

การทดลองที่ 6

เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ของปฏิกิริยาเคมี

(Stoichiometry of a Reaction)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา
2. การใช้สมบัติทางกายภาพของสาร เช่น การตกตะกอน การถ่ายเทความร้อน หาปริมาณสัมพันธ์ของปฏิกิริยา
3. ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีย่อยเกี่ยวข้องกับพลังงานรูปใดรูปหนึ่ง เช่น ความร้อน ไฟฟ้า แสง ฯลฯ

สารเคมี

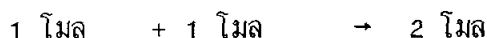
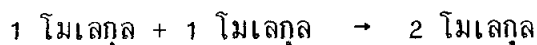
1. โซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้น 0.50 M (0.50 M NaOCl)
2. โซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.50 M (0.50 M Na₂S₂O₃)
(หรือโพตัสเซียมไอโอไดน์)
3. โซเดียมซัลไฟต์ หรือ โพตัสเซียมไธโอไซยาเนต
(ใน 0.1 M NaOH)

อุปกรณ์

1. กระจกตวง ขนาด 100 ลบ.ซม
2. Styrofoam cup
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. บีกเกอร์ขนาด 250 ลบ.ซม.

บทนำ

ผลของการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารสามารถแสดงโดยสมการเคมี ตัวอย่างเช่น $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2 HCl$ จากสมการจะเห็นว่า ไฮโดรเจน 1 โมเลกุล รวมกับคลอรีน 1 โมเลกุล เกิดเป็นไฮโดรเจนคลอไรด์ 2 โมเลกุล ดังนั้นถ้าไฮโดรเจน N โมเลกุล (N คือ อาโวกาโดรน์มเบอร์) รวมกับคลอรีน N โมเลกุล ก็จะเกิดเป็นไฮโดรเจนคลอไรด์ $2N$ โมเลกุล



ในการที่จะเขียนสมการเคมีได้ถูกต้องนั้น เราจำเป็นต้องทราบถึงชนิดของสารตั้งต้น อัตราส่วนที่สารเหล่านั้นเข้าทำปฏิกิริยาพอดีกัน ที่เรียกว่า "stoichiometry of the reaction" และชนิดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ในการทดลองนี้จะเป็นการหา stoichiometry of the reaction ระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ($NaOCl$) และโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) (อาจจะใช้ KI หรือ Na_2SO_3 หรือ $KSCN$) เมื่อนำสาร 2 ชนิดหรือมากกว่า มาผสมกัน ถ้ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นซึ่งทำให้สมบัติของของผสมแตกต่างไปจากสมบัติขององค์ประกอบตั้งต้น โดยการสังเกตจากสมบัติเมื่ออัตราส่วนขององค์ประกอบเปลี่ยนแปลง ก็สามารถหาค่า stoichiometry ของปฏิกิริยาได้

ตัวอย่างเช่น เมื่อสารละลาย A และสารละลาย B มาผสมกันได้ ผลิตภัณฑ์เป็นตะกอน P โดยนำสารละลาย A และ B ผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ

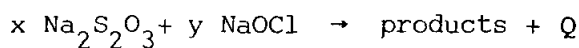
กันแต่ควบคุมให้ผลรวมของจำนวนโมลของสารทั้งสองคงที่และสามารถวัดปริมาณตะกอน P ที่เกิดขึ้นได้ พบว่า ปริมาณของตะกอน P จะมากที่สุดเมื่อสารละลาย A และ B รวมกันด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม จุดนี้เรียก "stoichiometric point" ซึ่งสามารถหาได้จากการเขียนกราฟระหว่างปริมาณตะกอน P กับสารละลาย A ดังรูป



จำนวนโมลของสารละลาย A 0 .01 .02 .03 .04 .05 .06 .07 .08 .09 .10
 จำนวนโมลของสารละลาย B .01 .09 .08 .07 .06 .05 .04 .03 .02 .01 .00

$$A + B = .10 \text{ โมล}$$

ในตัวอย่างนี้ปริมาณของตะกอน P มากที่สุดเมื่ออัตราส่วนของ A : B = 1 : 1 การตกตะกอนเป็นเพียงสมบัตินี้ที่หนึ่ง ที่สามารถเลือกมาใช้ศึกษาหา stoichiometry ของปฏิกิริยา ในการทดลองนี้เราจะหา stoichiometry ของปฏิกิริยาจากปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากปฏิกิริยา โดย



Q คือ ปริมาณความร้อนที่คายออกมาจากปฏิกิริยา ซึ่งหาได้จากอุณหภูมิ (t) ที่เปลี่ยนแปลง

