

การทดลองที่ 16

สภาพละลายได้ของเกลือที่ละลายยาก

จุดประสงค์

1. หาสภาพละลายได้ของเกลือที่ละลายยาก ที่อุณหภูมิ 25°C โดยการวัดความนำไฟฟ้าของสารละลาย
2. หาค่าคงที่ของเซลล์ความนำ

ทฤษฎี

การวัดความนำไฟฟ้าของสารละลายเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการหาสภาพละลายได้ (solubility) ของเกลือที่ละลายยาก เช่น ซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) และเลดซัลเฟต (PbSO_4) เป็นต้น เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และให้ผลที่ถูกต้องและแน่นอน โดยหลักการคือ หาความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวของเกลือที่ละลายยากในน้ำ ด้วยการวัดความนำในรูปค่าความนำ (conductance) ของสารละลาย $L_{\text{สารละลาย}}$ ซึ่งประกอบด้วยค่าความนำของเกลือ $L_{\text{เกลือ}}$ และค่าความนำของน้ำ $L_{\text{ตัวทำละลาย}}$

$$L_{\text{เกลือ}} = L_{\text{สารละลาย}} - L_{\text{ตัวทำละลาย}} \quad (1)$$

จากค่าความนำ L นำไปคำนวณหาความนำจำเพาะ K ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้น C ในหน่วยกรัมสมมูล.ลิตร⁻¹ ดังสมการ

$$K_{\text{เกลือ}} = B \cdot L_{\text{เกลือ}} \quad (2)$$

$$A = \frac{1000 K_{\text{เกลือ}}}{C} \quad (3)$$

เมื่อ B คือค่าคงที่ของเซลล์ความนำหาได้จากการทดลองโดยใช้สารละลายมาตรฐาน
 โปตัสเซียมคลอไรด์ Λ คือความนำสมมูล ที่ความเข้มข้นใด ๆ แต่เนื่องจากความเข้มข้น
 ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของเกลือประเภทนี้ค่อนข้างเจือจาง จนถือว่ามีความเจือจางเป็นอนันต์
 (infinite dilution) ฉะนั้น Λ_0 ซึ่งเป็นความนำสมมูลที่สภาวะเจือจางอนันต์
 สมการ (3) จะกลายเป็น

$$c = \frac{1000 K_{\text{เกลือ}}}{\Lambda_0} \quad (4)$$

และจากกฎของเคอแรช (Kohlrausch) "ความนำสมมูลของอิเล็กโทรไลต์ที่สภาพเจือ
 จางอนันต์ มีค่าเท่ากับผลรวมของความนำสมมูลของแต่ละไอออนที่ความเจือจางเป็นอนันต์
 ในอิเล็กโทรไลต์นั้น" ดังสมการ

$$\Lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^- \quad (5)$$

ถ้าแทนค่า Λ_0 นี้ลงในสมการ (4) จะได้

$$c = \frac{1000 K_{\text{เกลือ}}}{\lambda_0^+ + \lambda_0^-} \quad (6)$$

สำหรับ λ_0 ของไอออนแต่ละชนิดมีค่าคงที่ ที่อุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 16.1

ตารางที่ 16.1 ค่าความนำสมมูลของไอออนชนิดต่างๆ ที่สถานะเจือจางอนันต์ ที่อุณหภูมิ 25°C

ไอออน	λ_0^+ (ซีเมนส์. ซม. ² . สมมูล ⁻¹)	ไอออน	λ_0^+ (ซีเมนส์. ซม. ² . สมมูล ⁻¹)
H ⁺	349.81	OH ⁻	198.30
Li ⁺	38.68	F ⁻	55.40
Na ⁺	50.10	Cl ⁻	76.35
K ⁺	73.50	Br ⁻	78.14
Rb ⁺	77.81	I ⁻	76.88
Cs ⁺	77.26	NO ₃ ⁻	71.46
NH ₄ ⁺	73.50	HCO ₃ ⁻	44.50
Mg ²⁺	53.05	CH ₃ COO ⁻	40.90
Ca ²⁺	59.50	SO ₄ ²⁻	80.02
Ba ²⁺	63.63		
Pb ²⁺	72.00		
Cu ²⁺	53.60		

อุปกรณ์และสารเคมี

ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ลบ.ซม.

