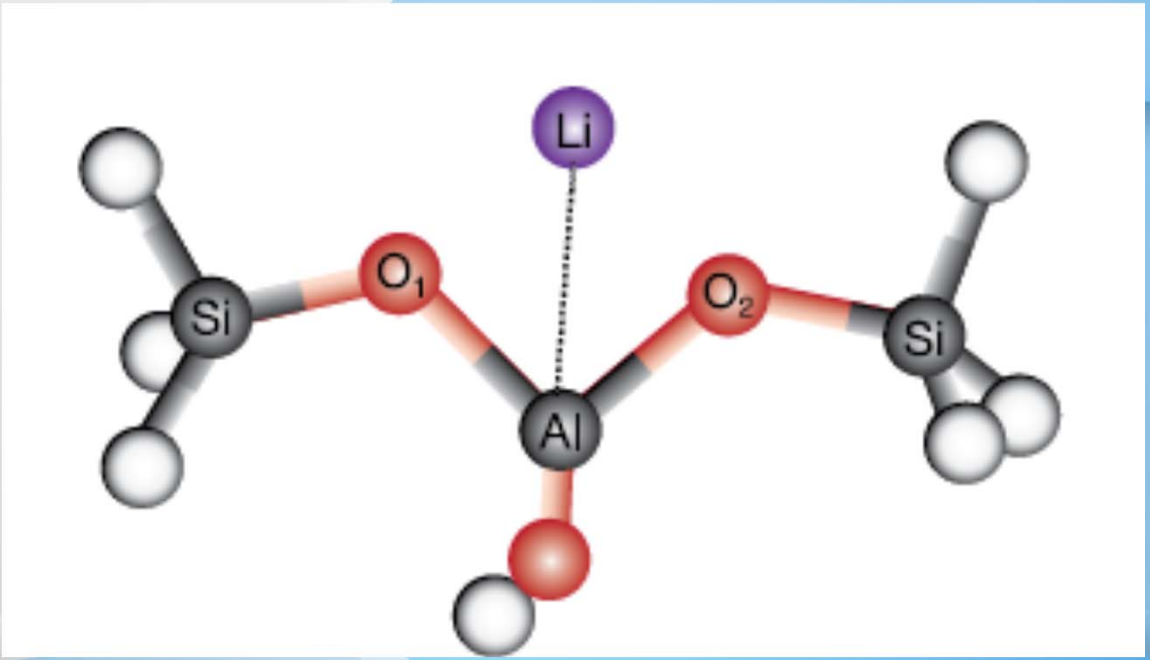
ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม



ซีโอไลต์

อ.ดร. ฐิติพรรณ ฉิมสุข

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

- ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้มักประกอบด้วยโลหะหรือวัสดุที่มีสมบัติจำเพาะขนาดเล็กมาก ๆ ในระดับนาโนเมตร
- ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมที่นิยม เช่น ซีโอไลต์ (zeolites) อะลูมิโนซิลิเกตเมโซพอร์ (mesoporous aluminoslicate) เป็นต้น
- ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เป็นสารช่วยเร่งปฏิกิริยาทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยอาจมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วยหรือไม่ก็ได้ เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาต้องมีปริมาณเท่าเดิมและมีคุณสมบัติเหมือนตอนเริ่มต้น

fppt.com

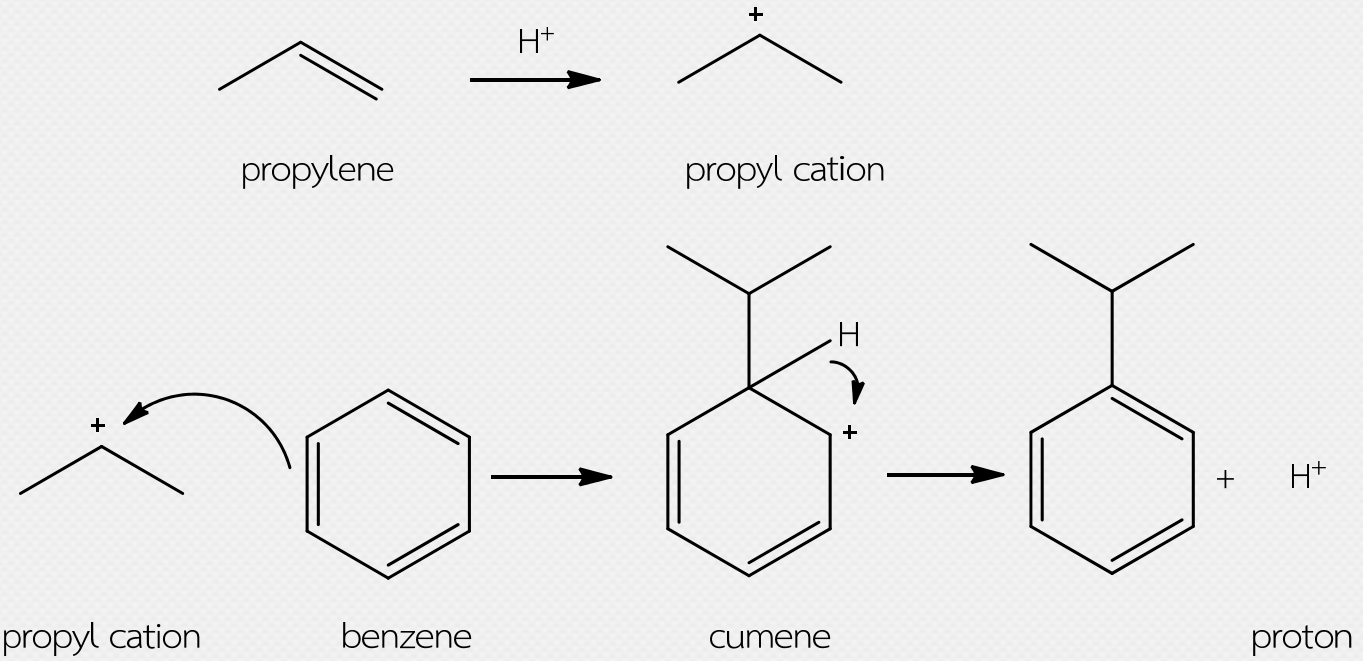
ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์ (homogeneous catalyst)
- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์ (heterogeneous catalyst)
- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์-เอกพันธ์ (hydrogenized homogeneous catalyst)

fppt.com

ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

- **ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์** เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีวัฏภาค (phase) เดียวกับสารตั้งต้น (reactant) และผลิตภัณฑ์ (product) ที่ได้เป็นเนื้อเดียวกันและละลายอยู่ด้วยกัน ได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยากรด (acid catalyst) และตัวเร่งปฏิกิริยาเบส (base catalyst) ในสารละลายน้ำ เช่น กรดซัลฟิวริก โซเดียมไฮดรอกไซด์



fppt.com

ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

- **ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์**

- ข้อดี คือ สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ และลดปัญหาการสลายตัวของผลผลิตเนื่องจากปฏิกิริยาอยู่ในภาวะปกติเช่น ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิห้อง ตัวเร่งปฏิกิริยามีราคาไม่แพง

