสุด carbons 4 อะตอมในวงใช้รูปแบบร่วม ที่เหลืออีก 2 อะตอมอยู่นอกวง หนึ่งอีกหนึ่งและได้รูปแบบคล้ายเก้าอี้ ไม่มีทั้งความเครียดเชิงมุมและ torsional strain เมื่อมองตามภาพถ่ายแบบนิวแมนผ่านแกนพันธะ C–C ไดๆ ในวง จะเห็น อะตอม carbons ที่เหลือจัดตัวในรูปข้ออ่อนเหลื่อมแบบ gauche



โครงรูปแบบเรือ (Boat conformation)

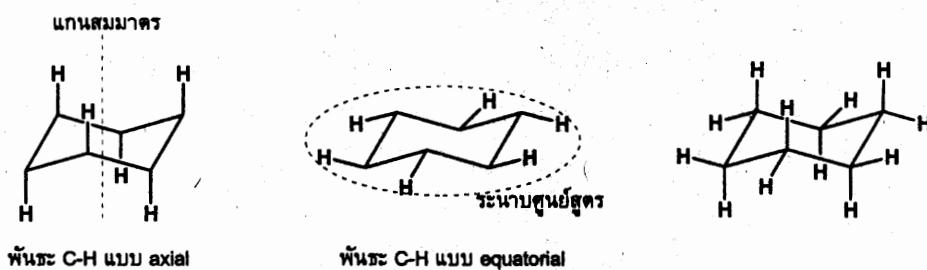
เป็นโครงรูปที่มีเสถียรภาพน้อยกว่าแบบแรกมาก แม้ว่ามุมพันธะทุกมุมใกล้เคียง 109.5° และไม่มีความเครียดเชิงมุมเข่นเดียวกับแบบเก้าอี้ แต่มี torsional strain เนื่องจากมี พันธะข้ออ่อนตึงหลายพันธะ



โครงรูปแบบเรือยังมี steric strain ซึ่งเกิดจากแรงผลักของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนจากไฮโดรเจน 2 อะตอมที่ตำแหน่งยอดเสาชง (flagpole H) โครงรูปของไซโคลเอกเซนพลิกกลับไปมาเร็วมาก ส่วนใหญ่อยู่ในแบบเก้าอี้เนื่องจากพลังงานน้อยที่สุด การเปลี่ยนโครงรูปเหล่านี้ มีการบิดหมุนพันธะในโครงรูปจากแบบเก้าอี้ ผ่านแบบเก้าอี้บิด ซึ่งมีเสถียรภาพต่ำสุด เพราะมีทั้งความเครียดเชิงมุมและ torsional strain เป็นแบบเรือ และในที่สุดเป็นแบบเก้าอี้กรูปแบบหนึ่ง

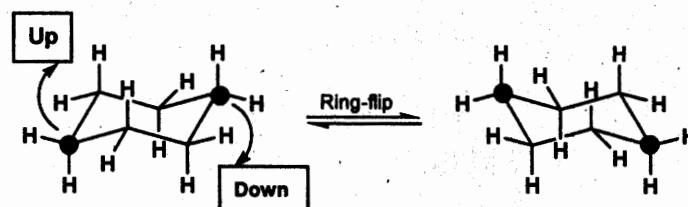
พันธะแบบ axial และ equatorial ในไซโคลเอกเซน

โครงรูปแบบเก้าอี้ของไซโคลเอกเซนมีพันธะ C-H 2 แบบ คือ แบบ axial พันธะ C-H ซึ่งลับขึ้น-ลง ที่คาร์บอนซึ่งอยู่ถัดกันไปรอบวง ขนาดกับแกนสมมาตรของวง และทั้งหมดมี 6 พันธะ ส่วนแบบที่สองเรียกว่า equatorial เป็นพันธะ C-H ที่ซึ่งอยู่ขึ้น-เอียงลง ลับกันตามระนาบศูนย์สูตรของโมเลกุล มี 6 พันธะเช่นกัน อะตอมไฮโดรเจนจึงมี 2 ชนิดด้วย



รูปที่ 2.5 แสดงพันธะ C-H แบบ axial และ equatorial

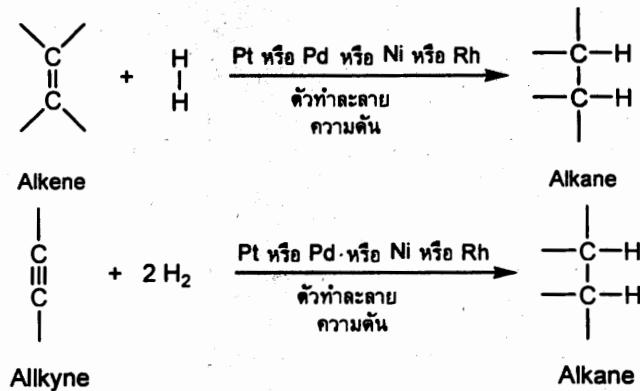
โครงรูปแบบเก้าอี้ของไซโคลเอกเซนมีสองแบบซึ่งพลังงานเท่ากัน และโครงรูปทั้งสองแบบพลิกกลับไปมาเร็วมากที่อุณหภูมิห้อง จึงมีปริมาณเท่ากันที่สมดุล การบิดพับวงแหวนขึ้นลง (ring flipping) ทำให้ตำแหน่ง axial เปลี่ยนเป็น equatorial และ equatorial เปลี่ยนเป็น axial ไฮโดรเจนทุกอะตอมในไซโคลเอกเซนจึงเหมือนกัน (50% equatorial & 50% axial)



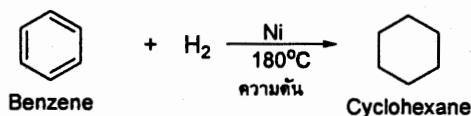
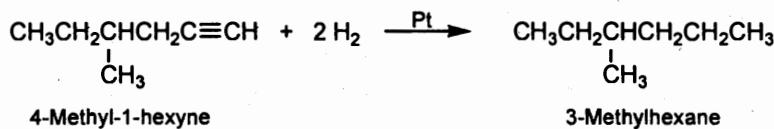
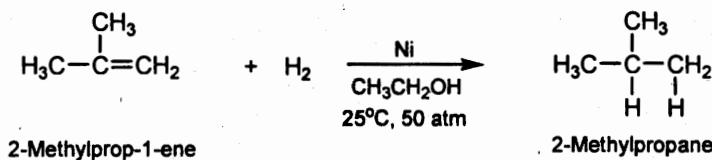
2.7 การเตรียมแอลเคนและไซโคลแอลเคน

