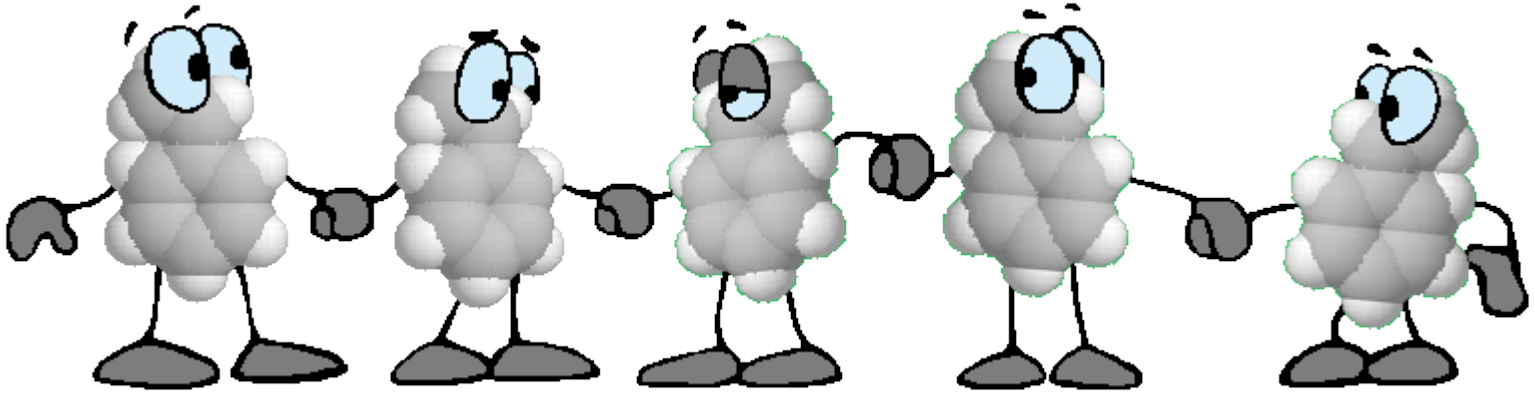
วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์เบื้องต้น

บทที่ 1 บทนำ



http://www.pslc.ws/macrog/kidsmac/basics.htm

เรียนพอลิเมอร์ไปทำไม?

- รู้จักพอลิเมอร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรา
- มีความรู้เบื้องต้นเพื่อการศึกษาต่อในขั้นสูง
  - พอลิเมอร์, สิ่งทอ (คณะวิทยาศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ ฯลฯ)
  - ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี
- มีความรู้ในการประกอบอาชีพในอนาคต
  - โรงงานอุตสาหกรรม
  - งานวิจัย

ptt AR

ptt CHEM

IRPC

Thaioil

บทที่ 1 บทนำ

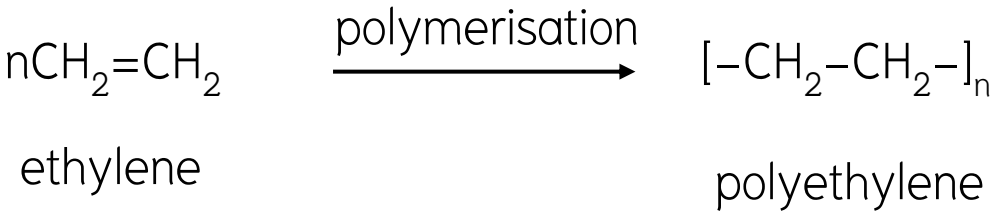
เมื่อพูดถึงพอลิเมอร์ คุณนึกถึงอะไร?

- พลาสติก
- โฟม
- ยางธรรมชาติ
- เส้นใยต่าง ๆ (cellulose), ใยไหม, ใยฝ้าย
- ขนสัตว์ เขาสัตว์
- ครั่ง

Polymer คืออะไร?

Polymer มาจากรากศัพท์ภาษากรีก poly = many และ meros = part

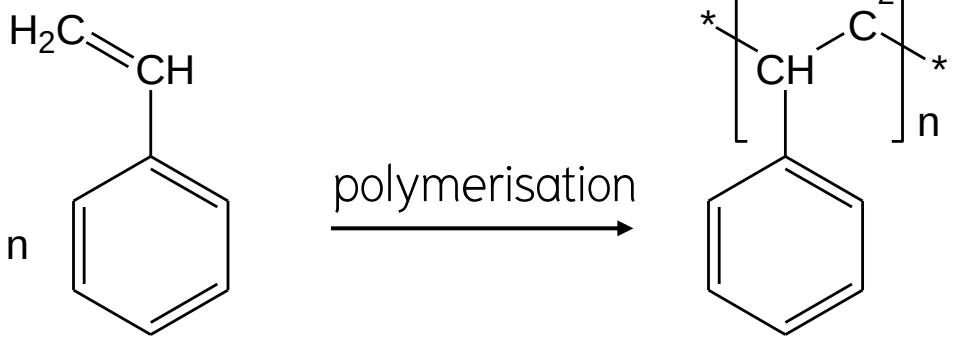
Polymer หมายถึง สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่มาก ที่ประกอบด้วยหน่วยของโมเลกุลเล็กๆ ที่ซ้ำๆ กัน (repeating unit หรือ monomer) ยึดเกาะกันด้วยพันธะทางเคมี (พันธะโคเวเลนซ์)



ethylene

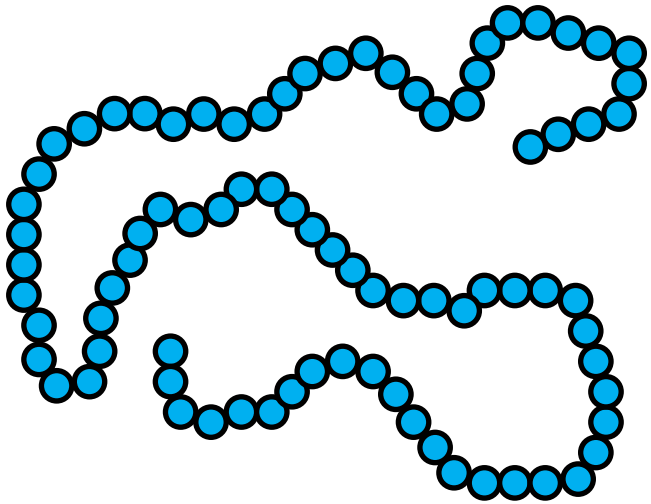
polyethylene

monomer



styrene

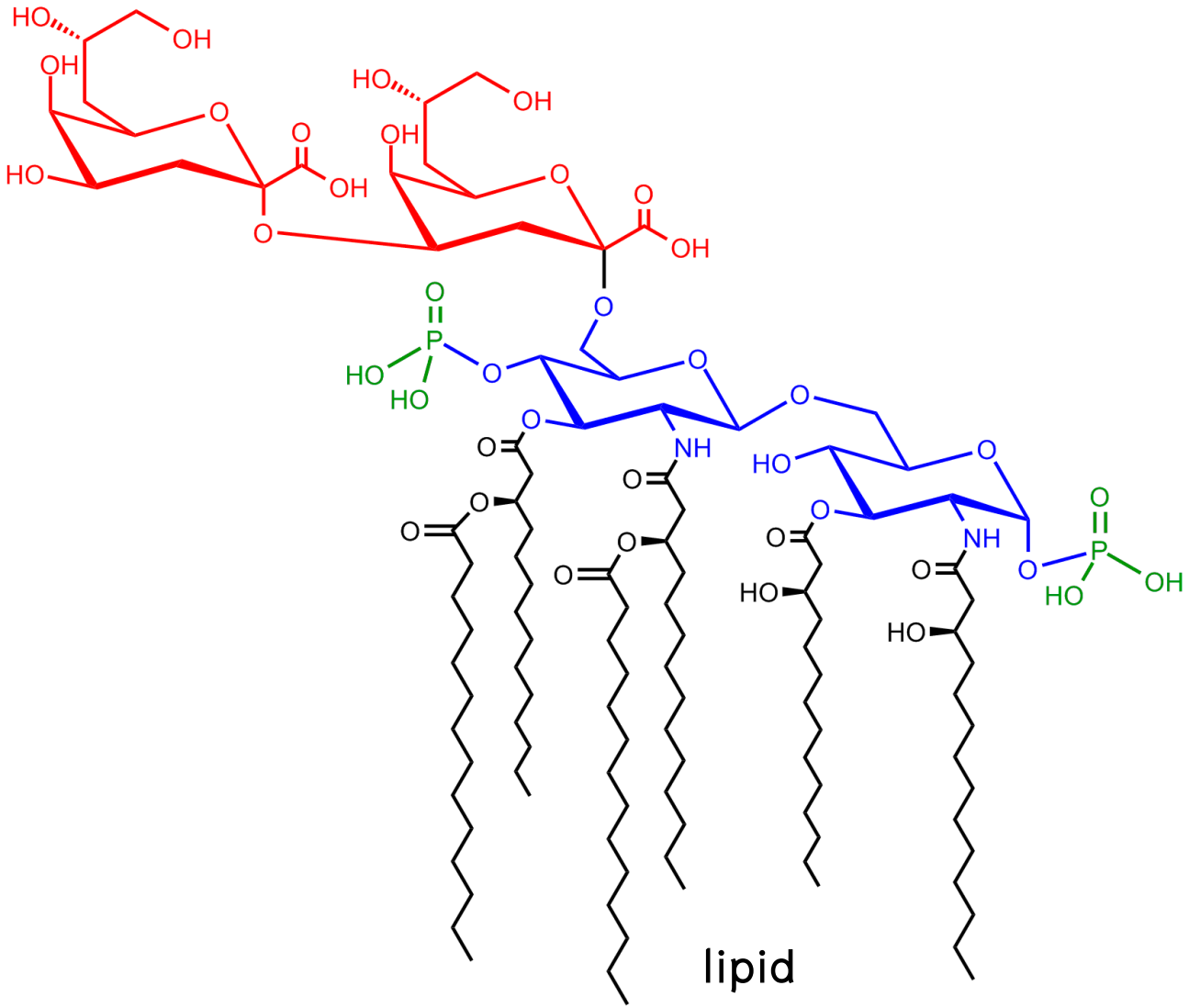
polystyrene



polymer

Macromolecule

Macromolecule คือสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ที่หมายรวมถึงพอลิเมอร์ด้วย แต่สารโมเลกุลใหญ่บางชนิด อาจไม่ใช่พอลิเมอร์ก็ได้