- ข้อเสีย คือ แยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากสารตั้งต้นและผลผลิตได้ยาก เนื่องจากอยู่ในวัฏภาคเดียวกันและหลังขั้นตอนการแยกอาจต้องเพิ่มวิธีการจัดการกับของเสีย

fppt.com

ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

- **ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์** เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีวัฏภาคแตกต่างจากสารตั้งต้น และสารเข้าทำปฏิกิริยา หรือไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน และผลผลิตมักเป็นของแข็ง ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์เช่น โลหะ และซีโอไลต์ เป็นต้น

- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ใช้กลไกการดูดซับ (adsorption) และการคายซับ (desorption)

- ตัวทำปฏิกิริยาจะถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาบริเวณตำแหน่งกัมมันต์ (active site) และเกิดปฏิกิริยา ผลผลิตที่เกิดขึ้นถูกคายออกจากตำแหน่งกัมมันต์เพื่อให้ตัวทำปฏิกิริยาเข้ามาดูดซับบนพื้นผิวแล้วเกิดปฏิกิริยาต่อไป

fppt.com

ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

- **ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์**

- ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่ดีต้องมีความสามารถในการดูดซับสารตั้งต้นได้ดีแต่ดูดซับผลผลิตได้น้อย

- ตัวอย่างการใช้ตัวเร่งปฏิกิรยาวิวิธพันธ์เช่น การเติมไฮโดรเจนในตัวทำปฏิกิริยา โอเลฟินในวัฏภาคก๊าซเพื่อผลิตพาราฟินดังตัวอย่างการเปลี่ยนเอทิลีนเป็นอีเทนโดยใช้โลหะนิกเกิล (nickel, Ni) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

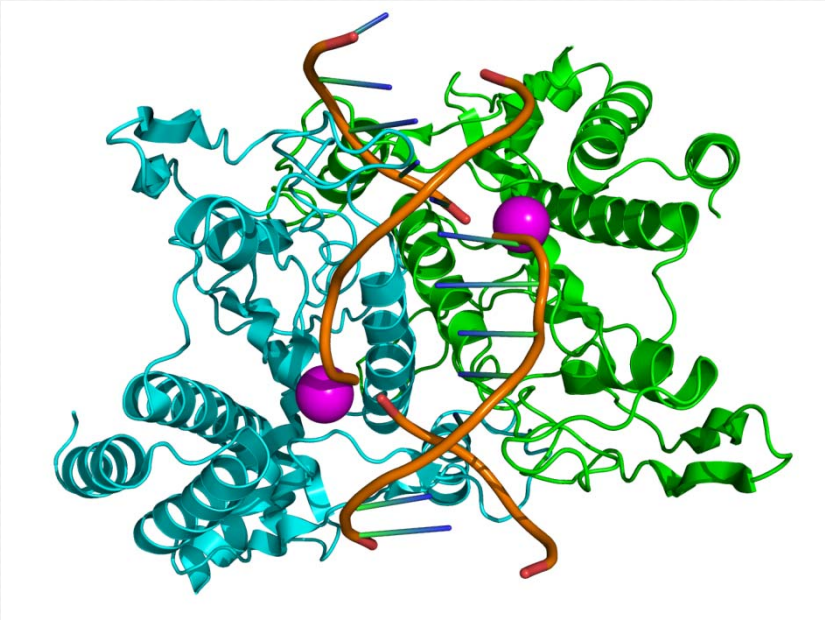
$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_3$$

ethylene hydrogen ethane

fppt.com

ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

- **ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์-เอกพันธ์** เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์ แต่ไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดใหญ่ เช่น กลุ่ม enzyme



fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี

- โลหะที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเช่น เหล็ก เงิน นิกเกิล แพลเลเดียม แพลทินัม เป็นต้น พบในปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน ดีไฮโดรจิเนชัน (dehydrogenation) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เป็นต้น
- ออกไซด์และซัลไฟด์ของสารกึ่งตัวนำ เช่น NiO, ZnO, MnO_2, Cr_2O_3, Bi_2O_3, MoO_3, WS_2 พบในปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไฮโดรจิเนชัน ดีไฮโดร-จิเนชัน ดีซัลเฟอไรเซชัน (desulfurization)
- ออกไซด์ของสารฉนวนไฟฟ้า เช่น Al_2O_3, SiO_2, MgO เป็นต้น พบในปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี

- กรดที่เป็นของเหลวเช่น กรดฟอสฟอริก กรดซัลฟิวริก เป็นต้น ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและไอโซเมอไรเซชัน (isomerization)
- กรดแก่และสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตเป็นสารประกอบที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและในกระบวนการเครกกิง

fppt.com

การเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา

- การเกิดภาวะพิษบนตัวเร่งปฏิกิริยา
- การเกาะตัวของเขม่าบนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา
- การเกิดกระบวนการความร้อนของปฏิกิริยา กระบวนการเผาผนึก (sintering process) ทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาสูญเสียความว่องไว
- การเกิดสารประกอบของโลหะที่ระเหยได้ (volatile metal) เช่น การเกิดสารประกอบคาร์บอนิลของโลหะซึ่งเกิดจากการรวมตัวระหว่างโลหะกับคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide, CO) เช่น $Ni(CO)_4$ และ $Cr(CO)_6$

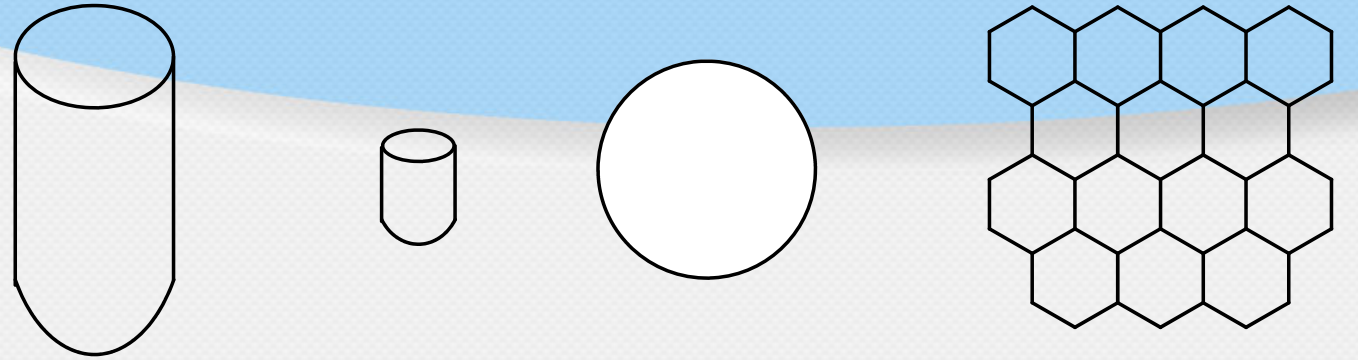
fppt.com

ขนาดของโพรงของตัวเร่งปฏิกิริยา

- โพรงชนิดมาโครพอร์ (macropores)
- โพรงชนิดเมโซพอร์ (mesopores)
- โพรงชนิดไมโครพอร์ (micropores)

