บทที่ 7 อัลเคนและไซโคลอัลเคน
(ALKANES AND CYCLOALKANES)

พิมพร มนเทียรอาสน์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ที่มา

- พาราฟินไฮโดรคาร์บอน (paraffin hydrocarbon)

  : paraffin =“มีสัมพรรคภาพเล็กน้อย “ ทำปฏิกิริยายาก

- พบในน้ำมันปิโตรเลียม หรือน้ำมันดิบ (crude oill)

- ไฮโดรคาร์บอนในปิโตรเลียม

  - น้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นก๊าซ

    : เชื้อเพลิง LPG= โพรเพน+ บิวเทน (โพรเพน–โดดีเคน)

  - น้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น(>C5) เป็นของเหลว–แข็ง ,T_{room}

    : ตัวทำละลาย ไม่ละลายน้ำ ⇨เฮกเซน,น้ำยาซักแห้ง

    : เชื้อเพลิง ไวไฟเกิดออกซิเดชันให้ CO_2,$H_2O(g)$, Energy

7.1 โครงสร้างทั่วไปของอัลเคน

- อัลเคนเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยอะตอม C กับ H
- อะตอมคาร์บอนเกาะกับอะตอมคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว ,ไฮบริเดเซชันแบบ sp^3 (C–C)
- สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัว (Saturated HC)
- โครงสร้างเป็นโซ่ตรง กิ่งแขนง หรือเป็นวง

7.1.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอะลิฟาติก (Aliphatic Hydrocarbon)

ก. โครงสร้างเป็นโซ่ตรง (straight chain)

: สูตรทั่วไป C_nH_{2n+2}

เมื่อ n =1,2,3... (เลขจำนวนเต็ม)

: สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะลิฟาติกชนิด

อิ่มตัว

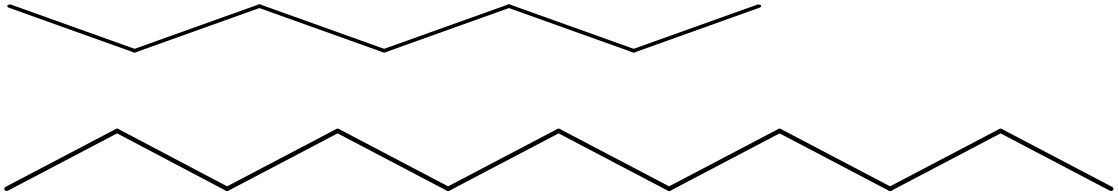
(saturated aliphatic HC)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะลิฟาติกชนิดอิ่มตัว

(Saturated aliphatic HC)

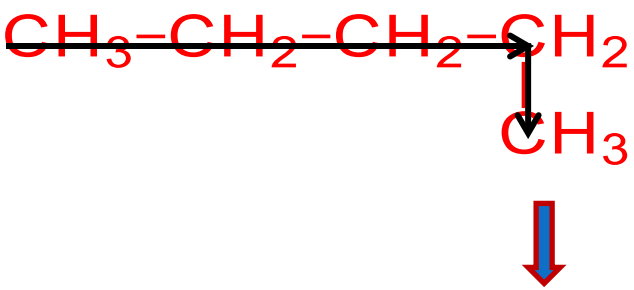
CH_3-CH_3

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$



โครงสร้างเป็นโซ่ตรง

โซ่ตรง :โครงสร้างที่มีอะตอมคาร์บอนที่สามารถลากเส้นตรงผ่านได้



$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

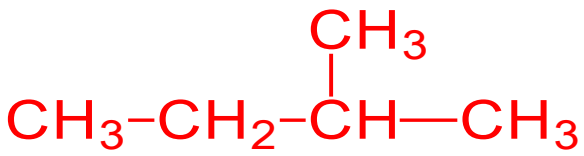
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

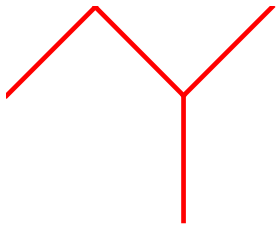
ข. กิ่งแขนง (branch chain alkanes)

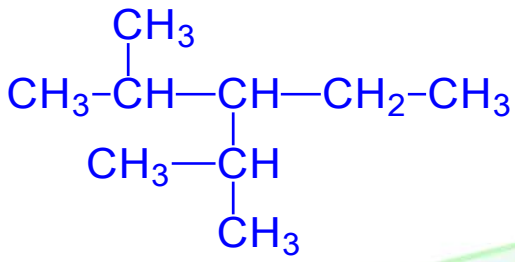
: C เป็นโซ่กิ่งหรือกิ่งแขนง เรียก อัลเคน

สูตรทั่วไป C_nH_{2n+2}

เมื่อ n = 1,2,3... (เลขจำนวนเต็ม)



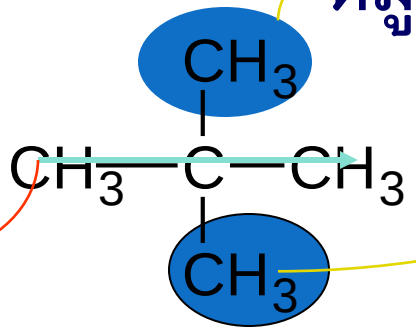




โซ่กิ่งหรือกิ่งแขนง

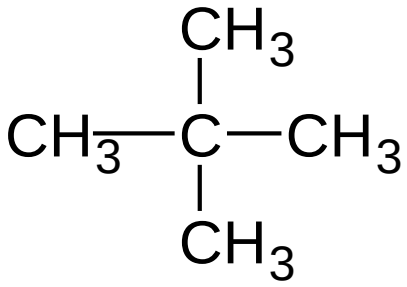
: อะตอมคาร์บอนแยกออกจากโซ่ตรงหรือโซ่หลัก