2.7.1 เตรียมจากแอลกีน แอลไคน์ หรือสารประกอบออโรเมติก

โดยปฏิกริยาการเดิมไฮโดรเจน เป็นการรีติวส์ด้วยไฮโดรเจนและดัวเรง ปฏิกริยาเกิดที่พันธะไฟ



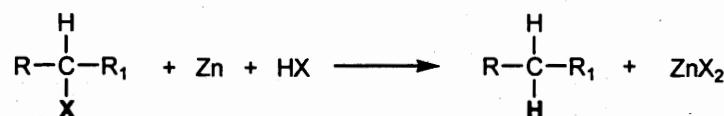
ตัวอย่างปฏิกิริยา



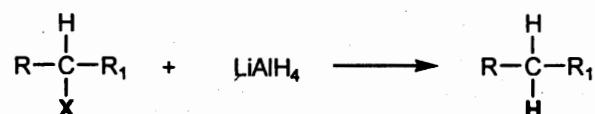
2.7.2 เตรียมจากแอลคลิ yalid (R-X เมื่อ X คือ Cl, Br หรือ I)

แอลคลิ yalid ใช้เตรียมแอลเคนโมเลกุลขนาดใหญ่ หรือแอลเคนที่มีโซ่กึ่งหรือหมู่แทนที่

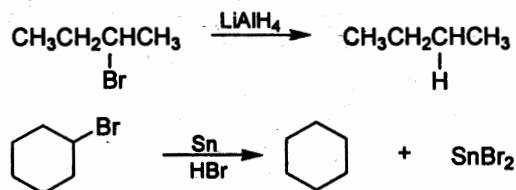
2.7.2.1 เตรียมโดยปฏิกิริยารดักชัน ใช้สารรีดิวส์ LiAlH₄ หรือโลหะ เช่น Zn หรือ Sn กับกรด ได้แอลเคนที่มีโครงข่ายแบบเดิม



หรือ

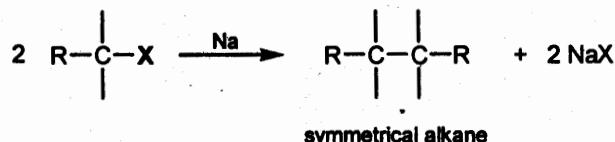


ตัวอย่างปฏิกิริยา

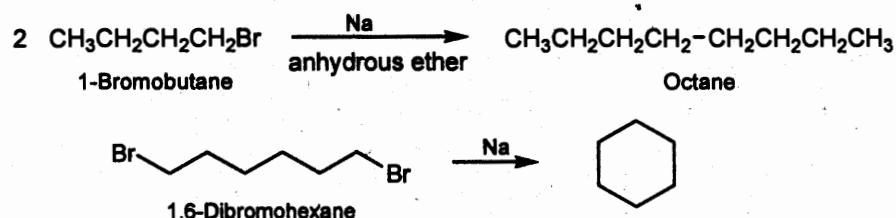


2.7.2.2 เตรียมจากแอลกิลแซลิดโดยปฏิกิริยาการต่อเขื่อน (Coupling reaction⁴)

(1) ปฏิกิริยา Wurtz⁵ ใช้เตรียมแอลเคนชนิดสมมาตร จากแอลกิลแซลิด 2 โมเลกุลกับโลหะโซเดียม มีการสร้างพันธะ C-C ต่อ กันระหว่างการบอนจาก หมู่แอลกิลทั้งสองของแอลกิลแซลิด



ตัวอย่างปฏิกิริยา



(2) ปฏิกิริยา Corey-House⁶ เป็นการเตรียมแอลเคน จากกิลแมนเรอเจนต์ (Gilman reagent⁷; R_2CuLi) หรือ ลิเทียมไดแอลกิลคิวเบրต (lithium dialkylcuprates) กับแอลกิลแซลิด ใช้เตรียมแอลเคนไม่เลกุณ化ไดใหญ่ หรือซับช้อนไดดี

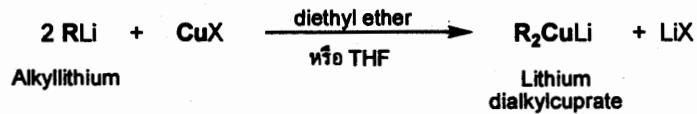
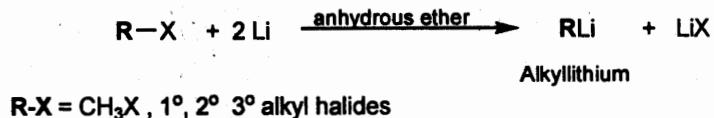
⁴ Coupling reaction: เป็นกลุ่มปฏิกิริยาในสาขา organometallic chemistry เกิดขึ้นเมื่อมีโลหะเป็นตัวเร่ง ให้สารอนุมูลไฮดรอกซิลิกต้านทานต่อการประจุบวกและทำให้ตัวเร่งตัวเองสลายเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้น

⁵ Wurtz reaction เป็นปฏิกิริยาที่ได้รับชื่อตามนักเคมีผู้ที่พบปฏิกิริยา (Name reactions) มีชื่อตาม Charles-Adolphe Wurtz (คศ. 1817-1884) นักเคมีฝรั่งเศส ผลงานนี้ได้ตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1855

⁶ การเตรียมแอลเคนแบบ Corey-House หรือ Corey-House-Posner-Whitesides reaction เป็นผลงานที่มา นักเคมีจากต่างสถาบัน 4 ท่าน คือ E.J. Corey จากมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด, Gary H. Posner จากมหาวิทยาลัย จอห์นส์霍ปkins, G.M. Whitesides จาก MIT และ Herbert O. House จาก Georgia Institute of Technology.

