

แบรนด์ 180 ปี

# พัฒนาสมอง พร้อมทุกสนามสอบ

O-NET, GAT-PAT กับ 24 ตัวเต๋อชื่อดังระดับประเทศ



เคมี

BRANDS®

Summer Camp

ปีที่ 27

[www.brandssummercamp.com](http://www.brandssummercamp.com)

<https://www.facebook.com/BRANDSWorldThailand>



# แบรนด์ 180 ปี



## พิศมอง พร้อมทุกสนามสอบ O-NET, GAT-PAT กับ 24 ตัวเตอรืชื่อดังระดับประเทศ



### สุดยอดการติวสด

- พิเศษ เก็งข้อสอบกว่า 800 ข้อ
  - รวมสุดยอดติวเตอร์ชื่อดังทั่วประเทศ
  - ติวเข้ม 8 วิชา 6 วันเต็ม 4 ช่องทาง วันที่ 1-6 ตุลาคม 2558
1. ติวสด ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [www.ku.ac.th](http://www.ku.ac.th) ไปยังอีก 3 วิทยาเขต คือ นครปฐม ชลบุรี และสกลนคร
  2. ติวพร้อมกันผ่านสัญญาณดาวเทียม
    - ภาคเหนือ คณะเภสัชศาสตร์ ม.เชียงใหม่
    - ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเภสัชศาสตร์ ม.ขอนแก่น
    - ภาคใต้ คณะแพทยศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ (หาดใหญ่) และมหาวิทยาลัยราชภัฏ จ.ยะลา
  3. ติวผ่านสัญญาณดาวเทียมสามารถเข้าดูได้ที่ช่องทางการรับชมสถานีโทรทัศน์ดาวเทียม MCOT 1 (Live)
    - ช่อง GMM Z ช่อง 279
    - ช่อง PSI ช่อง 227
    - ช่อง True MPEG 4 ช่อง 78
    - ช่อง True MPEG 2 ช่อง 106
    - ช่อง CTH ช่อง 180
    - ช่อง Sun Box ช่อง 83
    - ช่อง Infosat ช่อง 245
  4. ติวผ่านอินเทอร์เน็ตที่ <https://www.facebook.com/BRANDSWorldThailand>
  5. ดูย้อนหลังผ่านทางสถานีวิทยุโทรทัศน์การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม สศทท. วังไกลกังวล ช่อง สศทท.14 วันที่ 15-20 ตุลาคม 2558

## BRANDS

### Summer Camp

ปีที่ 27

# ฟรี!! หนังสือเก็งข้อสอบ พีซีต O-NET, GAT-PAT

รับรหัสเพื่อดาวน์โหลดหนังสือเก็งข้อสอบ  
แบรนด์ซัมเมอร์แคมป์ได้ที่

[www.brandssummercamp.com](http://www.brandssummercamp.com)



สอบครั้งสำคัญ...ทำให้เต็มที่ ลู ลู

# BRANDS 180 ปี



BRANDS®

Summer Camp

ปีที่ 27

## ขอขอบคุณ

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ที่เป็นหนึ่งในการผลักดันและสร้างความสำเร็จทางการศึกษาให้แก่เยาวชนไทย

## เอกสารประกอบการบรรยาย

### วิชา เคมี

ส่วนที่ 1	(ONET).....โดย อ.กรกฤษ ศรีวิชัย.....	หน้า	2-49
ส่วนที่ 2	(PAT 2).....โดย ผศ.ดร.โรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ.....	หน้า	50-98
ส่วนที่ 3	(PAT 2).....โดย อ.กฤษณ์ ชื่นเป็นนิจ.....	หน้า	99-152
ส่วนที่ 4	ชุดเก็บข้อสอบ.....	หน้า	153-176

[www.brandssummercamp.com](http://www.brandssummercamp.com)

<https://www.facebook.com/BRANDSWorldThailand>

แจกฟรี ห้ามจำหน่าย  
ประสานงานอาจารย์และจัดพิมพ์โดย ชมรมบัณฑิตแนะแนว



# BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 27



เอกสารประกอบการบรรยาย  
วิชา **O NET**

## เคมี

โดย อ.กรกฤษ ศรีวิชัย  
โรงเรียนกวดวิชาครูคลับ

## บทที่ 1 ธาตุและสารประกอบ

### 1.1 ชนิดของธาตุ แบ่งเป็น

โลหะ

- มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ( $25^{\circ}\text{C}$ ) ยกเว้นปรอท เป็นของเหลว
- จุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมแข็งแรงมาก
- นำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี
- ตีแผ่เป็นแผ่นบางๆ และดึงเป็นเส้นได้
- บางชนิดมีความหนาแน่นต่ำ เช่น แมกนีเซียม อะลูมิเนียม โซเดียม
- บางชนิดมีความหนาแน่นสูง เช่น เหล็ก ทองแดง ปรอท เงิน ทองคำ

อโลหะ

- มีทั้ง 3 สถานะที่อุณหภูมิห้อง (มีเพียงโบรมีน ที่เป็นของเหลว)
- จุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ
- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย
- ไม่นำไฟฟ้า ยกเว้น แกรไฟต์ และนำความร้อนไม่ดี
- มีความหนาแน่นต่ำ

กึ่งโลหะ

- มีสมบัติบางประการคล้ายโลหะและบางประการคล้ายอโลหะ เช่น โบรอน ซิลิคอน เจอร์เมเนียม อาร์เซนิก หรือสารหนู แอนติโมนีหรือพลวง เป็นต้น

## ตารางธาตุ

ในปี พ.ศ. 2412 ดิมิทรี อิวาโนวิช เมนเดเลเยฟ นักเคมีชาวรัสเซีย เป็นคนแรกที่เสนอการจัดเรียงธาตุต่างๆ ในรูปของตารางธาตุ โดยจัดเรียงตามน้ำหนักอะตอม ซึ่งพบว่าธาตุจะมีสมบัติซ้ำกันเป็นช่วงๆ

ในตอนแรก ตารางธาตุของเมนเดเลเยฟยังไม่สมบูรณ์ เพราะมีธาตุบางชนิดที่ยังไม่รู้จักหรือยังไม่พบ แต่ก็ได้คาดการณ์ว่าจะต้องมีธาตุที่มีสมบัติเช่นนี้อยู่ ณ ตำแหน่งนั้นๆ และเว้นที่ในตารางธาตุไว้

ปัจจุบันตารางธาตุจัดเรียงตามลำดับเลขอะตอมหรือจำนวนโปรตอน ตามการค้นพบของเฮนรี กวิม เจฟฟรีส์ โมสลีย์ ได้ธาตุที่รู้จักทั้งหมด 115 ธาตุ ซึ่งเป็นธาตุที่พบในธรรมชาติ 90 ธาตุ นอกนั้นมนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมา ดังนี้

แนวตั้ง 18 แถว เรียกว่า หมู่ (Group) ดังนี้

ธาตุหมู่ A หรือธาตุสามัญ มี 8 หมู่ 8 แถว

- หมู่ IA และ IIA มีสมบัติเป็นโลหะ

หมู่ IA ได้แก่ ลิเทียม โซเดียม โพแทสเซียม รูบิเดียม ซีเซียม ฟรานเซียม

หมู่ IIA ได้แก่ เบริลเลียม แมกนีเซียม แคลเซียม สตรอนเชียม แบเรียม เรเดียม

- หมู่ IIIA ถึง VIIIA มีทั้งธาตุกึ่งโลหะ และอโลหะ

หมู่ IIIA เช่น โบรอน อะลูมิเนียม

หมู่ IVA เช่น คาร์บอน ซิลิคอน

หมู่ VA เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

หมู่ VIA เช่น ออกซิเจน ซัลเฟอร์

- หมู่ VIIA และ VIIIA มีสมบัติเป็นอโลหะ

หมู่ VIIA ได้แก่ ฟลูออรีน คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน แอสทาทีน

หมู่ VIIIA ได้แก่ ฮีเลียม นีออน อาร์กอน คริปทอน ซีซอน เรดอน

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
						H	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca					Br	Kr
Rb	Sr					I	Xe
Cs	Ba					At	Rn
Fr	Ra						

ธาตุหมู่ B หรือธาตุแทรนซิชัน มี 8 หมู่ 10 แถว อยู่ตรงกลางของตารางธาตุ มีสมบัติทางกายภาพเหมือนโลหะหมู่ IA และ IIA แต่มีสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน เช่น สแกนเดียม ไทเทเนียม วาเนเดียม โครเมียม แมงกานีส เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิล ทองแดง สังกะสี

Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn

แนวนอน 7 แถว เรียกว่า คาบ (Period)

## 1.2 แนวโน้มความเป็นโลหะและอโลหะของธาตุในตารางธาตุ

**โลหะ** ความเป็นโลหะจะมีความสัมพันธ์กับความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของโลหะ (การเสียอิเล็กตรอน)

- หมู่เดียวกัน  
ธาตุที่อยู่ด้านล่างของตารางธาตุจะมีความเป็นโลหะมากกว่าธาตุด้านบน
- คาบเดียวกัน  
ธาตุที่อยู่ด้านซ้ายของตารางธาตุจะมีความเป็นโลหะมากกว่าธาตุด้านขวา

**อโลหะ** ความเป็นอโลหะจะมีความสัมพันธ์กับความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของอโลหะ (การรับอิเล็กตรอน)

- หมู่เดียวกัน  
ธาตุที่อยู่ด้านบนของตารางธาตุจะมีความเป็นอโลหะมากกว่าธาตุด้านล่าง
- คาบเดียวกัน  
ธาตุที่อยู่ด้านขวาของตารางธาตุจะมีความเป็นอโลหะมากกว่าธาตุด้านซ้าย

## 1.3 อะตอมและโครงสร้างอะตอม

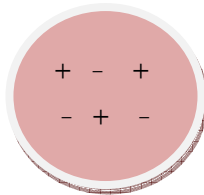
**อะตอม** เป็นหน่วยเล็กที่สุดของธาตุ ที่สามารถแสดงสมบัติของธาตุนั้นๆ

**แบบจำลองอะตอม**

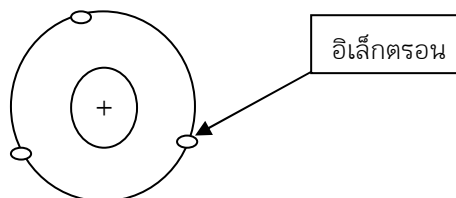
**ดอลตัน** เสนอว่า อะตอม มีลักษณะเป็นทรงกลมตันและภายในไม่มีประจุไฟฟ้า



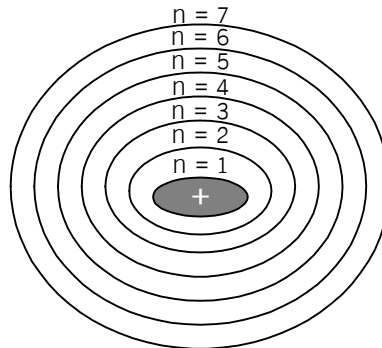
**ทอมสัน** เสนอว่า อะตอม ประกอบด้วยเนื้ออะตอมที่มีประจุบวกเรียกว่าโปรตอน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับประจุลบ เรียกว่า อิเล็กตรอน โดยจะกระจายอยู่ทั่วไป



**รัทเทอร์ฟอร์ด** เสนอว่า อะตอม ประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีขนาดเล็กอยู่ตรงกลาง มีอนุภาคโปรตอนและนิวตรอน ซึ่งมีประจุเป็นกลางทางไฟฟ้า รอบนิวเคลียสเป็นที่ว่างและมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบๆ นิวเคลียส และมีจำนวนเท่ากับโปรตอน



นีลส์ โบร์ เสนอว่า อะตอม มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงโคจรรอบนิวเคลียสเป็นวงกลม คล้ายวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์

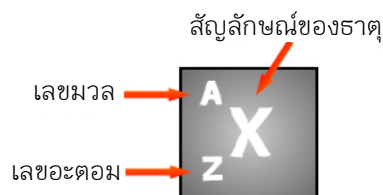


แบบจำลองแบบกลุ่มหมอก แสดงตำแหน่งและโอกาสที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งต่างๆ รอบนิวเคลียส โดยบริเวณใกล้ๆ นิวเคลียสเป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นของจุดมาก แสดงว่า มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านไปบ่อยครั้งมาก หรือมีโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนบริเวณนั้นสูง แต่ยิ่งห่างนิวเคลียส โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนจะน้อยลง และอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไม่มีขอบเขตจำกัด



### 1.3.1 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ ประกอบด้วย

- สัญลักษณ์ของธาตุ
- เลขอะตอม แทน จำนวนโปรตอนหรือจำนวนอิเล็กตรอน
- เลขมวล แทน จำนวนโปรตอนรวมกับจำนวนนิวตรอน



เช่น  $^{23}_{11}\text{Na}$  หมายถึง

ธาตุโซเดียม มีเลขมวล = 23

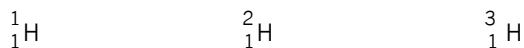
มีเลขอะตอม = 11

แสดงว่า มีจำนวนโปรตอน = 11 อนุภาค

มีจำนวนอิเล็กตรอน = 11 อนุภาค

มีจำนวนนิวตรอน = 12 อนุภาค

ไอโซโทป หมายถึง ธาตุชนิดเดียวกัน ที่มีเลขอะตอมเหมือนกัน แต่เลขมวลต่างกัน ซึ่งจัดเป็นธาตุชนิดเดียวกัน ที่มีสมบัติทางเคมีเหมือนกัน แต่มีสมบัติทางกายภาพบางประการต่างกัน เช่น



- หมายเหตุ : ธาตุชนิดเดียวกัน จะมีโปรตอนเท่ากัน  
: อะตอมของธาตุต่างๆ เป็นกลางทางไฟฟ้า  
: เลขอะตอม เป็นตัวบ่งชี้สมบัติเฉพาะตัวของธาตุ

### 1.3.2 การจัดตัวของอิเล็กตรอนในอะตอม

- อิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุด จะมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยสุดและมีพลังงานน้อยสุด เรียกว่า ระดับพลังงานที่ 1

- จำนวนอิเล็กตรอนมากที่สุดที่ได้ในระดับพลังงาน เท่ากับ  $2n^2$  ( $n$  = ระดับพลังงาน)
- อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานชั้นนอกสุด เรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน
- จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน จะมีค่าเท่ากับเลขหมู่ของธาตุ
- จำนวนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน จะมีค่าเท่ากับคาบของธาตุ

#### สมบัติของธาตุในตารางธาตุ

ธาตุหมู่ IA ได้แก่ Li Na K Rb Cs Fr

- เป็นโลหะเนื้ออ่อน ใช้มีดตัดได้
- มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 1 จึงถูกดึงออกง่ายมาก ทำให้มีประจุ +1
- มีความว่องไวสูงมาก จึงไม่พบเป็นธาตุอิสระ แต่พบในรูปของสารประกอบไอออนิก
- ลุกไหม้ในอากาศได้อย่างรวดเร็ว
- เกิดปฏิกิริยากับน้ำหรือไอน้ำรวดเร็วและรุนแรง ได้แก๊สไฮโดรเจน
- เกิดปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน ได้ออกไซด์ซึ่งละลายน้ำ มีสมบัติเป็นเบส

ตัวอย่าง : NaCl (เกลือแกง / โซเดียมคลอไรด์) มีมากในน้ำทะเล

NaOH (โซดาไฟ / โซเดียมไฮดรอกไซด์) ใช้ล้างท่อ สบู่ กระดาษ

NaHCO<sub>3</sub> (ผงฟู / โซเดียมไฮดรอกเจนคาร์บอเนต) ใช้ทำขนม

Na<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (โซเดียมซิลิเกต) ใช้ทำแก้ว

KNO<sub>3</sub> (ดินประสิว / โพแทสเซียมไนเตรต) ทำให้เนื้อสัตว์มีสีสด ใช้ทำระเบิด

ธาตุหมู่ IIA ได้แก่ Be Mg Ca Sr Ba Ra

- มีความแข็งและความหนาแน่นมากกว่าหมู่ 1A
- มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 2 จึงสูญเสียได้ง่าย ทำให้มีประจุ +2
- มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากแต่น้อยกว่าหมู่ 1A
- ไม่เกิดปฏิกิริยากับน้ำหรือไอน้ำ ที่อุณหภูมิห้องปกติ
- ออกไซด์ของโลหะหมู่ 2A ละลายน้ำ ได้สารละลายที่เป็นเบส



### ธาตุหมู่ VIIA (Halogen)

• เป็นอโลหะ ไม่พบเป็นอะตอมอิสระ แต่อยู่เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วย 2 อะตอม ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโควาเลนต์ เช่น  $F_2$   $Cl_2$   $Br_2$   $I_2$

• มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 7 จึงสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก 1 อนุภาค ให้เป็น 8 อนุภาค ซึ่งครบตามจำนวนอิเล็กตรอนมากที่สุดที่มีได้ในระดับพลังงาน จึงกลายเป็นไอออนที่มีประจุ  $-1$

• มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีมาก

• เกิดสารประกอบกับโลหะหมู่ 1A และ 2A ได้สารประกอบไอออนิก ที่เรียกว่า โลหะเฮไลด์

ตัวอย่าง : คลอรีน ( $Cl$ )

- ใช้ฆ่าเชื้อโรคในรูปแก๊สคลอรีน ( $Cl_2$ ) หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ( $CaOCl$ )

- ใช้เป็นสารฟอกขาว

- ทำปฏิกิริยากับแก๊สแอมโมเนีย จะเกิดสารไฮดราซีน ( $N_2H_2$ ) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในจรวด

: ฟลูออรีน ( $F$ ) ใช้ผสมในยาสีฟัน ในรูปฟลูออไรด์ช่วยป้องกันฟันผุ

: ไอโอดีน ( $I$ ) ป้องกันโรคคอพอก จึงมีการเติมโพแทสเซียมไอโอดेटลงในเกลืออนามัย

### ธาตุหมู่ VIIIA

• เป็นอโลหะ มีสถานะเป็นแก๊ส อยู่เป็นอะตอมอิสระได้

• มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 8 จึงมีความเสถียรมาก

• ไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงเรียกธาตุหมู่นี้ว่า ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ยกเว้น คริปทอน ( $Kr$ ) ซีโนน ( $Xe$ ) และเรดอน ( $Rn$ ) สามารถทำปฏิกิริยากับฟลูออรีน และออกซิเจนได้

ตัวอย่าง : ฮีเลียม ( $He$ ) ใช้บรรจุบอลูน / เรือเหาะ ใช้ดำน้ำลึก

: นีออน ( $Ne$ ) ใช้บรรจุหลอดไฟให้สีส้มแดง

: ซีโนน ( $Xe$ ) ใช้บรรจุหลอดไฟให้สีม่วง / น้ำเงิน

: คริปทอน ( $Kr$ ) ใช้บรรจุหลอดไฟให้สีเขียว

### ธาตุแทรนซิชัน

เช่น สแกนเดียม ไทเทเนียม วาเนเดียม โครเมียม แมงกานีส เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิล ทองแดง ลังกานีส

- เป็นอโลหะ

- มีสมบัติทางกายภาพเหมือนหมู่ IA และ IIA แต่มีสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน

- เกิดสารประกอบไอออนิกที่เป็นสมบัติพิเศษ เรียกว่า สารประกอบเชิงซ้อน มีสีสดใสเฉพาะตัว

เช่น ด่างทับทิม ( $KMnO_4$ ) สีชมพูอมม่วง

จุนลี ( $CuSO_4$ ) สีฟ้า

โพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_2$ ) สีส้ม

โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ ( $K_4Fe(CN)_6$ ) สีเหลือง

นิกเกิลซัลเฟต ( $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ ) สีเหลือง

### ธาตุกัมมันตรังสี

คือ ไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนนิวตรอนต่างจากจำนวนโปรตอนมากๆ ทำให้ไม่เสถียร จึงสลายตัว โดยการปลดปล่อยรังสีออกมา ทำให้เกิดเป็นธาตุที่เสถียรขึ้น

รังสีที่แผ่ออกมาอาจเป็น รังสีแอลฟา บีตา หรือแกมมา โดยขึ้นอยู่กับไอโซโทปแต่ละชนิด

เครื่องมือสำหรับตรวจหาแหล่งและวัดปริมาณของรังสี เรียกว่า ไกเกอร์มูลเลอร์เคาน์เตอร์

อัตราการแผ่รังสีเป็นสมบัติเฉพาะตัวและมีค่าคงที่ ไม่ขึ้นกับปัจจัยภายนอกใดๆ ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นปริมาณสารตั้งต้น อุณหภูมิ หรือความดัน

### ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

#### - ด้านการแพทย์

: ไอโอดีน - 131 ใช้ตรวจสอบความผิดปกติของต่อมไทรอยด์

: โซเดียม - 24 ใช้ตรวจระบบการไหลเวียนของเลือด

: โคบอลต์ - 60 และเรเดียม - 226 ใช้รักษาโรคมะเร็ง

#### - ด้านเกษตรกรรม

: ใช้ปรับปรุงพันธุ์พืช เช่น การนำเมล็ดพืชมาอบรังสีนิวตรอน

: รังสีแกมมาจากโคบอลต์ - 60 ใช้ถนอมอาหาร / ทำลายแบคทีเรียได้

#### - ด้านอุตสาหกรรม

: ใช้วัดความหนาของวัตถุ

: ใช้ตรวจหารอยรั่วของท่อส่งน้ำมัน

: ใช้เปลี่ยนแปลงสีอัญมณี ให้สวยงามขึ้น เป็นการเพิ่มคุณค่าของอัญมณี

#### - ด้านพลังงาน

: ยูเรเนียม - 238 และพลูโทเนียม - 239 เป็นวัตถุดิบในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

#### - ด้านธรณีวิทยา

: คาร์บอน - 14 ใช้หาอายุของวัตถุโบราณที่มีธาตุคาร์บอน

## 1.4 พันธะเคมี

คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือไอออนของธาตุให้อยู่รวมกันเป็นโมเลกุลหรือโมเลกุล โดยแบ่งเป็น

### 1.4.1 พันธะโลหะ

เกิดจากการที่เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดของอะตอมโลหะหลุดออกมาเป็นอิเล็กตรอนอิสระ และจะเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งก้อนโลหะ และดึงดูดกับไอออนบวกของโลหะ เพราะมีประจุไฟฟ้าต่างกัน ทำให้เกิดสมบัติ ดังนี้

- มีความแข็งแรงมาก
- มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
- ส่วนมากมีความหนาแน่นสูง
- นำไฟฟ้าและนำความร้อน
- ผิวขึ้นเงาและมันวาว
- สามารถตีแผ่เป็นแผ่นบางหรือดึงเป็นเส้นได้

#### 1.4.2 พันธะไอออนิก

เกิดจากการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของโลหะกับอโลหะ หรือเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน (โลหะ : ไอออน +, อโลหะ : ไอออน -)

เช่น NaCl (เกลือแกง) CaO (ปูนขาว) มีสมบัติดังนี้

- มีสถานะเป็นของแข็ง เป็นโครงผลึก มีรูปทรงเรขาคณิต
- มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
- นำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลว

#### 1.4.3 พันธะโควาเลนต์

เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมของอโลหะกับอโลหะ เช่น  $H_2$   $Cl_2$   $CO_2$   $CH_4$  มีสมบัติดังนี้

- มีทั้งสามสถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
- มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ
- ไม่นำไฟฟ้า



## แบบฝึกหัด

- จากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุคลอรีน  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$  ข้อใดผิด
  - มีเลขมวลเท่ากับ 35
  - มีจำนวนโปรตอนเท่ากับ 17
  - มีจำนวนนิวตรอนเท่ากับ 15
  - มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 15
- อะตอมของธาตุโซเดียมที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์  ${}_{11}^{23}\text{Na}$  มีการจัดอิเล็กตรอนตามระดับพลังงานอย่างไร
  - 2, 3
  - 2, 8, 1
  - 2, 8, 2
  - 2, 8, 8, 5
- ธาตุใดมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนมากที่สุด
  - ${}_{9}^{19}\text{F}$
  - ${}_{11}^{23}\text{Na}$
  - ${}_{16}^{32}\text{S}$
  - ${}_{20}^{40}\text{Ca}$
- ข้อใดไม่ใช่โลหะทรานซิชัน
  - Mn
  - Ca
  - Co
  - Zn
- ธาตุที่เลขอะตอมใดมีสมบัติแตกต่างจากพวกมากที่สุด
  - 10
  - 18
  - 36
  - 56

6. ข้อใดไม่ใช่สารประกอบไอออนิก
- 1) MgO
  - 2) KCl
  - 3) CO<sub>2</sub>
  - 4) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
7. ข้อใดผิดเกี่ยวกับธาตุหมู่ 8A
- 1) เยื้องต่อปฏิกิริยา
  - 2) พบในรูปอะตอมอิสระ
  - 3) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8
  - 4) มีสถานะเป็นของเหลว
8. ธาตุในข้อใดสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรง
- 1) ลิเทียม
  - 2) แคลเซียม
  - 3) คลอรีน
  - 4) ฮีเลียม
9. ข้อใดคือโลหะแอสไนด์
- 1) CaO
  - 2) KCl
  - 3) Na<sub>2</sub>O
  - 4) CaO



## เฉลย

1. 4) 2. 2) 3. 1) 4. 2) 5. 4) 6. 3) 7. 4) 8. 1) 9. 2)

1. เฉลย 4) มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 15

เลขด้านบน คือ เลขมวล จะแสดงจำนวนโปรตอนรวมกับนิวตรอน

เลขด้านล่าง คือ เลขอะตอม จะแสดงจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอน

ดังนั้น จำนวนอิเล็กตรอน เท่ากับ 17

2. เฉลย 2) 2, 8, 1

จากสัญลักษณ์นิวเคลียร์

เลขด้านบน คือ เลขมวล แสดงจำนวนโปรตอนรวมกับนิวตรอน

เลขด้านล่าง คือ เลขอะตอม แสดงจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอน

แสดงว่า โปรตอน = 11 อิเล็กตรอน = 11 นิวตรอน = 12

3. เฉลย 1)  ${}_{9}^{19}\text{F}$

เลขอะตอม แสดงจำนวนอิเล็กตรอน

เวเลนซ์อิเล็กตรอน คือ อิเล็กตรอนวงนอกสุด จะมีค่าเท่ากับหมู่ของธาตุ

1) เลขอะตอม 9 มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น 2, 7

2) เลขอะตอม 11 มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 1

3) เลขอะตอม 16 มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 6

4) เลขอะตอม 20 มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 8, 2

4. เฉลย 2) Ca

คือ แคลเซียม เป็นธาตุหมู่ที่ 2

5. เฉลย 4) 56

1) เลขอะตอม 10 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2, 8 (หมู่ = 8)

2) เลขอะตอม 18 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 8 (หมู่ = 8)

3) เลขอะตอม 36 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 18, 8 (หมู่ = 8)

4) เลขอะตอม 56 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 18, 18, 8, 2 (หมู่ = 2)

6. เฉลย 3)  $\text{CO}_2$

สารประกอบไอออนิก คือ สารที่ประกอบด้วยโลหะและอโลหะ

ข้อ 3) C เป็นธาตุหมู่ 4, O เป็นธาตุหมู่ 6 เป็นอโลหะทั้งคู่

7. เฉลย 4) มีสถานะเป็นของเหลว  
ธาตุหมู่ 8 เป็นแก๊สเฉื่อย
8. เฉลย 1) ลิเทียม  
ธาตุหมู่ 1 สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรงที่สุด
9. เฉลย 2) KCl  
โลหะเฮไลด์ คือ สารประกอบระหว่างธาตุโลหะกับธาตุหมู่ที่ 7



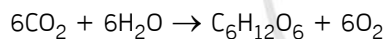
## บทที่ 2 ปฏิกิริยาเคมี

เกิดจาก สารเริ่มต้นเข้าทำปฏิกิริยากัน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ มีการแตกสลายพันธะเดิม และสร้างพันธะใหม่ ทำให้เกิดสารชนิดใหม่ เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น

- ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic Reaction) คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแล้ว ให้ออกพลังงานความร้อนออกมา ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น
- ปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแล้ว ดูดพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าไป แล้วทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง

### 2.1 ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

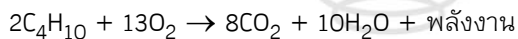
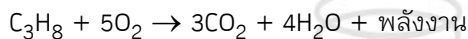
- ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง เกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ โดยมีแสงและคลอโรฟิลล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้กลูโคสและแก๊สออกซิเจน



- ปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิง

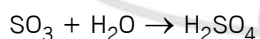
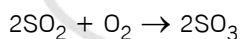
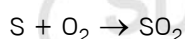
- สารประกอบไฮโดรคาร์บอน จะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์

เช่น แก๊สหุงต้ม ซึ่งประกอบด้วย แก๊สโพรเพนและแก๊สบิวเทน

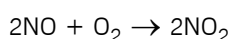
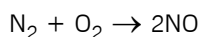


- เชื้อเพลิงที่ได้จากซากดึกดำบรรพ์ เช่น ถ่านหิน จะมีกำมะถัน (S) ปนอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อเกิดการเผาไหม้จะทำปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจนได้เป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนต่อไป ได้แก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ( $\text{SO}_3$ )

เมื่อ  $\text{SO}_3$  ถูกความชื้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นกรดกำมะถัน ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) และถ้ามีปริมาณมาก เมื่อฝนตกจะชะลงมาที่ฝน เรียกว่า ฝนกรด



- เชื้อเพลิงที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อเผาไหม้ไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนจะรวมตัวเกิดแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) ซึ่งสามารถรวมกับแก๊สออกซิเจนต่อไปอีก เกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ )

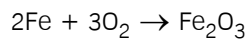




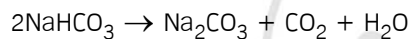
แก๊ส  $\text{NO}_2$  สามารถรวมตัวกับน้ำ เกิดกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) ตกผลึกกลายเป็นฝนกรด  
ฝนกรด ทำให้ใบไม้พอกจากสี จนสังเคราะห์แสงไม่ได้ และยังทำให้ค่า pH ของแหล่งน้ำลดลง  
มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังกัดกร่อนสิ่งก่อสร้างที่ทำจากหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ )  
และกัดกร่อนโลหะได้

แก๊สที่ทำให้เกิดฝนกรดจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยเรื้อรัง โลหิตจาง เป็น  
อันตรายต่อปอดและระบบทางเดินหายใจ

- ปฏิกิริยาการเกิดสนิม เกิดจาก เหล็กทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในบริเวณที่มีความชื้น ทำให้  
กลายเป็นสนิม ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )



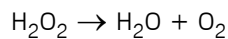
- ปฏิกิริยาการสลายตัวของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตหรือผงฟู ( $\text{NaHCO}_3$ ) ด้วยความร้อนจะได้แก๊ส  
 $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$



: ใช้เป็นส่วนผสมของขนม เช่น เค้ก ขนมถ้วยฟู ขนมสาลี่ เพราะ  $\text{CO}_2$  ซึ่งแทรกตัวออกมา ทำให้  
เกิดเป็นโพรงอากาศในขนม ขนมจึงฟูและฟูขึ้น

: ใช้ในการดับไฟป่า โดยใช้การโปรยลงมาเหนือไฟป่า  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สที่หนักกว่าอากาศ จึง  
ปกคลุมไม่ให้เชื้อเพลิงได้รับแก๊สออกซิเจน จึงช่วยลดการลุกไหม้

- ปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ใช้ฟอกสีผมและฆ่าเชื้อโรค เมื่อได้รับแสง  
และความร้อน จะสลายตัวให้น้ำ และ  $\text{O}_2$  ดังนั้น จึงต้องเก็บไว้ในที่มืดและเย็น หรือในภาชนะสีน้ำตาล

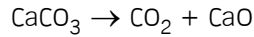


- ปฏิกิริยาในแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ เช่น  
: แบตเตอรี่ในรถยนต์ เป็นปฏิกิริยาระหว่างแผ่นตะกั่ว ( $\text{Pb}$ ) ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และตะกั่วไดออกไซด์  
( $\text{PbO}_2$ ) ทำหน้าที่เป็นขั้วลบ กับกรดซัลฟิวริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) เข้มข้น 30-38% โดยน้ำหนัก

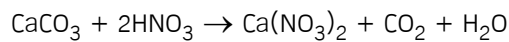
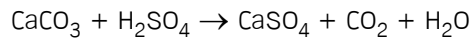


: แบตเตอรี่ปรอทมีขนาดเล็ก เขา ใช้ในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ มีสังกะสี ( $\text{Zn}$ ) เป็นขั้วบวก และ  
ปรอทออกไซด์ ( $\text{HgO}$ ) เป็นขั้วลบ ในสารผสมระหว่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{KOH}$ ) กับสังกะสีไฮดรอกไซด์  
( $\text{Zn(OH)}_2$ ) และน้ำ

- ปฏิกิริยาการสลายตัวของหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) ด้วยความร้อน ได้แก๊ส  $\text{CO}_2$  และปูนขาว ( $\text{CaO}$ ) ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์



- ปฏิกิริยาระหว่างหินปูนกับกรดไนตริก / กรดซัลฟิวริก เกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟต ( $\text{CaSO}_4$ ) หรือแคลเซียมไนเตรต ( $\text{Ca(NO}_3)_2$ ) และแก๊ส  $\text{CO}_2$  ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสึกกร่อนของสิ่งก่อสร้างที่ทำจากหินปูนหรือหินอ่อน และการเกิดหินงอกหินย้อย



## 2.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 2.2.1 การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

หาได้จาก ปริมาณของสารเริ่มต้นที่ลดลง ใน 1 หน่วยเวลา หรือปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ใน 1 หน่วยเวลา

### 2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### 1. ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (เข้มข้นมาก > เข้มข้นน้อย)

สารที่มีความเข้มข้นมาก จะมีจำนวนอนุภาคสารมากกว่า จึงเกิดการสัมผัสกันได้มากกว่า จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารที่มีความเข้มข้นน้อย

#### 2. พื้นที่ผิวสัมผัสของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา (ผผ > ก้อน)

สารที่เป็นผผเล็กๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของของแข็งให้สัมผัสกับของเหลวได้มากขึ้น จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารที่เป็นก้อนใหญ่ เช่น

ในการรับประทานอาหารเช้าควรเคี้ยวอาหารให้ละเอียด เพื่อให้สัมผัสกับกรดและเอนไซม์ในกระเพาะอาหารได้มากขึ้น จึงเกิดปฏิกิริยากันได้เร็วขึ้นอาหารจึงย่อยง่าย ป้องกันการจุกเสียด ท้องอืดท้องเฟ้อ

#### 3. อุณหภูมิ (ร้อน > เย็น)

การเพิ่มอุณหภูมิทำให้สารเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น จึงเกิดการสัมผัสกันมากขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น เช่น

ถ้าร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส เนื้อเยื่อจะต้องการแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้น 13% ทำให้อัตราการเต้นของชีพจรและการหายใจเพิ่มขึ้น

การนำผลไม้มาบ่มในภาชนะปิดและปกคลุมด้วยผ้า จะทำให้ผลไม้สุกได้เร็วกว่าวางไว้ที่อุณหภูมิปกติ เพราะที่อุณหภูมิสูง เอนไซม์ที่อยู่ในผลไม้จะทำงานได้เร็วขึ้น

การเก็บผลไม้ไว้ในที่เย็น จะทำให้ผลไม้คงความสดและอยู่ได้นาน เพราะช่วยลดการทำงานของเอนไซม์และแบคทีเรียให้ช้าลง

4. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) คือ สารที่เพิ่มเข้าไปในปฏิกิริยา แล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น และเมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดลง ปริมาณและสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาจะไม่เปลี่ยนแปลง

ตัวหน่วงปฏิกิริยา (Inhibitor) คือ สารที่เติมเพิ่มเข้าไปแล้ว ทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง เช่น เมื่อเติมโซเดียมฟลูออไรด์ ลงไปในปฏิกิริยาระหว่างหินปูนกับกรด จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง ใช้ในการผลิตยาสีฟัน

5. ธรรมชาติของสาร

สารแต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะตัว จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน เช่น

โลหะแมกนีเซียม + กรดไฮโดรคลอริก → เกิดปฏิกิริยาเร็วมาก

โลหะสังกะสี + กรดไฮโดรคลอริก → เกิดปฏิกิริยาช้า

โลหะทองแดง + กรดไฮโดรคลอริก → ไม่เกิดปฏิกิริยา

หรือ โซเดียม ทำปฏิกิริยากับน้ำ อย่างรวดเร็วมาก

แมกนีเซียม ทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้ช้ามากๆ



## แบบฝึกหัด

- ข้อใดไม่ใช่วิธีการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา  $Mg + 2HCl \xrightarrow{Cu} MgCl_2 + H_2$ 
  - อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนใน 1 หน่วยเวลา
  - อัตราการหายไปของโลหะแมกนีเซียมใน 1 หน่วยเวลา
  - อัตราการหายไปของโลหะทองแดงใน 1 หน่วยเวลา
  - ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ลดลงใน 1 หน่วยเวลา
- ข้อใดมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
  - เมฆกลายเป็นน้ำฝน
  - เหล็กงอเมื่อได้รับความร้อน
  - อากาศร้อนพวยพุ่งจากกาน้ำ
  - เมื่อบีบมะนาวลงในเนื้อหมู ทำให้สีเปลี่ยน
- ฝนกรดเป็นผลเสียจากการใช้ถ่านหินที่มีเปอร์เซ็นต์ของธาตุใดสูง
  - H
  - O
  - S
  - C
- ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดได้ช้าลง
  - ผลไม้ที่เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิสูง
  - การเคี้ยวข้าวให้ละเอียดก่อนกลืน
  - การใช้แท่งแก้วคนสารละลาย
  - การเติมน้ำลงในสารละลายอีกเท่าตัว
- ทำไมก่อนกินยาบางชนิดต้องมีการเคี้ยวให้ละเอียดก่อนกลืน
  - ยาบางชนิดจะละลายได้ดีในน้ำลาย
  - เพื่อให้ยาเกิดการย่อยสลายอย่างช้าๆ
  - เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้ยาละลายได้ดีขึ้น
  - ยาบางชนิดมีฤทธิ์เป็นกรด จึงต้องเคี้ยวให้ละเอียดเพื่อป้องกันรสขม

## เฉลย

1. 3) 2. 4) 3. 3) 4. 4) 5. 3)

1. **เฉลย 3)** อัตราการหายไปของโลหะทองแดงใน 1 หน่วยเวลา  
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วัดได้จากปริมาณสารเริ่มต้นที่ลดลงใน 1 หน่วยเวลา หรือปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นใน 1 หน่วยเวลา  
โลหะทองแดงเขียนไว้บนลูกศร แสดงว่าทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี จึงไม่สามารถนำมาวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะได้กลับคืน
2. **เฉลย 4)** เมื่อปีบมะนาวลงในเนื้อหมู ทำให้สีเปลี่ยน  
การเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือ การเปลี่ยนแปลงจากสารเริ่มต้นเปลี่ยนเป็นสารใหม่ โดยสังเกตได้จากการเกิดสีที่เปลี่ยนแปลงไป หรือการเกิดฟองแก๊ส
3. **เฉลย 3) S**  
ถ่านหิน จะมีธาตุกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) ซึ่งเมื่อเผาไหม้จะทำให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรด
4. **เฉลย 4)** การเติมน้ำลงในสารละลายอีกเท่าตัว  
การเติมน้ำ ทำให้สารละลายมีความเจือจางหรือมีความเข้มข้นลดลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้าลง
5. **เฉลย 3)** เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้ยาละลายได้ดีขึ้น  
การเคี้ยวเป็นการทำให้ยามีขนาดเล็กลง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส

## บทที่ 3 สารชีวโมเลกุล

คือ สารที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ในกระบวนการดำรงชีวิต มีองค์ประกอบหลักคือ ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน มีโมเลกุลทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ได้แก่

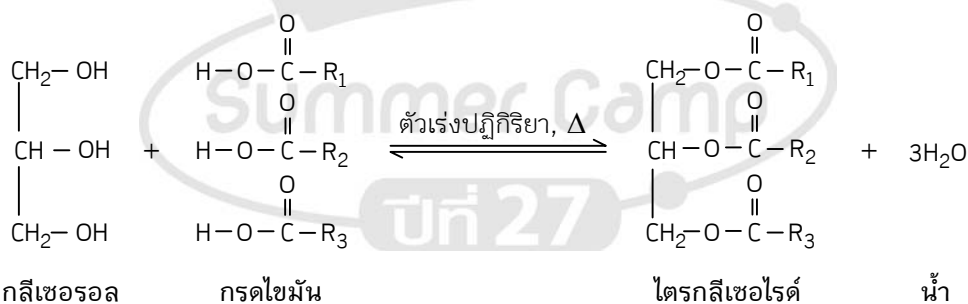
1. ไชมันและน้ำมัน (C H O)
2. คาร์โบไฮเดรต (C H O)
3. โปรตีน (C H O N)
4. กรดนิวคลีอิก (C H O N P)

### 3.1 ไชมัน และน้ำมัน

- เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์
- ป้องกันการสูญเสียน้ำ ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น
- ป้องกันการสูญเสียความร้อน ช่วยให้ร่างกายอบอุ่น
- ป้องกันการกระทบต่ออวัยวะภายใน
- ช่วยทำให้ผมและเล็บมีสุขภาพดี
- ช่วยละลายวิตามิน A D E K
- ร่างกายสามารถนำไชมันที่สะสมใต้ผิวหนังมาย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน ในกรณีที่ร่างกายได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โดยไชมัน 1 กรัม จะให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี

ไชมัน เป็นสารประกอบที่เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวทางเคมีของกรดไชมัน (Fatty Acids) 3 โมเลกุล กับ กลีเซอรอล (Glycerol) 1 โมเลกุล

ไตรกลีเซอไรด์ ที่มีสถานะเป็นของแข็ง เรียกว่า ไชมัน (Fat) แต่ถ้ามีสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า น้ำมัน (Oil)



โครงสร้างของกรดไชมัน ประกอบด้วย

- ส่วนที่มีธาตุคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยวหรือพันธะคู่
- ส่วนที่เป็นหมู่คาร์บอกซิล ( $-\text{COOH}$ ) มีสมบัติเป็นกรด

กรดไขมันในธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- กรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดลอริก กรดไมริสติก กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก
- กรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิก กรดปาล์มมิโตเลอิก กรดไลโนเลอิก

| กรดไขมัน                     | อิ่มตัว                                      | ไม่อิ่มตัว                    |
|------------------------------|--|-------------------------------|
| ชื่อ                         | ลงท้ายด้วย - อิก                             | ลงท้ายด้วย - เลอิก            |
| สูตร                         | $C_nH_{2n+1}COOH$<br>(H มากกว่า)             | มีได้หลายสูตร<br>(H น้อยกว่า) |
| จุดหลอมเหลว                  | สูงกว่า 25°C                                 | ต่ำกว่า 25°C                  |
| สถานะ                        | ของแข็ง                                      | ของเหลว                       |
| แหล่งที่พบ                   | ไขมันสัตว์ / น้ำมันมะพร้าวและ<br>น้ำมันปาล์ม | น้ำมันพืช                     |
| พันธะระหว่างคาร์บอน          | เดี่ยว                                       | คู่                           |
| ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา | น้อย   | มาก                           |
| ชนิดที่พบมากที่สุด           | กรดสเตียริก                                  | กรดโอเลอิก                    |

| กรดไขมัน               | สูตรโครงสร้าง  | จำนวน<br>อะตอม<br>ของ<br>คาร์<br>บอน | จุด<br>หลอม<br>เหลว<br>องศา-<br>เซล<br>เซียส | แหล่งที่พบ              |
|------------------------|--|--------------------------------------|--|-------------------------|
| กรดไขมัน<br>อิ่มตัว    | ลอริก $CH_3(CH_2)_{10}COOH$                                  | 12                                   | 43   | มะพร้าว                 |
|                        | ไมริส ติก $CH_3(CH_2)_{12}COOH$                              | 14                                   | 54   | ลูกจันทร์เทศ            |
|                        | ปาล์มมิ ติก $CH_3(CH_2)_{14}COOH$                            | 16                                   | 62   | ปาล์ม                   |
|                        | สเตียริก $CH_3(CH_2)_{16}COOH$                               | 18                                   | 69   | ไขมันสัตว์              |
| กรดไขมัน<br>ไม่อิ่มตัว | ปาล์มมิโตเล<br>อิก $CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$           | 16                                   | 0  | เนย                     |
|                        | โอเลอิก $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$                      | 18                                   | 13   | มะกอก, ข้าวโพด          |
|                        | ไลโน<br>เลอิก $CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2$<br>$CH=CH(CH_2)_7COOH$ | 18                                   | -9   | ถั่วเหลือง,<br>ทานตะวัน |
|                        | ไลโน<br>เลนิก $CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$            | 18                                   | -11  | ข้าวโพด                 |

ข้อมูลจาก General, Organic & Biological Chemistry ; Karen C Timberlake (ค.ศ. 2002)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว เมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศ เกิดสารที่มีกลิ่นเหม็นหืน แสดงว่า ไขมันพืชจะเหม็นหืนได้ง่ายกว่าไขมันสัตว์

แต่น้ำมันพืชมีวิตามิน E ซึ่งเป็นสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยานี้ แต่มีไม่มากพอ ดังนั้น ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืช จึงต้องเติมวิตามิน E เพิ่มเข้าไป

คาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีน สามารถเปลี่ยนไปเป็นไขมันได้

#### การผลิตเนยเทียมหรือมาการีน

ทำได้โดย การเติมไฮโดรเจนลงในน้ำมันพืช ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีความดันสูงและมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แพลทินัม ทำให้เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งจะมีสถานะเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น เรียกว่าปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation)

กรดไขมันที่จำเป็น (Essential Fatty Acid) คือ กรดไขมันที่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป ซึ่งร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ เช่น กรดไลโนเลอิกและกรดไลโนเลนิก (พบในเมล็ดดอกคำฝอย > เมล็ดดอกทานตะวัน > ข้าวโพด)

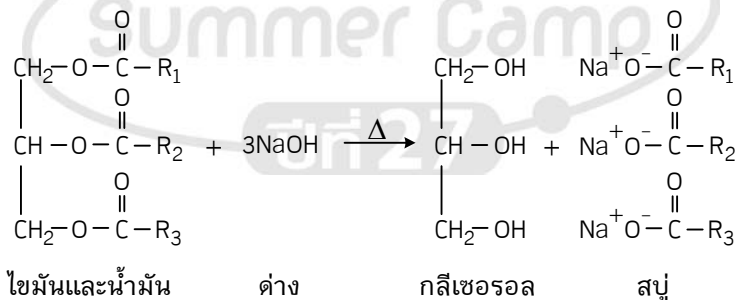
ทารกที่ขาดกรดไขมันที่จำเป็น จะทำให้เกิดโรคผิวหนังอักเสบ ลอกหลุด เป็นสาเหตุทำให้ติดเชื้อง่ายและแผลหายช้า

#### ไขมันในเลือด (คอเลสเตอรอล)

- เป็นสารเบื้องต้นในการสร้างฮอร์โมน น้ำดี และสารสเตอรอลได้ผิวหนังที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามิน D ได้ เมื่อได้รับแสงแดด
- เป็นฉนวนของเส้นประสาท
- ร่างกายสร้างได้เองแต่ไม่เพียงพอ พบมากในไข่แดง เครื่องในสัตว์และอาหารทะเล มีส่วนประกอบที่มาจากกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะเกาะตามผนังหลอดเลือด ซึ่งอาจทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด เกิดเป็นโรคความดันโลหิตสูง หัวใจขาดเลือด หรือถ้าเป็นหลอดเลือดในสมอง อาจทำให้เป็นอัมพาตได้

#### การใช้ประโยชน์จากไขมัน

- การผลิตสบู่ จากปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification) ได้จาก การต้มไขมันกับเบสแก่ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ / NaOH)



- ถ้าใช้น้ำมันจากพืชและสัตว์ผสมกัน จะได้สบู่ที่มีเนื้อนุ่มนวลน่าใช้
- สบู่ผลลลาโนลิน จะช่วยรักษาความชุ่มชื้นของผิวหนัง



- ไช (wax)

ในพืช จะเคลือบผิวผลไม้ ใบไม้ และก้าน

- เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ
- ป้องกันการทำลายจากเชื้อราและศัตรูพืช

ในสัตว์ จะเคลือบผิวหนังและขน

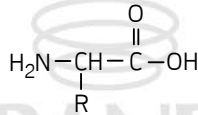
- ไชคาร์บูมาจากต้นปาล์มบราซิล และซีผึ้งจากรังผึ้งใช้เคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ รถยนต์
- ไชโจบาจากเมล็ดโจบา ใช้ทำเทียนไขและลิปสติก
- ไชลาโนลินจากขนสัตว์ ใช้ผสมในสบู่และครีมทาผิวเพื่อสร้างความชุ่มชื้นแก่ผิวพรรณ

### 3.2 โปรตีน

- เป็นสารประกอบที่มีขนาดใหญ่มากและโครงสร้างซับซ้อน
- เป็นองค์ประกอบหลักในร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อ กระดูก ผิวหนัง เลือด เอ็น อวัยวะ เส้นผม เล็บ
- ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ
- ช่วยในรักษาสมดุลน้ำและสมดุลกรด-เบส
- เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน เลือด และภูมิคุ้มกัน
- เป็นสารอาหารที่ให้พลังงาน โดย โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี โดยร่างกายต้องการ

โปรตีน วันละประมาณ 1 กรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

- หน่วยย่อยของโปรตีน คือ กรดอะมิโน (Amino Acid) ซึ่งประกอบด้วย



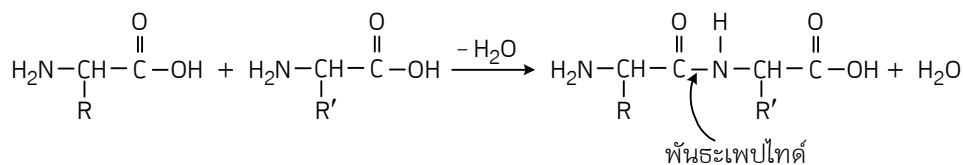
- หมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีสมบัติเป็นกรด
- หมู่อะมิโน (-NH<sub>2</sub>) มีสมบัติเป็นเบส

กรดอะมิโน มีทั้งหมด 22 ชนิด แบ่งเป็น

- กรดอะมิโนที่จำเป็น เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องกินจากอาหารเข้าไป มี 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน เวลีน ทรีโตนเฟน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน เมไทโอนีน ไลซีน ลิวซีน สำหรับเด็กทารก ต้องการกรดอะมิโน เพิ่มอีก 2 ชนิด คือ อาร์จินีน และฮีสตีดีน

- กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ได้เอง

โปรตีน เกิดจากกรดอะมิโนจำนวนมากกว่า 50 หน่วย มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (Peptide Bond) ซึ่งเป็นพันธะระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับหมู่อะมิโนของอีกโมเลกุลหนึ่ง



โปรตีนในธรรมชาติ มีมากมายหลายล้านชนิด มีหน้าที่การทำงานเฉพาะเจาะจง เนื่องจาก

- ความแตกต่างของชนิดของกรดอะมิโน
- ลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโน
- สัดส่วนการรวมตัวของกรดอะมิโน

โดยแบ่งเป็น

- โครงสร้างเป็นก้อน เช่น ฮีโมโกลบิน ซึ่งพบในเซลล์เม็ดเลือดแดง
- โครงสร้างเป็นเกลียว 3 เส้นพันกัน เช่น เคราติน ซึ่งพบในเล็บ ผม ขน

### คุณค่าของโปรตีน

เมื่อรับประทานโปรตีนเข้าไปในร่างกาย เอนไซม์เพปซินในกระเพาะอาหารจะย่อยสลายโปรตีนให้เล็กลง โดยการทำลายพันธะเพปไทด์จนได้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กที่ร่างกายสามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กได้ เพื่อเข้าสู่กระแสเลือด แล้วนำไปใช้ประโยชน์

- โปรตีนคุณภาพสูง คือ อาหารโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนและย่อยสลายได้ง่าย ได้แก่ โปรตีนจากสัตว์ เช่น เนื้อสัตว์ นม ไข่

- โปรตีนเกษตร คือ อาหารโปรตีนที่ได้จากพืช ซึ่งจะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นไม่ครบถ้วน เช่น ถั่วเหลือง ขาดเมไทโอนีนและทรีโตนิน ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ขาดไลซีน

- คุณค่าทางชีววิทยา หมายถึง คุณภาพของอาหารโปรตีนที่สามารถนำมาใช้สร้างเป็นเนื้อเยื่อได้ เช่น ไข่ มีคุณค่าทางชีววิทยา 100% แสดงว่า ถ้าเรารับประทานไข่เข้าไป ร่างกายสามารถนำไปสร้างเป็นเนื้อเยื่อได้หมด ร่างกายของคนแต่ละวัย ต้องการโปรตีนในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น

- เด็กอ่อน (ช่วงอายุ 3-12 เดือน) มีความต้องการโปรตีนสูงสุด (ประมาณ 2 เท่าของน้ำหนักตัว) รองลงมา คือ เด็กอายุ 1-6 ปี, 7-12 ปี และ 13-20 ปี ตามลำดับ

- หญิงมีครรภ์และหญิงให้นมบุตร ต้องการโปรตีนในปริมาณที่มากกว่าหญิงปกติทั่วไป

สารอาหารประเภทโปรตีน มีความจำเป็นต่อร่างกายและไม่สามารถทดแทนได้ด้วยสารอาหารชนิดอื่นๆ หากได้รับโปรตีนไม่เพียงพอ จะเกิดโรคขาดโปรตีน ถ้าขาดโปรตีนอย่างรุนแรง จะมีลักษณะพุพอง ก้นปอด กล้ามเนื้อลีบ เจริญเติบโตช้า น้ำหนักไม่ได้เกณฑ์ ผมห้างแดงและขาดง่าย มีอาการบวมหน้า ภูมิคุ้มกันต่ำ อ่อนล้า เชื่องซึม อ่อนเพลีย เกรงง่าย

การแปลงสภาพโปรตีน (Denaturation of Protein) คือ กระบวนการที่ทำให้โครงสร้างทางกายภาพของโปรตีนถูกทำลายจนเปลี่ยนสภาพไป ไม่สามารถทำงานได้เหมือนเดิม เช่น เกิดการแข็งตัว ตกตะกอน ไม่ละลายน้ำ ซึ่งมีสาเหตุดังนี้

- เมื่อได้รับความร้อน เช่น เนื้อไก่ที่ผ่านการทอดจนกรอบ การต้มไข่ การทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์ โดยการใช้ความร้อนในหม้อนึ่งอัดความดันที่อุณหภูมิ 120°C

- เมื่อได้รับสารละลายกรด-เบส เช่น การที่ผิวหนังโดนกรด การบีบมะนาวใส่ในเนื้อสัตว์ ทำให้เกิดตะกอนขุ่นขาว

- เมื่อได้รับไอออนของโลหะหนัก เช่น ไอออนของตะกั่ว สารหนู พรอท แคดเมียม จึงปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยการกินไข่ขาวดิบหรือนมสด เพื่อช่วยแก้พิษจากการกินยาฆ่าแมลง
- เมื่อสัมผัสกับตัวทำละลายบางชนิด เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ จึงใช้เช็ดผิวหนังผู้ป่วยก่อนฉีดยา เนื่องจากแอลกอฮอล์จะทำให้โปรตีนในแบคทีเรียเปลี่ยนแปลงสภาพ เกิดการแข็งตัว ซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อโรค

### 3.3 คาร์โบไฮเดรต

- ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช
- เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและกระดองสัตว์
- เป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกายสิ่งมีชีวิต โดยคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี
- ให้ความอบอุ่นและช่วยควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้คงที่
- เป็นอาหารที่จำเป็นของเซลล์และเนื้อเยื่อในสมอง
- ช่วยป้องกันกล้ามเนื้อ
- มีสูตรทั่วไปเป็น  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  และมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า แซ็กคาไรด์

แบ่ง 3 ประเภท ดังนี้

#### 3.3.1 มอโนแซ็กคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) แบ่งเป็น

- น้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$  เช่น ไรโบส
- น้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  แต่มีสูตรโครงสร้าง

ต่างกัน จึงมีสมบัติต่างกัน เช่น

- กลูโคส เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กที่สุดที่ร่างกายสามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ทันที พบในผลไม้ เช่น ฝรั่ง อ้อย น้ำผึ้ง ข้าวและผักต่างๆ
- ฟรุกโตส (ฟรักโทส) เป็นน้ำตาลที่มีรสหวานที่สุด (หวานกว่าน้ำตาลทราย 2 เท่า) พบในผลไม้ เช่น ส้ม แอปเปิ้ล น้ำผึ้ง ข้าวโพด
- กาแลกโทส เป็นน้ำตาลที่มีในน้ำนม (คน 7% วัว 5%)