fppt.com

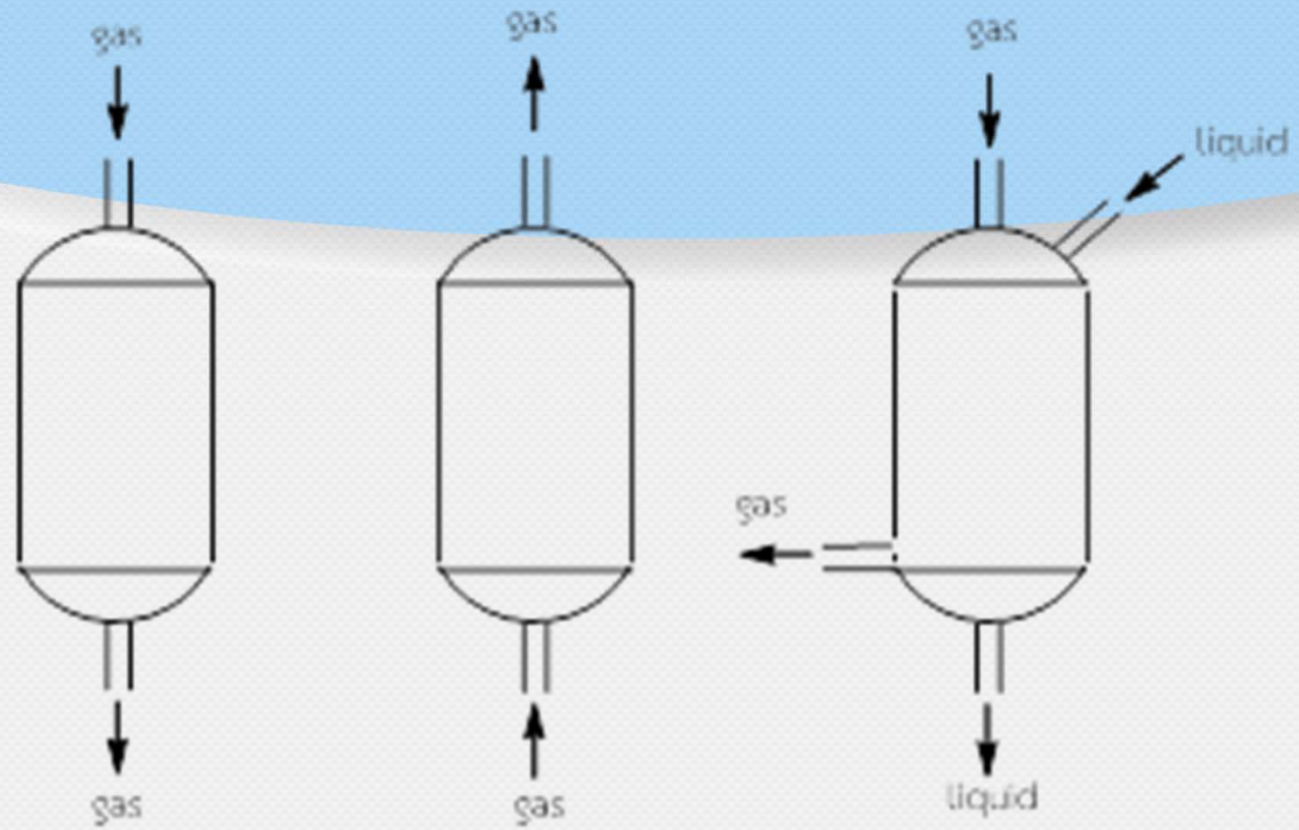
ตัวเร่งปฏิกิริยารูปแบบต่าง ๆ



- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอนุภาคหยาบที่มีรูปร่างต่าง ๆ เช่น เม็ดยาว เม็ดสั้น รูปทรงกลม และตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดโมโนลิธิก แบบรังผึ้ง ดังรูป
- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอนุภาคละเอียดและตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดโมโนลิธิก (monolithic catalyst) ที่เป็นตัวเร่งชนิดวิวิธพันธ์แบบมีตัวรองรับ

fppt.com

ระบบเตาปฏิกรณ์



ก ข ค

เตาปฏิกรณ์ (ก) แบบตรึงกับที่ (ข) แบบเคลื่อนที่ (ค) แบบแนวตั้งชนิดไหลลง

fppt.com

รูปแบบของโลหะตัวเร่งปฏิกิริยา

- โลหะที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีทั้งชนิดที่มีตัวรองรับ (supported metal) เช่น โลหะแพลทินัมบนผิวของซิลิกาที่จะใช้เป็นตัวรองรับ
- โลหะตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่มีตัวรองรับ (unsupported metal) เช่น เรนีนิกเกิล (Raney nickel) เป็นต้น

fppt.com

การวิเคราะห์โครงสร้างและลักษณะทางเคมีของผิวตัวเร่ง

- เครื่องเอ็กซ์อาร์ดี (X-ray Diffraction; XRD)
- เครื่องทีอีเอ็ม (Transmission Electron Microscope; TEM)
- เครื่องเอสอีเอ็ม (Scanning Electron Microscope; SEM)

fppt.com

การพิสูจน์โครงสร้างของตัวเร่ง

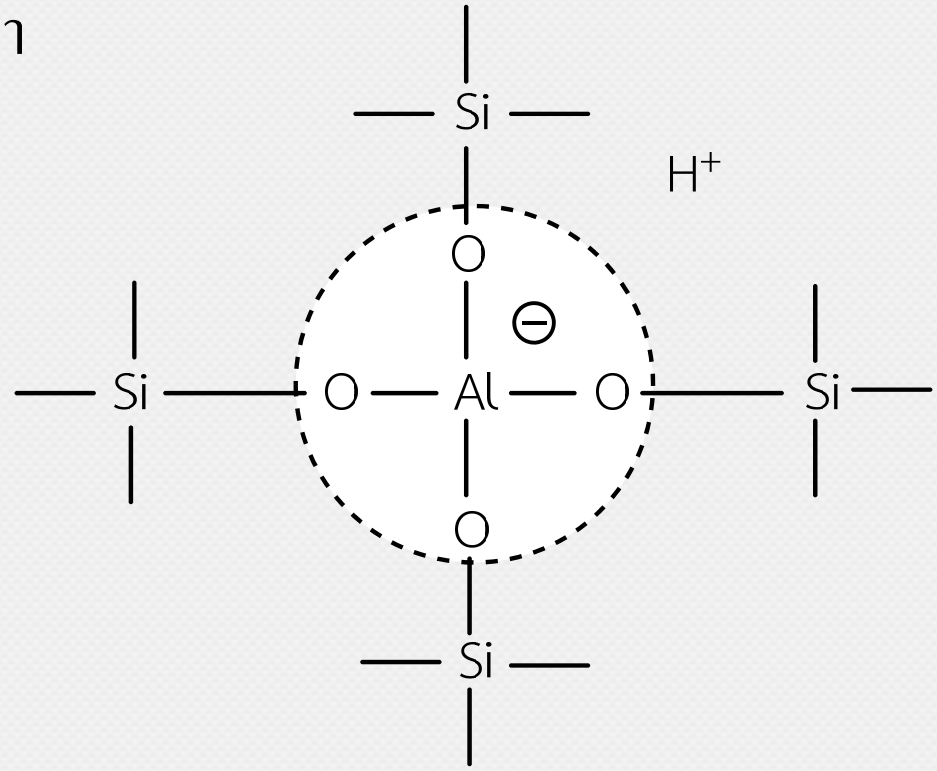
- เครื่อง X-ray crystallography ซึ่งเป็นเทคนิคการหาโครงสร้างโดยใช้ผลึกเดี่ยว ส่วนเครื่อง XPD (X-ray powder diffraction) เป็นเทคนิคการหาโครงสร้างโดยใช้ผงผลึก
- เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Infrared Spectrometer)
- เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrometer)
- เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer)

