

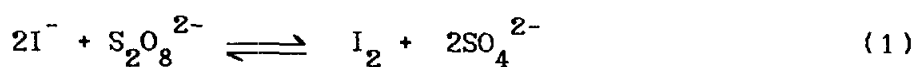
การทดลองที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่างไอออน

จุดประสงค์

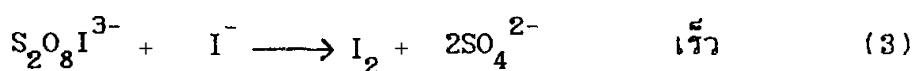
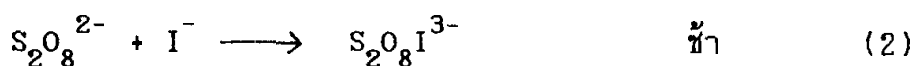
1. ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างไอโอดีน ไอออนและเปอร์ซัลเฟตไอออน
2. หาค่าคงที่อัตราและครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 25 °C
3. ทดสอบว่าปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับสอง

ทฤษฎี

ปฏิกิริยาระหว่างไอออนของไอโอดีน และเปอร์ซัลเฟต



โดยเปอร์ซัลเฟตทำหน้าที่ออกซิไดซ์ไอโอดีนไอออนให้เป็นไอโอดีน มีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาดังนี้



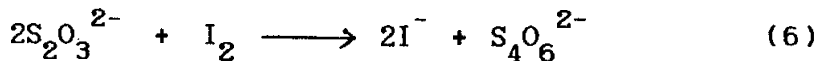
ปฏิกิริยา (2) เป็นขั้นกำหนดอัตราของปฏิกิริยา ดังนั้นอันดับของปฏิกิริยาควรเป็นอันดับสอง ซึ่งเขียนสมการอัตราได้เป็น

$$\frac{d[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{dt} = -k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}][\text{I}^-] \quad (4)$$

ถ้าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทีละน้อยจะได้

$$\frac{\Delta[S_2O_8^{2-}]}{\Delta t} = k[S_2O_8^{2-}]_0[I^-]_0 \quad (5)$$

เมื่อ $[S_2O_8^{2-}]_0$ และ $[I^-]_0$ คือความเข้มข้นเริ่มต้นของ $S_2O_8^{2-}$ และ I^- ตามลำดับ ในทางปฏิบัติปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้น โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายไทโอซัลเฟต และทดสอบสีของไอโอดีนด้วยน้ำแป้ง จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



โดยสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินระหว่างไอโอดีนกับน้ำแป้ง (I_2 .starch complex) จะเกิดขึ้น หลังจากไทโอซัลเฟตทำปฏิกิริยาหมด ฉะนั้น

$$\frac{\Delta CS_2O_3^{2-}}{2\Delta t} = \frac{\Delta CS_2O_8^{2-}}{\Delta t} \quad (7)$$

นั่นคือความเข้มข้น $[S_2O_8^{2-}]$ ที่เปลี่ยนไปในช่วง Δt จะเท่ากับความเข้มข้นของ $[S_2O_3^{2-}]$ ที่เติมลงไปในส่วนผสมของปฏิกิริยา หรือจะได้

$$\frac{\Delta[S_2O_3^{2-}]}{2\Delta t} = k[S_2O_8^{2-}]_0[I^-]_0 \quad (8)$$

อุปกรณ์และสารเคมี

ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 และ 500 ลบ. ซม.

ขวดรูปกรวยขนาด 250 ลบ. ซม.

ปิเปตขนาด 10 ลบ. ซม.

บิวเรตขนาด 50 ลบ. ซม.

อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

นาฬิกาจับเวลา

โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulphate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$))

โพตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulphate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$))

โพตัสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide (KI))

แป้ง (starch)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายโพตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม. (การละลายของ โพตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตค่อนข้างช้า อาจทำให้เร็วขึ้นโดยการนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ (water bath) แต่ควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูง)
2. เตรียมสารละลายโพตัสเซียมไอโอไดด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม. และเตรียมสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จำนวน 500 ลบ.ซม.
3. จากนั้นนำสารละลายในข้อ 1 และสารละลายโพตัสเซียมไอโอไดด์ไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °ซ
4. รวบรวมสารละลายทั้งสองอยู่ในสมดุลดความร้อน ผสมสารละลายทั้งสองลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เริ่มจับเวลาทันที
5. ในระยะแรกจับเวลาทุกๆ 5 นาที (แล้วค่อยๆเพิ่มเป็น 10 นาที) เปิดส่วนผสมของปฏิกิริยาจำนวน 10 ลบ.ซม. ลงในขวดรูปกรวยที่มีน้ำผสมน้ำแข็งจำนวน 100 ลบ.ซม. (เพื่อยุติการเกิดปฏิกิริยา) นำไปติเตรตอย่างรวดเร็วกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต เมื่อสีของไอโอดีนที่เกิดขึ้นเริ่มจางลงขณะติเตรต ให้เติมน้ำแป้งจำนวน 1 ลบ.ซม. (ดูวิธีเตรียมในการทดลองที่ 5) ลงไปเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการติเตรตต่อจนกระทั่งถึงจุดยุติทำการทดลอง เช่นนี้จนกระทั่งเวลาที่ใช้ในการติเตรตสารละลายทั้งหมดประมาณ 1 ชั่วโมง บันทึกปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการติเตรตแต่ละครั้ง คือ V_t
6. ขณะที่รอระยะเวลาในการติเตรต เปิดส่วนผสมของปฏิกิริยาจำนวน 40 ลบ.ซม. ลงในขวดรูปกรวยที่สะอาด เติมเกลือ KI (ของแข็ง) จำนวนประมาณ 4 กรัม ปิดจุกให้แน่นนำไปอุ่นให้ร้อนบนเครื่องอังน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 50 °ซ (การเพิ่มปริมาณ KI

และเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาสมบูรณ์เร็วขึ้น)

7. นำสารละลายมาตั้งไว้ให้เห็นที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 5 จากนั้นนำสารละลายที่เหลือไปอุ่นอีกครั้งประมาณ 10 นาที ตั้งไว้ให้เห็น และทำการทดลองซ้ำ จนแน่ใจว่าปฏิกิริยาสมบูรณ์จริงแล้วบันทึกปริมาตรของไทโอซัลเฟตที่ใช้คือ V_{∞}

การวิเคราะห์ผลและการคำนวณ

1. ถ้ากำหนดให้ a ไมลาร์เป็นความเข้มข้นเริ่มต้นของเปอร์ซัลเฟต และ $2a$ ไมลาร์สำหรับไอโอไดด์ ฉะนั้นทุกๆ x ไมลของเปอร์ซัลเฟตจะต้องใช้ $2x$ ไมลของไอโอไดด์ ในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดเป็นไอโอดีน x ไมล จงแสดงว่าถ้าปฏิกิริยาเป็นอันดับสองจริง ควรจะมีค่าคงที่อัตรา

$$k = \frac{1}{2at} \left(\frac{x}{a-x} \right)$$

2. คำนวณหาค่าคงที่อัตราจากการทดลอง เนื่องจากปริมาตรใช้เดิมไทโอซัลเฟตที่ใช้แปรผันโดยตรงกับความเข้มข้น คือ V_t แปรผันโดยตรงกับ x ในขณะที่ $V_{\infty} - V_t$ แปรผันโดยตรงกับ $a-x$ ฉะนั้น จากสมการอัตราในข้อ 1 จะได้

$$\frac{x}{(a-x)} = 2a kt$$

หรือ
$$\frac{V_t}{(V_{\infty} - V_t)} = 2a kt$$

ถ้าเขียนกราฟระหว่าง $V_t / (V_{\infty} - V_t)$ กับ t ควรจะได้กราฟเส้นตรง เริ่มจากจุดกำเนิดและมีความชันเท่ากับ $2ak$ เนื่องจาก $a = 0.025$ ไมลาร์

$$\text{ฉะนั้น} \quad k = \frac{\text{ความชัน}}{0.05}$$

3. คำนวณหาครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาจากสมการอัตรา

$$t = \frac{1}{2ak} \left(\frac{x}{a-x} \right)$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{2ak}$$

4. คำนวณหาค่าความแรงเชิงไอออน (ionic strength) เริ่มต้น ของส่วนผสมของปฏิกิริยาจากความสัมพันธ์ $I = (1/2) \sum m_i z_i^2$ เมื่อ m คือความเข้มข้นหน่วยเป็นโมลล และ z_i คือประจุของไอออน i

คำถาม

1. จงอธิบายว่าเหตุใด การเพิ่มปริมาณ KI และการเพิ่มอุณหภูมิต่อสารละลายผสมของปฏิกิริยาจึงทำให้ปฏิกิริยาสมบูรณ์เร็วขึ้น
2. จากข้อ 1. ถ้าเปลี่ยน KI เป็น $K_2S_2O_8$ ได้หรือไม่

แบบรายงานข้อมูลการทดลองที่ 3
ปฏิกิริยาระหว่าง ไอออน

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว

2. รหัสประจำตัว

กลุ่มที่ ตอนที่

วันที่ทำการทดลอง

อุณหภูมิห้อง °C

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง °C

น.น. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = กรัม

น.น. KI = กรัม

น.น. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ = กรัม

ปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไตเตรตที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ลบ.ชม.)
0.0	
5.0	
10.0	
15.0	
20.0	
25.0	
30.0	

เวลา (นาที)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ลบ.ซม.)
40.0	
50.0	
60.0	
∞ ₁	
∞ ₂	
∞ ₃	

แบบรายงานข้อมูลการทดลองที่ 3
ปฏิกิริยาระหว่างไอออน

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว

 2. รหัสประจำตัว

กลุ่มที่ ตอนที่

วันที่ทำการทดลอง

อุณหภูมิห้อง °C

อุณหภูมิทำการทดลอง °C

น.น. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = กรัม

น.น. KI = กรัม

น.น. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ = กรัม

ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการติเตรตที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ลบ.ซม.)
0.0	
5.0	
10.0	
15.0	
20.0	
25.0	
30.0	

เวลา (นาที)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ลบ.ชม.)
40.0	
50.0	
60.0	
∞_1	
∞_2	
∞_3	