#### หมายเหตุ

- เซลล์สมองและกล้ามเนื้อต้องใช้พลังงานจากน้ำตาลกลูโคส ดังนั้น ถ้าร่างกายมีน้ำตาลกลูโคสในเลือดต่ำกว่าปกติ คือ ต่ำกว่า 90-100 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้เกิดอาการวิงเวียน อ่อนเพลีย ไม่มีแรงและถ้าต่ำมากลงไปอีก อาจเป็นลมหมดสติ
- ผู้ป่วยที่ไม่สามารถรับประทานอาหารตามปกติได้หรือผู้ป่วยก่อนและหลังผ่าตัด จะได้รับน้ำเกลือผสมสารละลายน้ำตาลกลูโคส 0.6-0.9% เข้าทางเส้นเลือด
- น้ำตาลกลูโคสและฟรักโทส เมื่อนำมาหมักกับยีสต์จะเกิดการย่อยสลายเปลี่ยนเป็นเอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล

### 3.3.2 ไดแซ็กคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลคู่)

● เกิดจาก น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุล มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี พบมากที่สุด มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_{12}H_{22}O_{11}$

- กลูโคส + กลูโคส = มอลโทส พบในข้าว เมล็ดพืช ใช้ในการทำเบียร์ อาหารทารก
- กลูโคส + ฟรักโตส = ซูโครส หรือน้ำตาลทราย พบมากในอ้อย
- กลูโคส + กาแลกโทส = แล็กโทส พบมากในน้ำนม

หมายเหตุ : แซ็กคารินหรือซัณฑลกร เป็นสารให้ความหวาน 300 เท่าของน้ำตาลทราย แต่ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง

### 3.3.3 พอลิแซ็กคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลใหญ่)

เป็นคาร์โบไฮเดรต ที่ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสจำนวนมากมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ไม่ละลายน้ำ ไม่มีรสหวาน แบ่งเป็น

● แป้ง เกิดจากกลูโคสหลายพันโมเลกุลมาต่อเชื่อมกัน โดยมีโครงสร้างแบบสายยาว พบมากในพืชประเภทเมล็ดและหัว (ข้าวเจ้า 75% ข้าวโพด 50%)

- ละลายน้ำได้เล็กน้อย
- ร่างกายย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ที่มีในน้ำลาย (อะไมเลส) และน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร
- เมื่อแป้งถูกความร้อนจะกลายเป็นเด็คซ์ตริน มีรสหวานเล็กน้อย เหนียวแบบกาว

● เซลลูโลส เกิดจากกลูโคสประมาณ 50,000 โมเลกุล มาเชื่อมต่อกันแบบสายยาว แต่ละลายเรียงขนานกันและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสาย ทำให้มีลักษณะเป็นเส้นใย เป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุด ในธรรมชาติและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ในพืช พบในต้นไม้หรือลำต้นพืช

- ไม่ละลายน้ำ
- ร่างกายคนไม่สามารถย่อยสลายได้ แต่วัว ควาย ม้า และสัตว์กบ ในลำไส้จะมีแบคทีเรียและในกระเพาะมีเอนไซม์เซลลูเลสที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นกลูโคสได้
- ช่วยกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่เคลื่อนไหว บางชนิดดูดซับน้ำได้ดี จึงทำให้อุจจาระอ่อนนุ่ม จึงขับถ่ายได้ง่าย ท้องไม่ผูก ลดการเกิดโรคริดสีดวงทวาร ผนังลำไส้โป่งพอง มะเร็งลำไส้ใหญ่
- ช่วยดูดซับกลูโคสและคอเลสเตอรอล ไม่ให้ถูกดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้

● ไกลโคเจน เกิดจากกลูโคสจำนวนมากเป็นเส้นสั้นโมเลกุลมาต่อกัน มีโครงสร้างแบบกิ่งก้านสาขา เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดใหญ่ที่สุด โดยสะสมอยู่ในเซลล์ของสัตว์ พบมากในตับและกล้ามเนื้อ

เมื่อแป้งย่อยสลายจนได้กลูโคส และจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก เพื่อไปใช้สลายเป็นพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการ อีกส่วนหนึ่งจะถูกลำเลียงไปเก็บไว้ที่ตับ เพื่อนำไปใช้ในการรักษาระดับกลูโคสในเลือด และส่งไปเลี้ยงสมอง ส่วนที่เหลือจะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจน ไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ

เมื่อร่างกายขาดแคลนพลังงาน ไกลโคเจนที่สะสมไว้จะถูกนำมาสลายเป็นกลูโคส โดยทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนที่หายใจเข้าไป ทำให้ได้พลังงานออกมา เรียกว่า ปฏิกิริยาการหายใจระดับเซลล์

ฮอร์โมนอินซูลิน ทำหน้าที่ ปรับกลูโคสในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ คือ ถ้ามีกลูโคสในเลือดมาก อินซูลินจะกระตุ้นให้กลูโคสเปลี่ยนเป็นไกลโคเจน เก็บสะสมไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ

ดังนั้น ถ้าร่างกายขาดฮอร์โมนอินซูลิน ก็จะไม่เกิดการสร้างไกลโคเจน ทำให้ระดับกลูโคสในเลือดมี ปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนที่เกินจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ ซึ่งก็คือ อาการของโรคเบาหวาน

กรณีที่ผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานรุนแรง แพทย์จะทำการฉีดฮอร์โมนอินซูลินเข้าที่ใต้ผิวหนัง เพื่อกระตุ้น ให้ร่างกายได้นำกลูโคสส่วนเกินไปใช้

#### หมายเหตุ

- โคติน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ที่พบในเปลือกของแมลง หอย กุ้ง ปู เป็นสารที่พบเป็นอันดับสองรอง จากเซลลูโลส นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอางได้

- แอสปาร์แทมหรือน้ำตาลเทียม เป็นสารให้ความหวาน 160 เท่าของน้ำตาลทราย สำหรับ ผู้ต้องการลดความอ้วนและผู้ต้องการควบคุมน้ำตาล

เมื่อร่างกายต้องการพลังงาน จะเกิดการสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานในอันดับแรก หากพลังงาน ยังไม่เพียงพอ ร่างกายจะสลายไขมัน และโปรตีน ตามลำดับ

ดังนั้น ถ้าต้องการลดความอ้วน จึงควรลดอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งและน้ำตาล เพื่อให้ ร่างกายสลายไขมัน

#### การทดสอบสารชีวโมเลกุล

• โปรตีน สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ในสภาพที่เป็นเบส (โซเดียมไฮดรอกไซด์) จะให้สารที่มีสีม่วงหรือชมพู

- น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ (สีฟ้า) จะได้ตะกอนสีแดงอิฐ
- แป้ง สามารถทำปฏิกิริยากับทิงเจอร์ไอโอดีน (สีน้ำตาล) จะได้สารที่มีสีน้ำเงิน
- แป้ง เต็มกรดไฮโดรคลอริก สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ จะได้ตะกอนสีแดงอิฐ

### 3.4 กรดนิวคลีอิก

แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic acid : DNA) พบในนิวเคลียสของเซลล์ ทำหน้าที่ เป็นสารพันธุกรรม

- กรดไรโบนิวคลีอิก (Ribonucleic acid : RNA) พบในนิวเคลียสและไซโทพลาสซึมของเซลล์ ทำหน้าที่ ในการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์

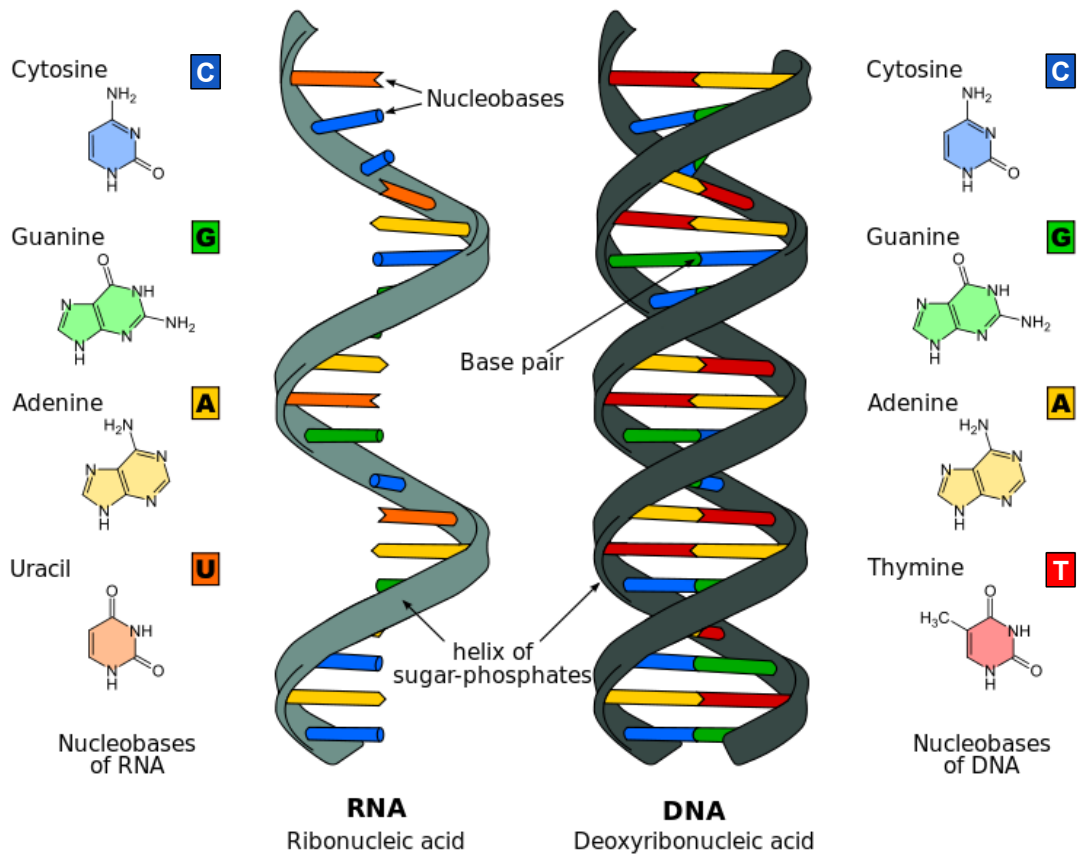
ประกอบด้วยหน่วยย่อย เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. โมเลกุลน้ำตาลไรโบส
2. ไนโตรเจน - เบส
3. หมู่ฟอสเฟต

DNA ประกอบด้วย นิวคลีโอไทด์ ตั้งแต่แสนถึงหลายล้านหน่วย มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี เกิดเป็นสายยาว 2 สายพันกันเป็นเกลียว โดยเกาะกันด้วยคู่ของไนโตรเจนเบสที่เฉพาะเจาะจง คือ

- อะดีนีน (A) กับไทมีน (T)
- กวานีน (G) กับไซโตซีน (C)

RNA ประกอบด้วย นิวคลีโอไทด์มาเชื่อมต่อกันเพียง 1 สาย โดยมีไนโตรเจนเบส คือ อะดีนีน (A) กวานีน (G) ไซโตซีน (C) และ ยูราซิล (U)



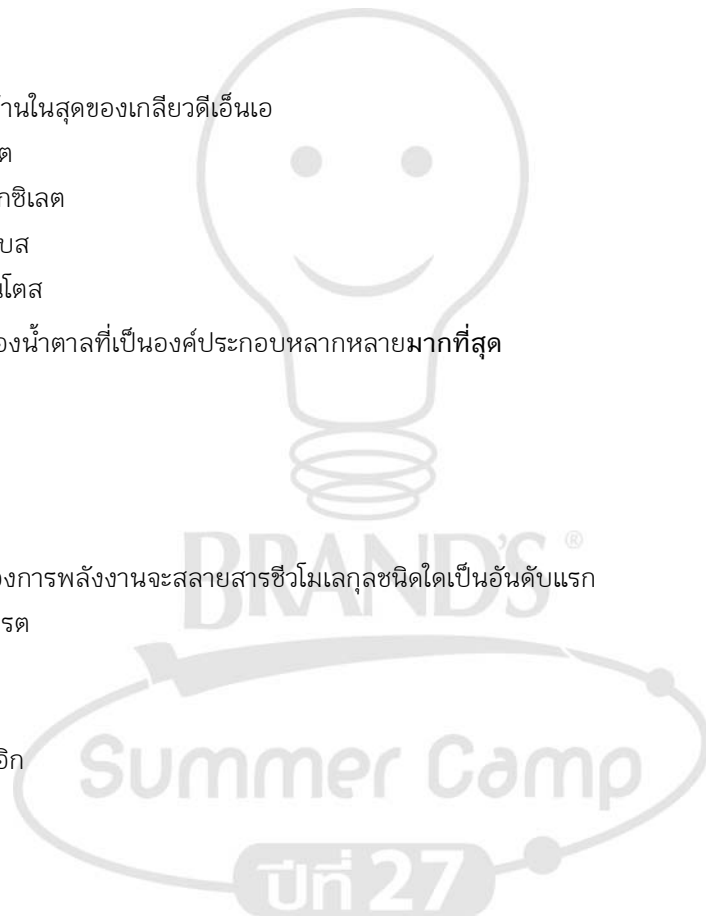
## แบบฝึกหัด

พิจารณตารางต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 1-2

| กรดไขมัน | สูตรโครงสร้างอย่างง่าย  | จุดหลอมเหลว (°C) |
|----------|---|------------------|
| A        | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$  | 63               |
| B        | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$  | 70               |
| C        | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$                                 | 13               |
| D        | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ | -9               |

- ข้อใดไม่ใช่ข้อสรุปที่ได้จากตารางข้อมูลนี้
  - กรดไขมัน A และ B เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง
  - ในน้ำมันสัตว์มีกรดไขมัน A และ B มากกว่ากรดไขมัน C และ D
  - กรดไขมัน C และ D เกิดกลิ่นเหม็นหืนยาก
  - กรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่มากกว่าจะมีจุดหลอมเหลวน้อยกว่า หากมีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน
- ข้อใดผิดเกี่ยวกับบิอินซูลิน
  - เป็นโปรตีน
  - เป็นฮอร์โมน
  - ใช้ฉีดให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานบางชนิด
  - กระตุ้นให้ไกลโคเจนเปลี่ยนเป็นกลูโคส
- เซลล์โลสและแบ่งเหมือนกันอย่างไร
  - เป็นแหล่งพลังงานให้ร่างกาย
  - ช่วยกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่เคลื่อนไหว
  - ชนิดของมอนอแซ็กคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบ
  - พันธะเคมีระหว่างมอนอแซ็กคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบ
- สารในข้อใดให้ตะกอนสีแดงอิฐ เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์
  - ข้าวสวย
  - น้ำมันพืช
  - ไข่ดาว
  - กลูโคส

5. อาหารในข้อใดมีคุณค่าทางชีววิทยาของโปรตีนสูงสุด
  - 1) ถั่วลิสง
  - 2) ข้าวเจ้า
  - 3) ไข่
  - 4) เนื้อหมู
6. ไนโตรเจนเบสชนิดใดไม่พบในกรดไรโบนิวคลีอิก
  - 1) ไทมีน
  - 2) ยูราซิล
  - 3) กวานีน
  - 4) ไซโตซีน
7. ส่วนใดพบอยู่ด้านในสุดของเกลียวดีเอ็นเอ
  - 1) หมูฟอสเฟต
  - 2) หมูคาร์บอกซิเลต
  - 3) ไนโตรเจนเบส
  - 4) น้ำตาลเพนโตส
8. สารใดมีชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลากหลายมากที่สุด
  - 1) เซลลูโลส
  - 2) แล็กโตส
  - 3) มอลโตส
  - 4) ไกลโคเจน
9. เมื่อร่างกายต้องการพลังงานจะสลายสารชีวโมเลกุลชนิดใดเป็นอันดับแรก
  - 1) คาร์โบไฮเดรต
  - 2) ไขมัน
  - 3) โปรตีน
  - 4) กรดนิวคลีอิก





## เฉลย

1. 3) 2. 4) 3. 3) 4. 4) 5. 3) 6. 1) 7. 3) 8. 2) 9. 1)

1. **เฉลย 3)** กรดไขมัน C และ D เกิดกลืนหมึ้นหีนยาก  
กรดไขมัน C และ D มีพันธะคู่ แสดงว่า เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะสามารถทำปฏิกิริยากับ แก๊สออกซิเจนได้ง่าย ทำให้เกิดกลืนหมึ้นหีนได้ง่าย
2. **เฉลย 4)** กระตุ้นให้ไกลโคเจนเปลี่ยนเป็นกลูโคส  
อินซูลิน เป็นฮอร์โมนที่ช่วยกระตุ้นให้น้ำตาลกลูโคสในเลือดเปลี่ยนเป็นไกลโคเจน ทำให้ระดับ น้ำตาลในเลือดลดลง ดังนั้นถ้าขาดฮอร์โมนอินซูลิน จะทำให้เป็นโรคเบาหวาน  
ฮอร์โมนทุกชนิด เป็นสารประเภทโปรตีน
3. **เฉลย 3)** ชนิดของมอนอแซ็กคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบ  
แป้งและเซลลูโลส เกิดจาก กลูโคสจำนวนมากมารวมกัน โดยแป้ง เป็นแหล่งพลังงานให้ ร่างกาย ส่วนเซลลูโลสร่างกายคนย่อยสลายไม่ได้ แต่จะช่วยกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่เคลื่อนไหว มีประโยชน์ต่อ ระบบขับถ่าย
4. **เฉลย 4)** กลูโคส  
สารที่ให้ตะกอนสีแดงอิฐ เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ คือ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว
5. **เฉลย 3)** ไข่  
คุณค่าทางชีววิทยา คือ คุณภาพของอาหารประเภทโปรตีนที่ใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ โดยไข่ สามารถสร้างเนื้อเยื่อได้ 100%
6. **เฉลย 1)** ไทมีน  
ไนโตรเจนเบส ที่พบในกรดไรโบนิวคลีอิกหรือ RNA คือ อะดีนีน ยูราซิล กวานีน ไซโตซีน
7. **เฉลย 3)** ไนโตรเจนเบส  
DNA ประกอบด้วย พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายพันเป็นเกลียววนขวา โดยด้านในสุดจะเกาะกันด้วย คู่ไนโตรเจนเบสที่เหมาะสม
8. **เฉลย 2)** แลคโตส  
แลคโตส ประกอบด้วย น้ำตาล 2 ชนิด คือ กลูโคสและกาแลคโตส ส่วนมอลโตส เซลลูโลส และ ไกลโคเจน จะเกิดจากน้ำตาลกลูโคสเท่านั้น
9. **เฉลย 1)** คาร์โบไฮเดรต  
คาร์โบไฮเดรต เป็นแหล่งพลังงานหลักของสิ่งมีชีวิต ซึ่งร่างกายจะสลายนำมาใช้เป็นอันดับแรก เช่น คน จะได้พลังงานหลักมาจากการกินข้าว (แป้ง)

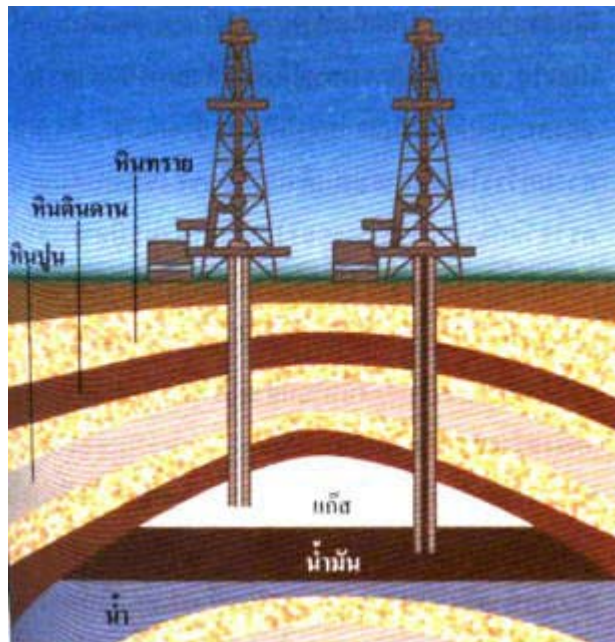
# บทที่ 4 ปิโตรเลียม

## 4.1 การเกิดและแหล่งปิโตรเลียม

ปิโตรเลียม จัดเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ เกิดจาก ซากพืช ซากสัตว์ที่ตายทับถม อยู่ใต้ทรายและโคลนตมเป็นเวลานาน จนถูกย่อยสลายเกิดเป็นธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน เมื่อถูกกดทับอยู่ใต้ เปลือกโลกที่มีความดันและอุณหภูมิสูง จะรวมตัวกันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดปะปนกัน

- มีสถานะเป็นของเหลว คือ น้ำมันดิบหรือน้ำมันปิโตรเลียม
- มีสถานะเป็นแก๊ส คือ แก๊สธรรมชาติ

ปิโตรเลียมถูกกักเก็บภายใต้พื้นโลกในชั้นหินทรายที่อยู่ระหว่างชั้นหินดินดานที่โค้งตัวขึ้นเป็นรูปกระทะคว่ำ ที่ระดับความลึกประมาณ 1-3 กิโลเมตรจากผิวโลก เนื่องจาก

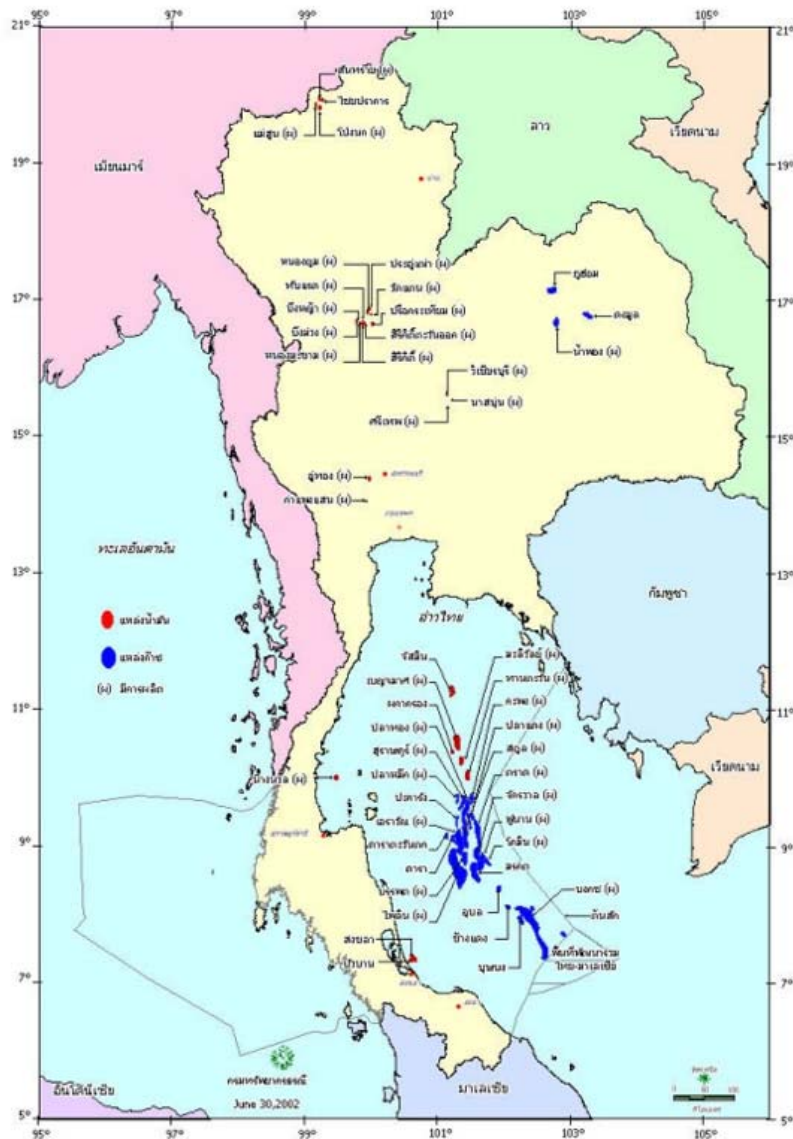


หินทราย เป็นหินมีรูพรุนจึงยอมให้น้ำและปิโตรเลียมซึมผ่านได้ง่าย ปิโตรเลียมจึงสามารถแทรกอยู่ใน ช่องว่างระหว่างเม็ดทราย

หินดินดาน เป็นหินทึบ จึงเป็นตัวกักเก็บและป้องกันการระเหยของปิโตรเลียม การสำรวจปิโตรเลียมเบื้องต้น คือ

- การสำรวจทางธรณีวิทยา ด้วยการถ่ายภาพทางอากาศ
- การสำรวจธรณีพื้นผิว โดยการเก็บตัวอย่างหิน ศึกษาลักษณะของหิน วิเคราะห์ซากพืชซากสัตว์ที่อยู่ในหิน เพื่อช่วยคาดคะเนโอกาสพบโครงสร้างและชนิดของหินที่เอื้ออำนวยต่อการกักเก็บปิโตรเลียม โดยใช้ เครื่องมือตรวจสอบทางธรณีวิทยา เช่น เครื่องมือวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน

- การสำรวจด้วยการวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก เพื่อทราบชนิดของชั้นหินใต้ผิวโลก จะช่วยกำหนดขอบเขตและโครงสร้างของแอ่งใต้ผิวดิน
  - การสำรวจด้วยการวัดคลื่นไหวสะเทือน จะช่วยบอกให้ทราบตำแหน่ง รูปร่าง ลักษณะและโครงสร้างของชั้นหินใต้ดิน
  - การเจาะสำรวจ เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ
- ประเทศไทยพบแหล่งน้ำมันดิบครั้งแรกที่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ (พ.ศ. 2464) ต่อมาพบที่อำเภอ ลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร เรียกว่า แหล่งสิริกิติ์ ซึ่งสามารถลั่นน้ำมันได้ประมาณ 20,000 บาเรลต่อวัน (1 บาร์เรล มีค่าเท่ากับ 158.987 ลิตร)



แผนที่การค้นพบปิโตรเลียมในประเทศไทย

## 4.2 การกลั่นน้ำมันดิบและผลิตภัณฑ์

น้ำมันดิบ ส่วนมากมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาล มีสมบัติแตกต่างกันตามแหล่งที่พบ ประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 85-90, ไฮโดรเจนร้อยละ 10-15, กำมะถันร้อยละ 0.001-7 และออกซิเจนร้อยละ 0.001-5 นอกนั้นเป็น ไนโตรเจนและโลหะอื่นๆ

การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เรียกว่า การกลั่นลำดับส่วน มีหลักการ คือ

- ให้ความร้อนแก่น้ำมันดิบ จนมีอุณหภูมิสูงประมาณ 350-400°C
- ฉีดน้ำมันดิบเข้าทางด้านล่างของหอกกลั่น ซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงสุด และจะมีอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ ตามความสูงของหอกกลั่น

• สารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างๆ จะระเหยลอยขึ้นด้านบนและควบแน่นเป็นของเหลวในแต่ละช่วงของหอกกลั่น ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีช่วงจุดเดือดลดหลั่นลงมา ตามลำดับ ดังนี้

- ด้านบนสุดของหอกกลั่น จะได้สารที่มีสถานะเป็นแก๊สออกมา ซึ่งจะมีจุดเดือดต่ำและมีปริมาณคาร์บอนน้อย เรียงตามลำดับ คือ แก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) แก๊สอีเทน ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) แก๊สโพรเพน ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) แก๊สบิวเทน ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )

- ตรงกลางของหอกกลั่น จะได้สารที่มีสถานะเป็นของเหลว เรียงตามลำดับ คือ น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเตา

- ด้านล่างของหอกกลั่น จะได้สารที่มีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งมีจุดเดือดสูง และมีปริมาณคาร์บอนมาก เรียงตามลำดับ คือ ไข ยางมะตอย

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม สมบัติ และการใช้ประโยชน์

| ผลิตภัณฑ์ที่ได้ | จุดเดือด (°C) | สถานะ            | จำนวน C | การใช้ประโยชน์                        |
|-----------------|---------------|------------------|---------|---------------------------------------|
| แก๊สปิโตรเลียม  | < 30          | แก๊ส             | 1-4     | ทำสารเคมี เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม        |
| แนฟทาเบา        | 30-110        | ของเหลว          | 5-7     | ตัวทำละลาย                            |
| แนฟทาหนัก       | 65-170        | ของเหลว          | 6-12    | น้ำมันเบนซิน                          |
| น้ำมันก๊าด      | 170-250       | ของเหลว          | 10-14   | น้ำมันก๊าด เชื้อเพลิงเครื่องยนต์ไอพ่น |
| น้ำมันดีเซล     | 250-340       | ของเหลว          | 14-19   | เครื่องยนต์ดีเซล                      |
| น้ำมันหล่อลื่น  | > 350         | เหลวข้น          | 19-35   | น้ำมันหล่อลื่น                        |
| น้ำมันเตา       | > 400         | เหลวหนืด         | 35-40   | เชื้อเพลิงเครื่องจักร                 |
| ไข              | > 400         | กึ่งแข็งกึ่งเหลว | 40-50   | ใช้ทำเทียนไข เครื่องสำอาง จารบี       |
| ยางมะตอย        | > 400         | กึ่งแข็งกึ่งเหลว | > 50    | ยางมะตอย                              |

### 4.3 การแยกแก๊สธรรมชาติและผลิตภัณฑ์

ประเทศไทยพบในบริเวณอ่าวไทย ในปี พ.ศ. 2516 และมีปริมาณมากพอในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ยังพบที่อำเภอหน้าพอง จังหวัดขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2524

ประกอบด้วย สารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 1 อะตอม เรียกว่า แก๊สมีเทน ซึ่งพบประมาณร้อยละ 80-95 นอกนั้นเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 2 - 5 อะตอม

การนำมาใช้ประโยชน์ต้องขุดเจาะขึ้นมา ซึ่งมีทั้งของเหลวและก๊าซผสมกัน จึงต้องแยกออกจากกัน แล้วส่งแก๊สไปกำจัดสารเจือปน เช่น ไบโพรท  $CO_2$  และน้ำ จากนั้นผ่านแก๊สเข้าสู่หอกลั่นเพื่อแยกเป็นแก๊สชนิดต่างๆ

### 4.4 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

คือ สารที่ประกอบด้วยธาตุ C และ H เท่านั้น

- เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ
- เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้ดี แบ่งเป็น
  - ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว คือ มีพันธะระหว่างคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด มีสูตรเป็น  $C_nH_{2n+2}$  (เมื่อ n คือ จำนวนอะตอมคาร์บอน)

- ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว คือ มีพันธะระหว่างคาร์บอนเป็นพันธะคู่ ( $C_nH_{2n}$ ) หรือพันธะสาม ( $C_nH_{2n-2}$ )

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นประเภทอิ่มตัว

ปฏิกิริยาเผาไหม้ หมายถึง ปฏิกิริยาระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนกับแก๊สออกซิเจน แบ่งเป็น

- การเผาไหม้สมบูรณ์ เกิดขึ้นเมื่อมีแก๊สออกซิเจนเพียงพอ จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำออกมา โดยไม่มีเถ้าถ่าน แก๊สพิษ หรือฝุ่นละอองเกิดขึ้น มีสูตรทั่วไป คือ



เช่น แก๊สมีเทน จะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงจัดเป็นพลังงานสะอาด เพราะไม่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

- การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดขึ้นเมื่อมีแก๊สออกซิเจนน้อย ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นมา ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ

ถ้าได้รับมากเกินไปอาจเสียชีวิต เพราะแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะไปจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงทำให้เลือดลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์ได้น้อยลง และรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์มายังปอดได้น้อยลง

ในกรณีไฟไหม้ จะมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เขม่าและแก๊สพิษเกิดขึ้น เมื่อเราหายใจเข้าไปจะส่งผลให้ร่างกายขาดออกซิเจน จึงควรป้องกันโดยการใช้ผ้าชุบน้ำเปียกปิดจมูกและปาก ทำตัวให้ต่ำแล้วออกจากบริเวณนั้นโดยเร็ว

## 4.5 เชื้อเพลิงในชีวิตประจำวัน

- แก๊สมีเทน เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในรถยนต์ เรียกว่า แก๊สธรรมชาติ สำหรับยานยนต์ : NGV ( Natural Gas for Vehicles) หรือแก๊สธรรมชาติอัด : CNG (Compress Natural Gas) เพื่อลดมลพิษจากไอเสีย

- แก๊สหุงต้ม ประกอบด้วย แก๊สโพรเพน ( $C_3H_8$ ) และแก๊สบิวเทน ( $C_4H_{10}$ ) ที่ถูกอัดด้วยความดันสูงจนทำให้มีสถานะเป็นของเหลว หรือเรียกว่า LPG (Liquified Petroleum Gas)

- น้ำมันเบนซิน เป็นของผสมระหว่างไอโซออกเทน ( $C_8H_{18}$ ) และเฮปเทน ( $C_7H_{16}$ ) เป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เลขออกเทน (Octane Number) เป็นตัวเลขบอกคุณภาพของน้ำมันเบนซิน โดยกำหนดให้

: ไอโซออกเทนบริสุทธิ์ มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดี ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ เป็นเลขออกเทน 100

: นอร์มอลเฮปเทนบริสุทธิ์ มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ดี ทำให้เครื่องยนต์เกิดการกระตุก เป็นเลขออกเทน 0 ตัวอย่างเช่น

เลขออกเทน 95 หมายถึง น้ำมันเบนซินที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้เหมือนกับของผสมที่มีอัตราส่วนของไอโซออกเทน 95 ส่วน และเฮปเทน 5 ส่วน

แต่น้ำมันที่กลั่นได้ จะมีเลขออกเทนต่ำกว่า 75 จึงต้องมีการเติมสารเพื่อเพิ่มเลขออกเทน เช่น

- สารเตตระเมทิลเลดหรือเตตระเอทิลเลด แต่เมื่อเผาไหม้จะมีไอตะกั่วออกมา จึงมีการห้ามใช้สารนี้ในปัจจุบัน

- เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (MTBE) ปัจจุบันใช้สารนี้ เรียกว่า น้ำมันไร้สารตะกั่ว

- น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล บอกคุณภาพโดยใช้เลขซีเทน โดยเปรียบเทียบกับ

: ซีเทนบริสุทธิ์ มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดี เป็นเลขซีเทน 100

: แอลฟาเมทิลแนฟทาซีนบริสุทธิ์ มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ดี เป็นเลขซีเทน 0

- เชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน ปัจจุบันมีปริมาณลดลง โดยมีการประเมินว่า ปิโตรเลียมจะมีใช้ได้อีก 50 ปี ส่วนถ่านหิน จะมีใช้ได้อีก 80-90 ปี แต่เชื้อเพลิงฟอสซิล ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศมาก

- พลังงานทดแทน มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง 2 ประการ คือ

- ควรเป็นพลังงานสะอาด ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม หรือมีผลน้อยมาก

- เป็นพลังงานที่ใช้ได้อย่างยั่งยืน หรือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์

โดยพลังงานความร้อนเพียง 1% ที่ส่งมอบประเทศไทย สามารถนำมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า ได้เทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดิบ 5-7 ล้านตันต่อปี

การผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตร เพื่อนำมาผสมกับน้ำมันเบนซิน ในอัตราส่วน 1 : 9 เรียกว่า แก๊สโซฮอลล์ จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซิน 95

## แบบฝึกหัด

- ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม
  - 1) สารที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยๆ จะออกมาด้านล่างของหอกลั่น
  - 2) โรงกลั่นน้ำมันส่วนใหญ่ในประเทศไทย มักอยู่ใกล้แหล่งน้ำมันดิบ
  - 3) ใช้แยกสารไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่ 1 ไปจนถึงมากกว่า 50 อะตอม
  - 4) เป็นการให้ความร้อนแก่น้ำมันดิบ 150-200°C แล้วจึงฉีดเข้าหอกลั่นที่มีอุณหภูมิลดหลั่นกัน
- กระทรวงพลังงานส่งเสริมการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับรถยนต์ (เอ็นจีวี) แทนน้ำมันเบนซินโดยเฉพาะกับรถแท็กซี่ แก๊สธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์คือแก๊สอะไร
  - 1) โพรเพน
  - 2) บิวเทน
  - 3) มีเทน
  - 4) อีเทน
- ข้อใดผิดเกี่ยวกับแก๊สหุงต้ม
  - 1) ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม
  - 2) ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติ
  - 3) ขายในรูปของเหลวบรรจุถังเหล็ก
  - 4) เป็นของผสมระหว่างโพรเพนและมีเทน
- ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
  - 1) ให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ
  - 2) ไม่มีเถ้าหรือฝุ่นละอองเกิดขึ้น
  - 3) ต้องมีปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เพียงพอ
  - 4) เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนกับออกซิเจน
- ข้อใดผิด
  - 1) การผลิตไบโอดีเซลใช้ปฏิกิริยาการเตรียมเอสเทอร์
  - 2) แก๊สโซฮอล์เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล
  - 3) เมล็ดสบู่ดำเป็นส่วนหนึ่งของพืชที่นำมาเตรียมเป็นแก๊สโซฮอล์ได้
  - 4) ไบโอดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์
- ข้อใดกล่าวถึงเลขออกเทนไม่ถูกต้อง
  - 1) เป็นตัวแสดงคุณภาพของน้ำมันดีเซลและเบนซิน
  - 2) น้ำมันไร้สารตะกั่วมีการเติมเมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ เพื่อเพิ่มเลขออกเทน
  - 3) สารเตตระเมทิลเลดช่วยเพิ่มเลขออกเทน แต่การเผาไหม้จะให้ไอของตะกั่ว
  - 4) น้ำมันที่มีเลขออกเทน 95 มีประสิทธิภาพการเผาไหม้เหมือนกับของผสมที่มีไอโซออกเทน 95% และนอร์มอลเฮปเทน 5%

7. น้ำมันชนิดใดมีจุดเดือดต่ำที่สุด
- 1) น้ำมันก๊าด
  - 2) น้ำมันเบนซิน
  - 3) น้ำมันดีเซล
  - 4) น้ำมันหล่อลื่น
8. น้ำมันเบนซินที่มีเลขออกเทนเป็น 75 มีประสิทธิภาพการเผาไหม้เหมือนของผสมของไอโซออกเทน 75 ส่วนกับสารใดอีก 25 ส่วน
- 1) เอทานอล
  - 2) เฮปเทน
  - 3) ซีเทน
  - 4) เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์





## เฉลย

1. 3) 2. 3) 3. 4) 4. 1) 5. 3) 6. 1) 7. 2) 8. 2)

1. **เฉลย 3)** ใช้แยกสารไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่ 1 ไปจนถึงมากกว่า 50 อะตอม  
การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เรียกว่า การกลั่นลำดับส่วน โดยเป็นการให้ความร้อนแก่น้ำมันดิบ 350-400°C แล้วจึงฉีดเข้าหอกลั่นที่มีอุณหภูมิลดหลั่นกัน สารที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยๆ จะออกมา ด้านบนของหอกลั่น  
โรงกลั่นน้ำมันส่วนใหญ่ในประเทศไทย มักอยู่ใกล้แหล่งแก๊ส เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งแก๊ส ที่ให้ปริมาณแก๊สมากกว่าปริมาณน้ำมันจากแหล่งน้ำมัน เช่น โรงกลั่นมาบตาพุด จ.ระยอง โรงกลั่นขอนแก่น นครศรีธรรมราช ซึ่งอยู่ใกล้แหล่งแก๊สบงกช กลางอ่าวไทย
2. **เฉลย 3)** มีเทน  
แก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ใช้เป็นแก๊สธรรมชาติสำหรับรถยนต์ (เอ็นจีวี) แทนน้ำมันเบนซิน
3. **เฉลย 4)** เป็นของผสมระหว่างโพรเพนและมีเทน  
แก๊สหุงต้ม เป็นของผสมระหว่างโพรเพนและบิวเทน
4. **เฉลย 1)** ให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ  
ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนกับออกซิเจน โดยมี ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เพียงพอ ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยไม่มีเถ้าหรือฝุ่นละอองเกิดขึ้น
5. **เฉลย 3)** เมล็ดสับดูดำเป็นส่วนของพืชที่นำมาเตรียมเป็นแก๊สโซฮอลล์ได้  
ผิด เพราะเมล็ดสับดูดำเป็นส่วนของพืชที่นำมาเตรียมเป็นไบโอดีเซล
6. **เฉลย 1)** เป็นตัวแสดงคุณภาพของน้ำมันดีเซลและเบนซิน  
เลขออกเทน เป็นตัวเลขแสดงคุณภาพของน้ำมันเบนซิน  
เลขซีเทน เป็นตัวเลขแสดงคุณภาพของน้ำมันดีเซล
7. **เฉลย 2)** น้ำมันเบนซิน  
น้ำมันที่มีจุดเดือดต่ำ จะกลั่นตัวออกมาก่อน เรียงตามลำดับ ดังนี้ เบนซิน ก๊าด ดีเซล หล่อลื่น เตา
8. **เฉลย 2)** เฮปเทน  
น้ำมันเบนซิน เป็นของผสมระหว่างไอโซออกเทนกับเฮปเทน

## บทที่ 5 พอลิเมอร์

คือ สารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยซ้ำ ๆ กัน จำนวนมากมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี ซึ่งเรียกว่า มอนอเมอร์

- : ถ้ามอนอเมอร์เป็นสารชนิดเดียวกัน เรียกว่า โฮโมพอลิเมอร์ เช่น แป้ง เซลลูโลส ยางพารา
- : ถ้ามอนอเมอร์เป็นสารต่างชนิดกัน เรียกว่า โค-พอลิเมอร์ หรือพอลิเมอร์ร่วม เช่น โพรตีน

### 5.1 พอลิเมอร์ธรรมชาติ และพอลิเมอร์สังเคราะห์

- พอลิเมอร์ธรรมชาติ คือ พอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แป้ง เซลลูโลส โพรตีน กรดนิวคลีอิก ยางพารา
- พอลิเมอร์สังเคราะห์ คือ การนำมอนอเมอร์มาทำปฏิกิริยาเคมี ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม จนเกิดเป็นสารที่มีขนาดใหญ่ เช่น เส้นใยสังเคราะห์ ยางสังเคราะห์ พลาสติก

### 5.2 การเกิดพอลิเมอร์

กระบวนการเกิดพอลิเมอร์ เรียกว่า ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) แบ่งเป็น

- แบบควบแน่น เกิดจาก มอนอเมอร์รวมตัวกันทางเคมีในสภาวะที่เหมาะสม แล้วได้พอลิเมอร์และสารโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำหรือสารอื่นเกิดขึ้นด้วย เช่น การเกิดแป้ง เกิดจากกลูโคสจำนวนมากมารวมตัวกันทางเคมี  
$$\text{กลูโคส} + \text{กลูโคส} + \text{กลูโคส} + \dots \rightarrow \text{แป้ง} + \text{น้ำ}$$

นอกจากนี้ ยังมีพอลิเมอร์อื่นๆ อีก เช่น เซลลูโลส โพรตีน ไนลอน

- แบบเติม เกิดจาก มอนอเมอร์รวมตัวกันทางเคมีในสภาวะที่เหมาะสม แล้วได้พอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีสารอื่นเกิดขึ้นด้วย เช่น การเกิดพอลิเอทิลีน เกิดจาก เอทิลีนจำนวนมากมารวมตัวกันทางเคมี  
$$\text{เอทิลีน} + \text{เอทิลีน} + \text{เอทิลีน} + \dots \rightarrow \text{พอลิเอทิลีน}$$

สารมอนอเมอร์ส่วนใหญ่เป็นไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นปิโตรเลียมและการแยกแก๊สธรรมชาติ เช่น

- เอทิลีน เป็นมอนอเมอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุดได้มาจากการแยกแก๊สธรรมชาติ ซึ่งเมื่อรวมตัวกันแบบเติมได้เป็นพอลิเอทิลีน เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นของแข็งสีขาว มีความเหนียวและไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีนำมาหลอมแล้วขึ้นรูปได้ เช่น ถุง ขวดใส่น้ำ สายยาง ฟิล์ม ของเล่น ถาดทำน้ำแข็ง แผ่นฟิล์มห่อของ
- เมื่อนำเอทิลีนมาทำปฏิกิริยากับฟลูออรีน จะได้เตตระฟลูออโรเอทิลีน ซึ่งรวมตัวกันแบบเติมเกิดเป็นพอลิเมอร์ คือ พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน หรือเรียกว่า เทฟลอน ใช้เคลือบภาชนะหุงต้ม ช่วยป้องกันไม่ให้อาหารติดภาชนะ
- เมื่อนำเอทิลีนมาทำปฏิกิริยากับคลอรีน จะได้ไวนิลคลอไรด์ ซึ่งรวมตัวกันแบบเติมเกิดเป็นพอลิเมอร์ คือ พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) หรือเรียกว่า PVC มีความทนทานต่อกรด-เบส และสารเคมีต่างๆ ได้ดี แต่เปราะง่ายเมื่อถูกความร้อน ใช้ทำท่อน้ำ ฉนวนหุ้มสายไฟ กระดาษติดผนัง และภาชนะบรรจุสารเคมี

## 5.3 โครงสร้างพอลิเมอร์ แบ่งเป็น 3 แบบ

5.3.1 แบบเส้น เกิดจาก มอนอเมอร์เชื่อมต่อกันเป็นโซ่ยาว โดยจะเรียงชิดกันมากที่สุด จึงมีความหนาแน่น จุดหลอมเหลวสูง มีลักษณะแข็งและขุ่นเหนียวมาก เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิสไตรีน พอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง

5.3.2 แบบกิ่ง เป็นโครงสร้างที่มีโซ่กิ่งแยกจากโซ่ยาว ทำให้ไม่สามารถจัดเรียงชิดได้ จึงมีความหนาแน่น จุดหลอมเหลวต่ำกว่าโครงสร้างแบบเส้น มีลักษณะยืดหยุ่น ความเหนียวต่ำ โครงสร้างเปลี่ยนรูปได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เช่น พอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นต่ำ

5.3.3 แบบร่างแห เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยโซ่หลักหรือโซ่กิ่งมาเชื่อมโยงกัน มีลักษณะคล้ายตาข่าย มีลักษณะยืดหยุ่น อ่อนตัว แต่ถ้ามีจำนวนพันธะมากจะแข็ง ไม่ยืดหยุ่น เปราะหักง่าย เมื่อขึ้นรูปแล้วไม่สามารถหลอมหรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างกลับไปมาได้ แต่เมื่อได้รับความร้อนสูงจะแตกหัก เช่น เบกาไลต์ เมลามีน

หมายเหตุ : กาว เป็นพอลิเมอร์ ที่มีโครงสร้างแบบเส้น แบ่งเป็น

- กาวที่เป็นของเหลวสีขาว ทำมาจาก พอลิไวนิลแอซีเตต
- กาวที่เป็นของเหลวใส ทำมาจาก พอลิไวนิลแอลกอฮอล์

## 5.4 ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์

### 5.4.1 พลาสติก

สมบัติ คือ แข็งแรงแต่น้ำหนักเบา ทนทานต่อน้ำ อากาศ และสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้าและความร้อนที่ดี นำไปขึ้นรูปทรงต่างๆ ได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท

- เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) มีโครงสร้างแบบโซ่ตรงหรือโซ่กิ่ง
  - เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัว แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงจะกลับมาแข็งตัว
  - ยืดหยุ่น และโค้งงอได้
  - สามารถเปลี่ยนรูปร่างกลับไปมาได้หรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้
  - สมบัติไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์

- เทอร์โมเซต (Thermoset) มีโครงสร้างแบบร่างแห มีสมบัติดังนี้
  - เมื่อได้รับความร้อนจะไม่อ่อนตัว แต่จะเกิดการแตกหัก
  - มีความแข็งแรงมาก
  - ไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้หรือนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้
  - สมบัติมีการเปลี่ยนแปลง

เช่น เบกาไลต์ ใช้ทำด้ามจับกระทะ ด้ามจับเตารีด และปลั๊กไฟฟ้า

พอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ใช้ทำเตาเสียบไฟฟ้า และแผ่นฟอร์มิก้า

อีพอกซี ใช้ทำกาว

หมายเหตุ : โฟม เป็นพลาสติก ที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำ มีน้ำหนักเบา แบ่งเป็น

- ชนิดเทอร์โมพลาสติก เช่น โฟมพอลิสไตรีน ใช้ทำกล่องน้ำแข็ง ใช้กันกระแทก ใช้ทำหมวกนิรภัย ถาดอาหาร

- ชนิดเทอร์โมเซต เช่น โฟมพอลิยูรีเทน ใช้ทำฉนวน ใช้ในรถยนต์ ใช้พันเคลือบหลังคา และผนังเพื่อกันเสียงรบกวน ใช้เคลือบสีเฟอร์นิเจอร์ไม้

| ชนิดของพลาสติก          | ประเภทของพลาสติก | สมบัติบางประการ   |   | ตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์                                      |
|-------------------------|------------------|---|---|---|
|                         |                  | สภาพการไหม้ไฟ   | ข้อสังเกตอื่น   |   |
| พอลิเอทิลีน             | เทอร์มอพลาสติก   | เปลวไฟสีน้ำเงินขอบเหลือง กลิ่นเหมือนพาราฟิน เปลวไฟไม่ดับเอง | เล็บซิดเป็นรอย ไม่ละลาย ในสารละลายทั่วไป ลอยน้ำ       | ถุง ภาชนะ พลาสติก ถ่ายภาพ ของเล่นเด็ก ดอกไม้พลาสติก             |
| พอลิโพรพิลีน            | เทอร์มอพลาสติก   | เปลวไฟสีน้ำเงินขอบเหลือง คว้นขาว กลิ่นเหมือนพาราฟิน         | ซิดด้วยเล็บไม่เป็นรอย ไม่แตก                          | โต๊ะ เก้าอี้ เชือก พรมบรรจุภัณฑ์อาหาร ชิ้นส่วนรถยนต์            |
| พอลิสไตรีน              | เทอร์มอพลาสติก   | เปลวไฟสีเหลือง เขม่ามาก กลิ่นเหมือนก๊าศจุดตะเกียง           | เปราะ ละลายได้ในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ และโทลูอิน ลอยน้ำ | โฟม อุปกรณ์ไฟฟ้า เหนส้ของเล่นเด็ก อุปกรณ์กีฬา เครื่องมือสื่อสาร |
| พอลิไวนิลคลอไรด์        | เทอร์มอพลาสติก   | ติดไฟยาก เปลวสีเหลือง ขอบเขียว คว้นขาว กลิ่นกรดเกลือ        | อ่อนตัวได้คล้ายยาง ลอยน้ำ                             | กระดาดชนิดผนัง รองเท้า กระเบื้องปูพื้น ฉนวนหุ้มสายไฟ ท่อพีวีซี  |
| ไนลอน                   | เทอร์มอพลาสติก   | เปลวไฟสีน้ำเงินขอบเหลือง กลิ่นคล้ายเขาสัตว์ติดไฟ            | เหนียว ยึดหยุ่น ไม่แตก จมน้ำ                          | เครื่องนุ่งห่ม ถุงน่องสตรี พรม อวน แห                           |
| พอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ | เทอร์มอเซต       | ติดไฟยาก เปลวสีเหลือง อ่อน ขอบฟ้าแกมเขียว กลิ่นแอมโมเนีย    | แตกร้าว จมน้ำ   | เต้าเสียบไฟฟ้า วัสดุเชิงวิศวกรรม                                |
| อีพอกซี                 | เทอร์มอเซต       | ติดไฟง่าย เปลวสีเหลือง คว้นดำ กลิ่นคล้ายข้าวคั่ว            | ไม่ละลายในสารไฮโดรคาร์บอนและน้ำ                       | กาว สี สารเคลือบผิวหน้าวัตถุ                                    |
| พอลิเอสเตอร์            | เทอร์มอพลาสติก   | ติดไฟยาก เปลวสีเหลือง คว้นกลิ่นฉุน                          | อ่อนตัว ยึดหยุ่น                                      | เส้นใยผ้า   |
|                         | เทอร์มอเซต       | ติดไฟยาก เปลวสีเหลือง คว้นดำ กลิ่นฉุน                       | เปราะหรือแข็ง เหนียว                                  | ตัวถังรถยนต์ ตัวถังเรือ ใช้อุปกรณ์                              |

การลดปัญหาในการกำจัดพลาสติก เช่น

- พลาสติกที่ย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradable) คือ พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติหรือจุลินทรีย์
- พลาสติกที่แปรรูปเพื่อใช้ใหม่ (Recycle) คือ พลาสติกที่ใช้แล้ว สามารถนำกลับไปผ่านขั้นตอนการผลิตแล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

### สัญลักษณ์แยกประเภทของพลาสติกรีไซเคิล



พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate)



พอลิเอทิลีน ที่มีความหนาแน่นสูง (high-density polyethylene)



พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride)



พอลิเอทิลีน ที่มีความหนาแน่นต่ำ (low-density polyethylene)



พอลิโพรพิลีน (polypropylene)



พอลิสไตรีน (polystyrene)



อื่นๆ

#### 5.4.2 ยาง แบ่งเป็น

• ยางธรรมชาติ เกิดจาก มอนอเมอร์ ที่เรียกว่า ไอโซพรีน ( $C_5H_8$ ) จำนวน 1,500 ถึง 150,000 หน่วยมารวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ เรียกว่า พอลิไอโซพรีน มีสมบัติดังนี้

- มีแรงดึงดูดระหว่างโซ่ของพอลิเมอร์สูง จึงทำให้ยางยืดหยุ่น
- ทนต่อแรงดึง ทนต่อการขีดถู
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
- ทนน้ำ น้ำมันพืชและสัตว์ แต่ไม่ทนน้ำมันเบนซินและตัวทำละลายอินทรีย์
- เมื่อได้รับความเย็นจะแข็งและเปราะ แต่เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและเหนียว

การปรับปรุงคุณภาพยางธรรมชาติ ทำได้โดย นำยางมาคลุกกับกำมะถันและให้ความร้อนสูง จะทำให้ได้ยางที่มีความคงตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ทนต่อแสง ความร้อน และตัวทำละลายได้ดี เรียกว่า กระบวนการวัลคาไนเซชัน ค้นพบโดย ชาร์ล กู๊ดเยียร์

- ยางสังเคราะห์ (ยางเทียม) เช่น
  - : ยาง IR (Isoprene Rubber)
    - มีโครงสร้างเหมือนยางธรรมชาติ
    - จุดเด่น คือ มีสิ่งเจือปนน้อย คุณภาพสม่ำเสมอทั้งก้อน มีสีขาว
    - ใช้ทำจุกนมยางและอุปกรณ์การแพทย์
  - : ยาง SBR (Styrene-Butadiene Rubber)
    - ทนทานต่อการขัดถูมาก แต่ทนต่อแรงดึงต่ำ
    - ใช้ทำพื้นรองเท้า สายยาง สายพาน ยางปูพื้น

#### 5.4.3 เส้นใย แบ่งเป็น

##### 1. เส้นใยธรรมชาติ แบ่งเป็น

- เส้นใยจากพืช เป็นสารประเภท เซลลูโลส มีมอนอเมอร์ คือ กลูโคส เช่น ฝ้าย หนุ่น ปอ ป่าน มะพร้าว
- เส้นใยจากสัตว์ เป็นสารประเภท โปรตีน มีมอนอเมอร์ คือ กรดอะมิโน เช่น ไหม ผม ขนสัตว์ต่างๆ
- เส้นใยจากแร่ธาตุ เช่น แร่ใยหิน มีสมบัติทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ไม่นำไฟฟ้า ทนความร้อนสูง จึงนิยมนำมาทำชุดดับเพลิง กระเบื้องยาง ม่านเวที แต่ใยหินมีอันตรายต่อระบบหายใจ ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง

##### 2. เส้นใยกึ่งสังเคราะห์

เกิดจาก เป็นการนำเส้นใยธรรมชาติ มาปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น

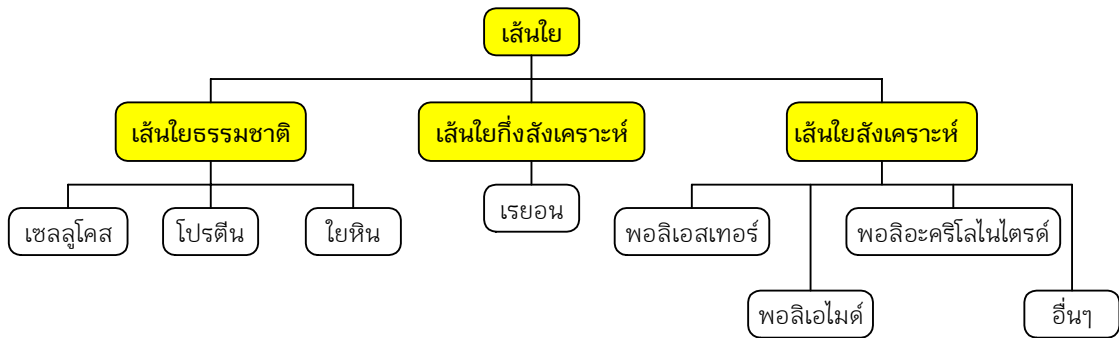
- เส้นใยเซลลูโลสแอซีเตต เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสจากพืชกับกรดแอซีติก โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้ผลิตแผ่นพลาสติก ทำแผงสวิตช์และหุ้มสายไฟ
- เส้นใยควิพราโมเนียมเรยอน เตรียมได้จากการนำฝ้าย (เซลลูโลส) มาละลายในสารละลายแอมโมเนีย แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับสารคอปเปอร์ (II) คาร์บอเนต จะเกิดสารใหม่ มีลักษณะของเหลว เหนียวและข้น เมื่อนำมาอัดผ่านรูเล็กๆที่จุ่มในสารละลายกรดซัลฟิวริก จะได้เส้นใยที่ยาว นำมาย้อมสี และปั่นให้เป็นเส้นที่มีความยาวตามต้องการ