$$\Delta t = (t \text{ สุดท้าย} - t \text{ เริ่มต้น})$$

ปริมาณความร้อนที่ถูกคายออกมาเมื่อเกิดปฏิกิริยามากขึ้นค่า Δt ก็จะมากขึ้นด้วย ดังนั้น เราสามารถใช้จุดหมุ่ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นตัวติดตาม ปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยออกจากปฏิกิริยา ปริมาณความร้อนที่ถูกคายออกมาจากปฏิกิริยาจะสัมพันธ์กับ stoichiometry ของปฏิกิริยาอย่างไร พิจารณาจากสมการเคมี ถ้าเราผสม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ x โมล กับ NaOCl y โมล จะได้ปริมาณความร้อนมาค่า ๆ หนึ่ง ในทางตรงข้ามถ้าเราใช้ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ น้อยกว่า x โมล ผสมกับ NaOCl ในปริมาณมากกว่า y โมล $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ มีปริมาณน้อยไม่เพียงพอจะทำปฏิกิริยากับ NaOCl ดังนั้นปริมาณความร้อนที่คายออกมานั้นจะน้อยกว่า ผลคือค่า Δt จะลดลง แต่ในการทดลองสิ่งที่สำคัญคือ ผลรวมของจำนวนโมล (จำนวนโมลของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + จำนวนโมลของ NaOCl) ต้องควบคุมให้มีค่าคงที่ในแต่ละปฏิกิริยา ถ้าจำนวนโมลของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เพิ่มจำนวนโมลของ NaOCl จะลดลง ในทางตรงกันข้ามก็เช่นเดียวกัน ซึ่งจะสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณความร้อนที่มากที่สุดที่ถูกคายออกมา (Δt มีค่ามากที่สุด) เมื่อสารตั้งต้นรวมต่อกันด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม

ในการทดลองนี้ เราจะทำการผสมสารตั้งต้นทั้งสองในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วสังเกตจุดหมุ่ที่เพิ่มขึ้น เราจะสามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนขององค์ประกอบที่ให้ความ Δt สูงสุดจะเป็น "stoichiometric ratio"

การทดลอง

1. ใส่สารละลาย 0.50 M NaOCl ปริมาตร 50 ลบ.ซม. ลงใน styrofoam cup วัดอุณหภูมิ
2. ใส่สารละลาย 0.50 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ปริมาตร 50 ลบ.ซม. ลงใน cylinder วัดอุณหภูมิ
(อุณหภูมิของสารละลายในข้อ 1 และข้อ 2 ควรมีค่าเท่ากัน)
3. เทสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จากข้อ 2 ลงในสารละลาย NaOCl ใน styrofoam cup ให้สารละลายทั้งสองผสมกันอย่างทั่วถึง บันทึกอุณหภูมิสูงสุด
4. ปลอຍให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงจนถึงอุณหภูมิต้อง (styrofoam cup จะทำหน้าที่เหมือนฉนวนกันความร้อน ดังนั้นสารละลายจะเย็นลงอย่างช้า ๆ จึงไม่เป็นปัญหาในการสังเกตอุณหภูมิสูงสุด)
5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1- ข้อ 4 แต่เปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งต้นทั้งสอง โดยควบคุมให้ปริมาตรรวมเป็น 100 ลบ.ซม. ควรทำการทดลองอย่างน้อย 5 อัตราส่วน ดังนี้ 50:50, 40:60, 60:40, 20:80, 80:20
6. นำผลการทดลองมาพล็อตกราฟระหว่างค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (Δt) กับจำนวนโมลของ NaOCl ที่ใช้ จากกราฟที่ได้ ให้หาอัตราส่วนที่การทำปฏิกิริยาพอดีกัน

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการเคมีเรื่อง.....วันที่ทำการทดลอง.....

ชื่อผู้ทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

กลุ่มปฏิบัติการ.....Section.....

อาจารย์ผู้ควบคุม 1"

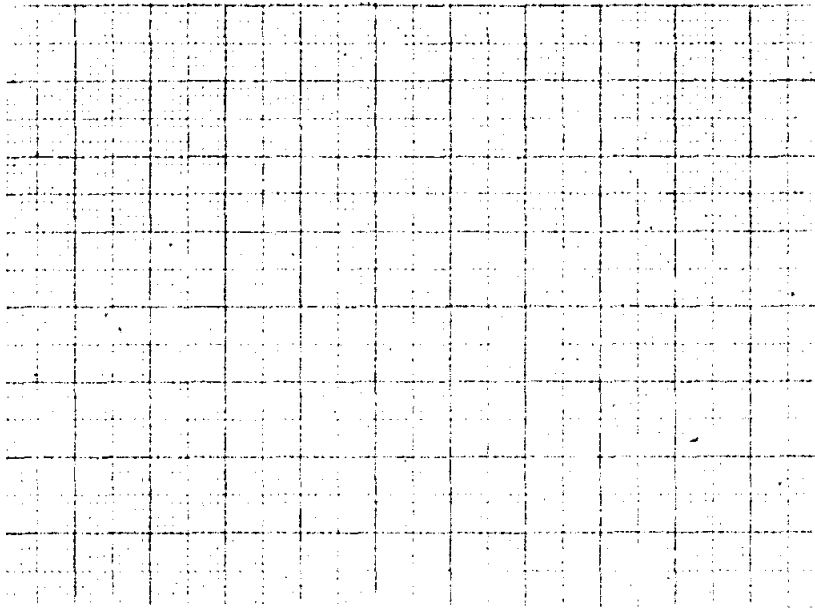
2.

