

การทดลองที่ 7

การดูดซับจากสารละลาย

วัตถุประสงค์

- 7.1 ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm) ของกรดออกซาลิกในสารละลายน้ำโดยผงถ่านที่อุณหภูมิและความดันห้อง
- 7.2 เปรียบเทียบพรีเวนดีลิสไอโซเทอมกับแลงเมียร์ไอโซเทอม

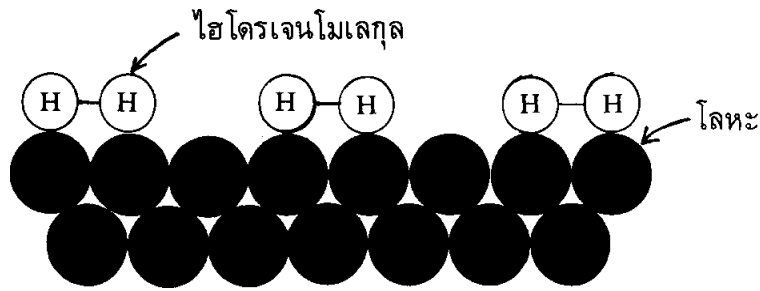
ทฤษฎี

การดูดซับเป็นขบวนการสะสมของสารชนิดหนึ่งระหว่างผิวของ 2 ภูมิภาค ซึ่งอาจเป็นระหว่างก๊าซกับของแข็ง สารละลายกับของแข็ง สารละลายกับก๊าซ หรือ สารละลายกับสารละลาย สารที่ถูกดูดซับ เราเรียกว่า **แอดซอร์เบต** (adsorbate) สารที่เป็นตัวดูดซับ เรียกว่า **แอดซอร์เบนต์** (adsorbent) โดยทั่วไปเราใช้แอดซอร์เบนต์ที่เป็นของแข็งซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กและพื้นผิวของของแข็งนั้นมีลักษณะเป็นรูพรุน ซึ่งพร้อมที่จะรับโมเลกุลของแอดซอร์เบตเข้ามาเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของมัน พื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยมวลของของแข็งที่ใช้สำหรับดูดซับแอดซอร์เบต เรียกว่า **พื้นที่จำเพาะ** (specific area) ปกติอนุภาคที่มีรูพรุนจะมีพื้นที่จำเพาะได้ตั้งแต่ 10 จนถึง 1,000 ตารางเมตร ต่อ 1 กรัม ของของแข็ง แอดซอร์เบนต์ที่ใช้กันมากในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ผงถ่าน, ซิลิกาเจล (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3), ซีโอไลต์และโมเลคิวลาร์ซีฟ ปฏิกริยาร่วม (interaction) ระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับพื้นผิวของของแข็งมีได้หลายชนิด นับตั้งแต่แรงชนิดอ่อน เช่น การกระจายลอนดอน (London dispersion), แรงโพลาริเซชัน (polarization force), แรงวานเดอวาลส์ (van der Waals' force) เป็นต้น ไปจนถึงชนิดที่แข็งแรงอย่างพันธะเคมี เช่น พันธะอิกอนิก และ พันธะโคเวเลนต์

การดูดซับชนิดที่แอดซอร์เบตเกาะที่พื้นผิวของแอดซอร์เบนต์ด้วยแรงอ่อน ๆ เรียกว่า **การดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption)** การดูดซับแบบนี้เกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำหรือปานกลาง และมีค่าความร้อนของการดูดซับน้อย (ตามปกติมีค่าน้อยกว่า 10 กิโลจูลต่อโมลของสารที่ถูกดูดซับโดยประมาณ) แรงที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับทางกายภาพมีลักษณะคล้ายกับแรงที่ใช้ทำให้ก๊าซกลั่นตัวเป็นของเหลว กล่าวคือ เมื่อโมเลกุลที่กำลังจะถูกดูดซับเข้าใกล้พื้นผิวของของแข็งจะมีปฏิกริยาร่วมระหว่างโมเลกุลนั้นกับโมเลกุลที่บริเวณพื้นผิวของของแข็งเกิดขึ้นในลักษณะที่ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของแอดซอร์เบตของพื้นผิวเช่นเดียวกับที่โมเลกุลของก๊าซกลั่นตัวลงบนพื้นผิวของของเหลว นอกจากนี้ความร้อนต่อโมลของการดูดซับทางกายภาพยังมีค่าอยู่ในระดับของขนาด (order of magnitude) เดียวกับความร้อนต่อโมลของการระเหยเป็นไอ (molar heat of vaporization) อีกด้วย ตัวอย่างการดูดซับทาง

