

แอลเคนและไซโคลแอลเคน (Alkanes and Cycloalkanes)

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

1

1

เนื้อหา

- โครงสร้างและสูตรทั่วไป
- การเรียกชื่อแอลเคน
- สมบัติทางกายภาพ
- ปฏิกิริยาและการเตรียม
- แหล่งกำเนิด
- ประโยชน์

2

2

แอลเคน (Alkanes)

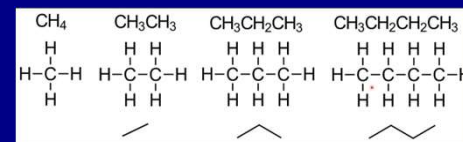
- มีแต่พันธะเดี่ยวเท่านั้น โดย Hybrid orbital ของ C คือ sp^3
- เป็น Hydrocarbon ชนิดอิ่มตัว เรียกว่า paraffin
- สูตรทั่วไป C_nH_{2n+2} ($n = 1, 2, 3, \dots$) ดังนั้น ตัวที่เล็กที่สุด คือ CH_4
- เมื่อเพิ่มจำนวน C โดยแทน H ด้วย $-CH_3$
 - ใน CH_4 ได้ CH_3CH_3 (ethane)
 - ใน CH_3CH_3 ได้ $CH_3CH_2CH_3$
 - เป็นอนุกรม $CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}$, เพิ่มทีละ $-CH_2-$ เรียกว่า "Homologous series" เรียกสารแต่ละตัวว่า "homolog"

3

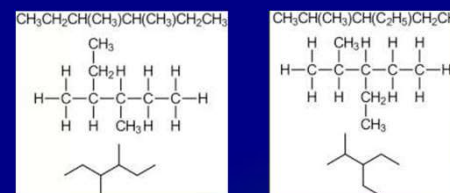
3

การจัดเรียงอะตอม

1. straight chain alkanes (normal alkanes)



2. branched chain alkanes

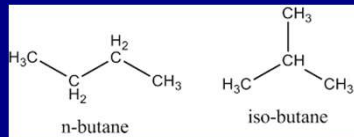


4

4

การจัดเรียงอะตอม

- alkane ที่มี 4 คาร์บอนขึ้นไป มีโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบ หรือเรียกว่ามี isomer
- Isomer: สารที่มีจำนวนและชนิดอะตอมเหมือนกัน แต่การจัดเรียงต่างกัน



สูตร	จำนวน isomer
C_6H_{14}	5
C_7H_{16}	9
C_8H_{18}	18
C_9H_{20}	25

5

5

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

- แบบสามัญ (Common name)
 - ใช้สำหรับสารที่มีโครงสร้างขนาดเล็ก
 - อาจตั้งชื่อตามแหล่งที่ได้มา หรือสูตรโครงสร้าง
- แบบ IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry)
 - เป็นระบบสากลที่ใช้ในการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์
 - ชื่อของสารประกอบอินทรีย์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่
Prefix + Parent Name + Suffix

6

6

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

- คำนำหน้า (Prefix)
 - อยู่หน้าโครงสร้างหลัก เพื่อบอกตำแหน่ง จำนวน และชนิดของหมู่แทนที่บนโครงสร้างหลัก
- ชื่อโครงสร้างหลัก (Parent name)
 - เป็นส่วนที่แสดงจำนวนคาร์บอนอะตอมที่ต่อกันเป็นสายตรงที่ยาวที่สุด
- คำลงท้าย (Suffix)
 - เป็นส่วนที่อยู่ท้ายชื่อ และแสดงถึงหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์

7

7

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

- Parent Name บอกจำนวนคาร์บอนของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน และชื่อแอลเคน

TABLE 4.1 PARENT NAMES FOR ALKANES

NUMBER OF CARBON ATOMS	PARENT	NAME OF ALKANE	NUMBER OF CARBON ATOMS	PARENT	NAME OF ALKANE
1	meth	methane	11	undec	undecane
2	eth	ethane	12	dodec	dodecane
3	prop	propane	13	tridec	tridecane
4	but	butane	14	tetradec	tetradecane
5	pent	pentane	15	pentadec	pentadecane
6	hex	hexane	20	eicos	eicosane
7	hept	heptane	30	triacont	triacontane
8	oct	octane	40	tetracont	tetracontane
9	non	nonane	50	pentacont	pentacontane
10	dec	decane	100	hect	hectane