##### 3. เส้นใยสังเคราะห์

เช่น ไนลอน โอรอน ดาครอนหรือโทเรเทโทรน พอลิเอสเตอร์

อะคลิลไนไตรต์ มีสมบัติที่ต่างจากเส้นใยธรรมชาติ ดังนี้

- ไม่ดูดน้ำ ชักง่าย แห้งเร็ว
- ทนเชื้อราและจุลินทรีย์ ทนต่อสารเคมี
- ไม่ยับง่าย



หมายเหตุ : พอลิเมอร์ ที่ผลิตจากมอนอเมอร์ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แบ่งเป็น

- ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น พลาสติก ยางสังเคราะห์ เส้นใย
- ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ซิลิคอนไดออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ )

เมื่อนำ  $\text{SiO}_2$  มาทำปฏิกิริยากับสารอัลคิลคลอไรด์ (RCI) จะได้มอนอเมอร์ ที่นำมาผลิตพอลิเมอร์ที่เรียกว่า ซิลิโคน

ซิลิโคนมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับมอนอเมอร์ตั้งต้น มีลักษณะคล้ายยาง แต่ทนต่อความร้อนและสารเคมีได้ดีกว่า ไม่เปื่อยฉีก เป็นฉนวนไฟฟ้า และไม่ทำปฏิกิริยากับร่างกายมนุษย์ จึงนิยมใช้ทำอวัยวะเทียม ทำแบบหล่อผลิตภัณฑ์ ใช้ประสานกระจกกันน้ำ



## แบบฝึกหัด

1. มอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ A-B-A-B-A-B-A- คืออะไร
  - 1) A
  - 2) B
  - 3) A-B
  - 4) A-B-A
2. ข้อใดจับคู่ มอนอเมอร์ : พอลิเมอร์ **ไม่ถูกต้อง**
  - 1) กรดอะมิโน : โปรตีน
  - 2) ฟรักโทส : เซลลูโลส
  - 3) ไอโซปรีน : ยางธรรมชาติ
  - 4) เตตระฟลูออโรเอทิลีน : เทฟลอน
3. ข้อใดไม่ใช่พอลิเมอร์ที่สำคัญในสิ่งมีชีวิต
  - 1) แป้ง
  - 2) ดีเอ็นเอ
  - 3) เซลลูโลส
  - 4) คอเลสเตอรอล
4. การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมในข้อใดไม่ควรทำ
  - 1) ฤดูร้อนคัดแยกประเภทขยะก่อนทิ้ง
  - 2) มารศรีใช้ถุงผ้าไปจ่ายตลาดแทนการใช้ถุงพลาสติก
  - 3) เกตุวดีนิยมซื้อขนมที่ห่อด้วยใบตองมากกว่าบรรจุในถาดโฟม
  - 4) สุดสงวนนำขวดพลาสติกใสบรรจุน้ำดื่มมาใช้ใส่น้ำอีกหลายครั้ง
5. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของเสื้อผ้าที่ทำจากเส้นใยสังเคราะห์
  - 1) ยับยาก
  - 2) ซักง่ายแห้งเร็ว
  - 3) อากาศผ่านได้ดี
  - 4) ทนต่อเชื้อราและจุลินทรีย์อื่นๆ
6. ผลิตภัณฑ์ชนิดใดที่ผลิตจากพลาสติกประเภทที่แตกต่างจากชนิดอื่น
  - 1) โฟม
  - 2) กาว
  - 3) อวน
  - 4) ฟิล์มถ่ายภาพ



7. พลาสติกชนิดใดมีความเปราะมากที่สุด
- 1) พอลิไธรีน
  - 2) พอลิไวนิลคลอไรด์
  - 3) พอลิเอสเตอร์
  - 4) พอลิเอทิลีน
8. พอลิเมอร์ชนิดใดมีองค์ประกอบหลักแตกต่างจากข้ออื่น
- 1) เทฟลอน
  - 2) ซิลิโคน
  - 3) เรยอน
  - 4) พลาสติก
9. ข้อใดไม่ถูกต้อง
- 1) พลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกสามารถนำมาแปรรูปใช้ใหม่ได้
  - 2) ยางธรรมชาติ ยืดหยุ่น แต่ไม่ทนความร้อน
  - 3) ยาง IR มีคุณภาพสม่ำเสมอ จึงใช้ทำจุกนมยาง
  - 4) เส้นใยไหม เป็นพอลิเมอร์ประเภทโปรตีน
10. ข้อใดไม่ใช่พอลิเมอร์ธรรมชาติ
- 1) กรดนิวคลีอิก
  - 2) พอลิไอโซพรีน
  - 3) พอลิเอทิลีน
  - 4) พอลิแซ็กคาไรด์



## เฉลย

1. 3) 2. 2) 3. 4) 4. 4) 5. 3) 6. 2) 7. 1) 8. 2) 9. 4) 10. 3)

1. เฉลย 3) A-B

มอนอเมอร์ คือ องค์ประกอบที่มีขนาดเล็กหรือหน่วยย่อย

2. เฉลย 2) พรักโทส : เซลลูโลส

เซลลูโลส มีมอนอเมอร์ คือ กลูโคส

3. เฉลย 4) คอเลสเทอร์อล

พอลิเมอร์ คือ สารที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากสารขนาดเล็ก (มอนอเมอร์) หลายๆ โมเลกุลมารวมกัน

คอเลสเทอร์อล เป็นไขมัน เกิดจากการรวมตัวของกรดไขมัน 3 โมเลกุลและกลีเซอรอล 1 โมเลกุล จึงไม่ใช่พอลิเมอร์

4. เฉลย 4) สูดสงวนนำขวดพลาสติกใสบรรจุน้ำดื่มมาใช้ใส่น้ำอีกหลายครั้ง

ขวดพลาสติกใสบรรจุน้ำดื่มมาใช้ใส่น้ำอีกหลายๆ ครั้ง อาจทำให้เกิดสารปนเปื้อนและไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อโรคทุกครั้ง

5. เฉลย 3) อากาศผ่านได้ดี

เส้นใยสังเคราะห์มีขนาดเล็ก เมื่อนำมาทอเป็นผืนจะทำให้เส้นใยชิดกันได้มาก ซึ่งจะทำให้อากาศผ่านได้ยาก

6. เฉลย 2) กาว

กาวหรืออีพอกซี เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซต ที่มีความแข็งแรง ทนต่อความร้อน และไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างกลับไปมาได้

7. เฉลย 1) พอลิสไตรีน

พอลิสไตรีน ใช้ทำโฟม จึงมีความเปราะมากที่สุด

2) พอลิไวนิลคลอไรด์ หรือ PVC ใช้ทำท่อน้ำ

3) พอลิเอสเตอร์ ใช้ทำเส้นใย ตัวถังรถ

4) พอลิเอทิลีน ใช้ทำถุงพลาสติก ขวดน้ำ สายยาง

8. เฉลย 2) ซิลิโคน

ซิลิโคนเป็นพอลิเมอร์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอนินทรีย์ ประกอบด้วยธาตุซิลิกอน จึงไม่ว่องไว และทำปฏิกิริยากับร่างกายมนุษย์

9. เฉลย 4) เส้นใยไหม เป็นพอลิเมอร์ประเภทโปรตีน  
เส้นใยไหม เป็นเส้นใยจากสัตว์ เป็นพอลิเมอร์ประเภทโปรตีน
10. เฉลย 3) พอลิเอทิลีน  
พอลิเอทิลีน เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ ประเภทพลาสติก ที่มาจากการสังเคราะห์จากมอนอเมอร์  
คือ เอทิลีน ซึ่งได้มาจากแก๊สธรรมชาติ



# BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 27



เอกสารประกอบคำบรรยาย  
วิชา PAT 2

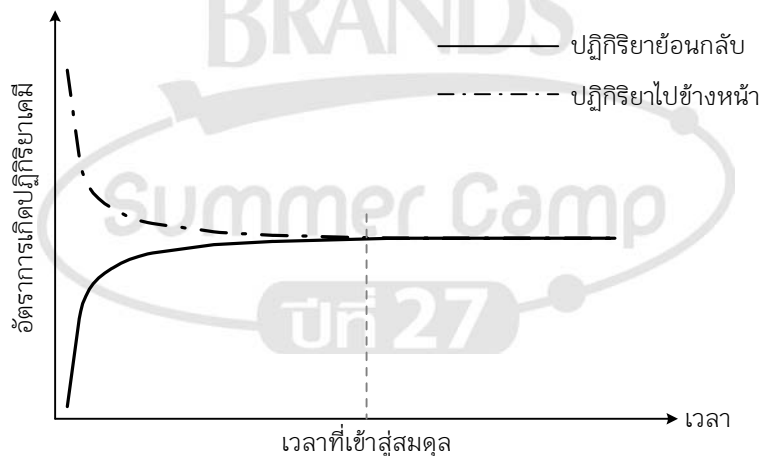
เคมี

โดย ผศ.ดร.โรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ

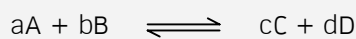
## สมดุลเคมี

### ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (Reversible Reaction)

คือ ปฏิกิริยาที่ผลิตภัณฑ์สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับไปเป็นสารตั้งต้นได้ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่สมบูรณ์ แต่จะเป็นของผสมของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ตลอดเวลา เมื่อเริ่มเกิดปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะสูง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเล็กน้อย อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมีค่าน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปเมื่อสุดอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเท่ากัน ณ จุดนี้จะทำให้ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ และสารตั้งต้นคงที่ เรียกจุดนี้ว่าจุดสมดุล



ที่สภาวะสมดุล



$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

$K_{eq}$  = ค่าคงที่สมดุล (Equilibrium Constant) เป็นค่าคงที่ ณ อุณหภูมิคงที่หนึ่งๆ

### การคำนวณค่าคงที่สมดุล

1. สารละลายใช้หน่วยเป็นโมลาร์
2. ของแข็ง และของเหลวที่ไม่ละลายในปฏิกิริยา ไม่มีความเข้มข้น : ไม่ต้องนำมาคำนวณค่าคงที่สมดุลเคมี
3. ตัวทำละลายมีความเข้มข้นสูงและประมาณได้ว่าคงที่ตลอดปฏิกิริยา : เป็นค่าคงที่รวมอยู่ในค่า  $K_{eq}$
4. แก๊สใช้ความดันแทนได้ตามสมการ  $P = CRT$

ดังนั้นจะได้ว่า  $K_p = K_c(RT)^{(b-a)}$

หรือ  $K_c = K_p(RT)^{(a-b)}$

### ตัวอย่างการคำนวณค่าคงที่สมดุลเคมี

ตัวอย่างที่ 1 ที่  $25^\circ\text{C}$  หาก  $\text{I}_2$  และ  $\text{Cl}_2$  ทำปฏิกิริยาในภาชนะปิดได้  $\text{ICl}$  ด้วยค่า  $K_p = 81$

ถ้าเริ่มต้นจาก  $\text{I}_2$  และ  $\text{Cl}_2$  อย่างละ  $0.1 \text{ atm}$  จะได้  $\text{ICl}$  ที่สภาวะสมดุลเท่ากับเท่าไร

|                       | $\text{I}_2(\text{g})$ | + | $\text{Cl}_2(\text{g})$ | $\rightleftharpoons$ | $2\text{ICl}(\text{g})$ |
|-----------------------|------------------------|---|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| ความดันเริ่มต้น (atm) | 0.1                    |   | 0.1                     |                      | 0                       |
| ความดันที่เปลี่ยนไป   | -a                     |   | -a                      |                      | +2a                     |
| ความดันที่สมดุล       | $0.1 - a$              |   | $0.1 - a$               |                      | 2a                      |

$$K_p = \frac{P_{\text{ICl}}^2}{P_{\text{I}_2} \cdot P_{\text{Cl}_2}}$$

จะได้ว่า  $81 = \frac{(2a)^2}{(0.1 - a) \cdot (0.1 - a)}$

ถอดรากที่สองทั้งสมการ  $9 = \frac{2a}{(0.1 - a)}$

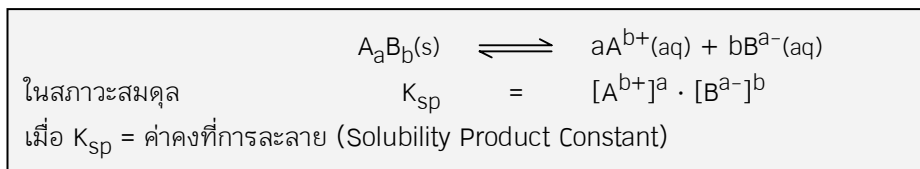
$a = 0.08$

|                 | $\text{I}_2(\text{g})$ | + | $\text{Cl}_2(\text{g})$ | $\rightleftharpoons$ | $2\text{ICl}(\text{g})$ |
|-----------------|------------------------|---|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| ความดันที่สมดุล | $0.1 - a$              |   | $0.1 - a$               |                      | 2a                      |
| คิดเป็น         | 0.02                   |   | 0.02                    |                      | 0.16                    |

(ตอบ  $P_{\text{ICl}} = 0.16 \text{ atm}$ )

### การละลายของตะกอน

เกลือไอออนิกบางชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำมากจึงพบว่าเป็นตะกอนค้างอยู่ เมื่อเกิดการละลายและแตกตัวออกเป็นไอออนบวกและลบแล้ว ไอออนทั้งสองชนิดกลับมาจับตัวกันตกเป็นตะกอนใหม่



ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับการละลายของตะกอน

ตัวอย่างที่ 1 ที่ 25°C BaCO<sub>3</sub> มี K<sub>sp</sub> = 8.1 × 10<sup>-9</sup> นำ BaCO<sub>3</sub> หนัก 3.94 มก. ละลายในน้ำ 100 ลบ.ซม. ในสารละลายจะมี Ba<sup>2+</sup> อยู่ที่ ppm (มวลอะตอมเฉลี่ยของ Ba = 137, O = 16 และ C = 12)

|                         | BaCO <sub>3</sub> (s) | ⇌ | Ba <sup>2+</sup> (aq) | + | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (aq) |
|-------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|------------------------------------|
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | ไม่คิด                |   | 0                     |   | 0                                  |
| ความเข้มข้นที่เปลี่ยนไป | ไม่คิด                |   | +a                    |   | +a                                 |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | ไม่คิด                |   | a                     |   | a                                  |

จากสมการค่า K<sub>sp</sub> จะได้ว่า

$$8.1 \times 10^{-9} = a^2$$

ดังนั้นจะหาค่า a ได้ว่า

$$a = 9 \times 10^{-5}$$

|                        |                          |                     |           |                                |      |
|------------------------|--------------------------|---------------------|-----------|--------------------------------|------|
| สารละลาย               | 10 <sup>3</sup> ลบ.ซม.   | มี Ba <sup>2+</sup> | ละลายอยู่ | = 9 × 10 <sup>-5</sup>         | โมล  |
| สารละลาย               | 10 <sup>6</sup> ลบ.ซม.   | มี Ba <sup>2+</sup> | ละลายอยู่ | = 9 × 10 <sup>-2</sup>         | โมล  |
| Ba <sup>2+</sup> จำนวน | 1 โมล                    |                     | มีน้ำหนัก | = 137                          | กรัม |
| Ba <sup>2+</sup> จำนวน | 9 × 10 <sup>-2</sup> โมล |                     | มีน้ำหนัก | = (9 × 10 <sup>-2</sup> × 137) | กรัม |

ดังนั้นความเข้มข้นของ Ba<sup>2+</sup> เท่ากับ 12.33 ppm

ตัวอย่างที่ 2 จากตัวอย่างที่ 1 หากนำ BaCO<sub>3</sub> ดังกล่าวไปละลายในสารละลาย Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เข้มข้น 10 mM ปริมาตร 100 ลบ.ซม. ความเข้มข้นของ Ba<sup>2+</sup> ในสารละลายจะเท่ากับกี่ ppm

| จากการละลาย Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s) | → | 2Na <sup>+</sup> (aq) | + | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (aq) |
|---|-------------------------------------|---|-----------------------|---|------------------------------------|
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M)                     | 0.01                                |   | 0.00                  |   | 0.00                               |
| ความเข้มข้นที่เปลี่ยนไป                     | -0.01                               |   | +0.02                 |   | +0.01                              |
| ความเข้มข้นสุดท้าย                          | 0.01                                |   | 0.02                  |   | 0.01                               |

CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ที่ได้มานั้นจะเข้าไปรบกวนการละลายของ BaCO<sub>3</sub> ดังนี้

|                         | BaCO <sub>3</sub> (s) | ⇌ | Ba <sup>2+</sup> (aq) | + | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (aq) |
|-------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|------------------------------------|
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | ไม่คิด                |   | 0                     |   | 0.01                               |
| ความเข้มข้นที่เปลี่ยนไป | ไม่คิด                |   | +a                    |   | +a                                 |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | ไม่คิด                |   | a                     |   | 0.01 + a                           |

เนื่องจากค่า K<sub>sp</sub> มีค่าน้อยมาก แสดงว่าแตกตัวได้น้อย ทำให้ประมาณได้ว่า (0.01 + a) ≈ 0.01 จะได้ว่า

$$8.1 \times 10^{-9} = (0.01)(a)$$

ดังนั้นจะหาค่า a ได้ว่า

$$a = 8.1 \times 10^{-7} \text{ ซึ่ง } (0.01 + a) \approx 0.01 \text{ จริง}$$

|                        |                            |                     |                |                                  |      |
|------------------------|----------------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|------|
| สารละลาย               | 10 <sup>3</sup> ลบ.ซม.     | มี Ba <sup>2+</sup> | ละลายอยู่      | = 8.1 × 10 <sup>-7</sup>         | โมล  |
| สารละลาย               | 10 <sup>6</sup> ลบ.ซม.     | มี Ba <sup>2+</sup> | ละลายอยู่      | = 8.1 × 10 <sup>-4</sup>         | โมล  |
| Ba <sup>2+</sup> จำนวน | 8.1 × 10 <sup>-4</sup> โมล |                     | มีน้ำหนัก      | = (8.1 × 10 <sup>-4</sup> × 137) | กรัม |
|                        |                            |                     | คิดเป็นน้ำหนัก | = 1.11                           | กรัม |

ตัวอย่างที่ 3 จากตัวอย่างที่ 1 นำ  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 50 ลบ.ซม. ผสมสารละลาย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  เข้มข้น 0.4 โมลาร์ ปริมาตร 50 ลบ.ซม. สารละลายใหม่จะมี  $\text{Ba}^{2+}$  ในสารละลายกี่ nM

| การละลายของ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ | $\longrightarrow$ | $2\text{Na}^+(\text{aq})$ | + | $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------|---|-------------------------------|
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M)              | 0.4                                |                   | 0.0                       |   | 0.0                           |
| ความเข้มข้นสุดท้าย                   | 0.0                                |                   | 0.8                       |   | 0.4                           |

สารละลาย 10<sup>3</sup> ลบ.ซม. มี  $\text{CO}_3^{2-}$  ละลายอยู่ = 0.4 โมล

สารละลาย 50 ลบ.ซม. มี  $\text{CO}_3^{2-}$  ละลายอยู่ =  $(50 \times 0.4) \div 1000$  โมล

| การละลายของ $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$ | $\longrightarrow$ | $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ | + | $2\text{NO}_3^-(\text{aq})$ |
|--|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M)                | 0.2                                  |                   | 0.0                         |   | 0.0                         |
| ความเข้มข้นสุดท้าย                     | 0.0                                  |                   | 0.2                         |   | 0.4                         |

สารละลาย 10<sup>3</sup> ลบ.ซม. มี  $\text{Ba}^{2+}$  ละลายอยู่ = 0.2 โมล

สารละลาย 50 ลบ.ซม. มี  $\text{Ba}^{2+}$  ละลายอยู่ =  $(50 \times 0.2) \div 1000$  โมล  
= 0.01 โมล

เมื่อผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน จะเกิดเป็นตะกอนของ  $\text{BaCO}_3$  ตามสมการต่อไปนี้

|                      | $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ | + | $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ | $\longrightarrow$ | $\text{BaCO}_3(\text{s})$ |
|----------------------|-----------------------------|---|-------------------------------|-------------------|---------------------------|
| ปริมาณเริ่มต้น (โมล) | 0.01                        |   | 0.02                          |                   | 0.00                      |
| ปริมาณสุดท้าย        | 0.00                        |   | 0.01                          |                   | 0.01                      |

เนื่องจากสารละลายผสมมีปริมาตร = 50 + 50 = 100 ลบ.ซม.

สารละลาย 100 ลบ.ซม. มี  $\text{CO}_3^{2-}$  เหลืออยู่ = 0.01 โมล

ถ้า สารละลาย 1000 ลบ.ซม. จะมี  $\text{CO}_3^{2-}$  ละลายอยู่ = 0.1 โมล  
 $\text{CO}_3^{2-}$  ที่ได้มานั้นจะเข้าไปรบกวนการละลายของตะกอน  $\text{BaCO}_3$  ที่เกิดขึ้นมาดังนี้

|                         | $\text{BaCO}_3(\text{s})$ | $\rightleftharpoons$ | $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ | + | $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|---|-------------------------------|
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | ไม่คิด                    |                      | 0                           |   | 0.1                           |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | ไม่คิด                    |                      | a                           |   | 0.1 + a                       |

เนื่องจาก  $K_{sp}$  มีค่าน้อย ทำให้ประมาณได้ว่า  $(0.1 + a) \approx 0.1$  จากสมการค่า  $K_{sp}$  จะได้ว่า

$$8.1 \times 10^{-9} = (0.1)(a)$$

ดังนั้นจะหาค่า a ได้ว่า

$$a = 8.1 \times 10^{-8} \text{ ซึ่ง } (0.1 + a) \approx 0.1 \text{ จริง}$$

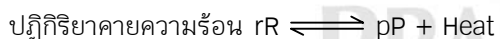
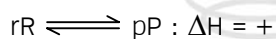
ดังนั้นสารละลายสุดท้ายจะมีความเข้มข้นของ  $\text{Ba}^{2+}$  เท่ากับ  $8.1 \times 10^{-8}$  โมลาร์ หรือคิดเป็น 81 nM

การรบกวนสมดุลตามหลักของ Le Châtelier

สมดุลเคมีถูกรบกวนได้ แต่จะผันตัวเองเข้าสู่สภาวะสมดุลใหม่ โดยมีค่า  $K_{eq}$  เท่าเดิม ถ้าอุณหภูมิคงที่ ถ้าสารละลายไม่อยู่ในสภาวะสมดุล อัตราส่วนความเข้มข้นนี้จะแทนด้วยค่า  $Q$

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  |   |                                |
| ในสภาวะสมดุล $K_{eq} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ นอกสภาวะสมดุล $Q = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ |   |                                |
| ถ้าค่า $Q > K_{eq}$   | ผลิตภัณฑ์มีมากเกินไป สารตั้งต้นมีน้อยไป<br>ปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดเร็วไป ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเกิดช้าไป | เคลื่อนไปซ้ายเพื่อเข้าสู่สมดุล |
| ถ้าค่า $Q < K_{eq}$   | ผลิตภัณฑ์มีน้อยไป สารตั้งต้นมีมากเกินไป<br>ปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดช้าไป ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเกิดเร็วไป | เคลื่อนไปขวาเพื่อเข้าสู่สมดุล  |

| การรบกวนสมดุล            | ค่า $Q$      | การเคลื่อนตัวเพื่อเข้าสู่สมดุล       |
|--------------------------|--------------|--------------------------------------|
| เพิ่ม [A] และ / หรือ [B] | $Q < K_{eq}$ | $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ |
| ลด [C] และ / หรือ [D]    |              |                                      |
| ลด [A] และ / หรือ [B]    | $Q > K_{eq}$ | $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ |
| เพิ่ม [C] และ / หรือ [D] |              |                                      |



| การรบกวนสมดุล | ความร้อน    | ค่า $K_{eq}$ ใหม่ | การเคลื่อนตัวเพื่อเข้าสู่สมดุล |
|---------------|-------------|-------------------|--------------------------------|
| เพิ่มอุณหภูมิ | ดูดความร้อน | เพิ่มขึ้น         | $rR \rightleftharpoons pP$     |
|               | คายความร้อน | ลดลง              | $rR \rightleftharpoons pP$     |
| ลดอุณหภูมิ    | ดูดความร้อน | ลดลง              | $rR \rightleftharpoons pP$     |
|               | คายความร้อน | เพิ่มขึ้น         | $rR \rightleftharpoons pP$     |





# กรด-เบส

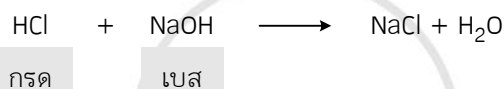
## ทฤษฎีกรด-เบสของ Arrhenius

เสนอโดย Svante August Arrhenius ชาวสวีเดน ในปี 1884 ให้นิยามกรดและเบสไว้ดังต่อไปนี้ว่า

กรด : สารที่แตกตัวให้  $H^+$  ในน้ำ

เบส : สารที่แตกตัวให้  $OH^-$  ในน้ำ

## ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส



## ความแรงของกรดและเบส

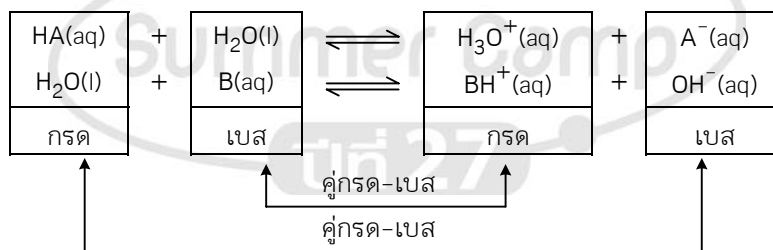
ความแรงของกรดและเบส ขึ้นอยู่กับความเสถียรของ  $A^-$  และ  $B^+$  ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประจุ ถ้ามีความหนาแน่นประจุมากก็จะจับตัวกับประจุตรงข้ามได้ดี

กรดไฮโดรที่มีขนาดใหญ่จะเป็นกรดแก่ เพราะแตกตัวได้  $A^-$  ที่เสถียร

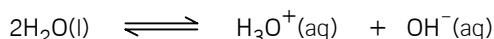
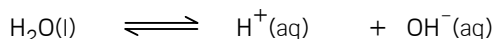
กรดออกซีที่มีออกซิเจนมากจะเป็นกรดแก่ เพราะแตกตัวแล้ว Resonance ได้มาก คือ พันธะ  $A=O$  มาก

|                 |          |          |         |          |           |        |
|-----------------|----------|----------|---------|----------|-----------|--------|
| ความแรงของกรด : |          |          |         |          |           |        |
| กรดไฮโดร :      | HI       | HBr      | HCl     | $H_2Te$  | HF        | $H_2S$ |
| กรดออกซี :      | $HClO_4$ | $HClO_3$ | $HIO_3$ | $HClO_2$ | $H_2CO_3$ | HClO   |

คู่กรดและคู่เบสของกรดและเบสอ่อน

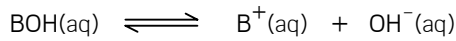


การแตกตัวและค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ



$$K_w = [H^+][OH^-] = [H_3O^+][OH^-]$$

## ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อน



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$K_b = \frac{[\text{B}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]}$$

กำหนดให้  $\text{pX} = -\log X$  ดังนั้นจะได้ว่า

|                                 |                                 |                                   |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| $-\log(K_w) = \text{p}K_w = 14$ | $-\log(K_a) = \text{p}K_a$      | $-\log(K_b) = \text{p}K_b$        |
|                                 | $-\log[\text{H}^+] = \text{pH}$ | $-\log[\text{OH}^-] = \text{pOH}$ |

เมื่อรบกวนสมดุลด้วย  $\text{H}^+$  จากกรด หรือ  $\text{OH}^-$  จากเบส เป็นผลให้ค่า  $\text{pH}$  และ  $\text{pOH}$  เปลี่ยนไป ดังต่อไปนี้

|                       |   |
|-----------------------|---|
| ในสารละลายกรด         | $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นที่สมดุล   | ไม่คิด $> 10^{-7}$ $< 10^{-7}$  |
| $-\log$ (ความเข้มข้น) | $< 7$ $> 7$   |
|                       | $\therefore \text{pH} < 7$ $\therefore \text{pOH} > 7$                                    |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| ในสารละลายเบส         | $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นที่สมดุล   | ไม่คิด $< 10^{-7}$ $> 10^{-7}$  |
| $-\log$ (ความเข้มข้น) | $> 7$ $< 7$   |
|                       | $\therefore \text{pH} > 7$ $\therefore \text{pOH} < 7$                                    |

ตัวอย่างที่ 1 ค่า  $\text{pH}$  และ  $\text{pOH}$  ของสารละลายกรด  $\text{NaOH}$  เข้มข้น  $10$  โมลาร์ มีค่าเท่ากับเท่าไร

|                         |   |
|-------------------------|---|
|                         | $\text{NaOH(aq)} \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | 10 0 0  |
| ความเข้มข้นสุดท้าย      | 0 10 10   |

$\text{OH}^-$  ที่ได้มานั้นจะเข้าไปรบกวนการแตกตัวของ  $\text{H}_2\text{O}$  ดังนี้

|                         |   |
|-------------------------|---|
|                         | $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | ไม่คิด 0 10   |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | ไม่คิด a 10 + a   |

เนื่องจากค่า  $K_w$  มีค่าน้อยมาก แสดงว่าแตกตัวได้น้อย ทำให้ประมาณได้ว่า  $(10 + a) \approx 10$

จากสมการค่า  $K_w$  จะได้ว่า  
 ดังนั้นจะหาค่า  $a$  ได้ว่า

$$10^{-14} = (10)(a)$$

$$a = 10^{-15} \quad \text{ซึ่ง } (10 + a) \approx 10 \text{ จริง}$$

|                       |           |                      |                      |   |                       |
|-----------------------|-----------|----------------------|----------------------|---|-----------------------|
|                       | $H_2O(l)$ | $\rightleftharpoons$ | $H^+(aq)$            | + | $OH^-(aq)$            |
| ความเข้มข้นที่สมดุล   | ไม่คิด    |                      | $10^{-15}$           |   | 10                    |
| $-\log$ (ความเข้มข้น) |           |                      | 15                   |   | -1                    |
|                       |           |                      | $\therefore pH = 15$ |   | $\therefore pOH = -1$ |

ตัวอย่างที่ 2 ค่า pH และร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA เข้มข้น C โมลาร์ มีค่าเท่ากับเท่าไร  
 ถ้าค่าคงที่การแตกตัวของกรดนี้มีค่าน้อยมาก และเท่ากับ  $K_a$

|                         |          |                      |           |   |           |
|-------------------------|----------|----------------------|-----------|---|-----------|
| จากการแตกตัวของ HA      | $HA(aq)$ | $\rightleftharpoons$ | $H^+(aq)$ | + | $A^-(aq)$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | C        |                      | 0         |   | 0         |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | $C - a$  |                      | a         |   | a         |

เนื่องจากค่า  $K_a$  มีค่าน้อยมาก แสดงว่าแตกตัวได้น้อย ทำให้ประมาณได้ว่า  $(C - a) \approx C$

$$K_a = \frac{(a)^2}{C}$$

ดังนั้นจะหาค่า  $a$  ได้ว่า

$$a = \sqrt{K_a C}$$

|                     |          |                      |                |   |                |
|---------------------|----------|----------------------|----------------|---|----------------|
|                     | $HA(aq)$ | $\rightleftharpoons$ | $H^+(aq)$      | + | $A^-(aq)$      |
| ความเข้มข้นที่สมดุล | C        |                      | $\sqrt{K_a C}$ |   | $\sqrt{K_a C}$ |

กรดอ่อนที่มีค่าคงที่การแตกตัว  $K_a$  มีความเข้มข้น C จะมี

$$\text{ค่า pH} = -\log \sqrt{K_a C}$$

$$\text{ร้อยละการแตกตัว} = 100 \times \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

ตัวอย่างที่ 3 สารละลายผสมกรดอ่อน HA เข้มข้น 1 โมลาร์กับ HCl เข้มข้น 0.1 โมลาร์ จะมีค่า pH  
 และค่าความเข้มข้นของ  $A^-$  ในสารละลายที่สมดุลมีค่าเท่ากับเท่าไร ถ้าค่าคงที่การแตกตัว  
 ของกรดนี้มีค่าเท่ากับ  $10^{-6}$

|                         |           |                   |           |   |            |
|-------------------------|-----------|-------------------|-----------|---|------------|
|                         | $HCl(aq)$ | $\longrightarrow$ | $H^+(aq)$ | + | $Cl^-(aq)$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | 0.1       |                   | 0.0       |   | 0.0        |
| ความเข้มข้นที่เปลี่ยนไป | -0.1      |                   | +0.1      |   | +0.1       |
| ความเข้มข้นสุดท้าย      | 0.0       |                   | 0.1       |   | 0.1        |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| HA ถูกครอบกวนด้วย HCl   | $\text{HA(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | 1.0                      0.1                      0.0                            |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | 1.0 - a                      0.1 + a                      a                      |

เนื่องจากค่า  $K_a$  มีค่าน้อยมาก แสดงว่าแตกตัวได้น้อย ทำให้ประมาณได้ว่า  $(0.1 + a) \approx 0.1$   
และ  $(1.0 - a) \approx 1.0$

$$10^{-6} = 0.1a \div 1$$

ดังนั้นจะหาค่า a ได้ว่า

$$a = 10^{-5} \quad \text{ซึ่ง } (0.1 + a) \approx 0.1 \text{ จริง}$$

$$\text{และ } (1.0 - a) \approx 1.0 \text{ จริง}$$

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | $\text{HA(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นที่สมดุล | 1.0                      0.1 $10^{-5}$   |

ดังนั้น  $\text{pH} = -\log(0.1) = 1$

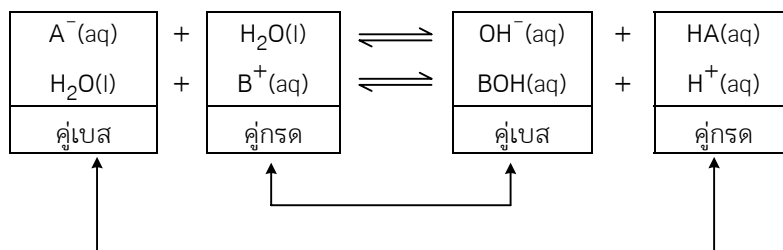
### ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส



ความเป็นกรดและเบสของเกลือเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ของไอออนบวกและไอออนลบของเกลือ

| ความแรงของกรด | ความแรงของเบส | ความเป็นกรด-เบสของเกลือ |
|---------------|---------------|-------------------------|
| กรดแก่        | เบสแก่        | กลาง                    |
| กรดแก่        | เบสอ่อน       | กรดอ่อน                 |
| กรดอ่อน       | เบสแก่        | เบสอ่อน                 |
| กรดอ่อน       | เบสอ่อน       | กลาง ( $K_a = K_b$ )    |
|               |               | กรด ( $K_a > K_b$ )     |
|               |               | เบส ( $K_a < K_b$ )     |

### ปฏิกิริยา Hydrolysis ของเกลือ ต่างที่ปฏิกิริยา Hydrolysis



$$K_H(A^-) = \frac{[OH^-][HA]}{[A^-]}$$

$$K_H(B^+) = \frac{[H^+][BOH]}{[B^+]}$$

$$K_H(A^-) = \frac{K_w}{K_a} \quad \text{และ} \quad K_H(B^+) = \frac{K_w}{K_b}$$

ตัวอย่างที่ 4 pH ของ  $CH_3CO_2Na$  เข้มข้น 0.5 โมลาร์ มีค่าเท่ากับเท่าไร ถ้า  $K_a$  ของ  $CH_3CO_2H = 1.8 \times 10^{-5}$

|                         |                  |                   |                  |   |            |
|-------------------------|------------------|-------------------|------------------|---|------------|
|                         | $CH_3CO_2Na(aq)$ | $\longrightarrow$ | $CH_3CO_2^-(aq)$ | + | $Na^+(aq)$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | 0.5              |                   | 0.0              |   | 0.0        |
| ความเข้มข้นสุดท้าย      | 0.0              |                   | 0.5              |   | 0.5        |

|                         |                  |   |           |                      |                 |   |            |
|-------------------------|------------------|---|-----------|----------------------|-----------------|---|------------|
|                         | $CH_3CO_2^-(aq)$ | + | $H_2O(l)$ | $\rightleftharpoons$ | $CH_3CO_2H(aq)$ | + | $OH^-(aq)$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | 0.5              |   | ไม่คิด    |                      | 0.0             |   | 0.0        |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | $0.5 - a$        |   | ไม่คิด    |                      | $a$             |   | $a$        |

เนื่องจากค่า  $K_H$  มีค่าน้อยมาก แสดงว่าแตกตัวได้น้อย ทำให้ประมาณได้ว่า  $(0.5 - a) \approx 0.5$

จากสมการค่า  $K_H = K_w \div K_a$  จะได้ว่า

$$(10^{-14}) \div (1.8 \times 10^{-5}) = (a)^2 \div 0.5$$

$$(10^{-8}) \div 36 = a^2$$

ดังนั้นจะหาค่า  $a$  ได้ว่า

$$a = (1/6) \times 10^{-4} \quad \text{ซึ่ง} \quad (0.5 - a) \approx 0.5 \quad \text{จริง}$$

|                       |                  |   |           |                      |                        |   |                        |
|-----------------------|------------------|---|-----------|----------------------|------------------------|---|------------------------|
|                       | $CH_3CO_2^-(aq)$ | + | $H_2O(l)$ | $\rightleftharpoons$ | $CH_3CO_2H(aq)$        | + | $OH^-(aq)$             |
| ความเข้มข้นที่สมดุล   | 0.5              |   | ไม่คิด    |                      | $(1/6) \times 10^{-4}$ |   | $(1/6) \times 10^{-4}$ |
| $-\log$ (ความเข้มข้น) |                  |   |           |                      |                        |   | $4 - \log(1/6)$        |

$$\therefore pOH = 3.22$$

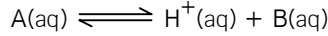
$$\therefore pH = 10.78$$

## Buffer สำหรับระบบ กรด-เบส

คือ สารละลายที่สามารถควบคุม pH ให้ค่าคงที่ได้ แสดงว่าระบบกำจัด  $H^+$  ที่เข้ามาบรรเทาได้ด้วยเบสที่อยู่ในระบบ และกำจัด  $OH^-$  ที่เข้ามาบรรเทาได้ด้วยกรดที่อยู่ในระบบ ดังนั้น

Buffer คือ สารละลายผสม  $HA / A^-$  หรือ สารละลายผสม  $BOH / B^+$

## pH ของ Buffer สำหรับระบบกรด-เบส



หาก A เป็นกรดอ่อน HA แล้ว B จะเป็นไอออน  $A^-$  ซึ่งเป็นคู่เบส

หาก B เป็นเบสอ่อน BOH แล้ว A จะเป็นไอออน  $B^+$  ซึ่งเป็นคู่กรด

|                         |       |                      |           |   |       |
|-------------------------|-------|----------------------|-----------|---|-------|
|                         | A(aq) | $\rightleftharpoons$ | $H^+(aq)$ | + | B(aq) |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | a     |                      | 0.0       |   | b     |
| ความเข้มข้นที่สมดุล     | a - c |                      | c         |   | b + c |

เนื่องจากค่า K มีค่าน้อยมาก ทำให้ประมาณได้ว่า  $(a - c) \approx a$  และ  $(b + c) \approx b$

$$K = bc \div a$$

ดังนั้นจะหาค่า  $[H^+]$  ได้ว่า

$$c = K \times \frac{a}{b}$$

|                     |       |                      |                        |   |       |
|---------------------|-------|----------------------|------------------------|---|-------|
|                     | A(aq) | $\rightleftharpoons$ | $H^+(aq)$              | + | B(aq) |
| ความเข้มข้นที่สมดุล | a     |                      | $K \times \frac{a}{b}$ |   | b     |

$$pH = -\log\left(K \times \frac{a}{b}\right)$$

ตัวอย่างที่ 5 ผสมกรดอ่อน HA เข้มข้น 2.0 โมลาร์ กับ NaOH เข้มข้น 0.4 โมลาร์ ชนิดละ 100 ลบ.ซม.

สารละลายที่ได้มี pH เท่าไร ถ้า  $K_a$  ของ HA เท่ากับ  $10^{-4}$  (กำหนดให้  $\log 4 = 0.6$ )

|                   |             |           |                                     |     |
|-------------------|-------------|-----------|-------------------------------------|-----|
| สารละลาย HA       | 1000 ลบ.ซม. | มี HA     | เหลืออยู่ = 2.0                     | โมล |
| ถ้า สารละลาย HA   | 100 ลบ.ซม.  | จะมี HA   | อยู่ = $(2.0 \times 100) \div 1000$ | โมล |
|                   |             |           | = 0.2                               | โมล |
| สารละลาย NaOH     | 1000 ลบ.ซม. | มี NaOH   | อยู่ = 0.4                          | โมล |
| ถ้า สารละลาย NaOH | 100 ลบ.ซม.  | จะมี NaOH | อยู่ = $(0.4 \times 100) \div 1000$ | โมล |
|                   |             |           | = 0.04                              | โมล |

|                      |        |   |          |                   |         |   |                      |
|----------------------|--------|---|----------|-------------------|---------|---|----------------------|
|                      | HA(aq) | + | NaOH(aq) | $\longrightarrow$ | NaA(aq) | + | H <sub>2</sub> O(aq) |
| ปริมาณเริ่มต้น (โมล) | 0.20   |   | 0.04     |                   | 0.00    |   | 0.00                 |
| ปริมาณหลังปฏิกิริยา  | 0.16   |   | 0.00     |                   | 0.04    |   | 0.04                 |

|                 |             |          |                                      |        |
|-----------------|-------------|----------|--------------------------------------|--------|
| สารละลายผสม     | 200 ลบ.ซม.  | มี HA    | อยู่ = 0.16                          | โมล    |
| ถ้า สารละลายผสม | 1000 ลบ.ซม. | จะมี HA  | อยู่ = $(0.16 \times 1000) \div 200$ | โมล    |
|                 |             |          | = 0.8                                | โมลาร์ |
| สารละลายผสม     | 200 ลบ.ซม.  | มี NaA   | อยู่ = 0.04                          | โมล    |
| ถ้า สารละลายผสม | 1000 ลบ.ซม. | จะมี NaA | อยู่ = $(0.04 \times 1000) \div 200$ | โมล    |
|                 |             |          | = 0.2                                | โมลาร์ |

|                         |   |
|-------------------------|---|
|                         | $\text{NaA(aq)} \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M) | 0.2                      0.0                      0.0                           |
| ความเข้มข้นสุดท้าย      | 0.0                      0.2                      0.2                           |

|                              |  |
|------------------------------|--|
|                              | $\text{HA(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq})$ |
| HA ถูกרבกวณด้วย $\text{A}^-$ |  |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น (M)      | 0.8                      0.0                      0.2                            |
| ความเข้มข้นที่สมดุล          | $0.8 - a$ $a$ $0.2 + a$  |

เนื่องจากค่า  $K_a$  มีค่าน้อยมาก แสดงว่าแตกตัวได้น้อย ทำให้ประมาณได้ว่า  $(0.8 - a) \approx 0.8$   
และ  $(0.2 + a) \approx 0.2$

จากสมการค่า  $K_a$  จะได้ว่า  $10^{-4} = (0.2)a \div (0.8)$   
ดังนั้นจะหาค่า  $a$  ได้ว่า  $a = 4 \times 10^{-4}$  ซึ่ง  $(0.8 - a) \approx 0.8$  จริง  
และ  $(0.2 + a) \approx 0.2$  จริง

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | $\text{HA(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq})$ |
| ความเข้มข้นที่สมดุล | 0.8 $4 \times 10^{-4}$ 0.2   |

ดังนั้น  $\text{pH} = -\log(4 \times 10^{-4}) = 4 - \log 4 = 3.4$

## Indicator สำหรับระบบกรด-เบส

คือ สารละลายที่ตอบสนองต่อความเป็นกรด หรือเบสได้ ซึ่งแสดงว่า indicator มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบสด้วย เพื่อทำปฏิกิริยากับ  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  ได้ โดยคู่กรด-คู่เบสของ indicator มีสีที่แตกต่างกัน

กำหนดให้ HIn เป็นแทน indicator รูปกรด และ  $\text{In}^-$  แทนรูปเบส



$$K_{\text{In}} = \frac{[\text{H}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

| อัตราส่วนความเข้มข้น                            | สีที่แสดง           |
|---|---------------------|
| $\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} > 10$       | สีของ HIn           |
| $\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} < 10$       | สีของ $\text{In}^-$ |
| $\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} \approx 10$ | สีผสม               |



จากสมการค่า  $K_{In}$  จะได้ว่า

$$K_{In} = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]}$$

จะแสดงสีของ HIn เด่นชัดเมื่อ

$$[H^+] > 10K_{In}$$

หรือ เมื่อใส่  $-\log$  เข้าไปจะได้ว่า

$$pH < pK_{In} + 1$$

จะแสดงสีของ  $In^-$  เด่นชัดเมื่อ

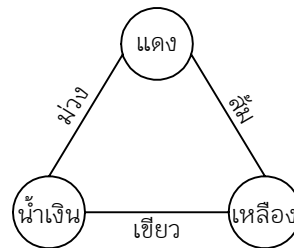
$$[H^+] < 0.1K_{In}$$

หรือ เมื่อใส่  $-\log$  เข้าไปจะได้ว่า

$$pH > pK_{In} + 1$$

$pH \text{ range} = pK_{In} \pm 1$

สีผสมที่ได้จาก Indicator ในรูปคู่กรดและคู่เบสสีต่างๆ กัน  
จะได้ออกมาดังวงจรสีที่แสดงทางด้านขวามือนี้



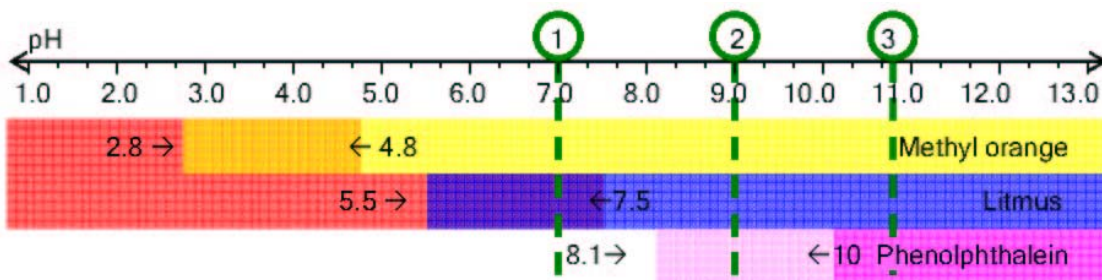
ตัวอย่างที่ 6 indicator สำหรับกรด-เบส สามชนิดมีค่า  $pK_{In}$  และสีของคู่กรดและคู่เบส ดังแสดง  
ในตารางด้านล่าง ถ้าหยด indicator ต่างๆ ลงในสารละลายต่อไปนี้ จะได้สีอะไรบ้าง

1. pH = 7.0

2. pH = 9.0

3. pH = 10.8

| Indicator       | $pK_{In}$ | สีของคู่กรด | สีของคู่เบส |
|-----------------|-----------|-------------|-------------|
| Methyl orange   | 3.8       | แดง         | เหลือง      |
| Litmus          | 6.5       | แดง         | น้ำเงิน     |
| Phenolphthalein | 9.1       | ไม่มีสี     | บานเย็น     |



## แบบฝึกหัด

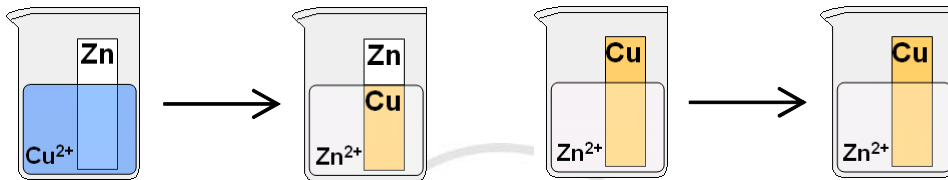
1. ข้อใดถือเป็นคู่กรดของ  $\text{HPO}_4^{2-}$ 
  - 1)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
  - 2)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
  - 3)  $\text{PO}_4^{3-}$
  - 4) ทั้งข้อ 1) และ 2)
2. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
  - 1) ค่า  $K_w$  มีค่าเท่ากับ  $10^{-14}$  เสมอ
  - 2) สารละลาย pH 8 มีค่า pOH เท่ากับ 6 เสมอ
  - 3) สารละลายกรดแก่ที่สุดจะมีค่า pH = 0
  - \* 4) pH ของสารละลายขึ้นกับอุณหภูมิด้วย
3. สารละลาย NaOH เข้มข้น  $10^{-8}$  โมลาร์ จะมีค่า pH เท่ากับเท่าไร
  - 1) 8
  - 2) 7.02
  - 3) 7
  - 4) 6
4. ค่า pH ของสารละลายเกลือ NaA เข้มข้น 0.1 โมลาร์มีค่าเท่ากับเท่าไร ถ้าค่า  $K_a$  ของกรด HA มีค่าเท่ากับ  $10^{-5}$ 
  - 1) 3
  - 2) 5
  - \* 3) 9
  - 4) 11
5. สารละลายผสมในข้อใด ที่มีความสามารถในการรักษาระดับ pH ของตนให้คงที่ได้ดีที่สุด
  - 1)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  กับ  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ชนิดละ 0.1 โมลาร์ เทพสมกัน
  - 2) HCl กับ NaCl ชนิดละ 0.1 โมลาร์ เทพสมกัน
  - 3)  $\text{NH}_4\text{OH}$  กับ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ชนิดละ 0.2 โมลาร์ เทพสมกัน
  - \* 4)  $\text{NH}_4\text{OH}$  0.5 โมลาร์ กับ HCl 0.25 โมลาร์ เทพสมกัน
6. indicator สำหรับกรด-เบส สองชนิดมีค่า  $\text{pK}_{\text{In}}$  และสีของคู่กรดและคู่เบส ดังแสดงในตารางด้านล่าง ถ้าหยด indicator ผสม ลงในสารละลายที่มีค่า pH เท่ากับ 8 จะได้สีอะไร

| Indicator     | $\text{pK}_{\text{In}}$ | สีของคู่กรด | สีของคู่เบส |
|---------------|-------------------------|-------------|-------------|
| Methyl orange | 3.8                     | แดง         | เหลือง      |
| Litmus        | 6.5                     | แดง         | น้ำเงิน     |

- 1) แดง
- 2) เหลือง
- 3) น้ำเงิน
- \* 4) เขียว

# ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

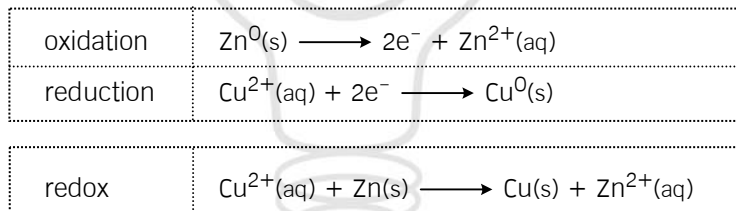
ปฏิกิริยาเคมีบางประเภทจะมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างสารที่ทำปฏิกิริยากัน มีอะตอมที่จ่ายอิเล็กตรอน และอะตอมที่เสียอิเล็กตรอน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของอะตอมเหล่านั้นเช่น



รูปที่ 1  $\text{Cu}^{2+}$  รับผิดชอบจาก Zn ได้

รูปที่ 2  $\text{Zn}^{2+}$  รับผิดชอบจาก Cu ไม่ได้

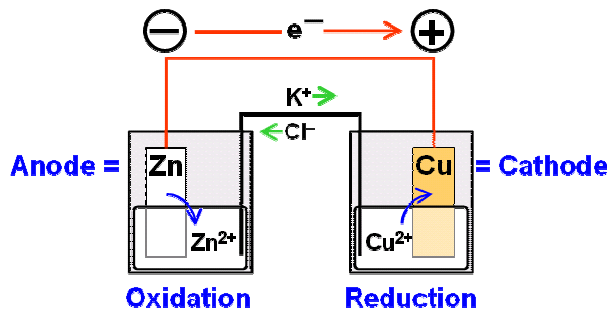
$\text{Cu}^{2+}$  รับผิดชอบจาก Zn ได้ทำให้สีน้ำเงินของ  $\text{Cu}^{2+}$  จางลง และเกิดโลหะ Cu เคลือบบนผิว Zn ส่วน  $\text{Zn}^{2+}$  รับผิดชอบจาก Cu ไม่ได้จึงไม่เกิดปฏิกิริยา แสดงว่า  $\text{Cu}^{2+}$  รับผิดชอบได้ดีกว่า  $\text{Zn}^{2+}$  และ Zn จ่ายอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Cu



Zn เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมี  $\text{Cu}^{2+}$  เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidising Agent) หรือ  $\text{Cu}^{2+}$  เกิดปฏิกิริยารีดักชัน โดยมี Zn เป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing Agent) Zn เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงกว่า Cu และ  $\text{Cu}^{2+}$  เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่า  $\text{Zn}^{2+}$

## เซลล์กัลวานิก

เนื่องจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างสาร จึงสามารถดึงอิเล็กตรอนออกมาใช้ได้ เป็นเซลล์กำเนิดไฟฟ้า ตัวอย่างเซลล์ไฟฟ้านี้ ใช้ปฏิกิริยาในรูปที่ 1 ซึ่งมีสมการดังแสดงไว้ข้างต้น



ภาพปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและการเคลื่อนที่ของสารภายในเซลล์กำเนิดไฟฟ้าจากสังกะสีและทองแดง

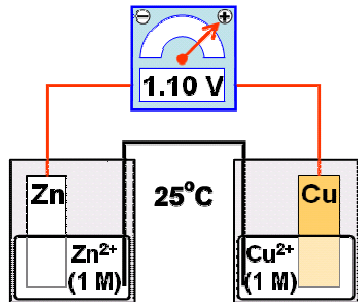
จากสมการแสดงว่าเมื่อ Zn จ่ายอิเล็กตรอนไปจะได้  $Zn^{2+}$  ละลายลงมา อิเล็กตรอนที่จ่ายออกเคลื่อนผ่านสายไฟไปยังขั้วไฟฟ้า Cu ทำให้  $Cu^{2+}$  ในสารละลายมารับอิเล็กตรอนเกิดเป็น Cu เกาะติดอยู่บนขั้ว Cu ต่อไปโดยจะมีสะพานเกลือซึ่งบรรจุสารละลายอิมตัวของ KCl อยู่ เพื่อรักษาสสมดุลของประจุในสารละลายทั้งสอง โดยเมื่อมี  $Zn^{2+}$  เพิ่มขึ้น จะมี  $Cl^-$  เข้ามาสมดุล และเมื่อมี  $Cu^{2+}$  ลดลง จะมี  $K^+$  เข้ามาแทนที่

|                  |                     |                          |
|------------------|---------------------|--------------------------|
| ขั้วไฟฟ้าที่เกิด | ปฏิกิริยาออกซิเดชัน | เป็น ขั้วแอโนด (Anode)   |
| ขั้วไฟฟ้าที่เกิด | ปฏิกิริยารีดักชัน   | เป็น ขั้วแคโทด (Cathode) |
| ขั้วไฟฟ้าที่     | จ่ายอิเล็กตรอน      | เป็น ขั้วไฟฟาลบ          |
| ขั้วไฟฟ้าที่     | รับอิเล็กตรอน       | เป็น ขั้วไฟฟ้าบวก        |

ดังนั้น Zn เป็นขั้วที่จ่ายอิเล็กตรอนออกไปด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน Zn จึงเป็น ขั้วแอโนด และเป็น ขั้วลบ ส่วน Cu เป็นขั้วที่รับอิเล็กตรอนเข้ามาด้วยปฏิกิริยารีดักชัน Cu จึงเป็น ขั้วแคโทด และเป็น ขั้วบวก