หมู่เกาะ:หมู่แทนที่(substituent)



โซ่หลัก (parent chain) = c–3

“prop–



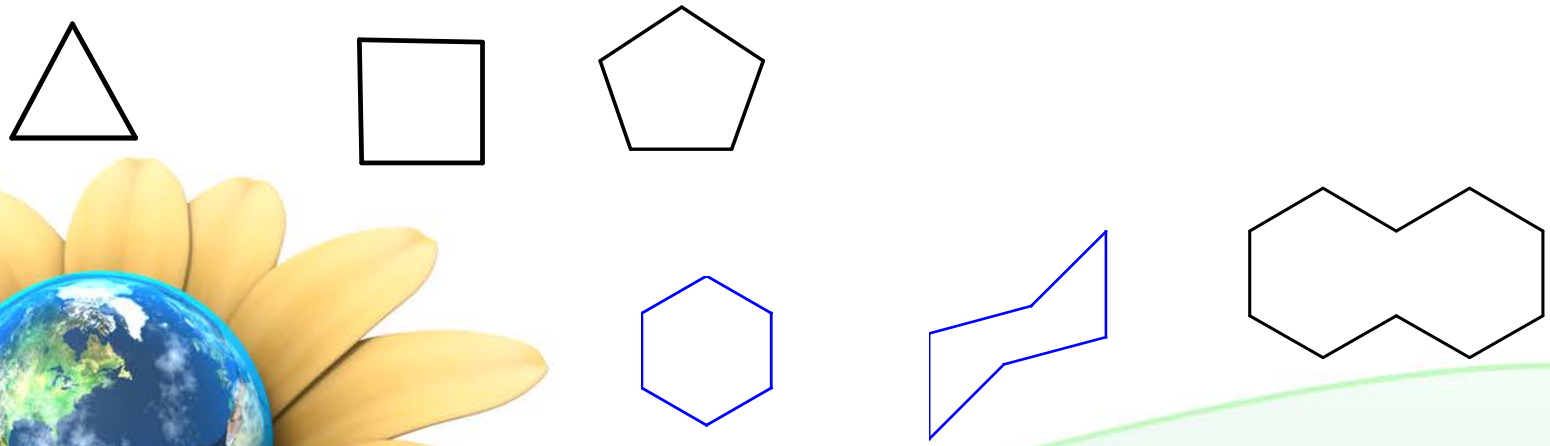
ค. ชนิดอะลิไซคลิกชนิดอิ่มตัว (Alicyclic saturated HC)

: C ต่อกันเป็นวงและอาจมีหมู่เกาะ (substituent)

เรียกว่าไซโคลอัลเคน (cycloalkane)

สูตรทั่วไป C_nH_{2n}

เมื่อ n = 3,4,5... (เลขจำนวนเต็ม)



7.2 สมบัติทางกายภาพ

7.2.1 จุดเดือด (Boiling point : bp)

- โครงสร้างโซ่ตรงมีจุดเดือดสูงกว่ากิ่งแขนง
- ไอโซเมอร์ที่ต่างกันมีจุดเดือดต่างกัน
- จำนวนคาร์บอนของโซ่ที่เพิ่มขึ้น จุดเดือดสูงขึ้น

การที่จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมคาร์บอน เนื่องจากแรงวันเดอวาลส์ (van der waals) ที่เป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น

แรงวันเดอวาลส์ (van der waals)

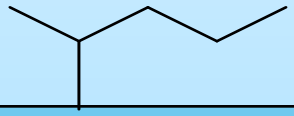
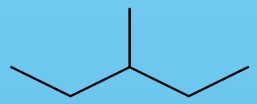
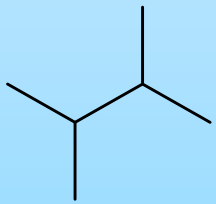
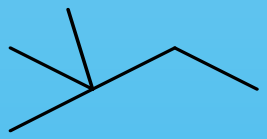
เกิดจากแรงดึงดูดสามชนิดคือ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้ว กับโมเลกุลที่มีขั้ว แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วกับโมเลกุลไม่มีขั้ว และแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลไม่มีขั้วด้วยกัน (แรงลอนดอน)

back

7.2.2 จุดหลอมเหลว (Melting Point :mp)

- อัลเคนโซ่ตรงตั้งแต่ C_5 – C_{17} เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง
- จำนวนคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นจะมีสมบัติเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง
- โครงสร้างอัลเคนโซ่ตรงและหักงอได้ดี มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าอัลเคนโซ่กิ่งแขนงและอัลเคนที่มีสมมาตร
- อัลเคนโซ่ตรงที่มีคาร์บอนเป็นเลขคู่จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอัลเคนที่มีคาร์บอนเป็นเลขคี่

Physical Constants of Hexane Isomers

Molecular formula	ond–line formular	bp (C °)	mp (C °)
C_6H_{14}		68.7	-95.0
C_6H_{14}		60.3	-153.7
C_6H_{14}		63.3	-118.0
C_6H_{14}		58.0	-128.8
C_6H_{14}		49.7	-98

T.W. Graham Solomonns, C.B. Fryhle (2011) Organic chemistry, 10th , John Wiley &Son,Inc. p 141 .

