

การทดลองที่ 15 กฎความเค็จจางออสท์วาลด์

จุดประสงค์

1. ศึกษาพฤติกรรมของอิเล็กโทรไลต์อ่อนด้วยการวัดค่าความนำไฟฟ้า
2. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกฎความเค็จจางออสท์วาลด์กับพฤติกรรมของกรดอะซิติก
3. หาค่าความนำโมล เวิร์ทส์ภาวะเค็จจางอนันต์

ทฤษฎี

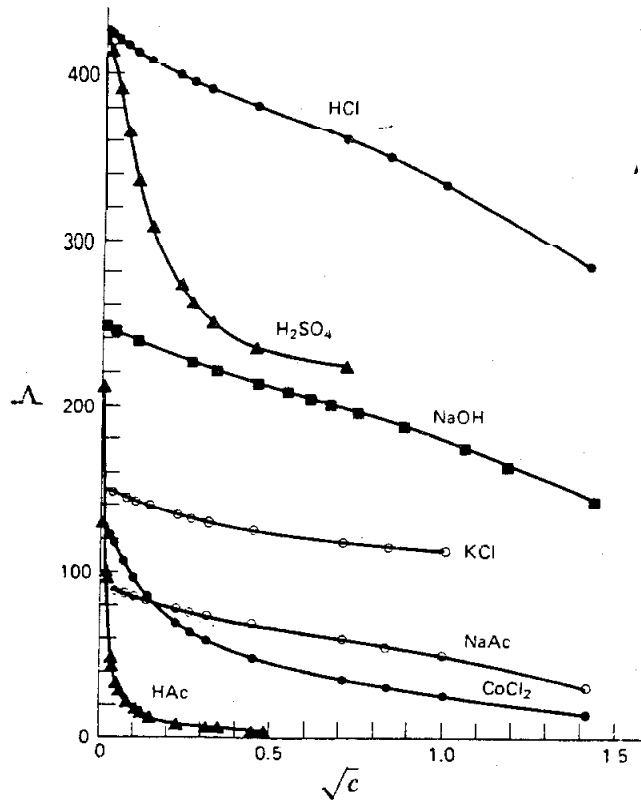
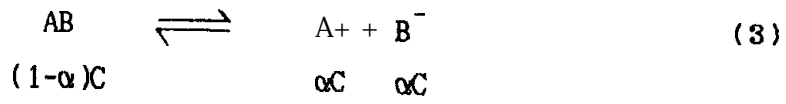
อิเล็กโทรไลต์อ่อน (weak electrolyte) ในตัวทาละลายที่เป็นน้ำจะเกิดการแตกตัวแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete dissociation) เมื่อพิจารณาความนำโมลาร์ Λ กับความเข้มข้น C ของสารละลายประเภทนี้ด้วยสมการของ Kohlrausch

$$\Lambda = \Lambda_0 - B' \sqrt{C} \quad (1)$$

เมื่อ B' คือค่าคงที่ และ Λ_0 คือความนำโมลาร์ที่สภาวะเค็จจางอนันต์ พบว่าการเขียนกราฟระหว่าง Λ กับ \sqrt{C} สำหรับอิเล็กโทรไลต์อ่อนไม่มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรงเหมือนกับอิเล็กโทรไลต์แก่ (strong electrolyte) แต่ Λ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเข้มข้นต่ำ ดังรูปที่ 15.1 ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นเนื่องจากสมดุลระหว่างไอออนที่แตกตัวและโมเลกุลที่ไม่แตกตัว เช่น



ถ้า α คือ องศาการแตกตัวของโมเลกุล AB และความเข้มข้นเริ่มต้นของ AB คือ C โมล.ลิตร⁻¹ จะได้ความเข้มข้นที่สมดุลเป็น



รูปที่ 15.1 กราฟระหว่าง α กับ \sqrt{c}

โดยสามารถเขียนค่าคงที่ของการแตกตัวที่สมดุลได้เป็น

$$K_d = \frac{CA+CB-1}{[AB]}
 \tag{4}$$

แทนค่าสมการ (3) ลงในสมการ (4) จะได้

$$K_d = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1-\alpha)C}$$

$$\text{หรือ } K_d = \frac{\alpha^2 C}{(1-\alpha)} \quad (5)$$

อาร์เรเนียส (Arrhenius) ได้เสนอว่าการแตกตัวของไอออนจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ลดลง และเมื่อความเข้มข้นเจือจางเป็นอันันต์จะมีการแตกตัวอย่างสมบูรณ์ โดยทำให้ความนำไฟฟ้าอิเล็กโทรไลต์ซึ่งนำโดยไอออนมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนไอออนที่แตกตัวด้วย ฉะนั้น