Deoxyribonucleic acid (DNA):

เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดหนึ่ง มอนอเมอร์ของ DNA คือ nucleotides ซึ่งแต่ละ nucleotide ประกอบด้วย น้ำตาล 5 คาร์บอน หรือ deoxyribose

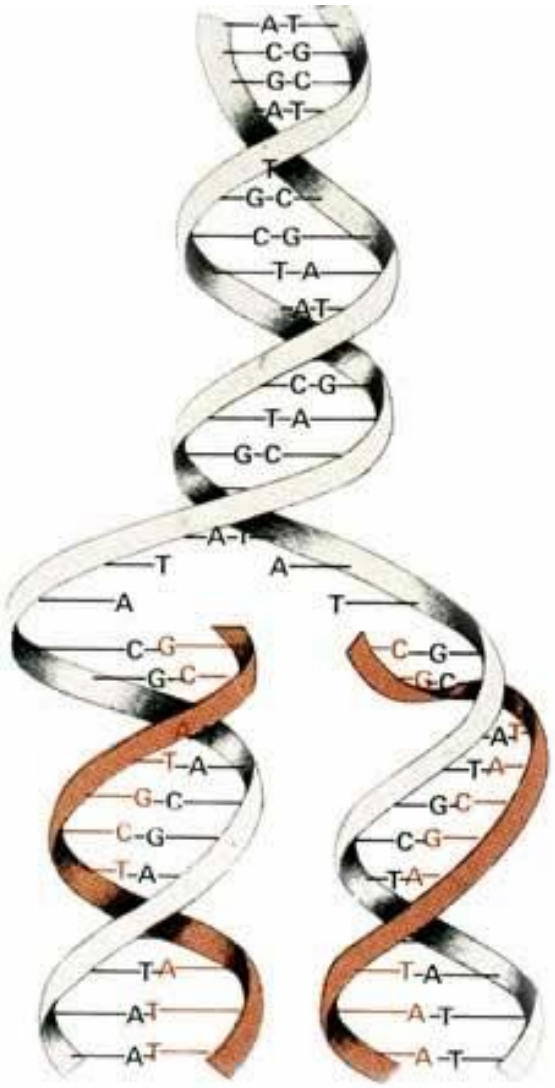
nucleotide ที่เป็นมอนอเมอร์ของ DNA มี 4 ชนิด ได้แก่

A = adenine

G = guanine

C = cytosine

T = thymine



History of Polymers

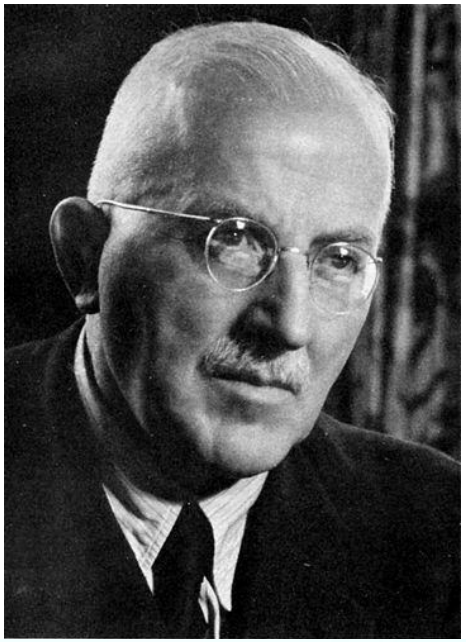
คศ. 1500's – นักสำรวจชาวอังกฤษได้ค้นพบชนเผ่า Mayan ซึ่งเป็นชนเผ่าพื้นเมืองของทวีปอเมริกากลาง พวกเขาสันนิษฐานว่าชาว Mayan น่าจะเป็นชนเผ่าแรก ๆ ที่มีการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ เนื่องจากเขาพบว่าเด็กๆ ชาว Mayan เล่นฟุตบอลที่ทำจากยางพารา

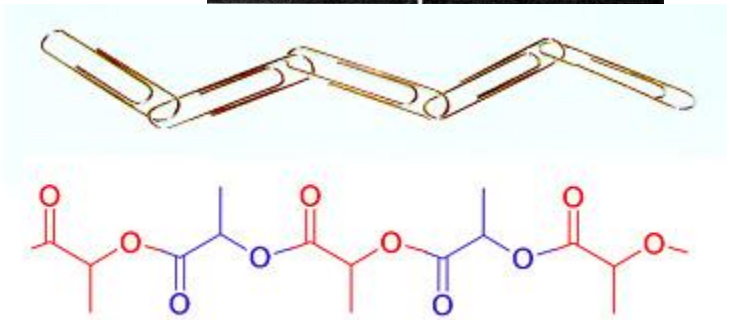
คศ. 1839 – Charles Goodyear ค้นพบกระบวนการ valcanization โดยการผสมน้ำยางธรรมชาติกับ sulfur และให้ความร้อนที่ 270 °F (~132 °C) ได้เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ตัวใหม่ที่แข็งแรงและทนทานกว่ายางธรรมชาติ ซึ่งต่อมาได้นำมาผลิตยางรถยนต์

คศ. 1907 – Leo bakeland ได้สังเคราะห์พลาสติกที่มีความแข็งและทนความร้อนสูง ให้ชื่อว่า Bakelite ซึ่งนำมาใช้ผลิตฉนวนไฟฟ้า

คศ. 1917 – M. Palanyi ใช้ X-ray crystallography ในการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส ทำให้ทราบว่าแต่ละยูนิตเซลล์ของพอลิเมอร์ประกอบด้วยโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว

คศ. 1920 – Hermann Staudinger นักเคมีชาวเยอรมัน ได้ตีพิมพ์งานวิจัยเกี่ยวกับพอลิเมอร์ ในหัวข้อ ‘Uber Polymerization’ โดยเขาได้กล่าวไว้ว่า “...rubber and other polymeric substances such as starch, cellulose and proteins are long chains of short repeating molecular units linked by covalent bonds. In other words, polymers are like chains of paper clips, made up of small constituent parts linked from end to end...” ผลงานตีพิมพ์ของเขาในครั้งนั้นถือว่าเป็นการเริ่มต้นศักราชของงานวิจัยและการพัฒนาทฤษฎีใหม่ ๆ ของพอลิเมอร์





Uber (German) = hyper, super, above

PVC pipe

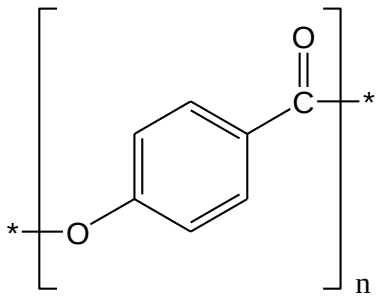
1927 – มีการผลิต vinyl chloride resin ในระดับอุตสาหกรรมเป็นครั้งแรก สารประกอบพอลิเมอร์ตัวนี้ ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน

1930 – สังเคราะห์ polystyrene หรือ styrofoam ซึ่งใช้ผลิต แผ่นเทปคาสเสท กล่องโฟม ภาชนะกันความร้อน

1938 – Wallace Carothers นักวิจัยของบริษัท Dupont สังเคราะห์ไนลอน (Nylon) ซึ่งใช้ในการผลิตเชือกไนลอน เสื้อผ้า และของใช้อื่น ๆ

1941 – มีการพัฒนา Polystyrene เพื่อผลิตเป็นของใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ เช่น ภาชนะบรรจุอาหาร ท่อพลาสติก ของเล่น ฯลฯ

1970 – James Economy เป็นคนแรก ๆ ที่พัฒนาวัสดุพอลิเมอร์ ทนความร้อนสูง ที่เรียกว่า Ekonol ที่ใช้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และส่วนประกอบเครื่องยนต์ของอากาศยาน



p–oxybenzoyl

Ekonol :

– p–oxybenzoyl repeat units

– linear thermoplastic

– a highly crystalline polymer but has no observed melting point even at up to 900 – 1000° F.