7.3 ปิโตรเลียม

- เกิดจากพืชและสัตว์ทะเลที่ตายทับ ถูกฝังภายใต้ความดันและความร้อนสูงในเปลือกโลกเป็นเวลานาน และมีแบคทีเรียช่วยย่อยทำให้กลายเป็นน้ำมัน

- ปิโตรเลียม เป็นของผสมของสารประกอบคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซ ของเหลว และของแข็ง

- องค์ประกอบเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นโซ่ตรงและโซ่กิ่ง

back

การกลั่นน้ำมันดิบ

- ⇨ เป็นการกลั่นลำดับส่วน(Fraction distillation)และเก็บสารตามช่วงอุณหภูมิ
- ⇨ น้ำมันดิบประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายพันชนิด ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกสารที่มีอยู่ออกเป็นสารเดี่ยวๆได้
- ⇨ นำน้ำมันดิบไปเผาที่อุณหภูมิ 320 – 385 C° เพื่อแยกเอาน้ำ สารประกอบกำมะถัน ออกซิเจน ไนโตรเจนและโลหะหนักอื่นๆ ออก

⇨ (C1 – C4) ซึ่งเป็นของผสมระหว่างก๊าซมีเทน อีเทน โพรเพนและบิวเทน

ปร ะโยชน์ : มีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า

อีเทน โพรเพนและบิวเทน ใช่ในอุตสาหกรรม

⇨ แนฟทาเบา (C5 – C7) ประโยชน์ : ใช้ทำตัวทำละลาย

⇨แนฟทาหนัก (C6 – C12) แก๊สโซลีนหรือน้ำมันเบนซิน

ประโยชน์ : ใช้ทำเชื้อเพลิงรถยนต์

น้ำมันเบนซินประโยชน์ : ใช้ทำเชื้อเพลิง

อัลเคนที่พบในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

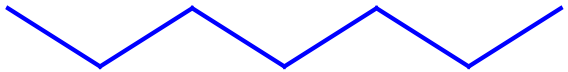
อัลเคน	ชื่อ	จุดเดือด : (C^0)	ชื่อผลิตภัณฑ์
CH_4	Methane : มีเทน	- 161	Natural gas
$CH_3–CH_2–CH_3$	Proane :โพรเทน	- 44	LPG
$CH_3–(CH_2)_2–CH_3$	Butane : บิวเทน	-0.5	
$CH_3–(CH_2)_3–CH_3$	Pentane :เพนเทน	36	
$CH_3–(CH_2)_4–CH_3$	Hexane : เฮกเซน	68	Petroleum ether
$CH_3–(CH_2)_5–CH_3$	Heptane :เฮปเทน	98	
$CH_3–(CH_2)_6–CH_3$	Octane : ออกเทน	125	

น้ำมันเบนซิน

- น้ำมันเบนซิน หรือแก๊สโซลีน (Gasoline)
  - ใหญ่ประกอบด้วย เฮกเซน เฮปเทน ออกเทน
  - เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในพาหนะ
- เบนซีน (Benzene) :C_6H_6
  - โครงสร้างเป็นสารอะโรมาติก
  - เป็นตัวทำละลาย

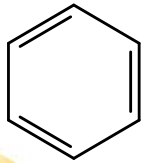
โครงสร้างเฮกเซน เฮปเทน ออกเทน และเบนซีน

= C6 Hexane

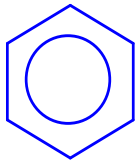


= C7 Heptane

= C8 Octane



OR



Benzene

7.4 การเรียกชื่อสารอินทรีย์

- ชื่อระบบสามัญ (Common name)
- ชื่อระบบตามระบบ IUPAC (EYE–YOU–PAC) 4
- Systematic

ระบบ IUPAC

International

Union

Pure

Applied

Chemistry

International Union of Pure and Applied Chemistry

7.4.1 ชื่อระบบสามัญ (Common Name)

⇨ ใช้เรียกชื่ออัลเคนที่โครงสร้างมีจำนวนคาร์บอนมากกว่า 4 อะตอมขึ้นไปเนื่องจากมีไอโซเมอร์มากกว่าหนึ่ง

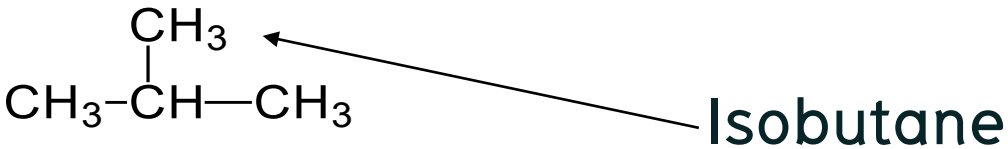
⇨ ให้เติม n (ย่อมาจาก normal) นำหน้าชื่อที่มีโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนเป็นโซ่ตรง

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

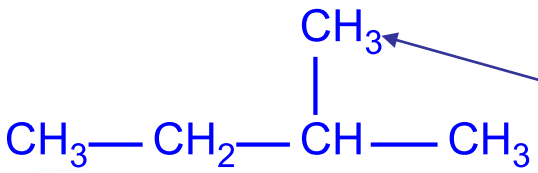
n–Pentane

n–Hexane

⇨ เติม Iso นำหน้าชื่อที่มีโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนที่โซ่หลักมีหมู่เมทิล(methyl group) หนึ่งหมู่ เกาะที่ตำแหน่งที่สอง

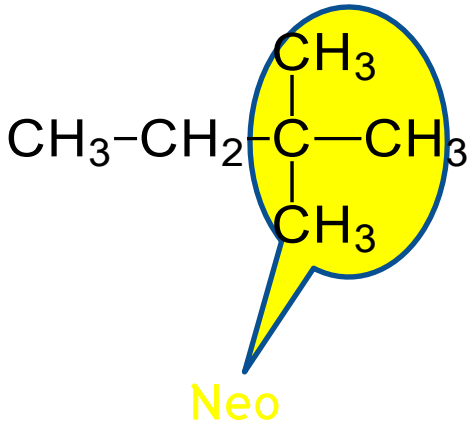


Isobutane



Isopentane

⇨ เติม neo หน้าชื่อโครงสร้างที่มีหมู่เมทิล (methyl group)เกาะที่คาร์บอนอะตอมที่ 2 สองหมู่