ขวดรูปกรวยขนาด 250 ลบ. ซม.

ปิเปตขนาด 25 ลบ. ซม.

เซลล์ความนำแบบจุ่ม (dip type)

เครื่องวัดค่าความนำ (conductance bridge)

เลดซัลเฟต (lead sulphate (PbSO₄))

โปตัสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride (KCl))

วิธีการทดลอง

1. ชั่งเกลือเลดซัลเฟตจำนวนประมาณ 20-30 กรัมใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปประมาณครึ่งขวด เขย่าและคนสารละลายอย่างแรงเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นปล่อยให้ตะกอนนอนกัน เติมน้ำกลั่นลงไปให้เต็มขวดเพื่อกำจัดสารเจือปนที่อาจละลายอยู่ในสารละลาย
 2. เติมน้ำกลั่นลงไปอีกประมาณครึ่งขวด ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 อีก 2-3 ครั้ง
 3. นำเกลือเลดซัลเฟตที่ล้างสะอาดในข้อ 2 มาเติมน้ำกลั่นลงไปอีกประมาณครึ่งหนึ่งของขวดรูปกรวย เขย่าและคนสารละลาย จากนั้นบีบจุกขวดให้แน่น นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25°ซ ระหว่างนี้ควรเขย่าและคนสารละลายด้วยเป็นครั้งคราว
 4. วัดค่าความนำของน้ำกลั่นที่ใช้เป็นตัวทำละลาย โดยใช้เซลล์ความนำชนิดจุ่ม
 5. เมื่อสารละลายอิ่มตัวเลดซัลเฟต มีอุณหภูมิคงที่แล้ว บีบเปิดสารละลายนี้เพียงเล็กน้อย เพื่อใช้ล้างเซลล์ความนำ
 6. จากนั้นบีบเปิดสารละลายอิ่มตัวนี้จำนวน 25 ลบ.ซม. ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม. นำไปวัดค่าความนำทันที
- หมายเหตุ ขณะที่บีบเปิดระวังอย่าให้ตะกอนเลดซัลเฟตที่นอนกันอยู่กระเด็น โดยอาจใช้สำลีหรือ glass wool กรองไว้ที่ปลายบีบเปิดแล้วค่อยๆ คนสารละลายเพื่อมิให้ตะกอนติดมากับสารละลายที่ต้องการวัดค่าความนำ
7. ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 6 จนกระทั่งได้ค่าความนำของสารละลาย
 8. เตรียมสารละลายมาตรฐาน โปตัสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่างๆกัน คือ 1.0 0.1 0.02 และ 0.01 โมลาร์ นำสารละลายที่เตรียมได้ทั้งหมดไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25°ซ จนกระทั่งสารละลายมีอุณหภูมิคงที่ จากนั้นวัดค่าความนำของสารละลายทั้งหมด (ความเข้มข้นละ 3 ครั้ง) เพื่อนำไปคำนวณหาค่าคงที่ของเซลล์ความนำ

การวิเคราะห์ผลและการคำนวณ

1. หาค่าคงที่ของเซลล์ความนำ
สารละลาย โปตัสเซียมคลอไรด์นิยมใช้เป็นสารละลายมาตรฐานในการหาค่าคงที่

ของเซลล์ความนำโดยสมการ ซึ่ง $B=l/A$ เมื่อ l คือระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า และ A คือพื้นที่หน้าตัดของขั้วไฟฟ้าภายในเซลล์เนื่องจากได้มีการวัดค่าความนำของสารละลายนี้ในน้ำที่อุณหภูมิ 25°C ไว้อย่างถูกต้องด้วยเซลล์ความนำที่ทราบค่าแน่นอนของ l และ A โดยสรุปไว้ในรูปค่าความนำจำเพาะของสารละลาย ซึ่งสามารถใช้เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณค่าคงที่ของเซลล์ความนำทุกชนิด ดังตารางที่ 16.2