1971 – S. K. Wolek พัฒนาวัสดุพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทาน ทนความร้อนได้สูงถึง 300 °C ใช้ทำเสื้อเกราะกันกระสุน และ เสื้อกันไฟสำหรับนักดับเพลิงและนักแข่งรถ

http://www.bangkokbiznews.com

http://www.ryt9.com/s/prg/757980

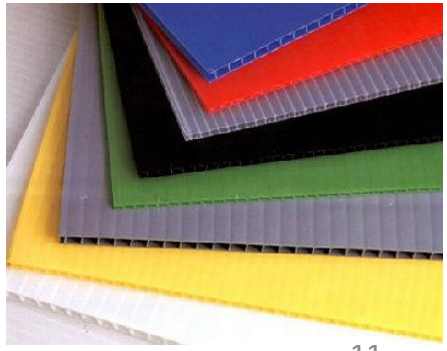
1976 จนถึง ปัจจุบัน มีการใช้วัสดุพอลิเมอร์และพลาสติก มากกว่าวัสดุที่เป็นโละ

ประเภทของพอลิเมอร์

1. จำแนกตามแหล่งที่มา

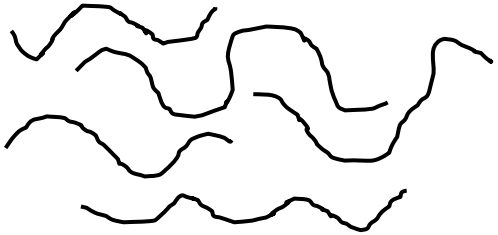
1.1 พอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่พบตามธรรมชาติ มนุษย์ได้นำเอาพอลิเมอร์เหล่านี้มาดัดแปลงเพื่อใช้ประโยชน์ เช่น ไหม ฝ้าย ปอ ป่าน น้ำยางพารา ฯลฯ

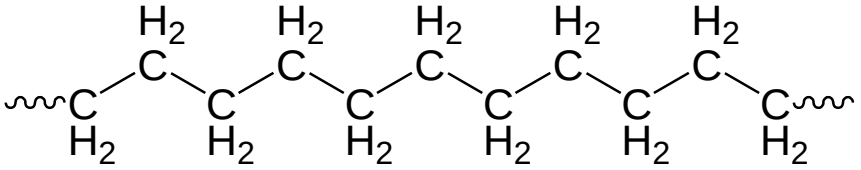
1.2 พอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic polymers) เนื่องจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ มีปริมาณ คุณสมบัติและขอบเขตการใช้งานที่จำกัด ดังนั้นมนุษย์จึงได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ขึ้นมา เช่น polyvinylchloride (PVC), polystyrene (PS), polyethylene (PE), polypropylene (PP)



2. จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

2.1 พอลิเมอร์แบบเส้นตรง (linear polymers) โมเลกุลของพอลิเมอร์ประเภทนี้เป็นสายโซ่ตรงยาว ไม่มีกิ่งก้านแยกออกไป ตัวอย่างเช่น linear polyethylene

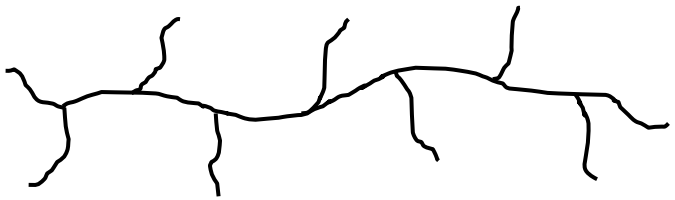




2.2 พอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน (branched polymers) โมเลกุลของพอลิเมอร์มีกิ่งก้านแยกออกมาจากสายโซ่หลัก ตำแหน่งของสายโซ่ที่มีกิ่งก้านแยกออกมาเรียกว่า branch point

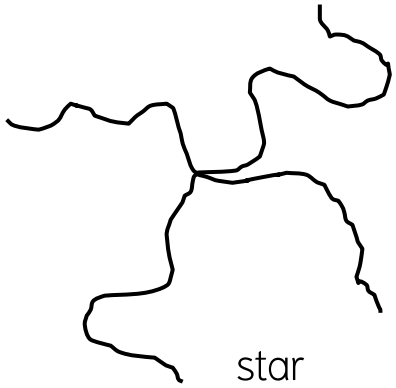
ข้อสังเกต : กิ่งก้านที่แยกออกมาจากสายโซ่หลักจะต้องมี monomer ชนิดเดียวกับสายโซ่หลัก ถ้าเป็น monomer ต่างชนิดกันไม่ถือว่าเป็นพอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน แต่จะจัดว่าเป็นโคพอลิเมอร์

branch



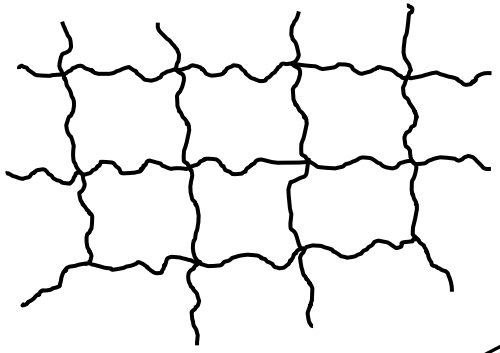
branch

comb

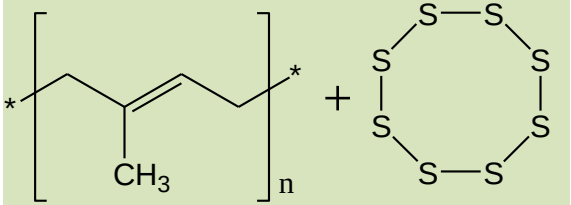


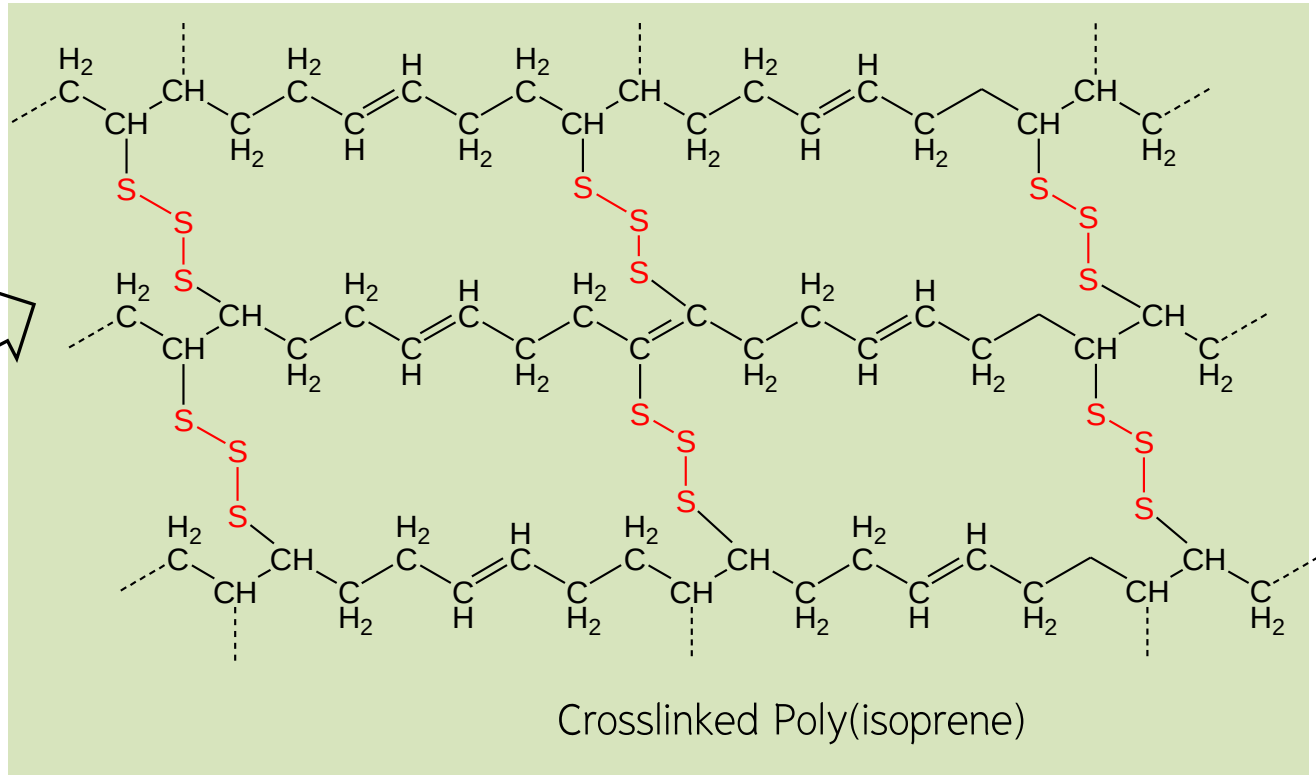
star

2.3 พอลิเมอร์แบบร่างแห (network or crosslinked polymers) โมเลกุลของพอลิเมอร์ประเภทนี้จะเชื่อมต่อกันทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแห ดังรูป