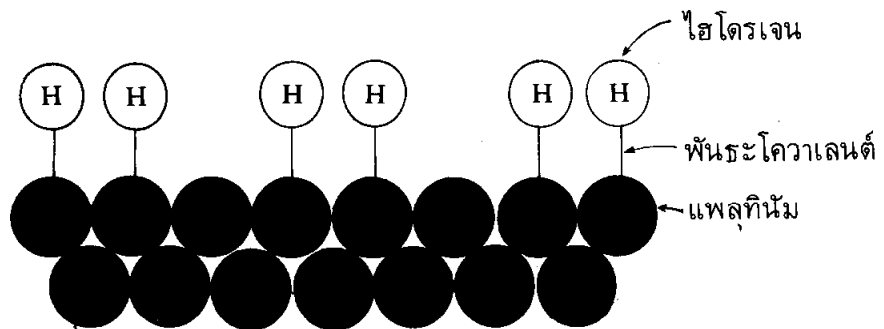
การทดลองที่ 7

กายภาพ เช่น ไฮโดรเจนโมเลกุลที่ถูกดูดซับบนผิวโลหะบางชนิด ดังที่แสดงในรูป 7.1



รูป 7.1 แสดงการดูดซับทางกายภาพของไฮโดรเจนโมเลกุลบนโลหะชนิดหนึ่ง

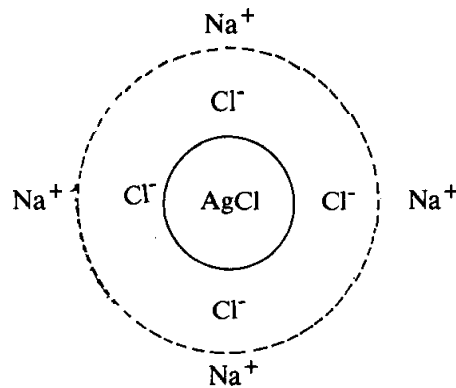
การดูดซับอีกชนิดหนึ่ง เราเรียกว่า การดูดซับทางเคมี (chemisorption) โมเลกุลที่ถูกดูดซับจะยึดอยู่กับพื้นผิวของของแข็งด้วยการสร้างพันธะ ซึ่งอาจเป็นพันธะอิกวาเลนซ์หรือพันธะโควาเลนต์ นั่นคือ การดูดซับแบบนี้ทำให้มีการสร้างสารประกอบขึ้นใหม่ สารประกอบใหม่เหล่านี้เรามักใช้เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาการเร่งแบบวิวิธพันธุ์ (heterogeneous catalysis) เช่น การดูดซับของก๊าซไฮโดรเจนบนโลหะแพลทินัม ดังรูป 7.2



รูป 7.2 แสดงการดูดซับทางเคมีของก๊าซไฮโดรเจนบนพื้นผิวโลหะแพลทินัม

การทดลองที่ 7

พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างไฮโดรเจนกับโลหะแพลทินัมเป็นพันธะโคเวเลนต์ ไฮโดรเจนอะตอมที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวโลหะนี้ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีมาก เช่น ถ้าถูกดูดซับบนแพลทินัมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้โมเลกุลน้ำ ถ้าถูกดูดซับบนแพลเลเดียมจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอินทรีย์ที่ไม่อิ่มตัวได้สารที่อิ่มตัว สำหรับตัวอย่างการดูดซับทางเคมีที่มีการสร้างพันธะอิกอนิกเกิดขึ้น ได้แก่ การดูดซับคลอไรด์อิกอนบนเงินคลอไรด์ในสารละลายที่มีโซเดียมคลอไรด์มากเกินไป ดังรูป 7.3