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

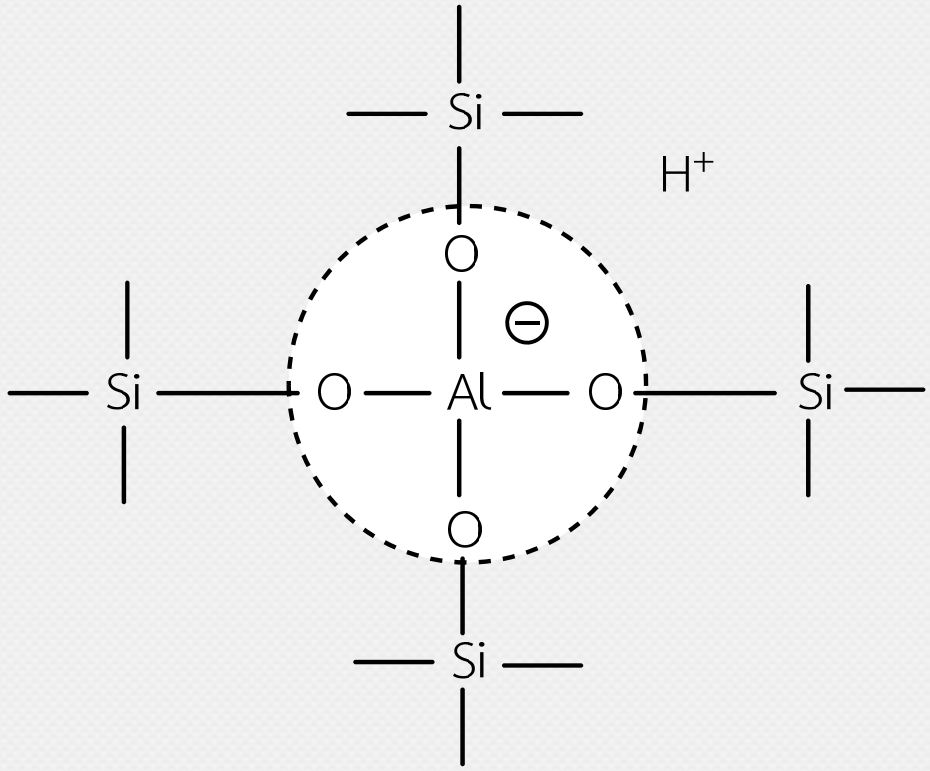
- ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมมีหลายชนิด ที่สำคัญ คือ

- สารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต เป็นผลึกอสัญฐานที่ประกอบด้วย ซิลิกา และอะลูมินา



fppt.com

- สารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต เป็นสารประกอบออกไซด์ที่มีความเป็นกรด โดยมีการกระจายตัวอยู่ร่วมกันกับซิลิกาที่มีโครงสร้างแบบทรงสี่หน้า ทำให้อะตอมอะลูมิเนียมในโครงสร้างของซิลิกาเกิดเป็นไอออนที่มีประจุลบหนึ่งหนึ่ง ดังนั้นประจุของสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตจึงถูกทำให้สมดุลโดยโปรตอนที่มีประจุบวกหนึ่ง (H+) และทำให้เกิดสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตที่มีความเป็นกรดอย่างแรง



fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

- สารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต

- ความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตได้แก่ ความเป็นกรดและเบสของสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต

- ถ้าโปรตอนที่เกาะติดบนสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตหลุดออกทำให้สารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตมีสมบัติเป็นกรด หากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้รับโปรตอนที่ถูกปล่อยจากสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตทำให้เกิดเป็นไอออนชนิดคาร์โบเนียมไอออน (carbonium ion) ซึ่งเป็นไอออนที่มีบทบาทในกระบวนการเครกกิง

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

- ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมอีกชนิด ที่สำคัญ คือ

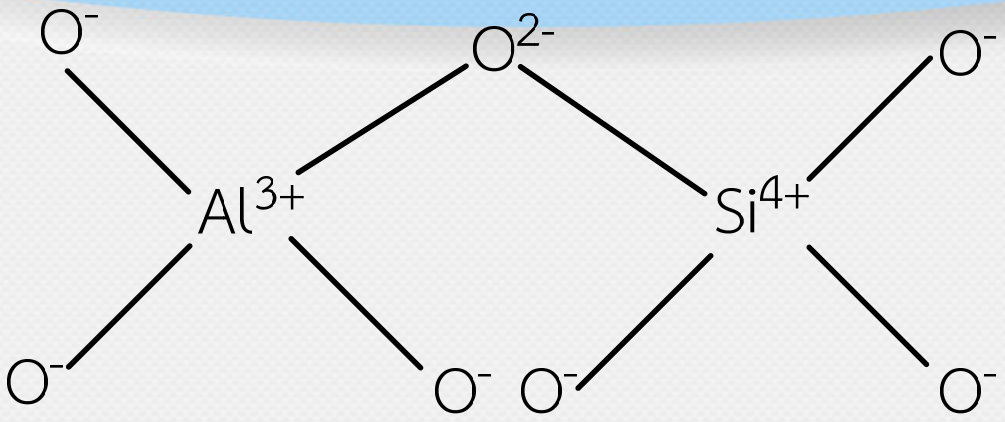
- ซีโอไลต์ ซึ่งแปลว่า หินเดือด โครงสร้างเป็นสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต

- ซีโอไลต์ มีหน่วยย่อยประกอบด้วยอะตอมซิลิกอนหรืออะลูมิเนียมอย่างละ 1 อะตอมและออกซิเจน 4 อะตอมเรียกว่า ซิลิกอนเตตระออกไซด์ (silicon tetraoxide, $[SiO_4]^{4-}$) และอะลูมิเนียมเตตระออกไซด์ (aluminium tetraoxide, $[AlO_4]^{5-}$) และสร้างพันธะเป็นทรงสี่หน้าเชื่อมต่อกันโดยใช้อะตอมออกซิเจนร่วมกันตรงตำแหน่งมุมของเตตระฮีดรอนทำให้เกิดโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้นและมีช่องว่างระหว่างโมเลกุล (โพรง) ที่เชื่อมต่อกันอย่างเป็นระเบียบในสามมิติ