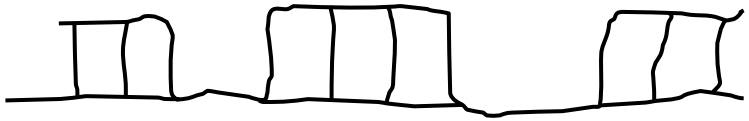
vulcanization

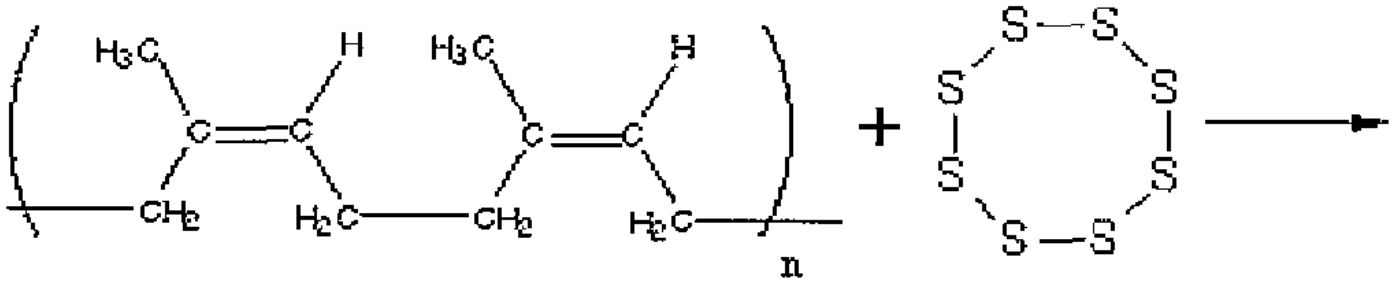


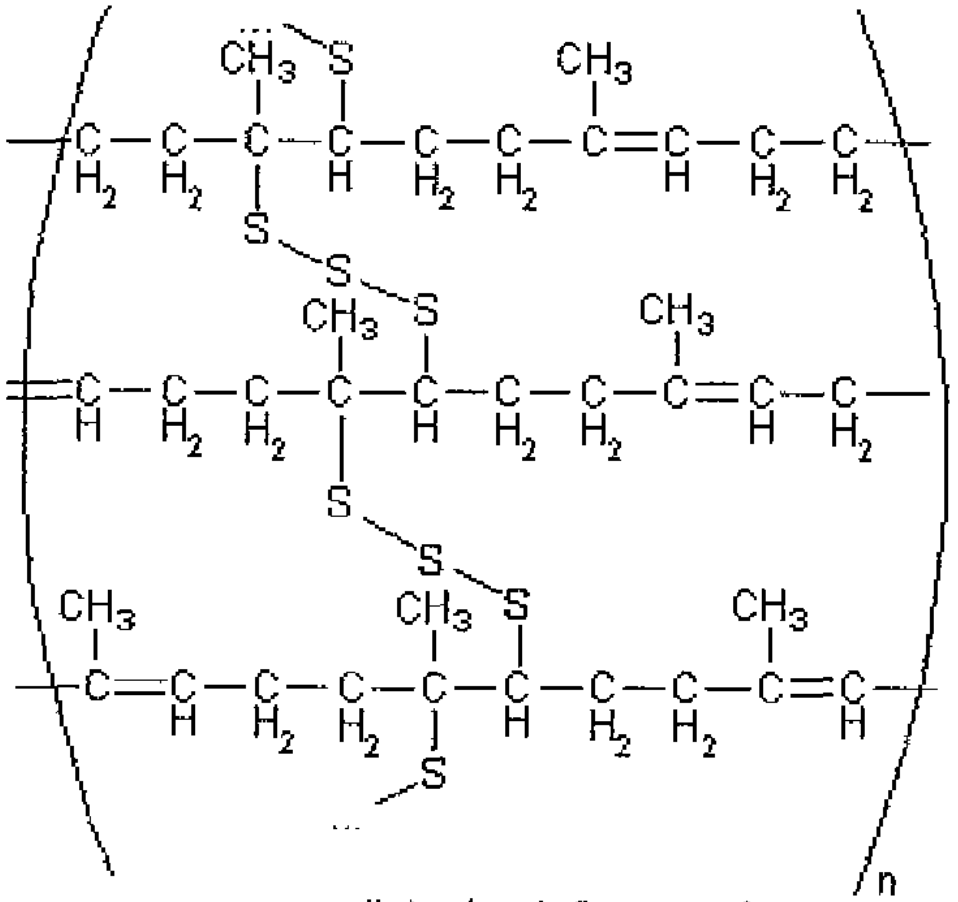


2.4 พอลิเมอร์แบบขั้นบันได (ladder polymers) ซึ่งมีการเชื่อมต่อเป็นวงอย่างสม่ำเสมอของสายโซ่หลัก ถ้าการปิดวงนั้นเกิดไม่สม่ำเสมอจะเรียกว่า **พอลิเมอร์แบบกึ่งขั้นบันได** (semi-ladder polymers)

ladder


Semi-ladder





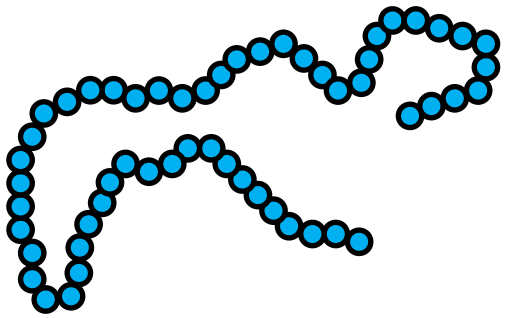
cross-linked poly(isoprene)

(6)

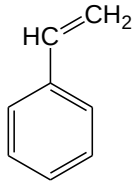
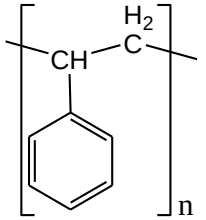
http://www.google.com/patents/EP2150597A2?cl=en

3. จำแนกตามจำนวนชนิดของมอนอเมอร์

3.1 โฮโมพอลิเมอร์ (homopolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ระกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียว เช่น



–A–A–A–A–A–A–A–A–

Monomer	Polymer
Ethylene $CH_2=CH_2$	Polyethylene $-(CH_2-CH_2)_n-$
Propylene $CH_2=CH-CH_3$	Polypropylene $-(CH(CH_3)-CH_2)_n-$
Styrene 	Polystyrene 

3.2 โคพอลิเมอร์ (copolymers) ในสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ระเภทนี้จะกอบด้วยมอนอเมอร์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โคพอลิเมอร์อาจแบ่งตามลักษณะการจัดเรียงตัวของมอนอเมอร์ได้หลายแบบดังนี้

3.2.1 โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (random copolymers) มอนอเมอร์ 2 ชนิด (สมมติเป็น A และ B) เรียงตัวสลับกันอย่างไม่เป็นระบบ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพอลิเมอร์ชนิดนี้อาจใช้เป็น poly(A–ran–B)

---ABBBAABBABABAAAB---

3.2.2 โคพอลิเมอร์แบบสลับ (alternating copolymers) มอนอเมอร์เรียงตัวสลับกันอย่างเป็นระเบียบ อาจใช้สัญลักษณ์แทนเป็น poly(A–alt–B) หรือ poly(A–co–B)

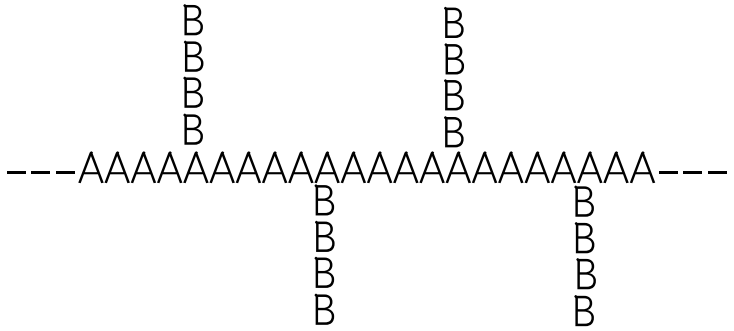
---ABABABABABABABAB---

3.2.3 โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (block copolymers) ประกอบด้วยกลุ่มของมอนอเมอร์ 2 (diblock) หรือ 3 (triblock)ชนิด เรียงตัวสลับกันอย่างเป็นระเบียบ

---AAAABBBB--- AB diblock copolymer

---AAABBBAAA--- ABA triblock copolymer

3.2.4 โคพอลิเมอร์แบบกราฟท์ (graft copolymers) ประกอบด้วยกลุ่มของมอนอเมอร์ 2 ชนิด ที่สายโซ่หลักจะประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียว และมีสายโซ่ของกลุ่มมอนอเมอร์อกชนิดหนึ่งแยกเป็นกิ่งก้านออกมา



4. จำแนกตามลักษณะการใช้งาน

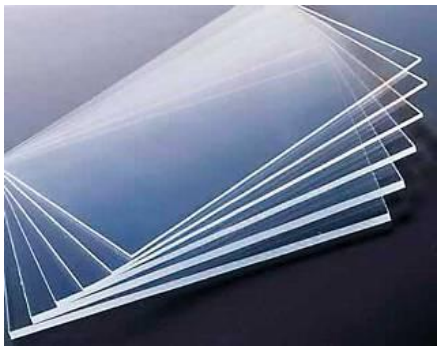
4.1 พลาสติก (plastics) มีคุณสมบัติเป็นของไหลหนืด (viscous fluid) ขณะที่อยู่ในกระบวนการขึ้นรูป และจะอยู่ในรูปของแข็งที่คงรูปได้เมื่ออยู่เป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมใช้งาน พลาสติกสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อย ๆ ได้อีก 2 ชนิด ตามพฤติกรรมเมื่อได้รับความร้อน ได้แก่

4.1.1 เทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) จะละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อได้รับความร้อนจะหลอมตัวเป็นของเหลว สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ตามต้องการ เมื่อเย็นลงจะกลายเป็นของแข็ง พลาสติกประเภทนี้สามารถนำกลับมาหลอมและแข็งตัวได้ใหม่ โดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีเปลี่ยนไป เช่น

Polyethylene

Polystyrene

Polyvinylchloride



Poly(methyl methacrylate)
(transparent thermoplastic)

4.1.2 เทอร์โมเซ็ทติ้งพลาสติก หรือ เทอร์โมเซ็ท (thermosetting plastic or thermosets) พลาสติกประเภทนี้เมื่อขึ้นรูปแล้วจะไม่สามารถนำมาหลอมใหม่ได้เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนเข้าไปจะเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุล (crosslinking reaction) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงทน เมื่อได้รับความร้อนสูงอีกครั้งพลาสติกจะเสื่อมสภาพและสลายตัวไป