รูป 7.3 การดูดซับทางเคมีของคลอไรด์อิกอนบนเงินคลอไรด์ในสารละลายที่มีโซเดียมคลอไรด์มากเกินไป

นอกจากนี้การดูดซับแบบที่มีการแลกเปลี่ยนอิกอน (ionic exchange adsorption) เช่น การดูดซับโมเลกุลสีที่มีประจุบวกโดยออกไซด์ที่เป็นกรด (เช่น ซิลิกา) และการดูดซับโมเลกุลสีที่มีประจุลบโดยออกไซด์ที่เป็นด่าง (เช่น ZnO) ก็จัดว่าเป็นการดูดซับทางเคมีเช่นกัน ความร้อนของการดูดซับทางเคมีมีค่ามาก คือประมาณ 10-100 กิโลแคลอรีต่อโมลของสารที่ถูกดูดซับ โดยทั่วไปการดูดซับทางเคมีเกิดได้อย่างจำกัด ทั้งนี้ขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมีของโมเลกุลที่อยู่ตรงบริเวณพื้นผิวและโมเลกุลที่ถูกดูดซับ

ตามปกติเมื่อเอ่ยถึงคำว่า “การดูดซับ” เราหมายถึง “การดูดซับทางกายภาพ” เท่านั้น ถ้าต้องการกล่าวถึงการดูดซับทางเคมีต้องระบุลงไปให้ชัดเจน

ไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm)

ปริมาณแอดซอเบตที่ถูกดูดซับต่อ 1 กรัมของของแข็งขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน ได้แก่ พื้นที่จำเพาะของของแข็ง ความเข้มข้นของแอดซอเบตในสารละลาย

การทดลองที่ 7

ที่สมดุล (หรือความดันในกรณีการดูดซับจากวัฏภาคก๊าซ) อุณหภูมิ และธรรมชาติของ โมเลกุลที่เกี่ยวข้อง กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารที่ถูกดูดซับต่อ 1 กรัม ของของแข็ง ซึ่งใช้แทนด้วย “N” มีหน่วยเป็นโมลต่อกรัม กับความเข้มข้นของแอตซอบเบต ที่สมดุลซึ่งใช้แทนด้วย “c” มีหน่วยเป็นโมลาร์ ที่อุณหภูมิคงที่ เราเรียกว่า **ไอโซเทอมของการดูดซับ** ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ **ฟริวนด์ลิชไอโซเทอม (Freundlich isotherm)** และ**แลงเมียร์ไอโซเทอม (Langmuir isotherm)**

จากการทดลองของนักเคมีกายภาพชาวเยอรมันชื่อ **เฮร์เบิร์ต แมกซ์ ฟินเลย์ ฟริวนด์ลิช (1880-1941)** เขาได้พบความสัมพันธ์ที่แสดงไอโซเทอมชนิดที่เรียกว่า **ฟริวนด์ลิชไอโซเทอม** คือ

$$N = Kc^a \quad \dots\dots\dots(7.1)$$

ค่า K และ a เป็นค่าคงที่ซึ่งไม่มีความหมายทางกายภาพ แต่สามารถคำนวณได้จากการพลอต กราฟ กล่าวคือ จากสมการ (7.1)

$$\log N = a \log C + \log K \quad \dots\dots\dots(7.2)$$

พลอตระหว่าง $\log N$ กับ $\log c$ จะได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ a และจุดตัดบนแกน y เท่ากับ $\log K$