Neohexane : นีโอเฮกเซน

7.4.2 ชื่อระบบตามระบบ IUPAC

⇨ชื่อระบบIUPAC = ชื่อหลัก(คำนำหน้า) + คำลงท้าย

(prefix) (suffix)

(จำนวนคาร์บอนในโครงสร้างหลัก) (ชนิดสารอินทรีย์)

⇨โครงสร้างเป็นวง

เติม Cyclo + ชื่อหลัก(คำนำหน้า) + คำลงท้าย

7.4.2 การเรียกชื่อสารอินทรีย์ระบบ IUPAC

7.4.2.1 เลือกโซ่หลัก(parent chain)

⇨ ที่มีอะตอมคาร์บอนมากที่สุดและมีหมู่ฟังก์ชันนัล

$CH_3-CH_2-CH_3$ ← โซ่หลักมี 3 คาร์บอนหมู่

← ฟังก์ชันนัลเป็นพันธะเดี่ยว

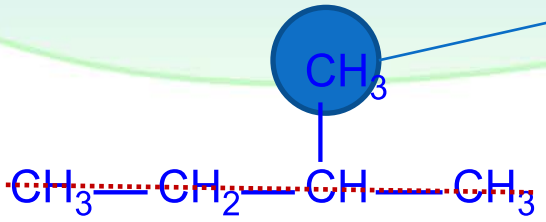
CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3 ← โซ่หลักมี 6 คาร์บอน มี

← หมู่ฟังก์ชันนัลเป็นพันธะคู่

: นับจำนวนคาร์บอนในโซ่หลักและใช้เป็นคำนำหน้า (prefix)ดังนี้

จำนวนคาร์บอนในโซ่หลัก (parent chain)	คำนำหน้า(prefix)
1	Meth–
2	Eth–
3	Prop–
4	But–
5	Pent–
6	Hex–
7	Hept–
8	Oct–
9	Non–
10	Dec–

back



หมู่เกาะมี C=1 อ่านว่า เมทิล :methyl ตำแหน่ง C2 ของโซ่หลัก

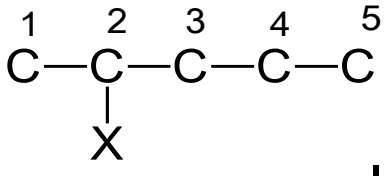
โซ่หลักที่มีจำนวน C มากที่สุด = 4

ชื่อ IUPAC : 2–Methylbutane

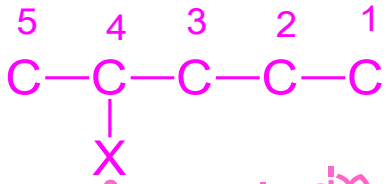
- คำนำหน้า อ่านว่า บิว : but–
- คำลงท้าย อ่าน –เอน :–ane

7.4.2.2 การระบุตำแหน่งบนโซ่หลัก

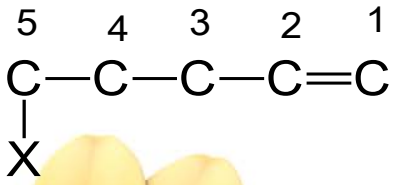
⇨ โดยเริ่มจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ให้ตำแหน่งอะตอมคาร์บอนที่มีหมู่ฟังก์ชันมีตัวเลขน้อย ๆ



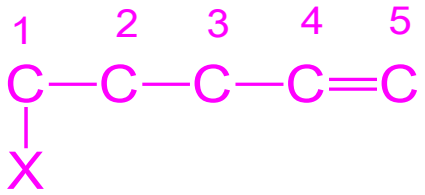
การระบุตำแหน่งที่ถูกต้อง



การระบุตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง



การระบุตำแหน่งที่ถูกต้อง



การระบุตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง

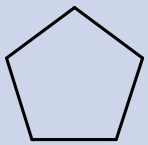
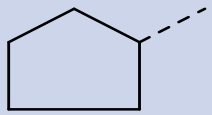
7.4.1.2 คำต่อท้าย (Suffix)

back

คำต่อท้าย	ชนิดของสารอินทรีย์	หมู่ฟังก์ชันนัล
–ane	ไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัว	R–R
–ene	ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว	R=R
–yne	ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว	R≡R
–ol	แอลกอฮอล์	R-OH
–al	อัลดีไฮด์	RCHO
–oic acid	กรดอินทรีย์(กรดคาร์บอกซิลิก)	RCOOH

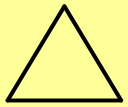
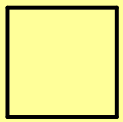
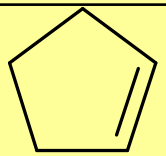
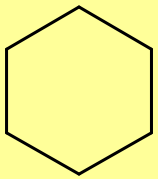
หมู่อัลคิล (alkyl group: yl)

- ไฮโดรคาร์บอนหรืออัลเคนที่มีไฮโดรเจนอะตอมหายหนึ่งอะตอม
- เปลี่ยนคำลงท้าย..”–ane” เป็น “yl”

โครงสร้างอันเคน	ชื่ออัลเคน	โครงสร้างอัลคิล	ชื่ออัลคิล
CH_4	methane	- CH_3	methyl
CH_3CH_3	ethane	-CH_2CH_3	ethyl
$CH_3CH_2CH_3$	propane	- $CHCH_2CH_3$	propyl
CH_3CH_2 CH_2CH_3	butane	- CH_2CH_2 CH_2CH_3	butyl
	cyclopentane		Cyclopentyl