Melamine formaldehyde

Polyurethane

Polyimide

4.2 เส้นใย (fiber) พอลิเมอร์ที่เป็นเส้นใยจากธรรมชาติ เช่น ฝ้าย ไหม ปอ ขนสัตว์ เป็นต้น เส้นใยดัดแปลงจากธธรมชาติ เช่น เรยอน (rayon) ผลิตจากเซลลูโลส และเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ เช่น ไนลอน พอลิเอสเทอร์ พอลิพรอพิลีน เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาผลิตเป็นเครื่องนุ่งห่มและของใช้

ฝ้าย

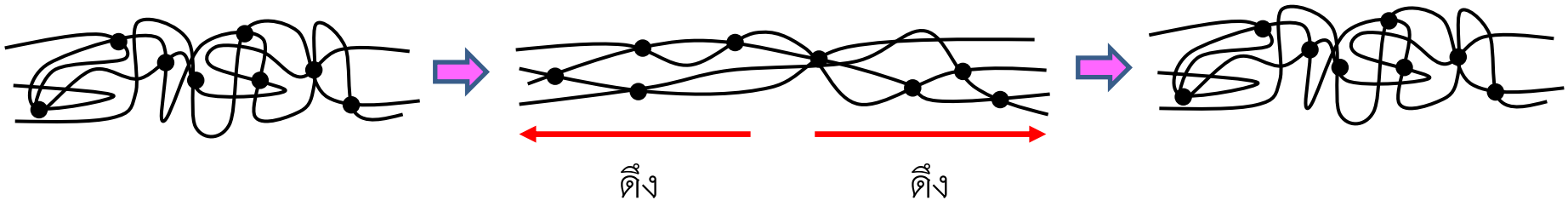
ไหม

ปอ

เรยอน

ไนลอน

4.3 อีลาสโตเมอร์ (elastomers) บางครั้งเรียกว่า rubber มีคุณสมบัติยืดหยุ่นหรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามแรงกระทำ และจะกลับสู่สภาพเดิมเมื่อหยุดให้แรงกระทำ



เช่น ยางสไตรีนบิวตะไดอีน (styrene–butadiene rubber, SBR), ยางธรรมชาติ (polyisoprene)

SBR

Natural rubber

rubber band (ทำจาก natural rubber)

4.4 โฟม (foams) เป็นพอลิเมอร์ที่มีรูพรุนสูง เนื่องจากมีการเติมสารที่ทำให้เกิดฟอง (foaming agents) ในกระบวนการผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักเบา

4.4 กาว (adhesives) มีความเหนียวเพื่อใช้ในการติดวัสดุเข้าด้วยกัน กาวธรรมชาติได้แก่ ยางเหนียวของต้นไม้ กาวที่ได้จากการเคี่ยวหนังหรือเอ็นของสัตว์ กาวแป้ง เป็นต้น กาวสังเคราะห์ เช่น cyanoacrylate หรือ superglue, กาว epoxy เป็นต้น

4.5 สารเคลือบผิว (surface coating agents) ซึ่งนับรวมถึงสี(paint) ด้วย เช่น Poly(vinyl acetate), poly(methylmethacrylate), Polyurethanes

แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของพอลิเมอร์

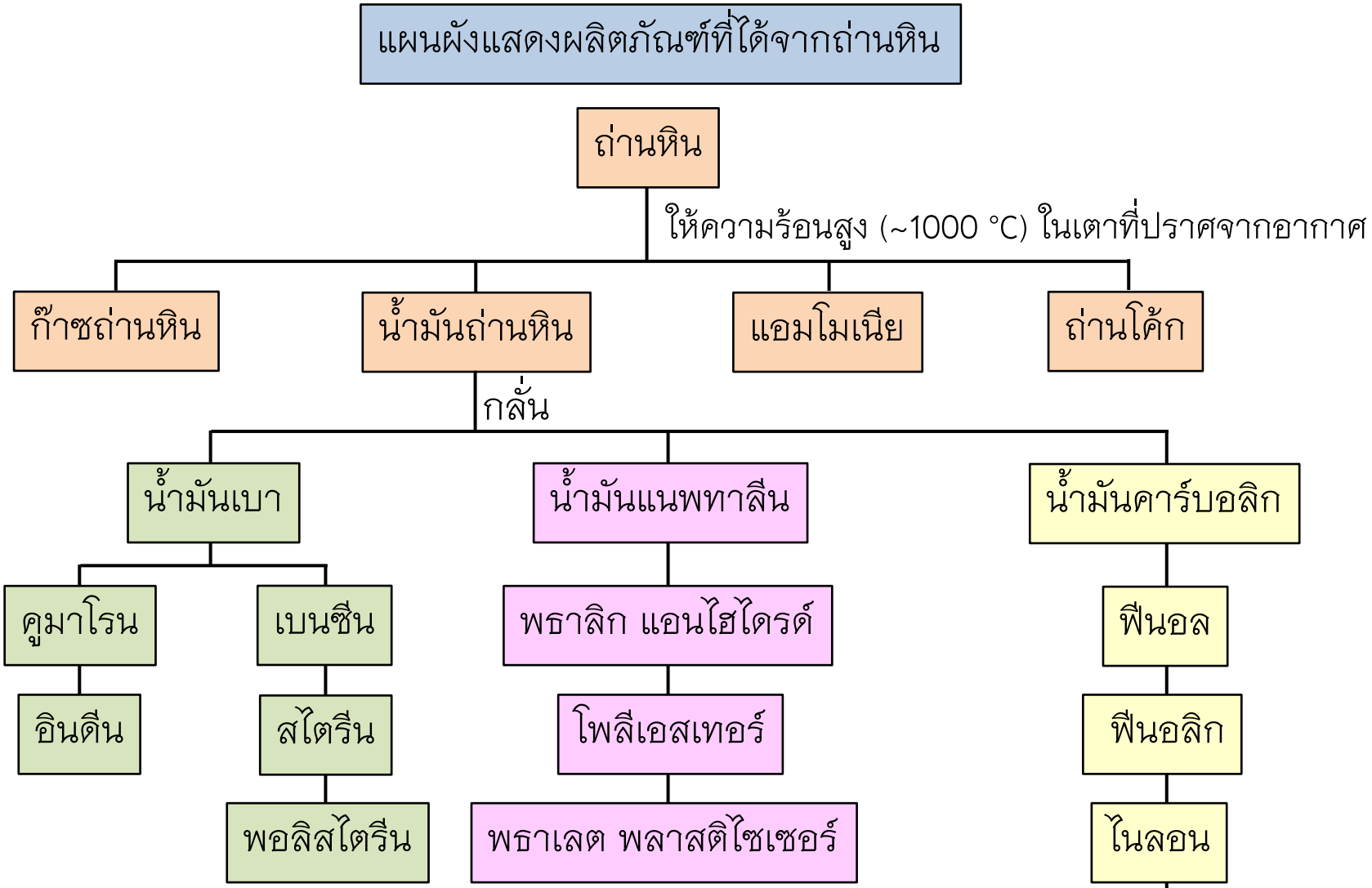
แหล่งวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตพอลิเมอร์มี 3 แหล่ง คือ พืช น้ำมัน (รวมถึงก๊าซธรรมชาติ) (petroleum) และ ถ่านหิน (coals)

1. พอลิเมอร์จากพืช ได้แก่ ยางพารา ปอ ป่าน ฝ้าย ไหม ครั่ง นอกจากนี้เราสามารถเตรียมเอทิลีนจากเอทานอล ซึ่งเอทานอลได้จากการหมักพืชหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีแป้งและน้ำตาลสูง เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด กากน้ำตาล สาหร่ายบางชนิด ฯลฯ ปัจจุบันยังพบว่ามีการพยายามนำวัตถุดิบที่มีเซลลูโลสสูง เช่น ฟางข้าว หญ้า มาผลิตเอทานอลด้วย เอทิลีนที่ได้สามารถนำไปเตรียมเป็นพอลีเอทิลีน เยื่อไม้ (เซลลูโลส) เป็นอีกวัตถุดิบหนึ่งที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์บางชนิด เช่น เซลลูโลสอะซีเตต เซลลูโลสไนเตรต เป็นต้น

http://www.youtube.com/watch?v=mlpU8H5aBgs

กบนอกกะลา ตอนคุณค่าคุณครั่ง

2. พอลิเมอร์จากถ่านหิน ถ่านหินเป็นแหล่งวัตถุดิบสำคัญในการเตรียมฟีนอล และน้ำมันแนพทาลีน ซึ่งสามารถนำไปสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์อื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น พอลีเอสเทอร์ ไนลอน ฟิโนลิก พอลีคาร์บอเนต เป็นต้น



น้ำมันเบา เช่น น้ำมันเบนซิน (Petrol หรือ Gasoline) พาราฟิน (Parafin หรือ Kerosene) เบนซีน (Benzene)

น้ำมันหนัก เช่น น้ำมันดีเซล (Diesel) น้ำมันหล่อลื่น (Lubricants) น้ำมันเตา (Fuel oils)

$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO$

ไอน้ำ

หินปูน (CaO)

วอเตอร์ก๊าซ

$H_2O + C \rightarrow H_2 + CO$

แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2)