3.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

0.50 M NaOCl (ลบ.ชม.)	0.50 M Na ₂ S ₂ O ₃ (ลบ.ชม.)	t เริ่มตน	t สิ้นทาย	At

1. เขียนกราฟระหว่างค่า Δt กับจำนวนโมลของ NaOCl



2. จากกราฟในข้อ 1 หาค่าสัมประสิทธิ์ และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

3. "stoichiometric ratio" มีค่าเท่ากับ

4. เพราะเหตุใด อัตราส่วนขององค์ประกอบที่โหด Δt สูงสุด จึงเป็น "stoichiometric ratio"

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 7

เรื่อง การสังเคราะห์และหาสูตรของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์
(Synthesis and Formula of Magnesium Oxide)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การจัดอุปกรณ์สำหรับการเตรียมสารประกอบง่าย ๆ ได้อย่างเหมาะสม
2. เทคนิคในการใช้เครื่องชั่งชนิดหยาบและชนิดละเอียด
3. การคำนวณหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบที่เตรียมขึ้น

สารเคมี

1. ลวดแมกนีเซียม (Magnesium Wire)
2. กรดไฮโดรคลอริก (6 M HCl)

อุปกรณ์

1. ครุซีเบิลและฝา
2. ตะเกียงเบนเสน
3. สามขา
4. ลวดสามเหลี่ยม
5. คีมทองเหลือง
6. บีกเกอร์
7. แผ่นตะแกรงลวด

บทนำ

เมื่อธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป รวมตัวกันทางเคมีเป็นสารประกอบอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบย่อมมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะเตรียมสารประกอบนั้น ๆ ขึ้นโดยวิธีใด เช่น น้ำ ไม่ว่าจะอยู่ในแหล่งใด ๆ หรือเตรียมขึ้นโดยวิธีใดก็ตาม จะประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ในอัตราส่วน 1:8 เสมอ ในการคำนวณหาสูตรของสารประกอบ เพื่อที่จะแสดงให้ทราบว่า 1 โมเลกุลของสารนั้น ประกอบด้วยธาตุอะไรมากน้อยอย่างไรบ้างอย่างละเอียดถี่ถ้วน ถ้าเป็นสูตรที่แสดงให้ทราบถึงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารประกอบนั้น ๆ เรียกว่า สูตรเอมไพริคัล (Empirical Formula) ซึ่งเป็นสูตรอย่างง่าย ส่วนสูตรที่แสดงถึง 1 โมเลกุลของสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรมากน้อยอย่างไรบ้างอย่างละเอียดถี่ถ้วน เรียกว่าสูตรโมเลกุล (molecular formula) ซึ่งเป็นสูตรที่แท้จริงใช้เฉพาะสารประกอบโคเวเลนต์เท่านั้น

ตัวอย่างเช่น ไฮดราซีน (Hydrazine) สูตรโมเลกุลคือ N_2H_4 ส่วนสูตรเอมไพริคัล คือ NH_2 ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างสูตรโมเลกุลกับสูตรเอมไพริคัล คือ

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

$$\text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$$

เมื่อพิจารณาในแง่มวลสารสัมพันธ์ (stoichiometry) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของมวลสารหรือน้ำหนักของธาตุต่าง ๆ จากสูตรและสมการเคมี ในการคำนวณหาสูตร

ของสารประกอบโดยอาศัยกฎสัดส่วนจำกัดนี้ อัตราส่วนโดยน้ำหนักอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเลขจำนวนเต็มลงตัว เช่น CO_2 , NO , HCl เรียกว่า Stoichiometric compound ได้แก่ สารประกอบโควาเลนต์ พวกนี้มักจะพบในสภาพที่เป็นโมเลกุลโดด ๆ (discrete molecule) ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนอะตอมขององค์ประกอบก็จะเกิดสารประกอบใหม่ แต่เนื่องจากการคิดอัตราส่วนของมวลขึ้นอยู่กับน้ำหนักอะตอมขององค์ประกอบ ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไอโซโทป (isotope) ของธาตุแต่ละตัว เมื่อนำมาคำนวณหาสูตรของสารประกอบทำให้ไม่เป็นเลขจำนวนเต็มลง เรียกว่า Nonstoichiometric Compound ในกรณีทำเป็นสารประกอบไอออนิก โดยเฉพาะสารประกอบซัลไฟด์หรือออกไซด์ของโลหะทรานซิชัน ในสารประกอบพวกนี้ แคทไอออน (cation) และแอนไอออน (anion) จะต่อเนื่องกันเป็นโครงสร้างของโมเลกุลขนาดใหญ่ (Non discrete molecule) ในการหาอัตราส่วนขององค์ประกอบจะเป็นค่าประมาณ สารประกอบพวกนี้จะไม่ใช้สูตรโมเลกุล

การคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล จะมีขั้นตอนดังนี้

1. เขียนธาตุที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมดของสารประกอบนั้น
2. คำนวณหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุ
3. คำนวณหาอัตราส่วนโดยจำนวนอะตอมของธาตุ
4. คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบ จากน้ำหนักอะตอมที่กำหนดให้
5. คำนวณหาค่า n

ตัวอย่าง สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วย คาร์บอน (C) 27.27% และออกซิเจน (O) 72.63% จงคำนวณหาสูตรอย่างง่าย และสูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้ กำหนดให้น้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนี้ = 44

$$(C = 12, O = 16)$$

$$\text{อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ } C : O = 27.27 : 72.63$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนของจำนวนอะตอม } C : O &= \frac{27.27}{12} : \frac{72.63}{16} \\ &= 2.27 : 4.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{นำตัวเลขที่มค่าน้อยที่สุดหาร} &= \frac{2.27}{2.27} : \frac{4.54}{2.27} \\ &= 1 : 1.99 \\ &= 1 : 2 \end{aligned}$$