ปฏิกิริยาทั่วไป

ขั้นที่ 1 เครื่องกิลมานร์อเจนต์ จากแอลกิลลิทيوم ($R-Li$) และ copper(I) halide ใน diethyl ether หรือ tetrahydrofuran (THF) ดังนี้



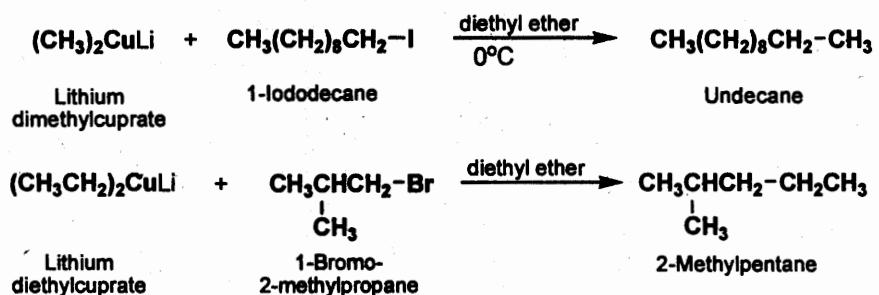
$CuX = \text{copper(I) halide; } X = Cl, Br, I$

ขั้นที่ 2 กิลมานร์อเจนต์ ทำปฏิกิริยากับแอลกิลและไอล์คันดิที่สอง ซึ่งจะเกิด การสร้างพันธะ C-C ต่อ กัน ให้แอลเคน



แอลกิลและไอล์คันดิที่สองควรเป็น CH_3X , benzyl halide, 1° alkyl halide หรือ 2° cycloalkyl halide โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไอโซไซเดอร์

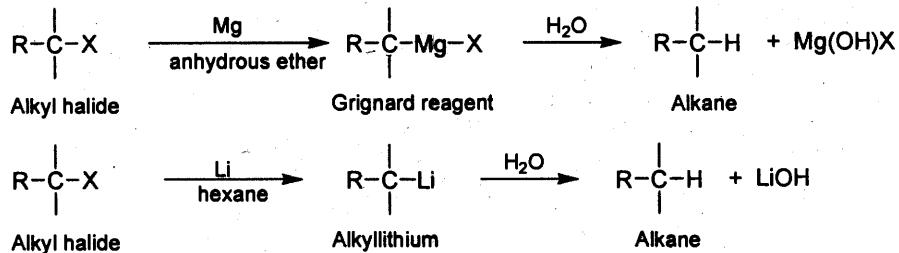
ตัวอย่างปฏิกิริยา



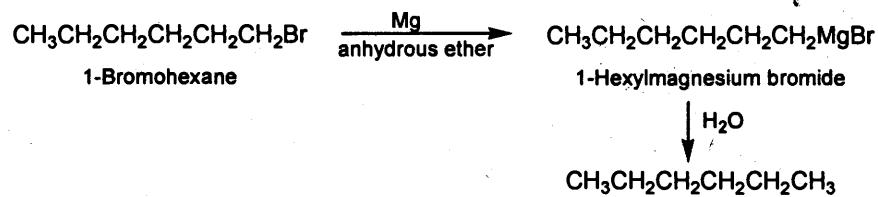
⁷ Gilman reagents: เป็นสารประกอบออกไซด์ในคอมบีเบอร์ใช้ในการสร้างพันธะ C-C ได้รับชื่อตาม Henry Gilman (คศ.1893-1986) มีความห่วงคemeio.org/แกโนมแมกเล็ก

2.7.2.3 ปฏิกิริยาอื่นของสารประกอนโลหะอินทรีย์ (Organometallic reagent)

กรีญาร์เรอเจนต์ (Grignard reagent) และแอลกิลลิทียม (alkyllithium) ซึ่งเตรียมได้จาก แอลกิลไฮด์ ทำปฏิกิริยากับการต่ออน เช่น H_2O , ROH , $RCOOH$ และ RNH_2 ได้อลเคน ดังนี้



ตัวอย่างปฏิกิริยา

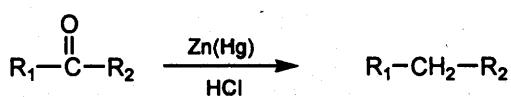
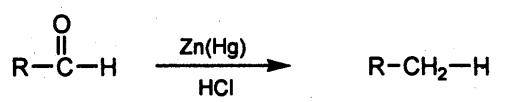


2.7.3 เตรียมจากแอลดีไฮด์ หรือคีโทน

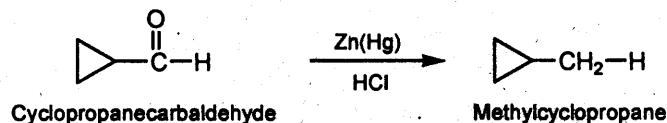
โดยการรีดิวส์หมู่คาร์บอนีลของแอลดีไฮด์ หรือคีโทนเป็นหมู่เมทธิลีน (methylene group, CH_2) หมู่คาร์บอนีลจากการลดการบวกซิลิกและอนุพันธ์ ไม่ถูกรีดิวส์

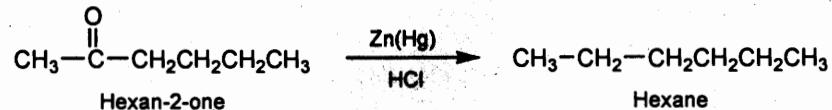
2.7.3.1 Clemmensen Reduction

เป็นการรีดิวส์หมู่คาร์บอนีลของแอลดีไฮด์ หรือคีโทนเป็นหมู่ CH_2 เกิดในสภาวะกรด ใช้ zinc amalgam ในกรด HCl เน้มข้น



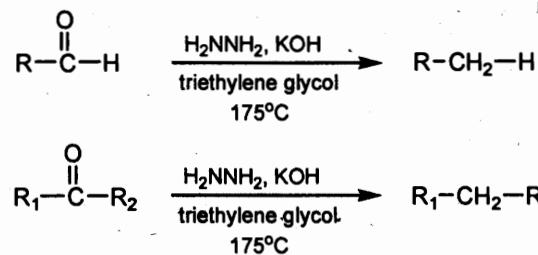
ตัวอย่างปฏิกิริยา



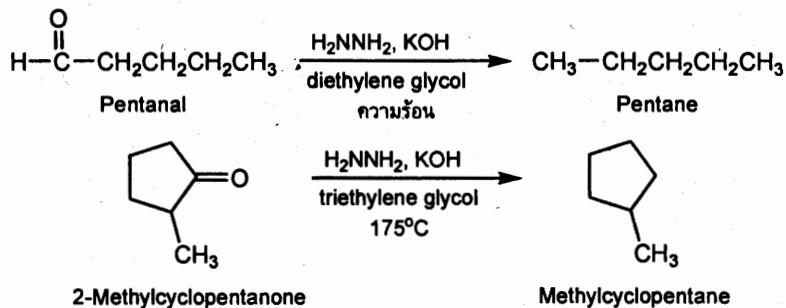


2.7.3.2 Wolff-Kishner Reduction

เป็นการรีดิวส์หมู่ carbonyl บนนิลของแอลดีไฮด์ หรือคิโนนในสภาวะเบส เป็นหมู่ CH_2 โดยให้ความร้อนกับ hydrazine และ NaOH หรือ KOH ในเตัวทำละลายและก่อชอร์จุดเดือดสูง เช่น diethylene glycol และ triethylene glycol