ก๊าซไนโตรเจน

น้ำ

เมทานอล

แคลเซียมไซยานาไมด์

อะเซทิลีน

ฟอร์มาลดีไฮด์

เมลามีน

ยูเรีย–ฟอร์มาลดีไฮด์

เมลามีน– ฟอร์มาลดีไฮด์

ฟีนอล–ฟอร์มาลดีไฮด์

โพลิฟอร์มาลดีไฮด์

อะไครโลไนไตรล์

กรดอะซิติก

พอลิไวนิลคลอไรด์

ยางไนไตรล์

เซลลูโลสอะซีเตต

พอลิไวนิลิดีนคลอไรด์

อะไครลิกไฟเบอร์

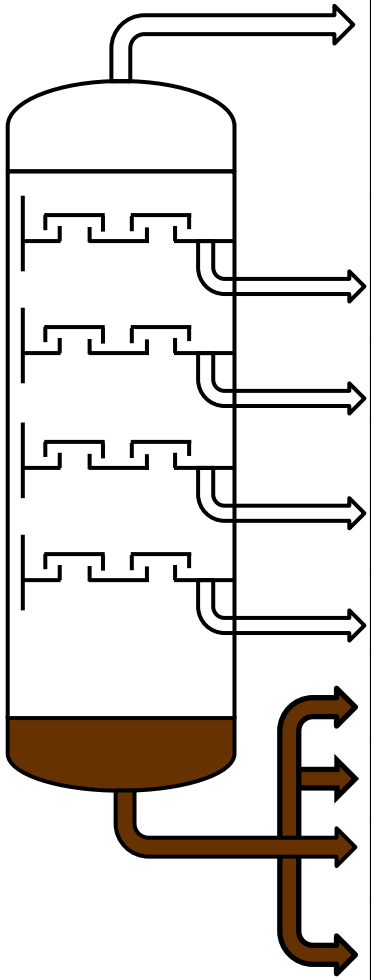
พอลิคลอโรพรีน

อะไครโลไนไตรล์ บิวตะไดอีน สไตรีน

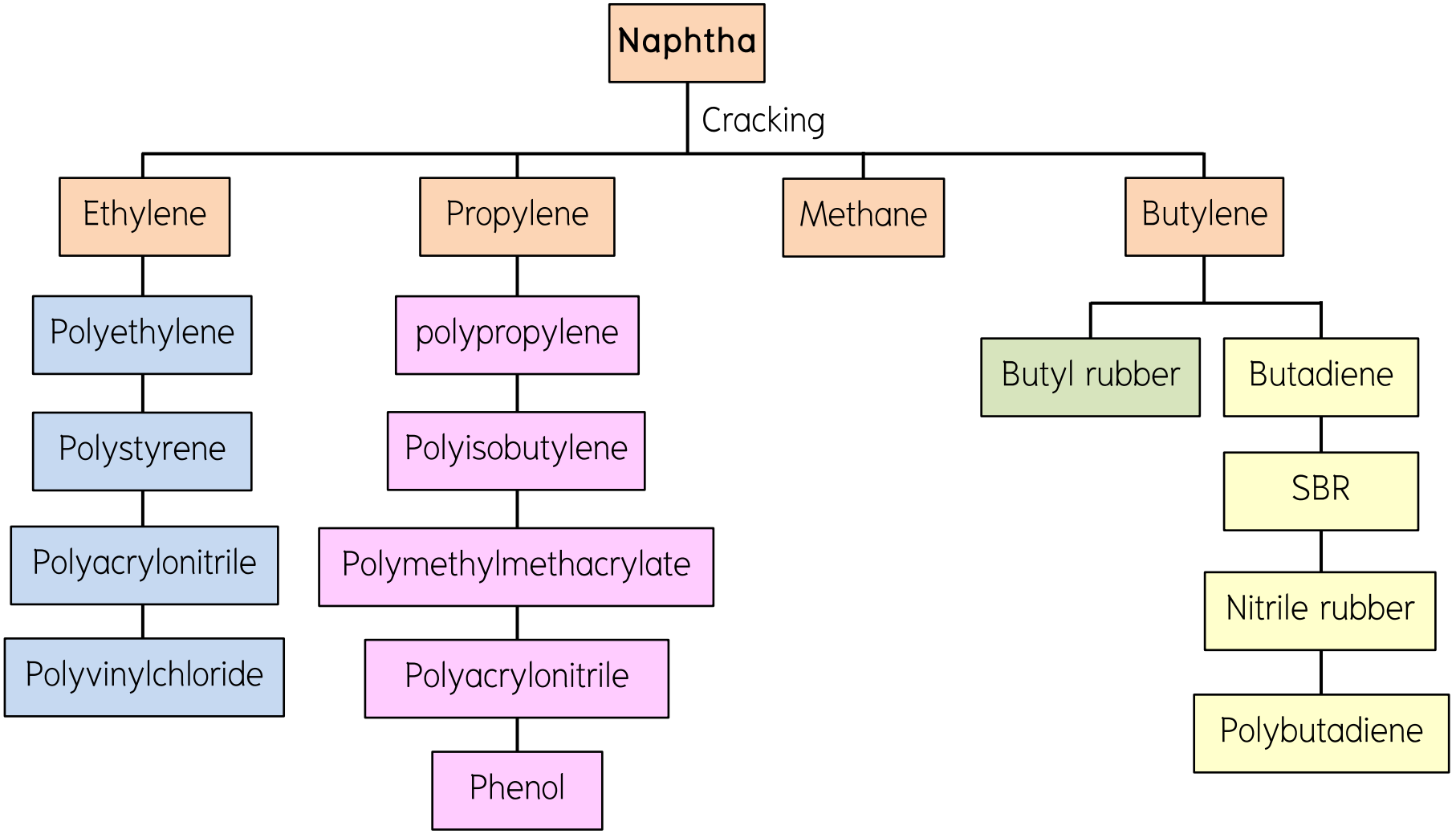
พอลิไวนิลอะซีเตต

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์

3. พอลิเมอร์จากน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญและใหญ่ที่สุด เพราะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ มากมายซึ่งจะถูกแยกออกมาจากน้ำมันดิบ (crude oil) โดยการกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation)

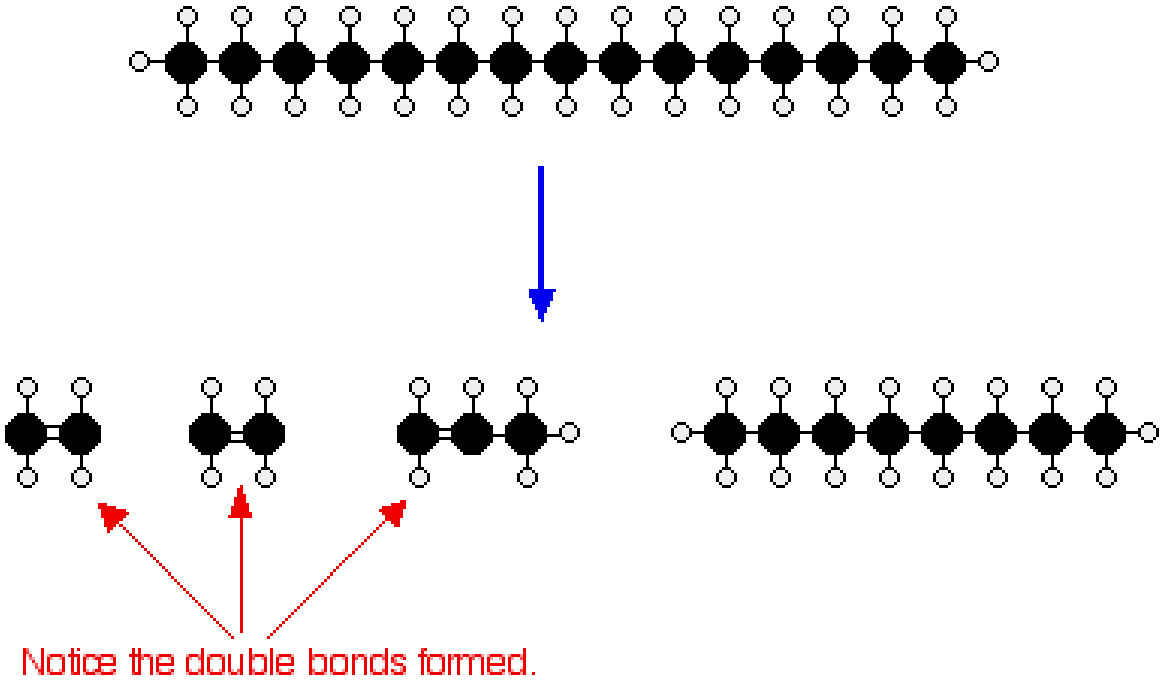


จุดเดือด (°C)	จำนวนคาร์บอน	สถานะ	การนำไปใช้
< 30	C1 – C4	ก๊าซ	ก๊าซหุงต้ม (LPG)
30 – 110	C5 – C7 (Naphtha)	ของเหลว	ตัวทำละลายในอุตสาหกรรมเคมี
65 – 170	C6 – C12	ของเหลว	น้ำมันเบนซิน (Gasoline)
170 – 250	C10 – C14	ของเหลว	น้ำมันก๊าด น้ำมันเครื่องบินไอพ่น (Kerosene or paraffin oil)
250 – 340	C14 – C19	ของเหลว	น้ำมันดีเซล (Diesel)
> 350	C19 – C35	ของเหลวข้น	น้ำมันหล่อลื่น
> 400	C35 – C40	ของเหลวหนืด	น้ำมันเตา (Fuel oil)
> 400	C40 – C50	กึ่งเหลวกึ่งแข็ง หรือแข็ง	เทียนไข จาระบี
> 400	> C50	กึ่งเหลวกึ่งแข็ง หรือแข็ง	ยางมะตอย


Naphtha
Cracking
Ethylene
Propylene
Methane
Butylene
Polyethylene
Polystyrene
Polyacrylonitrile
Polyvinylchloride
polypropylene
Polyisobutylene
Polymethylmethacrylate
Polyacrylonitrile
Phenol
Butyl rubber
Butadiene
SBR
Nitrile rubber
Polybutadiene

Cracking:

- breaking up large hydrocarbon molecules into smaller and more useful bits.
- achieved by using high pressures and temperatures without a catalyst, or lower temperatures and pressures in the presence of a catalyst.
- Z***eolites*** are extensively used as the catalyst.
- The source of the large hydrocarbon molecules is often the naphtha fraction or the gas oil fraction from the fractional distillation of crude oil (petroleum).
- Fractions obtained from the distillation process as liquids are re-vaporised before cracking.