8

8

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

- หมู่แทนที่ ที่เป็น ไฮโดรคาร์บอนแบบอิ่มตัว เรียกหมู่ alkyl
- สัญลักษณ์แทนหมู่ alkyl ในสูตรโครงสร้าง โดยทั่วไป คือ R
- หมู่ alkyl มีสูตรเคมีคล้าย alkane คือ C_nH_{2n+1}
- เปรียบเทียบ การเรียกชื่อ แอลเคน และ หมู่ แอลคิล ที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน

CH ₄ methane	→ CH ₃ - methyl
C ₂ H ₆ ethane	→ C ₂ H ₅ - ethyl
C ₃ H ₈ propane	→
C ₄ H ₁₀ butane	→
C ₅ H ₁₂ pentane	→

9

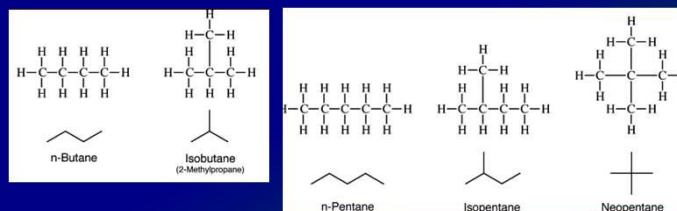
การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อสามัญ (Common name)

1. นับจำนวนอะตอม C ทั้งหมดที่มีในโครงสร้างนั้น เลือก **parent name** ที่ตรงกับจำนวน C เติมท้ายด้วย **ane**

CH ₄	เรียก methane
CH ₃ CH ₃	เรียก ethane
CH ₃ CH ₂ CH ₃	เรียก propane

2. โครงสร้างที่มี C ตั้งแต่ 4 อะตอมขึ้นไป มีไอโซเมอร์ ระบุนิวไอโซเมอร์ โดยใช้คำ **normal (n-)**, **iso (i-)**, หรือ **neo** นำหน้า



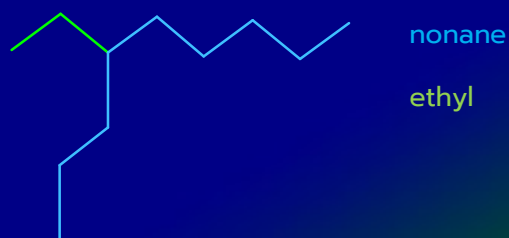
10

10

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อแบบ IUPAC

1. นับ C ที่ต่อเนื่องกันยาวที่สุดเป็นหลัก (**โซ่หลัก**) นำ parent name ที่ตรงตามจำนวน C ที่นับได้มาลงท้ายด้วย **ane**
2. สายโซ่ C ที่ไม่ถูกนับเป็นโซ่หลัก (**โซ่กิ่ง** หรือ **หมู่ที่มาเกาะ**) นำ parent ที่ตรงตามจำนวน C ที่นับได้มาลงท้ายด้วย **yl**



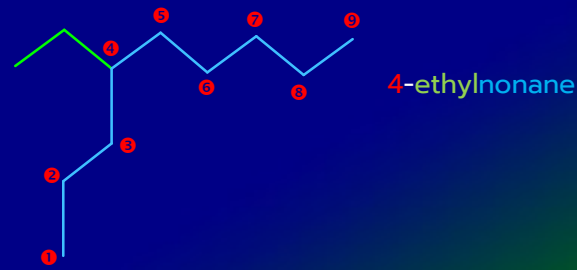
11

11

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อแบบ IUPAC

3. ระบุตำแหน่งโซ่กิ่งบนโซ่หลัก ด้วยลำดับของ C ของโซ่หลัก (ให้เริ่มนับ C ของโซ่หลักจากด้านที่ใกล้โซ่กิ่ง)
4. เขียนชื่อสาร **เลขตำแหน่ง-ชื่อโซ่กิ่งชื่อโซ่หลัก**