∴ สูตรอย่างง่าย คือ CO_2

สมมติสูตรโมเลกุลคือ $(CO_2)_n$

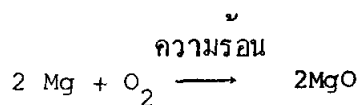
$$\text{มวลโมเลกุลของ } (CO_2)_n = (12 \times 1 + 16 \times 2)n = 44n$$

$$44n = 44$$

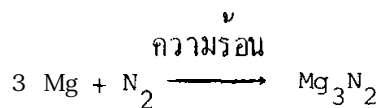
$$n = 1$$

สูตรโมเลกุลของสารประกอบคือ CO_2

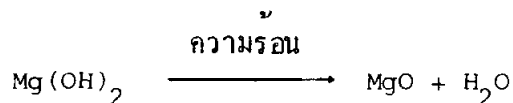
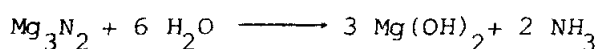
ในการทดลองนี้จะเป็นการสังเคราะห์สารประกอบ แมกนีเซียมออกไซด์ โดยใช้โลหะแมกนีเซียม (Mg) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ



แต่เนื่องจากในอากาศประกอบด้วยแก๊สออกซิเจน (O₂) ประมาณ 20% และ แก๊สไนโตรเจนประมาณ 80% เมื่อเราให้ความร้อนอะลูมิเนียม แมกนีเซียมในอากาศ จะเกิดสารประกอบไนโตรตังสมการ



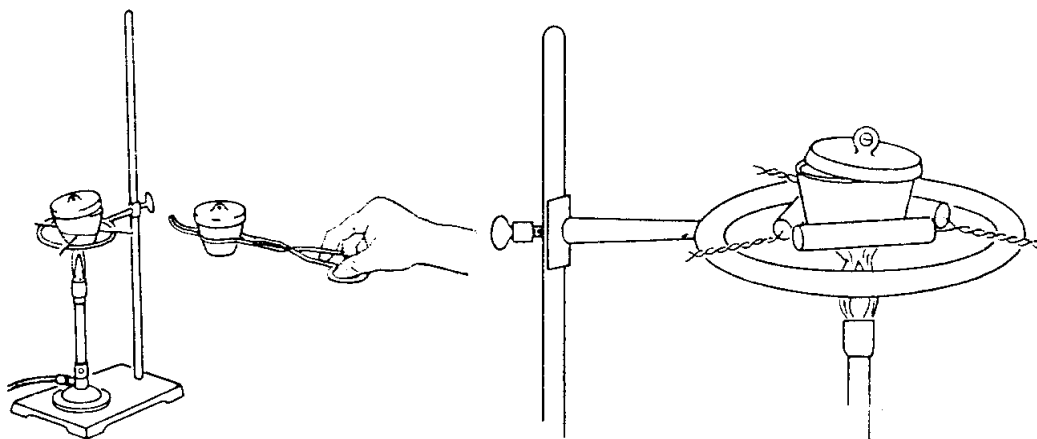
แมกนีเซียมไนไตรด์ที่เกิดขึ้น สามารถเปลี่ยนเป็น ไฮดรอกไซด์โดยให้ทำปฏิกิริยากับน้ำ แล้วจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบ แมกนีเซียมออกไซด์ได้โดยทำการเผา ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องคือ



เมื่อนำหนักอะตอมของ แมกนีเซียมและออกซิเจน ก็สามารถคำนวณหาสูตรของสารประกอบอย่างง่ายได้

การทดลอง

1. นำ ครุซีเบลล์และฝาที่แห้งและสะอาดวางบนลวดสามเหลี่ยมที่วางอยู่บนสามขา ดังรูป



แล้วทำการเผาโดยใช้เปลวไฟจากตะเกียง (ปรับเปลวไฟให้มีอุณหภูมิสูงสุด) ประมาณ 10 นาที คับตะเกียง แล้วปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

2. ในขณะที่ปล่อยให้ครุซีเบลล์เย็นตัวลง ให้รับลวดมกนีเซียมจากเจ้าหน้าที่กลุ่มละ 1 ชิ้น บันทึกน้ำหนักของลวด มกนีเซียม คัดลวดมกนีเซียมออกเป็นชิ้นเล็ก ประมาณ 2-3 ชิ้น

3. หลังจากทีครุซีเบลล์พร้อมฝาเย็นลงที่อุณหภูมิห้องแล้ว ให้นำไปชั่งน้ำหนักโดยให้นักศึกษาใช้คีมทองเหลืองค้ำแทนการจับด้วยมือ นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด

4. นำครุซีบีลและฝาวางบนลวดสามเหลี่ยม ดังรูป ข้อ 1 ค่อย ๆ เผลดด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ 10 นาที และปรับไฟให้แรง เผลดอประมาณ 20 นาที คับตะเกียง ถ้าหากว่ายังมีลวดมกนี้เชื่อมเหลืออยู่ ให้ทำการเผลดซ้ำอีกครั้งจนกระทั่ง มกนี้เชื่อมถูออกจึไค้หมด อย่าให้สารประกอบที่ไค้สูญหายไป