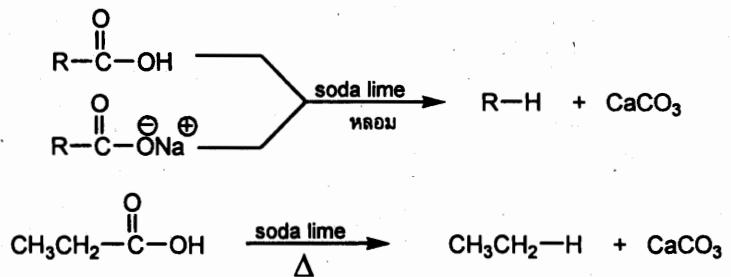


ตัวอย่างปฏิกิริยา



2.7.4 เตรียมจากการบวกซิลิก

เป็นปฏิกิริยาขั้นจัดการบอนไดออกไซด์ (decarboxylation) จากการลดการบวกซิลิก หรือ เกลือกของกรดการบวกซิลิก โดยหลอมกับโซดาไลม์ (soda lime) ซึ่งเป็นของผสมระหว่าง CaO หรือ Ca(OH)_2 กับ NaOH

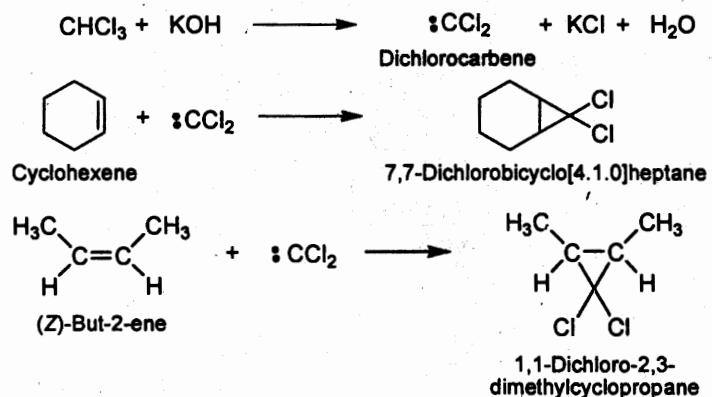


2.7.5 การเตรียมใช้โคลโพรเพน

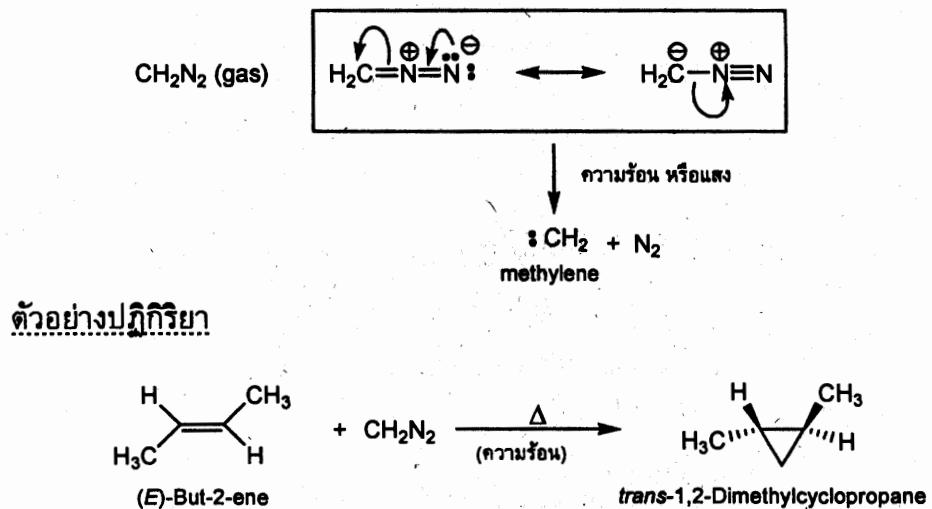
2.7.5.1 เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างแอลกิลกับคาร์บีนส์ (carbenes)

คาร์บีนส์ เป็นอินเดอร์มิเดียตที่ขาดอิเล็กตรอน เข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะไฟของแอลกิล ซึ่งเป็นตัวให้อิเล็กตรอน ได้ทางใช้โคลโพรเพน การบีนเตรียมจากแอลกิลไฮยาลิด หรือ diazomethane ดังนี้

- จากแอลกิลไฮยาลิด กับเบสแก่ เช่น KOH, NaOCH₂CH₃, n-BuLi หรือ NaNH₂

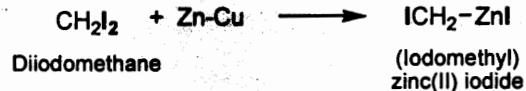


- จาก diazomethane (CH₂N₂) มีสถานะเป็นแก๊ส ไม่เสถียร มีอันตราย อาจระเบิดได้

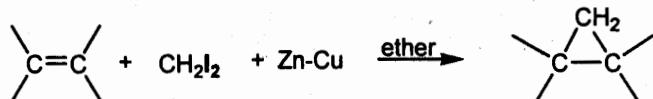


2.7.5.2 เตรียมจากแอลกินโดยปฏิกิริยา Simmons-Smith (Carbenoid reaction)

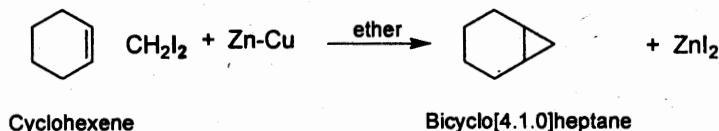
แอลกินทำปฏิกิริยากับสารที่คล้ายคาร์บีน (carbenoids) ซึ่งเตรียมจาก CH₂I₂ กับโลหะผสม Zn-Cu ได้สารเชิงซ้อนโลหะคาร์บีโนยด์ (iodomethyl)Zinc iodide



ปฏิกิริยาเกิดง่าย ให้ปริมาณสูง เกิดสารข้างเคียงน้อย และอันตรายน้อยกว่าการใช้ diazomethane



ตัวอย่างปฏิกิริยา

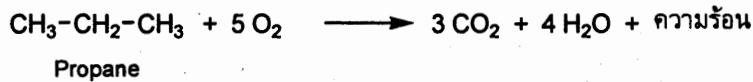


2.8 สมบัติทางเคมีของแอลเคนและไฮโคลแอลเคน

แอลเคนและไฮโคลแอลเคน (ยกเว้นไฮโคลโพรเพน) เป็นสารประกอบที่ไม่ว่องไวต่อ การเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่เกิดกับแอลเคนมีดังนี้