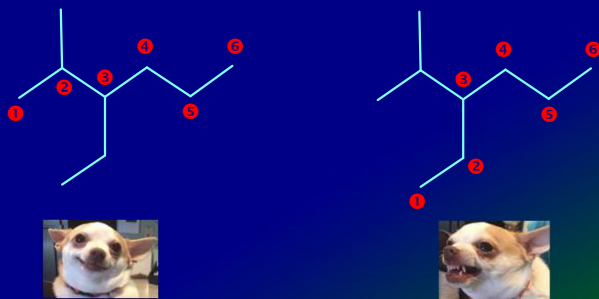
12

12

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อแบบ IUPAC

5. ถ้าสามารถนับโซ่หลักได้มากกว่า 1 แบบ ให้เลือกแบบที่มีจำนวนโซ่กิ่งมากกว่า



13

13

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อแบบ IUPAC

5. หมู่ที่มาเกาะที่ไม่เหมือนกันตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป เรียกชื่อหมู่ที่มาเกาะลำดับอักษร



4-ethyl-3-methylheptane

14

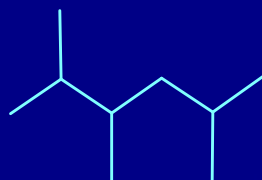
14

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อแบบ IUPAC

6. หมู่ที่มาเกาะที่เหมือนกันตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป

- ใช้คำบอกจำนวน **di**, **tri**, **tetra**, ไว้หน้าหมู่ที่มาเกาะ
- ใช้ , คั่นเลขบอกตำแหน่งหน้าหมู่ที่มาเกาะ



1,2,5-trimethylhexane

15

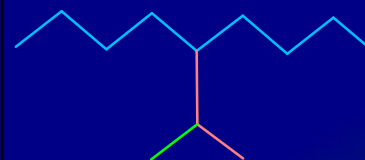
15

การเรียกชื่อ (Nomenclature)

ชื่อแบบ IUPAC

7. ถ้าหมู่เกาะมีความซับซ้อน เช่น มีกิ่งย่อย

- การเรียกชื่อ กิ่งหลัก กับ กิ่งย่อย ให้หลักการเช่นเดียวกับการเรียก โซ่หลักกับ โซ่กิ่ง
- C ตำแหน่งที่ 1 ของกิ่งหลัก คือ C ที่ต่อกับโซ่หลักเท่านั้น



4-(1-methylethyl)nonane

16

16

สมบัติทางกายภาพ

alkane เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ดึงดูดกันด้วยแรง Van der Waals ซึ่งขึ้นกับการเรียงอะตอม และจำนวนคาร์บอน

• สถานะของ alkane ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 atm

- จำนวน C 1-4 อะตอม สถานะ แก๊ส
- จำนวน C 5-17 อะตอม สถานะ ของเหลว
- จำนวน C 18 อะตอมขึ้นไป สถานะ ของแข็ง

• จุดเดือด (bp.)

- alkane ไซตรง bp. เพิ่มขึ้น → น้ำหนักโมเลกุลเพิ่ม
- alkane ไซกิ่ง → กิ่งก้านมาก bp. ยิ่งต่ำ
- alkane ไซตรง และ ไซกิ่ง ที่มี C เท่ากัน ไซตรงมี bp. สูงกว่า

• จุดหลอมเหลว (mp.) มีแนวโน้ม เช่นเดียวกับ bp.

• ความหนาแน่น alkane เป็นสารอินทรีย์ที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด

• การละลาย ไม่ละลายน้ำ

17

17

สมบัติทางกายภาพ

• เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ เมื่อ alkane ไซตรง มีจำนวนอะตอม C เพิ่มขึ้น

ชื่อ	มวลโมเลกุล	d (g/mL)	mp. (°C)	bp. (°C)
methane	16.0	-	-182.5	-161.5
ethane	30.1	-	-183.3	-88.6
butane	58.1	0.573	-138.4	-0.5
hexane	86.2	0.655	-95.3	68.7
heptane	100.2	0.680	-90.6	98.4
octane	114.2	0.698	-56.8	125.7