### ความต่างศักย์ไฟฟ้า

ที่  $25^{\circ}C$  โดยความเข้มข้นของ  $Zn^{2+}$  และ  $Cu^{2+}$  เท่ากับ 1 โมลต่อลิตร โวลต์มิเตอร์แสดงว่า Cu เป็นขั้วบวก และ Zn เป็นขั้วลบ มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 1.10 โวลต์แสดงว่า  $Cu^{2+}$  รับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า  $Zn^{2+}$  อยู่ 1.10 โวลต์ และ Zn จ่ายอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Cu อยู่ 1.10 โวลต์



ภาพการหาศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

|                     |  |
|---------------------|--|
| ปฏิกิริยาออกซิเดชัน | $Zn^0(s) \longrightarrow 2e^- + Zn^{2+}(aq)$ |
| ปฏิกิริยาออกซิเดชัน | $Cu^0(s) \longrightarrow 2e^- + Cu^{2+}(aq)$ |

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน Zn ไปเป็น  $Zn^{2+}$  เกิดได้ดีกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน Cu ไปเป็น  $Cu^{2+}$  อยู่ 1.10 โวลต์ หรือกล่าวได้ว่าศักย์ไฟฟ้าออกซิเดชันของ Zn ไปเป็น  $Zn^{2+}$  มีค่ามากกว่าของ Cu ไปเป็น  $Cu^{2+}$  อยู่ 1.10 โวลต์

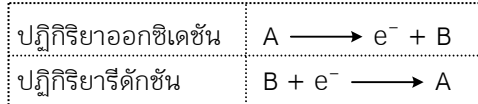
|                   |  |
|-------------------|--|
| ปฏิกิริยารีดักชัน | $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn^0(s)$ |
| ปฏิกิริยารีดักชัน | $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu^0(s)$ |

ปฏิกิริยารีดักชัน  $Cu^{2+}$  ไปเป็น Cu เกิดได้ดีกว่าปฏิกิริยารีดักชัน  $Zn^{2+}$  ไปเป็น Zn อยู่ 1.10 โวลต์ หรือกล่าวได้ว่าศักย์ไฟฟารีดักชันของ  $Cu^{2+}$  ไปเป็น Cu มีค่ามากกว่าของ  $Zn^{2+}$  ไปเป็น Zn อยู่ 1.10 โวลต์

กำหนดให้

ที่สภาวะมาตรฐาน หรือ  $25^{\circ}\text{C}$  ที่ความเข้มข้นของสารละลาย 1 โมลต่อลิตร และความดันของแก๊ส 1 บรรยากาศ

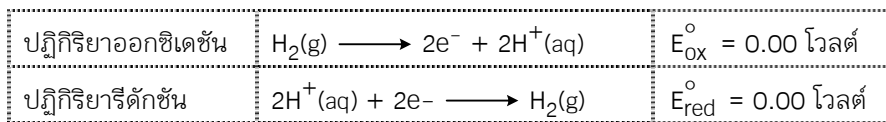
ศักย์ไฟฟ้าออกซิเดชันมาตรฐาน (Standard Oxidation Potential) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $E_{\text{ox}}^{\circ}$   
ศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน (Standard Reduction Potential) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $E_{\text{red}}^{\circ}$



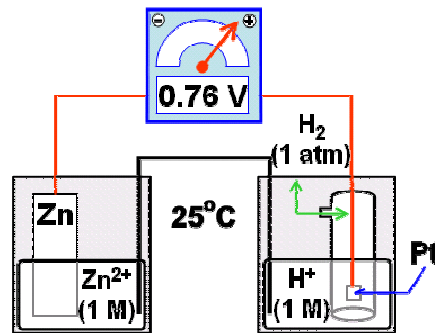
จะได้ว่า  $E_{\text{ox}}^{\circ} (A \rightarrow B) = -E_{\text{red}}^{\circ} (B \rightarrow A)$

## ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน

กำหนดให้

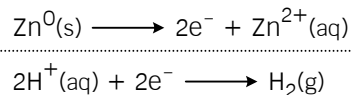


เมื่อมีศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานแล้ว จะวัดค่าความต่างศักย์กับขั้วไฟฟ้าอื่นต่อไป



ภาพเซลล์ไฟฟ้าสังกะสี และไฮโดรเจน

จากภาพแสดงว่า Zn เกิดออกซิเดชันปล่อยอิเล็กตรอนไปเป็น  $\text{Zn}^{2+}$  จึงเรียกว่า Zn เป็นขั้วแอโนด และ  $\text{H}^{+}$  เกิดรีดักชันรับอิเล็กตรอนไปเป็น  $\text{H}_2$  จึงเรียกว่า Pt เป็นขั้วแคโทด



ค่าศักย์ไฟฟ้าออกซิเดชันของ Zn ไปเป็น  $Zn^{2+}$  จะมีค่ามากกว่าของ  $H_2$  ไปเป็น  $H^+$  อยู่ 0.76 โวลต์ หรือ ศักย์ไฟฟ้ารีดักชันของ  $H^+$  ไปเป็น  $H_2$  จะมีค่ามากกว่าของ  $Zn^{2+}$  ไปเป็น Zn อยู่ 0.76 โวลต์

$$E_{cell}^{\circ} = E_{re}^{\circ} (\text{Cathode}) - E_{re}^{\circ} (\text{Anode})$$

$$E_{cell}^{\circ} = E_{ox}^{\circ} (\text{Anode}) - E_{ox}^{\circ} (\text{Cathode})$$

$$E_{cell}^{\circ} = E_{ox}^{\circ} (\text{Anode}) + E_{re}^{\circ} (\text{Cathode})$$

ดังนั้น  $E_{re}^{\circ} (Zn^{2+} \rightarrow Zn) = -0.76$  โวลต์

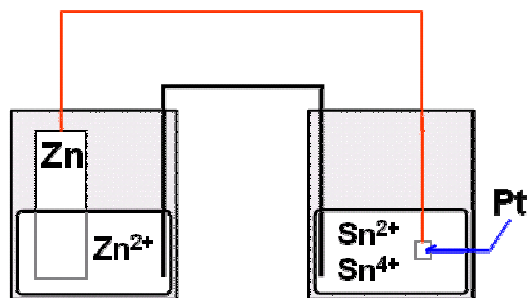
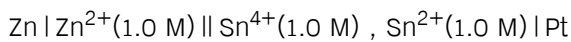
$$E_{ox}^{\circ} (Zn \rightarrow Zn^{2+}) = 0.76$$
 โวลต์

การเขียนแผนภาพเซลล์ไฟฟ้าอย่างย่อ

เป็นการเขียนที่ทำให้สื่อถึงเซลล์ไฟฟ้าออกมาได้ง่ายๆ โดยมีหลักเกณฑ์ในการเขียนต่อไปนี้

1. แยกครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และออกซิเดชันออกจากกันด้วยเครื่องหมาย ||
2. ปฏิกิริยาออกซิเดชันเขียนไว้ทางด้านซ้ายของเครื่องหมาย || ส่วนปฏิกิริยารีดักชันเขียนไว้ทางด้านขวาของเครื่องหมาย ||
3. ระหว่างสารแต่ละชนิดในวัฏภาค (Phase) เดียวกันให้คั่นด้วยเครื่องหมาย , ระหว่างสารแต่ละชนิดในวัฏภาค (Phase) เดียวกันให้คั่นด้วยเครื่องหมาย |
4. สารตั้งต้นของแต่ละครึ่งปฏิกิริยาเขียนไว้ทางซ้าย ผลิตภัณฑ์เขียนไว้ทางขวา โดยระบุความเข้มข้น ความดัน หรือสถานะต่างๆ ลงไปในวงเล็บข้างท้ายสารแต่ละชนิด
5. ขั้วแอโนดเขียนไว้ริมซ้ายสุดของแผนภาพ ขั้วแคโทดเขียนไว้ริมขวาสุดของแผนภาพ

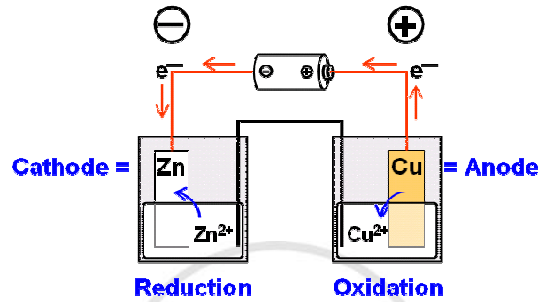
เขียนแผนภาพแทนเซลล์กำเนิดไฟฟ้าจากปฏิกิริยาระหว่าง Zn และ  $Sn^{4+}$  ดังภาพ ได้ว่า



ภาพเซลล์กำเนิดไฟฟ้าระหว่างทองแดงและดีบุก

## เซลล์อิเล็กโทรไลซิส

ปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลซิสนั้นขับเคลื่อนด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอก สามารถเคลื่อนอิเล็กตรอนให้ถ่ายเทย้อนกลับจากทิศทางหนึ่งไปยังทิศทางตรงกันข้ามได้



ภาพปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีและทองแดงที่เกิดย้อนกลับด้วยการขับเคลื่อนจากความต่างศักย์ภายนอก

การจะย้อนปฏิกิริยานั้นสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกจะต้องมีความต่างศักย์สูงกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าในเซลล์ เช่นในกรณีของปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีกับทองแดง

ขั้วแอโนดและแคโทด คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันเช่นเดียวกับกัลวานิก แต่การระบุขั้วบวก-ลบจะระบุขั้วตามขั้วที่ต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนปฏิกิริยา โดยขั้วที่ต่ออยู่กับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าก็จะเรียกว่าขั้วบวก และขั้วที่ต่ออยู่กับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าก็จะเรียกว่าขั้วลบ

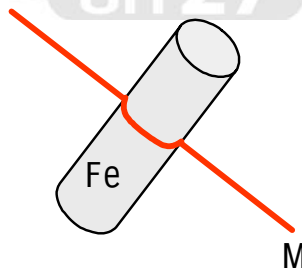
## เซลล์ไฟฟ้าเคมีและการนำไปใช้

การป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก

การเกิดการผุกร่อนของเหล็กนั้น เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ออกไซด์ของเหล็ก ซึ่งหลุดร่อนออกเป็นผงทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปได้เรื่อยๆ จนผุกร่อนลงทั้งหมด

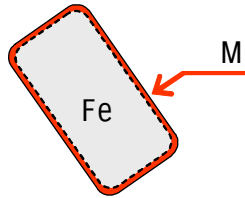
| ปฏิกิริยาออกซิเดชัน                                      | ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์) |
|--|--------------------|
| $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^-$ | +0.04              |
| $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +0.44              |

หากต้องการไม่ให้เหล็กเกิดออกซิเดชัน จะต้องหาโลหะอื่นมาให้อิเล็กตรอนกับเหล็ก แล้วออกซิเดชันแทนเหล็ก โลหะนั้นจึงต้องมีค่า  $E_{(ox)}^0 > 0.44$  โวลต์ และเสถียรพอสมควร เช่น แม้ว่า Na มีศักย์ออกซิเดชันสูงถึง 2.71 โวลต์ แต่ก็ใช้ไม่ได้เพราะเกิดปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นได้เร็วมาก



ภาพการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กด้วยลวดโลหะ

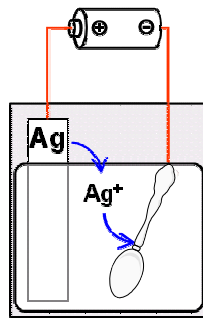
นอกจากนั้นอาจใช้การเคลือบทับก็ได้ โลหะที่นิยมนำมาเคลือบผิวมากคือโครเมียม เนื่องจากออกไซด์ของโครเมียมจะไม่หลุดร่อนออกจากผิวของโครเมียม แต่จะยังคงเคลือบติดอยู่ที่ผิวหน้า ทำให้ไม่เกิดการผุกร่อน และยังมีความมันวาวเหมือนโลหะอีกด้วย



ภาพการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กโดยการเคลือบ

#### การเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบโลหะ (Electroplating) จะใช้ความต่างศักย์ภายนอกบังคับให้อิออนของโลหะที่ต้องการจะใช้เคลือบจับบนผิวของวัสดุที่ต้องการ โดยโลหะที่ต้องการจะใช้เคลือบต่อเป็นขั้วบวก และวัสดุที่จะถูกเคลือบต่อเป็นขั้วลบ เพื่อให้ไอออนบวกเข้ามาเกาะที่ผิวได้

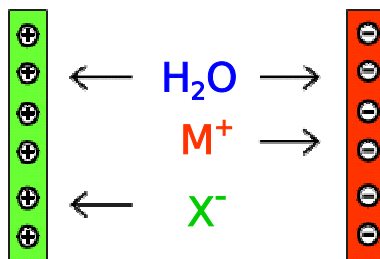


ภาพการเคลือบผิวโลหะ

#### การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า

ปฏิกิริยาแยกน้ำออกเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นลบ จึงต้องนำศักย์ไฟฟ้าภายนอกมาบังคับให้เกิดปฏิกิริยา แต่นำไฟฟ้าได้น้อยมากจึงต้องเพิ่มการนำไฟฟ้าด้วยเกลือไอออนิก แต่เกลือนั้นต้องไม่เกิดปฏิกิริยาแทน

ที่ขั้วลบ (แคโทด) น้ำและไอออนบวกแพร่เข้ารับอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วบวก (แอโนด) ไอออนลบ และน้ำแพร่เข้าจ่ายอิเล็กตรอน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



ภาพการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า



| ปฏิกิริยารีดักชันที่แคโทด                      | $E_{(red)}^{\circ}$ (โวลต์) |
|--|-----------------------------|
| $2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2H_2(g) + 2OH^-$ | -0.83                       |
| ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แอโนด                    | $E_{(ox)}^{\circ}$ (โวลต์)  |
| $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$      | -1.23                       |
| $2H_2O \longrightarrow H_2O_2 + 2H^+ + 2e^-$   | -1.77                       |

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำที่เกิดต้องมีค่า  $E_{(ox)}^{\circ}$  มากกว่า คือ -1.23 โวลต์ ปฏิกิริยารวมจึงเป็น

| ปฏิกิริยารวม                                      | $E_{(cell)}^{\circ}$ (โวลต์) |
|---|------------------------------|
| $6H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4OH^- + 2H_2$ | -2.06                        |
| $6H_2O \longrightarrow O_2 + 4H_2O + 2H_2$        |                              |
| $2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$                |                              |

ดังนั้นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเกิดด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกมากกว่า 2.06 โวลต์ เกิดแก๊สออกซิเจนที่แอโนด และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่แคโทด

ส่วนเกลือไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ไอออนบวกต้องรับอิเล็กตรอนแยกจากน้ำ ( $E_{(red)}^{\circ} < -0.83$  V) ส่วนไอออนลบต้องจ่ายอิเล็กตรอนดีกว่าน้ำ ( $E_{(ox)}^{\circ} < -1.23$  V)

#### การสมดุลสมการรีดอกซ์

ขั้นตอนในการสมดุลสมการรีดอกซ์ อาจสามารถเรียงเป็นระเบียบได้โดยคร่าวๆ ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

1. แยกพิจารณาทีละครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน
2. สมดุลเฉพาะจำนวนอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน
3. สมดุลจำนวนอิเล็กตรอนเฉพาะอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยเติมอิเล็กตรอนไว้ในสมการ
4. รวมสองครึ่งปฏิกิริยา ให้อิเล็กตรอนที่จ่ายและรับเท่ากัน มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นศูนย์
5. สมดุลอะตอมที่เหลืออยู่ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

ตัวอย่างที่ 1 สมดุลสมการต่อไปนี้ให้ถูกต้อง  $HNO_3 + I_2 \longrightarrow HIO_3 + NO_2 + H_2O$

1. แยกพิจารณาทีละครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| สมการออกซิเดชัน | $I_2 \xrightarrow{0} \xrightarrow{+5} HIO_3$   |  |
| สมการรีดักชัน   | $HNO_3 \xrightarrow{+5} \xrightarrow{+4} NO_2$ |  |

2. สมดุลเฉพาะจำนวนอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| สมการออกซิเดชัน | $I_2 \xrightarrow{0} \xrightarrow{+5} 2HIO_3$  |  |
| สมการรีดักชัน   | $HNO_3 \xrightarrow{+5} \xrightarrow{+4} NO_2$ |  |

3. สมดุลจำนวนอิเล็กตรอนของเฉพาะอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยการเติมอิเล็กตรอนเข้าไปในสมการ

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| สมการออกซิเดชัน | $\overset{0}{\text{I}_2} \longrightarrow \overset{+5}{2\text{HIO}_3} + 10\text{e}^-$ |  |
| สมการรีดักชัน   | $\text{e}^- + \overset{+5}{\text{HNO}_3} \longrightarrow \overset{+4}{\text{NO}_2}$  |  |

4. รวมสองครึ่งปฏิกิริยา โดยสมดุลให้อิเล็กตรอนที่จ่ายออกและรับเข้าเท่ากัน มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นศูนย์

|                 |  |        |
|-----------------|--|--------|
| สมการออกซิเดชัน | $\text{I}_2 \longrightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{e}^-$  | (× 1)  |
| สมการรีดักชัน   | $\text{e}^- + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{NO}_2$  | (× 10) |
| สมการรีดอกซ์    | $10\text{HNO}_3 + \text{I}_2 \longrightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ |        |

5. สมดุลอะตอมที่เหลืออยู่ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

|          |   |  |
|----------|---|--|
| สมการรวม | $10\text{HNO}_3 + \text{I}_2 \longrightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ |  |
|----------|---|--|

ถ้าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดในสารละลายกรดหรือเบส จะสามารถเติม  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$  และ  $\text{OH}^-$  ในสมการเพื่อให้สมดุลได้ ขั้นตอนจึงเพิ่มขึ้นอีก 1 ชั้น

- แยกพิจารณาทีละครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน
- สมดุลเฉพาะจำนวนอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน
- สมดุลจำนวนอิเล็กตรอนเฉพาะอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยเติมอิเล็กตรอนไว้ในสมการ
- รวมสองครึ่งปฏิกิริยา ให้อิเล็กตรอนที่จ่ายและรับเท่ากัน มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นศูนย์
- เติม  $\text{H}^+$  หรือ  $\text{OH}^-$  ลงไป เพื่อสมดุลประจุของสมการรวมให้เท่ากัน
- สมดุลอะตอมที่เหลืออยู่ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยเติม  $\text{H}_2\text{O}$  เข้าช่วยสมดุลได้

ตัวอย่างที่ 2 สมดุลสมการต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (ในสภาวะกรด)  $\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Cr}^{3+}$

1. แยกพิจารณาทีละครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน หรือ ออกซิเดชัน

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| สมการออกซิเดชัน | $\overset{+2}{\text{Fe}^{2+}} \longrightarrow \overset{+3}{\text{Fe}^{3+}}$             |  |
| สมการรีดักชัน   | $\overset{+6}{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \longrightarrow \overset{+3}{\text{Cr}^{3+}}$ |  |

2. สมดุลเฉพาะจำนวนอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือออกซิเดชัน

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| สมการออกซิเดชัน | $\overset{+2}{\text{Fe}^{2+}} \longrightarrow \overset{+3}{\text{Fe}^{3+}}$              |  |
| สมการรีดักชัน   | $\overset{+6}{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \longrightarrow \overset{+3}{2\text{Cr}^{3+}}$ |  |

3. สมดุลจำนวนอิเล็กตรอนของเฉพาะอะตอมที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยการเติมอิเล็กตรอนเข้าไปในสมการ

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| สมการออกซิเดชัน | $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$               |  |
| สมการรีดักชัน   | $6\text{e}^- + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ |  |

4. รวมสองครึ่งปฏิกิริยา โดยสมดุลให้อิเล็กตรอนที่จ่ายออกและรับเข้าเท่ากัน มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นศูนย์

|                 |  |       |
|-----------------|--|-------|
| สมการออกซิเดชัน | $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$                                     | (× 6) |
| สมการรีดักชัน   | $6\text{e}^- + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}$                       | (× 1) |
| สมการรีดอกซ์    | $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+}$ |       |

5. เติม  $\text{H}^+$  หรือ  $\text{OH}^-$  ลงไป เพื่อสมดุลประจุของสมการรวมให้เท่ากัน

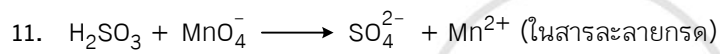
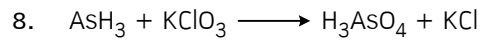
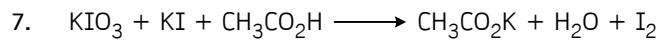
|                        |   |     |
|------------------------|---|-----|
| สมการรีดอกซ์           | $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+}$                |     |
| ประจุรวม               | 10+   | 24+ |
| สมดุลด้วย $\text{H}^+$ | $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+}$ |     |

6. สมดุลอะตอมที่เหลืออยู่ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยเติม  $\text{H}_2\text{O}$  เข้าช่วยสมดุลได้

|          |   |
|----------|---|
| สมการรวม | $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ |
|----------|---|

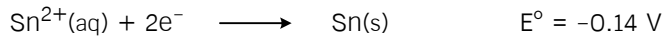
สมดุลสมการต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

- $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{NaMnO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{As}_4 + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{HASO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{SnCl}_2 + \text{O}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{H}_2\text{SnCl}_6 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{NCl}_3 + \text{HCl}$
- $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CrCl}_3 + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$



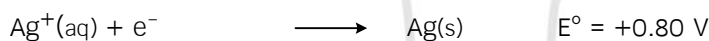
## แบบฝึกหัด

1. ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานมีดังนี้



การกระทำในข้อใดไม่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

- 1) จุ่มโลหะ Fe ลงในสารละลาย  $\text{Sn}^{2+}$
  - 2) จุ่มโลหะ Fe ลงในสารละลาย  $\text{Sn}^{4+}$
  - \* 3) จุ่มโลหะ Sn ลงในสารละลาย  $\text{Fe}^{2+}$
  - 4) จุ่มโลหะ Sn ลงในสารละลาย  $\text{Fe}^{3+}$
2. ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานมีดังนี้



การสลายตัวของ  $\text{H}_2\text{O}_2$  ไปเป็น  $\text{O}_2$  เกิดขึ้นเองได้เมื่อใด

- 1) เมื่อสัมผัสกับโลหะ Ag
  - 2) เมื่อสัมผัสกับโลหะ Ni
  - \* 3) เมื่อสัมผัสกับสารละลาย  $\text{Ag}^+$
  - 4) เมื่อสัมผัสกับสารละลาย  $\text{Ni}^{2+}$
3. ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานมีดังนี้



และจากสมการ  $E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^\circ - \frac{0.060}{n} \log Q$

โดยที่ n คือจำนวนอิเล็กตรอนที่ถ่ายโอนในเซลล์ไฟฟ้าเคมี

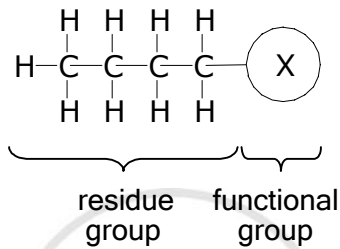
และ Q คืออัตราส่วนความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ต่อสารตั้งต้น ตามหลักการของค่าคงที่สมดุล

ค่า Q ที่ถูกต้อง ที่ทำให้เซลล์นี้มีค่า  $E_{\text{cell}}$  เท่ากับ +0.54 V คือข้อใด

- 1)  $Q = [\text{X}^+] / [\text{Y}^{2+}] = 10$
- 2)  $Q = [\text{X}^+]^2 / [\text{Y}^{2+}] = 10$
- 3)  $Q = [\text{X}^+] / [\text{Y}^{2+}] = 100$
- \* 4)  $Q = [\text{X}^+]^2 / [\text{Y}^{2+}] = 100$

# สารประกอบอินทรีย์

## โครงสร้างทั่วไปของสารประกอบอินทรีย์



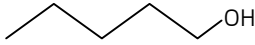
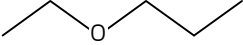
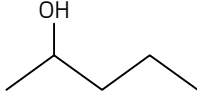
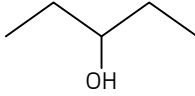
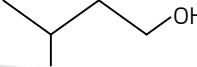
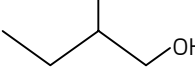
|    | ประเภทของสารประกอบอินทรีย์ | โครงสร้างทั่วไป                 | ชื่อของ Functional Group |
|----|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1  | Hydrocarbon                |                                 |                          |
|    | 1.1 Alkane                 | R-H                             | -                        |
|    | 1.2 Alkene                 | R=R                             | -                        |
|    | 1.3 Alkyne                 | R≡R                             | -                        |
|    | 1.4 อนุพันธ์ของ Benzene    | R-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> | Aryl Group               |
| 2  | Alcohol                    | R-OH                            | Hydroxyl Group           |
| 3  | Ether                      | R-O-R                           | Oxy Group                |
| 4  | Amine                      | R-NH <sub>2</sub>               | Amino Group              |
| 5  | Carboxylic acid            | R-COOH                          | Carboxylic Group         |
| 6  | Ester                      | R-COO-R                         | Oxycarbonyl Group        |
| 7  | Amide                      | R-COONH <sub>2</sub>            | Amide Group              |
| 8  | Aldehyde                   | R-CHO                           | Formyl Group             |
| 9  | Ketone                     | R-CO-R                          | Carbonyl Group           |
| 10 | etc.                       |                                 |                          |

## Isomerism

Isomer คือ สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้สารนั้นมีสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่ต่างกันไปด้วย สามารถแบ่งประเภทของ isomer ได้ดังต่อไปนี้

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. Stereoisomer | 2. Constitutional isomer (structural isomer) |
| Enantiomer      | Functional isomer                            |
| Diastereoisomer | Positional isomer                            |
|                 | Skeletal isomer                              |

ในที่นี้จะสนใจเฉพาะ constitutional isomer หรือไอโซเมอร์เชิงโครงสร้างเท่านั้น โดยจะยกตัวอย่างจากโมเลกุล C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O โดยจะแสดงโครงสร้างบางโครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์กันได้ดังต่อไปนี้

|   |  |   |
|---|--|---|
| Functional isomer<br>: มี functional group แตกต่างกัน           |  |  |
| Positional isomer<br>: มีตำแหน่งของ functional group แตกต่างกัน |  |  |
| Skeletal isomer<br>: มี residue group แตกต่างกัน                |  |  |

## สมบัติทางกายภาพของสารประกอบอินทรีย์

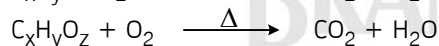
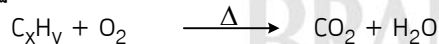
สมบัติทางกายภาพโดยทั่วไป จะหมายรวมถึง สถานะ จุดเดือด จุดหลอมเหลว และความสามารถในการละลาย เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นผลมาจากแรงระหว่างโมเลกุลทั้งสิ้น

1. กลุ่มที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ : amide > carboxylic > alcohol > amine
2. กลุ่มที่เป็นโมเลกุลมีขั้วสูง เกิดแรงระหว่างขั้วยึดเหนี่ยวกัน : ketone > aldehyde > ester > ether
3. กลุ่มที่มีขั้วต่ำ หรือไม่มีขั้ว ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงลอนดอน : alkyne > alkane > alkene

จุดเดือดของสารกลุ่มแรกขั้วสูงที่สุดและกลุ่มสุดท้ายจะต่ำที่สุด ส่วนการละลายน้ำนั้นสารในกลุ่มที่ 1 และ 2 สามารถละลายน้ำได้ดีเมื่อมีขนาดโมเลกุลเล็ก และค่อยๆ ลดลงเมื่อขนาดของโมเลกุลใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ

## ปฏิกิริยาเคมีสารประกอบอินทรีย์

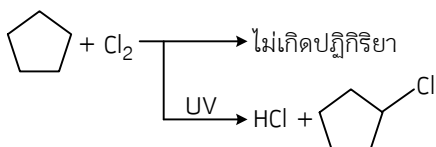
1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Combustion)



การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเหลือเขม่าและควันดำ (C) ไว้และมี CO ปนออกมาเกิดได้จาก

1. สารอินทรีย์ที่มี C=C หรือ C≡C หรือ วงเบนซีน ซึ่งแข็งแรง ทำให้สลายพันธะได้ไม่หมด
  2. ปริมาณ O<sub>2</sub> น้อยเกินไป เช่นการเผาในภาชนะปิดที่มี O<sub>2</sub> เป็นจำนวนจำกัด
  3. สารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มากกระเหยยาก O<sub>2</sub> เข้าแทรกทำปฏิกิริยาได้ยาก
2. ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution)

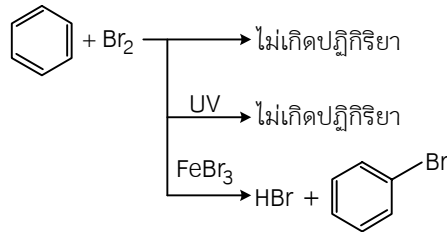
- 2.1 ปฏิกิริยา halogenation ของ alkane



alkane ไม่มีขั้วและเฉื่อยต่อปฏิกิริยา ต้องอาศัยสารที่ไม่เสถียร ว่องไวต่อปฏิกิริยา เข้ามาทำให้เกิดปฏิกิริยา โดย halogenation ของ alkane เป็นการแทนที่ระหว่าง H และ halogen โดยต้องมี UV กระตุ้นให้เกิด free radical หรืออนุภาคที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวของ halogen เช่น  $\cdot\ddot{C}l$  ซึ่งว่องไวมาก จึงสามารถทำปฏิกิริยากับ alkane ได้

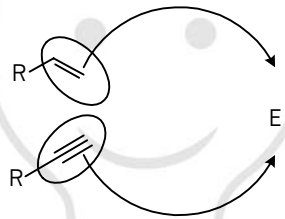
## 2.2 ปฏิกิริยา halogenation ของ benzene

benzene เสถียรมาจาก resonance จึงเฉื่อยต่อปฏิกิริยาต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจึงเกิดปฏิกิริยาแทนที่กับ halogen ได้



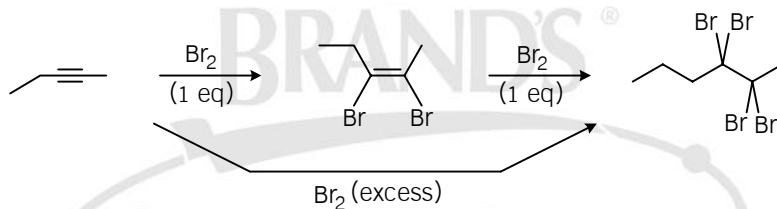
## 3. ปฏิกิริยาการเติม (Addition)

เกิดกับพันธะคู่และพันธะสามซึ่งมีอิเล็กตรอนหนาแน่น ถูกเติมด้วยสารที่ดึงอิเล็กตรอนได้ดี

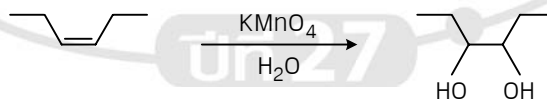


เมื่อ E (Electrophile) คือ 1. ธาตุที่มีค่า EN สูงมาก ๆ  
2. อนุภาคประจุบวก เช่น กรด ( $H^+$ )

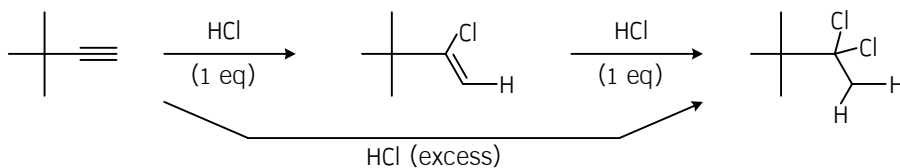
### 3.1 ปฏิกิริยา halogenation ของ alkene และ alkyne



### 3.2 ปฏิกิริยา oxidation ของ alkene และ alkyne

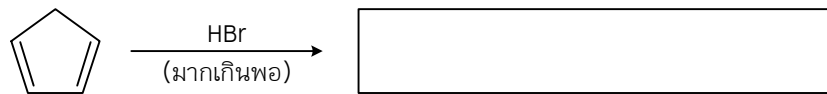


### 3.3 ปฏิกิริยา hydrohalogenation ของ alkene และ alkyne

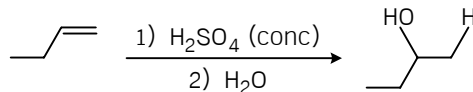




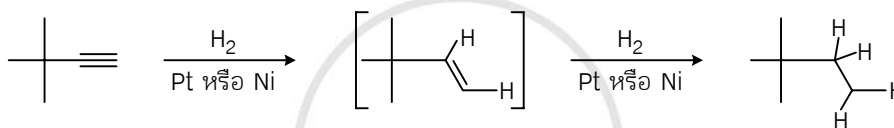
ตัวอย่าง ระบุผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ที่ได้จากปฏิกิริยานี้



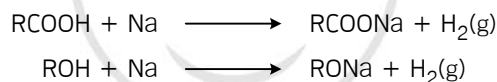
3.4 ปฏิกิริยา hydration ของ alkene และ alkyne



3.5 ปฏิกิริยา hydrogenation ของ alkene และ alkyne



4. ปฏิกิริยา Redox กับโลหะโซเดียม



5. ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรด-เบส (Acid-Base Neutralisation)



เมื่อรวมกับปฏิกิริยา redox ด้วย Na แล้วจะสามารถใช้ในการวิเคราะห์ว่าสารอินทรีย์ที่สงสัย เป็น carboxylic acid หรือ alcohol หรือไม่ ได้ดังตาราง

|                   | โลหะ Na            | สารละลาย NaHCO <sub>3</sub> |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| สารอินทรีย์ทั่วไป | -                  | -                           |
| ROH               | H <sub>2</sub> (g) | -                           |
| RCOOH             | H <sub>2</sub> (g) | CO <sub>2</sub> (g)         |

5.1 ปฏิกิริยาสะเทินของ amine



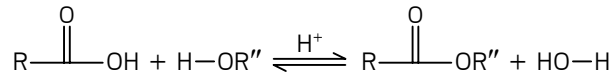
สังเกตการละลายของแอมีนในน้ำเมื่อถูกทำปฏิกิริยาด้วยกรด จะสามารถใช้ตรวจสอบหมู่ function นี้ได้

ตัวอย่าง สารประกอบอินทรีย์มีสูตรโมเลกุลเป็น CH<sub>3</sub>ON มีสมบัติต่อไปนี้

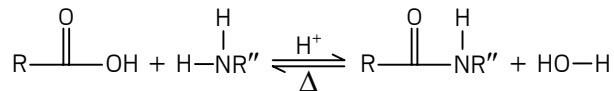
1. ไม่ทำปฏิกิริยากับ Na
  2. ไม่ละลายในสารละลาย HCl
- ดังนั้น CH<sub>3</sub>ON จะมีโครงสร้างเป็นอย่างไรได้บ้าง (ตอบ formamide)

6. ปฏิกิริยาควบแน่น และปฏิกิริยาการแยกออกด้วยน้ำ (Condensation-Hydrolysis)

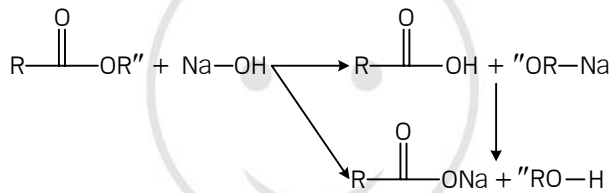
6.1 esterification และ hydrolysis



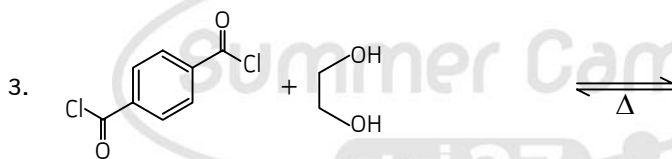
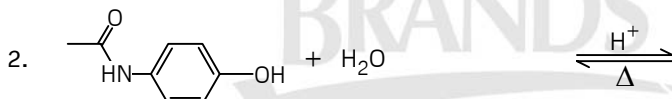
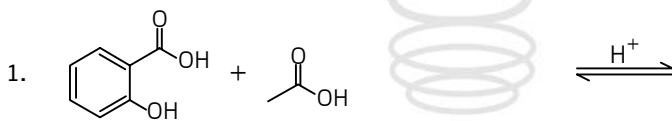
6.2 amidation และ hydrolysis



6.3 saponification

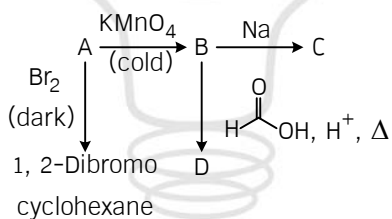


ตัวอย่าง ระบุโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาต่อไปนี้ให้สมบูรณ์



## แบบฝึกหัด

- $C_7H_8O$  มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยวง benzene 1 วง รวมก็ไอโซเมอร์
  - 1) 2
  - 2) 3
  - 3) 4
  - \* 4) 5
- สารประกอบประเภทใดที่น่าจะมีจุดเดือดสูงที่สุด เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างอิมตัวที่มีมวลใกล้เคียงกัน
  - \* 1) เอไมด์
  - 2) เอมีน
  - 3) แอลดีไฮด์
  - 4) อีเทอร์
- สารชนิดใดที่สามารถนำมาใช้ทำปฏิกิริยาบอกความแตกต่างระหว่างเอมีน และเอไมด์ที่มีคาร์บอน 6 ตัวเท่ากันได้ดีที่สุด
  - 1) Na(s)
  - 2)  $NaHCO_3(aq)$
  - 3)  $NaOH(aq)$
  - \* 4)  $HCl(aq)$
- พิจารณาแผนภาพปฏิกิริยาต่อไปนี้ ระบุโครงสร้างของสาร A ถึง D มาให้สมบูรณ์



BRANDS<sup>®</sup>

Summer Camp

ปีที่ 27

# สารประกอบชีวโมเลกุล

คือ สารประกอบอินทรีย์ตามธรรมชาติ ที่มีอยู่ในกระบวนการ metabolism ของสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็นประเภทหลักๆ ได้ ดังต่อไปนี้ Carbohydrates, Proteins, Nucleic acids, Lipids, อื่นๆ

## Carbohydrate

คือ สารชีวโมเลกุลที่ประกอบขึ้นจาก polyhydroxy aldehyde หรือ polyhydroxy ketone แบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆ ได้ดังนี้

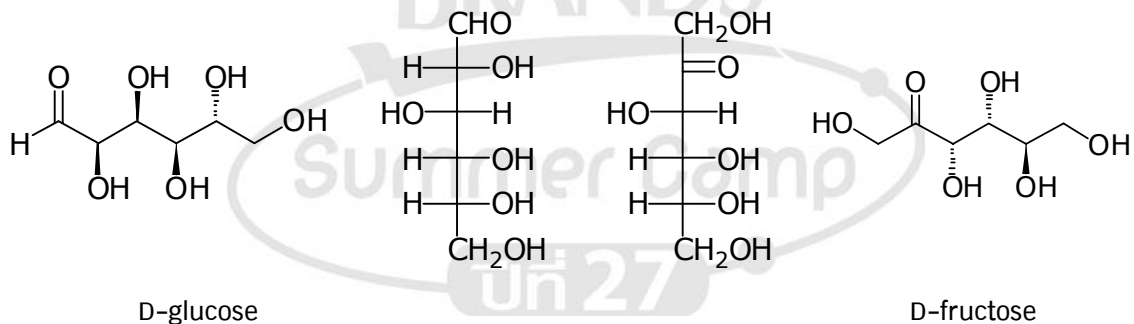
1. น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว : เป็นมอนอเมอร์ของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น
  2. น้ำตาลโมเลกุลคู่ : เป็นไดเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เกิดจากน้ำตาลชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน
  3. พอลิแซ็กคาไรด์ : เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เป็นโฮโมพอลิเมอร์ หรือโคพอลิเมอร์ก็ได้
- ทั้งนี้ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวแบ่งออกได้อีกเป็นชนิดย่อยๆ ตามหมู่ฟังก์ชัน หรือจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล

1. น้ำตาลแอลโดส (aldose sugar : น้ำตาลที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นแอลดีไฮด์)
2. น้ำตาลคีโตส (ketose sugar : น้ำตาลที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นคีโตน)

หรือ

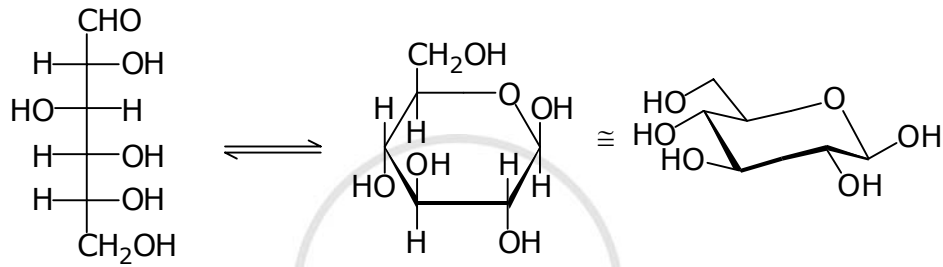
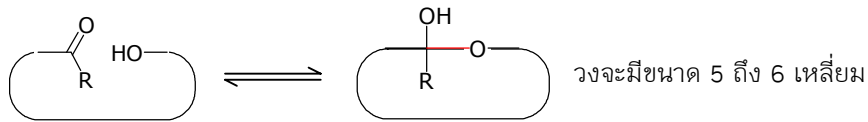
1. น้ำตาลไตรออส (triose sugar คือ น้ำตาลที่มี 3 คาร์บอน : จัดเป็นน้ำตาลที่มีขนาดเล็กที่สุด)
2. น้ำตาลเทโทรส (tetrose sugar คือ น้ำตาลที่มี 4 คาร์บอน)
3. น้ำตาลเพนโทส (pentose sugar คือ น้ำตาลที่มี 5 คาร์บอน)
4. น้ำตาลเฮกโซส (hexose sugar คือ น้ำตาลที่มี 6 คาร์บอน)

เช่น

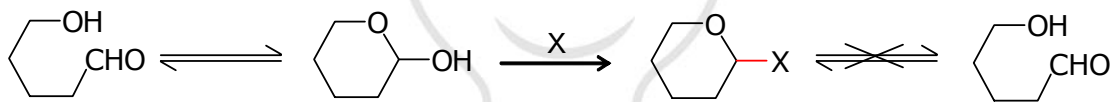


# ปฏิกิริยาเคมีของน้ำตาล

## 1. Cyclisation (การปิดวงน้ำตาล)



## 2. การเกิดไกลโคไซด์ (Glycoside Formation)



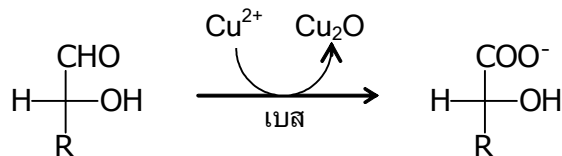
เรียกผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นว่า ไกลโคไซด์ ซึ่งจะไม่สามารถเปิดวงกลับไปเป็นคาร์บอนิลแบบเดิมได้อีก น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือพอลิแซ็กคาไรด์ ก็จัดเป็นสารประกอบในกลุ่มไกลโคไซด์เช่นเดียวกัน



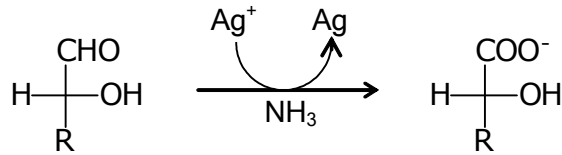
$\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucose (maltose)       $\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1 $\leftrightarrow$ 2)- $\beta$ -D-fructofuranoside (sucrose หรือ saccharose)

## 3. ออกซิเดชัน

การทดสอบเบเนดิกต์ (Benedict test) และการทดสอบเฟห์ลิงก์ (Fehling test)



การทดสอบทอลเลนส์ (Tollens test)



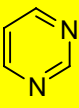
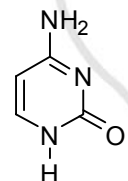
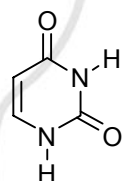
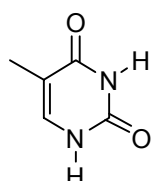
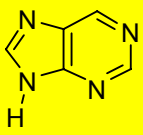
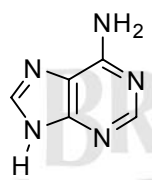
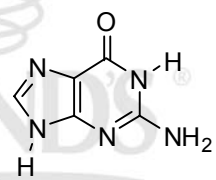
4. การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน

แป้งทำปฏิกิริยากับ I<sub>2</sub>/KI(aq) เป็นสารประกอบเชิงซ้อน โดยสายยาวของคาร์โบไฮเดรตจะบิดเกลียว ล้อมรอบสาย polyiodide ให้สีน้ำเงินเข้ม ไม่สามารถเกิดกับ cellulose ซึ่งมีแรงระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรงได้

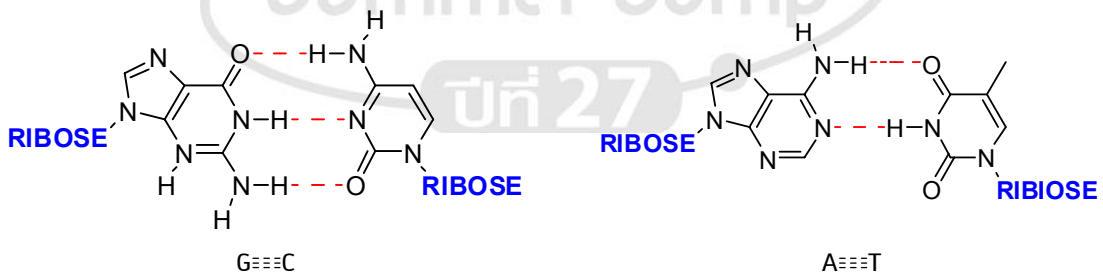
**Nucleic acid (Polynucleotide)**

องค์ประกอบของ nucleic acid

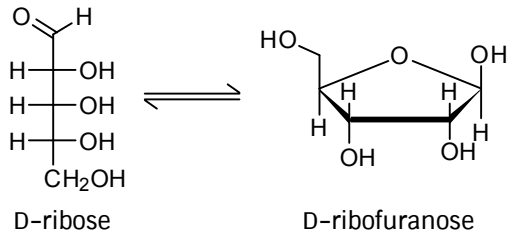
1. nucleobase

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <p>กลุ่ม pyrimidine</p>  |  <p>Cytosine (C)</p> |  <p>Thymine (T)</p>  |  <p>Uracil (U)</p> |
| <p>กลุ่ม purine</p>     |  <p>Adenine (A)</p> |  <p>Guanine (G)</p> |  |

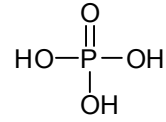
จากโครงสร้างจะพบว่า nucleobase สามารถสร้าง hydrogen bond และจับกันได้เป็นคู่ๆ



2. Ribose Sugar



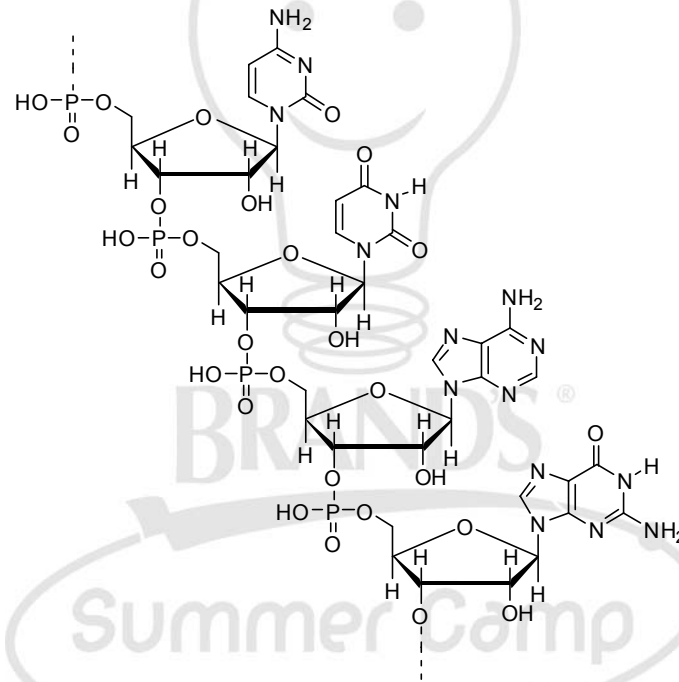
3. Phosphoric acid



Phosphoric acid

**Polynucleotide (nucleic acid)**

เป็น polyester ที่มี monomer เป็น nucleotide มีสองชนิด คือ RNA และ DNA ต่างกันที่มีและไม่มี O บนตำแหน่งที่ 2 ของน้ำตาล ribose



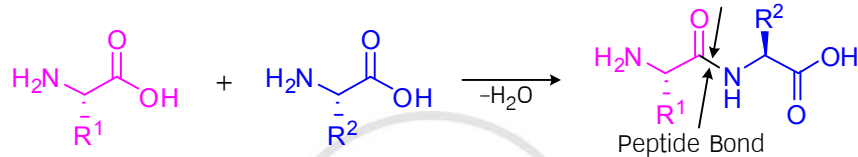
ribonucleic acid (RNA)

## Protein



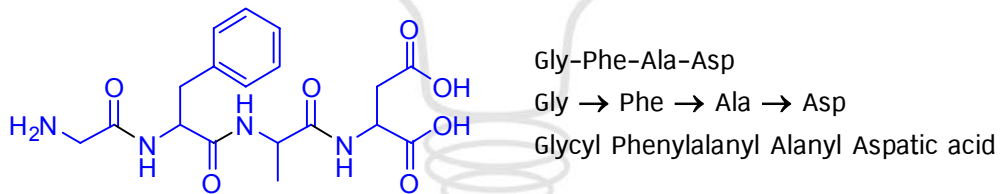
พันธะใน Protein

### 1. peptide bond

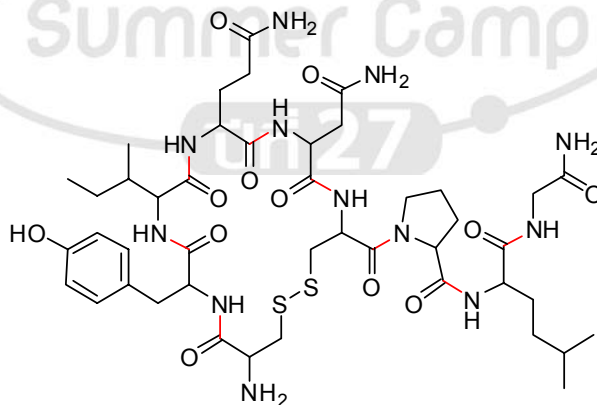


|                                     |              |               |                 |                       |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------------|
| จำนวน amino acid<br>ที่เป็น monomer | 2<br>(dimer) | 3<br>(trimer) | 4<br>(tetramer) | จำนวนมาก<br>(polymer) |
| ชื่อสารประกอบ                       | dipeptide    | tripeptide    | tetrapeptide    | polypeptide           |

กำหนดให้ปลายด้าน amino เป็นต้นสาย เรียกว่า N-terminus และปลายด้าน Carboxylic เป็นปลาย

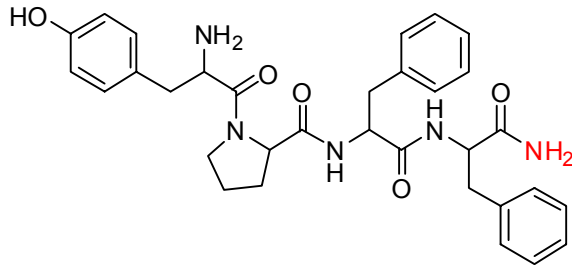


### 2. disulfide bond



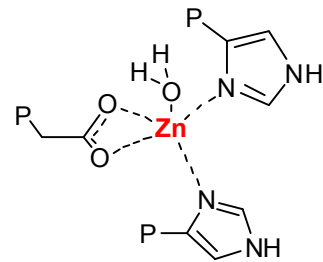
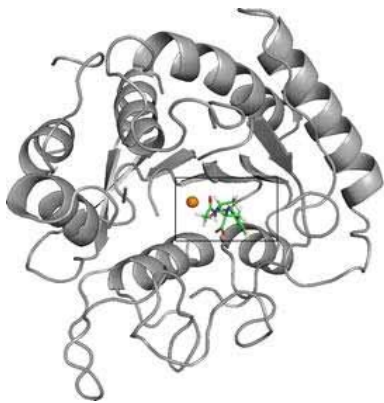


3. modified N และ C-terminus



Endomorphin Tyr-Pro-Phe-Phe•NH<sub>2</sub>

4. พันธะ coordination กับ metal ion

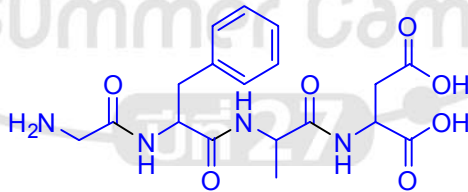


ภาพโครงสร้างของ carboxy peptidase A

ภาพโครงสร้าง active site ของ carboxy peptidase A

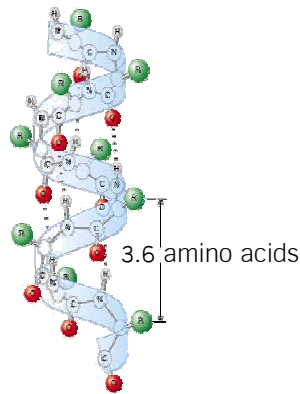
โครงสร้างของ Protein

1. โครงสร้างปฐมภูมิ (primary structure) หมายถึง ลำดับของ amino acid ที่เรียงกันในสาย peptide จากปลายด้าน N- ไปยัง C-terminus โดยไม่พิจารณาการบิดตัวพับตัวใดๆ ในสามมิติ เช่น



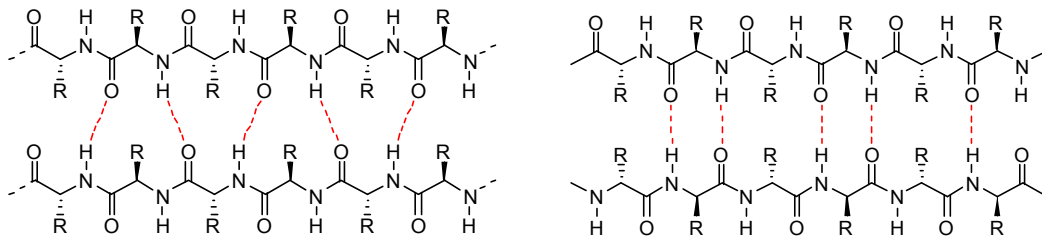
Gly-Phe-Ala-Asp หรือ Gly → Phe → Ala → Asp  
Glycyl Phenylalanyl Alanyl Aspartic acid

2. โครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structure) คือ hydrogen bond ระหว่าง peptide linkage (—CONH—) ที่มีซ้ำๆ อย่างเป็นระเบียบในโครงสร้าง มีระยะห่างเท่าๆ กัน ทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติที่เป็นระเบียบขึ้นได้ โดยมี 2 ลักษณะหลัก ได้แก่

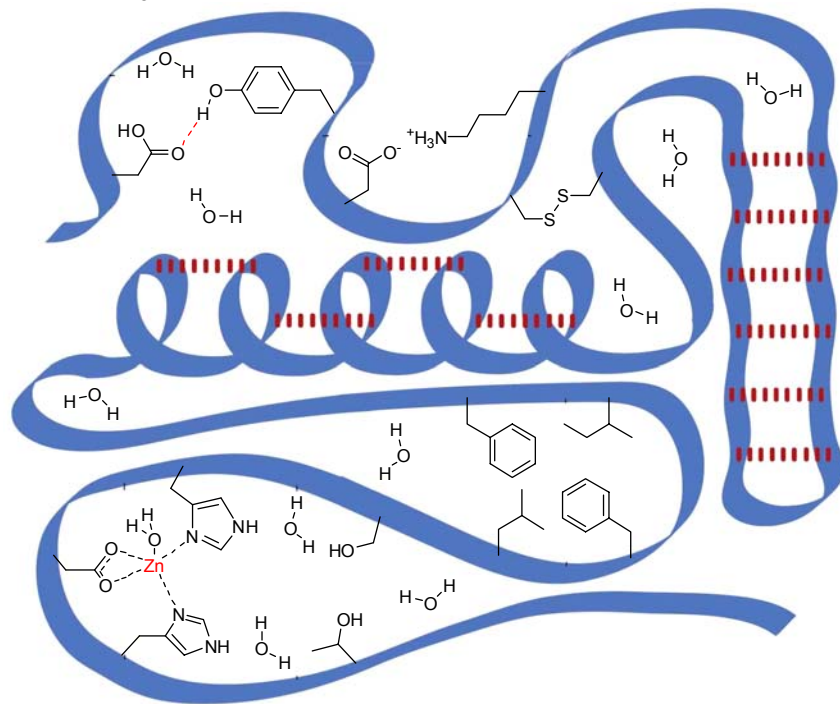


$\alpha$ -helix เป็นโครงสร้างที่บิดเป็นเกลียว จากการสร้าง hydrogen bond ระหว่าง amino acid โดยใช้ CO ของหมู่ที่ 1 ไปจับกับ NH ของ amino acid ในอีก 5 หมู่ถัดไป เช่นนี้ซ้ำๆ เรื่อยไป โดยหันหมู่ R ออกไปด้านนอก และเนื่องจาก peptide bond ปรากฏขึ้นซ้ำๆ กัน อย่างเป็นระเบียบ ดังนั้นโครงสร้าง  $\alpha$ -helix ที่ได้จึงมีขนาดเกลียว และความถี่ของเกลียวคงที่ โดยแต่ละเกลียวจะยาวเท่ากับ amino acid จำนวน 3.6 หน่วย