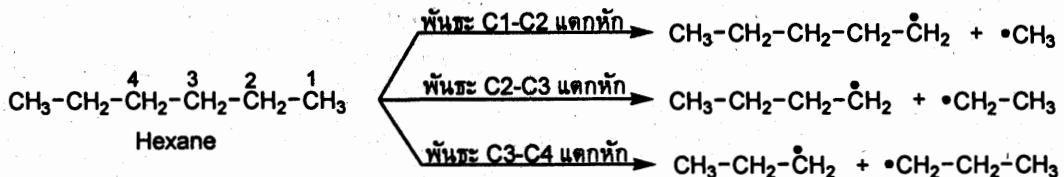
2.8.1 การเผาไหม้ (Combustion)

การเผาไหม้แอลเคนให้ CO_2 และน้ำ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยออกซิเจน พันธะ C-C และ C-H ทุกพันธะในสารเริ่มต้นเปลี่ยนเป็น C-O ในผลิตผล และได้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ ถ้าออกซิเจนไม่พอ การเผาไหม้เกิดไม่สมบูรณ์ มีแก๊ส CO เป็นผลิตผลร่วม

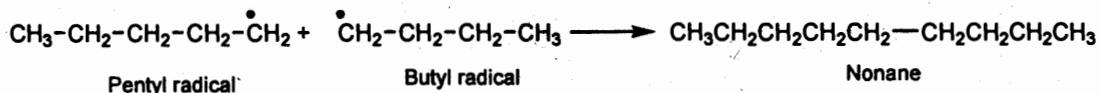
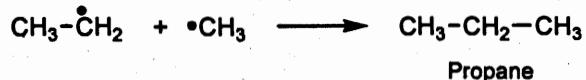


2.8.2 การแยกสลายแอลเคนด้วยความร้อน (Pyrolysis)

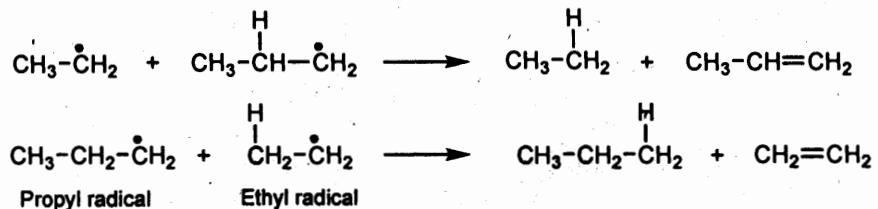
เป็นการแยกสลายโมเลกุลโดยใช้ความร้อนสูงและไม่ใช้ออกซิเจน การให้ความร้อนกับ แอลเคนที่อุณหภูมิสูงๆ ทำให้พันธะ C-C และพันธะ C-H แตกหัก ไดอนุមูลอิสระซึ่งอาจรวมด้วย เป็นไฮโตรคาร์บอนที่ไม่เลกุลใหญ่ขึ้น หรือเล็กกว่าเดิม หรือดึงอะดอมไฮdroเจนจากอนุมูลอิสระ อื่นให้แอลคีน ผลิตผลที่ได้จะเป็นสารผสมของแอลเคนและแอลคีนหลายชนิด เช่น การแยกสลาย เชกเซนด้วยความร้อน



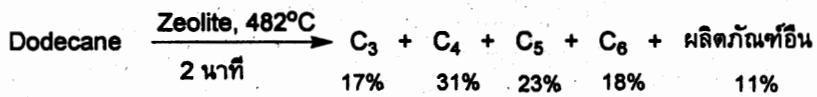
ด้วยปัจจัยการรวมตัวของอนุมูลิสระ



ด้วยปัจจัยการดึงอะตอนไฮโดรเจน

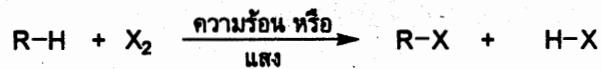


ด้วยการทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง และควบคุมปฏิกิริยาให้ไฮโดรคาร์บอนที่มีโซเดียมตามกำหนดได้ เช่นการแยกสลาย dodecane ($C_{12}H_{26}$) โดยใช้ sodium aluminosilicate หรือ ซีโอลิต เป็นด้วยทำให้ไฮโดรคาร์บอนที่มีการบ่อน 3 - 6 อะตอนส่วนใหญ่



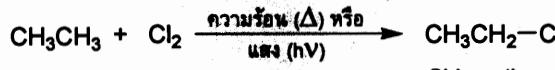
2.8.3 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยไฮโลเจน (Halogenation)

เป็นการแทนที่ไฮโดรเจนในแอลเคนด้วยไฮโลเจน (X) ใช้พลังงานจากความร้อนหรือแสงช่วยให้เกิดปฏิกิริยา เรียกปฏิกิริยาตามชนิดของไฮโลเจน (F_2 , Cl_2 , Br_2 และ I_2) ที่ใช้

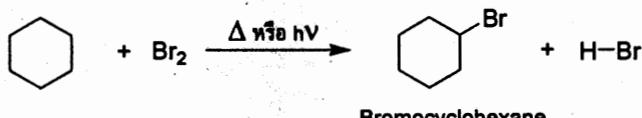


ลำดับความไวต่อปฏิกิริยาของไฮโลเจนเป็น $F_2 >> Cl_2 > Br_2 >> I_2$

ฟลูออรินเป็นสารออกซิไดส์ที่แรง คายความร้อนออกมาก ควบคุมปฏิกิริยายาก ต้องใช้เครื่องมือและวิธีพิเศษ การแทนที่ด้วยคลอรินและไนโตรมีน้ำยาความร้อนน้อยลงตามลำดับ ส่วนไฮโอดีนไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาและปฏิกิริยาดูดกลืนความร้อน จึงไม่เตรียมแอลกอฮอล์ไฮโอดีดโดยวิธีนี้

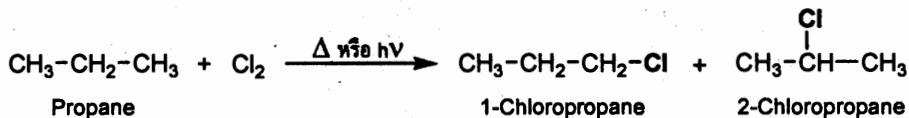


Chloroethane



Bromocyclohexane

ด้วยอย่างข้างต้นเป็นการแทนที่ด้วยไฮโลเจน 1 แห่ง (monohalogenation) เกิดที่อะตอมของไฮโดรเจนในแอลเคนเพียงอะตอมเดียว แอลเคนที่มีไฮโดรเจนมากกว่า 1 ชนิด ได้ผลิตผลเป็นสารผสม เช่น