5. ปลอยให้ครุซีบีลและฝายืนลงที่อุณหภูมิห้อง (คงแนใจจริง ๆ ว่า ยืนลงที่อุณหภูมิ โดยไค้มีลวดและคานข้างครุซีบีลค) ไทหยคนำกลั่นลงไปให้ตัว อยามากเกินไป แล้วทำการเผลดไปอีก ประมาณ 10 นาที โดยไค้ไฟอ่อนเผลด อีกรประมาณ 5 นาที โดยไค้ไฟฟ้แรง

6. ปลอยให้ครุซีบีลและฝายืนลงที่อุณหภูมิห้อง นำไปซังน้ำหนักพร้อม ฝ

7. หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้ว ให้ทำความสะอาดครุซีบีลและฝ โดยวางในบีกเกอร์เปล่าที่สะอาด เติม 6 M HCl กรคจะละลายโลหะออกไซด์ แซไค้ประมาณ 5 นาที แล้วทำการล้างด้วยน้ำสะอาดอีกรั้งหนึ่ง เช็ดให้แห้ง นำไป สังกันกับเจาหน้าทีที่เคาน์เตอร์

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการเคมีเรื่อง.....วันที่ทำการทดลอง.....
 ชื่อผู้ทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....
 ชื่อผู้เข้าร่วมการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....
 กลุ่มที่.....Section.....
 อาจารย์ผู้ควบคุม 1.
 2.
 3. . . . *

บันทึกผลการทดลอง

1. น้ำหนักของครุซีเบล, ผาและลวด มกนีเซียมกรัม
2. น้ำหนักของครุซีเบลและผากรัม
3. น้ำหนักของมกนีเซียมกรัม
4. น้ำหนักของครุซีเบล, ผาและมกนีเซียมออกไซด์กรัม
5. น้ำหนักของมกนีเซียมออกไซด์กรัม
6. น้ำหนักของออกซิเจนใน มกนีเซียมออกไซด์กรัม
7. น้ำหนักอะตอมของมกนีเซียม	24.31
8. น้ำหนักอะตอมของออกซิเจน	15.99

คำถาม

1. แสดงวิธีการคำนวณหาสูตรอย่างง่าย ของมันนี่เซียมออกไซด์จากผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. โลหะ M หนัก 1 กรัม เมื่อทำให้อยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ ปรากฏว่าหนัก 1.345 กรัม แล้วทำการหาสูตรของสารประกอบได้ M_2O_3 จงคำนวณ (ก) น้ำหนักอะตอมของโลหะ M

.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....

(ข) จงใช้ตารางธาตุ บอกว่า โลหะ "M" คือธาตุอะไร

.....
.....

3. สารประกอบ (Compound) ต่างจากสารละลายของแข็ง (Solid Solution) อย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

การทดลองที่ 8

เรื่อง การหาปริมาตรกรัมโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน

(Molar Volume of Oxygen)

จุดประสงค์ของการทดลอง เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแก๊ส

1. การใช้กฎต่าง ๆ เกี่ยวกับแก๊ส ในการคำนวณหาปริมาณของแก๊สที่สภาวะต่าง ๆ
2. การทดลองในการหาปริมาตรกรัมโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย ๆ
3. การหาเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในสารประกอบได้

สารเคมี

1. สารตัวอย่างของโปตัสเซียมคลอเรต
(KClO_3) 2.0 กรัม
2. แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)

อุปกรณ์

1. ขวดกั้นแบน
2. ฐานและที่ตั้ง
3. บีกเกอร์
4. สายยาง
5. หลอดทดสอบ
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. จุกคอร์ก
8. ตัวยึด
9. กระจกตวง
10. ตัวยึดสายยาง

เทคนิคที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

1. การจัดเครื่องมือ ทุกจุดที่เป็นช่วงเชื่อมต่อ ต้องพยายาม อย่าให้มีรอยร้าวเป็นอันขาด
2. ในการเสียบหลอดทดสอบใส่สารตัวอย่างเข้ากับจุกคอรัทต้องเสียบให้แน่น เพราะในขณะเผา อาจเกิดแรงดันให้หลอดทดสอบหลุดกระเด็นได้
3. เมื่อจะทำการทดลองซ้ำหรือทำใหม่ จะต้องใช้หลอดทดสอบบรรจุสารตัวอย่างหลอดใหม่ หลอดเดิมใช้ไม่ได้
4. ในการจัดเครื่องมือ พยายามอย่าให้น้ำไหลเข้าไปในหลอดบรรจุสารตัวอย่างเป็นอันขาด

ปริมาณกรัมโมเลกุลของแก๊สใด ๆ

สำหรับแก๊ส 1 โมลที่มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล (เลขอาโวกาโด, N) ที่อุณหภูมิ 0°C (273.15 K) และที่ความดัน 760 มม.ของปรอท จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร เรียกว่า ปริมาตรกรัมโมเลกุลของแก๊ส ซึ่งแก๊สทุกชนิดจะมีค่าเท่ากันหมด

สำหรับที่อุณหภูมิ 0°C (273 K) และความดัน 760 มม.ของปรอท เรียกว่า สภาวะมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure, S.T.P.)