$\beta$ -sheet เป็นโครงสร้างที่เรียงต่อกันเป็นแพจากการพับตัวไปมาของสาย peptide เรียงขนานกัน เป็นระนาบ จากการสร้าง hydrogen bond ระหว่าง amino acid โดยใช้ CO ของ amino acid หมู่หนึ่ง ไปจับกับ NH ของ amino acid อีกหมู่หนึ่งบนสายที่ขนานกันไปตลอดแนวความยาว โดยหันหมู่ R ออกไปด้านบน และด้านล่างของระนาบ  $\beta$ -sheet

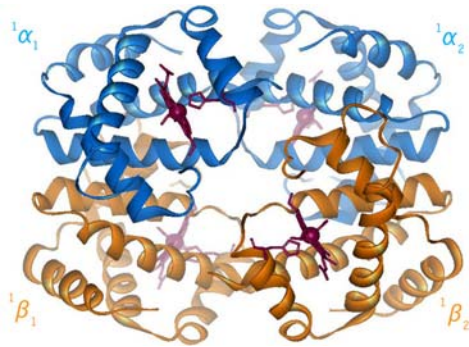


### 3. โครงสร้างตติยภูมิ (tertiary structure)

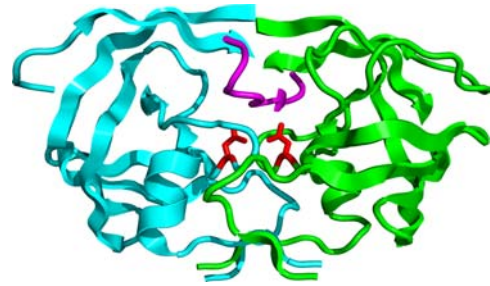


#### 4. โครงสร้างจตุตถภูมิ (quaternary structure)

บางครั้ง protein จะปรากฏในลักษณะที่เกิดจากสาย peptide มากกว่า 1 สายมาเกาะรวมอยู่ด้วยกัน ซึ่งโครงสร้างอันเกิดมาจาก protein มากกว่า 1 สายมาจับตัวรวมกันนี้เรียกว่า โครงสร้างจตุตถภูมิ เช่น



haemoglobin



HIV-1 protease

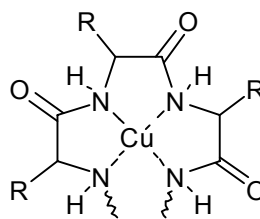
#### การเสียสภาพธรรมชาติของ protein (protein denaturisation)

การทำงานของ protein ขึ้นอยู่กับรูปร่างในสามมิติ เมื่อโครงสร้างเสียไปจะทำงานตามปกติไม่ได้ โครงสร้างในสามมิติของโปรตีนเกิดจาก non-covalent interaction ที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น

1. เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
2. เปลี่ยนแปลง pH
3. เปลี่ยนตัวทำละลาย
4. เกิดสารเชิงซ้อนกับโลหะ
5. เกิดปฏิกิริยา redox
6. เกิดปฏิกิริยาอื่นๆ

#### ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบ peptide

1. การเกิดสารเชิงซ้อนกับ  $\text{Cu}^{2+}$  (Biuret Test)



## 2. ปฏิกิริยา hydrolysis (การย่อย protein)

ปฏิกิริยา hydrolysis คือ ปฏิกิริยาที่ตัดพันธะ amide หรือ peptide ออกด้วยอาศัยการเร่งปฏิกิริยาด้วยกรดหรือ enzyme อาจจะตัดย่อยได้อย่างสมบูรณ์จนเป็น amino acid หรือตัดย่อยบางส่วน

เช่น พืชของชนิดหนึ่งเป็น nonapeptide ที่เมื่อทำ partial hydrolysis ด้วยกรดได้สาย peptide สั้นๆ มากมาย โดยสาย peptide จำนวนหนึ่งมี primary structure เป็นดังนี้

สายที่ 1 : Tyr-Trp-Pro

สายที่ 2 : Pro-Pro-Gln

สายที่ 3 : Pro-Gln-Ile

สายที่ 4 : Pro-Arg-Pro

สายที่ 5 : Gln-Ile-Pro

สายที่ 6 : Trp-Pro-Arg

ดังนั้นสาย nonapeptide นี้มีลำดับ amino acid อย่างไร

## Lipid

คือ สารประกอบชีวโมเลกุลที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดนิวคลีอิก และไม่ละลายน้ำ มีหลากหลายประเภท แต่ในที่นี้จะสนใจเพียงกรดไขมันและ triglyceride เท่านั้น

### 1. กรดไขมัน (fatty acid)

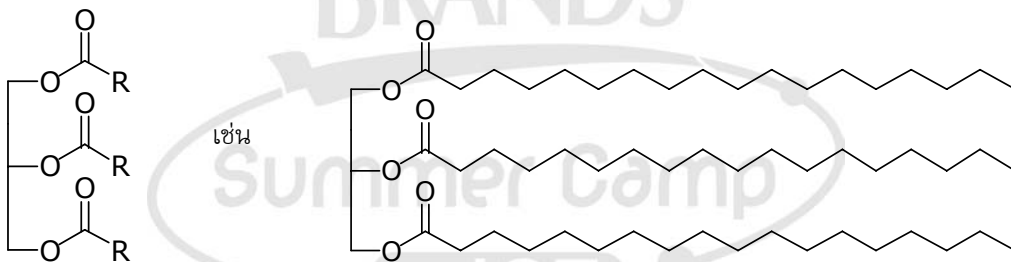
คือ กรดคาร์บอกซิลิกขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำแบ่งเป็น

1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid)
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid)

### 2. ไขมันและน้ำมัน (triglyceride)

เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน กับ glycerol ได้เป็นไตรเอสเทอร์แบ่งเป็นสองชนิดได้แก่

1. ไขมัน (fat) : มีสถานะเป็นของแข็ง
2. น้ำมัน (oil) : มีสถานะเป็นของเหลว



สมบัติทางกายภาพของลิปิด

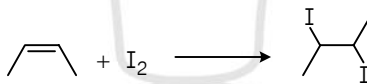
ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสายแอลคิลเป็นหลัก ด้วยผลต่อการจัดเรียงโมเลกุล ถ้าโครงสร้างมีพันธะคู่แบบ *cis*— จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำ เนื่องจากไม่สามารถเรียงตัวให้อยู่ชิดกันได้ดีเท่ากับกรดไขมันแบบอิ่มตัว

|   | ชื่อ             | โครงสร้าง  | MP (°C) |
|---|------------------|--|---------|
| 1 | palmitic acid    | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$   | 63.0    |
| 2 | palmitoleic acid | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  | -0.1    |
| 3 | stearic acid     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$   | 69.6    |
| 4 | elaidic acid     | <i>trans</i> — $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                           | 46.5    |
| 5 | oleic acid       | <i>cis</i> — $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                             | 13.0    |
| 6 | linoleic acid    | <i>cis, cis</i> — $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | -5.0    |

ปฏิกิริยาของกรดไขมัน ไขมัน และน้ำมัน

1. แฮโลจิเนชัน (halogenation)

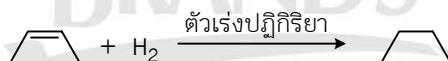
ใช้ทดสอบความไม่อิ่มตัวของ triglyceride โดยอาศัยปฏิกิริยาการเติมเกิดการฟอกจางสีของสารละลาย



iodine number เท่ากับ น้ำหนักของไอโอดีนที่ถูกฟอกด้วยสารทดสอบปริมาณ 100 กรัม

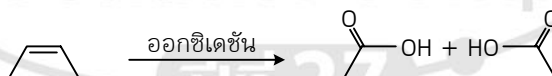
2. ไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation)

เปลี่ยน C=C ในน้ำมันพืช ให้เป็นไขมันอิ่มตัวที่เรียกว่า เนยเทียม

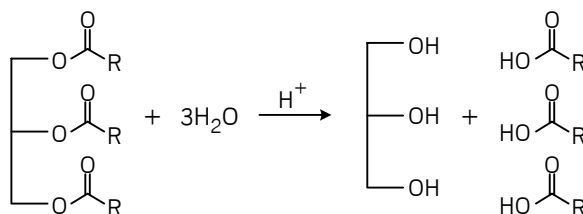


3. ออกซิเดชัน (การหืน : rancidification)

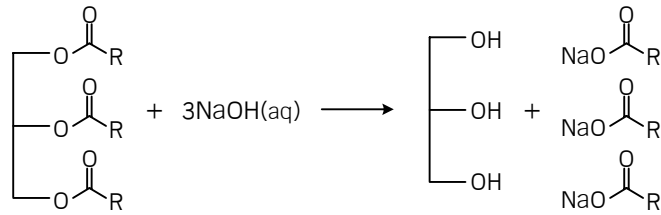
เกิดกับ C=C ด้วย  $\text{O}_2$  และความชื้นในอากาศ อย่างช้าๆ ผ่านอนุมูลอิสระเกิดเป็นกลิ่นหืน



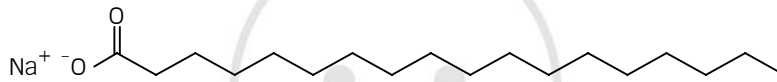
4. ไฮโดรไลซิส (hydrolysis)



5. สaponification (saponification)

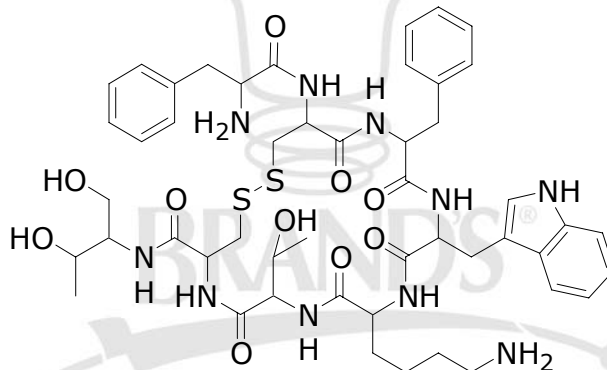


ปริมาณของ NaOH เป็นมิลลิกรัมต่อ triglyceride จำนวน 1 กรัมเรียกว่า saponification number  
 ผลิตภัณฑ์ที่เกลือคาร์บอกซิเลตส่วนหัวเป็นไอออนละลายในน้ำได้ดี ส่วนสายไฮโดรคาร์บอนละลายกับ  
 น้ำมันได้ดี จึงใช้เป็นสารซักล้าง และลดแรงตึงผิว



## แบบฝึกหัด

- Carbohydrate ชนิดใดต่อไปนี่ที่ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ Banedict ได้
  - 1) Glyceraldehyde
  - 2) Lactose
  - \* 3) Glycogen
  - 4) ทุกข้อรวมกัน
- ปฏิกิริยาระหว่าง NaOH(aq) กับสารในข้อใด ที่ไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวได้
  - 1) ไขมัน
  - 2) กรดไขมัน
  - 3) กรด alkylsulfonic
  - \* 4) ไม่มีคำตอบ
- Octreotide เป็นสาย oligopeptide ที่มีโครงสร้างดังแสดงด้านล่าง สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้เป็น inhibitor ของ hormone บางชนิด เช่น growth hormone, glucagon และ insulin



- จากโครงสร้างดังกล่าวโมเลกุลนี้เป็นโมเลกุลประเภทใด และมีพันธะ peptide กี่พันธะ
- 1) hexapeptide, 5 peptide bonds
  - 2) hexapeptide, 6 peptide bonds
  - \* 3) heptapeptide, 6 peptide bonds
  - 4) heptapeptide, 7 peptide bonds
4. การกระทำในข้อใดต่อไปนี่ ที่ทำลายโครงสร้างของ protein โดยที่ primary structure ไม่เสียหาย
    - 1) ต้มในสารละลายกรด
    - 2) hydrolysis ด้วย pepsin
    - \* 3) เติมน้ำลงไป
    - 4) เติมน้ำลงไป

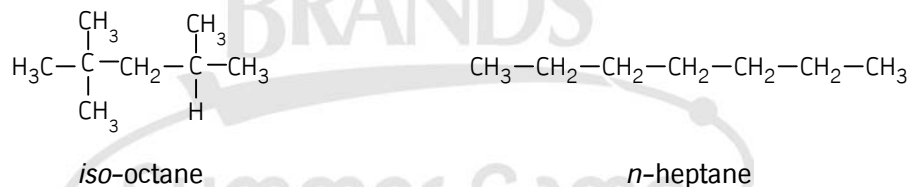
# ปิโตรเคมี

ปิโตรเลียมเกิดจากการทับถมกันของซากสิ่งมีชีวิตกลายเป็นปิโตรเลียม หรือน้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ แปรแยกได้หลายประเภทเมื่อกลั่นแยกตามจุดเดือด

| จุดเดือด (องศาเซลเซียส) | ขนาดโมเลกุล (จำนวนคาร์บอน) | การนำไปใช้                     |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| น้อยกว่า 30             | 1-4                        | แก๊สธรรมชาติ                   |
| 30-60                   | 5-7                        | ปิโตรเลียมอีเทอร์ (ตัวทำละลาย) |
| 60-180                  | 5-10                       | น้ำมันเบนซิน                   |
| 180-250                 | 10-12                      | น้ำมันก๊าด                     |
| 250-350                 | 13-18                      | น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา       |
| มากกว่า 300             | มากกว่า 18                 | น้ำมันหล่อลื่น                 |
| มากกว่า 300             | มากกว่า 21                 | ไยพาราฟิน (สำหรับเทียนไข)      |
| มากกว่า 300             | มากกว่า 38                 | ยางมะตอย                       |

## Octane Number

คือ ตัวเลขแสดงความต้านทานการน็อคของน้ำมันเบนซิน น้ำมันที่มีเลขออกเทน 95 หมายถึง น้ำมันที่สามารถต้านทานการน็อคเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานที่มีส่วนประกอบของ *iso-octane* 95% โดยปริมาตร และ *n-heptane* 5% โดยปริมาตร



## Cetane Number

เป็นสมบัติของน้ำมันดีเซลเหมือนกับเลขออกเทน แต่ใช้สารมาตรฐานแตกต่างกัน คือ กำหนดให้สารประกอบ cetane และ  $\alpha$ -methyl-naphthalene มีเลขซีเทนเป็น 100 และ 0 ตามลำดับ





# พอลิเมอร์

เป็นโมเลกุลใหญ่ที่เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุลเล็กๆ ที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (monomer) แบ่งเป็น

- แบ่งตามการสังเคราะห์

1. พอลิเมอร์ธรรมชาติ
2. พอลิเมอร์สังเคราะห์

- แบ่งตามสถานะ

1. พอลิเมอร์ของเหลว : มีขนาดโมเลกุลไม่ใหญ่มาก แรงระหว่างโมเลกุลน้อย
2. ยาง : เป็นของแข็งแต่ยืดหยุ่นได้ดี
3. พลาสติก
  - 3.1 เทอร์โมพลาสติก : สามารถหลอมเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน นำมารีไซเคิลได้
  - 3.2 เทอร์โมเซตติงพลาสติก : ไม่สามารถหลอมเหลวได้ มักมีโครงสร้างแบบร่างแห
4. ไฟเบอร์ : ขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้ นำไปทอเป็นผืน

- แบ่งตามโครงสร้าง

1. พอลิเมอร์แบบเส้น : ถ้าโมเลกุลขนาดใหญ่พอจะเป็นของแข็ง
2. พอลิเมอร์แบบกิ่ง : เป็นของแข็งที่แรงระหว่างโมเลกุลน้อย สามารถดึงให้ยืดออกได้ง่าย
3. พอลิเมอร์แบบร่างแห : มีความแข็งแรงสูงและทนความร้อนได้ดีโดยไม่หลอมเหลว

- แบ่งตามมอนอเมอร์

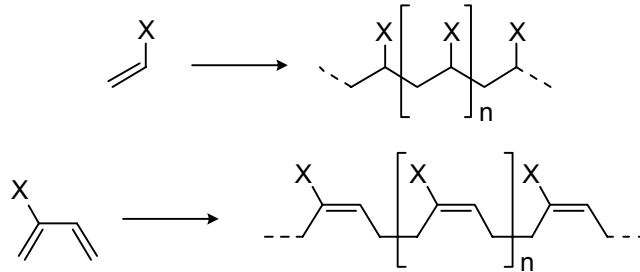
1. โฮโมพอลิเมอร์ : เกิดจากมอนอเมอร์ชนิดเดียว
2. โคพอลิเมอร์ : เกิดจากมอนอเมอร์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป
  - 2.1 โคพอลิเมอร์แบบสลับหว่าง
  - 2.2 โคพอลิเมอร์แบบบล็อก
  - 2.3 โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม

- แบ่งตามปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน

1. พอลิเมอร์แบบเติม : เกิดจากปฏิกิริยาการเติมมอนอเมอร์เป็นแอลคีน
2. พอลิเมอร์แบบควบแน่น : เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นของหมู่ฟังก์ชันต่างๆ

## พอลิเมอร์แบบเติม

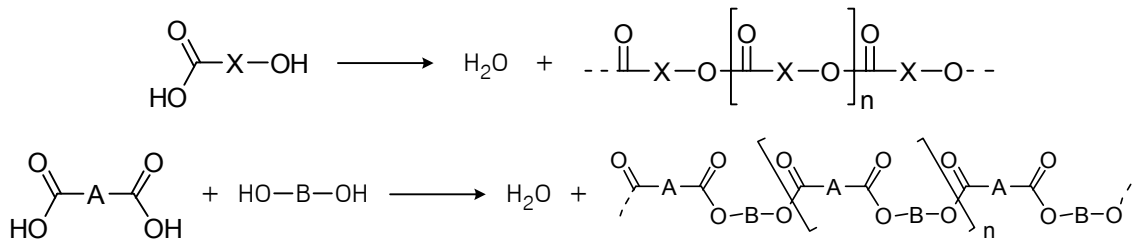
เกิดจากปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบที่มี C=C อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง แบ่งออกได้คร่าวๆ เป็น 2 แบบ ดังนี้ (โดยแบบที่ 2 จะได้พอลิเมอร์ที่มีลักษณะยืดหยุ่นได้เหมือนยาง)



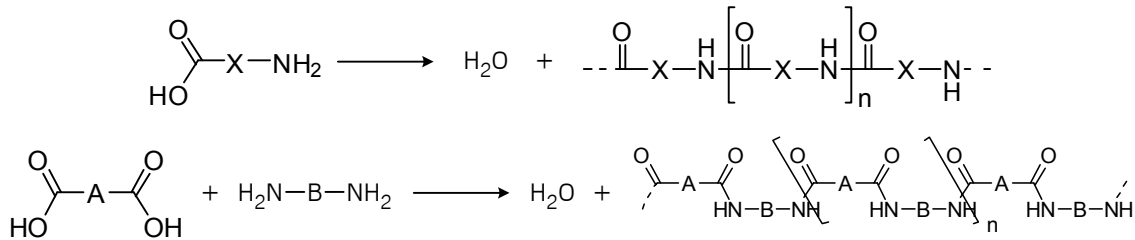
## พอลิเมอร์แบบควบแน่น

เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นของหมู่ฟังก์ชันต่างๆ สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทย่อยตามพันธะที่เชื่อมต่อกันระหว่างหน่วยซ้ำแต่ละหน่วย เช่น

พอลิเอสเตอร์

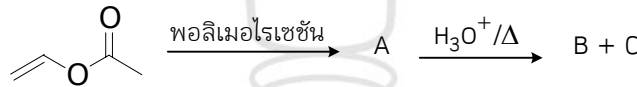


พอลิเอไมด์

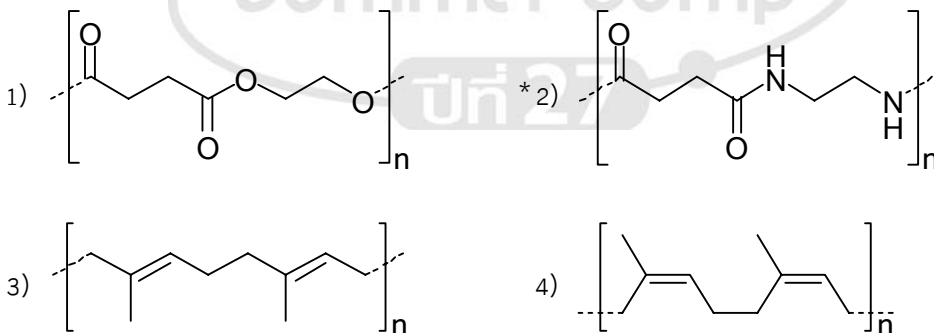


## แบบฝึกหัด

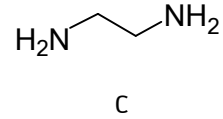
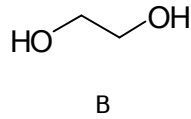
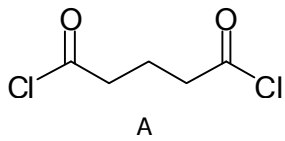
1. หลักการกลั่นลำดับส่วนสำหรับแยกน้ำมันปิโตรเลียมข้อใดไม่ถูกต้อง
  - 1) เป็นการแยกน้ำมันปิโตรเลียมที่มีองค์ประกอบหลายชนิดตามจุดเดือดที่แตกต่างกัน
  - \* 2) เป็นการทำให้สารผสมให้เป็นสารบริสุทธิ์ นำไปใช้งานต่างๆ เช่น เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง
  - 3) หอกลั่นที่มีความสูงมากก็เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกลั่นแยก
  - 4) ที่ชั้นบนของหอกลั่นสารที่แยกออกมาจะมีจุดเดือดต่ำ
2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติ เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเรียงจากน้อยไปมากได้ตามข้อใด
  - \* 1) CNG LPG ดีเซล
  - 2) CNG เบนซิน LPG
  - 3) ดีเซล LPG เบนซิน
  - 4) น้ำมันก๊าด ดีเซล เบนซิน
3. polymer ข้อใดแข็งที่สุดถ้ามี repeating unit เท่ากัน
  - 1) PE
  - 2) PP
  - \* 3) PS
  - 4) PTFE
4. จากสมการ



- ข้อใดไม่ถูกต้อง เมื่อกำหนดให้ B มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า C
- 1) กระบวนการพอลิเมอไรเซชันที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาการเติม
  - 2) สาร A เป็นพอลิเมอร์แบบเส้นตรง
  - \* 3) สาร B และ C ไม่เป็นพอลิเมอร์
  - 4) สาร C มีฤทธิ์เป็นกรด
5. พอลิเมอร์ขนาดโมเลกุลใกล้เคียงกันที่มีโครงสร้างในข้อใดน่าจะมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุด



6. สารประกอบ 3 ชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันมีโครงสร้างดังภาพ



พอลิเมอร์ที่มีความเหนียวทนทานมากที่สุด เตรียมได้จากสารตั้งต้นในข้อใด

- 1) A + B เพราะมีขั้วมากที่สุด
- \* 2) A + C เพราะมีพันธะไฮโดรเจน
- 3) B + C เพราะโมเลกุลเรียงชิดกันแน่น
- 4) A + B + C เพราะเป็นแบบร่างแห



## BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 27



เอกสารประกอบคำบรรยาย  
วิชา PAT 2

**เคมี**

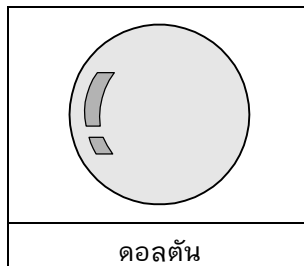
โดย อ.กฤษณ์ ชื่นเป็นนิจ  
สถาบันกวดวิชาเคมี เคมีก้าว

## โครงสร้างอะตอมและตารางธาตุ

### โครงสร้างอะตอม

#### แบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ

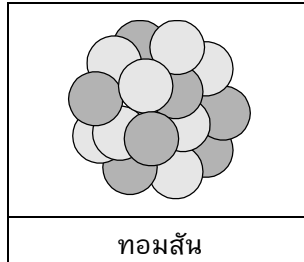
แบบจำลองอะตอมของดอลตัน



ดอลตัน

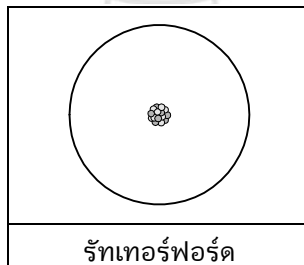
- สสารทั้งหลายเกิดขึ้นจากอะตอม
- อะตอมไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ หรือถูกทำลายลงได้
- อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะมีลักษณะเหมือนกัน และมีลักษณะต่างกัน ธาตุต่างชนิดกัน
- ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นโดยการจัดเรียงตัวกันใหม่ของอะตอม
- สารประกอบเกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของอะตอมของธาตุองค์ประกอบ
- แบบจำลองอะตอมของดอลตันเป็นเพียงแนวคิด โดยไม่มีการทดลองยืนยันหลักคิดของตนเอง

### แบบจำลองอะตอมของทอมสัน



- ทอมสันนำหลอดรังสีแคโทดมาปรับปรุงแล้วค้นพบรังสีแคโทด หรืออิเล็กตรอน
- ทอมสันสามารถหาค่าประจุต่อมวลของรังสีแคโทดซึ่งเป็นค่าคงที่เท่ากับ  $1.76 \times 10^8$  c/g
- มิลลิแกนใช้การทดลองหยดน้ำมันเพื่อหาค่าประจุของอิเล็กตรอน ( $1.6 \times 10^{-19}$  c) และนำค่าประจุที่ได้ไปคำนวณหามวลของอิเล็กตรอนได้ ( $9.1 \times 10^{-27}$  g) โดยใช้ค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนของทอมสัน
- แบบจำลองอะตอมของทอมสันเป็นรูปแบบ Plum pudding model ซึ่งอธิบายว่าอะตอมประกอบด้วยกลุ่มประจุลบที่ฝังอยู่ในเนื้ออะตอมที่มีกลุ่มประจุบวก
- รังสีบวก (รังสีแอนโนด) ที่ถูกค้นพบโดยโกลด์ซ์ไตน์ก่อนหน้าการทดลองของทอมสัน ไม่ใช่โปรตอน แต่เป็นไอออนบวกที่เกิดจากการที่อะตอมถูกพลังงานไฟฟ้าทำให้แตกออกเป็นอิเล็กตรอน (รังสีแคโทด) และไอออนบวก ยกเว้นในกรณีที่ใช้แก๊สดีนในหลอดรังสีแคโทดเป็นแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งจะทำให้รังสีบวกที่ได้เป็นโปรตอน ( $H^+$ )

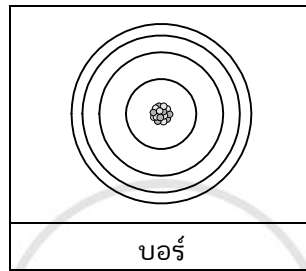
### แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด



- การทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด คือ การทดลองยิงรังสีแอลฟาใส่แผ่นทองคำบาง ซึ่งสิ่งที่รัทเทอร์ฟอร์ดคาดการณ์แต่แรก คือ รังสีทั้งหมดน่าจะทะลุผ่านแผ่นทองคำบางไปทั้งหมด แต่ผลการทดลองกลับไม่เป็นไปตามนั้นเพราะมีรังสีแอลฟาบางส่วนที่เบี่ยงเบนทิศทางและสะท้อนกลับได้
- การทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ดทำให้พบว่า อะตอมประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่มีความหนาแน่นสูงมาก (นิวเคลียส) และส่วนที่เป็นที่ว่าง (พื้นที่ของอิเล็กตรอน) โดยส่วนที่เป็นที่ว่างจะกินพื้นที่ขนาดกว้างกว่า
- แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดเป็นลักษณะที่ประจุบวกอัดรวมตัวกันแน่นอยู่ตรงกลาง (นิวเคลียส) และมีอิเล็กตรอนโคจรอยู่บริเวณที่ว่างรอบนิวเคลียส

- รัทเทอร์ฟอร์ดเป็นผู้ค้นพบโปรตอนจากการทดลองยิงรังสีแอลฟาใส่แก๊สไฮโดรเจน แล้วตรวจพบประจุบวก ซึ่งก็คือ โปรตอน ( $H^+$ ) และเจมส์ แชดวิก ได้ค้นพบนิวตรอน โดยเขาได้ทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังอะตอมของธาตุแบริลเลียม ( $Be-9$ )

### แบบจำลองอะตอมของบอร์

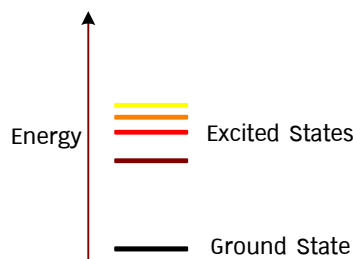


- บอร์ทำการทดลองผ่านการตรวจสอบสเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งเป็นผลให้ค่าตัวเลขที่ได้จากการทดลองทั้งหมดเป็นของธาตุไฮโดรเจน
- บอร์อาศัยความรู้เรื่องความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงาน ความถี่ ความยาวคลื่น จากสมการของแพลงค์ ดังนี้

$$E = h\nu$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

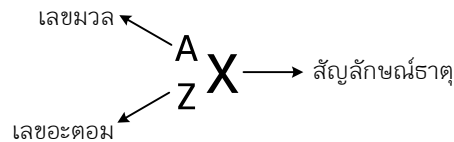
- บอร์อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดเส้นสเปกตรัม โดยการที่อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นจากสถานะพื้นไปสถานะกระตุ้น หลังจากนั้นจะพยายามกลับลงที่สถานะพื้นอีกครั้งด้วยการคายพลังงานในรูปของแสง
- บอร์อธิบายเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างระดับพลังงาน โดยการใช้ไฮโดรเจนเป็นรูปแบบหลัก ซึ่งทำให้เราพบว่า ระยะห่างระหว่างระดับพลังงานจะมีค่าน้อยลงไปเรื่อยๆ ดังรูป



- จากการทดลองของบอร์ ทำให้เกิดการตรวจสอบชนิดของสารโดยการดูสีเปลวไฟ และสเปกตรัมของสารประกอบได้ โดยสามารถใช้ได้ดีกับกลุ่มธาตุที่เป็นโลหะ (เนื่องจากให้เส้นสเปกตรัมในช่วงแสงที่มองเห็นได้)
- แบบจำลองอะตอมของบอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด เพียงแต่เพิ่มส่วนอธิบายการโคจรของอิเล็กตรอนที่มีลักษณะเป็นชั้นๆ คล้ายกับระบบสุริยจักรวาล

## สัญลักษณ์นิวเคลียร์

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ คือ สัญลักษณ์ที่ใช้บอกชนิดของธาตุ ตลอดจนจำนวนอนุภาคมูลฐานทั้งหมดของธาตุนั้นๆ โดยจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่



1. เลขอะตอม (Atomic Number, Z) คือ ตัวเลขที่แสดงจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส เป็นตัวบ่งชี้ชนิดและสมบัติเฉพาะตัวของธาตุนั้นๆ

2. เลขมวล (Mass Number, A) คือ ตัวเลขที่แสดงผลรวมของจำนวนโปรตอน และนิวตรอนในนิวเคลียส

**ไอโซโทป (Isotope)** คือ อะตอมของธาตุเดียวกันที่มีเลขมวลต่างกันหรืออนุภาคที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน ซึ่งอนุภาคที่เป็นไอโซโทปกันจะมีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกัน แต่สมบัติทางกายภาพบางประการต่างกัน โดยธาตุหนึ่งๆ อาจมีได้หลายไอโซโทป

**ไอโซบาร์ (Isobar)** คือ อะตอมของธาตุต่างชนิดกันที่มีเลขมวลเท่ากัน

**ไอโซทอน (Isotone)** คือ อะตอมของธาตุต่างชนิดกันที่มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน

**ไอโซอิเล็กทรอนิก (Isoelectronic)** คือ อะตอมหรือไอออนของสารที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน

**ไอออน** คือ อนุภาคที่เกิดการสูญเสียเสถียรภาพทางไฟฟ้า ทำให้เกิดธาตุที่มีประจุไฟฟ้า เพราะมีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เท่ากับจำนวนโปรตอน โดยถ้าหากว่าจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโปรตอน เรียกว่า “ไอออนลบ” และถ้าหากว่ามีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโปรตอน เรียกว่า “ไอออนบวก”

## การจัดเรียงอิเล็กตรอน

การจัดเรียงอิเล็กตรอน เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มของอิเล็กตรอนโดยใช้สภาวะและบริเวณที่อิเล็กตรอนแต่ละตัวอยู่ เพื่อบอกตำแหน่งของธาตุในตารางธาตุ อีกทั้งยังสามารถอธิบายพฤติกรรมบางอย่างได้จากการจัดเรียงอิเล็กตรอน โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งการจัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น 2 วิธี ได้แก่

1. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก (Core Shell Electron Configuration)

2. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย (Sub Shell Electron Configuration)

**การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก** เป็นกระบวนการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่ค่อนข้างสะดวกเหมาะสำหรับการบอกตำแหน่งในตารางธาตุเท่านั้น ไม่สามารถอธิบายรายละเอียดของพฤติกรรมต่างๆ ของอะตอมได้ชัดเจนเหมือนกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย ซึ่งการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักจะให้ข้อมูลเพียง 2 ชนิด ดังนี้

1. ระดับพลังงาน

2. จำนวนอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนั้นๆ



มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. หาจำนวนอิเล็กตรอนที่สามารถจุได้ในระดับพลังงานต่างๆ โดย

จำนวนอิเล็กตรอนที่สามารถจุได้ในระดับพลังงาน =  $2n^2$  โดย  $n$  = ระดับพลังงานที่  $n$

ดังนั้น ที่ระดับพลังงาน  $n = 1$  สามารถจุอิเล็กตรอนได้ =  $2 \times 1^2 = 2$

ที่ระดับพลังงาน  $n = 2$  สามารถจุอิเล็กตรอนได้ = 8

ที่ระดับพลังงาน  $n = 3$  สามารถจุอิเล็กตรอนได้ = 18

ที่ระดับพลังงาน  $n = 4$  สามารถจุอิเล็กตรอนได้ = 32

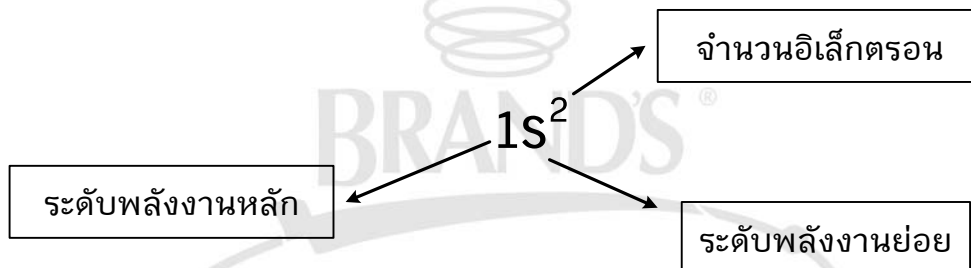
2. อิเล็กตรอนในระดับพลังงานชั้นนอกสุด เรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน มีได้ไม่เกิน 8 อนุภาค (ตามเลขหมู่)

3. จำนวนระดับพลังงานบอกเลขที่คาบ (ธาตุในแถวบน) จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนบอกเลขที่หมู่ (ธาตุในแนวตั้ง) ได้เฉพาะธาตุพวกเพริเซอเดตีฟ (ธาตุพวก A) ส่วนธาตุแทรนซิชันในคาบที่ 4 ส่วนใหญ่ มีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 2 ยกเว้นบางธาตุที่เป็น 1 (Cr และ Cu) และอิเล็กตรอนในระดับพลังงานรองสุดท้ายเป็น 9 ถึง 18

### การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย

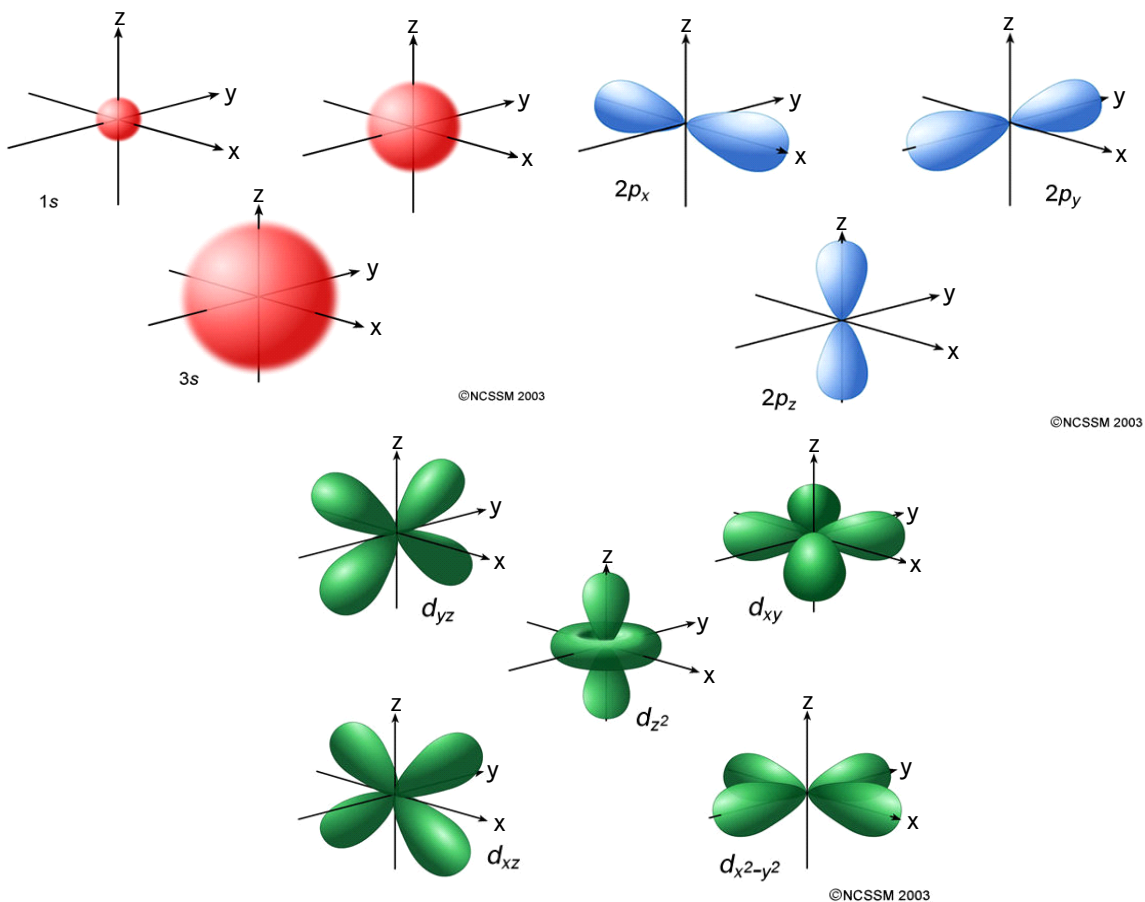
การจัดเรียงอิเล็กตรอนในรูปแบบนี้จะมีการบอกละเอียดของอิเล็กตรอนอยู่ 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1. ระดับพลังงาน
2. ออร์บิทัล
3. จำนวนอิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานและออร์บิทัลนั้นๆ



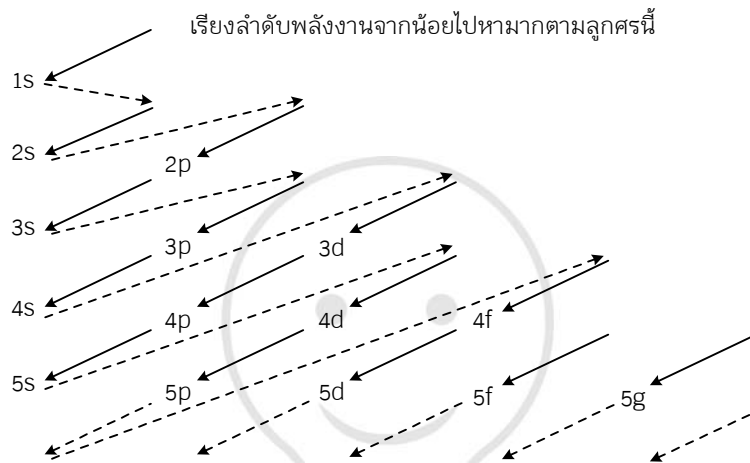
โดยความแตกต่างระหว่างการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและในระดับพลังงานย่อย คือ “ออร์บิทัล (Orbital)” ซึ่งหมายถึง บริเวณที่มีโอกาสพบอิเล็กตรอน ซึ่งออร์บิทัลจะพบได้หลายลักษณะเป็นรูปทรงต่างๆ ตามระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสและการหมุนรอบตัวเองของอิเล็กตรอน โดยแต่ละระดับพลังงานย่อยและออร์บิทัลมีรูปแบบเป็นดังนี้

| ระดับพลังงานย่อย | จำนวนออร์บิทัล | ออร์บิทัล   | จำนวนอิเล็กตรอนที่บรรจุได้ | ลักษณะเส้นสเปกตรัม     |
|------------------|----------------|---|----------------------------|------------------------|
| s                | 1              | s   | 2                          | เส้นบางเล็ก (sharp)    |
| p                | 3              | $p_x, p_y$ และ $p_z$                                  | 6                          | เส้นหนาชัด (principal) |
| d                | 5              | $d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, d_{(x^2-y^2)}$ และ $d_{z^2}$ | 10                         | สว่างกระจาย (diffuse)  |
| f                | 7              | -   | 14                         | สว่างกระจาย (diffuse)  |
| g                | 9              | -   | 18                         | สว่างกระจาย (diffuse)  |



ทั้งนี้ ในการจัดเรียงธาตุที่มีเลขอะตอมสูงมากๆ (เลขอะตอมมากกว่า 120) อาจจะมีพบ g-orbital และ h-orbital

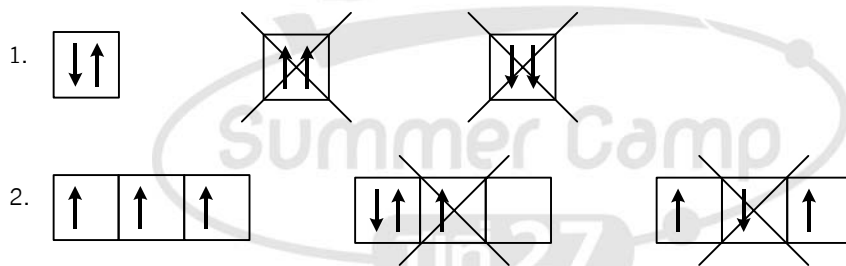
เนื่องจากการที่ระดับพลังงานมีค่าไม่เท่ากันและมีการเรียงที่ซ้อนกันในออร์บิทัลต่างๆ ทำให้อิเล็กตรอนนั้นจะต้องถูกบรรจุอยู่ในระดับพลังงานและออร์บิทัลที่มีพลังงานต่ำที่สุดก่อนเพื่อความเสถียร ดังนั้นการจัดเรียงอิเล็กตรอนสามารถทำได้โดยจัดตามลำดับต่อไปนี้



หรือเรียงลำดับได้ตามนี้ : 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, ...

การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยจะมีประโยชน์มากในการศึกษาวิชาเคมีในระดับสูง เพราะสามารถนำการจัดเรียงอิเล็กตรอนรูปแบบนี้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ของอะตอมได้ โดยสามารถนำไปสร้างแผนภาพออร์บิทัล (Orbital Diagram) เพื่อขยายภาพพฤติกรรมของอิเล็กตรอนที่ชัดเจนมากขึ้น

ข้อควรระวังในการสร้างแผนภาพออร์บิทัล



ความสัมพันธ์ระหว่างตารางธาตุและการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย

|                       |                       |  |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |                       |                      |                      |                      |                      |                       |
|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| H<br>1s <sup>1</sup>  |                       |  |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        | He<br>1s <sup>2</sup> |                      |                      |                      |                      |                       |
| Li<br>2s <sup>1</sup> | Be<br>2s <sup>2</sup> | ตารางธาตุ  |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        | B<br>2p <sup>1</sup>  | C<br>2p <sup>2</sup> | N<br>2p <sup>3</sup> | O<br>2p <sup>4</sup> | F<br>2p <sup>5</sup> | Ne<br>2p <sup>6</sup> |
| 3s                    |                       | ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย<br>(แสดงเฉพาะโครงสร้างอิเล็กตรอนออร์บิทัลสุดท้ายที่สามารถบ่งชี้ถึงตำแหน่งได้) |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |                       | 3p                   |                      |                      |                      |                       |
| 4s                    | Sc<br>3d <sup>1</sup> | Ti<br>3d <sup>2</sup>  | V<br>3d <sup>3</sup> | Cr<br>3d <sup>4</sup> | Mn<br>3d <sup>5</sup> | Fe<br>3d <sup>6</sup> | Co<br>3d <sup>7</sup> | Ni<br>3d <sup>8</sup> | Cu<br>3d <sup>9</sup> | Zn<br>3d <sup>10</sup> | 4p                    |                      |                      |                      |                      |                       |
| 5s                    | 4d                    |  |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        | 5p                    |                      |                      |                      |                      |                       |
| 6s                    | 5d                    |  |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        | 6p                    |                      |                      |                      |                      |                       |
| 7s                    | 6d                    |  |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        | 7p                    |                      |                      |                      |                      |                       |

|                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |                        |                        |                        |                        |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| La<br>4f <sup>1</sup> | Ce<br>4f <sup>2</sup> | Pr<br>4f <sup>3</sup> | Nd<br>4f <sup>4</sup> | Pm<br>4f <sup>5</sup> | Sm<br>4f <sup>6</sup> | Eu<br>4f <sup>7</sup> | Gd<br>4f <sup>8</sup> | Tb<br>4f <sup>9</sup> | Dy<br>4f <sup>10</sup> | Ho<br>4f <sup>11</sup> | Er<br>4f <sup>12</sup> | Tm<br>4f <sup>13</sup> | Yb<br>4f <sup>14</sup> |
| 5f                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |                        |                        |                        |                        |

ตารางธาตุ

แนวโน้มคุณสมบัติทั่วไปของธาตุในตารางธาตุ

โดยทั่วไปจะแบ่งคุณสมบัติที่น่าสนใจของธาตุต่างๆ ออกเป็น 5 คุณสมบัติ ได้แก่

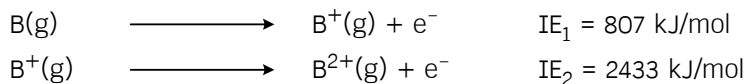
1. ขนาดอะตอม และขนาดไอออน

คือ ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของอะตอมกับผิวของอะตอม ซึ่งก็คือ อิเล็กตรอนวงนอกสุด ถ้าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันมาก จะทำให้อิเล็กตรอนอยู่ใกล้นิวเคลียส อะตอมจะมีขนาดเล็ก ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดอะตอม ได้แก่

- 1.1 ระดับพลังงานชั้นนอกสุด : ถ้าอยู่ระดับพลังงานสูงก็จะมีขนาดใหญ่
- 1.2 จำนวนโปรตอน : ถ้ามีมากก็จะดึงอิเล็กตรอนให้เข้าใกล้นิวเคลียส อะตอมจะมีขนาดเล็ก
- 1.3 จำนวนอิเล็กตรอน : ถ้ามีมากก็กระจายตัวรอบอะตอมไกลขึ้น อะตอมจะมีขนาดใหญ่

2. ค่าพลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy : IE)

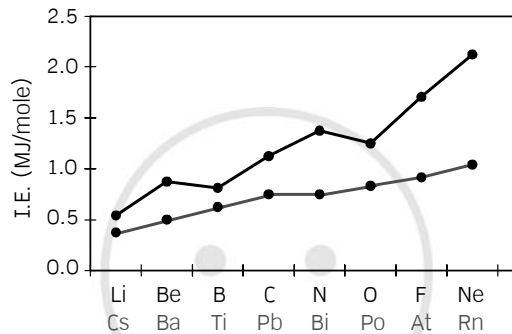
พลังงานไอออไนเซชัน คือ พลังงานปริมาณน้อยที่สุดที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส โดยทำให้ธาตุเปลี่ยนแปลงเป็นไอออนบวก ถ้าอิเล็กตรอนตัวแรกหลุดเรียกพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่หนึ่ง (IE<sub>1</sub>) พลังงานที่ทำให้อิเล็กตรอนในลำดับต่อไป มาหลุดมีค่าเป็น IE<sub>2</sub>, IE<sub>3</sub>, ... ตามลำดับ เช่น



จะพบว่าในธาตุชนิดเดียวกัน IE<sub>1</sub> < IE<sub>2</sub> < IE<sub>3</sub> < ... < IE<sub>n</sub>

**\*\*\* ข้อควรระวัง \*\*\***

ธาตุในหมู่ IIA และหมู่ VA มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยออร์บิทัลสุดท้ายเป็น  $ns^2$  และ  $np^3$  ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบดังกล่าวทำให้ธาตุหมู่ IIA มีลักษณะเป็น Full-fill orbital และของหมู่ VA เป็น Half-fill orbital ซึ่งทำให้ธาตุนั้นมีความเสถียรมากเป็นพิเศษ จึงทำให้ค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของธาตุใน 2 หมู่นี้มีลักษณะมากกว่าที่ควรจะเป็นตามแนวโน้ม แต่กรณีดังกล่าวจะมีผลน้อยลงสำหรับธาตุที่อยู่ในคาบสูง เนื่องจากประเด็นเรื่องการบดบังของอิเล็กตรอน ดังกราฟ



**3. ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity : EA)**

สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน คือ พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออะตอมของธาตุในสถานะแก๊สได้รับอิเล็กตรอน 1 อนุภาคแล้วกลายเป็นไอออนลบในสถานะแก๊ส พลังงานนี้มักจะอยู่ในรูปคายพลังงานเพื่อสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างนิวเคลียสของอะตอมกับอิเล็กตรอนตัวใหม่ เช่น



ทั้งนี้ธาตุที่มีค่า EA สูง หมายความว่า ธาตุนั้นรับอิเล็กตรอนได้ดีและเกิดเป็นไอออนลบที่เสถียร (ยิ่งลบมากยิ่งเสถียร) แต่ถ้าค่า EA เป็นบวก แสดงว่าธาตุนั้นจะเป็นไอออนลบที่ไม่เสถียรและเกิดการรับอิเล็กตรอนไม่ได้

**\*\*\* ข้อควรระวัง \*\*\***

คล้ายกับกรณีของพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1

**4. ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity : EN)**

อิเล็กโตรเนกาติวิตี คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถของอะตอมของธาตุในการดึงดูดอิเล็กตรอนของอะตอมของธาตุอื่น ขณะสร้างพันธะเพื่อรวมเป็นสารประกอบ ค่า EN ของธาตุไม่มีหน่วย เนื่องจากเป็นค่าที่เกิดจากการเปรียบเทียบ โดยค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุนั้นๆ จะมีความสัมพันธ์กับค่าไอออไนเซชันและค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนด้วย ซึ่งการหาอิเล็กโตรเนกาติวิตินั้นจะต้องใช้ตัวแปรสำคัญในการเปรียบเทียบ คือ พลังงานพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างธาตุที่ต้องการกับธาตุที่มี EN สูงที่สุดในตารางธาตุอย่างฟลูออรีน (F) ดังนั้น หากธาตุใดไม่สามารถสร้างพันธะกับฟลูออรีนได้ ก็ไม่สามารถหาค่า EN ได้

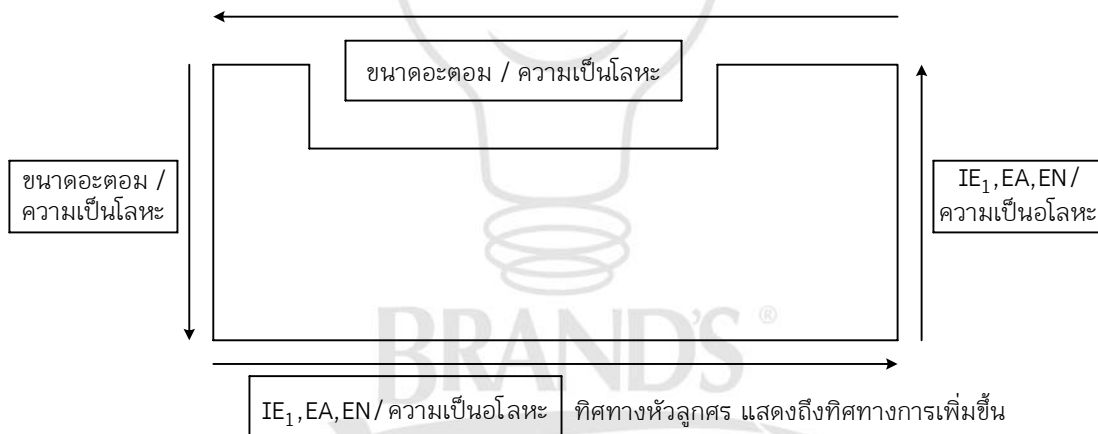
## 5. ความเป็นโลหะ และความเป็นอโลหะ

ความเป็นโลหะ คือ มีความว่องไวในการจ่ายอิเล็กตรอน (ตัวรีดิวซ์) ดังนั้น ความว่องไวจะขึ้นกับความ เป็นโลหะของธาตุนั้นๆ โดยยิ่งธาตุที่เป็นโลหะมาก ก็จะสามารถจ่ายอิเล็กตรอนได้ดี ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นจาก บนลงล่างในหมู่เดียวกันและลดลงจากซ้ายไปขวาในคาบเดียวกัน โดยสังเกตได้จากค่าพลังงานไอออไนเซชัน ยิ่งมี คำน้อย ยิ่งจ่ายอิเล็กตรอนได้ง่าย และยิ่งมีความเป็นโลหะมาก

ความเป็นอโลหะ คือ มีความว่องไวในการรับอิเล็กตรอน (ตัวออกซิไดซ์) ดังนั้น ความว่องไวจะขึ้นกับ ความเป็นอโลหะของธาตุนั้นๆ โดยยิ่งธาตุที่เป็นอโลหะมาก ก็จะสามารถรับอิเล็กตรอนได้ดี ความเป็นอโลหะ เพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบนในหมู่เดียวกันและเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาในคาบเดียวกัน โดยสังเกตได้จากค่าสัมพรรคภาพ อิเล็กตรอนยิ่งมีค่ามาก (เป็นลบมาก) ยิ่งรับอิเล็กตรอนได้ดี และยิ่งมีความเป็นอโลหะมาก

เพิ่มเติม สำหรับหมู่ที่ VIIIA ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง (ไม่เหมือน อโลหะหมู่อื่นๆ) เนื่องจากระดับพลังงานที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้อิเล็กตรอนที่ชั้นนอกสุดอยู่ห่างจากนิวเคลียสเพิ่ม มากขึ้น จึงทำให้เกิดการสร้างพันธะโคเวเลนต์ได้

สรุปแนวโน้มคุณสมบัติที่น่าสนใจทั้ง 5 ได้ดังนี้



ตัวอย่าง ข้อใดเป็นสาเหตุที่ทำให้พลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นอิเล็กตรอน 1 ตัวจาก 1s-subshell ของ  ${}_1\text{H}$  และ  ${}_2\text{He}^+$  ไปยัง 3s-subshell แตกต่างกัน

- ก. จำนวนโปรตอนแตกต่างกัน  
 ข. จำนวนนิวตรอนแตกต่างกันเมื่อพิจารณาจากการจัดเรียงอิเล็กตรอน  
 ค. จำนวนอิเล็กตรอนแตกต่างกัน
- 1) ข้อ ก. เท่านั้น  
 2) ข้อ ข. เท่านั้น  
 3) ข้อ ก. และ ข.  
 4) ข้อ ก. และ ค.