7.4.2.4 สารอินทรีย์ที่มีไฮโดรคาร์บอนโครงสร้างเป็นวง (cyclic HC)

: เติมคำว่า “ไซโคล”(cyclo–) ไว้หน้าจำนวนคาร์บอนของโซ่หลัก

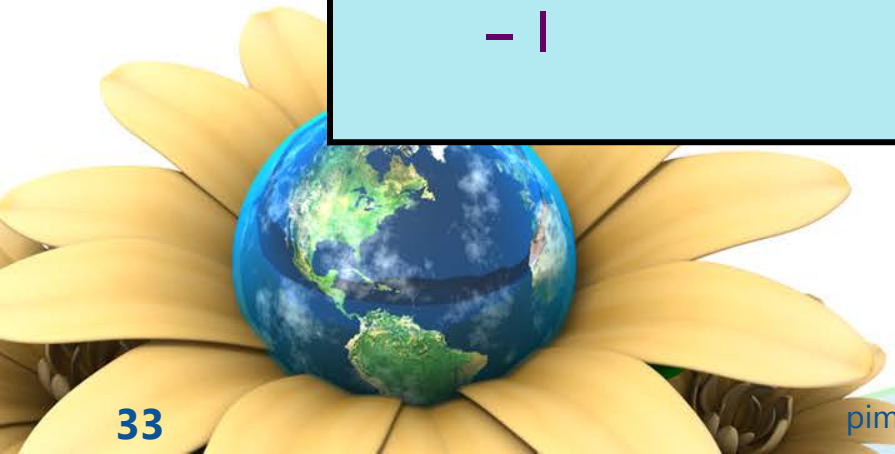
โครงสร้าง	จำนวนคาร์บอน	คำนำหน้า + คำต่อท้าย = ชื่อIUPAC
	3 = cycloprop–	Cycloprop + ane = cyclopropane
	4 = cyclobut–	Cyclobut + ane = cyclobutane
	5 = cyclopent–	Cyclopent + ene =cyclopentene
	6 = cyclohex–	Cyclohex + ane = cyclohexane

7.4.2.4 คำนำหน้าใช้เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันนัลที่เกาะอยู่ส่วนหน้าโซ่หลัก

หมู่ฟังก์ชันนัล	คำนำหน้า
–R	Alkyl
–OR –O–CH_3 –O–CH_2–CH_2–CH_3	Alkoxy – Methoxy – Propoxy
–OH (hydroxyl group)	Hydroxy
–NH_2	Amino
–NO_2	Nitro

ชื่อหมู่ฟังก์ชันนัล (ต่อ)

หมู่ฟังก์ชันนัล	คำนำหน้า
$-NO_2$	Nitro
–X – Cl – Br – F – I	Halo –Chloro –Bromo –Fluoro –Iodo



7.4.2.5 หมู่ฟังก์ชันนัลที่เหมือนกันมากกว่าหนึ่งหมู่เกาะกับโซ่หลักเดียวกันให้ใช้คำเรียกเพื่อแสดงจำนวนของหมู่ฟังก์ชันนัล และแสดงตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันนัลที่เกาะทั้งหมด

จำนวนหมู่ฟังก์ชันนัล	การเรียกจำนวนหมู่ฟังก์ชันนัล
2	Di
3	Tri
4	Tetra
5	Penta
6	Hexa
7	Hepta

CH_3-CH_3

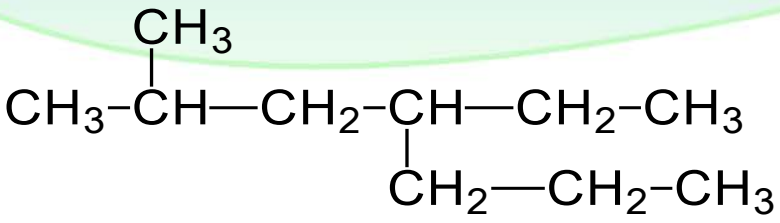
⇨โซ่หลัก(parent chain) มีคาร์บอน (C) 2 อะตอม