ดังนั้น สรุปได้ว่า ปริมาตรกรัม-โมเลกุลของแก๊สใด ๆ ก็คือปริมาตรที่ S.T.P. ของแก๊สนั้น เมื่อแก๊สนั้นหนัก 1 โมล ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 22.4 ลิตร

ตารางแสดงปริมาณกรัมโมเลกุลของแก๊สบางชนิดที่สภาวะมาตรฐาน

ชนิดของแก๊ส	น้ำหนัก 1 โมล	น้ำหนัก 1 ลิตร	ปริมาณกรัมโมเลกุลที่ STP
O_2	32.00 กรัม	1.43 กรัม	$32.00 \div 1.43 = 22.4$ ลิตร
N_2	28.02 กรัม	1.25 กรัม	$28.02 \div 1.25 = 22.4$ ลิตร
H_2	2.016 กรัม	0.0899 กรัม	$2.016 \div 0.0899 = 22.4$ ลิตร
CO_2	44.01 กรัม	1.965 กรัม	$44.01 \div 1.965 = 22.4$ ลิตร

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของแก๊ส

ในการวัดปริมาตรของแก๊สมักนิยมวัดในรูปปริมาตรมากกว่าน้ำหนัก ซึ่งในการวัดปริมาตรของแก๊สก็จำเป็นจะต้องระบุ อุณหภูมิและความดันด้วยเสมอ ในการคำนวณเกี่ยวกับปริมาตรของแก๊ส มีกฎต่าง ๆ เข้ามามีเกี่ยวข้องคือ

1. กฎของบอยล์ (Boyle's law) กล่าวว่า "เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความดัน"

$$\text{ถ้า } V = \text{ปริมาตรของแก๊ส}$$

$$P = \text{ความดันของแก๊ส}$$

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

$$\text{จะได้ } P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{เมื่อ } T \text{ คงที่}$$

2. กฎของชาร์ลส์ (Charles' law) กล่าวว่า "เมื่อความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนไป $\frac{1}{273}$ เท่าของปริมาตรที่ 0°C ทุก ๆ 1°C ที่เปลี่ยนไป"

$$\text{จะได้ว่า } \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad T = \text{อุณหภูมิเคลวิน}$$

3. กฎของแก๊ส ซึ่งได้จากการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลส์เข้าด้วยกัน

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

4. สมการแอสคองสภาวะของแก๊ส ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร V , P , T และ n (จำนวนโมลของแก๊ส) จากสภาวะหนึ่งไปสู่อีกสภาวะหนึ่ง

$$PV = nRT$$

R เป็นค่าคงที่ของแก๊ส มีค่าเท่ากับ $0.082054 \frac{\text{ลิตร-บรรยากาศ}}{\text{องศา-โมล}}$

T เป็นอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น องศา K

P เป็นความดัน เป็นบรรยากาศ

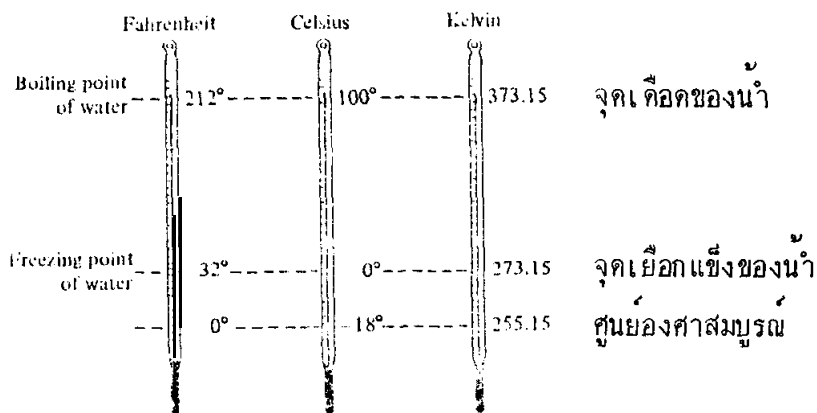
n เป็นจำนวนโมล

5. กฎความดันย่อยของดาลตัน (Dalton's law) กล่าวว่า "ความดันรวมของแก๊สต่าง ๆ ที่บรรจุในภาชนะเดียวกัน และไม่ทำปฏิกิริยากัน จะเท่ากับผลบวกของความดันของแก๊สแต่ละชนิด"

$$P \text{ รวม} = P_1 + P_2 + P_3 \dots$$

ดังนั้น ความดันของแก๊สชั้น = ความดันของแก๊สแห้ง + ความดันไอน้ำ

มาตราส่วนอุณหภูมิ



จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$^{\circ}\text{K} = -273.15 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$\text{K} = \text{ } ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

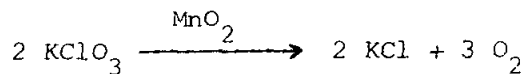
$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \text{ } ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$\text{ } ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (\text{ } ^{\circ}\text{F} - 32)$$

หน่วยของความดัน

$$\begin{aligned} 1 \text{ บรรยากาศ} &= 1.013 \times 10^5 \text{ ปาสคาล (นิวตัน/ (เมตร)}^2) \\ &= 760 \text{ ทอร์ (มม. ของปรอท)} \\ &= 29.92 \text{ นิ้วท } ^{\circ}\text{C} \\ &= 1.0133 \text{ บาร์} \\ &= 14.70 \text{ ปอนด์/ (นิ้ว)}^2 \end{aligned}$$