18

18

สมบัติทางกายภาพ

• เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ ของ alkane ไซตรง และไซกิ่ง

ชื่อ	มวลโมเลกุล	d (g/mL)	mp. (°C)	bp. (°C)
butane	58.1	0.573	-138.4	-0.5
iso-butane	58.1	0.551	-159.6	-11.7
iso-pentane	72.1	0.651	-159.9	27.9
neo-pentane	72.1	0.585	-16.6	9.5
hexane	86.2	0.655	-95.3	68.7
2-methylpentane	86.2	0.649	-153.7	60.3
3-methylpentane	86.2	0.660	-118.0	63.3

19

19

การเตรียมแอลเคน

• Hydrolysis of Grignard Reagent



• Reduction of Alkyl Halide ด้วยโลหะในรูป



• Wurtz Reaction



• Corey-House Synthesis



• Hydrogenation of Alkenes



20

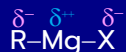
20

การเตรียมแอลเคน

1. Hydrolysis of Grignard Reagent

- Grignard reagent (RMgX) เป็นสาร organometallic

- สภาพขั้วของ Grignard reagent



- พันธะ Mg-X เป็น ionic
- พันธะ C-Mg เป็น covalent ที่ขั้วสูงมาก โดย
- C มีสภาพประจุไฟฟ้า – (เรียก carbanion หรือ C⁻)

21

21

การเตรียมแอลเคน

1. Hydrolysis of Grignard Reagent

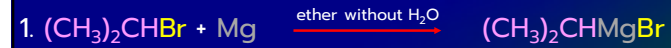
- เตรียม RMgX จากสารประกอบแฮโลเจน (RX) กับโลหะ Mg ในตัวทำละลาย ether ปราศจากน้ำ



- ปฏิกิริยาของ RMgX กับน้ำ



- ตัวอย่าง



sec-propyl bromide sec-propyl magnesium bromide



(C₂H₆)

22

22

การเตรียมแอลเคน

1. Hydrolysis of Grignard Reagent

- แบบฝึกหัด จงเตรียมแอลเคน โดยวิธี Hydrolysis of Grignard reagent

- เตรียม n-butane จาก sec-butyl bromide

- เตรียม propane จาก isopropyl iodide

23

23

การเตรียมแอลเคน

2. Reduction of Alkylhalide ด้วยโลหะในกรด

- alkyl halide ทำปฏิกิริยากับ โลหะ ได้ organometallic compound เช่น



(Grignard reagent)



(Organozinc compound)

- organozinc compound สามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้ alkane โดยเกิดปฏิกิริยาประเภท substitution reaction



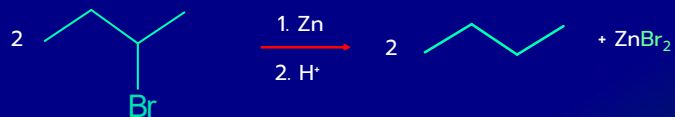
24

24

การเตรียมแอลเคน

2. Reduction of Alkylhalide ด้วยโลหะในกรด

- ตัวอย่าง



- แบบฝึกหัด จงเตรียม propane จาก propyl chloride

25

25

การเตรียมแอลเคน

3. Wurtz Reaction

- เป็นการรีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ (RX) โดยใช้โลหะโซเดียม (Na)



- กลไก หรือขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา

1. R-X ถูกรีดิวซ์ด้วย Na ได้ RNa



2. R-Na ทำปฏิกิริยากับ R-X ที่เหลืออยู่



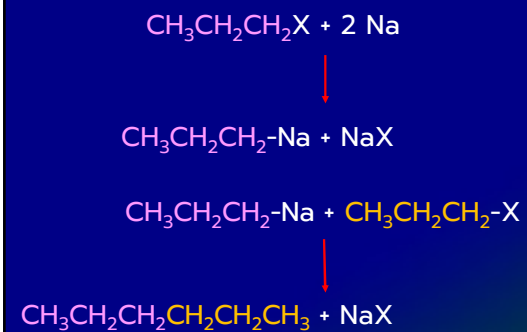
26

26

การเตรียมแอลเคน

3. Wurtz Reaction

- ตัวอย่าง



27

27

การเตรียมแอลเคน

3. Wurtz Reaction

- ข้อจำกัด

- alkyl halide ต้องเป็น primary alkyl halide
- ถ้าเป็น *sec-*, *tert-*-RX จะได้ side products ด้วย
- alkyl halide 2 หมู่ ต้องเหมือนกัน