เฉลย 1) ข้อ ก. เท่านั้น

ตัวอย่าง พิจารณาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุต่อไปนี้

- A :  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^7$   
 B :  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4 4s^1$   
 C :  $[\text{Ne}] 3s^1$   
 D :  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$

จากข้อมูลข้างต้น ข้อใดถูก

- 1) ธาตุ A สามารถเกิดสารประกอบกับ B ได้สารประกอบไอออนิกและสารประกอบเชิงซ้อน  
 2) ธาตุ B อยู่หมู่เดียวกับธาตุ C  
 3) ธาตุ B มีขนาดใหญ่กว่าธาตุ C และธาตุ D  
 4) สูตรของสารประกอบระหว่างธาตุ B และธาตุ D คือ  $\text{DB}_3$  เท่านั้น

เฉลย 1) ธาตุ A สามารถเกิดสารประกอบกับ B ได้สารประกอบไอออนิกและสารประกอบเชิงซ้อน

ตัวอย่าง อะตอมของไฮโดรเจน 2 โมล ได้รับพลังงาน 2,551 kJ พบว่าอิเล็กตรอนทั้งหมดเปลี่ยนระดับพลังงานไปที่  $n = 6$  หลังจากนั้นอิเล็กตรอนคายพลังงาน ได้เส้นสเปกตรัมในช่วงที่ตามองเห็น 4 เส้นดังนี้

| เส้นสเปกตรัม | ความยาวคลื่น (nm) | ปริมาณอิเล็กตรอนที่คายพลังงาน (โมล) |
|--------------|-------------------|-------------------------------------|
| สีม่วง       | 400               | 0.025                               |
| สีน้ำเงิน    | 420               | 0.5                                 |
| สีฟ้า        | 500               | 0.025                               |
| สีแดง        | 660               | 0.5                                 |

ข้อใดถูก ( $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

- 1) แสงสีแดงมีความเข้มสูงสุด  
 2) แสงสีน้ำเงินมีความเข้มสูงสุด  
 3) พลังงานของแสงสีฟ้าที่ได้ออกมาทั้งหมดมีค่าต่ำสุด  
 4) พลังงานของแสงสีม่วงที่ได้ออกมาทั้งหมดมีค่าสูงสุด

เฉลย 3) พลังงานของแสงสีฟ้าที่ได้ออกมาทั้งหมดมีค่าต่ำสุด

ตัวอย่าง พิจารณาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุสมมติต่อไปนี้

| ธาตุ | การจัดเรียงอิเล็กตรอน                                 |
|------|---|
| A    | [Ar] 4s <sup>1</sup>                                  |
| D    | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>                  |
| E    | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup> |
| G    | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup> |

จากข้อมูลข้างต้น ข้อใดผิด

- 1) เลขออกซิเดชันของ D มีค่าสูงสุดเป็น +5
- 2) ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของ  $G > E > A$
- 3) ธาตุ A เมื่อเกิดสารประกอบกับคาร์บอนได้สูตรเป็น A<sub>4</sub>C
- 4) ธาตุ E สามารถเกิดสารประกอบไอออนิกกับ A ได้สารที่มีสูตรเป็น A<sub>2</sub>E

เฉลย 1) เลขออกซิเดชันของ D มีค่าสูงสุดเป็น +5

ตัวอย่าง ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

- 1) ออร์บิทัลชนิด d จะเริ่มมีในระดับพลังงาน  $n = 3$
- 2) ระดับพลังงานย่อย f ในระดับพลังงาน  $n = 3$  มีจำนวน 7 ออร์บิทัล
- 3) ในระดับพลังงาน  $n = 3$  มีจำนวนออร์บิทัลทั้งหมด 9 ออร์บิทัล
- 4) ในระดับพลังงาน  $n = 4$  มีจำนวนระดับพลังงานย่อยอยู่ 4 ระดับ

เฉลย 2) ระดับพลังงานย่อย f ในระดับพลังงาน  $n = 3$  มีจำนวน 7 ออร์บิทัล





# พันธะเคมี

พันธะเคมี คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร เช่น ระหว่างอะตอมกับอะตอม หรือไอออนกับไอออน เป็นต้น เราสามารถแบ่งชนิดของพันธะเคมีได้ 3 ชนิด คือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ

## พันธะโคเวเลนต์

เป็นพันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอม เนื่องจากแต่ละอะตอมที่เกิดพันธะโคเวเลนต์นั้นมักจะมีค่า Electronegativity (EN) สูง จึงทำให้เกิดการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

ตัวอย่างธาตุที่รวมกันแล้วสร้างพันธะโคเวเลนต์ ได้แก่

1. อโลหะกับอโลหะ เช่น  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  เป็นต้น
2. กึ่งอโลหะกับอโลหะ เช่น  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$  เป็นต้น
3. โลหะบางชนิด เช่น Be, Sn กับอโลหะ เช่น  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{SnCl}_4$  เป็นต้น
4. โลหะทรานซิชันกับอโลหะในไอออนเชิงซ้อน เช่น  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  เป็นต้น

หมายเหตุ ธาตุบางชนิดจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์แบบโครงผลึกร่างตาข่ายที่มีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างไป ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

## การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

1. การเขียนสูตรโมเลกุล

- เรียงลำดับธาตุให้ถูกต้องตามหลักสากลได้ดังนี้

B Si C Sb As P N H Te Se S At I Br Cl O F ตามลำดับ

- สัดส่วนการรวมตัวไม่แน่นอน เนื่องจากอโลหะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาก เมื่อรวมตัวกันสามารถรวมตัวกันได้หลายอัตราส่วน เช่น  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$  เป็นต้น

2. การอ่านชื่อ

- โมเลกุลที่เกิดจากธาตุ 2 ชนิด  $\text{A}_x\text{B}_y$

A อ่านชื่อธาตุตามปกติ

B อ่านชื่อธาตุ แต่เปลี่ยนคำลงท้ายเป็น -ide

- บอกจำนวนธาตุองค์ประกอบ

|        |      |    |     |       |       |      |       |      |      |      |
|--------|------|----|-----|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| จำนวน  | 1    | 2  | 3   | 4     | 5     | 6    | 7     | 8    | 9    | 10   |
| คำอ่าน | mono | di | tri | tetra | penta | hexa | hepta | octa | nona | deca |

หมายเหตุ

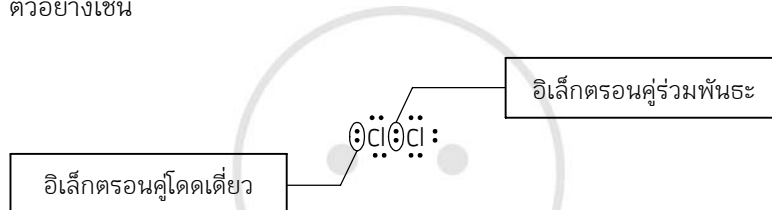
- ถ้าอะตอมหน้าที่มีจำนวนเท่ากับ 1 ไม่ต้องอ่านเลขห้อยไว้
- สารประกอบไฮโดรเจนไม่ต้องอ่านเลขห้อยที่กำกับมา

## ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ในการเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ อะตอมของธาตุในโมเลกุลโคเวเลนต์ จะนำเอาเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน เพื่อให้แต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่งเป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งเราจะเรียกคู่อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันนี้ว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (Shared Pair Electrons) ซึ่งพันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกได้ 3 ชนิด

1. พันธะเดี่ยว (Single Bond) เกิดจากอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ เช่น  $H_2$
2. พันธะคู่ (Double Bond) เกิดจากอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ เช่น  $O_2$
3. พันธะสาม (Triple Bond) เกิดจากอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ เช่น  $N_2$

ส่วนคู่อิเล็กตรอนบนอะตอมที่ไม่ได้เกิดการใช้ร่วมกันกับอะตอมอื่นเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (Lone Pair Electrons) ตัวอย่างเช่น



## โคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (Coordinated Covalent)

ยังมีพันธะอีกชนิดที่ใช้คู่อิเล็กตรอนของอะตอมเพียงอะตอมเดียวมาสร้างพันธะ แทนที่จะให้อิเล็กตรอนจากแต่ละอะตอมร่วมกัน เราเรียกพันธะเช่นนี้ว่า พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (Coordinated Covalent Bond) เช่น  $O_3$

## การเขียนสูตรโครงสร้าง

- ในการเขียนสูตรเราต้องหอะตอมกลางก่อน โดยทั่วไปธาตุที่มีค่า EN ต่ำกว่ามักจะเป็นอะตอมกลาง ยกเว้นไฮโดรเจน

- ทดลองวางตำแหน่งอะตอมของธาตุต่างๆ
- เขียนสูตรแบบเส้น หรือแบบจุด โดยเน้นให้แต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 8 (ถ้าทำได้)
- กรณีที่เป็นไอออน

ไอออนบวก หมายถึง ผลรวมของอิเล็กตรอนทั้งหมดจะมีการเสียอิเล็กตรอนไปตามจำนวนของไอออนบวก เช่น หากเป็นไอออน +1 แสดงว่า อิเล็กตรอนรวมทั้งหมดจะมีการสูญเสียไป 1 อิเล็กตรอน

ไอออนลบ หมายถึง ผลรวมของอิเล็กตรอนทั้งหมดจะมีการรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามาตามจำนวนของไอออนลบ เช่น หากเป็นไอออน -2 แสดงว่า อิเล็กตรอนรวมทั้งหมดจะมีการรับเพิ่มเข้ามา 2 อิเล็กตรอน

## ลักษณะของสูตรโครงสร้าง

1. โมเลกุลที่เป็นไปตามกฎออกเตต อะตอมของธาตุจะใช้คู่อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดเป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งอะตอมของธาตุเหล่านั้นจะมีความเสถียรเหมือนอะตอมของธาตุหมู่ VIIIA เช่น  $H_2O$   $C_3H_6$   $S_8$  เป็นต้น

## 2. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

2.1 โมเลกุลที่เกินออกเตต ธาตุที่จะมีอิเล็กตรอนเกินออกเตตนั้นจะต้องอยู่ตั้งแต่คาบ 3 ลงมา เนื่องจากธาตุที่อยู่คาบดังกล่าวจะมี d ออร์บิทัลที่สามารถรับอิเล็กตรอนที่เกินมาได้ และธาตุที่เป็นอะตอมกลางจะต้องมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) ต่ำกว่าอะตอมปลาย เช่น  $\text{PF}_5$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  เป็นต้น

### 2.2 โมเลกุลที่ไม่ครบออกเตต

- โมเลกุลที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนรอบอะตอมใดอะตอมหนึ่งน้อยกว่าออกเตต (ไม่ครบ 8)
- บางโมเลกุลอาจมีอิเล็กตรอนเดี่ยวซึ่งมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งพบในโมเลกุลที่มีผลรวมเวเลนซ์อิเล็กตรอนทุกอะตอมในโมเลกุลเป็นเลขคี่

## ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

ความยาวพันธะ ก็คือ ระยะห่างระหว่าง 2 นิวเคลียสของอะตอมที่สร้างพันธะกัน โดยที่ระยะห่างนี้จะทำให้โมเลกุลมีความเสถียรมากที่สุด ซึ่งอะตอมในสารแต่ละชนิดก็就会有ความยาวพันธะต่างๆ กันไป แม้ว่าจะเป็นอะตอมชนิดเดียวกันก็ตาม เช่น ความยาวพันธะระหว่าง  $\text{C}=\text{O}$  ในสาร  $\text{H}_2\text{CO}$  และ  $\text{CO}_2$  ก็จะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น โดยทั่วไปเราจึงใช้ค่าความยาวพันธะเฉลี่ย เราสามารถเรียงลำดับความยาวพันธะได้ดังนี้ คือ พันธะเดี่ยว > พันธะคู่ > พันธะสาม

พลังงานพันธะ คือ พลังงานที่อะตอมใช้ยึดเหนี่ยวกัน หรือพลังงานที่ใช้ในการทำลายพันธะระหว่างอะตอมในสถานะแก๊ส ซึ่งแม้จะเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน สารแต่ละชนิดก็就会有พลังงานพันธะที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นเราจะใช้พลังงานพันธะเฉลี่ยในการคำนวณ ซึ่งในอะตอมชนิดเดียวกันเราสามารถเรียงลำดับพลังงานพันธะได้ดังนี้ คือ พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะเดี่ยว

## การสลายพันธะและการเกิดพันธะ












เมื่ออะตอมสองอะตอมเกิดพันธะโคเวเลนต์จะคายพลังงานออกมา ดังนั้นหากต้องการแยกอะตอมทั้งสองออกจากกันจะต้องใช้พลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะเรียกว่า พลังงานการสลายพันธะ (Bond Dissociation Energy) เป็นการดูดพลังงาน ซึ่งจะมีค่าเป็นบวก ในทางตรงกันข้าม พลังงานที่คายออกมาจากการเกิดพันธะ จะมีค่าเป็นลบ เราสามารถคำนวณหาพลังงานของปฏิกิริยา ( $\Delta H$ ) ได้ โดยที่การเกิดปฏิกิริยาจะต้องสลายพันธะเก่าของสารตั้งต้นซึ่งจะเกิดการดูดพลังงานเข้าไป และสร้างพันธะใหม่ของผลิตภัณฑ์ที่จะคายพลังงานออกมา ดังนั้น หากเราทราบชนิดและจำนวนพันธะที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา เราจะสามารถคำนวณหาพลังงานของปฏิกิริยาได้ ดังนั้น เมื่อพิจารณาในพลังงานของปฏิกิริยา เราสามารถแบ่งปฏิกิริยาเคมีออกเป็น 2 ประเภท

1. ปฏิกิริยาดูดพลังงาน (Endothermic Reaction) คือ ปฏิกิริยาซึ่งใช้พลังงานในการสลายพันธะเดิมมากกว่าพลังงานที่คายออกมาเมื่อเกิดพันธะใหม่ ดังนั้นจึงเป็นปฏิกิริยาที่พลังงานถ่ายเทจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ และกำหนดให้การดูดพลังงานมีเครื่องหมายของพลังงาน ( $\Delta H$ ) เป็นบวก

2. ปฏิกิริยาคายพลังงาน (Exothermic Reaction) คือ ปฏิกิริยาซึ่งใช้พลังงานในการสลายพันธะเด็มน้อยกว่าพลังงานที่คายออกมาเมื่อเกิดพันธะใหม่ ดังนั้นจึงเป็นปฏิกิริยาที่พลังงานถ่ายเทจากระบบเข้าสู่สิ่งแวดล้อม และกำหนดให้การคายพลังงานมีเครื่องหมายของพลังงาน ( $\Delta H$ ) เป็นลบ

## รูปร่างของโมเลกุล

โครงสร้างของโมเลกุลโคเวเลนต์ใน 3 มิติ นั้น สามารถพิจารณาได้จากการผลักรันของอิเล็กตรอนที่มีอยู่รอบๆ อะตอมกลางเป็นสำคัญ ทฤษฎีที่ใช้ทำนายรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ คือ ทฤษฎีการผลักรันของคู่อิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valence Shell Electron Pair Repulsion : VSEPR) ซึ่งเราสามารถแบ่งรูปร่างได้ดังนี้

| จำนวนคู่อิเล็กตรอน | อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว | โครงสร้าง   | ชื่อ  | ขนาดของมุม  | ตัวอย่าง          |
|--------------------|------------------------|---|---|-------------|-------------------|
| 1                  | 0                      | X—X   | เส้นตรง<br>Linear                             | 180         | HCl               |
| 2                  | 1                      | —X—   | เส้นตรง<br>Linear                             | 180         | BeCl <sub>2</sub> |
| 3                  | 0                      |    | สามเหลี่ยมแบนราบ<br>Trigonal Planar           | 120         | BF <sub>3</sub>   |
|                    | 1                      |    | มุมงอ<br>Bend (V-shape)                       | < 120       | SO <sub>2</sub>   |
| 4                  | 0                      |   | ทรงเหลี่ยมสี่หน้า<br>Tetrahedron              | 109.5       | CH <sub>4</sub>   |
|                    | 1                      |  | พีระมิด<br>Pyramid                            | < 109.5     | NH <sub>3</sub>   |
|                    | 2                      |  | มุมงอ<br>Bend (V-shape)                       | << 109.5    | H <sub>2</sub> O  |
| 5                  | 0                      |  | พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม<br>Trigonal Bipyramid | 120, 90     | PCl <sub>5</sub>  |
|                    | 1                      |  | ไม้กระดก<br>Irregular Tetrahedron<br>(Seesaw) | < 120, < 90 | SF <sub>4</sub>   |
|                    | 2                      |  | รูปตัวที<br>T-shape                           | < 90        | ClF <sub>3</sub>  |
| 6                  | 0                      |  | ทรงเหลี่ยมแปดหน้า<br>Octahedron               | 90          | SF <sub>6</sub>   |
|                    | 1                      |  | พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม<br>Square Pyramid        | 90          | IF <sub>5</sub>   |
|                    | 2                      |  | สี่เหลี่ยมแบนราบ<br>Square Planar             | 90          | XeF <sub>4</sub>  |

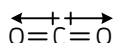
## สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ขั้วของพันธะนั้นสามารถพิจารณาได้จากความแตกต่างของค่า EN เช่น

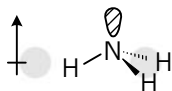
H—H จัดเป็นพันธะที่ไม่มีขั้ว

H—F จัดเป็นพันธะที่มีขั้ว

ซึ่งอาศัยขั้วของพันธะนั้นเองเป็นตัวบ่งชี้ถึงขั้วของโมเลกุล โดยการรวมเวกเตอร์ของขั้วต่างๆ ที่มีอยู่ในโมเลกุลเข้าด้วยกัน เพื่อหาเวกเตอร์ผลลัพธ์ที่จะบอกถึงขั้วของโมเลกุลนั้น จึงต้องทราบถึงโครงสร้างในสามมิติของโมเลกุลเสียก่อน เช่น



คาร์บอนไดออกไซด์มีขั้วรวมเป็นศูนย์ เพราะขั้วลบของพันธะชี้ออกไปทางออกซิเจนเท่าๆ กันใน 2 ทิศทางที่ตรงข้ามกันพอดี



แอมโมเนียมีขั้วลบชี้ขึ้นตรงๆ ทางด้านบน เพราะขั้วของพันธะมาเสริมกันในแนวแกน z แต่ในระนาบหักล้างกันหมดไป

โมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ได้แก่

1. โมเลกุลของธาตุชนิดเดียวกัน เนื่องจากมีค่า EN เท่ากัน เช่น  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{S}_8$ ,  $\text{P}_4$ ,  $\text{N}_2$  เป็นต้น
2. โมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด มีจำนวนอะตอม 3 อะตอมขึ้นไป อะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว รูปร่างโมเลกุลจะเป็นลักษณะสมมาตรทำให้สภาพขั้วหักล้างกัน เช่น  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{PH}_5$ ,  $\text{SCL}_6$  เป็นต้น
3. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  เป็นต้น

โมเลกุลที่มีขั้ว ได้แก่

1. โมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่ต่างกัน 2 อะตอม เช่น  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$  เป็นต้น

## แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

โมเลกุลโคเวเลนต์โดยปกติจะไม่เชื่อมต่อกันแบบร่างแหอย่างพันธะโลหะ หรือไอออนิก แต่จะมีขอบเขตที่แน่นอน จึงต้องพิจารณาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วย ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพของโมเลกุลโคเวเลนต์ อันได้แก่ ความหนาแน่น, จุดเดือด, จุดหลอมเหลว หรือความดันไอ ได้โดยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลนั้น เกิดจากแรงดึงดูดเนื่องจากความแตกต่างของประจุเป็นสำคัญ แรงต่างๆ เหล่านี้ เช่น

### แรงลอนดอน (London force)

เป็นแรงที่เกิดจากการดึงดูดทางไฟฟ้าของโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ซึ่งแรงดึงดูดทางไฟฟ้านั้นเกิดได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอย่างเสียสมดุลทำให้เกิดขั้วขึ้นเล็กน้อย และขั้วที่เกิดขึ้นชั่วคราวนี้เอง จะเหนี่ยวนำกับโมเลกุลข้างเคียงให้มีแรงยึดเหนี่ยวเกิดขึ้น ดังนั้นยิ่งโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ก็จะมีโอกาสที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เสียสมดุลได้มาก จึงอาจกล่าวได้ว่า แรงลอนดอน แปรผันตรงกับขนาดของโมเลกุล เช่น  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$  และ  $\text{CO}_2$  เป็นต้น

## แรงไดโพล-ไดโพล (Dipole-Dipole Interaction)

เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วสองโมเลกุลขึ้นไป เป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าที่แข็งแรงกว่าแรงลอนดอน เพราะเป็นขั้วไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอย่างถาวร โมเลกุลจะเอาด้านที่มีประจุตรงข้ามกันหันเข้าหากัน ตามแรงดึงดูดทางประจุ เช่น  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $H_2S$  และ  $CO$  เป็นต้น

## พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond)

เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่มีค่าสูง โดยเกิดระหว่างไฮโดรเจนกับธาตุขนาดเล็กที่มีค่า EN สูง และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่ ซึ่งได้แก่ F, O และ N โดยสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวชนิดนี้จะต้องมีพันธะระหว่าง H กับธาตุ F, O หรือ N ดังกล่าวจึงจะสามารถเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่เป็นพันธะไฮโดรเจนได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่มีค่าสูง คือ ไฮโดรเจนที่ขาดอิเล็กตรอน อันเนื่องมาจากถูกส่วนที่มี EN สูงในโมเลกุลดึงไป จนกระทั่งไฮโดรเจนนั้นมีสภาพเป็นบวกสูง และจะต้องมีธาตุที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือ และมีความหนาแน่นอิเล็กตรอนสูงพอให้ไฮโดรเจนที่กำลังขาดอิเล็กตรอนนั้น เข้ามาสร้างแรงยึดเหนี่ยวด้วยได้ เช่น  $H_2O$ ,  $HF$  และ  $NH_3$  เป็นต้น ส่วน  $HCl$  นั้นไม่สามารถเกิดได้เพราะอิเล็กตรอนไม่หนาแน่นพอที่จะให้ไฮโดรเจนเข้ามาสร้างแรงยึดเหนี่ยวได้

## สมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์

1. สถานะ สารประกอบโคเวเลนต์มีสถานะเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค โดยที่ของแข็งจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากกว่าของเหลวและแก๊ส ตามลำดับ

2. จุดเดือด-จุดหลอมเหลว โดยทั่วไปแล้วสารประกอบโคเวเลนต์ส่วนมากจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารประกอบที่เกิดจากพันธะอื่นๆ เนื่องจากการเดือดและการหลอมเหลวทำลายที่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ไม่ได้ทำลายที่พันธะโคเวเลนต์นั่นเอง

แต่ถ้าเปรียบเทียบกับสารประกอบโคเวเลนต์ด้วยกันเองพบว่า หากมีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงกันจุดเดือดและจุดหลอมเหลวจะเพิ่มตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่เพิ่มขึ้น

3. การละลาย โดยปกติสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวชนิดเดียวกันจะสามารถละลายซึ่งกันและกันได้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า โมเลกุลที่มีขั้วจะละลายกับโมเลกุลที่มีขั้ว และโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะละลายกับโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว โดยโมเลกุลที่ไม่มีขั้วส่วนมากจะไม่สามารถเข้าไปแทรกตัวละลายอยู่ในโมเลกุลที่มีขั้วได้ เพราะแรงดึงดูดระหว่างขั้วหรือแรงไดโพล-ไดโพลนั้นแข็งแรงมากกว่ามาก

4. การนำไฟฟ้า โดยทั่วไปนั้นสารประกอบโคเวเลนต์จะไม่นำไฟฟ้า เนื่องจากอิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เองอิสระนั่นเอง

## สารโครงผลึกร่างตาข่าย

เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ที่เกิดการสร้างพันธะต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ แบบสามมิติเกิดเป็นลักษณะคล้ายโครงตาข่าย ซึ่งสารชนิดนี้จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงมาก ตัวอย่างเช่น เพชร แกรไฟต์

## สมบัติของสารโครงผลึกแร่ธาตุ

1. ในภาวะปกติมีสถานะเป็นของแข็งที่แข็งมาก ยกเว้นแกรไฟต์
2. บางชนิดไม่นำไฟฟ้า เช่น เพชร บางชนิดนำไฟฟ้าได้ เช่น แกรไฟต์
3. มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง เนื่องจากการเดือดหรือการหลอมเหลวต้องทำลายพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงมาก
4. ไม่ละลายน้ำ
5. ไม่มีสูตรโมเลกุล มีแต่สูตรอย่างง่าย

## พันธะไอออนิก

พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุที่มีค่า EN ต่างกันมากๆ เช่น อะตอมของโลหะกับอโลหะมารวมตัวกัน โดยที่อะตอมที่มีค่า EN ต่ำจะเสียอิเล็กตรอนให้อะตอมที่มีค่า EN สูง เกิดเป็นไอออนบวกขึ้น ส่วนอะตอมที่มีค่า EN สูงรับอิเล็กตรอนมากก็จะกลายเป็นไอออนลบ ไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามนี้จะดึงดูดกันด้วยแรงทางไฟฟ้า (Electrostatic Force)

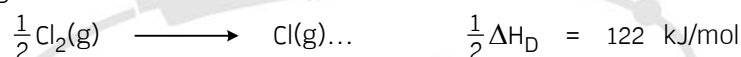
## พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

ในการเกิดสารประกอบไอออนิกชนิดหนึ่งๆ จะเกิดผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การเกิดสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จะมีขั้นตอนดังนี้

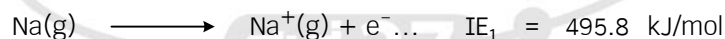
1. โลหะโซเดียมที่อยู่ในสถานะของแข็งจะเกิดการดูดพลังงานเข้าไป เพื่อเปลี่ยนสถานะให้กลายเป็นไอโซเดียม ด้วยกระบวนการระเหิด เราเรียกพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะนี้ว่า พลังงานของการระเหิด ( $\Delta H_S$  : Heat of Sublimation)



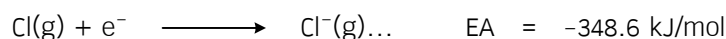
2. แก๊สคลอรีนโดยปกติจะอยู่ในรูปของโมเลกุล ดังนั้นก่อนที่จะเกิดปฏิกิริยากับโซเดียมจะต้องแตกออกเป็นอะตอมของคลอรีนก่อน โดยการดูดพลังงานเข้าไปเท่ากับพลังงานพันธะ เราเรียกพลังงานที่ใช้ว่า พลังงานการสลายพันธะ ( $\Delta H_D$  : Bond Dissociation Energy)



3. อะตอมของโซเดียมในสถานะแก๊สให้อิเล็กตรอนกลายเป็นโซเดียมไอออน โดยใช้พลังงานเท่ากับพลังงานไอออไนเซชันครั้งที่ 1 ( $IE_1$  : Ionization Energy)



4. อะตอมของคลอรีนในสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอนกลายเป็นคลอไรด์ไอออน โดยคายพลังงานเท่ากับสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (EA : Electron Affinity)



5. โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนรวมตัวกันโดยคายพลังงานที่เรียกว่า พลังงานโครงผลึก ( $\Delta H_L$  : Lattice Energy)



พลังงานการเกิดสารประกอบไอออนิก ( $\Delta H_f$ ) จะมีค่าเท่ากับผลรวมของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน  
ชั้นย่อยๆ โดยที่กำหนดให้

$\Delta H$  มีค่าเป็นบวกเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบดูดพลังงาน

$\Delta H$  มีค่าเป็นลบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบคายพลังงาน

$$\Delta H_f = \Delta H_S + \frac{1}{2} \Delta H_D + IE_1 - EA - \Delta H_L$$

## การเขียนสูตร

- เขียนไอออนบวกไว้ด้านหน้าและไอออนลบไว้ด้านหลัง
- ประจุมระหว่างไอออนบวกและไอออนลบของสารประกอบไอออนิกจะมีค่าเป็นศูนย์
- เขียนแสดงสัดส่วนการรวมตัวอย่างต่ำ (สูตรเอมพิริคัล) ของแต่ละไอออนห้อยไว้ด้านล่าง เช่น NaCl มีสัดส่วน  $Na^+ : Cl^- = 1 : 1$  (หากสัดส่วนเป็นเลข 1 จะไม่แสดงเป็นตัวเลข)  $CaCl_2$  มีสัดส่วน  $Ca^{2+} : Cl^- = 1 : 2$  เป็นต้น

## การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

- การเรียกชื่อจะเรียกชื่อไอออนบวกตามด้วยไอออนลบแล้วลงท้ายด้วย -ide, -ate หรือ -ite แล้วแต่ชนิดของไอออนลบนั้นๆ
- โลหะทรานซิชันที่มีประจุบวกได้หลายค่าให้ระบุค่าประจุบวก เป็นตัวเลขโรมันในวงเล็บท้ายชื่อโลหะด้วย

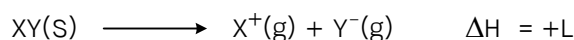
## สมบัติของสารประกอบไอออนิก

- สถานะ สารประกอบไอออนิกเป็นผลึกของแข็งที่เปราะเนื่องจากเมื่อทำการทุบสารประกอบไอออนิกจะทำให้ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันเลื่อนมาเจอกันจะเกิดแรงผลักรุนแรงขึ้นทำให้ผลึกแตกออก
- การนำไฟฟ้า สารประกอบไอออนิกในสภาวะปกติจะไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากแต่ละไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่จะสามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำ
- จุดเดือดจุดหลอมเหลว สารประกอบไอออนิกมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่สูงเนื่องจากต้องสลายพันธะไอออนิกซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงมาก
- การละลาย สารประกอบไอออนิกบางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดไม่ละลายหรือละลายได้น้อย เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายน้ำ ไอออนบวกและไอออนลบจะแยกออกจากกัน โดยมีน้ำมาล้อมรอบไอออนทั้งสอง น้ำจะหันขั้วบวกเข้าหาไอออนลบ และจะหันขั้วลบเข้าหาไอออนบวก

## พลังงานกับการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

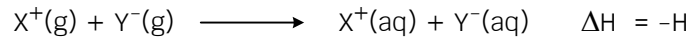
การละลายของสารประกอบไอออนิกจะมีพลังงานที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ชนิด คือ พลังงานแลตทิซ และ พลังงานไฮเดรชัน

- ในขั้นแรกโมเลกุลของน้ำจะดึงดูดกับไอออนในสารประกอบไอออนิก โดยจะต้องใช้พลังงานในการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนภายในโครงผลึกเท่ากับพลังงานที่ไอออนยึดเหนี่ยวกันซึ่งก็คือ พลังงานแลตทิซนั่นเอง





2. เมื่อไอออนหลุดออกมา น้ำก็จะเข้าไปล้อมรอบไอออนนั้นไว้ โดยที่ จะทำการคายพลังงานออกมา ซึ่งพลังงานที่คายออกมาก็คือ พลังงานไฮเดรชัน



เมื่อพิจารณาผลต่างของการเปลี่ยนแปลงพลังงานทั้งสองขั้นจะได้ว่า

1. ถ้าพลังงานแลตทิซมากกว่าพลังงานไฮเดรชัน ( $L > H$ ) การละลายน้ำ จะเกิดการดูดพลังงาน ทำให้สารละลายเย็นลง

2. ถ้าพลังงานแลตทิซน้อยกว่าพลังงานไฮเดรชัน ( $L < H$ ) การละลายน้ำ จะเกิดการคายพลังงาน ทำให้สารละลายร้อนขึ้น

3. ถ้าพลังงานแลตทิซมากกว่าพลังงานไฮเดรชันมากๆ ( $L \gg H$ ) จะไม่เกิดการละลายน้ำ เนื่องจากไอออนยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงที่มากจนน้ำไม่สามารถแยกไอออนออกจากกันได้

## พันธะโลหะ

พันธะโลหะนั้นเกิดขึ้นจากการรวมตัวของอะตอมของโลหะหลายๆ อะตอมเข้ามาอยู่รวมกัน ซึ่งอะตอมของโลหะนั้นมีค่า EN ต่ำ จึงพยายามที่จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา โมเลกุลที่เกิดจากพันธะโลหะไม่มีขอบเขตที่แน่นอน เพราะการเกาะตัวกันจะเกิดขึ้นโดยตลอดทั่วทั้งก้อนโลหะนั้น ทำให้โลหะไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

## สมบัติของโลหะ

1. โลหะสามารถที่จะถูกดึงออกเป็นเส้น หรือตัดให้ขาดออกจากกันด้วยมีดได้ และยังมีสมบัติที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้จากแรงกระทำภายนอก เช่น การตีหรือทุบ ให้โลหะบิดงอ เปลี่ยนรูปร่างไป โดยไม่เกิดการแตกออกได้ง่ายเหมือนพันธะอื่น

2. สามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากอิเล็กตรอนสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ไปได้ทั่วทั้งก้อนของโลหะนั้น การใส่กระแสไฟฟ้าลงไป ซึ่งก็คือการใส่อิเล็กตรอนลงไปนั่นเอง จะสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนเหล่านั้นไปบนก้อนโลหะได้โดยเกิดการเคลื่อนที่ (Delocalized) ของอิเล็กตรอน

3. สามารถนำความร้อนได้ดี โดยที่อิเล็กตรอนที่อยู่ตรงตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูง จะได้รับพลังงานและเคลื่อนที่ จึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับส่วนอื่นๆ ได้

4. ผิวเป็นมันวาว เนื่องจากอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระนั้นจะรับและกระจายแสงออกมา

5. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง เนื่องจากพันธะโลหะที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอิเล็กตรอนอิสระทั้งหมดในก้อนโลหะกับไอออนบวก จึงมีความแข็งแรงมาก

ตัวอย่าง สารประกอบในข้อใดมีโครงสร้างเป็นทรงสี่หน้า

- 1)  $\text{SF}_4$
- 2)  $\text{POCl}_3$
- 3)  $\text{ICl}_4^-$
- 4)  $\text{XeF}_4$

เฉลย 2)  $\text{POCl}_3$

ตัวอย่าง จุดหลอมเหลวของ  $\text{MgO}$  สูงกว่า  $\text{NaF}$  เนื่องจากสาเหตุใดต่อไปนี้

- ก.  $\text{Mg}^{2+}$  มีประจุบวกสูงกว่า  $\text{Na}^+$
- ข.  $\text{O}^{2-}$  มีประจุลบสูงกว่า  $\text{F}^-$
- ค.  $\text{O}^{2-}$  ใหญ่กว่า  $\text{F}^-$

- 1) ข้อ ข. เท่านั้น
- 2) ข้อ ก. และ ข.
- 3) ข้อ ก. และ ค.
- 4) ข้อ ก. ข. และ ค.

เฉลย 2) ข้อ ก. และ ข.

ตัวอย่าง  $\text{XY}$  เป็นสารประกอบไอออนิก เมื่อนำสารนี้ 1.00 กรัม มาละลายในน้ำ 100 กรัม ปรากฏว่าอุณหภูมิของสารละลายลดลง 0.30 องศาเซลเซียส

- กำหนดให้ น้ำหนักโมเลกุลของ  $\text{XY} = 50$   
ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ =  $4.2 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$   
พลังงานไฮเดรชันของ  $\text{XY} = -30.0$  กิโลจูลต่อโมล

พลังงานโครงร่างผลึกของ  $\text{XY}$  มีค่ากี่กิโลจูลต่อโมล

- 1) 6.3
- 2) 7.3
- 3) 30.1
- 4) 36.3

เฉลย 4) 36.3

ตัวอย่าง ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้เกิดขึ้นไม่ได้แน่นอน

- 1)  $\text{ClF} + \text{F}_2 \longrightarrow \text{ClF}_3$
- 2)  $\text{PF}_3 + \text{F}_2 \longrightarrow \text{PF}_5$
- 3)  $\text{SF}_2 + \text{F}_2 \longrightarrow \text{SF}_4$
- 4)  $\text{SiF}_4 + \text{F}_2 \longrightarrow \text{SiF}_6$

เฉลย 4)  $\text{SiF}_4 + \text{F}_2 \longrightarrow \text{SiF}_6$

ตัวอย่าง การเกิดพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคภายในผลึกต่อไปนี้

- ก. ผลึกแอมโมเนียเกิดพันธะไฮโดรเจน
- ข. ผลึกกำมะถันเกิดแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
- ค. แกรไฟต์เกิดพันธะโลหะ
- ง. เพชรเกิดพันธะโคเวเลนต์
- จ. ผลึก ZnS เกิดพันธะไอออนิก
- ฉ. ซิลิกา (SiO<sub>2</sub>) เกิดพันธะไอออนิก

ข้อใดถูก

- 1) ก., ง. และ จ.
- 2) ก., จ. และ ฉ.
- 3) ข., ค. และ ง.
- 4) ข., ง. และ ฉ.

เฉลย 1) ก., ง. และ จ.

ตัวอย่าง พิจารณาปฏิกิริยา  $\text{Ca(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{CaO(s)}$  พลังงานในข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานี้

- 1) พลังงานแลตทิจ
- 2) พลังงานการระเหิดของ Ca
- 3) พลังงานไอออนเซชันของธาตุออกซิเจน
- 4) พลังงานการสลายพันธะของธาตุออกซิเจน

เฉลย 3) พลังงานไอออนเซชันของธาตุออกซิเจน



## สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วไปทั้งทางกายภาพและคุณสมบัติทั่วไปทางเคมีของโลหะและอโลหะ

| คุณสมบัติทางกายภาพ        |                             |                                |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| สมบัติของธาตุ             | โลหะ                        | อโลหะ                          |
| สถานะ                     | ของแข็ง ยกเว้น Hg Ga Cs Fr  | มีทั้ง 3 สถานะ                 |
| การนำไฟฟ้า                | นำไฟฟ้าได้ดี                | ไม่นำ ยกเว้นแกรไฟต์ ฟอสฟอรัสดำ |
| จุดหลอมเหลว               | สูง ยกเว้นปรอท              | ต่ำ ยกเว้นคาร์บอน              |
| ความหนาแน่น               | มีทั้งสูงและต่ำ             | ต่ำ ยกเว้นคาร์บอน (เพชร)       |
| คุณสมบัติทางเคมี          |                             |                                |
| สมบัติของธาตุ             | โลหะ                        | อโลหะ                          |
| เมื่อมีการรวมตัว (ทั่วไป) | ตัวจ่ายอิเล็กตรอน (Reducer) | ตัวรับอิเล็กตรอน (Oxidizer)    |
| สารประกอบคลอไรด์          | กลาง                        | กรด                            |
| สารประกอบออกไซด์          | เบส                         | กรด                            |

ยกเว้น Be, B และ Al ซึ่งถือเป็นสารที่ให้สมบัติเป็นกรดหรือเบสก็ได้ (เป็นกลางไม่ได้) เรียกว่า Amphoteric

### เคมีนิวเคลียร์

ธาตุกัมมันตรังสี คือ ธาตุที่มีสมบัติในการแผ่กัมมันตภาพรังสีซึ่งอาจเปลี่ยนเป็นธาตุอื่นได้ โดยเปลี่ยนจำนวนอนุภาคในนิวเคลียส เช่น จำนวนโปรตอนและนิวตรอน โดยมีปัจจัยสำคัญที่ทำให้อะตอมปลดปล่อยกัมมันตรังสีออกมาก็คือ เสถียรภาพของนิวเคลียส

ปัจจัยที่ทำให้เป็นธาตุกัมมันตรังสี

1. นิวเคลียสมีขนาดใหญ่เกินไป (เลขอะตอมมากกว่า 83) (ปรับเสถียรภาพโดยการคายแอลฟา)
2. อัตราส่วน n/p มากเกินไป (ปรับเสถียรภาพโดยการคายอนุภาคเบตาออกมา)
3. อัตราส่วน n/p น้อยเกินไป (ปรับเสถียรภาพโดยการคายอนุภาคโพซิตรอนออกมาหรือรับเบตา)
4. พลังงานมากเกินไป (ปรับเสถียรภาพโดยการคายแกมมา)

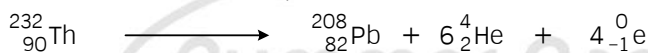
จากปัจจัยดังกล่าวจะทำให้นิวเคลียสไม่เสถียรและปลดปล่อยกัมมันตภาพรังสีออกมา โดยกัมมันตภาพรังสีที่ถูกปลดปล่อยออกมา ได้แก่ อนุภาค ดังนี้

| ชื่ออนุภาค  | สัญลักษณ์ | สัญลักษณ์ที่ใช้ในสมการนิวเคลียร์ | คุณสมบัติทั่วไป   |
|-------------|-----------|----------------------------------|---|
| 1. โปรตอน   | p         | ${}^1_1\text{H}$                 | -   |
| 2. นิวตรอน  | n         | ${}^1_0\text{n}$                 | -   |
| 3. เบตา     | $\beta^-$ | ${}^0_{-1}\text{e}$              | มีลักษณะเป็นอนุภาค คือ เป็นอิเล็กตรอนที่ออกจากนิวเคลียส ความเร็วสูง อำนาจเจาะทะลุมากกว่าอนุภาคแอลฟา |
| 4. โพซิตรอน | $\beta^+$ | ${}^0_{+1}\text{e}$              | คุณสมบัติทั่วไปคล้ายกับเบตา แต่มีประจุเป็นบวก   |
| 5. แอลฟา    | $\alpha$  | ${}^4_2\text{He}$                | มีลักษณะเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก มีอำนาจเจาะทะลุต่ำ   |
| 6. แกมมา    | $\gamma$  | ${}^0_0\gamma$                   | เป็นพลังงานที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีอำนาจเจาะทะลุมาก มีความยาวคลื่นสั้น                          |

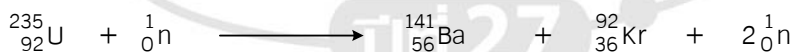
“โดยทั่วไปธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 83 ขึ้นไปถือว่าเป็นธาตุกัมมันตรังสีและธาตุกัมมันตรังสีที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 93 ขึ้นไปเกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทั้งหมด”

สมการนิวเคลียร์ (Nuclear Equation) คือ สมการที่แสดงปฏิกิริยานิวเคลียร์ สมการต้องดุลทั้งเลขมวลและเลขอะตอมทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของสมการเคมีให้เท่ากัน กล่าวคือ ผลบวกของเลขมวลและเลขอะตอมของสารตั้งต้นเท่ากับของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง สมการการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

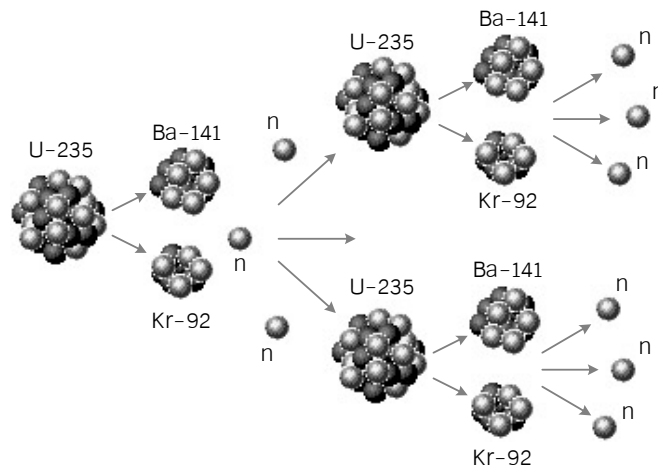


ตัวอย่าง สมการการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์



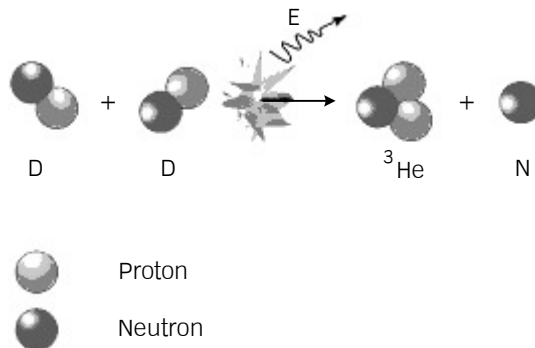
ปฏิกิริยานิวเคลียร์ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียสของอะตอมแล้วได้ นิวเคลียสของอะตอมใหม่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการคายพลังงานมหาศาล แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission Reaction) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ของนิวเคลียสของธาตุหนัก ซึ่งเกิดจากการยิงอนุภาคนิวตรอนเข้าไปยังนิวเคลียสของธาตุหนัก แล้วทำให้นิวเคลียสของธาตุนั้นแตกออกเป็นสอง ส่วนที่มีขนาดประมาณครึ่งหนึ่งของนิวเคลียสเดิม พร้อมทั้งปลดปล่อยนิวตรอนออกมาอีก 2-3 อนุภาค เพื่อเข้าไปชนนิวเคลียสอื่นๆ อีก ทำให้เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ให้พลังงานสูง เช่น การทำระเบิดปรมาณู ในการเกิดปฏิกิริยานี้จำเป็นต้องมีมวลของสารที่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งเราเรียกมวลค่านี้ว่า “มวลวิกฤติ” (Critical Mass)



แผนภาพการเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน

2. ปฏิกิริยาฟิวชัน (Fusion Reaction) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากแก่นของอะตอมเบาหลอมรวมกันเข้าเป็นแก่นอะตอมที่หนัก แล้วคายพลังงานมหาศาลออกมา โดยมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าปฏิกิริยาฟิชชัน แต่ให้พลังงานมากกว่าปฏิกิริยาฟิชชัน ซึ่งเชื่อว่าปฏิกิริยาฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในดวงอาทิตย์ ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยานี้ คือ การทำระเบิดไฮโดรเจน ในการเกิดปฏิกิริยานี้จำเป็นต้องมีอุณหภูมิของสารที่เพียงพอต่อการเกิดการหลอมนิวเคลียส ซึ่งเราเรียกอุณหภูมิค่านี้ว่า “อุณหภูมิวิกฤติ” (Critical Ignition)



แผนภาพการเกิดปฏิกิริยาฟิวชัน

## ครึ่งชีวิต (Half Life)

ครึ่งชีวิต คือ ระยะเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีเปลี่ยนแปลงปริมาณไปจากเดิม โดยจะลดลงครึ่งหนึ่งในช่วงเวลานั้นๆ ใช้สัญลักษณ์  $t_{1/2}$  เช่น  $^{222}\text{Ra}$  มีครึ่งชีวิต 40 วัน หมายถึง เมื่อเวลาผ่านไป 40 วัน Ra 1 กรัม จะเหลือ Ra เพียง 0.5 กรัมนั่นเอง โดยมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$N_t = N_0/2^n \quad n = T/t_{1/2}$$

เมื่อ  $N_t$  = ปริมาณที่เหลือ  
 $T$  = เวลาทั้งหมดที่ใช้  
 $N_0$  = ปริมาณที่เริ่มต้น  
 $t_{1/2}$  = ครึ่งชีวิตของธาตุใดๆ  
 $n$  = จำนวนครั้งที่เกิดการสลายตัว

ตัวอย่าง พิจารณาข้อมูลการสลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสี A, B และ C ในตารางต่อไปนี้

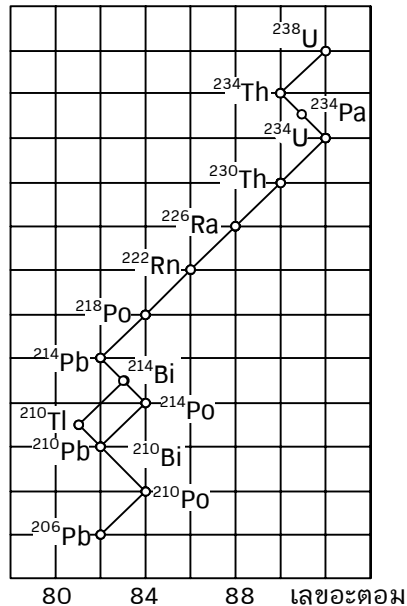
| ไอโซโทปกัมมันตรังสี | ระยะเวลาที่ทำให้สารหมดไป 87.5% (วัน) |
|---------------------|--------------------------------------|
| A                   | 24                                   |
| B                   | 6                                    |
| C                   | 12                                   |

ของผสมระหว่างไอโซโทปกัมมันตรังสี A, B และ C หนัก 14 กรัม หลังจากถูกทิ้งไว้ 8 วัน พบว่า น้ำหนักของผสมลดลงเหลือ 3 กรัม โดยที่ไอโซโทปกัมมันตรังสี B และ C เหลือเท่ากัน จากข้อมูลนี้มีไอโซโทปกัมมันตรังสี A หนักกี่กรัมในของผสมตอนเริ่มต้น

- 1) 2
- 2) 4
- 3) 6
- 4) 8

เฉลย 2) 4

ตัวอย่าง แผนภาพการสลายตัวของ U-238



ปฏิกิริยาการสลายตัวของ U-238 จะเกิดอย่างต่อเนื่องให้รังสีอัลฟาและบีตา เปลี่ยนผ่านธาตุ กัมมันตรังสีหลายชนิดกว่าจะได้เป็นนิวเคลียส Pb-206 ที่เสถียร โดยแกนนอนแสดงถึงเลขอะตอม แกนตั้งของแผนภาพนี้สัมพันธ์กับข้อมูลใด

- 1) เลขมวล
- 2) จำนวนนิวตรอน
- 3) ผลต่างจำนวนนิวตรอนและโปรตอน
- 4) มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ

เฉลย 2) จำนวนนิวตรอน

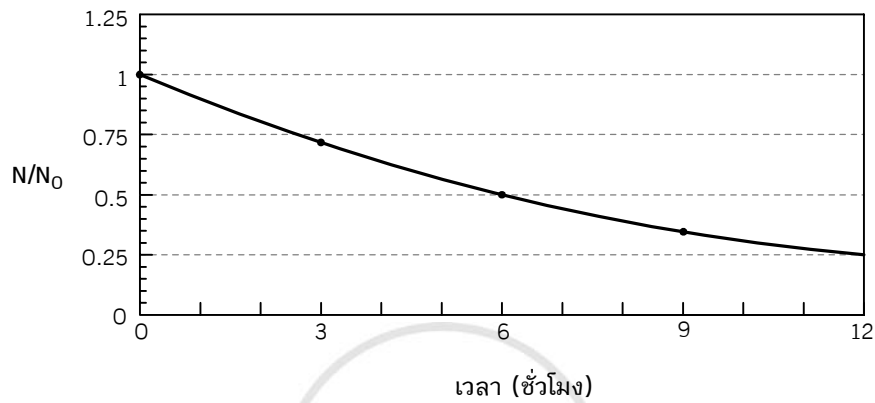
ตัวอย่าง ผลรวมของเลขออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชันคู่ใดมีค่าต่ำที่สุด

- 1)  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  กับ  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Br}_2$
- 2)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  กับ  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$
- 3)  $\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$  กับ  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- 4)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  กับ  $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]^{2+}$

เฉลย 3)  $\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$  กับ  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$



ตัวอย่าง สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลา ดังรูป



ถ้าโรงพยาบาลแห่งหนึ่งต้องการใช้สารนี้จำนวน 10 กรัม จะต้องให้ห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์สังเคราะห์สารนี้ปริมาณกี่กรัมจึงจะพอดีใช้ ถ้าการขนส่งจากห้องปฏิบัติการไปยังโรงพยาบาลแห่งนี้ต้องใช้เวลา 1 วัน

- 1) 40                      2) 80                      3) 120                      4) 160

เฉลย 4) 160

ตัวอย่าง ธาตุกัมมันตรังสี Pb-210 มีค่าครึ่งชีวิต 20 ปี ในปี พ.ศ. 2500 นาย ก ได้นำตัวอย่างของชิ้นส่วนซากสิ่งมีชีวิตที่มี Pb-210 มาวิเคราะห์หาปริมาณรังสีได้ 400 Bq/kg และได้ทำการบันทึกไว้ ต่อมา นาย ข ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณรังสีจากซากสิ่งมีชีวิตนี้อีกครั้งพบว่าได้ 6.25 Bq/kg อยากทราบว่า นาย ข ทำการวิเคราะห์ในปี พ.ศ. ไต

- 1) 2600                      2) 2601                      3) 2620                      4) 2621

เฉลย 3) 2620

# ปริมาณสารสัมพันธ์

กำหนดให้

$^{12}_6\text{C}$  มีมวลเท่ากับ 12.000 amu (Atomic Mass Unit)

จากการทดลองพบว่า

|         |                 |         |              |                                    |      |
|---------|-----------------|---------|--------------|------------------------------------|------|
|         | $^{12}\text{C}$ | 1 อะตอม | หนัก         | $19.92648 \times 10^{-24}$         | กรัม |
| ดังนั้น | 12.00000        | amu     | มีค่าเท่ากับ | $19.92648 \times 10^{-24}$         | กรัม |
|         | 1.00000         | amu     | มีค่าเท่ากับ | $19.92648 \times 10^{-24} \div 12$ | กรัม |
|         |                 |         |              | $= 1.66054 \times 10^{-24}$        | กรัม |

เพราะฉะนั้น

1 amu มีค่าเท่ากับ  $1.66054 \times 10^{-24}$  กรัม

ถ้าต้องการความแม่นยำของตัวเลขด้วยทศนิยมตำแหน่งเดียว เราจะสามารถประมาณค่าน้ำหนักของอะตอมใดๆ จำนวน 1 อะตอมในหน่วย amu และหน่วยกรัม ได้ดังต่อไปนี้

$^A_Z\text{X}$  1 อะตอม จะมีน้ำหนักเท่ากับ A.0 amu หรือ  $A.0 \times (1.66 \times 10^{-24})$  กรัม

กำหนดให้

มวลอะตอมสัมพัทธ์ของ  $^A_Z\text{X} = (\text{มวลของ } ^A_Z\text{X} \text{ 1 อะตอม}) \div \frac{1}{12} (\text{มวลของ } ^{12}_6\text{C} \text{ 1 อะตอม})$   
(Relative atomic mass)

ข้อสังเกต มวลอะตอมสัมพัทธ์ เป็นค่าเปรียบเทียบ ดังนั้นจะไม่มีหน่วย  
แต่มวลของธาตุ หรือมวลของสาร มีหน่วยเป็นกรัม

## มวลอะตอมเฉลี่ย

เนื่องจากธาตุแต่ละชนิดมีหลายไอโซโทป (Isotope) ทำให้อะตอมของธาตุที่อยู่ในสารประกอบต่างๆ มีหลายไอโซโทปปะปนกันไป และเนื่องจากแต่ละไอโซโทปมีปริมาณไม่เท่ากันในธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อจะคำนวณ จึงต้องใช้ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก เรียกอีกอย่างว่า Average atomic mass หรือ Atomic weight (น้ำหนักอะตอม)

$$\text{มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ } Z\text{X} = \frac{\sum [(\text{มวลอะตอมสัมพัทธ์ของแต่ละไอโซโทป}) \times (\text{ร้อยละที่พบในธรรมชาติ})]}{100}$$

## มวลโมเลกุล

เนื่องจากโมเลกุลเกิดมาจากอะตอมรวมตัวกัน  
เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} \text{มวลโมเลกุล} &= \sum (\text{มวลอะตอม}) \\ \text{มวลโมเลกุลเฉลี่ย} &= \sum (\text{มวลอะตอมเฉลี่ย}) \end{aligned}$$

หมายเหตุ มวลอะตอมเฉลี่ยและมวลโมเลกุลเฉลี่ย ไม่มีหน่วย เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบกับธาตุมาตรฐาน และอาจเรียกอีกอย่างว่า Molecular weight หรือน้ำหนักโมเลกุล

## โมล

ในการบอกจำนวนอนุภาคนั้นเรานิยมบอกเป็นหน่วยโมล เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน มากกว่าการบอกเป็นจำนวนอะตอม หรือโมเลกุล

จากมวลอะตอมเฉลี่ยจะได้ข้อสังเกตว่า

$^{12}\text{C}$  มีมวลอะตอมเฉลี่ยเท่ากับ 12.01 แสดงว่า

$^{12}\text{C}$  12.01  $\times$  ( $1.66054 \times 10^{-24}$ ) กรัม มีจำนวน 1 อะตอม

$^{12}\text{C}$  12.01 กรัม มีจำนวน  $1 \div (1.66054 \times 10^{-24})$  อะตอม

เท่ากับ  $6.02214 \times 10^{23}$  อะตอม

เท่ากับ 1 โมลอะตอม

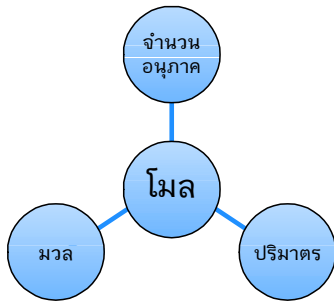
เรียกตัวเลข  $6.02214 \times 10^{23}$  ว่าเลขอาโวกาโดร (Avogadro Number,  $N_A$ )

เพราะฉะนั้น

“หนึ่งโมล คือ ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของคาร์บอนบริสุทธิ์ ( $^{12}\text{C}$ ) 12 กรัม”

ดังนั้น สารใดๆ ก็ตาม 1 โมล จะมีจำนวนอนุภาคเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค

และจะเห็นได้ว่า สาร 1 โมลจะหนักเท่ากับมวลโมเลกุลเฉลี่ยหรือมวลอะตอมเฉลี่ยของสารนั้นๆ และสำหรับ สารที่อยู่ในสถานะแก๊สปริมาณ 1 โมลที่ STP (สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน คือ 0°C, 1 atm) จะมีปริมาตร 22.4 ลิตร โดยคำนวณมาจากกฎของแก๊สในอุดมคติ ( $PV = nRT$ )



$$n = \frac{g}{M_w} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{V}{22.4 \text{ L}}$$