$$\alpha = \frac{\Lambda}{\Lambda_0} \quad (6)$$

แทนค่าสมการ (6) ในสมการ (5) จะได้

$$K_d = \frac{\Lambda C^2}{\Lambda_0 (\Lambda_0 - \Lambda)} \quad (7)$$

สมการ (7) นี้คือ กฎความเจือจางออสท์วาลด์ (Ostwald's Dilution Law) ถ้าอิเล็กโทรไลต์อ่อน มีการแตกตัวน้อยมาก คือ $\alpha \ll 1$ จะทำให้ $(1-\alpha) \approx 1$ สมการ (5) จะกลายเป็น

$$K_d = \alpha^2 C$$

หรือ $\alpha^2 \quad (8)$

ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากฎความเจือจางออสท์วาลด์มีประโยชน์โดยตรงในการหาค่าคงที่การแตกตัวของอิเล็กโทรไลต์อ่อน เช่น กรดอะซิติก เป็นต้น นอกจากนั้นถ้าเราจัดสมการ (7) เสียใหม่จะได้

$$\lambda = \lambda_0 - \frac{\lambda^2 C}{K_d \lambda_0} \quad (9)$$

แล้วเขียนกราฟระหว่าง λ กับ $\lambda^2 C$ ควรได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็น $1/(K_d \lambda_0)$ และจุดตัดแกนตั้งที่ $C=0$ เป็น λ_0 ฉะนั้นวิธีการนี้จึงเป็นวิธีการหนึ่งในการหาความนำโมลาร์ที่มีสภาวะเจือจางอนันต์ของอิเล็กโทรไลต์อ่อน ซึ่งไม่สามารถหาได้จากสมการ (1) เนื่องจากเป็นการยากลำบากในการต่อเส้นกราฟไปยังความเจือจางที่เป็นอนันต์ดังรูปที่ 15.1

อุปกรณ์และสารเคมี

ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 และ 250 ลบ.ซม.

ขวดรูปกรวยขนาด 125 และ 250 ลบ.ซม.

ปิเปตขนาด 10 และ 25 ลบ.ซม.

บิวเรตขนาด 50 ลบ.ซม.

เซลล์ความนำแบบจุ่ม (dip type)

เครื่องวัดค่าความนำ (conductance bridge)

อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

กรดอะซิติกเข้มข้น (acetic acid (CH_3COOH))

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide (NaOH))

โพตัสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (potassium hydrogen phthalate (KHP))

ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)

วิธีการทดลอง

1. ละลายกรดอะซิติกเข้มข้นจำนวน 5 ลบ.ซม. ด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25°C ในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ลบ.ซม. จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกริมาตร
2. เตรียมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม. โดยหาความเข้มข้นที่แน่นอน ด้วยการติเตรตกับสารละลายปฐมภูมิ โพตัสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (KHP)

3. ปิเปตสารละลายที่เตรียมในข้อ 1 จำนวน 10 ลบ.ซม. ในขวดรูปกรวย นำไปติเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อถึงจุดยุติบันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการติเตรต

4. จากนั้นวัดค่าการนำของสารละลายกรดอะซิติกในข้อ 1

5. ปิเปตสารละลายกรดอะซิติกที่เหลือจำนวน 50 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ลบ.ซม. ที่บรรจุในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25°ซ เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกริมาตร

6. ล้างปิเปตเล็กน้อยด้วยสารละลายในข้อ 5 และปิเปตสารละลายในข้อ 5 อีกจำนวน 50 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกริมาตร

7. เตรียมสารละลายในข้อ 6 ให้เจือจางโดยวิธีเดียวกับข้อ 5 และข้อ 6 จนกระทั่งได้ความเข้มข้นสุดท้ายประมาณ 0.0005 โมลาร์

8. วัดค่าการนำของสารละลายกรดอะซิติกที่ทำการเจือจางทั้งหมด และค่าการนำของน้ำกลั่นที่ใช้เป็นตัวทำละลาย บันทึกผลการทดลอง

หมายเหตุ: ควรจะล้างเซลล์ความนำทุกครั้งด้วยน้ำกลั่นเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลาย

การวิเคราะห์ผลและการคำนวณ

1. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติกทั้งหมด

2. คำนวณหาความนำโมลาร์ Λ ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ค่าคงที่เซลล์ที่กำหนดไว้บนเซลล์นั้นๆ คือ

$$L_{\text{ตัวถูกละลาย}} = L_{\text{สารละลาย}} - L_{\text{ตัวทำละลาย}}$$

$$K = B.L$$

และ
$$\Lambda = \frac{K}{C}$$

เมื่อ L คือค่าความนำ K คือความนำจำเพาะ และ B คือค่าคงที่ของเซลล์ความนำ

3. เขียนกราฟระหว่าง Λ กับ $C^{1/2}$ เพื่อตรวจสอบว่าการดอะซิติกมีพฤติกรรมแบบอิเล็กโทรไลต์อ่อน

4. หาค่าคงที่การแตกตัว K_d ของกรดอะซิติกโดยการเขียนกราฟระหว่าง α^2 กับ $1/C$ และเปรียบเทียบความชันที่ได้จากกราฟกับค่าที่คำนวณโดยตรง คือ $K_d = \alpha^2 C$ กำหนดให้ความนำโมลาร์ของกรดอะซิติกที่สภาวะเจือจางอนันต์ที่อุณหภูมิ 25°C

$$\Lambda_0 = 389 \text{ ซีเมนส์. ซม.}^2 \cdot \text{โมล}^{-1}$$

5. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกฎความเจือจางออสท์วาลด์กับพฤติกรรมของกรดอะซิติก

6. หาค่าสภาพนำโมลาร์ที่สภาวะเจือจางอนันต์ Λ_0 โดยการเขียนกราฟระหว่าง Λ กับ $\Lambda^2 C$ เปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ในข้อ 4

คำถาม

1. ค่าคงที่การแตกตัว K_d ของอิเล็กโทรไลต์แก่ นั้นจะคำนวณโดยใช้กฎความเจือจางออสท์วาลด์ได้หรือไม่ จงอธิบาย

2. จงบอกถึงสาเหตุที่ทำให้ค่าคงที่การแตกตัวไม่คงที่ เมื่อความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น

3. จากการทดลองพบว่าความนำโมลาร์สำหรับ NH_4NO_3 เป็น 124.25 118 และ 106.6 ซีเมนส์. ซม.². โมล⁻¹ สำหรับ KOH เป็น 234 228 และ 213 ซีเมนส์. ซม.². โมล⁻¹ และสำหรับ KNO_3 เป็น 123.7 118.2 และ 104.8 ซีเมนส์. ซม.². โมล⁻¹ ที่ความเข้มข้น 0.001 0.01 และ 0.1 โมลาร์ ตามลำดับ จงคำนวณความนำโมลาร์ที่สภาวะเจือจางอนันต์สำหรับ NH_4OH และถ้าความนำโมลาร์ที่ความเข้มข้น 0.001 0.01 และ 0.1 โมลาร์ สำหรับ NH_4OH เป็น 28 9.6 และ 3.3 ซีเมนส์. ซม.². โมล⁻¹ จงหาค่าองศาการแตกตัวของสารละลายเหล่านี้ และแสดงข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่ได้

แบบรายงานการทดลองที่ 15
กฎความเจือจางออสท์วาลด์

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว

 2. รหัสประจำตัว

กลุ่มที่ ตอนที่

วันที่ทำการทดลอง

อุณหภูมิห้อง °C

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง °C

น.น. KHP = กรัม

น.น. NaOH = กรัม

ก. หาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์และความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดอะซิติก

สารละลาย(10ลบ. ซม.)	ปริมาตร NaOH(ลบ. ซม.)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
KHP				
HOAc				

ข. ค่าความนำของสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ

ค่าคงที่เซลล์การนำ = ซม.⁻¹
ค่าความนำของน้ำกลั่น = ซีเมนส์

ความเข้มข้น HOAc (โมลาร์)	ค่าความนำ (ซีเมนส์)

แบบรายงานการทดลองที่ 15
กฎความเจือจางออสท์วาลด์

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

อุณหภูมิห้อง °C
 อุณหภูมิที่ทำการทดลอง °C

น.น. KHP = กรัม
 น.น. NaOH = กรัม

ก. หาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์และความเข้มข้นเริ่มต้นของการต่อชะงัด

สารละลาย(10ลบ.ซม.)	ปริมาณ NaOH(ลบ.ซม.)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
KHP				
HOAc				

ข. ค่าความนำของสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ

ค่าคงที่เซลล์การนำ = ซม.⁻¹

ค่าความนำของน้ำกลั่น = ซีเมนส์

ความเข้มข้น HOAc (โมลาร์)	ค่าความนำ (ซีเมนส์)