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

- โครงสร้างของอะลูมิโนซิลิเกตแสดงดังรูป

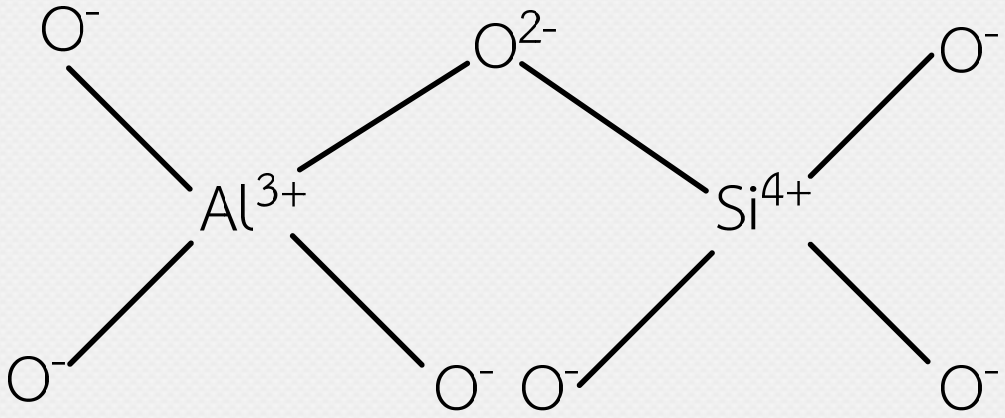


- ซีโอไลต์เป็นผลึกของแข็งที่พบได้ทั้งในธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ จะได้ซีโอไลต์ที่มีสมบัติเฉพาะเจาะจง เช่น โครงสร้างผลึก ความหนาแน่น ขนาดของโพรง ความแข็งแรงของพันธะ

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

- นอกจากอะตอมซิลิกอน อะลูมิเนียม และออกซิเจนแล้วในโครงสร้างโมเลกุลของ ซีโอไลต์อาจมีประจุบวกของโลหะอื่นเช่น ลิเทียม โซเดียม โพแตสเซียม แคลเซียม ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) กับโปรตอนซึ่งเป็นประจุบวกที่ตำแหน่งอะตอมอะลูมิเนียมในโครงสร้างของซีโอไลต์



fppt.com

ตัวอย่างซีโอไลต์ชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchanger) โดยใช้สมบัติการแลกเปลี่ยนประจุกับประจุบวกในโครงสร้างเช่น ใช้กำจัดแอมโมเนีย (ammonia) ออกจากน้ำเสียโดยการแลกเปลี่ยนประจุบวกของแอมโมเนียกับโซเดียมไอออนที่อยู่ในโพรงของซีโอไลต์
- ซีโอไลต์นำไปใช้เป็นสารลดความกระด้าง (builder) แทนฟอสเฟตในอุตสาหกรรมผลิตสารซักฟอกเพื่อลดปัญหาการทำลายสิ่งแวดล้อมทางน้ำโดยการใช้สารฟอสเฟต

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- เป็นสารดูดซับ โดยใช้สมบัติการเป็นตัวกรองในระดับโมเลกุล (molecular sieve) โดยขนาดโพรงของซีโอไลต์เป็นตัวควบคุมขนาดโมเลกุลที่ต้องการกรองเช่น ใช้เป็นสารดูดซับพาราไซลีน (*p* - xylene) ออกจากของผสมอะโรเมติก เป็นต้น
- เนื่องจากซีโอไลต์มีลักษณะเป็นโพรง ทำให้โมเลกุลของน้ำและสารประกอบหลายชนิดเข้าไปเกาะติดบนผิวของโพรง ทำให้ซีโอไลต์มีความสามารถในการดูดซับโมเลกุลของน้ำและนำมาใช้เป็นสารดูดความชื้นได้ดี (desiccating agent) และสามารถถูกไล่ออกได้ง่ายด้วยการให้ความร้อน

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- ซีโอไลต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการปิโตรเคมีต่าง ๆ โดยใช้สมบัติความเป็นกรดเนื่องจากมีโปรตอนในโครงสร้างเช่น ใช้ในการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาหรือการแตกตัวด้วยไฮโดรเจน (hydrocracking) การเปลี่ยนไอโซเมอร์ การเติมหมู่อัลคิล เป็นต้น
- การนำซีโอไลต์มาใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมีเช่น กระบวนการไฮโดรเครกกิงเพื่อเพิ่มค่าออกเทนให้กับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีซีโอไลต์และโลหะแพลเลเดียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- นอกจากนี้มีการนำมาใช้ในกระบวนการขจัดไข (dewaxin process) ซึ่งเป็นกระบวนการไฮโดรเครกกิงที่เปลี่ยนพาราฟินให้เป็นสารประกอบอะโรเมติก
- นอกจากนี้ซีโอไลต์ยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเปลี่ยนเมทานอลเป็นน้ำมันแก๊ซโซลีนที่มีสารประกอบอะโรเมติกสูงขึ้น

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- ซีโอไลต์ในธรรมชาติอยู่ในรูปแร่เช่น แร่มอร์ดีไนต์ (mordenite) และแร่ฟอจาไซต์ (faujasite) แร่ดังกล่าวจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี นอกจากนี้ ซีโอไลต์ที่เป็นสารสังเคราะห์มีหลายชนิด เช่น ซีโอไลต์ A ซีโอไลต์ X ซีโอไลต์ Y เป็นต้น
- การหาโครงสร้างของซีโอไลต์ทำได้โดยใช้เครื่องเอ็กซ์เรย์-คริสทัลโลกราฟีหรือเครื่องเอกซ์พีดีและใช้เครื่องมืออื่น ๆ เช่น เครื่องเอสอีเอ็ม เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ เครื่องยูวี-วิสสิเบิล สเปกโทรมิเตอร์ และเครื่องเอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรสโกปี เป็นต้นเพื่อพิสูจน์โครงสร้าง