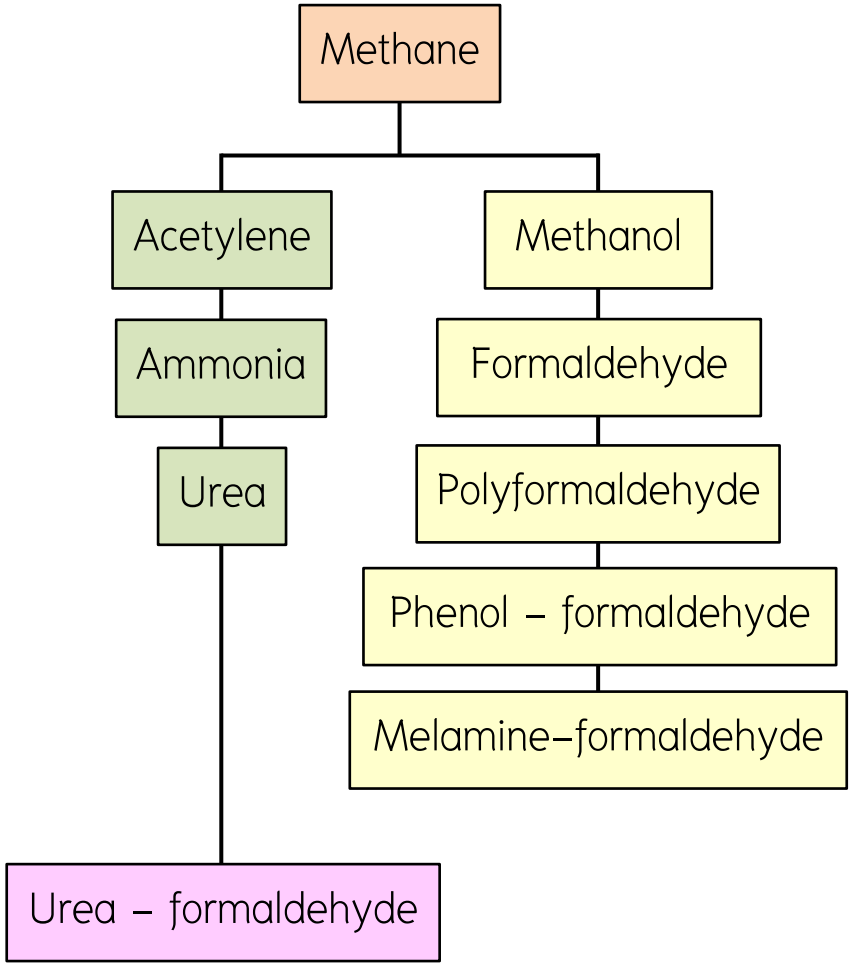


http://www.chemguide.co.uk/organicprops/alkanes/cracking.html

Natural Gas

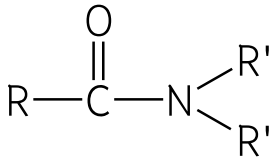
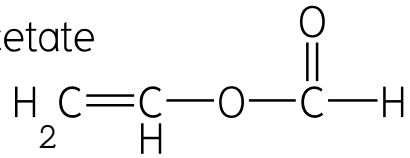
Typical Composition of Natural Gas		
Methane	CH_4	70–90%
Ethane	C_2H_6	0–20%
Propane	C_3H_8	
Butane	C_4H_{10}	
Carbon Dioxide	CO_2	0–8%
Oxygen	O_2	0–0.2%
Nitrogen	N_2	0–5%
Hydrogen sulphide	H_2S	0–5%
Rare gases	A, He, Ne, Xe	trace

Source: www.naturalgas.org



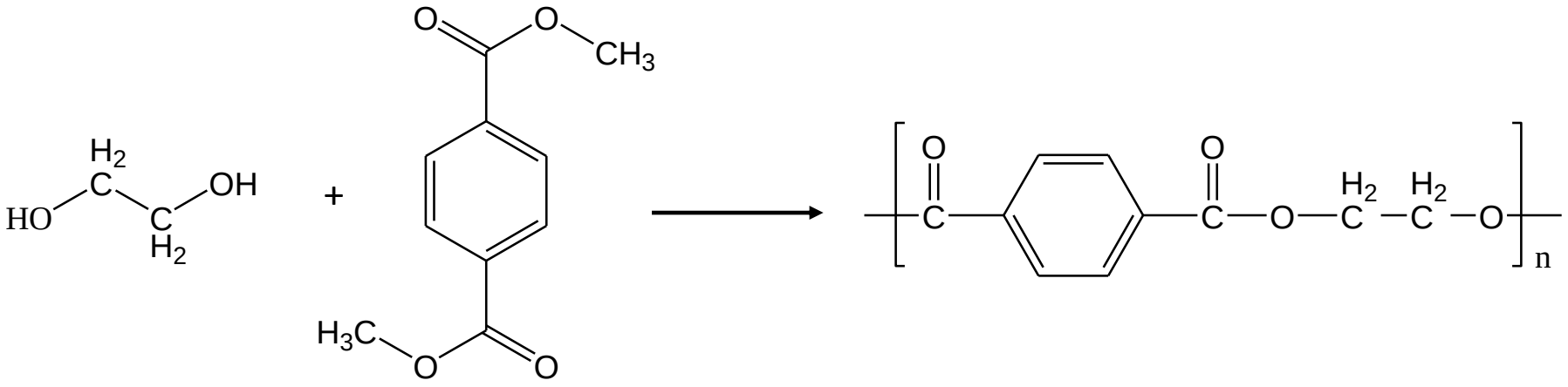
การเรียกชื่อพอลิเมอร์ (Polymer nomenclature)

1. เรียกตามมอนอเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบ โดยเติมคำว่า ‘poly’ นำหน้าชื่อมอนอเมอร์ที่ใช้เตรียม

monomer	polymer	Trade name
Ethylene $CH_2=CH_2$	Polyethylene	–
Propylene $CH_2=CH-CH_3$	Polypropylene	–
Amide 	Polyamide	Nylon, Nylon6
Vinyl chloride ($CH_2=CHCl$)	Polyvinylchloride	–
Styrene $CH_2=CH(C_6H_5)$	Polystyrene	Styrofoam
Vinyl acetate 	Polyvinylacetate	–

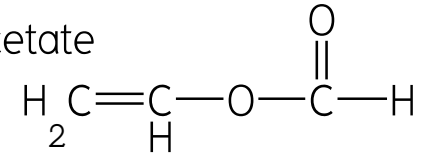
2. เรียกตามโครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์ เช่น

Ethylene glycol + Dimethyl terephthalate ได้ผลิตภัณฑ์เป็น Poly(ethylene terephthalate) (PET)

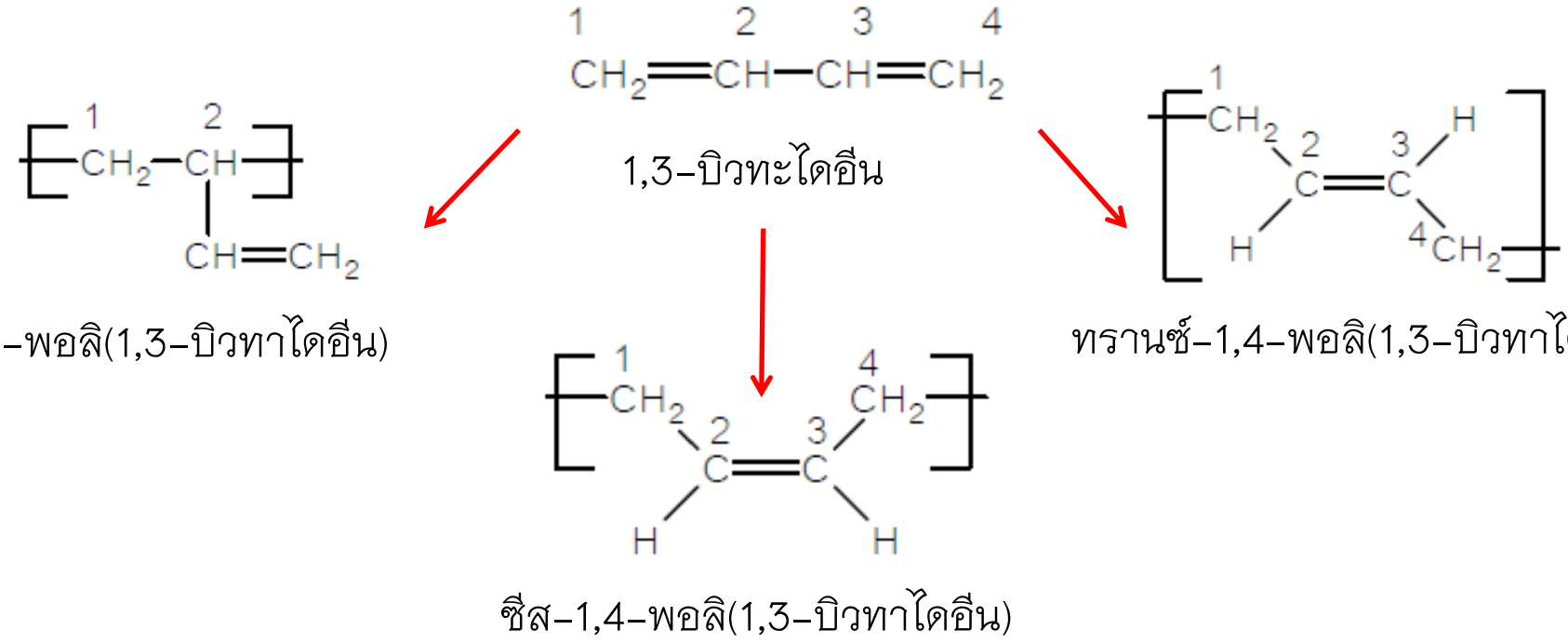


Ethylene glycol Dimethyl terephthalate Poly(ethylene terephthalate) (PET)

3. เรียกตามระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

monomer	polymer	IUPAC name
Ethylene $CH_2=CH_2$	Polyethylene	Polyethene or Poly(methylene)
Propylene $CH_2=CH-CH_3$	Polypropylene	Polypropene
Styrene $CH_2=CH(C_6H_5)$	Polystyrene	poly(1-phenylethene-1,2-diyl)
Vinyl acetate 	Polyvinylacetate	Poly(1-acetyloxiethylene)

4.การเรียกชื่อแบบอื่น ๆ



ชนิดของโคพอลิเมอร์	คำเชื่อม	ตัวอย่าง
ไม่ระบุ	พอลิ(A-โค-B)	พอลิ(สไตรีน-โค-เมทิล เมทาคริเลท)
แรนดอม	พอลิ(A-แรน-B)	พอลิ(เอทิลีน-แรน-ไวนิลอะซีเตท)
บล็อค	พอลิ(A-บล็อค-B)	พอลิ(สไตรีน-บล็อค-พอลิบิวทะไดอีน)
กราฟท์	พอลิ(A-กราฟท์-B)	พอลิ(ไอโซพรีน-กราฟท์-พอลิสไตรีน)

ตัวอย่างการเรียกชื่อพอลิเมอร์ (การบ้าน)

น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์

มีความเป็นไปได้น้อยมากที่สายโซ่พอลิเมอร์ที่เราสังเคราะห์ขึ้นมาจะมีความยาวเท่ากันทั้งหมด ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์จึงนิยมแสดงเป็น น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (average molecular weight)

1. Number average molecular weight ($\overline{M}_n$) คำนวณจากสมการ

$$\overline{M}_n = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i}{\sum_{i=1}^{N} N_i} = \frac{\text{Total weight}}{\text{Number of polymers}}$$

เมื่อ N คือ จำนวนโมเลกุลของพอลิเมอร์ทั้งหมด

N_i คือ จำนวนโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ M_i

M_i คือ น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ i

Example 1: จากการศึกษาตัวอย่างพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งพบว่า มี 10 โมเลกุล มีน้ำหนักโมเลกุล 10,000 มี 5 โมเลกุล มีน้ำหนักโมเลกุล 8,000 และ มี 5 โมเลกุล มีน้ำหนักโมเลกุล 5,000 จงหา $\overline{M}_n$ ของพอลิเมอร์ชนิดนี้

2. Weight average molecular weight ($\overline{M}_w$) คำนวณจากสมการ

$$\overline{M}_w = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i^2}{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i}$$

เมื่อ N คือ จำนวนโมเลกุลของพอลิเมอร์ทั้งหมด

N_i คือ จำนวนโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ M_i

M_i คือ น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ I

จาก Example 1 จงหา$\overline{M}_w$ ของพอลิเมอร์ชนิดนี้

Polydispersity Index (PDI) คือค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์

$$PDI = \frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n}$$

PDI = 1 monodisperse

PDI > 1 polydisperse

Degree of Polymerization (DP)

DP คือ จำนวนมอนอเมอร์เฉลี่ยต่อหนึ่งสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์

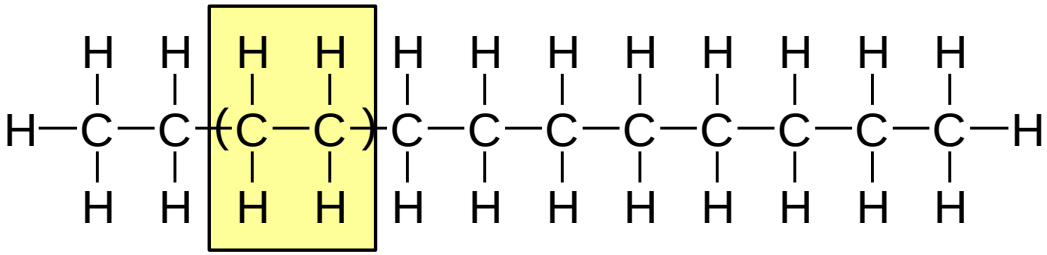
1. Number average degree of polymerisation ($\overline{DP}_n$) :

$$\overline{DP}_n = \frac{\overline{M}_n}{M_0}$$

2. Weight average degree of polymerisation ($\overline{DP}_w$) :

$$\overline{DP}_w = \frac{\overline{M}_w}{M_0}$$

เมื่อ M_0 คือ มวลโมเลกุลของมอนอเมอร์



DP = 6

การบ้าน

จากการศึกษาตัวอย่างของพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งพบว่า มีโมเลกุลที่มีน้ำหนัก 10,000 จำนวน 3 โมเลกุล มีโมเลกุลที่มีน้ำหนัก 20,000 จำนวน 3 โมเลกุล มีโมเลกุลที่มีน้ำหนัก 30,000 จำนวน 4 โมเลกุล จงคำนวณหา

1. $\overline{M}_n$
2. $\overline{M}_w$
3. PDI
4. $\overline{DP}_n$
5. $\overline{DP}_w$

3. Z-average molecular weight ($\overline{M}_z$)

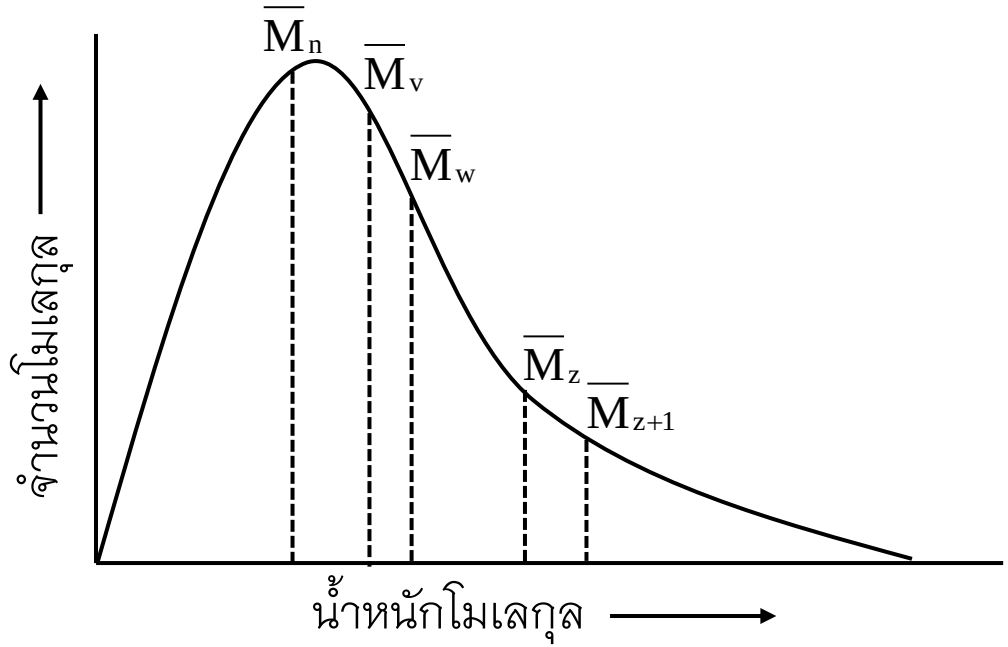
$$\overline{M}_z = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i^3}{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i^2} \qquad \overline{M}_{z+1} = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i^4}{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i^3}$$

น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย $\overline{M}_z$ และ $\overline{M}_{z+1}$ ไม่เป็นที่นิยมใช้มากนัก

4. Viscosity-average molecular weight ($\overline{M}_v$) ได้จากการวัดความหนืดของพอลิเมอร์แล้วนำมาคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย

$$\overline{M}_v = \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i^{1+a}}{\sum_{i=1}^{N} N_i M_i} \right)^{1/a}$$

เมื่อ a คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์และชนิดของตัวทำละลาย สามารถหาได้จากการทดลอง โดยทั่วไปค่า a จะอยู่ระหว่าง 0.5 – 0.8 จะเห็นว่า $\overline{M}_n < \overline{M}_v < \overline{M}_w$



วิธีการหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของพอลิเมอร์

Absolute methods : สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลโดยไม่ต้องเทียบกับสารอ้างอิงหรือสารมาตรฐาน

End–group analysis

Light scattering measurement

Colligative properties measurement

Ultracentrifugation

Relative methods: ต้องอ้างอิงกับสารมาตรฐาน

Viscosity measurement

Gel permeation chromatography

http://video.mthai.com/player.php?id=9M1186251149M0

กบนอกกะลา ตอนยางรถยนต์