ตารางที่ 16.2 ความนำจำเพาะของสารละลาย KCl ที่ 25°C

ความเข้มข้น (โมลาร์)	1.0	0.1	0.02	0.01
K (ซีเมนส์. ซม. ⁻¹)	1.118×10^{-1}	1.289×10^{-2}	2.768×10^{-3}	1.412×10^{-3}

ถ้าเขียนกราฟระหว่าง K กับ L ที่ความเข้มข้นของสารละลาย KCl ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ควรจะได้กราฟเส้นตรงที่เริ่มจากจุดกำเนิด (origin) และมีความชันเป็นค่าคงที่ของเซลล์ หรืออาจจะคำนวณโดยการเฉลี่ยจากสมการ (2) โดยสังเกตได้ว่าเซลล์แต่ละเซลล์จะมีค่าคงที่ของเซลล์เพียงค่าเดียวเท่านั้น ที่อุณหภูมิหนึ่ง

2. หาสภาพละลายได้

$$c = \frac{1000 K_{\text{เกลือ}}}{\lambda_0^+ + \lambda_0^-} \quad (7)$$

เมื่อ C คือความเข้มข้นในหน่วย กรัม. สมมูล. ลิตร⁻¹ ซึ่งสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในหน่วยที่นิยมใช้สำหรับการละลายคือ กรัม. โมเลกุล. ลิตร⁻¹ โดยการหารด้วยวาเลนซ์ของโลหะ ส่วนค่า λ_0^+ และ λ_0^- ได้จากตารางที่ 16.1

คำถาม

1. จงบอกถึงข้อจำกัดของการหาสภาพละลายได้ของเกลือที่ละลายได้ยากโดยวิธีวัดความนำ
2. จงแสดงความเห็นของผลการทดลองเปรียบเทียบกับค่าจริง และโดยวิธีอื่นๆ
3. เหตุใดจึงต้องนำค่าความนำของตัวทำละลาย (solvent) หักออกจากค่าความนำของสารละลาย
4. ถ้าความนำจำเพาะของสารละลายอิ่มตัว SrSO_4 มีค่าเป็น 1.482×10^{-4} และของน้ำที่ใช้มีค่าเป็น 1.5×10^{-6} ซีเมนส์.ซม.⁻¹ ที่อุณหภูมิ 25°ซ จงหาสภาพละลายได้ของ SrSO_4 ที่อุณหภูมิ 25°ซ ในหน่วยกรัม.ลิตร⁻¹

แบบรายงานการทดลองที่ 16
สภาพละลายได้ของเกลือละลายยาก

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว
 ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว
 2. รหัสประจำตัว
 กลุ่มที่ ตอนที่
 วันที่ทำการทดลอง

อุณหภูมิห้อง °C
 อุณหภูมิที่ทำการทดลอง °C

น.น. PbSO_4 = กรัม

ก. ค่าคงที่ของเซลล์ความนำ =

ความเข้มข้น KCl (โมลาร์)	น.น. KCl (กรัม)	ค่าความนำ (ซีเมนส์)
0.01		
0.02		
0.1		
1.0		

ข. ค่าความนำของ PbSO_4

ค่าความนำของน้ำกลั่น = ซีเมนส์

ครั้งที่	ค่าความนำของ PbSO_4 (ซีเมนส์)
1	
2	
3	

แบบรายงานการทดลองที่ 16
สภาพละลายได้ของเกลือที่ละลายยาก

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว

2. รหัสประจำตัว

กลุ่มที่ ตอนที่

วันที่ทำการทดลอง

อนุมัติห้อง ช

อนุมัติทำการทดลอง ช

น.น. $PbSO_4$ = กรัม

ก. ค่าคงที่ของเซลล์ความนำ =

ความเข้มข้น KCl (โมลาร์)	นน. KCl (กรัม)	ค่าความนำ (ซีเมนส์)
0.01		
0.02		
0.1		
1.0		

ข. ค่าความนำของ PbSO_4

ค่าความนำของน้ำกลั่น = ซีเมนส์

ครั้งที่	ค่าความนำของ PbSO_4 (ซีเมนส์)
1	
2	
3	