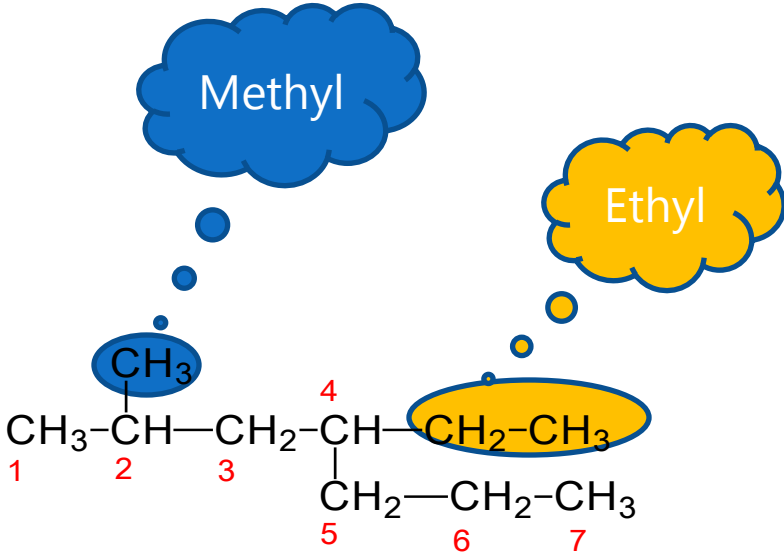
⇨ คำนำหน้า (prefix) เรียกว่า Eth –

⇨คำลงท้าย (suffix) C–C (single bond) เรียกว่า –ane

ชื่อระบบ IUPAC : Ethane

ตัวอย่างที่ 2 การอ่านชื่อ :ระบบ IUPAC





❶โซ่หลักมี 7 คาร์บอน; hept–

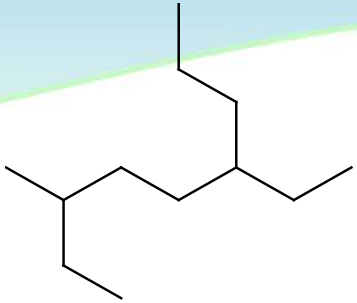
❷C–C ;พันธะเดี่ยว คำลงท้าย = –ane

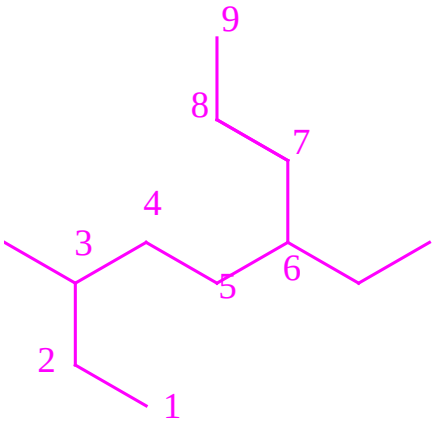
❸หมู่เกาะที่ C2 = Methyl

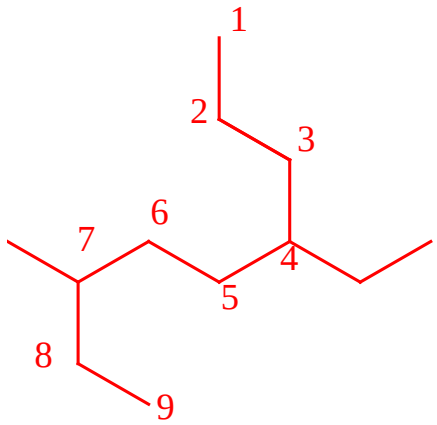
C4 = Ethyl

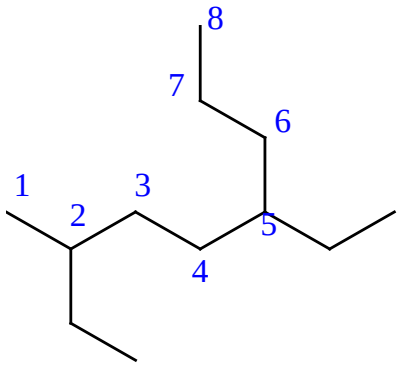
ชื่อ IUPAC = 4–Ehyl–2–methlyheptane

ตัวอย่างที่ 3 การอ่านชื่อ :ระบบ IUPAC









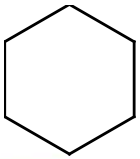
6–Ethyl–3–methyl–nonane

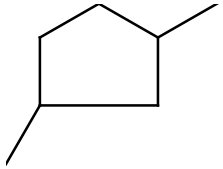
4–Ethyl–7–methyl–nonane

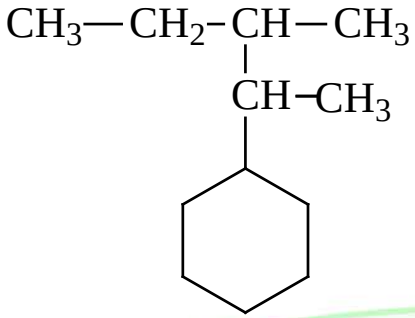
2,5–Diethyloctane

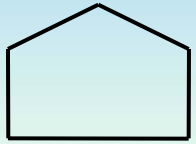
การเรียกชื่อไซโคลอัลเคน

- ⇨เลือกโซ่หลัก = คำนำหน้า + คำลงท้าย
- ⇨เติม “ไซโคล”(Cyclo) หน้าโซ่หลัก
- ⇨ระบุตำแหน่งของหมู่เกาะ (หมู่แทนที่ :sustituenet)









โซ่หลัก(parent chain) 5 C

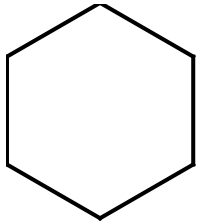
- คำนำหน้า (prefix) เรียกว่า pent –

  โครงสร้างเป็นวง (cyclic HC) : cyclopent–

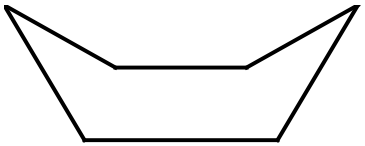
- คำลงท้าย (suffix) C–C (single bond)เรียกว่า –ane

ชื่อระบบ IUPAC = Cyclopentane

รูปร่างของไซโคลเฮกเซน

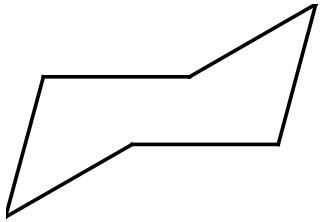


Cyclohexane



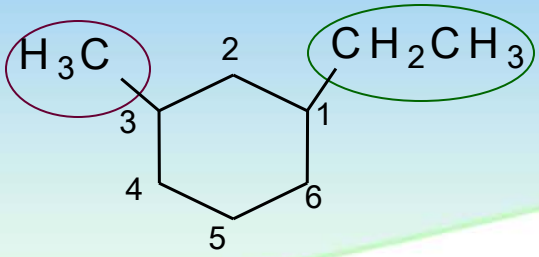
เรือ

Boat conformation



เก้าอี้

Chair conformation



โซ่หลัก(parent chain) 6 C มีโครงสร้างเป็นวง (cyclic HC)