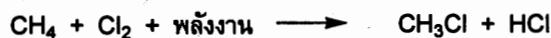


Propane

1-Chloropropane

2-Chloropropane

การแทนที่มีเทนด้วยคลอริน (Chlorination of methane)



ปฏิกิริยานี้ใช้เครื่ยมในอุตสาหกรรม เกิดในวัฏภาพแก๊ส ที่อุณหภูมิสูง มีการถลายพันธะ C-H และสร้างพันธะ C-Cl

กลไกปฏิกิริยา

การแทนที่ด้วยไฮโลเจนในแอลเคนทุกชนิดมีกลไกปฏิกิริยาแบบเดียวกัน เป็นการแทนที่ด้วยอนุมูลอิสระ มีการถลายพันธะแบบสมมาตร และเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) โดยเกิดเป็นขั้นๆ และเนื่องจากไฮโดรเจนทุกอะตอมในแอลเคนถูกแทนที่ได้ ถ้าใช้คลอรินมากเกินพอนอกจากได้ CH_3Cl แล้ว ยังมี CH_2Cl_2 , CHCl_3 และ CCl_4 อีกด้วย



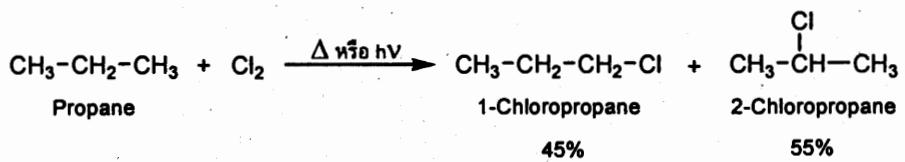
ชนิดของไฮโดรเจนที่ถูกแทนที่ และอินเตอร์มีเดียตที่เกิดขึ้น

ไฮโดรเจนทุกอะตอมในแอลเคนว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาไม่เท่ากัน ขึ้นกับความแข็งแรงของพันธะ C-H และเสถียรภาพของอินเตอร์มีเดียตที่เกิดขึ้น

$\cdot\text{CH}_3 < 1^\circ < 2^\circ < 3^\circ$ ด้วยอย่างเช่น

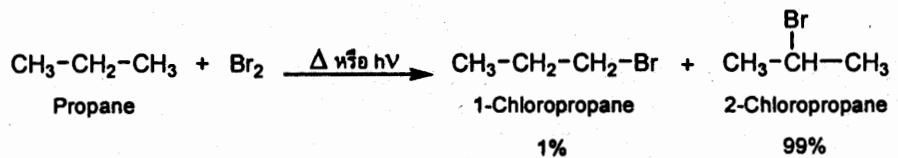
ไฟฟ์พน มี H ห้องหนด 8 อะตอม เป็นชนิดปฐมภูมิ 6 อะตอม และทุติยภูมิ 2 อะตอม ถ้าความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเท่ากัน ควรได้ผลิตผลจากการแทนที่ 1 แห่ง คือ 1-halopropane

กับ 2-halopropane ความสัดส่วนของ H เป็น 3:1 แต่ผลปฏิกิริยาได้ 45% และ 55% ตามลำดับ แสดงว่าพันธะ 2°C-H ไว้ต่อปฏิกิริยามากกว่า หรือแตกหักง่ายกว่าพันธะของ 1°C-H



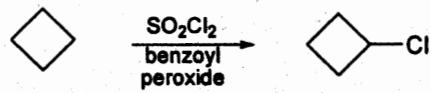
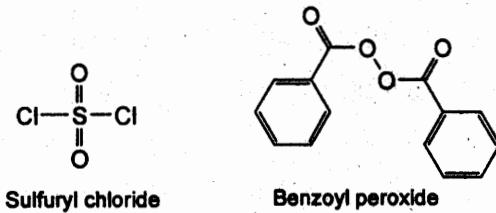
การแทนที่ด้วยคลอรินและการแทนที่ด้วยบอร์มีน

การแทนที่ด้วยคลอรินเกิดเร็วกว่า แต่สมรรถนะการเลือก (selectivity) ต่ำกว่าบอร์มีน เช่น การแทนที่ด้วยคลอรินในโพร์เพนได้สารผลส่วนบอร์มีนซึ่งมีสมรรถนะการเลือกดีกว่า จะได้ผลิตผลจากการถลายพันธะ C-H ที่แตกหักง่ายที่สุด



2.8.4 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยคลอรินโดยใช้ Sulfuryl chloride

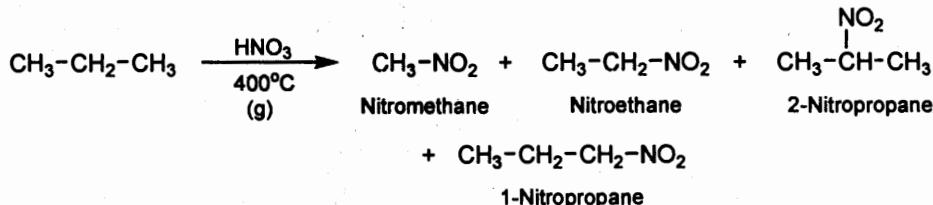
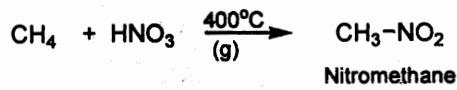
เป็นการแทนที่ด้วยคลอริน โดยมีสารอินทรีย์เพอร์ออกไซด์ เช่น benzoyl peroxide เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา



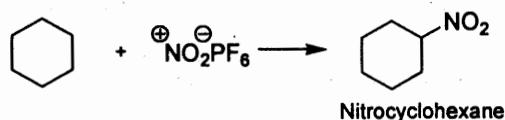
2.8.5 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยหมูไนโตร (Nitration)

เป็นการแทนที่ด้วยหมูไนโตรได้ในไนโตรแอลกอเคน อาจเตรียมได้โดยใช้ fuming nitric acid หรือใช้ $\text{NO}_2^+ \text{PF}_6^-$ (nitronium hexafluorophosphate)

ปฏิกิริยาของกรดในทริกเกิดที่อุณหภูมิสูง 250–400 °C การสลายให้ออนมูลอิสระจากการ
ในทริกเกิดยาก ทำให้ทั้งพันธะ C–H และ C–C แตกหัก ขณะเดียวกันอนมูลในไกรไม่เลือกทำ
ปฏิกิริยา จึงได้สารผสม