ในการทดลองนี้ จะใช้ออกซิเจนเป็นแก๊สมาตรฐานในการหาปริมาตรกรัม-โมเลกุล ซึ่งสามารถเตรียมแก๊สออกซิเจนได้จากการเผาโพตัสเซียมคลอเรต (KClO_3) โดยมีแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) เป็นตัวคะตะลิสต์ ดังสมการ



แก๊สออกซิเจนที่ได้จากการสลายตัวของโพตัสเซียมคลอเรต เราจะทำ การเก็บแก๊สที่ได้เหนือน้ำ ซึ่งในกรณีนี้จะมีไอน้ำปนอยู่ด้วย ทั้งแก๊สออกซิเจนและไอน้ำ จะก่อให้เกิดความดันรวม ซึ่งเป็นไปตามกฎความดันย่อยของดาลตัน

ถ้ากำหนดให้ P_t = ความดันรวมของแก๊สออกซิเจนและไอน้ำ

P_{O_2} = ความดันของแก๊สออกซิเจน

$P_{\text{H}_2\text{O}}$ = ความดันของไอน้ำ

$$P_t = P_{O_2} + P_{H_2O}$$

$$P_{O_2} = P_t - P_{H_2O}$$

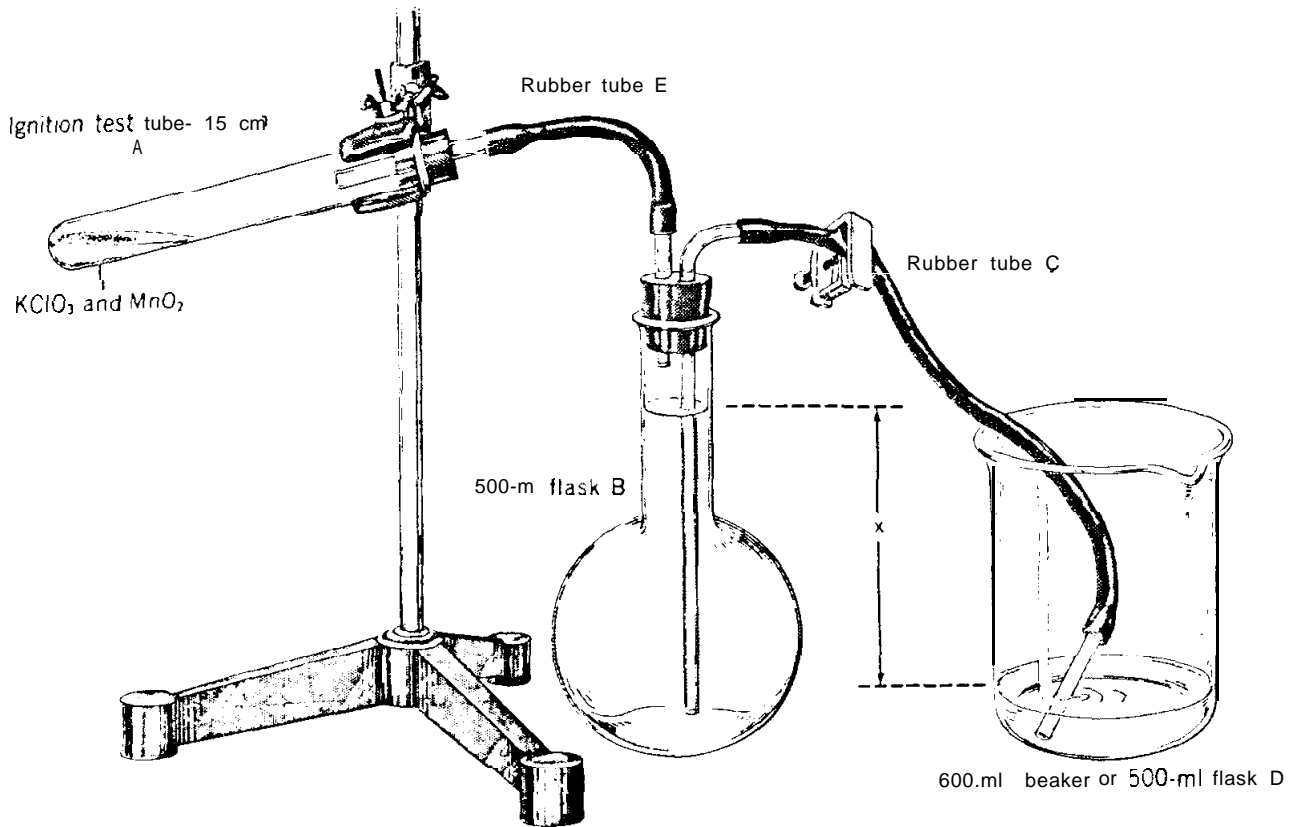
ค่าความดันรวม จะไปดันให้น้ำไหลออกมา โดยปริมาตรของน้ำที่ออกมาทั้งหมดเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลง จะมีค่าเท่ากับปริมาตรของแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้น

ตารางแสดงค่าความดันไอน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ, °C	ความดัน, mm Hg
20	17.5
21	18.7
22	19.8
23	21.1
24	22.4
25	23.8
26	25.2
27	26.7
28	28.3
29	30.0
30	31.8
31	33.4
32	35.4
33	37.4
34	39.6
35	41.9

การทดลอง

1. รับประทานทดสอบที่บรรจุสารผสมตัวอย่างของ KClO_3 , และ MnO_2 จากเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ บันทึกน้ำหนักของสารไว้
2. จัดเครื่องมือดังรูป