## สารละลาย

สารละลาย คือ ของผสมเนื้อเดียวที่ไม่บริสุทธิ์ เกิดจากสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมารวมกัน ประกอบไปด้วย ตัวทำละลาย และตัวถูกละลาย

ความเข้มข้นของสารละลาย

- ร้อยละโดยน้ำหนัก (%W/W) หมายถึง มวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในมวลของสารละลาย 100 ส่วน

$$\%W/W = \frac{W_{\text{ตัวถูกละลาย}}}{W_{\text{สารละลาย}}} \times 100$$

- ร้อยละโดยปริมาตร (%V/V) หมายถึง ปริมาตรของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในปริมาตรของสารละลาย 100 ส่วน

$$\%V/V = \frac{V_{\text{ตัวถูกละลาย}}}{V_{\text{สารละลาย}}} \times 100$$

- ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%W/V) หมายถึง มวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในปริมาตรของสารละลาย 100 ส่วน

$$\%W/V = \frac{W_{\text{ตัวถูกละลาย}}}{V_{\text{สารละลาย}}} \times 100$$

- โมลาริตี (Molarity, Molar, M) หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร

$$\text{Molar} = \frac{n_{\text{ตัวถูกละลาย}}}{V_{\text{สารละลาย (L)}}$$

- โมแลลิตี (Molality, Molal, m) หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย 1 kg

$$\text{Molal} = \frac{n_{\text{ตัวถูกละลาย}}}{W_{\text{ตัวทำละลาย (kg)}}$$

- ส่วนในล้านส่วน (ppm) หมายถึง มวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1000000 ส่วน

$$\text{ppm} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^6$$

### การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. คำนวณแล้วชั่งน้ำหนักหรือปริมาตรของตัวถูกละลายที่แน่นอน แล้วมาปรับปริมาตรให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ

$$C = \frac{n \times 1000}{V}$$

2. นำมาเจือจาง

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

3. นำสารละลายตั้งแต่ 2 ความเข้มข้นขึ้นไปมาผสมกัน

$$C_T \times V_T = C_1 \times V_1 + C_2 \times V_2 + C_3 \times V_3 + \dots$$

### สมบัติคอลลิเกทีฟ (Colligative)

1. สารละลายจะมีจุดเดือดเพิ่มขึ้น จุดเยือกแข็งต่ำลง เมื่อเทียบกับตัวทำละลายบริสุทธิ์
2. สมบัติคอลลิเกทีฟไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวถูกละลาย แต่จะขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายและปริมาณของตัวถูกละลาย (ความเข้มข้น) คือ ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นในหน่วยโมลแลลเท่ากัน (ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน) สารละลายนั้นจะมีจุดเดือดและจุดเยือกแข็งเท่ากัน
3. ตัวถูกละลายต้องเป็นสารที่ระเหยยากและไม่แตกตัว (ถ้าตัวถูกละลายแตกตัวได้ จะทำให้จุดเดือดของสารละลายเพิ่มขึ้นและจุดเยือกแข็งของสารละลายต่ำลง แต่จะไม่เป็นไปตามสมบัติคอลลิเกทีฟ เพราะมีผลของแรงดึงดูดทางไฟฟ้าของไอออน ทำให้ไอออนเคลื่อนที่ไม่เป็นอิสระ)

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

โดยที่  $\Delta T_b$  คือ จุดเดือดที่เพิ่มขึ้น

$\Delta T_f$  คือ จุดเยือกแข็งที่ต่ำลง

$K_b$  คือ ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด

$K_f$  คือ ค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง

$m$  คือ ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย โมลแลล (mol/Kg)

### ระบบกับสิ่งแวดล้อม

ระบบ คือ สิ่งที่เราสนใจ สิ่งแวดล้อม คือ สิ่งทีนอกเหนือไปจากระบบ

เราสามารถแบ่งระบบออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. ระบบเปิด คือ ระบบที่ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้
2. ระบบปิด คือ ระบบที่ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้ แต่ไม่มีการแลกเปลี่ยนมวล
3. ระบบโดดเดี่ยว คือ ระบบที่ไม่ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อมเลย

## กฎทรงมวล

ในระบบที่ไม่มีมีการถ่ายเทมวลสาร (ระบบปิด และระบบแยกตัว) มวลของสารทั้งหมดก่อนทำปฏิกิริยา จะต้องเท่ากับมวลของสารทั้งหมดหลังทำปฏิกิริยา

## กฎสัดส่วนคงที่

เมื่อธาตุสองธาตุขึ้นไปรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบ อัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบจะ คงที่เสมอ ไม่ว่าจะเตรียมสารประกอบนั้นกี่ครั้ง หรือเตรียมด้วยวิธีการใดก็ตาม

## กฎของเกย์-ลุสแซก

อัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน และปริมาตรของแก๊สที่ได้จากปฏิกิริยา ซึ่งวัดที่ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะเป็นเลขจำนวนเต็มลงตัวน้อยๆ

## กฎของอาโวกาโดร

แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน  
“จากกฎทั้งสองแสดงว่าที่สภาวะภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ปริมาตรของแก๊สและโมลจะ สัมพันธ์กันโดยตรง”

## สูตรเคมี

สูตรอย่างง่าย (สูตรเอมพิริคัล) คือ สูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำระหว่างจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

วิธีการหาสูตรอย่างง่าย (หาสัดส่วนโดยโมล)

1. ต้องรู้สัดส่วนโดยน้ำหนักของธาตุแต่ละชนิดในสารประกอบ
2. ถ้าอะตอมที่เราต้องการทราบน้ำหนักเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลให้ใช้กฎสัดส่วนคงที่ช่วย
3. นำมาทำให้เป็นสัดส่วนโดยโมล โดยการหารด้วยน้ำหนักอะตอม
4. ทำให้เป็นสัดส่วนอย่างง่าย (จำนวนเต็ม)
  - : ตัวเลขควรมีจุดทศนิยมอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง
  - : 0.2-0.8 ห้ามปัด
  - : ให้เอาเลขที่น้อยที่สุดหารตลอดแล้วเอาเลขจำนวนเต็มมาคูณจนกระทั่งปัดได้

## สูตรโมเลกุล

คือ สูตรที่แสดงจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่ใน 1 โมเลกุล

วิธีการหาสูตรโมเลกุล

$$\text{สูตรโมเลกุล} = (\text{สูตรอย่างง่าย})_n$$

เราจะสามารถหาค่า n ได้จาก

$$\text{น้ำหนักโมเลกุล} = (\text{ผลบวกน้ำหนักอะตอมทั้งหมดของสูตรอย่างง่าย}) \times n$$

## การหาหน้าหนักร้อยละของธาตุ

$$\text{หน้าหนักร้อยละของธาตุ} = \frac{\text{หน้าหนักของธาตุ}}{\text{หน้าหนักโมเลกุล}} \times 100$$

## สมการเคมี

สมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สูตรเคมีบอกถึงส่วนประกอบของสารที่ทำปฏิกิริยากัน และสารที่เกิดจากปฏิกิริยา ในการเขียนสมการเคมีนั้น ทั้งสองฝั่งของสมการจะต้องดุลกัน (อะตอมและประจุของธาตุต่างๆ ทั้งสองฝั่งต้องเท่ากัน) ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล

“ตัวเลขสัมประสิทธิ์ข้างหน้าจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลของสาร แต่ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล”

## สารกำหนดปริมาณ

เมื่อมีการใช้สารตั้งต้นมากกว่า 1 ชนิดในปฏิกิริยา อาจเป็นไปได้ว่าสารไม่ได้ทำปฏิกิริยากันหมดพอดี หากมีการใส่สารหนึ่งมากกว่าอีกสารหนึ่ง ก็จะมีสารหนึ่งที่หมดก่อน เราเรียกสารที่หมดก่อนว่า สารกำหนดปริมาณ เนื่องจากพอสารตั้งต้นตัวหนึ่งหมด อีกตัวก็จะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ ปฏิกิริยาจึงหยุดอยู่แค่นั้น

## ร้อยละของผลได้

$$\text{ร้อยละของผลได้} = \frac{\text{ผลที่ได้จริง}}{\text{ผลที่ได้ตามทฤษฎี}} \times 100$$

ผลที่ได้จริง คือ ปริมาณของสารที่ได้จากการทดลองจริงๆ

ผลที่ได้ตามทฤษฎี คือ ปริมาณของสารที่คำนวณได้จากสมการเคมี

ตัวอย่าง ธาตุหนึ่งประกอบด้วยไอโซโทป X, Y และ Z ซึ่งมีมวลอะตอม X, y และ z ตามลำดับ พบว่า ปริมาณของไอโซโทปต่างๆ เป็นดังนี้  $Y/X = 0.2$  และ  $Z/Y = 4$  จงหามวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุนี้

- 1)  $(50x + 10y + 40z) / 100$
- 2)  $(4x + 19y + 77z) / 100$
- 3)  $(69x + 14y + 17z) / 100$
- 4)  $(60x + 5y + 35z) / 100$

เฉลย 1)  $(50x + 10y + 40z) / 100$

ตัวอย่าง ของผสมระหว่าง  $BaCl_2$ ,  $NaCl$  และ  $Ba(NO_3)_2$  หนัก 19 กรัม ถูกนำมาละลายในน้ำแล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร  $100 \text{ cm}^3$  แบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน แล้วนำไปทำการทดลอง ดังนี้

I. นำสารละลายส่วนที่ 1 ไปหยดสารละลาย  $H_2SO_4$  เข้มข้น 1 M ปริมาณมากเกินพอได้ตะกอนขาวหนัก 3.495 กรัม

II. นำสารละลายส่วนที่ 2 ไปหยดสารละลาย  $AgNO_3$  เข้มข้น 1 M ปริมาตร  $110 \text{ cm}^3$  จะเกิดตะกอนขาวอย่างสมบูรณ์

จากข้อมูลข้างต้น มี  $BaCl_2$ ,  $NaCl$  และ  $Ba(NO_3)_2$  อย่างละกี่โมลในของผสมหนัก 190 กรัม

(มวลอะตอม  $N = 14$ ,  $O = 16$ ,  $Na = 23$ ,  $S = 32$ ,  $Cl = 35.5$ ,  $Ag = 108$ ,  $Ba = 137$ )

1) 0.01, 0.2, 0.02

2) 0.05, 1, 0.1

3) 0.1, 2, 0.2

4) 0.2, 4, 0.4

เฉลย 3) 0.1, 2, 0.2

ตัวอย่าง นำสาร 4 ชนิดปริมาณชนิดละ 0.001 โมล ผสมกับน้ำ 1 กิโลกรัม พบว่าสารละลายที่ได้มีจุดเดือดแตกต่างกัน สารในข้อใดให้จุดเดือดสูงที่สุด

1)  $NaCl$

2)  $CaCl_2$

3)  $C_6H_{12}O_6$

4)  $CH_3COOH$

เฉลย 2)  $CaCl_2$

ตัวอย่าง เมื่อเผา  $MgCO_3(s)$  จะได้  $MgO(s)$  และ  $CO_2(g)$  จากการนำสารผสมระหว่าง  $MgCO_3(s)$  และ  $MgO(s)$  จำนวน 16.00 กรัม มาเผาจนเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ปรากฏว่าเหลือของแข็งหนัก 11.60 กรัมมวลของ  $MgCO_3(s)$  ในสารผสมมีกี่กรัม

1) 4.4

2) 5.9

3) 7.6

4) 8.4

เฉลย 4) 8.4

ตัวอย่าง นำผงซักฟอกชนิดหนึ่งหนัก 0.620 กรัม มาเผาจนร้อนแดงเพื่อทำลายสารอินทรีย์แล้วนำมาเติมกรด  $HCl$  ที่ร้อนจำนวนมากเกินพอ เพื่อเปลี่ยนธาตุฟอสฟอรัสให้เป็นกรด  $H_3PO_4$  ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายผสม  $Mg^{2+}$  และ  $NH_4^+$  เพื่อให้ตกตะกอน  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  เมื่อนำตะกอนไปเผาจะเหลือของแข็ง  $Mg_2P_2O_7$  หนัก 0.222 กรัม ธาตุฟอสฟอรัสในผงซักฟอกชนิดนี้มีปริมาณร้อยละเท่าใด

1) 5

2) 10

3) 15

4) 20

เฉลย 2) 10



# ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

## ของแข็ง

สมบัติของแข็ง

1. ของแข็งแต่ละชนิดมีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน
2. ของแข็งชนิดเดียวกันอาจมีรูปร่างได้หลายรูปแบบ (อัญรูป)
3. โดยทั่วไปของแข็งจะมีการแพร่ช้ากว่าแก๊สและของเหลว
4. โดยทั่วไปความหนาแน่นของของแข็งจะมากกว่าแก๊สและของเหลว
5. อุณหภูมิและความดันจะมีผลน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรที่เปลี่ยนไป
6. ของแข็งมีแรงระหว่างโมเลกุลที่สูง

เราสามารถแบ่งชนิดของของแข็งได้เป็น 2 ชนิดตามรูปร่างการจัดเรียงโมเลกุล คือ

1. ของแข็งที่เป็นผลึก (Crystalline solid) เป็นของแข็งที่โมเลกุลมีตำแหน่งที่แน่นอนและเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยมีหน่วยที่เล็กที่สุดของผลึกที่แสดงลักษณะการเรียงตัวของอนุภาคได้อย่างสมบูรณ์ เรียกว่าหน่วยเซลล์

ตารางชนิดและสมบัติบางประการของของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก

| ชนิดของผลึก                 | ชนิดของอนุภาคในผลึก               | ชนิดของพันธะหรือแรงระหว่างอนุภาค   | สมบัติทั่วไป  | ตัวอย่าง  |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|---|---|
| ผลึกโมเลกุล                 | ธาตุหรือสารประกอบที่มีรูปโมเลกุล  | <u>โมเลกุลมีขั้ว</u><br>- แรงลอนดอน<br>- แรงดึงดูดระหว่างขั้ว<br>- พันธะไฮโดรเจน<br><u>โมเลกุลไม่มีขั้ว</u><br><u>หรืออะตอม</u><br>- แรงลอนดอน | อ่อนหรือแข็งปานกลาง<br>เปราะไม่มาก<br>- จุดหลอมเหลวต่ำ<br>- ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า | <u>โมเลกุลมีขั้ว</u><br>- น้ำแข็ง<br>- แอมโมเนีย<br><u>โมเลกุลไม่มีขั้ว</u><br>- น้ำแข็งแห้ง<br>- แนพทาลีน<br>- กำมะถัน |
| ผลึกโคเวเลนต์<br>ร่างตาข่าย | อะตอมที่สามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ | พันธะโคเวเลนต์   | - แข็ง<br>- จุดหลอมเหลวสูง<br>- ส่วนใหญ่ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า                     | - แกร์ไฟต์<br>- เพชร<br>- คิวต์ซ์   |
| ผลึกโลหะ                    | อะตอมของโลหะ                      | พันธะโลหะ  | - แข็ง<br>- จุดหลอมเหลวสูง<br>- นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี                           | - แมกนีเซียม<br>- เหล็ก<br>- ทองแดง<br>- โซเดียม  |
| ผลึกไอออนิก                 | ไอออน                             | พันธะไอออนิก   | - แข็งเปราะ<br>- จุดหลอมเหลวสูง<br>- ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า                        | - โพแทสเซียมไนเตรด<br>- ซิลเวอร์-คลอไรด์  |

2. ของแข็งอสัณฐาน (Amorphous) เป็นของแข็งที่โมเลกุลนั้นเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ เช่น แก้ว ยางพลาสติกของแข็ง เป็นต้น

#### การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

การหลอมเหลว คือ กระบวนการอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นกับของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิหนึ่ง วัสดุอุณหภูมิขณะหลอมเหลวอุณหภูมิคงที่ถ้าเป็นสารบริสุทธิ์ เรียกว่า จุดหลอมเหลวซึ่งจะมีความหมายตรงกันข้ามกับจุดเยือกแข็ง โดยจุดหลอมเหลวปกติของสารจะคิดเทียบจากความดันบรรยากาศที่ 1 atm

ปัจจัยของการหลอมเหลว คือ

- ชนิดของของแข็ง (แรงระหว่างโมเลกุล)
- ความดันบรรยากาศ

การระเหิด คือ กระบวนการอย่างหนึ่งที่ของแข็งเปลี่ยนเป็นไอ โดยไม่ต้องเปลี่ยนเป็นของเหลวก่อน ของแข็งที่ระเหิดได้จะเกิดขึ้นในสารบางชนิดที่ไม่มีขั้วหรือขั้วน้อยมาก เนื่องจากอนุภาคมีแรงระหว่างกันน้อย (แรงลอนดอน) และอนุภาคภายในของแข็งมีการสั่นตลอดเวลาทำให้มีการถ่ายเทพลังงาน ทำให้อนุภาคที่ผิวหน้าสามารถเอาชนะแรงได้ ตัวอย่างของแข็งที่เกิดการระเหิด เช่น ลูกเหม็น (แนพทาลิน) การบูร ไอโอดีน และน้ำแข็งแห้ง เป็นต้น

ปัจจัยของการระเหิด คือ

- ชนิดของของแข็ง ; แรงระหว่างโมเลกุล
- อุณหภูมิของระบบ
- ความดันบรรยากาศ
- พื้นที่ผิวของของแข็ง
- อากาศเหนือของแข็ง

#### ของเหลว

สมบัติของเหลว

1. ของเหลวมีปริมาตรคงที่แต่รูปร่างไม่คงที่
2. แรงระหว่างโมเลกุลมากกว่าแก๊สแต่น้อยกว่าของแข็ง
3. โดยทั่วไป การแพร่จะช้ากว่าแก๊สแต่เร็วกว่าของแข็ง
4. โดยทั่วไปของเหลวมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สแต่น้อยกว่าของแข็ง
5. เมื่อนำมาผสมกันปริมาตรก่อนและหลังอาจเท่าหรือไม่เท่ากันก็ได้
6. ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปน้อยเมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยน

## แรงดึงผิวและความตึงผิว

แรงดึงผิว (Tension Force) คือ แรงที่ดึงผิวของของเหลวเข้ามาภายในเพื่อทำให้พื้นที่ผิวของของเหลวเหลือน้อยที่สุด

ความตึงผิว (Surface Tension) คือ งานที่ต้องใช้ในการยืดหรือเพิ่มพื้นที่ผิวของเหลว 1 หน่วยพื้นที่ที่มีหน่วย  $J/m^2$  หรือ  $N/m$

$$\text{ความตึงผิว} = \frac{\text{งาน}}{\text{พื้นที่}} (J/m^2) = \frac{\text{แรง}}{\text{ความยาว}} (N/m)$$

ปัจจัยที่มีต่อความตึงผิวของของเหลว คือ

- ชนิดของของเหลว (แรงระหว่างโมเลกุล)
- อุณหภูมิ
- การเติมสารบางชนิดลงในของเหลว

แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด

เมื่อของเหลวสัมผัสกับวัตถุหรือบรรจุในภาชนะจะทำให้เกิดแรงระหว่างโมเลกุล 2 ประเภท คือ

1. แรงเชื่อมแน่น (Cohesive Force) คือ แรงระหว่างอนุภาคหรือโมเลกุลของสารชนิดเดียวกัน เช่น แรงระหว่างโมเลกุลของน้ำกับน้ำเอทานอลกับเอทานอล เป็นต้น
2. แรงยึดติด (Adhesive Force) คือ แรงระหว่างอนุภาคหรือโมเลกุลของสารต่างชนิดกัน เช่น แรงระหว่างโมเลกุลของน้ำกับสารที่ใช้ทำภาชนะ เป็นต้น

ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดเป็นความสามารถของของไหลที่จะต้านการไหล ยิ่งมีค่าความหนืดสูง ของไหลก็จะยิ่งไหลยาก ความหนืดของของเหลวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของสารสูงขึ้น โดยทั่วไปของเหลวที่มีแรงระหว่างโมเลกุลสูงมักจะมีค่าความหนืดสูงกว่าของเหลวที่มีแรงระหว่างโมเลกุลที่ต่ำกว่า

การเปลี่ยนแปลงสถานะของของเหลว

การระเหย (Evaporation)

การระเหย คือ การที่ของเหลวเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไออย่างช้าๆ การระเหยเกิดขึ้นเฉพาะผิวหน้าของของเหลวเท่านั้นนอกจากนั้น การระเหยยังสามารถเกิดได้ในทุกๆ อุณหภูมิ โดยเกิดจากการที่โมเลกุลในของเหลวนั้นมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา การเคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้เกิดการชนกันระหว่างโมเลกุล และเกิดการถ่ายเทพลังงานทำให้บางโมเลกุลมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น บางโมเลกุลมีพลังงานจลน์ลดลง ซึ่งทำให้ที่ผิวหน้าของของเหลวมีพลังงานที่เกิดจากการสะสมมากจนสามารถหลุดออกจากผิวหน้าของของเหลวกลายเป็นไอออกไปได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของของเหลว

- ชนิดของสาร; สารที่มีแรงระหว่างโมเลกุล
- อุณหภูมิของระบบ
- พื้นที่ผิวของของเหลว
- ความดันบรรยากาศ
- การคนหรือการกวน
- อากาศเหนือของเหลว

ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว

ความดันไอ (Vapour pressure) คือ แรงดันไออิ่มตัวของของเหลวที่มีต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เมื่อเวลาผ่านไปจนอัตราการระเหย และควบแน่นมีค่าเท่ากัน เรียกปรากฏการณ์เช่นนี้ว่า “สมดุลไดนามิก” โดยความดันไอจะมีค่าสูงสุดเรียกว่าความดันไอสมดุล หรือ เรียกสั้นๆ ได้ว่า ความดันไอ ซึ่งเป็นสมบัติจำเพาะของของเหลวแต่ละชนิด

เราสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอ กับอัตราการระเหยของของเหลวได้ว่า

**ความดันไอของของเหลวจะแปรผันตรงกับอัตราการระเหยของของเหลว**

การเดือด (Boiling) คือ กระบวนการที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอทั่วทั้งก้อนของของเหลวที่อุณหภูมิสูงถึงจุดหนึ่ง โดยขณะนั้นความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศ

จุดเดือด (Boiling point) คือ อุณหภูมิขณะที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอทั่วทั้งก้อนของของเหลว โดยของเหลวขณะนั้นมีความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศ ซึ่งจุดเดือดปกติคืออุณหภูมิขณะที่ของเหลวมีความดันไอเท่ากับ 1 บรรยากาศ

**ความดันไอของของเหลวจะแปรผกผันกับจุดเดือดของของเหลว**

ปัจจัยที่อื่นๆ มีผลต่อจุดเดือดของของเหลว

ของเหลวจะมีจุดเดือดสูง เมื่อมีปัจจัยดังต่อไปนี้

- ชนิดของสาร ; สารที่มีแรงระหว่างโมเลกุล
- ความดันบรรยากาศ

## แก๊ส

เป็นสถานะที่มีปริมาตรและรูปร่างที่ไม่แน่นอนขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ โดยอนุภาคของแก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวกันน้อยมาก ทำให้อนุภาคของแก๊สสามารถเกิดการแพร่และฟุ้งกระจายได้เป็นอย่างดี

## ประเภทของแก๊ส

เพื่อความสะดวกในการศึกษาเรื่องแก๊ส เราได้แบ่งแก๊สออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

1. แก๊สจริง (Real Gas) เป็นแก๊สที่มีอยู่จริง มีพฤติกรรมและสมบัติต่างๆ เบี่ยงเบนออกจากกฎของแก๊สและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อย่างไรก็ตามที่สภาวะอุณหภูมิสูง ความดันต่ำ แก๊สจริงจะมีสมบัติและพฤติกรรมใกล้เคียงกับแก๊สในอุดมคติ

2. แก๊สในอุดมคติหรือแก๊สสมบูรณ์แบบ (Ideal Gas) เป็นแก๊สสมมติตามทฤษฎีที่ไม่ว่าจะอยู่สภาวะแบบใดก็ตาม จะมีสมบัติหรือพฤติกรรมเป็นไปตามกฎต่างๆ ของแก๊สในอุดมคติ และยังมีสมบัติเป็นไปตามทฤษฎีจลน์ของแก๊สครบทุกข้ออีกด้วย

## ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพของแก๊สในอุดมคติ ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้

1. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคจำนวนมากที่มีขนาดเล็กมาก จนถือได้ว่าอนุภาคแก๊สไม่มีปริมาตรเมื่อเทียบกับขนาดภาชนะที่บรรจุ ซึ่งจะถือว่าไม่มีมวลแต่ไม่มีปริมาตร

2. โมเลกุลของแก๊สอยู่ห่างกันมาก ทำให้แรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างโมเลกุลน้อยมาก จนถือได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน (ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล)

3. โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วในแนวเส้นตรง เป็นอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ (แต่ไม่จำเป็นต้องเท่ากันในแต่ละโมเลกุล) และไม่เป็นระเบียบจนกระทั่งชนกับโมเลกุลอื่นหรือชนกับผนังของภาชนะจึงจะเปลี่ยนทิศทางและอัตราเร็ว

4. โมเลกุลของแก๊สที่ชนกันเองหรือชนกับผนังภาชนะ จะเกิดการชนแบบยืดหยุ่นโดยถ่ายโอนพลังงานให้แก่กันได้ แต่พลังงานรวมของระบบมีค่าคงที่

5. ณ อุณหภูมิเดียวกันโมเลกุลของแก๊สแต่ละโมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน แต่จะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ (เคลวิน)

## ความสัมพันธ์ของปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส

จากคุณสมบัติและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ทำให้การศึกษาเกี่ยวกับแก๊สจะต้องคำนึงถึงตัวแปรเกี่ยวข้องที่สำคัญต่อไปนี้

- จำนวนโมลของแก๊ส ( $n$ )
- ปริมาตร ( $V$ )
- ความดัน ( $P$ )
- อุณหภูมิ ( $T$ )

### กฎของบอยล์

“เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน”

$$P \propto \frac{1}{V}$$

### กฎของชาร์ล

“เมื่อความดันและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิ”

$$V \propto T$$

### กฎของเกย์-ลูสแซก

“เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ ความดันของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิ”

$$P \propto T$$

### กฎของอาโวกาโดร

“เมื่อความดันและอุณหภูมิของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับจำนวนโมล”

$$V \propto n$$

จากกฎต่างๆ ทำให้เราสามารถสร้างสมการที่รวบรวมตัวแปรต่างๆ ของแก๊สได้ โดยเราเรียกสมการนี้ว่า สมการแก๊สสมบูรณ์ ดังนี้

$$PV = nRT$$

โดยสมการนี้มีการบังคับหน่วยตามค่าคงที่ของแก๊ส (ค่า R) ดังต่อไปนี้

R = ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ  $0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

P = ความดัน (atm)

n = จำนวนโมล (mol)

V = ปริมาตร (L)

T = อุณหภูมิ (K)

### การหาค่าความหนาแน่น

$$D = \frac{PM}{RT}$$

ให้ D = ความหนาแน่นของแก๊สมีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตร (g/L)

M = น้ำหนักโมเลกุลของสาร

### การหาค่าความเข้มข้นของแก๊ส

$$C = \frac{P}{RT}$$

ให้ C = ความเข้มข้นของสารมีหน่วยเป็น โมลต่อลิตร (mol/L)

## กฎความดันย่อยของดอลตัน

“ความดันรวมของแก๊สผสมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความดันที่แก๊สแต่ละชนิดทำให้เกิดขึ้น”

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

จากกฎความดันย่อยของดอลตันทำให้เราทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของระบบและความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิดในระบบที่มีอุณหภูมิคงที่ ซึ่งสามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_{\text{รวม}}V_{\text{รวม}} = P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + \dots$$

## กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

การแพร่ หมายถึง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปหาบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย การแพร่ในลักษณะนี้สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การได้กลิ่น เป็นต้น

กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม มีใจความสำคัญอยู่ว่า

“ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน อัตราการแพร่ผ่านของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นของแก๊ส”

เราสามารถสรุปเป็นสมการที่จะนำไปใช้ได้ ดังนี้

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

เมื่อ  $r$  = อัตราเร็วของการแพร่ของแก๊ส

$d$  = ความหนาแน่นของแก๊ส

$M$  = มวลโมเลกุลของแก๊ส

## การคำนวณปริมาณสัมพันธ์ของแก๊ส

การคำนวณปริมาณสัมพันธ์ของแก๊ส คือ การคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ของสารในกรณีที่แก๊สนั้นสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกันได้ แล้วเกิดเป็นสารตัวใหม่ ซึ่งตัวแก๊สนั้นจะมีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่าสารในสถานะอื่นๆ เนื่องจากตัวแก๊สนั้นมีตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อจำนวนโมลของแก๊ส โดยเราสามารถทำการคำนวณได้โดยใช้ขั้นตอนการพิจารณา ดังนี้

1. พิจารณาการทำปฏิกิริยาของสาร เขียนสมการเคมีพร้อมทั้งดุลสมการเคมีให้เรียบร้อย
2. พิจารณาการเปลี่ยนสถานะของแก๊ส เช่น ความดัน ปริมาตร หรืออุณหภูมิ
3. คำนวณหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนสถานะที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนโมล
4. พิจารณาปริมาณสารเริ่มต้น เปลี่ยนแปลง และที่เหลือ
5. รวบรวมข้อมูลทั้งหมด พร้อมตอบปัญหาในสิ่งที่โจทย์ต้องการ

ตัวอย่าง แก๊สชนิดหนึ่งถูกอัดให้มีปริมาตรเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาตรเริ่มต้น และพบว่าอุณหภูมิของแก๊สในหน่วยเคลวินเพิ่มขึ้น 20% ความดันของแก๊สเพิ่มขึ้นเท่าใด

- 1) 70%
- 2) 120%
- 3) 140%
- 4) 240%

เฉลย 3) 140%

ตัวอย่าง แก๊ส A และแก๊ส B ทำปฏิกิริยากันในภาชนะที่มีปริมาตรและอุณหภูมิคงที่ ได้สาร C ซึ่งเป็นของแข็ง ถ้าความดันเริ่มต้นของแก๊ส A เท่ากับ 4 atm และความดันเริ่มต้นของแก๊ส B เท่ากับ 4 atm หลังจากเกิดปฏิกิริยาพบว่าความดันรวมของแก๊สที่เหลือเท่ากับ 3.5 atm และผลได้ร้อยละของสาร C เท่ากับ 75% โดยที่แก๊ส B เป็นสารกำหนดปริมาณ สูตรโมเลกุลของสาร C คือข้อใด

- 1) AB
- 2) AB<sub>2</sub>
- 3) AB<sub>3</sub>
- 4) AB<sub>4</sub>

เฉลย 2) AB<sub>2</sub>

ตัวอย่าง แก๊ส X เคลื่อนที่ในหลอดนำแก๊สอันหนึ่งได้ระยะทาง 30.0 เซนติเมตรใช้เวลา 0.2 วินาที แก๊ส Y เคลื่อนที่ในหลอดนำแก๊สอันเดียวกันนี้ได้ระยะทาง 216 เซนติเมตรใช้เวลา 8.0 วินาที แก๊ส X จำนวน 10 โมเลกุลหนัก  $1.34 \times 10^{-21}$  กรัม มวลโมเลกุลของแก๊ส Y เป็นเท่าใด (มี.ค. 52)

- 1) 25
- 2) 50
- 3) 75
- 4) 90

เฉลย 1) 25

ตัวอย่าง แก๊ส H<sub>2</sub> หนัก 0.10 กรัม บรรจุในถังขนาด 400 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แก๊ส CO<sub>2</sub> หนัก 0.11 กรัม บรรจุในถังอีกใบหนึ่งขนาด 200 มิลลิลิตร อุณหภูมิเท่ากัน เมื่อต่อท่อให้แก๊สทั้งสองชนิดผสมกัน โดยไม่เกิดปฏิกิริยาต่อกันและหลังการผสมอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ความดันรวมของแก๊สผสมเป็นกี่บรรยากาศ

- 1) 0.934
- 2) 1.541
- 3) 2.152
- 4) 3.634

เฉลย 3) 2.152

ตัวอย่าง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกำหนดสถานะของแก๊สในข้อใดไม่เป็นเส้นตรง เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

- 1) ความดันและอุณหภูมิ
- 2) ความดันและจำนวนโมล
- 3) ปริมาตรและความดัน
- 4) ปริมาตรและอุณหภูมิ

เฉลย 3) ปริมาตรและความดัน



# อัตราการเกิดปฏิกิริยา

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลง}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนแปลง}}$$



ความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะได้

$$R = \frac{1}{a} R_A = \frac{1}{b} R_B = \frac{1}{c} R_C = \frac{1}{d} R_D$$

## ประเภทของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย (ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดปฏิกิริยา)
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาหนึ่ง
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งหาได้ 2 วิธี
  - จากความชันที่ได้จากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับเวลา
  - จากการหาอนุพันธ์ของสมการ (Differential Equation) ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเป็นฟังก์ชันของเวลา

## แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

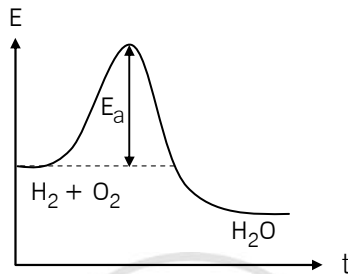
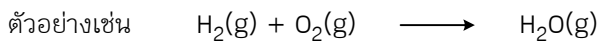
มีแนวคิดที่ใช้หลักๆ อยู่ 2 แนวคิดด้วยกันดังนี้

### 1. ทฤษฎีเกี่ยวกับการชน

ทฤษฎีนี้มีหลักการคิดสำคัญ คือ “ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นจะต้องมีการเคลื่อนที่ชนกันก่อน” ซึ่งการชนนั้นอาจจะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่เกิดก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

- ทิศทางการชน จะต้องชนด้วยทิศทางที่ถูกต้อง
- พลังงานจลน์ของอนุภาคที่เคลื่อนที่ชนกัน คือ พลังงานที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสลายพันธะเก่า แล้วสร้างพันธะใหม่เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์

พลังงานก่อกัมมันต์ (Activation Energy :  $E_a$ )



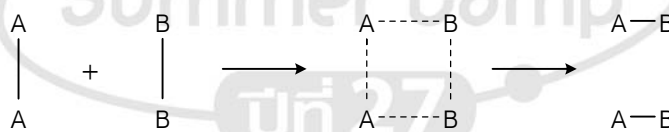
จากทฤษฎีจลน์ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ โมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราการเร็วที่ต่างกัน (ถึงแม้จะเป็นโมเลกุลของแก๊สชนิดเดียวกันก็ตาม) โมเลกุลที่เคลื่อนที่ได้ช้ามีพลังงานจลน์ต่ำ ส่วนโมเลกุลที่เคลื่อนที่ได้เร็ว มีพลังงานจลน์สูง หากโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงมาชนกันพลังงานที่ได้จากการชนก็จะสูงด้วย และถ้าพลังงานนั้นสูงพอจนทำให้ชนกัน แล้วเกิดการสลายพันธะเก่าแล้วมีการสร้างพันธะใหม่เกิดเป็นสารใหม่ขึ้นมา แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้น

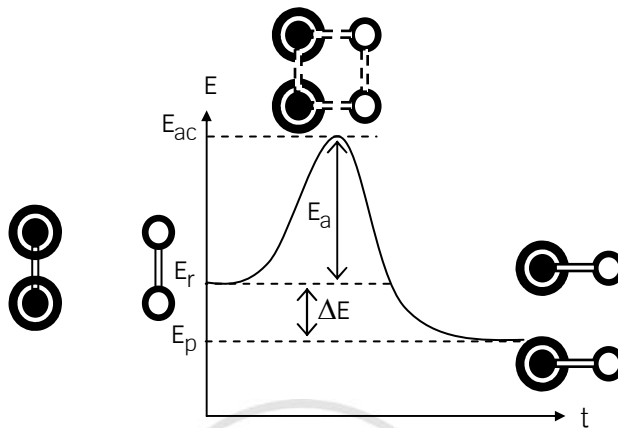
ดังนั้น พลังงานที่น้อยที่สุดที่ได้จากการชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาได้ เราจะเรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์ หรือพลังงานกระตุ้น ( $E_a$ ) ค่าพลังงานกระตุ้นไม่เกี่ยวข้องกับความร้อนของปฏิกิริยา แต่ผลต่างของพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ จะเป็นตัวบอกพลังงานหรือความร้อนของปฏิกิริยา ค่าพลังงานกระตุ้นจะเป็นตัวบอกอัตราของปฏิกิริยา โดยถ้าพลังงานกระตุ้นสูงแสดงว่าปฏิกิริยาเกิดได้ช้า ส่วนพลังงานกระตุ้นต่ำ แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว

## 2. ทฤษฎีสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น

ในระหว่างที่สารชนกันนั้น จะเกิดสารที่มีพลังงานสูงมากเรียกว่า สารเชิงซ้อนกัมมันต์ (Activated Complex) ซึ่งเกิดจากการที่พันธะเดิมระหว่างสารตั้งต้นยังไม่ขาดออกจากกัน ในขณะที่เดียวกันก็สร้างพันธะใหม่อยู่ สภาวะเช่นนี้ไม่เสถียรเพราะพลังงานจะสูงมาก เราเรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะแทรนซิชัน (Transition State)

ตัวอย่างเช่น





“ผลของค่าพลังงานกระตุ้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ จะมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ไม่เท่ากัน”

### พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

ในระหว่างที่สารเกิดปฏิกิริยาจะมีการเปลี่ยนแปลงทางพลังงาน ซึ่งเมื่อเราเขียนกราฟระหว่างพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาจะได้ปฏิกิริยา 2 แบบ ดังนี้

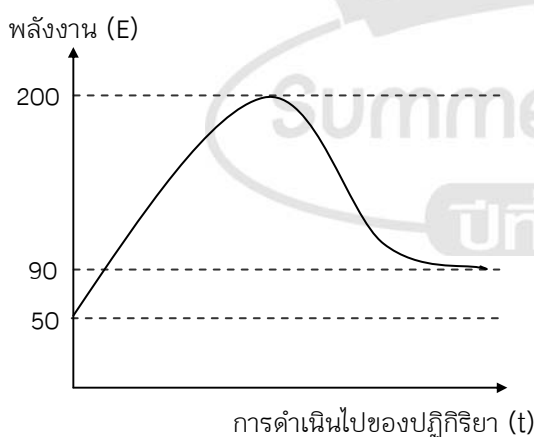
- ปฏิกิริยาดูดพลังงาน หรือปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction)

หมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ ดังนั้นในปฏิกิริยาชนิดนี้สารตั้งต้นจะมีพลังงานต่ำกว่าผลิตภัณฑ์

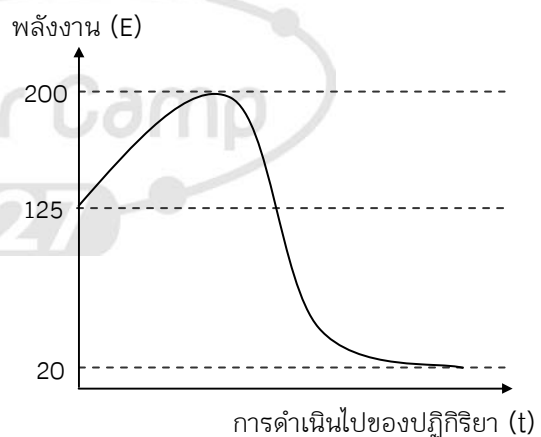
- ปฏิกิริยาคายพลังงาน หรือปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic Reaction)

หมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทพลังงานจากระบบไปสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นในปฏิกิริยาคายพลังงานพลังงานสารที่เป็นผลิตภัณฑ์จะมีค่าต่ำกว่าพลังงานของสารตั้งต้น

### ตัวอย่างปฏิกิริยาดูดความร้อน

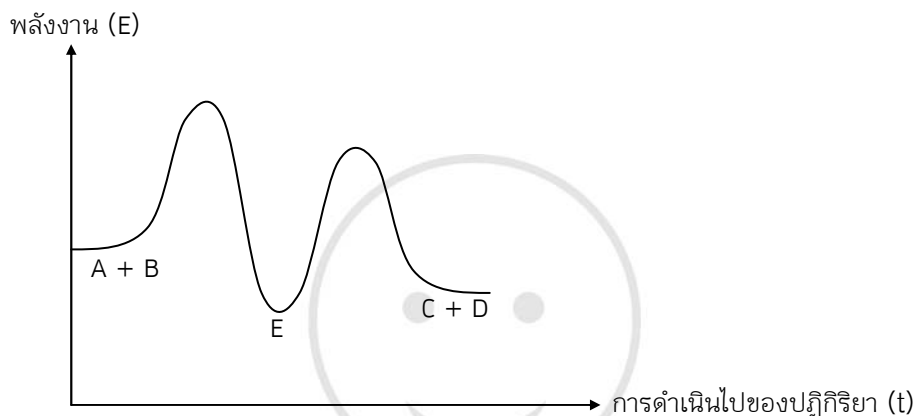


### ตัวอย่างปฏิกิริยาคายความร้อน



## พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีกลไกในการเกิดหลายขั้นตอน

ปฏิกิริยาเคมีโดยส่วนมากไม่ได้ชนกันแค่ครั้งเดียวก็เกิดปฏิกิริยาได้ แต่ต้องชนหลายครั้ง เกิดเป็นปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอนขึ้น โดยต่อเนื่องเป็นลำดับ เราเรียกกลไกของปฏิกิริยา (Reaction Mechanism) และในระหว่างเกิดปฏิกิริยาในแต่ละขั้นจะเกิดสารที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์รวมอยู่ด้วยและมีความไม่เสถียร เรียกสารนี้ว่า สารมัธยันตร์ (Intermediate)



### ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถถูกควบคุมให้มีค่ามากหรือน้อยได้โดยปัจจัย ดังต่อไปนี้

#### 1. ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา ซึ่งสำหรับปฏิกิริยาที่มีสารตั้งต้นมากกว่าหนึ่งชนิด อัตราการเกิดปฏิกิริยาอาจขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารใดสารหนึ่ง หรือทุกสารก็ได้ หรืออาจไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นเลย โดยในระยะเริ่มต้นของปฏิกิริยาเคมีความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีปริมาณของสารตั้งต้นอยู่มาก โอกาสที่สารตั้งต้นชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาเป็นผลิตภัณฑ์จึงมีสูง จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งสารตั้งต้นหมด หรือปริมาณสารทุกชนิดคงที่ เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลถ้าเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

#### กฎอัตราและค่าคงที่อัตรา (Rate Law and Rate Constant)

จาก Law of Mass Action ซึ่งเป็นกฎที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดปฏิกิริยากับความเข้มข้นของสารตั้งต้น ซึ่งมีใจความว่า “อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา”



จากใจความนี้เองทำให้สามารถเขียนอธิบายปฏิกิริยาข้างบน ได้เป็น

$$R \propto [A]^n[B]^m$$

ซึ่งจะได้สมการ กฎอัตรา (Rate Law) คือ

$$R = k[A]^n[B]^m$$

โดย R คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา

[ ] คือ ความเข้มข้น

k คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาในปฏิกิริยาที่อุณหภูมิที่กำหนด

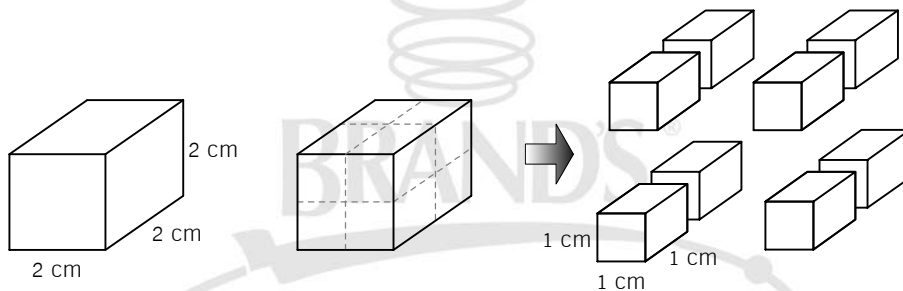
n, m คือ เลขชี้กำลังความเข้มข้น อาจจะเป็นจำนวนเต็มบวกหรือลบหรือเศษส่วนก็ได้

อันดับของปฏิกิริยา คือ ผลบวกของเลขชี้กำลังของความเข้มข้นของสารตั้งต้นในกฎอัตรา

กรณีปฏิกิริยาเคมีบางตัวมีกลไกหลายขั้นตอน ค่าของเลขชี้กำลังความเข้มข้น (n, m) จึงมีค่าไม่เท่ากับตัวเลขข้างหน้าของสารตั้งต้นในสมการเคมีขั้นสุดท้ายที่ดุลแล้ว ทั้งนี้ เพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับกลไกของขั้นตอนที่ช้าที่สุด ซึ่งเรียกได้ว่า ขั้นตอนกำหนดอัตรา หรือ Rate Determining Step

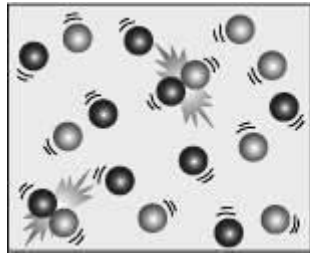
\*\*\* ดังนั้น n และ m จึงเป็นค่าที่หาได้จากการทดลอง จะเอาตัวเลขหน้าสารตั้งต้นจากสมการที่สมดุลแล้วของปฏิกิริยามาใช้ไม่ได้ ยกเว้นหากทราบแล้วว่าปฏิกิริยาเกิดขั้นตอนเดียว หรือทราบกลไกของปฏิกิริยา

## 2. พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

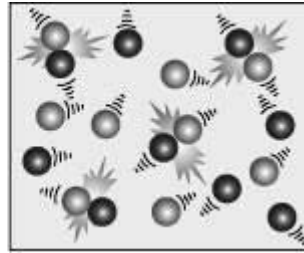


สารที่มีพื้นที่ผิวมาก ๆ จะยิ่งเพิ่มโอกาสที่สารจะชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาได้มากกว่าสารที่มีพื้นที่ผิวน้อยๆ เมื่อพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งมากปฏิกิริยาจะเกิดเร็ว เพราะอนุภาคของสารตั้งต้นชนกันด้วยความถี่สูง ในทางตรงกันข้ามเมื่อสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งมีพื้นที่ผิวน้อยปฏิกิริยาจะเกิดช้า เพราะอนุภาคของสารตั้งต้นชนกันด้วยความถี่ต่ำ โดยทั่วไปผลของการเพิ่มพื้นที่ผิวจะมากกว่าผลของการเพิ่มความเข้มข้น

### 3. อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

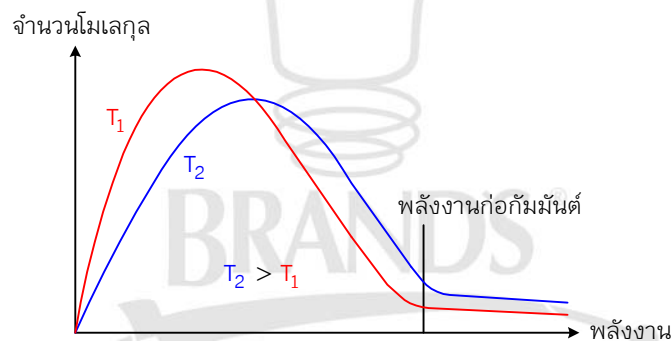


อุณหภูมิต่ำ



อุณหภูมิสูง

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบของปฏิกิริยาเคมี จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น และในทางตรงกันข้าม อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงเมื่อลดอุณหภูมิลง โดยการอธิบายผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลน์ คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิโมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พลังงานจลน์สูงขึ้นและพบว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เป็นเพราะโมเลกุลมีโอกาสชนกันเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น แต่ต้องอาศัยทฤษฎีการกระจายพลังงานที่สูงพอ เมื่ออุณหภูมิของระบบสูงขึ้นจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์ต่ำมีจำนวนน้อย แต่จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานเท่ากับหรือมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์จึงมีจำนวนมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วขึ้น



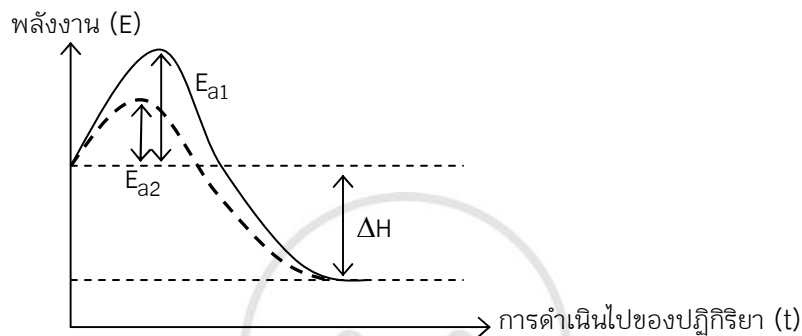
### 4. ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นหรือเพิ่มขึ้นและเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาสารนั้นก็ยังคงแสดงสมบัติเช่นเดิม ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจจะมีส่วนร่วมในปฏิกิริยานั้น แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตัวเร่งก็จะกลับคืนมาอย่างเดิม โดยทั่วไป แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- 4.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาเนื้อเดียว หมายถึง ตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในสถานะเดียวกับสารตั้งต้น
- 4.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาเนื้อผสม หมายถึง ตัวเร่งปฏิกิริยาและสารตั้งต้นอยู่ในสถานะต่างกัน

### ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อปฏิกิริยาเคมี

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใส่ลงไปช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าไปช่วยให้พลังงานก่อกัมมันต์ลดลง ดังนั้นจะเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้น เพราะเมื่อพลังงานก่อกัมมันต์ลดลงมีผลทำให้จำนวนอนุภาคที่มีพลังงานสูงพอเพิ่มมากขึ้น การชนที่เป็นผลสำเร็จจึงมากขึ้น หรืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น

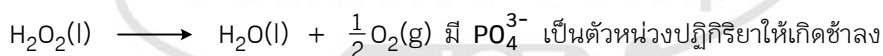


วิธีการลดพลังงานก่อกัมมันต์ของตัวเร่งปฏิกิริยา อาจเกิดขึ้นโดยวิธีต่อไปนี้

1. ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าร่วมกับสารตั้งต้นกลายเป็นสารใหม่ เพื่อทำให้โมเลกุลของสารมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น
2. ตัวเร่งปฏิกิริยาทำหน้าที่ดูดซับสารตั้งต้นไว้ที่ผิวในรูปที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา โดยกรณีนี้สารตั้งต้นมักจะอยู่ในสถานะแก๊ส ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในสถานะของแข็ง หรือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเนื้อผสมนั่นเอง
3. ตัวเร่งปฏิกิริยาทำหน้าที่ดูดซับสารตั้งต้นไว้ที่ผิว และทำให้สารตั้งต้นมีพันธะภายในโมเลกุลอ่อนลง โมเลกุลของสารตั้งต้นจึงสลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้น (พลังงานก่อกัมมันต์ลดลง) จึงเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น

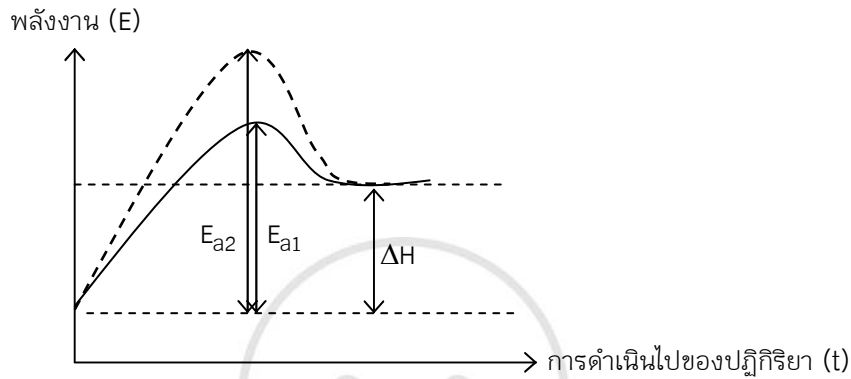
### ตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงหรือลดลง เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาสารนั้นก็คืนมาเหมือนเดิม มวลคงที่ แต่สมบัติทางกายภาพอาจจะเปลี่ยน เช่น ขนาด รูปร่าง ได้แก่ ปฏิกิริยาการสลาย  $\text{H}_2\text{O}_2$  จะเกิดช้าถ้าเติมฟอสเฟต  $\text{PO}_4^{3-}$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไม่ให้เกิด  $\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{O}_2$  เร็ว ดังนี้



### ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อปฏิกิริยาเคมี

ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดช้าลง เนื่องจากจะไปทำให้พลังงานก่อกัมมันต์เพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงช้าลง ดังรูป



\*\*\* ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีผลต่อค่าความร้อนของปฏิกิริยา ( $\Delta H$ ) ที่ดูดหรือคายออกมา และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะต้องได้ตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวเร่งปฏิกิริยา คืนกลับมา\*\*\*

### 5. ธรรมชาติของสารตั้งต้น

สารต่างชนิดกันจะทำปฏิกิริยาเคมีได้เร็วหรือช้าต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมบัติของสารแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น โลหะโซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำเย็นได้เร็วมากและเกิดปฏิกิริยารุนแรง ในขณะที่โลหะแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับน้ำเย็นได้ช้า แต่เกิดได้เร็วขึ้นเมื่อใช้น้ำร้อน ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าโลหะโซเดียมมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าโลหะแมกนีเซียม

### 6. ความดันสำหรับปฏิกิริยาของแก๊ส

ปฏิกิริยาที่มีสารตั้งต้นในสถานะแก๊ส เมื่อเพิ่มความดันโดยการลดปริมาตร ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้เร็วขึ้น เพราะการเพิ่มความดันโดยการลดปริมาตร ทำให้อุณหภูมิของสารตั้งต้นที่อยู่ในสถานะแก๊สอยู่ชิดกันมากขึ้น (มีความเข้มข้นมากขึ้น) จึงชนกันด้วยความถี่สูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าลดความดันโดยการเพิ่มปริมาตร ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดช้าลง เพราะการลดความดันโดยการเพิ่มปริมาตร ทำให้อุณหภูมิของสารตั้งต้นที่อยู่ในสถานะแก๊สอยู่ห่างกันมากขึ้น (มีความเข้มข้นลดลง) จึงชนกันด้วยความถี่ลดลง



ตัวอย่าง จากการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาหนึ่งพบว่าได้ข้อมูลดังตาราง

| การทดลองที่ | ความเข้มข้นที่เวลาเริ่มต้น (M) |     |     | ความเข้มข้นที่เวลา 2 นาที (M) |     |     |
|-------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------------------|-----|-----|
|             | [A]                            | [B] | [C] | [A]                           | [B] | [C] |
| 1           | 10                             | 10  | 0   | 8                             | 9   | 3   |
| 2           | 20                             | 10  | 0   | 16                            | 8   | 6   |
| 3           | 10                             | 20  | 0   | 8                             | 19  | 3   |

จากการทดลองข้างต้น ข้อใดผิด

- 1) อัตราการหายไปของสาร A = 2 เท่าของอัตราการหายไปของสาร B
- 2) การเพิ่มความเข้มข้นของสาร B ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
- 3) ถ้าอัตราการหายไปของ B ในช่วงเวลาหนึ่งมีค่าเท่ากับ 2 M/นาที อัตราการเกิด C จะมีค่าเป็น 6 M/นาที
- 4) ถ้าความเข้มข้นของสาร A และ B เป็น 30 M และ 20 M ตามลำดับ อัตราการหายไปของสาร A ในช่วงเวลา 0-2 นาที มีค่าเท่ากับ 3.5 M/นาที

เฉลย 4) ถ้าความเข้มข้นของสาร A และ B เป็น 30 M และ 20 M ตามลำดับ อัตราการหายไปของสาร A ในช่วงเวลา 0-2 นาที มีค่าเท่ากับ 3.5 M/นาที

ตัวอย่าง ปฏิกิริยา  $A + B \longrightarrow E$   $\Delta H = -700$  kJ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดใน 3 ขั้นตอนดังนี้



พลังงานศักย์ของสาร A และ B = 1,000 kJ

พลังงานศักย์ของสาร D = 700 kJ

ค่าของ X และ Y เป็นกิโลจูล ตามลำดับ

- 1) 200 และ 400
- 2) -200 และ -400
- 3) -200 และ 400
- 4) 200 และ -400

เฉลย 4) 200 และ -400

ตัวอย่าง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี  $2A(aq) \longrightarrow B(aq)$

พบว่าเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร A เป็นฟังก์ชันของเวลา (t) ในหน่วยวินาทีดังสมการ