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

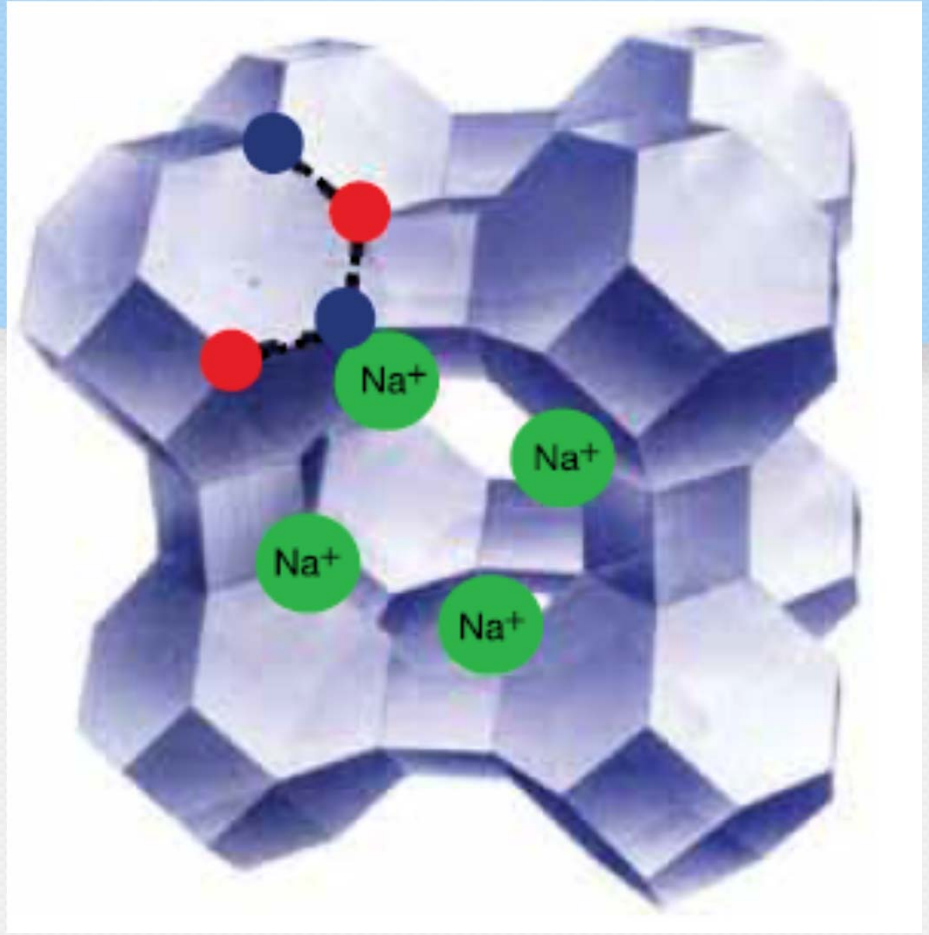
- ผลึกซีโอไลต์เป็นสารประกอบของอะลูมิโนซิลิเกตมีโครงสร้างแน่นอนมีสูตรโมเลกุลเป็น $M_n^{I} M^{II} (AlO_2)_x (SiO_2)_y (H_2O)_z$ โดย M^{I} และ M^{II} เป็นแคทไอออนชนิดโมโนวาเลนซ์ (monovalence) และไดวาเลนซ์ (divalence) และพบว่า M^{I} มักเป็นโลหะอัลคาไล เช่น Na^+, K^+, NH_4^+ และ M^{II} มักเป็นโลหะ อัลคาไลน์เอิร์ธเช่น Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+} เป็นต้น

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- โพรงของซีโอไลต์มีความสำคัญในการควบคุมปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น โดยการควบคุมขนาดเรียกว่าการเลือกจำเพาะขนาด (size selectivity)
- ซีโอไลต์มีหลายชนิดแต่ละชนิดมีลักษณะและขนาดโพรงแตกต่างกันเช่น ซีโอไลต์ A ซีโอไลต์ X ซีโอไลต์ ZSM-5 เป็นต้น

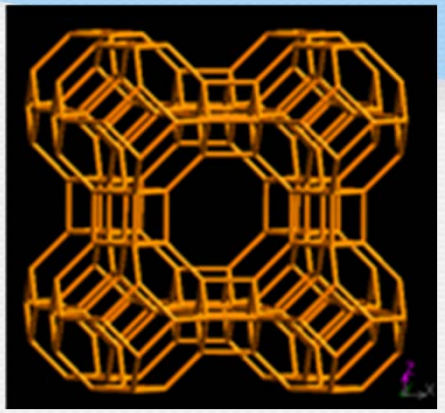
fppt.com



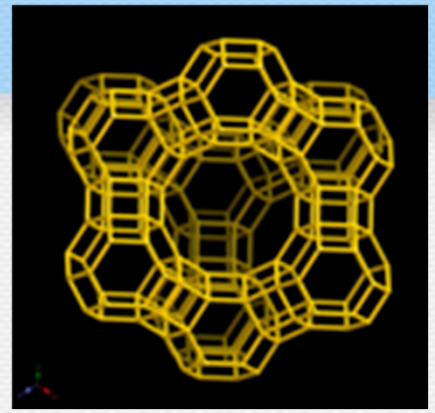
โครงสร้างซีโอไลต์แสดงให้เห็นช่องว่างระหว่างโพรง

fppt.com

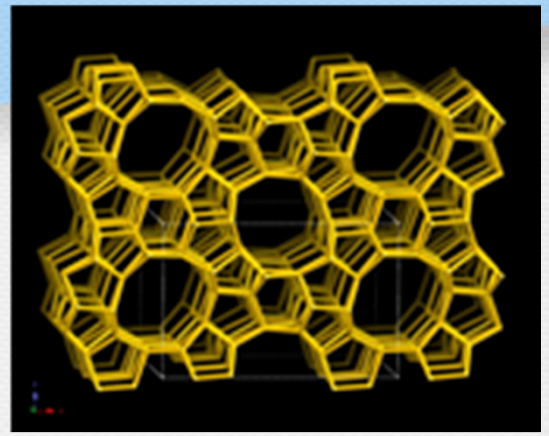
ตัวอย่างโครงสร้างของซีโอไลต์บางชนิดแสดงดังรูป



(ก) ซีโอไลต์ A



(ข) ซีโอไลต์ X



(ค) ซีโอไลต์ ZSM-5

โครงสร้างซีโอไลต์ (ก) ซีโอไลต์ A (ข) ซีโอไลต์ X (ค) ซีโอไลต์ ZSM-5

fppt.com

ซีโอไลต์นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

- ซีโอไลต์ ZSM-5 จะมีโครงสร้างต่างจากซีโอไลต์ A และ

ซีโอไลต์ X คือ รูปผลึกเป็นแผ่นต่อเนื่องและโพรงมีลักษณะเป็นท่อเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่ายเช่นเดียวกับซีโอไลต์ Mordenite ซีโอไลต์ L และซีโอไลต์ Chabazite ที่มีโครงสร้างรูปผลึกเป็นแผ่นต่อเนื่องเหมือน ZSM-5

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

- ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเร่งที่มีบทบาทมากในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เช่น

- ในการผลิตอะคริโลไนไตรล์ของบริษัท Badger โดยกระบวนการโซไฮโอ (sohio process) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาแอมมอกซิเดชัน (ammoxidation) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาแอมมอกซิเดชัน ปฏิกิริยาออกซีดีไฮโดรจิเนชันและปฏิกิริยาอื่น ๆ ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ของสาร กึ่งตัวนำและออกไซด์ของโลหะ เป็นต้น

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

- ตัวเร่งปฏิกิริยาอีกชนิดคือ ออกไซด์ของธาตุเรร์เอิร์ท (rare earth element) บนตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดฟลูอิไดซ์คะตะไลติกเครกเกอร์หรือเอฟซีซี (fluidized catalytic cracker, FCC)
- ธาตุเรร์เอิร์ทเป็น กลุ่มธาตุที่เรียกว่า อนุกรมแลนทาไนด์ (lanthanide series) ธาตุเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเครกกิงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา แร่หลายชนิดประกอบด้วยออกไซด์ของธาตุ เรร์เอิร์ทเช่น แร่บาสต์แนไซด์ (bastnaesite) และแร่โมนาไซต์ (monazite) ที่ประกอบด้วยสารประกอบซีเรียมออกไซด์ (cerium oxide, Ce_2O_3) สารประกอบนีโอดิเมียมออกไซด์ (neodymium oxide, Nd_2O_3) และสารประกอบออกไซด์ของธาตุอื่น ๆ ในกลุ่มแลนทาไนด์

