

## การทดลองที่ 5

ปริมาณสัมพันธ์: ปฏิกิริยาระหว่างโลหะเหล็กกับสารละลายทองแดง(II) ซัลเฟต  
(Stoichiometry: The Reaction of Iron with Copper(II) Sulfate)

## วัตถุประสงค์

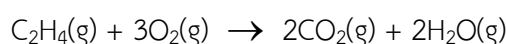
1. เพื่อฝึกทักษะการทำปฏิกิริยาเคมี
2. เพื่อฝึกทักษะการทดลองปฏิกิริยาเคมีตามปริมาณสัมพันธ์

## หลักการ

การเขียนสมการเคมีให้ถูกต้องจำเป็นจะต้องทราบถึงชนิดของสารตั้งต้นและอัตราส่วนเหล่านั้นที่เข้าทำปฏิกิริยากันพอดีและชนิดปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วย เพื่อเป็นศึกษาการเตรียมสารประกอบเคมีในห้องปฏิบัติการ จึงจำเป็นที่จะต้องทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสารที่เข้าทำปฏิกิริยาในปริมาณต่าง ๆ ที่เรียกว่า ปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometry) ปริมาณของผลิตภัณฑ์จะถูกกำหนดโดยสารเข้าทำปฏิกิริยาทั้งหมดไปก่อน เรียกว่าสารกำหนดปริมาณ (limiting agent) เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่กำหนดให้ชนิดหนึ่งจะมีค่ามากที่สุดตามค่าที่คำนวณได้จากปริมาณสัมพันธ์ตามสมการเคมี เรียกปริมาณผลิตภัณฑ์นี้ว่าเป็นผลผลิตตามทฤษฎี (theoretical yield) แต่ในทางปฏิบัติ ปริมาณที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากทฤษฎี อาจเนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงอื่น ๆ หรือปฏิกิริยายังดำเนินไปไม่สมบูรณ์ จึงมีค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของปฏิกิริยา คือผลผลิตร้อยละ (percentage yield) ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100 \quad (5.1)$$

เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเอทิลีน ( $C_2H_4$ ) ในอากาศตามสมการ

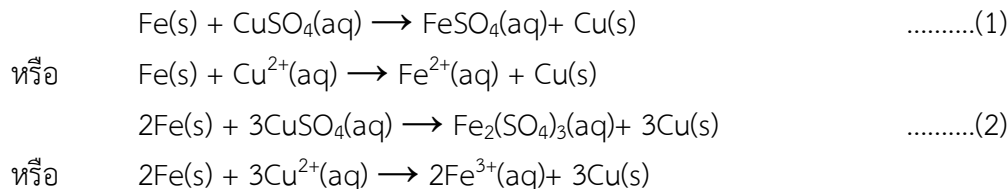


ถ้าใช้  $C_2H_4$  1.93 กรัม ทำปฏิกิริยากับ  $O_2$  5.92 กรัม ในที่นี้  $O_2$  จะเป็นสารกำหนดปริมาณและผลิตภัณฑ์  $CO_2$  ที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ 5.43 กรัม ซึ่งเป็นค่าผลผลิตตามทฤษฎี ถ้าในการทำปฏิกิริยาจริง ๆ ได้  $CO_2$  เพียง 3.48 กรัม ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของ  $C_2H_4$  เกิด  $CO$  ขึ้นได้บางส่วน ผลผลิตร้อยละของ  $CO_2$  จะเป็น

$$\text{ผลผลิตร้อยละของ } CO_2 = \frac{3.48 \text{ กรัม}}{5.43 \text{ กรัม}} \times 100 = 64.1 \%$$

ในการทดลองนี้จะใช้หลักปริมาณสัมพันธ์เพื่อให้ได้สมการที่เหมาะสมระหว่างปฏิกิริยาของโลหะเหล็กและสารละลายทองแดง(II)ซัลเฟต เมื่อปฏิกิริยาเริ่มต้นการก่อตัวของโลหะทองแดงซึ่งตกตะกอนเป็นผงสีแดงส้มอย่างชัดเจน ปฏิกิริยานี้เป็นหนึ่งในตัวอย่างของปฏิกิริยาการแทนที่ครั้งเดียว (single substitution) กล่าวคือองค์ประกอบหนึ่ง แทนที่ด้วยองค์ประกอบอื่น ด้วยรูปแบบของ Fe มีสองรูปแบบคือ  $Fe^{2+}$  (ferrous) และ  $Fe^{3+}$  (ferric) โดยหลักปริมาณสัมพันธ์จะเกี่ยวข้องกับจำนวนโมลของสารที่ทำปฏิกิริยากันคือ โลหะเหล็กกับ  $CuSO_4$  ดังนั้น ถ้าในปฏิกิริยาเกิด  $Fe^{2+}$  ปฏิกิริยาจะสอดคล้องกับสมการ (1) แต่ถ้าเป็น  $Fe^{3+}$  ปฏิกิริยาจะสอดคล้องกับสมการ (2)





การคำนวณปริมาณเหล็กโดยอาศัยการเติมสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  ที่มากเกินไป หลังจากเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ปริมาณทองแดงที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์เชิงโมลกับเหล็ก ตามสมการเคมี

**อุปกรณ์**

1. ปีกเกอร์ ขนาด 110 mL
2. กระจกตวง ขนาด 50 mL
3. เต้าไฟฟ้า
4. แท่งแก้วคนสาร
5. กระจกนาฬิกา

**สารเคมี**

1. ผงเหล็กบริสุทธิ์
2. สารละลาย  $\text{CuSO}_4$  1.0 mol/L
3. แอซีโตน

**การทดลอง**

- 1) ชั่งปีกเกอร์ 100 mL จดน้ำหนักปีกเกอร์เปล่า (ควรใช้เครื่องชั่งเดียวกันตลอดการทดลอง)
- 2) ชั่งผงเหล็ก (iron powder) 1.00 g (ห้ามเกิน 1.01 g) ใส่ลงในปีกเกอร์ที่ชั่งน้ำหนัก (ข้อ 1)
- 3) ตวงสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  1.00 mol/L ปริมาตร 30 mL (ใช้กระจกตวง) รินลงในปีกเกอร์อีกใบหนึ่งนำไปให้ความร้อนด้วยเต้าไฟฟ้าจนสารละลายเกือบเดือด
- 4) ค่อยๆ เทสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  ที่ร้อนลงในปีกเกอร์ที่มีผงเหล็ก (ข้อ 2) กวนสารละลาย 2-3 นาที ปล่อยให้สารละลายเย็นตัวลง
- 5) ค่อยๆ รินสารละลายทิ้ง โดยระวังอย่าให้ผงทองแดงหลุดออกมาด้วย\*
- 6) เติมน้ำกลั่น 10 mL กวนสารละลาย เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนที่ติดกับผงทองแดง แล้วค่อยๆ รินสารละลายทิ้ง\* (ทำขั้นตอนนี้ 2 รอบ)
- 7) เติมแอซีโตน 5 mL กวนสารละลายและตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที ค่อยๆ รินแอซีโตนทิ้ง\*
- 8) ให้ความร้อนอ่อนๆ เพื่อระเหยของเหลว (ใช้ช้อนตักสารช่วยกระจายผลทองแดง) จนกระทั่งผงทองแดงแห้ง
- 9) รอให้ปีกเกอร์เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักปีกเกอร์เปล่ารวมกับผงทองแดง
- 10) คำนวณจำนวนโมลของเหล็กที่ใช้และโมลของทองแดงที่เกิดขึ้น