ก่อนจะนำหลอดทดสอบที่บรรจุสารตัวอย่างไปต่อเข้ากับเครื่องมือ

ควรจะปฏิบัติดังนี้

- (ก) ให้เป่าที่ปลายหลอด A เพื่อให้ น้ำ เข้าไปไล่อากาศในหลอด B ปล่อยให้ น้ำ ไหล ออกไปเรื่อย ๆ จนระดับน้ำในขวดกันแวนเท่ากับระดับน้ำที่ปลายหลอด B น้ำจะหยุดไหล ขณะนี้ความดันภายในขวดกันแวนจะมีค่าเท่ากับ ความดันภายนอก
 - (ข) เสียบปลาย A ที่มีจุกคอร์กเข้ากับหลอดทดสอบให้แน่น
 - (ค) เทน้ำในบีกเกอร์ทิ้ง นำบีกเกอร์ที่สะอาดและแห้งมาวางแทนที่
3. คอย ๆ เฝ้าหลอดทดสอบ โดยเริ่มจากไฟอ่อน ๆ คอย ๆ สนให้ทั่วปลายหลอดทดสอบ แล้วจึงเผาให้แรงขึ้น จนกระทั่งเกิดควันสีขาว ในขวดกันแวนให้หยุดเผา คับตะเกียงเมื่อน้ำหยุดไหล
 4. นำบีกเกอร์ออกทันที วัดปริมาตรของน้ำโดยใช้กระบอกตวง
 5. เมื่อเครื่องมือเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง ถอดเอาหลอดทดสอบออก ถอดจุกคอร์กที่ขวดกันแวน ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิเพื่อน้ำ (อย่าแช่ปลายกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ในน้ำที่เหลืออยู่ หรือแตะกับข้างขวด
 6. เมื่อหลอดทดสอบเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก
 7. บันทึกความดันของบรรยากาศในขณะที่ทำการทดลองจากบารอมิเตอร์

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการณ์เรื่อง.....วันที่ทำการทดลอง.....
 ชื่อผู้ทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....
 ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....
 กลุ่มที่..... Section.....
 อาจารย์ผู้ควบคุม 1.
 2.
 3.

บันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	บันทึกผล
1. น้ำหนักของหลอดทดสอบบรรจุสารตัวอย่าง ก่อนเผา (น้ำหนักหลอดทดสอบ + $KClO_3$ + MnO_2)
2. น้ำหนักของหลอดทดสอบบรรจุสารตัวอย่าง หลังเผา (น้ำหนักหลอดทดสอบ + KCl + MnO_2)
3. น้ำหนักของหลอดทดสอบ + MnO_2
4. น้ำหนักของ $KClO_3$
5. อุณหภูมิของแก๊สออกซิเจน °C ...
6. ปริมาตรของแก๊สออกซิเจน = ปริมาตรของ น้ำในปิเกตอร์

ข้อมูล	บันทึกผล
7. ความดันของอากาศที่อ่านจากบารอมิเตอร์
8. ความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิทำการทดลอง

ตารางบันทึกผลและแสดงการคำนวณ

น้ำหนักของแก๊สออกซิเจน	
อุณหภูมิ (องศา K)	
ความดันของแก๊สออกซิเจน	
ปริมาตรของแก๊สออกซิเจน (จากการทดลอง)	
ปริมาตรของแก๊สออกซิเจน (ที่สภาวะมาตรฐาน)	

จำนวนโมลของแก๊สออกซิเจน (ที่เตรียมได้)	
ปริมาตรกรัมโมเลกุลของแก๊ส ออกซิเจนที่ได้จากการทดลอง	
เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด	

คำถาม

1. เหตุที่ต้องปรับความดันภายในขวดกั้นแบนและภายนอกให้เท่ากันก่อนทำการเผา
หลอดทดสอบที่บรรจุสารตัวอย่าง เพราะ
.....
.....
2. เหตุใดในการชั่งวัตถุทุกครั้ง จะต้องปล่อยให้วัตถุเย็นลงที่อุณหภูมิห้องเสียก่อน
จึงจะทำการชั่ง
.....
.....
3. อากาศแห้งซึ่งประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจน (N_2) 78.0% และแก๊สออกซิเจน (O_2)
21.0% จงแสดงการคำนวณหาความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิด เมื่อความดัน
บรรยากาศขณะนั้นเท่ากับ 745 ทอร์
.....
.....
.....
.....
.....
4. ของผสมของ $KClO_3$ และ KCl หนัก 62.5 กรัม ทำการเผาจนสลายตัวให้
แก๊สออกซิเจนหมด ปรากฏว่าได้แก๊สออกซิเจนมีปริมาตรเท่ากับ 7.64 ลิตร
ที่สภาวะมาตรฐาน จงตอบคำถามต่อไปนี้

(ก) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

.....
.....

(ข) จำนวนโมลของแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้น

.....
.....
.....
.....
.....

(ค) จำนวนโมลของ $KClO_3$ ในสารตัวอย่าง

.....
.....
.....
.....
.....

(ง) จำนวนกรัมของ $KClO_3$ ในสารตัวอย่าง

.....
.....
.....
.....

(จ) เปรอ์เซนต์ของ KClO_3 ในสารตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....