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอฟซีซี เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ X ใช้ในเตาปฏิกรณ์ที่มีความร้อนสูงเมื่อถูกบดจะสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยา และไม่คงทนต่อความร้อน ดังนั้นจึงต้องเติมสารประกอบออกไซด์ของธาตุเรร์เอิร์ทให้กับตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์เพื่อเพิ่มความเสถียรต่อความร้อน โดยผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน ทำให้ไอออนของธาตุเรร์เอิร์ทเข้าแทนที่ไอออนของโซเดียมในซีโอไลต์ ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้จะเพิ่มการผลิตก๊าซโซลีน แต่มีผลให้ทำให้สารประกอบโอเลฟิน ก๊าซเบา และ ค่าออกเทนลดลง

fppt.com

ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

- ตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

  - ตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation catalyst) สารประกอบที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ สารประกอบออกไซด์กึ่งตัวนำ (semiconductor oxide) เช่น สารประกอบนิกเกิลออกไซด์และสารประกอบสังกะสีออกไซด์ เป็นต้น

fppt.com

ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

- บริษัทดูปองต์ (DuPont) ประสบความสำเร็จในการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตสารพอลิเมอร์ ตัวเร่งปฏิกิริยานั้นคือ ซีเกอร์-แนตตา (Ziegler-Natta catalyst) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของ เอทิลีน

fppt.com

ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

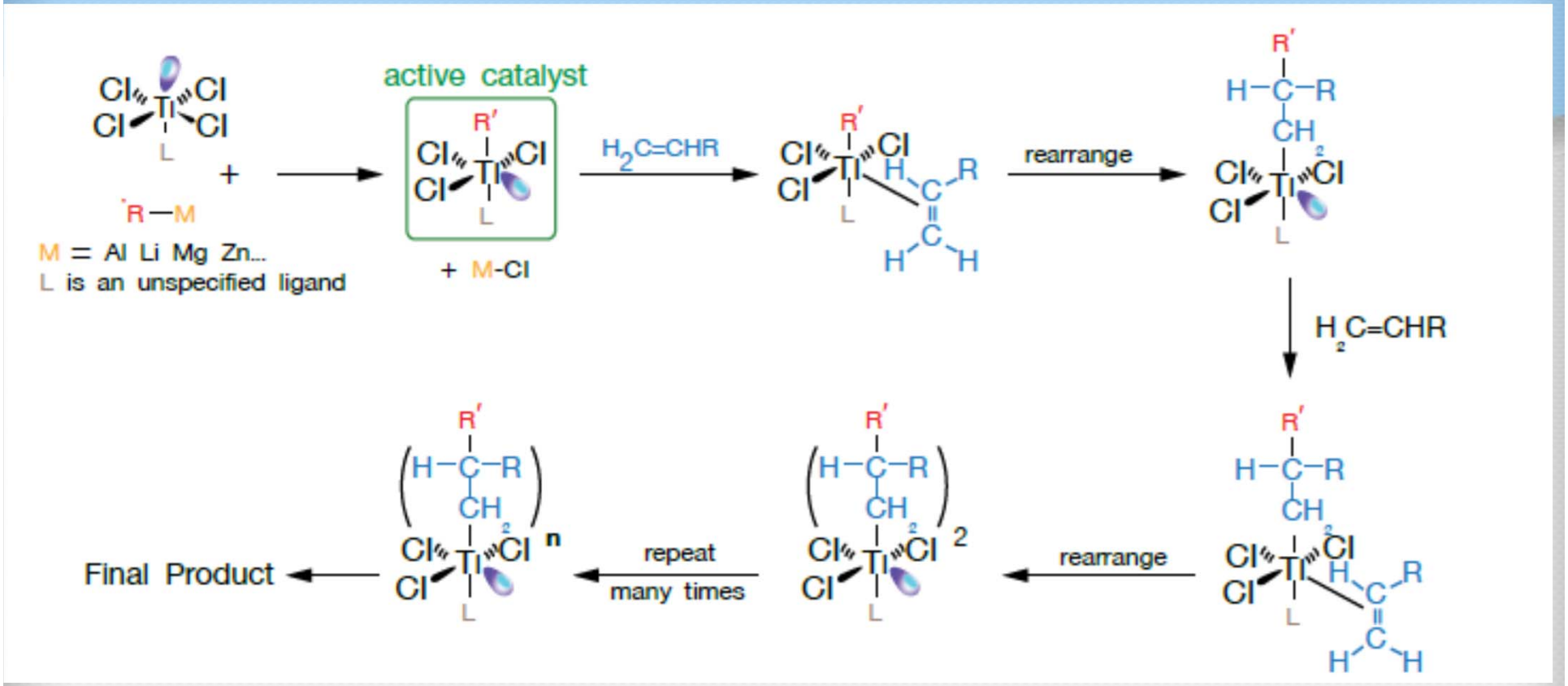
- ตัวเร่งนี้เป็นสารประกอบโลหะไทเทเนียมได้แก่ สารประกอบไทเทเนียมเตตระคลอไรด์ (titanium tetrachloride, $TiCl_4$) และสารประกอบโลหะแมกนีเซียมเช่น สารประกอบแมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride, $MgCl_2$) โดยผู้ค้นพบคือ คาร์ล ซีเกลอร์ (Karl Ziegler) ชาวเยอรมันผู้ค้นพบพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบวิธีการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาและต่อมาพัฒนาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนตตา ทำให้การผลิตพลาสติกสามารถทำได้ครั้งละปริมาณมาก และต้นทุนการผลิตลดลง

fppt.com

ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

- ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนตตาเป็นการทำหน้าที่ร่วมกันระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ชนิด คือ สารประกอบโลหะแทรนซิชันเฮไลด์ของธาตุหมู่ 4-8 เช่น ไทเทเนียมเททระคลอไรด์กับตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม (co-catalyst) ซึ่งเป็นสารประกอบโลหะอินทรีย์ (organometallic compound) ของโลหะหมู่ 1-3 เช่น ไทรเอทิลอะลูมินัม แล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างมอนอนอเมอร์กับตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อสร้างตำแหน่งกัมมันต์ที่สร้างโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการควบคุมการจัดเรียงตัวโครงสร้างโมเลกุลอย่างเฉพาะเจาะจง นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเอทิลีนที่ไม่มีกิ่ง