28

28

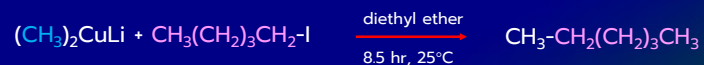
การเตรียมแอลเคน

4. Corey-House Synthesis

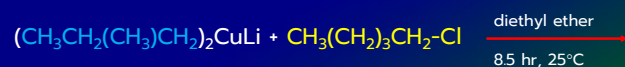
- เตรียม alkane จากปฏิกิริยาของ lithium dialkyl cuprate (R_2CuLi) กับ alkyl halide (RX)



- ตัวอย่าง



- แบบฝึกหัด จงเขียนโครงสร้างและชื่อแบบ IUPAC ของผลิตภัณฑ์



29

29

การเตรียมแอลเคน

4. Corey-House Synthesis

- การเตรียม lithium dialkylcuprate

นำ alkyl halide (RX) มาทำปฏิกิริยากับ Li ในตัวทำละลาย ether ปราศจากน้ำ ได้ alkyl lithium ($R-Li$) ซึ่งทำปฏิกิริยากับ cuprous iodide (CuI)



30

30

การเตรียมแอลเคน

5. Hydrogenation

- เติม H_2 เข้าไปในโมเลกุล alkene ได้ alkane โดยมี Pt, Pd หรือ Ni เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst)



- ตัวอย่าง



- แบบฝึกหัด จงเขียนปฏิกิริยา hydrogenation ของ 4-methyl-2-pentene และบอกชื่อแบบ IUPAC ของผลิตภัณฑ์

31

31

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- ปฏิกิริยาการแทนที่ H ใน alkane ด้วย halogen (F, Cl, Br, I) ได้ alkyl halide (RX) โดยใช้ความร้อนหรือแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



- ตัวอย่าง



32

32

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- กลไกของปฏิกิริยา

- ขั้นริเริ่ม (Initial step) ฮาโลเจนเกิดเป็นอนุมูลเสรี (radicals)



- ขั้นขยายลูกโซ่ (Chain propagation step) อนุมูลเสรี ทำปฏิกิริยากับสารในระบบ



33

33

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- กลไกของปฏิกิริยา

- ขั้นหยุดปฏิกิริยา (Chain termination step) ปริมาณอนุมูลเสรีมีมากในระบบ เกิดการจับกันระหว่างอนุมูลเสรี กลายเป็นโมเลกุล



34

34

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- กลไกของปฏิกิริยา

ถ้า chlorination ของ CH_4 เกิดต่อไปเรื่อย ๆ จะได้ di, tri, tetrahaloprodukt



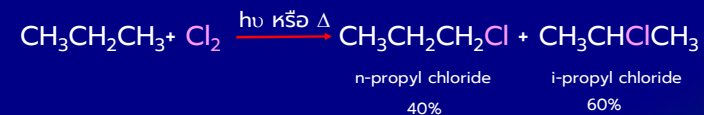
35

35

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- ถ้า alkane มี C หลายตัว Cl จะแทนที่ H ตำแหน่งต่าง ๆ



- อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วที่ H 1 อะตอม ถูกแทนที่ด้วย Cl เป็นดังนี้ $3^\circ\text{H} > 2^\circ\text{H} > 1^\circ\text{H} = 5.0 : 3.8 : 1.0$

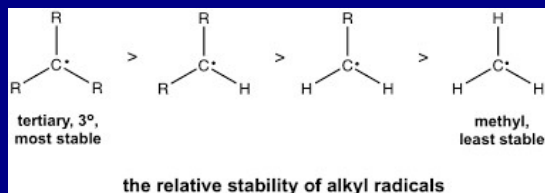
36

36

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- ความเสถียรของ carbon radical