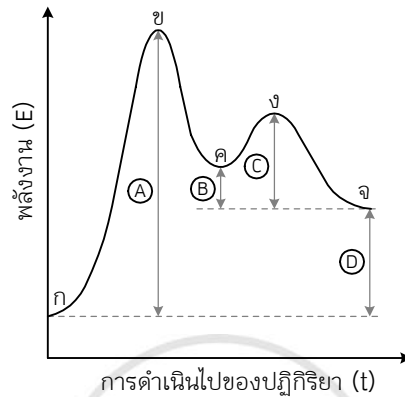
$$[A] = 4 - \sqrt{t}$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ วินาทีที่ 4 มีค่าเท่าใด

- 1) 0.125
- 2) 0.250
- 3) 0.375
- 4) 0.500

เฉลย 1) 0.125

ตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา ก  $\longrightarrow$  จ แสดงดังแผนภาพต่อไปนี้

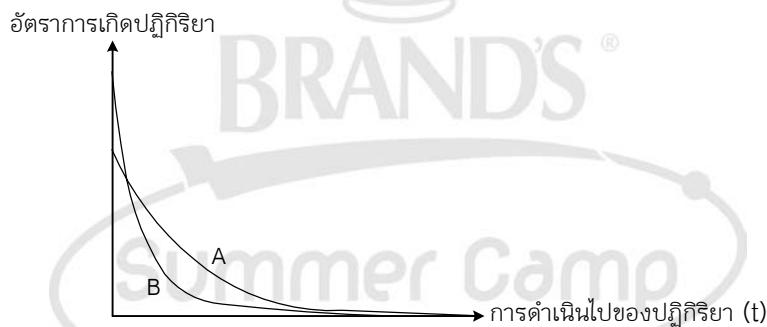


การเปลี่ยนแปลงของพลังงานน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับคือข้อใด

- 1) A
- 2) C
- 3) A - (B + C)
- 4) A - (B + D)

เฉลย 4) A - (B + D)

ตัวอย่าง ทำการทดลองวัดอัตราเร็วของการสลายตัวของสารตั้งต้นในปฏิกิริยา  $R(s) \longrightarrow P(s)$  จำนวน 2 การทดลอง (การทดลอง A และ B) โดยเริ่มต้นจากความเข้มข้นของสาร R เท่ากันภายใต้ความดันเดียวกันได้ผลการทดลองดังที่แสดงในกราฟ



ข้อใดผิด

- 1) การทดลอง A เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าการทดลอง B
- 2) พลังงานก่อกัมมันต์ของการทดลอง A สูงกว่าการทดลอง B
- 3) มีการเติมสารเร่งปฏิกิริยาลงในการทดลอง B
- 4) มีการบดสารตั้งต้น R ในการทดลอง B

เฉลย 1) การทดลอง A เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าการทดลอง B



# แก๊งข้อสอบ

## ชุดที่ 1

- นักวิทยาศาสตร์คนใดที่ค้นพบนิวเคลียสในอะตอม
  - เซอร์ จอห์น ดอลตัน
  - เซอร์ จอห์น ทอมสัน
  - ลอร์ด เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด
  - นีลส์ โบล์
- ${}_{11}^{23}\text{Na}$  จากสัญลักษณ์นิวเคลียร์นี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง
  - เลขมวล = 23
  - เลขอะตอม = 11
  - มีโปรตอน = 11
  - มีนิวตรอน = 23
- ธาตุที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ในข้อใด อยู่ในหมู่เดียวกัน
  - ${}_{3}^7\text{A}$        ${}_{7}^{14}\text{B}$        ${}_{16}^{32}\text{C}$        ${}_{19}^{39}\text{D}$
  - A กับ B
  - B กับ C
  - C กับ B
  - A กับ D
- สารประกอบในข้อใดไม่เกิดพันธะโคเวเลนต์
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{CO}_2$
  - $\text{NaCl}$
  - $\text{F}_2$
- ธาตุ X เลขอะตอม 38 และธาตุ Y เลขอะตอม 53 สูตรของสารประกอบของธาตุคู่นี้คือข้อใด
  - XY
  - $\text{XY}_2$
  - $\text{X}_2\text{Y}$
  - $\text{XY}_3$

6. ธาตุที่มีเลขอะตอมต่อไปนี้ มีสิ่งใดเหมือนกัน  
3    11    19    37    55
- 1) มีจำนวนอนุภาคมูลฐานเท่ากัน
  - 2) มีระดับพลังงานเท่ากัน
  - 3) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน
  - 4) มีเลขมวลเท่ากัน
7. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับตารางธาตุ
- 1) ตารางธาตุในปัจจุบันเรียงลำดับตามเลขอะตอม
  - 2) เลขมวล แสดงน้ำหนักของอะตอม
  - 3) เลขอะตอม แสดงจำนวนโปรตอนซึ่งจะมีค่าเท่ากับจำนวนนิวตรอน
  - 4) จำนวนโปรตอนเป็นเอกลักษณ์ของธาตุ
8. เพราะเหตุใดคนที่อาศัยอยู่ใกล้โรงงานไฟฟ้าถ่านหินจึงไม่ควรเก็บน้ำฝนมาเพื่อบริโภค
- 1) มีฝุ่นละอองมากจึงไม่เหมาะกับการบริโภค
  - 2) มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมากมีผลต่อสมองได้
  - 3) มีกรดกำมะถันปนอยู่
  - 4) มีกรดไนตริกปนอยู่
9. ข้อใดไม่ได้เกิดปฏิกิริยาเคมี
- 1) การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
  - 2) การเกิดหินงอกหินย้อย
  - 3) การเกิดการเผากระดาษ
  - 4) เมฆรวมตัวเป็นฝน
10. ข้อใดไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- 1) การนำเนื้อหมูไปแช่ในช่องแช่แข็ง
  - 2) การเคี้ยวยาลดกรดชนิดเม็ดให้ละเอียดจนกลืน
  - 3) การเติมน้ำกลั่นลงไปอีกเท่าตัว
  - 4) การเปลี่ยนขนาดภาชนะที่บรรจุสารละลาย
11. กรดไขมันชนิดหนึ่ง มีสูตรโครงสร้างดังนี้
- $$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$$
- ข้อใดเป็นข้อสรุปของกรดไขมันชนิดนี้
- 1) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว
  - 2) มีจุดหลอมเหลวสูง
  - 3) พบมากในไขมันสัตว์
  - 4) สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้น้อย

12. ข้อใดเป็นอาหารโปรตีน ที่มีคุณภาพต่ำที่สุด
- 1) เนื้อสัตว์
  - 2) นม
  - 3) ไข่
  - 4) ถั่วเหลือง
13. ในการแก้พิษจากการกินยาฆ่าแมลงควรปฐมพยาบาลเบื้องต้นด้วยวิธีใดจึงจะเหมาะสมที่สุด
- 1) ดื่มน้ำเปล่าตามเข้าไปมากๆ
  - 2) ดื่มแอลกอฮอล์แบบไม่ผสม
  - 3) กินไข่ขาวดิบหรือนมสด
  - 4) กินหญ้าที่มีลำต้นเรียวยาว
14. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต
- 1) เป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกายสิ่งมีชีวิต
  - 2) เป็นอาหารที่จำเป็นของเซลล์และเนื้อเยื่อในสมอง
  - 3) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืช
  - 4) การลำเลียงแก๊สออกซิเจนและสารอาหาร
15. สารพันธุกรรมเป็นสารประเภทใด
- 1) กรดนิวคลีอิก
  - 2) โปรตีน
  - 3) ลิพิด
  - 4) คาร์โบไฮเดรต
16. สารชนิดใดออกมาด้านบนสุดของหอกลั่นปีโตรเลียม
- 1) แก๊สมีเทน
  - 2) แก๊สอีเทน
  - 3) แก๊สโพรเพน
  - 4) แก๊สบิวเทน
17. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
- 1) เกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนมากเพียงพอ
  - 2) จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
  - 3) จะเกิดแก๊สพิษที่สามารถจับกับฮีโมโกลบินได้ดี
  - 4) ไม่มีเขม่า

18. แก๊สในข้อใด คือ LPG
- 1) มีเทน + อีเทน
  - 2) อีเทน + โพรเพน
  - 3) โพรเพน + บิวเทน
  - 4) มีเทน + บิวเทน
19. ในการบอกคุณภาพของน้ำมันเบนซิน จะเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการเผาไหม้ของของผสมในข้อใด
- 1) ไอโซออกเทน กับ เฮปเทน
  - 2) ไอโซออกเทน กับ ซีเทน
  - 3) ซีเทน กับ เฮปเทน
  - 4) ซีเทน กับ แอลฟาเมทิลแนฟทาซีน
20. สารในข้อใดใช้เติมเพื่อเพิ่มเลขออกเทนและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- 1) เตตระเมทิลเลด
  - 2) เมทิล เทอร์เชียรี บิวทิล อีเทอร์
  - 3) เมทิลแอลกอฮอล์
  - 4) เมทิลเมอร์แคปแทน
21. สารชีวโมเลกุลในข้อใดไม่ใช่พอลิเมอร์
- 1) ไขมัน
  - 2) โปรตีน
  - 3) แป้ง
  - 4) DNA
22. พอลิเมอร์ชนิดใดใช้ในเคลือบภาชนะหุงต้ม
- 1) พอลิเอทิลีน
  - 2) พอลิไวนิลคลอไรด์
  - 3) พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน
  - 4) พอลิแซ็กคาไรด์
23. ข้อใดกล่าวถึงเทอร์โมเซตถูกต้อง
- 1) มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง
  - 2) เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัว
  - 3) ใช้ทำตามจับกระทะ
  - 4) นำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้

24. ข้อใดเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ
- 1) ซิลิโคน
  - 2) พอลิสไตรีน
  - 3) พอลิไอโซพรีน
  - 4) พอลิพรพิลีน
25. เส้นใยชนิดใดไม่ได้เป็นสารประเภทเซลลูโลส
- 1) ฝ้าย
  - 2) หนุ่น
  - 3) ปอ
  - 4) ไหม
26. ข้อใดเป็นสมบัติที่นิยมใช้ในการจำแนกประเภทของพลาสติก
- 1) ความยืดหยุ่น
  - 2) การติดไฟ
  - 3) การละลาย
  - 4) การหลอมขึ้นรูปใหม่ได้
27. ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดได้ช้าลง
- 1) ผลไม้ที่เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิสูง
  - 2) การเคี้ยวข้าวให้ละเอียดก่อนกลืน
  - 3) การใช้แท่งแก้วคนสารละลาย
  - 4) การเติมน้ำลงในสารละลายอีกเท่าตัว
28. ข้อใดไม่ใช่โลหะแทรนซิชัน
- 1) ทองแดง (Cu)
  - 2) แคลเซียม (Ca)
  - 3) โครเมียม (Cr)
  - 4) โคบอลต์ (Co)
29. ข้อใดไม่ใช่สารชีวโมเลกุล
- 1) โปรตีน
  - 2) คาร์โบไฮเดรต
  - 3) ไขมัน
  - 4) วิตามิน

30. ข้อใดถูกต้อง

- 1) สบู่ผลิการปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของไขมันและน้ำมันกับเบสแก่
- 2) คอเลสเทอรอลเป็นสารเบื้องต้นของการสร้างวิตามินดี หากผิวหนังได้รับแสงอาทิตย์
- 3) กรดไขมันอิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สารที่มึกลิ่นเหม็น
- 4) กรดไขมันจำเป็น ซึ่งร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้

31. ข้อใดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่

- 1) กลูโคส
- 2) ซูโครส
- 3) กาแลกโตส
- 4) ไม่มีข้อถูก

32. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่ของโปรตีนในร่างกายมนุษย์

- 1) เร่งปฏิกิริยา
- 2) เป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกาย
- 3) ลำเลียงแก๊สออกซิเจนและสารอาหาร
- 4) เป็นโครงสร้างและให้ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อ

33.

| ชนิดของสารอาหาร | สารละลายทิงเจอร์ไอโอดีน | สารละลายเบเนดิกต์ | สารละลาย NaOH ผสมกับ $\text{CuSO}_4$ |
|-----------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| A               | สีน้ำตาล                | ตะกอนแดงอิฐ       | สีฟ้า                                |
| B               | สีน้ำตาล                | สีฟ้า             | สีม่วง                               |
| C               | สีจางหายไป              | สีฟ้า             | สีฟ้า                                |
| D               | สีน้ำตาล                | ตะกอนแดงอิฐ       | สีฟ้า                                |

ถ้านักเรียนต้องดูแลคนไข้ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่า  $110 \text{ mg}$  ต่อเลือด  $100 \text{ cm}^3$  และมีความดันสูง นักเรียนไม่ควรให้อาหารชนิดใดกับคนไข้

- 1) A เท่านั้น
- 2) B เท่านั้น
- 3) D เท่านั้น
- 4) A และ D



34. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

- ก. แก๊สโซฮอล์เป็นสารผสมระหว่างน้ำมันเบนซินและเมทานอล
- ข. แก๊สหุงต้ม หรือ LPG เป็นแก๊สผสมระหว่างโพรเพนและบิวเทน
- ค. การเผาไหม้ได้สมบูรณ์ จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

- 1) ก. และ ข. เท่านั้น
- 2) ก. และ ค. เท่านั้น
- 3) ข. และ ค. เท่านั้น
- 4) ทั้ง ก., ข. และ ค.

35. ข้อใดจับคู่ มอนอเมอร์ : พอลิเมอร์ ไม่ถูกต้อง

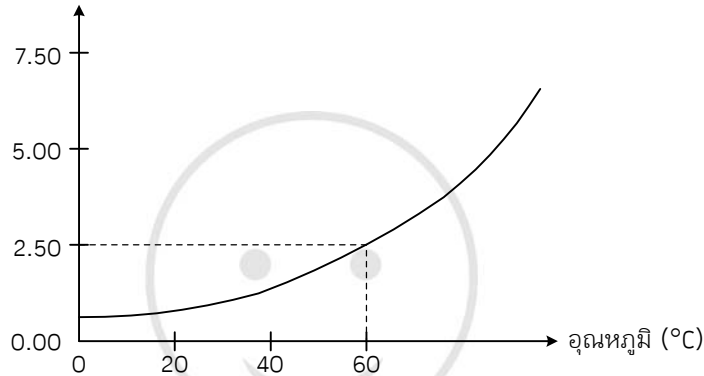
- 1) กรดอะมิโน : โปรตีน
- 2) ฟรักโทส : แป้ง
- 3) ไอโซพรีน : ยางธรรมชาติ
- 4) เตตระฟลูออโรเอทิลีน : เทฟลอน



## ชุดที่ 2

36. จากกราฟการละลายของเกลือไอออนิก  $AB_2$  ชนิดหนึ่งดังแสดงต่อไปนี้ ค่า  $K_{sp}$  ของเกลือ  $AB_2$  นี้ ที่อุณหภูมิ  $60^\circ C$  มีค่าเท่ากับเท่าไร ถ้ามวลสูตรของสารประกอบนี้เท่ากับ 250

การละลาย (กรัม/น้ำ 100 ลบ.ซม.)



- 1)  $1 \times 10^{-3}$
  - 2)  $4 \times 10^{-3}$
  - 3)  $1 \times 10^{-6}$
  - 4)  $4 \times 10^{-6}$
37. ถ้าปฏิกิริยาการสลายตัวของ  $N_2O_4(g)$  ได้เป็น  $NO_2(g)$  เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนการกระทำใดต่อไปนี้ที่จะมีผลให้ความดันของ  $NO_2$  ลดลง
- 1) ลดอุณหภูมิ
  - 2) เพิ่มปริมาตรของภาชนะ
  - 3) เพิ่มความดันรวมโดยอัดแก๊สเฉื่อยลงไป
  - 4) ทำได้ทั้งข้อ 1) และ 3)
38. จากข้อ 37 ถ้าค่าคงที่  $K_p$  ของปฏิกิริยานี้ที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากันเท่ากับ 4 โดยการทำให้ปฏิกิริยาในภาชนะปิดขนาด 2 ลิตร หากบรรจุ  $N_2O_4$  และ  $NO_2$  ลงในภาชนะด้วยความดัน 1 และ 4 atm ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่สมดุล ความดันของ  $NO_2$  จะเป็นอย่างไร
- 1) เพิ่มขึ้น
  - 2) ลดลง
  - 3) เท่าเดิม
  - 4) ข้อมูลไม่พอ

39. ข้อใดถือเป็นคู่กรดของ  $\text{HPO}_4^{2-}$
- 1)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
  - 2)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
  - 3)  $\text{PO}_4^{3-}$
  - 4) ทั้งข้อ 1) และ 2)
40. สารละลายผสมกรดอ่อน HA เข้มข้น 1 โมลาร์ กับ HCl เข้มข้น 0.1 โมลาร์ จะมีความเข้มข้นของ  $\text{A}^-$  ที่สมดุลเท่าไร ถ้าค่าคงที่การแตกตัวของกรดนี้มีค่าเท่ากับ  $10^{-6}$
- 1)  $10^{-3}$
  - 2)  $10^{-4}$
  - 3)  $10^{-5}$
  - 4)  $10^{-6}$
41. ค่า pH ของสารละลายเกลือ NaA เข้มข้น 0.1 โมลาร์มีค่าเท่ากับเท่าไร ถ้าค่า  $K_a$  ของกรด HA มีค่าเท่ากับ  $10^{-5}$
- 1) 3
  - 2) 5
  - 3) 9
  - 4) 11
42. ข้อใดไม่ใช่ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส
- 1) การฟลูออโรนของรูปปั้นหินปูนโดยฝนกรด
  - 2) การทดสอบกรดอินทรีย์ด้วยโซเดียม
  - 3) การทดสอบโปรตีนด้วยสารละลาย  $\text{Cu}^{2+}$
  - 4) ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
43. ข้อใดเป็น buffer ที่คุม pH ได้ดี ทนทานต่อการเติม NaOH ลงไปได้มากที่สุด
- 1) HA 0.1 โมลาร์ ผสม NaA 0.1 โมลาร์ HA มี  $K_a = 10^{-3}$
  - 2) HA 0.2 โมลาร์ ผสม NaA 0.2 โมลาร์ HA มี  $K_a = 10^{-4}$
  - 3) HA 0.3 โมลาร์ ผสม NaA 0.4 โมลาร์ HA มี  $K_a = 10^{-5}$
  - 4) HA 0.6 โมลาร์ ผสม NaA 0.5 โมลาร์ HA มี  $K_a = 10^{-6}$

44. ตารางการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ 4 ชนิด ในช่วง pH ต่างๆ และในกรด 2 ชนิด ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน

| อินดิเคเตอร์  | การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์<br>ในช่วง pH ต่างๆ |                | การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์<br>ในสารละลายกรด |        |
|---------------|--|----------------|--|--------|
|               | pH   | การเปลี่ยนสี   | HA   | HB     |
| ฟีนอลเรด      | 6.7-8.3  | เหลือง-แดง     | เหลือง                                       | เหลือง |
| เมทิลเรด      | 4.4-6.0  | แดง-เหลือง     | เหลือง                                       | ส้ม    |
| โบรโมไทมอลบลู | 6.0-7.6  | เหลือง-น้ำเงิน | เขียว  | เหลือง |
| อะโซลิมีน     | 5.0-8.0  | แดง-น้ำเงิน    | ม่วง   | ม่วง   |

ถ้าเปรียบเทียบ pH ของสารละลายกรดและเกลือของกรดต่อไปนี้ที่ความเข้มข้นเท่ากัน ข้อใดถูกต้อง

- 1)  $HB > HA$
- 2)  $NaA > NaB$
- 3)  $NaB < HA$
- 4)  $NaA < HB$

45. อินดิเคเตอร์ที่มีค่า  $pK_I$  เท่ากับ 8.5 ไม่เหมาะกับการไทเทรตระหว่างกรด-เบสคู่ใดที่สุด

- 1) กรดแก่ และ เบสแก่
- 2) กรดอ่อน และ เบสแก่
- 3) กรดแก่ และ เบสอ่อน
- 4) เบสแก่ และ เกลือของเบสอ่อน

46. ในการไทเทรตระหว่างสารละลายกรด HCN เข้มข้น  $0.2 \text{ mol/dm}^3$  ปริมาตร  $25 \text{ cm}^3$  กับสารละลายเบส NaOH เข้มข้น  $0.1 \text{ mol/dm}^3$  โดยการเติมสารละลาย NaOH ลงในสารละลาย HCN ดังตาราง

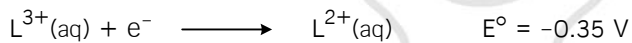
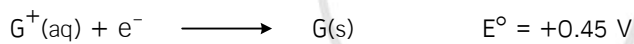
| จุดที่ | ปริมาตรของ HCN ( $\text{cm}^3$ ) | ปริมาตรของ NaOH ( $\text{cm}^3$ ) |
|--------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1      | 25                               | 20                                |
| 2      | 25                               | 25                                |
| 3      | 25                               | 40                                |
| 4      | 25                               | 50                                |
| 5      | 25                               | 60                                |

ข้อสรุปต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

- 1) จุดที่ 2 เป็นจุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันแล้วเหลือ HCN เข้มข้น  $0.1 \text{ mol/dm}^3$
- 2) จุดที่ 3 เป็นจุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันแล้วได้สารละลายเป็นบัฟเฟอร์
- 3) จุดที่ 4 เป็นจุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน ได้เป็นเกลือซึ่งเกิดไฮโดรลิซิสแล้วได้สารละลายที่มี  $\text{pH} < 7$
- 4) จุดที่ 5 เป็นจุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน ได้สารละลายที่มี  $\text{pH} > 7$

47. ข้อใดเรียงลำดับเลขออกซิเดชันของไนโตรเจนในสารต่อไปนี้จากน้อยไปมากได้ถูกต้อง
- 1)  $\text{NO}_2^- < \text{NO}_2^+ < \text{NO} < \text{NO}_2$
  - 2)  $\text{NO} < \text{NO}_2^- < \text{NO}_2 < \text{NO}_2^+$
  - 3)  $\text{NO}_2^- < \text{NO} < \text{NO}_2 < \text{NO}_2^+$
  - 4)  $\text{NO}_2^- < \text{NO} < \text{NO}_2^+ < \text{NO}_2$
48. ธาตุไนโตรเจนสองอะตอมในสารประกอบใดที่มีค่าเลขออกซิเดชันเท่ากัน
- 1)  $\text{N}_2\text{O}$
  - 2)  $\text{N}_2\text{O}_4$
  - 3)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
  - 4) ถูกทุกข้อ
49.  $\text{P}_4$  สลายตัวในเบส ได้ผลิตภัณฑ์เป็น  $\text{PH}_3$  และ  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  สมการที่สมดุลจะมี  $\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{OH}^-$  อยู่ฝั่งใด
- 1) ฝั่งสารตั้งต้นทั้งคู่
  - 2)  $\text{H}_2\text{O}$  เป็นสารตั้งต้น  $\text{OH}^-$  เป็นผลิตภัณฑ์
  - 3) ฝั่งผลิตภัณฑ์ทั้งคู่
  - 4)  $\text{H}_2\text{O}$  เป็นผลิตภัณฑ์  $\text{OH}^-$  เป็นสารตั้งต้น

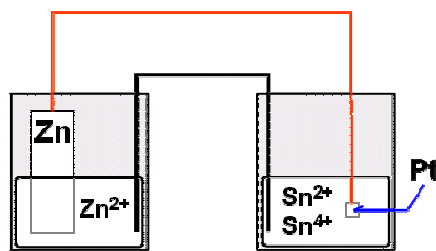
50. พิจารณาสมการและค่าศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาต่อไปนี้



เครื่องเซลล์ข้อใดเมื่อนำมาต่อกับขั้วไฮโดรเจนมาตรฐานแล้วจะให้ค่าพลังงานน้อยที่สุด

- 1)  $\text{G}(\text{s}) | \text{G}^+ (1 \text{ M})$
- 2)  $\text{J}(\text{s}) | \text{JNO}_3 (1 \text{ M})$
- 3)  $\text{Pt}(\text{s}) | \text{L}^{3+} (1 \text{ M}), \text{L}^{2+} (1 \text{ M})$
- 4)  $\text{Pt}(\text{s}) | \text{MCl} (1 \text{ M}), \text{MCl}_2 (1 \text{ M})$

51. เขียนแผนภาพเซลล์จากรูปต่อไปนี้



- 1)  $\text{Pt} | \text{Sn}^{4+}(1.0 \text{ M}), \text{Sn}^{2+}(1.0 \text{ M}) || \text{Zn}^{2+}(1.0 \text{ M}) | \text{Zn}$
- 2)  $\text{Pt} | \text{Sn}^{2+}(1.0 \text{ M}), \text{Sn}^{4+}(1.0 \text{ M}) || \text{Zn}^{2+}(1.0 \text{ M}) | \text{Zn}$
- 3)  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}(1.0 \text{ M}) || \text{Sn}^{4+}(1.0 \text{ M}), \text{Sn}^{2+}(1.0 \text{ M}) | \text{Pt}$
- 4)  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}(1.0 \text{ M}) || \text{Sn}^{2+}(1.0 \text{ M}), \text{Sn}^{4+}(1.0 \text{ M}) | \text{Pt}$

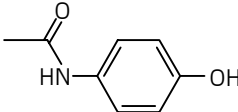
52. จากค่า  $E^\circ$  ของครึ่งปฏิกิริยาต่อไปนี้

| ปฏิกิริยารีดักชัน   | ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์) |
|---|--------------------|
| $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ | -0.83              |
| $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$                        | 0.00               |
| $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \longrightarrow 4\text{OH}^-$ | +0.40              |
| $\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Br}^-$                      | +1.09              |
| $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  | +1.23              |

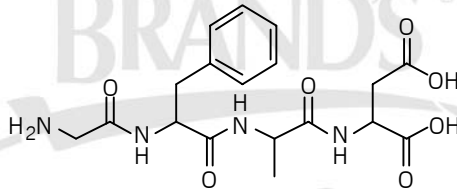
ปฏิกิริยาอิเล็กโทรลิซิสของสารละลาย HBr เข้มข้น  $1 \text{ mol/dm}^3$  ให้ผลตามข้อใด

- 1) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด คือ  $\text{O}_2$
  - 2) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ขั้วแคโทด คือ  $\text{Br}_2$
  - 3) ศักย์ไฟฟ้าภายนอกที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 1.09 โวลต์
  - 4) pH ของสารละลายจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น
53. สารประกอบใดต่อไปนี้ที่ไม่จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์
- 1)  $\text{CaC}_2$
  - 2)  $\text{C}_2\text{H}_2$
  - 3)  $\text{NaC}\equiv\text{CH}$
  - 4) ไม่มีคำตอบ
54.  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$  มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยวง benzene 1 วง รวมกับไฮดรอกซิล
- 1) 2
  - 2) 3
  - 3) 4
  - 4) 5
55. สารประกอบประเภทใดที่น่าจะมีจุดเดือดสูงที่สุด เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างอิมัลด์ที่มีมวลใกล้เคียงกัน
- 1) acetamide
  - 2) acetic acid
  - 3) acetaldehyde
  - 4) ethanol
56. สารชนิดใดที่สามารถนำมาใช้ทำปฏิกิริยาบอกความแตกต่างระหว่างกรดและแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอน 6 ตัวเท่ากันได้ดีที่สุด
- 1)  $\text{Na(s)}$
  - 2)  $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$
  - 3)  $\text{NaOH(aq)}$
  - 4)  $\text{HCl(aq)}$

57. 1, 3-cyclopentadiene เมื่อทำปฏิกิริยากับ HCl ที่มากเกินไปแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์กี่ไอโซเมอร์
- 1) 1
  - 2) 2
  - 3) 4
  - 4) ไม่เกิดปฏิกิริยา

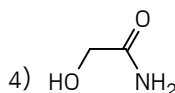
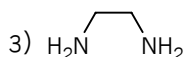
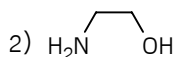
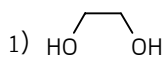
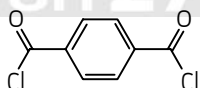
58. ยาพาราเซตามอลมีโครงสร้างดังแสดงต่อไปนี้ การทำปฏิกิริยา hydrolysis 
- ในการละลายกรด จะได้ผลิตภัณฑ์สองชนิด ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่ามีหมู่ฟังก์ชันเป็นอะไร

- 1) เอมีน
  - 2) คาร์บอกซิลิก
  - 3) แอลกอฮอล์
  - 4) ถูกมากกว่า 1 ข้อ
59. สาร A เป็น carbohydrate ชนิดหนึ่งที่เกิดปฏิกิริยากับเบเนดิกต์แต่เมื่อต้มสาร A ในน้ำที่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อทำปฏิกิริยากับเบเนดิกต์จะเกิดตะกอนสีแดง สาร A อาจเป็นข้อใด
- 1) Glyceraldehyde
  - 2) Lactose
  - 3) Glycogen
  - 4) ข้อ 2) หรือ 3) ก็ได้
60. oligopeptide ต่อไปนี้เป็นโมเลกุลประเภทใด และมีพันธะ peptide กี่พันธะ



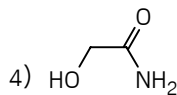
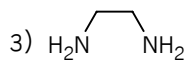
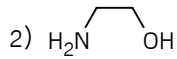
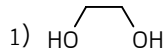
- 1) tripeptide, 2 peptide bonds
  - 2) tetrapeptide, 3 peptide bonds
  - 3) tetrapeptide, 4 peptide bonds
  - 4) pentapeptide, 5 peptide bonds
61. เมื่อนำ collagen จากกระดูกสัตว์ไปต้มในกรด จะได้เจลาตินสำหรับนำไปทำวุ้นประกอบอาหารได้ กระบวนการต้มกับกรดทำให้เกิดผลตามข้อใด
- 1) โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ
  - 2) เกิดการย่อยได้เป็นกรดอะมิโน
  - 3) เกิดการย่อยไปบางส่วน
  - 4) กรดอะมิโนละลายตัวไปบางส่วน

62. เมื่อต้ม NaOH(aq) กับสารในข้อใด จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสบู่
- 1) ไขมัน
  - 2) กรดไขมัน
  - 3) โปรตีน
  - 4) ข้อ 1) และ 2)
63. ไบโอดีเซลที่ใช้กันมากในประเทศไทย สามารถเตรียมได้โดยการต้มน้ำมันปาล์มกับเมทานอล หรือเอทานอล โดยมีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไบโอดีเซลหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้เป็นสารประกอบประเภทใด
- 1) ไฮโดรคาร์บอน
  - 2) แอลกอฮอล์
  - 3) กรดไขมัน
  - 4) เอสเทอร์
64. จากข้อที่แล้ว ไบโอดีเซลที่ได้ มีความสามารถในการเผาไหม้ดีกว่าน้ำมันปาล์มซึ่งเป็นสารตั้งต้นด้วยเหตุใด
- 1) น้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า
  - 2) ขนาดโมเลกุลเล็กกว่า
  - 3) เกิดจากการเติมน้ำเข้ามาในโมเลกุล
  - 4) ถูกทุกข้อ
65. เชื้อเพลิงปิโตรเลียมข้อใดเผาไหม้ได้ดีที่สุดในสภาวะปฏิกิริยาเดียวกัน
- 1) iso-octane บริสุทธิ์ เพราะมีค่าเลขออกเทนเท่ากับ 100
  - 2) cetane บริสุทธิ์ เพราะมีค่าเลขซีเทนเท่ากับ 100
  - 3) ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) เพราะมีขนาดโมเลกุลเล็ก
  - 4) ข้อ 1 และ 3 เผาไหม้ได้ดีเท่าๆ กัน
66. การกระทำใดที่ไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการเผาไหม้ของน้ำมันปิโตรเลียมได้
- 1) ตัดโมเลกุลให้เล็กลง
  - 2) isomerise ให้เป็นกิ่ง
  - 3) เพิ่มพันธะคู่หรือสามลงในโมเลกุล
  - 4) เพิ่มสารที่ช่วยเพิ่มค่าความดันไอ
67. สารตั้งต้นต่อไปนี้สามารถเตรียมเป็นพอลิเมอร์กับสารอื่นได้หลายชนิด ยกเว้นข้อใด





68. จากข้อ 67 พอลิเมอร์ที่เกิดจากสารตั้งต้นชนิดใดจะมีความแข็งแรงสูงที่สุด



69. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบเพพไทด์

- 1) ไดเพพไทด์คือสารที่มีจำนวนกรดอะมิโน 2 หน่วย
- 2) ถ้ามีกรดอะมิโน N หน่วย จะต้องมีการพันธะเพพไทด์ N-1 พันธะเสมอ
- 3) เป็นพอลิเมอร์แบบควบแน่น
- 4) พอลิเพพไทด์เป็นได้ทั้งพอลิเมอร์แบบเส้นตรง แบบกิ่ง และ แบบวง

70. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับพอลิเมอร์ในธรรมชาติ

- 1) คาร์โบไฮเดรตทุกชนิดเป็นพอลิเมอร์
- 2) กรดนิวคลีอิกจัดเป็นพอลิเอสเทอร์
- 3) โปรตีนจัดเป็นไฮโมพอลิเมอร์ที่เกิดจากกรดอะมิโน
- 4) ยางพาราจัดเป็นพอลิเมอร์ประเภทคาร์โบไฮเดรต

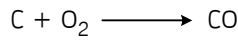


## ชุดที่ 3

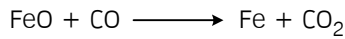
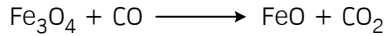
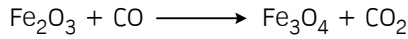
71. เพราะเหตุใดพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของไนโตรเจนถึงมีค่ามากกว่าของออกซิเจน
- 1) เพราะไนโตรเจนมีรัศมีอะตอมมากกว่าออกซิเจน
  - 2) เพราะไนโตรเจนมีอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำกว่าออกซิเจน
  - 3) เพราะไนโตรเจนมีความหนาแน่นมากกว่าออกซิเจน
  - 4) เพราะไนโตรเจนมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่เสถียรกว่าออกซิเจน
72. การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุในข้อใดไม่ถูกต้อง (กำหนดเลขอะตอม K = 19, Ca = 20, Sc = 21 และ Ti = 22)
- 1)  $K^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
  - 2)  $Ca^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
  - 3)  $Sc^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
  - 4)  $Ti^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^2$
73. ผลรวมของเลขออกซิเดชันของคาร์บอนในกรดแอซิดิก ( $CH_3COOH$ ) มีค่าเท่ากับเท่าไร
- 1) 0
  - 2) 1
  - 3) 2
  - 4) 3
74. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการทดลองของบอร์
- 1) สามารถใช้สมการการคำนวณหาพลังงานของแต่ละระดับพลังงานของธาตุได้ทุกชนิด
  - 2) ความแตกต่างของพลังงานระหว่าง  $n = 1$  กับ  $n = 2$  มีค่ามากกว่า  $n = 1$  กับ  $n = 3$
  - 3) ความแตกต่างของระดับพลังงานจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระดับพลังงานยิ่งสูงขึ้นไป
  - 4) มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ
75. พิจารณาข้อความเกี่ยวกับธาตุหมู่ที่ 18
- ก. ธาตุ Kr และ Xe เป็นธาตุเพียง 2 ชนิดในหมู่นี้ที่สามารถหาค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีได้
  - ข. ธาตุทุกชนิดมีความเสถียรมาก ไม่สามารถเกิดเป็นสารประกอบได้
  - ค. ปัจจุบันนิยมใช้ธาตุหมู่นี้ในอุตสาหกรรมเลเซอร์
- ข้อใดถูกต้องที่สุด
- 1) ก. และ ข.
  - 2) ก. และ ค.
  - 3) ข. และ ค.
  - 4) ก., ข. และ ค.
76. พิจารณาการสลายตัวของธาตุ Y-90 ดังสมการ
- $${}_{39}^{90}\text{Y} \longrightarrow {}_{40}^{90}\text{Z} + {}_{-1}^0\text{e}$$
- มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 64 ชั่วโมง
- หากเริ่มต้นด้วย Y-90 หนัก 50 กรัม เกิดการสลายตัวจนเหลือ Y-90 เพียง 3.125 กรัม จงหาปริมาณของ Z-90 ที่เกิดขึ้นและเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการสลายตัว ตามลำดับ
- 1) 3.125 กรัม 256 ชม.
  - 2) 3.125 กรัม 320 ชม.
  - 3) 46.875 กรัม 256 ชม.
  - 4) 46.875 กรัม 320 ชม.

77. การทดลองในข้อใดส่งผลให้รัทเทอร์ฟอร์ดค้นพบโปรตอน
- 1) การยิง  ${}^9_4\text{Be}$  ด้วยอนุภาคแอลฟา ได้ผลิตภัณฑ์เป็น  ${}^{12}_6\text{C}$
  - 2) การยิง  ${}^{12}_6\text{C}$  ด้วยอนุภาคแอลฟา ได้ผลิตภัณฑ์เป็น  ${}^{16}_7\text{N}$
  - 3) การยิง  ${}^{197}_{79}\text{Au}$  ด้วยอนุภาคแอลฟา ได้ผลิตภัณฑ์เป็น  ${}^{200}_{80}\text{Hg}$
  - 4) การยิง  ${}^{14}_7\text{N}$  ด้วยอนุภาคแอลฟา ได้ผลิตภัณฑ์เป็น  ${}^{17}_8\text{O}$
78. ข้อใดเรียงลำดับจุดเดือดของสารได้ถูกต้อง
- 1)  $\text{CH}_3\text{OH} < \text{HCl} < \text{SiO}_2 < \text{Hg}$
  - 2)  $\text{SiO}_2 < \text{CH}_3\text{OH} < \text{HCl} < \text{Hg}$
  - 3)  $\text{HCl} < \text{CH}_3\text{OH} < \text{Hg} < \text{SiO}_2$
  - 4)  $\text{CH}_3\text{OH} < \text{HCl} < \text{Hg} < \text{SiO}_2$
79. ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยากับแก๊สคลอรีนในสภาวะที่เหมาะสมของ ไซโคลเฮกเซนและไซโคลเฮกซีนมีค่าพลังงานในการสลายพันธะต่างกันเท่าไร (กำหนดพลังงานพันธะ  $\text{C}-\text{C} = 348 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{C}=\text{C} = 614 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{C}-\text{H} = 413 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{C}-\text{Cl} = 330 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{Cl}-\text{Cl} = 243 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{H}-\text{Cl} = 432 \text{ kJ/mol}$ )
- 1) 83 kJ/mol
  - 2) 266 kJ/mol
  - 3) 330 kJ/mol
  - 4) 596 kJ/mol
80. สารคู่ใดมีรูปร่างและสภาพขั้วต่างกันทั้งหมด
- 1)  $\text{NO}_2$   $\text{XeO}_2$
  - 2)  $\text{SO}_3$   $\text{BCl}_3$
  - 3)  $\text{CCl}_4$   $\text{KrF}_4$
  - 4)  $\text{PCl}_5$   $\text{ICl}_5$
81. สารประกอบต่อไปนี้ที่มีพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ทั้งหมดยกเว้นข้อใด
- 1)  $\text{O}_3$   $\text{N}_2\text{O}$
  - 2)  $\text{SO}_2$   $\text{N}_3^-$
  - 3)  $\text{NOCl}_3$   $\text{H}_3\text{O}^+$
  - 4)  $\text{HNO}_3$   $\text{NH}_4^+$
82. แก๊สสมมติ  $\text{X}_2$  ปริมาณ 8 กรัม มีปริมาตร  $11.2 \text{ dm}^3$  ที่ STP ดังนั้น แก๊ส  $\text{X}_2$  จำนวน  $1.204 \times 10^{24}$  โมเลกุล จะมีมวลเท่าใด
- 1) 16 กรัม
  - 2) 32 กรัม
  - 3) 64 กรัม
  - 4) 128 กรัม
83. จากสมการ  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{CaO} + \text{CO}_2$  ถ้านำของผสมระหว่าง  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  กับ  $\text{CaO}(\text{s})$  จำนวน 20 กรัม มาเผาจนเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ พบว่าเหลือของแข็งหนัก 12.96 กรัม จงหาร้อยละโดยน้ำหนักของ  $\text{CaCO}_3$  ในของผสม
- 1) 20
  - 2) 40
  - 3) 60
  - 4) 80
84. เมื่อนำ  $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  จำนวน 41.7 กรัม มาเผาที่อุณหภูมิ  $100^\circ\text{C}$  พบว่าเหลือของแข็งหนัก 22.8 กรัม จงหาร้อยละของออกซิเจนที่เป็นองค์ประกอบในสารประกอบนี้ ( $\text{Fe} = 56$ ,  $\text{S} = 32$ ,  $\text{O} = 16$ )
- 1) 28.8
  - 2) 35.7
  - 3) 56.6
  - 4) 63.3

85. ในการถลุงแร่เหล็กนั้นต้องอาศัยการเกิดปฏิกิริยากับ CO ที่ได้จากการเผาถ่านโค้ก ดังสมการ



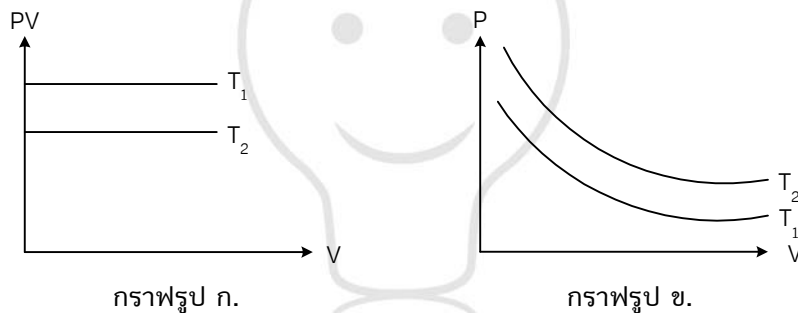
ซึ่ง CO ที่ได้ จะถูกนำไปใช้รีดิวซ์แร่เหล็กดังกล่าว ดังสมการ



ถ้าเริ่มต้นจากแร่เหล็ก ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 1 ตัน จะได้เหล็กบริสุทธิ์ออกมากี่ตันและใช้ถ่านโค้กกี่ตันตามลำดับ ( $\text{Fe} = 56, \text{C} = 12, \text{O} = 16$ )

- 1) 0.350, 0.075                                  2) 0.700, 0.075  
3) 0.350, 0.675                                  4) 0.700, 0.675

86. กราฟในข้อใดที่มี  $T_1 > T_2$



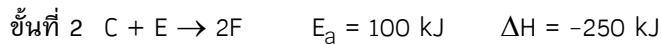
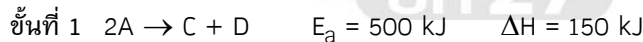
- 1) ก. เท่านั้น                                  2) ข. เท่านั้น  
3) ถูกทั้ง ก. และ ข.                                  4) ผิดทั้ง ก. และ ข.

87. จะต้องใช้แก๊สออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) ความดันเท่าไร จึงจะเพียงพอต่อการกำจัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ( $\text{CO}$ ) ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ในภาชนะขนาด 112 ลิตร อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ทั้งหมดให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ )

กำหนดให้ ค่าคงที่ของแก๊สสมบูรณ์ ( $R$ ) เท่ากับ  $0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- 1) 0.2 บรรยากาศ                                  2) 0.5 บรรยากาศ  
3) 1.0 บรรยากาศ                                  4) 2.0 บรรยากาศ

88. พิจารณาปฏิกิริยาลูกโซ่หนึ่งเกิดผ่านขั้นตอนย่อยดังนี้



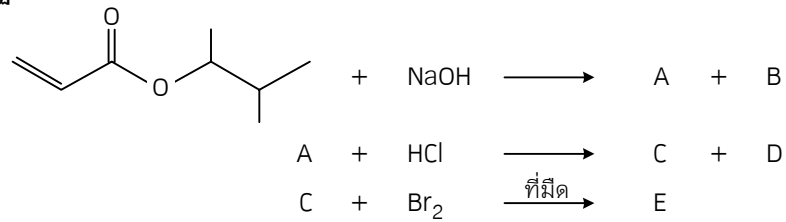
ข้อใดไม่ถูกต้อง

- 1) ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 เป็นขั้นกำหนดอัตรา  
2) ปฏิกิริยาย้อนกลับของขั้นที่ 2 มีพลังงานกระตุ้น 350 kJ  
3) ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคัดความร้อน 100 kJ  
4) ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง

89. นำเหล็ก 56 กรัม มาทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ 2 M 500 cm<sup>3</sup> เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที เกิดก๊าซที่มีปริมาตร 0.41 L ความดัน 0.3 atm ที่อุณหภูมิ 27°C อัตราการลดลงของกรดเกลือมีกี่โมลต่อนาที (กำหนดค่าคงที่ของก๊าซ = 0.082 L · atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)
- 1) 0.001
  - 2) 0.005
  - 3) 0.01
  - 4) 0.05
90. ที่สมดุลของปฏิกิริยา  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons HCl(g)$  (สมการยังไม่ดุล) พบ  $H_2$  0.2 M,  $Cl_2$  0.2 M และ  $HCl$  0.16 M เมื่อเติม  $HCl$  ลงไปเพิ่ม ที่สมดุลใหม่พบว่า  $H_2$  มีความเข้มข้นเป็น 0.25 M  $HCl$  ที่เติมลงไปเพิ่มนั้นมีความเข้มข้นเท่าไร
- 1) 0.06 M
  - 2) 0.09 M
  - 3) 0.10 M
  - 4) 0.14 M
91. หากนำ  $PbSO_4$  0.303 กรัม มาละลายน้ำจนมีปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้จะเป็นอย่างไร (กำหนด ค่า  $K_{sp}$  ของสมมูลการละลายของ  $PbSO_4 = 1.44 \times 10^{-8}$  มวลอะตอม  $Pb = 207, S = 32, O = 16$ )
- 1) สารละลายใสและยังไม่อิ่มตัวสามารถละลายเพิ่มได้อีก
  - 2) สารละลายใสและอิ่มตัวพอดี
  - 3) สารละลายอิ่มตัวและมีตะกอนของ  $PbSO_4$  บางส่วนเหลืออยู่
  - 4) ไม่สามารถละลายได้เพราะ  $PbSO_4$  เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ
92. กำหนด ปฏิกิริยา  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$   $\Delta H = -109$  kJ/mol ผลการทดลองข้อใดไม่ถูกต้องจากการรบกวนสมดุล โดยวิธีการดังต่อไปนี้
- 1) หากเพิ่มความดันของ A จะทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวา
  - 2) หากลดอุณหภูมิจะส่งผลให้ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น
  - 3) หากลดปริมาตรของระบบจะไม่มีผลต่อสมดุล โดยที่สารยังมีความเข้มข้นคงที่
  - 4) หากเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้สมดุลเลื่อนไปทางซ้าย
93. สารละลายผสมระหว่าง  $NaOH$  เข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 25 cm<sup>3</sup> กับ  $NaCl$  เข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 25 cm<sup>3</sup> จะมี pH เท่าใด
- 1) 13.70
  - 2) 13.30
  - 3) 12.30
  - 4) 12.70
94. ถ้าต้องการเตรียมสารละลายอิ่มตัว  $NaOH$  จะสามารถเตรียมได้ค่า pH มากที่สุดเท่าใด (กำหนดค่าการละลายน้ำของ  $NaOH$  120 g/100 cm<sup>3</sup> ที่ 25°C และ  $\log_3 = 0.48$ )
- 1) 12.52
  - 2) 14.00
  - 3) 15.48
  - 4) ไม่มีข้อถูก

95. สารละลายผสมในข้อใดเป็นบัฟเฟอร์
- 1)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.1 M 10 mL +  $\text{NaOH}$  0.05 M 30 mL
  - 2)  $\text{NaOH}$  0.05 M 100 mL +  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.2 M 25 mL
  - 3)  $\text{NH}_3$  0.1 M 100 mL +  $\text{HCl}$  0.05 M 50 mL
  - 4)  $\text{HCl}$  0.05 M 100 mL +  $\text{NH}_3$  0.1 M 50 mL
96. ในห้องเรียนแห่งหนึ่ง นักเรียนทั้งสามคนได้แยกกันจัดจำแนกประเภทของสารที่อุณหภูมิห้องโดยใช้เกณฑ์ในการจำแนกที่แตกต่างกัน ดังนี้
- นักเรียนคนที่ 1 จัดน้ำเชื่อม น้ำนม ปรอท และน้ำส้มคั้น เป็นสารประเภทเดียวกัน  
 นักเรียนคนที่ 2 จัดน้ำโซดา อากาศ แก๊สออกซิเจน และเอทานอล เป็นสารประเภทเดียวกัน  
 นักเรียนคนที่ 3 จัดทองคำขาว น้ำบริสุทธิ์ แก๊สไนโตรเจน และเพชร เป็นสารประเภทเดียวกัน
- ข้อใดระบุเกณฑ์การจำแนกสารของนักเรียนทั้งสามคนนี้ใช้ได้อย่างถูกต้องที่สุด ตามลำดับ
- 1) สถานะ เนื้อสาร ความบริสุทธิ์
  - 2) เนื้อสาร ความบริสุทธิ์ ความนำไฟฟ้า
  - 3) ความบริสุทธิ์ เนื้อสาร สถานะ
  - 4) ความนำไฟฟ้า ความบริสุทธิ์ เนื้อสาร
97. กำหนดปฏิกิริยารีดอกซ์  $\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO}_3 + \text{HCl}$  หากนำ  $\text{ClO}_2$  มา 40.5 กรัม มาทำปฏิกิริยา จะเกิด  $\text{HClO}_3$  กี่กรัม (กำหนดมวลอะตอม  $\text{Cl} = 35.5$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{H} = 1$ )
- 1) 16.9
  - 2) 25.35
  - 3) 42.25
  - 4) 50.7
98. กำหนด  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) \quad E^0 = 0.34$   
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) \quad E^0 = -0.13$   
 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s}) \quad E^0 = -0.44$
- ในการทดลองแยกตะกั่วออกมาจากโลหะผสมโดย นำโลหะผสมทองแดง ตะกั่วและเหล็กต่อกับขั้วบวก และนำตะกั่วบริสุทธิ์ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ที่มีความต่างศักย์ 0.1 V และใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็น  $\text{PbSO}_4$  ผลการทดลองข้อใดไม่ถูกต้อง
- 1) ตะกั่วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน
  - 2) เหล็กเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
  - 3) ทองแดงเกิดปฏิกิริยารีดักชัน
  - 4) สารละลาย  $\text{PbSO}_4$  มีความเข้มข้นคงที่
99. สารไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  จงหาไอโซเมอร์ทั้งหมดที่เป็นไปได้ของสารนี้ที่สามารถพอกโบรมีนได้เฉพาะในที่ที่มีแสงสว่างเท่านั้น
- 1) 6 แบบ
  - 2) 8 แบบ
  - 3) 10 แบบ
  - 4) 12 แบบ

พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 100-101



จากการตรวจสอบพบว่า สาร A มีหมู่คาร์บอนิลเป็นองค์ประกอบ

สาร C สามารถเปลี่ยนกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินไปเป็นแดงได้

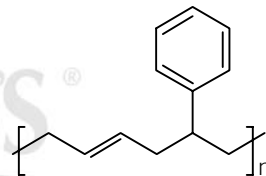
100. สารประกอบในข้อใดสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมได้แก๊สไฮโดรเจน

- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ

101. สูตรโมเลกุลที่ถูกต้องของสาร E เป็นได้ตามข้อใด

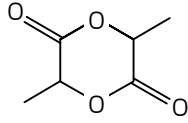
- 1)  $\text{C}_3\text{H}_4 \text{ Br}_2\text{O}_2$
- 2)  $\text{C}_3\text{H}_6 \text{ Br}_2\text{O}_2$
- 3)  $\text{C}_3\text{H}_5 \text{ Br O}_2$
- 4)  $\text{C}_3\text{H}_4 \text{ Br}_2\text{O}$

102. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับพอลิเมอร์ พอลิสไตรีนบิวทาไดอีน



- 1) เป็นยางธรรมชาติที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นดีเป็นพิเศษ
- 2) เป็นพอลิเมอร์แบบเส้น
- 3) เกิดจาก มอนอเมอร์  และ 
- 4) เกิดผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม

103. กำหนด มอนอเมอร์



หากเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะได้พอลิเมอร์มีโครงสร้างเป็นอย่างไร เกิดผ่านปฏิกิริยาใด และเป็นพอลิเมอร์ชนิดใด

|    | โครงสร้างพอลิเมอร์ | ชนิดปฏิกิริยา | ชนิดพอลิเมอร์ |
|----|--------------------|---------------|---------------|
| 1) |                    | ควบแน่น       | โพลิเอสเตอร์  |
| 2) |                    | ควบแน่น       | โพลิเอสเตอร์  |
| 3) |                    | เติม          | โพลิเอสเตอร์  |
| 4) |                    | เติม          | โพลิเอสเตอร์  |

104. จากตารางการทดสอบความอึดตัวของน้ำมันทั้ง 4 ชนิด โดยใช้ไนโตรซีนได้ผลการทดลอง ดังนี้

| ชนิดน้ำมัน | จำนวนหยดของไนโตรซีน |
|------------|---------------------|
| น้ำมัน A   | 38                  |
| น้ำมัน B   | 22                  |
| น้ำมัน C   | 41                  |
| น้ำมัน D   | 18                  |

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

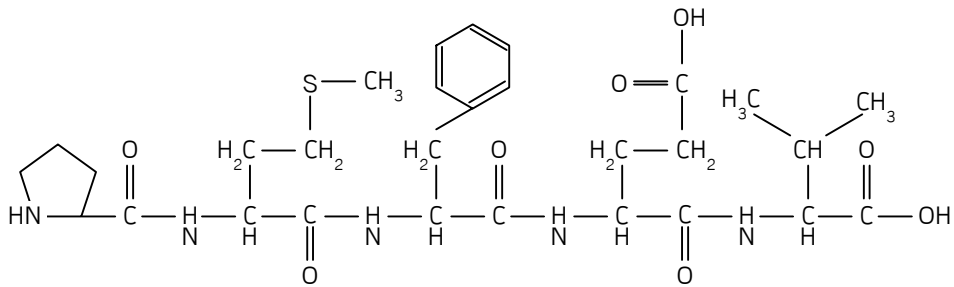
- ก. หากพิจารณาจากความอึดตัวของกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ น้ำมัน D จะเกิดการเหม็นหืนได้ง่ายที่สุด
- ข. ลำดับจุดหลอมเหลวได้เป็น  $C < A < B < D$
- ค. หากนำน้ำมันทั้ง 4 ชนิดไปทำสบู่ สบู่ที่ได้จากน้ำมัน C จะมีความแข็งมากที่สุด

ข้อใดผิด

- 1) ก. และ ข.
- 2) ก. และ ค.
- 3) ข. และ ค.
- 4) ก., ข. และ ค.



105. พิจารณาโครงสร้างต่อไปนี้



จากโครงสร้างของสารประกอบดังกล่าว พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. สารประกอบเพปไทด์นี้ประกอบไปกรดอะมิโนทั้งหมด 5 ชนิดที่แตกต่างกัน
- ข. สารประกอบนี้สามารถเกิดปฏิกิริยากับการทดสอบไบยูเรตได้สารเชิงซ้อนสีม่วง
- ค. สารประกอบนี้ประกอบด้วยพันธะเพปไทด์ 4 พันธะ อาจเรียกชื่อทั่วไปได้เป็นสารประกอบเพนตะเพปไทด์

จากข้อความข้างต้น มีข้อที่ถูกต้องทั้งหมดกี่ข้อ

- 1) 1 ข้อ
- 2) 2 ข้อ
- 3) 3 ข้อ
- 4) ไม่มีข้อใดถูก



## เฉลย

### ชุดที่ 1

1. 3) 2. 4) 3. 4) 4. 3) 5. 3) 6. 3) 7. 3) 8. 3) 9. 4) 10. 4)  
11. 1) 12. 4) 13. 3) 14. 4) 15. 1) 16. 1) 17. 3) 18. 3) 19. 1) 20. 2)  
21. 1) 22. 3) 23. 3) 24. 3) 25. 4) 26. 4) 27. 4) 28. 2) 29. 4) 30. 2)  
31. 2) 32. 2) 33. 4) 34. 3) 35. 2)

### ชุดที่ 2

36. 2) 37. 1) 38. 2) 39. 2) 40. 3) 41. 3) 42. 2) 43. 4) 44. 2) 45. 3)  
46. 2) 47. 2) 48. 2) 49. 1) 50. 2) 51. 3) 52. 3) 53. 1) 54. 4) 55. 1)  
56. 2) 57. 2) 58. 4) 59. 3) 60. 2) 61. 3) 62. 4) 63. 4) 64. 2) 65. 3)  
66. 3) 67. 4) 68. 3) 69. 2) 70. 2)

### ชุดที่ 3

71. 4) 72. 3) 73. 1) 74. 3) 75. 2) 76. 3) 77. 4) 78. 3) 79. 1) 80. 4)  
81. 2) 82. 2) 83. 4) 84. 4) 85. 4) 86. 1) 87. 2) 88. 3) 89. 1) 90. 4)  
91. 3) 92. 3) 93. 4) 94. 3) 95. 3) 96. 1) 97. 3) 98. 3) 99. 4) 100. 4)  
101. 1) 102. 1) 103. 1) 104. 2) 105. 4)