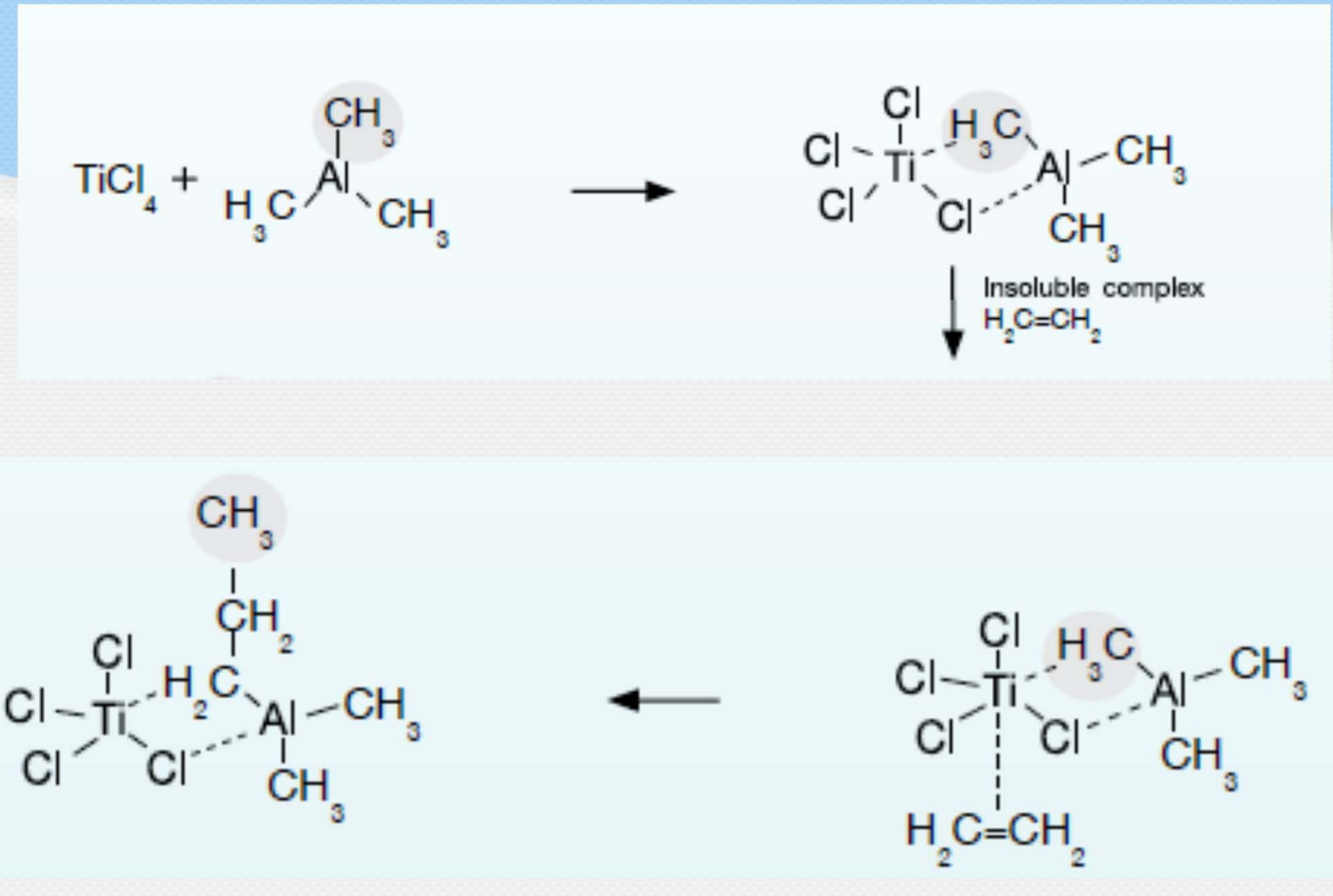
fppt.com



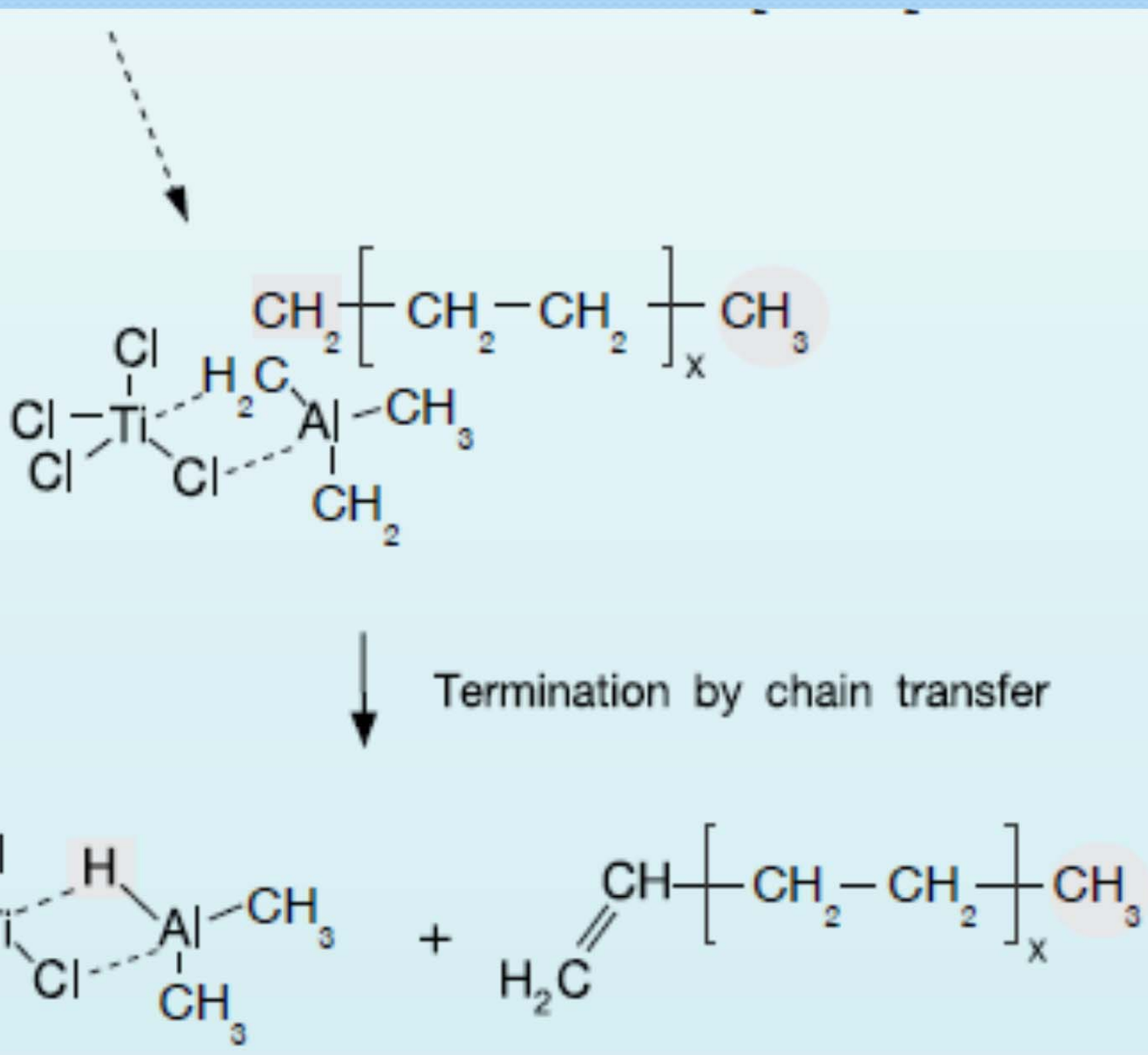
ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยานั้นคือ ซีเกอร์-แนตตา

(Ziegler-Natta catalyst)

fppt.com


TiCl4 +
CH3
H3C
Al
CH3
Cl
Ti
H3C
Al
CH3
Cl
Cl
Cl
CH3
Insoluble complex
H2C=CH2
CH3
CH2
Cl
Ti
H2C
Al
CH3
Cl
Cl
Cl
CH3
Cl
Ti
H3C
Al
CH3
Cl
Cl
Cl
CH3
H2C=CH2

fppt.com



fppt.com