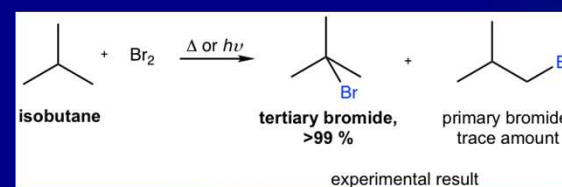
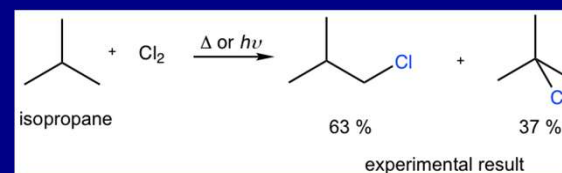
37

37

ปฏิกิริยาของแอลเคน

1. Halogenation

- Chlorination vs. Bromination



38

38

ปฏิกิริยาของแอลเคน

2. Oxidation

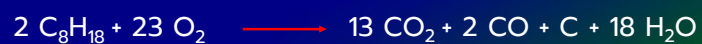
- alkane ทำปฏิกิริยากับ O₂ ได้ CO₂ + H₂O



- ตัวอย่าง



- ในสภาวะที่ O₂ ไม่เพียงพอ (เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์) จะได้ผลิตภัณฑ์อื่น เช่น เขม่า คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น

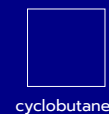


39

39

Cycloalkanes

- คือ alkane ต่อเป็นวงแหวน
- สูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n}
- แหล่งธรรมชาติ: crude oil (เรียกอีกอย่างว่า petroleum)
- Cycloalkane ตัวที่เล็กที่สุด คือ cyclopropane, C₃H₆



40

40

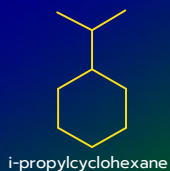
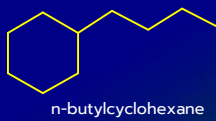
การเรียกชื่อไซโคลแอลเคน

1. แบบสามัญ

- เรียกเหมือน alkane ที่มีจำนวน C เท่ากัน และเติมคำว่า "cyclo" ลงข้างหน้า



- ถ้ามีกิ่ง (หรือหมู่ที่มาเกาะ) เรียกชื่อกิ่งก่อน แล้วตามด้วย cycloalkane



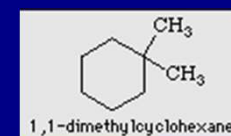
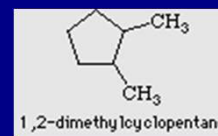
41

41

การเรียกชื่อไซโคลแอลเคน

2. แบบ IUPAC

- เรียกเหมือน alkane ที่มีจำนวน C เท่ากัน และเติม "cyclo" ลงข้างหน้า
- ระบุตำแหน่ง C ที่มีหมู่เกาะเป็นตัวเลขน้อยสุด
- ถ้ามีหลายหมู่เกาะเหมือนกัน ใช้คำว่า di-, tri-, tetra- และระบุตำแหน่งทุกตำแหน่ง



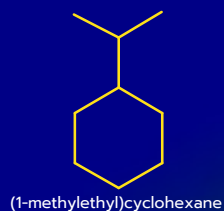
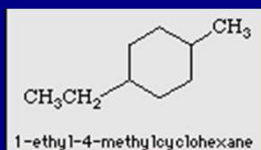
42

42

การเรียกชื่อไซโคลแอลเคน

2. แบบ IUPAC

- ถ้าหมู่ที่มาเกาะแตกต่างกัน ให้เรียกเรียงตามอักษรภาษาอังกฤษ



43

43

สมบัติทางกายภาพของไซโคลแอลเคน

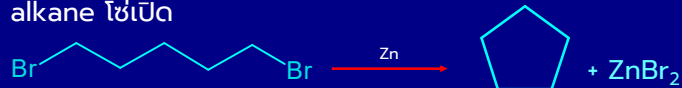
- ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักโมเลกุล
- ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายใน ether
- เปรียบเทียบกับ alkane ไซเปิด ที่มี C เท่ากัน cycloalkane
 - มี bp. และ mp. สูงกว่า
 - ความหนาแน่นมากกว่า