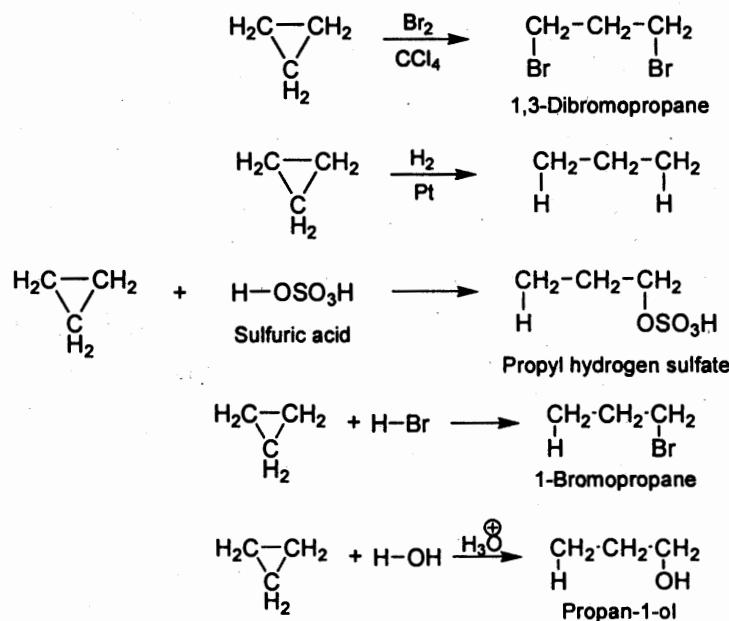


การใช้ $^+\text{NO}_2^-\text{PF}_6^-$ ซึ่งให้ในไกรเนียมไออกอน (nitronium ion, $^+\text{NO}_2$) เช่น

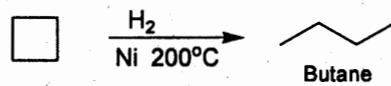


2.8.6 ปฏิกิริยาของใช้โคลแอลเคน

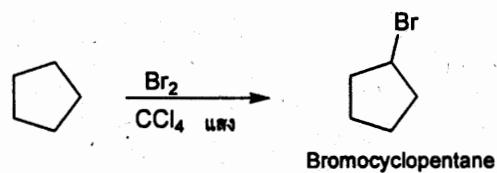
โดยทั่วไปมีสมบัติทางเคมีคล้ายแอลเคนใช้เปิด ยกเว้นวงแหวนขนาดเล็กซึ่งมี
ความเครียดเชิงมุม ทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่างจากไป เช่น ใช้โคลพรอเพน พันธะ C–C
แข็งแรงน้อยกว่าพันธะเดี่ยวปกติ มีการแตกหักพันธะและวงเปิด ดังนี้



ใช้โคลบิวเทนมีความเครียดในวงน้อยกว่า วงเปิดยากขึ้น เฉพาะปฏิกิริยา กับ H_2 และตัวเร่ง ที่อุณหภูมิสูงกว่าจึงทำให้วงเปิด ส่วนปฏิกิริยาอื่นไม่เป็นแบบใช้โคลไพรเพน



ใช้โคลแอลเคนที่วงใหญ่กว่านี้เกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับแอลเคนใช้เปิด



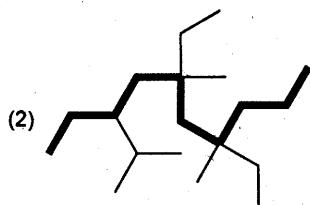
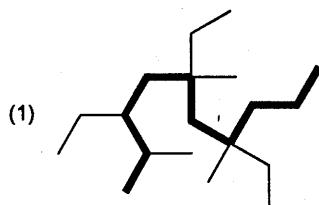
แบบฝึกหัด บทที่ 2

1. สูตรโมเลกุลไดต่อไปนี้ที่เป็นแอลเคนโซ่เปิด

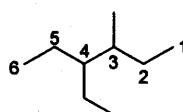
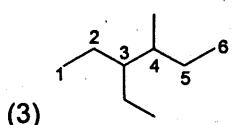
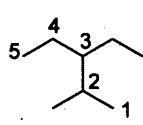
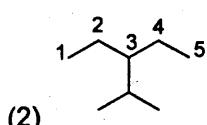
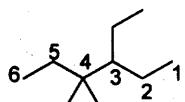
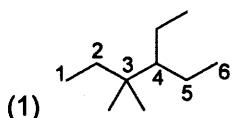
- (1) $C_{12}H_{26}$ (2) $C_{30}H_{60}$ (3) C_6H_6

(4) ทั้ง 1, 2 และ 3

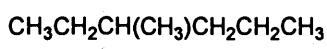
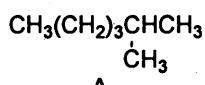
2. ใช้หลักของแอลเคนต่อไปนี้แบบใดที่ถูกต้อง



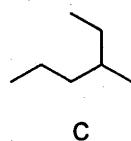
3. ในแต่ละข้อต่อไปนี้การกำหนดเลขตำแหน่งในโซ่หลักของแอลเคนแบบใดที่ถูกต้อง



4. พิจารณาสารประกอบต่อไปนี้ คือเป็นสารเดียวgan



B



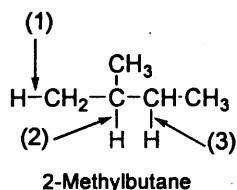
(1) A และ B

(2) B และ C

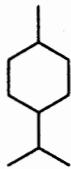
(3) A และ C

(4) เป็นสารเดียวganทั้ง A, B และ C

5. พันธะ C-H ในโครงสร้างของ 2-methylbutane พันธะใดแข็งแรงที่สุด



6. การสลายพันธะได้ในโครงสร้างจากข้อ 5 ที่ให้อินเดอร์มีเดียตที่มีเสถียรภาพมากที่สุด
 7. สารประกอบต่อไปนี้ มี H แต่ละชนิด อย่างละกี่อะดอน

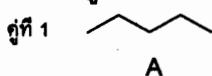


${}^1\text{H}$ _____, ${}^2\text{H}$ _____ และ ${}^3\text{H}$ _____ ตามลำดับ

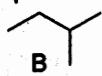
- (1) 9, 6, 3 (2) 9, 8, 3
 (3) 6, 6, 3 (4) 6, 8, 2