- คำนำหน้า (prefix) เรียกว่า cyclohex –
- คำลงท้าย (suffix) C–C (single bond)เรียกว่า –ane

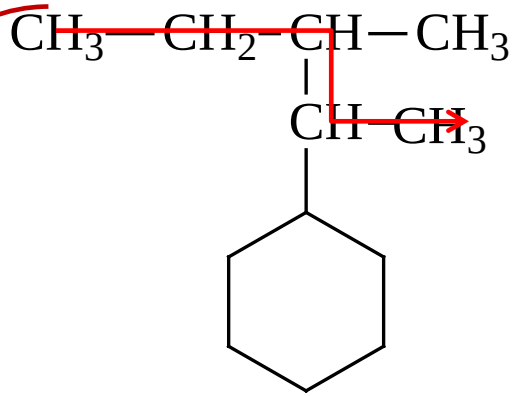
หมู่เกาะ(substituented gr.) 2 หมู่

- ที่ตำแหน่งที่ 1 ของโซ่หลัก หมู่เกาะ 2 C เรียกว่า ethyl
- ที่ตำแหน่งที่ 3 ของโซ่หลัก หมู่เกาะ 1 C เรียกว่า methyl
- ระบุตำแหน่งหมู่เกาะ C_2 (1,3)

ชื่อระบบ IUPAC = 1–Ethyl–3–methylcyclohexane

โซ่หลัก คำนำหน้า=5 C อ่านว่า pent-

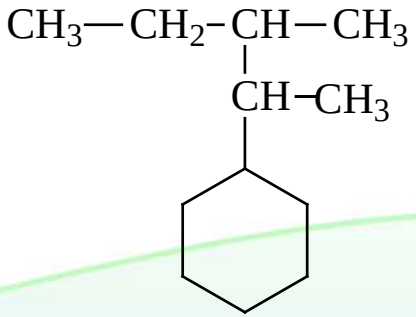
คำลงท้าย = C–C =–ane



หมู่เกาะ ที่ตำแหน่ง C2 : Cyclohexyl

C3 : Methyl

ชื่อ IUPAC 2–Cyclohexyl–3–methylpentane



7.5 ปฏิกิริยาของอัลเคน

7.5.1 ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution reaction)

- การแทนที่อะตอมไฮโดรเจนในโมเลกุลอัลเคนด้วยอะตอมฮาโลเจน (halogen atom)
- ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของฮาโลเจน

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

ชื่อปฏิกิริยาฮาโลจิเนชัน(Halogenation)

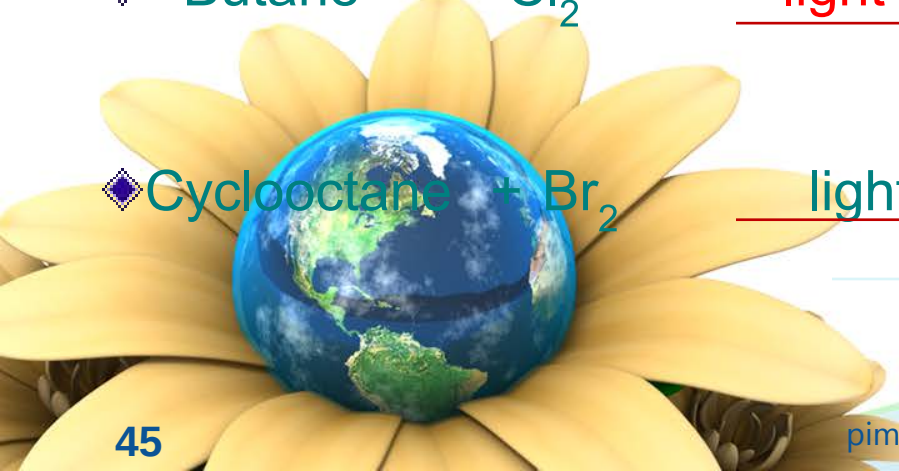
$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{แสง}} CH_3Cl + CH_2Cl_2 + CHCl_3 + CCl_4 + HCl\uparrow(g)$$

$$\text{Propane} + Br_2 \xrightarrow{\text{light}} \text{Bromopropane} + \text{2-Bromopropane} + HBr\ (g)$$

(สีน้ำตาลแดง) (สารละลายใส)

(Red – Brown) (Colourless)

- Butane + Cl_2 $\xrightarrow{\text{light}}$ ……?…… + HCl
- Cyclooctane + Br_2 $\xrightarrow{\text{light}}$ …..?..... + …..?.....



7.5.2 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของอัลเคน

(Oxidation of alkanes : Combustion)

➡ปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง

$$C_nH_{(2n+2)} + O_2 \text{ (exess)} \xrightarrow{\text{heat}} nCO_2 + (n+1)H_2O + \text{Energy}$$

➡ alkane + O_2 (excess) $\xrightarrow{\text{high temp.}}$ CO_2 + H_2O + △

propane + $5O_2$ (excess) $\xrightarrow{\text{heat}}$ $3CO_2$ + $4H_2O$ + △

ethane + $3\frac{1}{2}O_2$ (excess) $\xrightarrow{\text{heat}}$ $2CO_2$ + $3H_2O$

เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์

$$2CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + 7O_2 \xrightarrow{\text{heat}} 6CO + 8H_2O$$