44

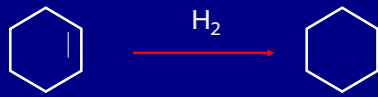
44

การเตรียมไซโคลแอลเคน

1. ปฏิกิริยาระหว่าง alkyl dihalide กับโลหะ: Zn หรือ Na
- ดัดแปลงจาก Wurtz Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสำหรับการเตรียม alkane ไซเป็ด



2. Hydrogenation of Alkene



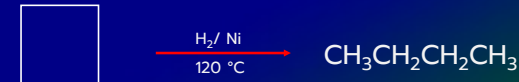
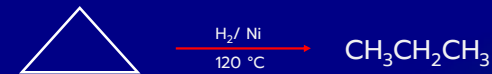
45

45

ปฏิกิริยาของไซโคลแอลเคน

- ปฏิกิริยาคลายกับแอลเคนไซเป็ด ยกเว้น ไซโคลแอลเคนตัวเล็ก ๆ ได้แก่ cyclopropane และ cyclobutane
- cyclopropane และ cyclobutane มีมุมพันธะ < 109.5° มีความเครียดสูง จึงมีปฏิกิริยาเพิ่มเติมเกี่ยวข้องกับการแตกวง เช่น

1. Hydrogenation ของ cyclopropane และ cyclobutane



46

46

ปฏิกิริยาของไซโคลแอลเคน

- ปฏิกิริยาคลายกับแอลเคนไซเป็ด ยกเว้น ไซโคลแอลเคนตัวเล็ก ๆ ได้แก่ cyclopropane และ cyclobutane
- cyclopropane และ cyclobutane มีมุมพันธะ < 109.5° มีความเครียดสูง จึงมีปฏิกิริยาเพิ่มเติมเกี่ยวข้องกับการแตกวง เช่น

2. Halogenation ของ cyclopropane และ cyclobutane



47

47

แหล่งกำเนิด

1. ก๊าซธรรมชาติ
 - methane (ethane, propane, butane)
2. ปิโตรเลียม (น้ำมันดิบ)

ก๊าซธรรมชาติ	C1-C4
Petroleum ether	C5-C7
gasoline	C6-C12
kerosene	C12-C16
น้ำมันดีเซล	C15-C18
ขี้ผึ้ง	> C20
3. ถ่านหิน

48

48

ประโยชน์

- C1 เป็นเชื้อเพลิง กังในเครื่องยนต์ และการหุงต้ม
- C2 เป็นสารตั้งต้นในการผลิตมอนอเมอร์ ethylene
- C3-C4 สามารถทำให้เป็นของเหลวที่ความดันต่ำ ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม (LPG) แก๊สในกระป๋องสเปรย์ เชื้อเพลิงไฟแช็ค
- C5-C8 เป็นของเหลวระเหยง่าย เป็นตัวทำละลายสารไม่มีขั้ว และเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์เบนซิน
- C9-C16 เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลและอากาศยาน
- C17-C19 สารหล่อลื่น น้ำมันเครื่อง และป้องกันสนิม
- C20-35 กาว, เทียนไข, เชื้อเพลิง
- C35 ทำปฏิกิริยา cracking เพื่อให้ได้แอลเคนที่มีขนาดเล็กลง (มีมูลค่าสูงขึ้น)

49

49

การทดสอบจำแนกประเภทไฮโดรคาร์บอน

ถ้าเป็น alkane แล้ว

1. ไม่ละลายในน้ำ ในกรด หรือ ในเบส เจือจาง
2. ไม่ละลายในกรด H_2SO_4 เข้มข้น
3. ไม่ทำปฏิกิริยากับ Br_2 / CCl_4 ในที่มืด
4. ทำปฏิกิริยากับ Br_2 / CCl_4 เมื่อมีแสง หรือความร้อน (สังเกตได้จากการเกิดการฟอกสี และมีแก๊ส HBr เกิดขึ้น)
5. ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างกับทิมทีเย็นและเป็นกลาง (สีของสารละลายต่างกับทิมไม่ถูกฟอกจาง)

50

50