8. คู่สารแต่ละคู่ต่อไปนี้ ตัวใดมีจุดเดือดสูงกว่า

คู่ที่ 1

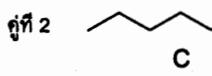


A

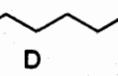


B

คู่ที่ 2



C



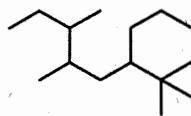
D

- (1) คู่ที่ 1-A; คู่ที่ 2-C (2) คู่ที่ 1-B; คู่ที่ 2-D
 (3) คู่ที่ 1-A; คู่ที่ 2-D (4) คู่ที่ 1-B; คู่ที่ 2-C

9. สูตรโครงสร้างของ C_5H_{10} ที่มีวงแหวน 1 วง มีไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้างทั้งหมดกี่แบบ

- (1) น้อยกว่า 2 (2) 2 (3) 3 (4) มากกว่า 3

10. ชื่อ IUPAC ของสารต่อไปนี้คือ

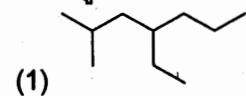


- (1) 2,2,5,6-tetramethyl-3-propyloctane (2) 3,4,7,7-tetramethyl-6-propyloctane
 (3) 5-*tert*-butyl-2-ethyl-3-methyl-octane (4) 6-*tert*-butyl-3,4-dimethylnonane

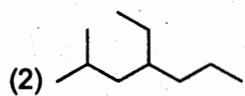
11. ถ้าชื่อ 2-propylhexane ไม่ถูกต้อง ชื่อที่ถูกควรเป็นข้อใด

- (1) ชื่อนี้ถูกอยู่แล้ว-ไม่ต้องแก้ไข (2) 3-ethylheptane
 (3) 1-propylnonane (4) 4-methyloctane

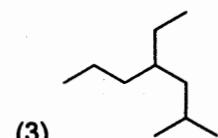
12. ข้อใดถูก



4-ethyl-6-methylheptane



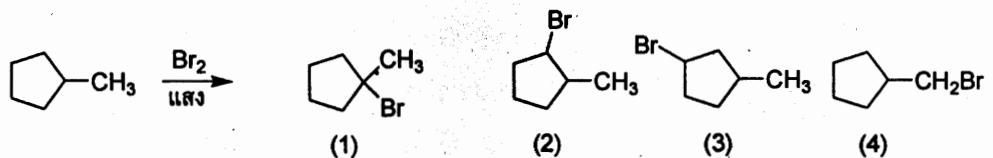
2-methyl-4-ethylheptane



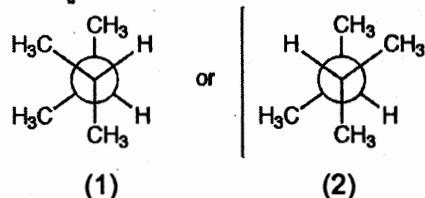
4-ethyl-2-methylheptane

(4) ถูกทั้ง 1, 2 และ 3

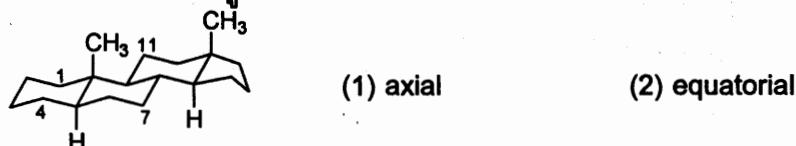
13. ตัวใดควรเป็นผลิตผลหลักในปฏิกิริยาต่อไปนี้



14. โครงสร้างต่อไปนี้ แบบใดมีเสถียรภาพมากกว่า



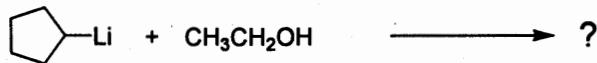
15. จากโครงสร้างข้างของสเดียรอยด์ ถ้าหมุนแทนที่ C1 อยู่ด้านเดียวกับหมุ่เม틸ตามระนาบวง
แหวน พันธะของหมุนแทนที่เป็นแบบใด



16. จากโครงสร้างและตัวเลือกเดียวกับข้อ 15 ถ้าหมุนแทนที่ C4 อยู่ด้านเดียวกับหมุ่เม틸ตาม
ระนาบวง พันธะของหมุนแทนที่เป็นแบบใด

17. จากโครงสร้างและตัวเลือกเดียวกับข้อ 15 ถ้าหมุนแทนที่ C7 อยู่ตรงข้ามกับหมุ่เม틸 พันธะ
ของหมุนแทนที่เป็นแบบใด

18. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ได้สารประเภทใด



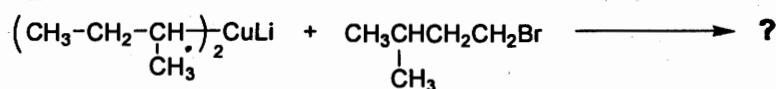
- (1) alkane (2) alkene (3) alkyne (4) diene

19. ถ้าสารประกอบต่อไปนี้เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยไนโตรมีน 1 แห่ง (monobromination) จะ¹
ได้ผลิตผลกี่แบบ



- (1) 2 (2) 3 (3) 4 (4) 6

20. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ให้สารใด



- (1) 2,5-dimethylheptane (2) 2,6-dimethylheptane
(3) 3,4-dimethylheptane (4) 3,5-dimethylheptane

21. ปฏิกิริยาข้อ 20 คือ

- (1) Wurtz reaction
(3) Gilman reaction

- (2) Corey-House-Posner-Whiteside reaction
(4) Sandmeyer reaction

22. การออกซิไดส์ adamantane ทางชีวภาพให้แอลกอฮอล์ 2 ชนิดดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ かるบอนที่ถูกออกซิไดส์ให้ผลิตผลหลักเป็นคาร์บอนชนิดใด



- (1) บูรุณภูมิ (2) ทุติยภูมิ (3) ตติยภูมิ (4) จุดภูมิ

23. ระบบบางแห่งของ adamantane เป็นแบบใด

- (1) monocyclic (2) bicyclic (3) tricyclic (4) tetracyclic

24. ลักษณะการเชื่อมต่อวงใน adamantane น่าจะเป็นแบบใด

- (1) fused rings (2) bridged rings
(3) spiro rings (4) heterocyclic rings

25. แอลเคน A มีมวลโมเลกุล 70 ให้ผลิตผลจากการแทนที่ด้วยคลอริน 1 แห่ง เพียง 2 ชนิด สูตรโครงสร้างของ A น่าจะเป็นข้อใด (นน.อะดอม: C 12; H 1)

- (1) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ (2) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$