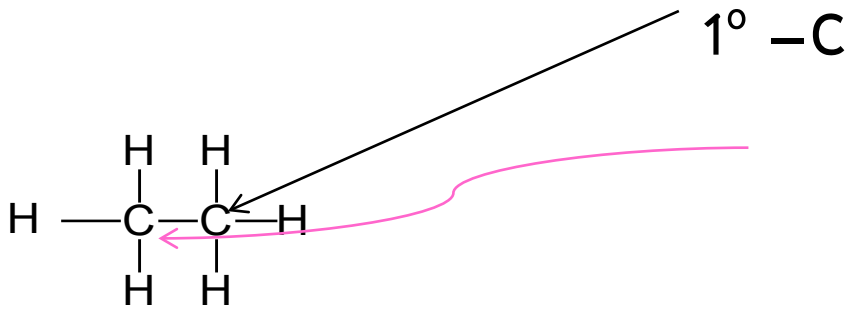
เกิดการสันดาปไม่ที่สมบูรณ์

ชนิดของอะตอมคาร์บอนของอัลเคน

- การระบุชนิดของอะตอมคาร์บอนในโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นอะลิฟาติกหรืออะลิไซ การเรียกชื่อสารในห้องปฏิบัติการ
- โดยมีการแบ่งชนิดของอะตอมคาร์บอนในโครงสร้างเป็น 4 ชนิด ดังต่อไปนี้
  - ปฐมภูมิคาร์บอน (1° –C) : Primary carbon
  - ทุติยภูมิคาร์บอน (2° –C) : Secondary carbon
  - ตติยภูมิคาร์บอน (3° –C) : Tertiary carbon
  - จัตุรภูมิคาร์บอน (4° –C) : Quaternary carbon

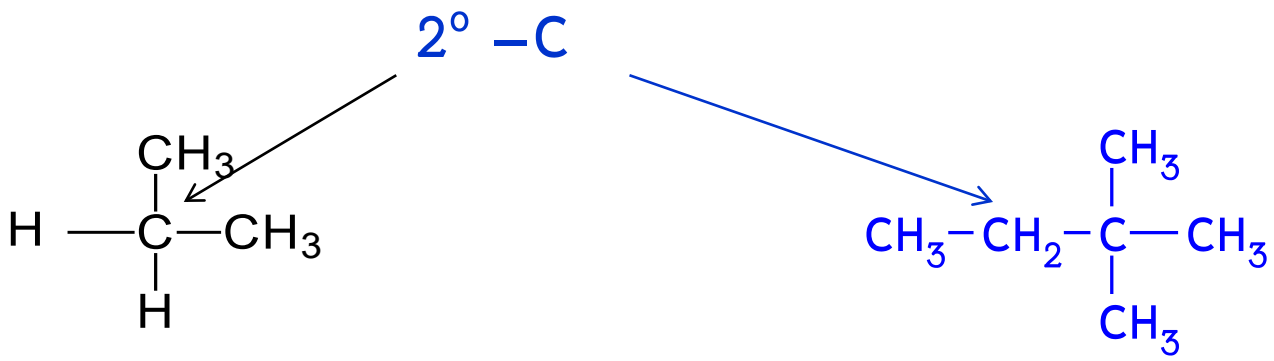
ปฐมภูมิคาร์บอน (1° –C: Primary carbon)

- อะตอมคาร์บอนที่มีพันธะหนึ่งพันธะเกาะกับอะตอมคาร์บอนอื่น อะตอมไฮโดรเจนที่เกาะกับ 1° –C เรียกว่า 1° –H



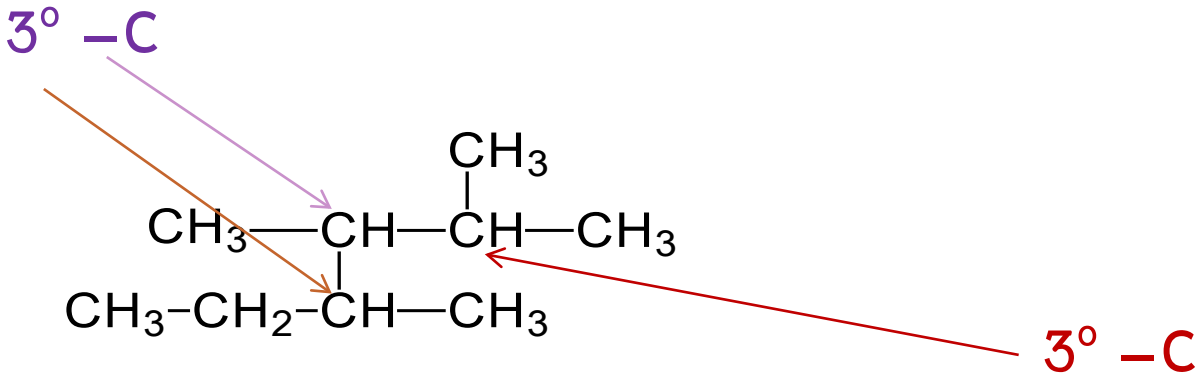
ทุติยภูมิคาร์บอน (2° –C: Secondary carbon)

คืออะตอมคาร์บอนที่มีพันธะสองพันธะเกาะกับอะตอมคาร์บอนอื่น อะตอมไฮโดรเจนที่เกาะกับ 2° –C เรียกว่า 2° –H



ตติยภูมิคาร์บอน (3° –C :Tertiary carbon) คือ

อะตอมคาร์บอนที่มีพันธะสามพันธะเกาะกับอะตอมคาร์บอนอื่น อะตอมไฮโดรเจนที่เกาะกับ 3° –C เรียกว่า 3° –H



จัตุรภูมิคาร์บอน (4–° C : Quaternary carbon) คือ

อะตอมคาร์บอนที่มีพันธะสี่พันธะเกาะกับอะตอมคาร์บอนอื่น ส่วนอะตอมไฮโดรเจนที่เกาะกับ 4° –C ไม่มี