อย่างไรก็ตาม ฟริวนด์ลิชไอโซเทอมตามสมการ (7.1) ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อ c เพิ่มปริมาณที่ถูกดูดซับก็เพิ่มขึ้นด้วยโดยไม่จำกัด นั่นคือ การดูดซับจะเกิดได้เรื่อย ๆ ไม่มีการอิ่มตัว ซึ่งไม่ตรงกับผลการทดลองโดยทั่วไป จากการทดลองเราพบว่า การดูดซับที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ค่า N แปรผันตรงกับค่า c (ค่า a = 1 นั่นเอง) และที่ความเข้มข้นสูง ๆ ค่า N เข้าใกล้ค่าคงที่ค่าหนึ่งที่ไม่ขึ้นกับ c ดังนั้นจึงมีการพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับการดูดซับจนได้ไอโซเทอมอีกชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า **แลงเมียร์ไอโซเทอม** ซึ่งเป็นไอโซเทอมของการดูดซับอย่างง่ายที่คิดโดยนักเคมีกายภาพชาวอเมริกันชื่อ **เออร์วิง แลงเมียร์ (1881-1957)** แลงเมียร์ไอโซเทอมใช้ประยุกต์กับระบบที่ง่าย ๆ บางระบบเท่านั้น เนื่องจากมีข้อสมมุติหลายประการ ดังต่อไปนี้

- (1) พื้นผิวของของแข็งประกอบด้วยที่ว่าง (หรือรูพรุน) จำนวนมากมาย ที่ว่างแต่ละที่ดูดซับโมเลกุลได้เพียง 1 โมเลกุล
- (2) ที่ว่างในของแข็งเหมือนกันหมด มีความสามารถในการยึดโมเลกุลเอาไว้ได้เท่ากันทุกช่อง นั่นคือ ผิวของของแข็งต้องมีลักษณะเอกพันธ์ (homogeneous)
- (3) ที่ว่างที่มีโมเลกุลบรรจุอยู่แล้ว ไม่มีผลกระทบต่อความสามารถของที่ว่างข้าง

การทดลองที่ 7

เคียงที่ยังเหลืออยู่ในการดูดซับโมเลกุลอื่น

(4) กรณีโมเลกุลที่ถูกดูดซับเป็นก๊าซ ก๊าซนั้นต้องเป็นก๊าซอุดมคติ

(5) โมเลกุลที่ถูกดูดซับจะถูกจำกัดอยู่ในชั้นของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว (monomolecular layer)

(6) ไม่มีแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของแอดซอเบต

(7) โมเลกุลที่ถูกดูดซับจะถูกจำกัดเฉพาะที่ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปได้ทั่วทั้งพื้นผิวของของแข็ง

ตามข้อสมมุติดังกล่าวนี้ ทำให้ไม่สามารถใช้แลงเมียร์ไอโซเทอมอธิบายการดูดซับทางกายภาพจากวิภูภาคก๊าซที่ความดันสูง ๆ ได้ เช่น กรณีก๊าซไนโตรเจนถูกดูดซับบนผงถ่านหรือ ซิลิกาเจล ที่อุณหภูมิ 77 องศาเคลวิน และความดันประมาณ 300 ทอร์ เนื่องจากการนี้จะมีการสร้างชั้นของการดูดซับมากกว่า 1 ชั้น แต่ใช้อธิบายการดูดซับทางเคมีจากวิภูภาคก๊าซ และการดูดซับทางกายภาพจากสารละลายได้เพราะกรณีหลังทั้งสองกรณีนี้เกิดขึ้นของการดูดซับเพียงชั้นเดียว การพิจารณาว่าจะมีการดูดซับเพียงชั้นเดียวหรือไม่นั้น ให้พิจารณาจากปริมาณของสารที่ถูกดูดซับ กล่าวคือ ถ้าความเข้มข้นของแอดซอเบตเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วปริมาณที่ถูกดูดซับไม่เพิ่มขึ้นอีก แต่กลับคงที่อยู่ที่ค่าสูงสุดค่าหนึ่งแม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นของแอดซอเบตอีกเท่าไรก็ตาม ก็แสดงว่าในขณะนั้นพื้นผิวของแอดซอเบตถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลของแอดซอเบตเต็มพอดี เกิดเป็นชั้นของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว

การหาความสัมพันธ์แบบแลงเมียร์ไอโซเทอม เราอาจทำได้ดังนี้ ให้ θ เป็นสัดส่วนของผิวของแข็งที่ถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลของแอดซอเบต ดังนั้น $(1-\theta)$ จะเป็นสัดส่วนที่ยังไม่ถูกดูดซับ และให้ v_a เป็นอัตราเร็วของการดูดซับ v_d เป็นอัตราเร็วของการหลุดออกจากการดูดซับ (หมายเหตุ : ในขณะที่มีการดูดซับนั้น จะมีการหลุดออกจากการดูดซับ (desorption) เกิดขึ้นด้วย การหลุดจากการดูดซับ หมายถึง ขบวนการที่โมเลกุลของแอดซอเบตหลุดออกจากผิวของแข็ง)

เนื่องจาก v_a แปรผันตรงกับความเข้มข้นของแอดซอเบตในวิภูภาคก๊าซและสารละลาย (c) และแปรผันตรงกับสัดส่วนของผิวของแข็งที่ว่าง $(1-\theta)$

$$\therefore v_a = k_a (1-\theta)c \dots\dots\dots(7.3)$$

k_a คือ ค่าสัดส่วนคงที่

ส่วน v_d แปรผันตรงกับสัดส่วนของผิวของแข็งที่ถูกปกคลุม (θ) เพียงอย่างเดียว

$$\therefore v_d = k_d \theta \dots\dots\dots(7.4)$$

การทดลองที่ 7

k_d คือ ค่าสัดส่วนคงที่

แต่ที่สมดุล $v_a = v_d$

$$\therefore k_a(1-\Theta)c = k_d\Theta$$

$$\frac{\Theta}{1-\Theta} = \frac{k_a c}{k_d}$$

หรือ $1\% = Kc$

โดย K เท่ากับ k_a/k_d เรียกว่า ค่าคงที่สมดุล

$$\text{หรือ } \Theta = \frac{Kc}{1+Kc} \dots\dots\dots(7.5)$$

สมการ (7.5) เป็นความสัมพันธ์ที่เราเรียกว่า **แลงเมียร์ไอโซเทอม** ซึ่งอาจแยกพิจารณาค่าความเข้มข้นของแอดซอบเบตออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

ที่ความเข้มข้นต่ำ $Kc \ll 1$ สมการ (7.5) จะเหลือเป็น

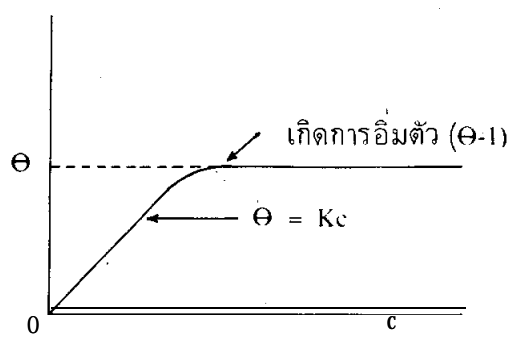
$$\Theta = Kc \dots\dots\dots(7.6)$$

จะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับแปรผันตรงกับ ความเข้มข้นของแอดซอบเบต

ที่ความเข้มข้นสูง $Kc \gg 1$ สมการ (7.5) กลายเป็น

$$\Theta = 1 \dots\dots\dots(7.7)$$

นั่นคือ ที่ความเข้มข้นสูง ๆ เกิดการอิ่มตัวของขบวนการดูดซับที่ผิวของแข็ง กราฟที่พลอตระหว่าง Θ กับ c ตามความสัมพันธ์แบบแลงเมียร์ไอโซเทอม (สมการ 7.5) แสดงได้ดังนี้

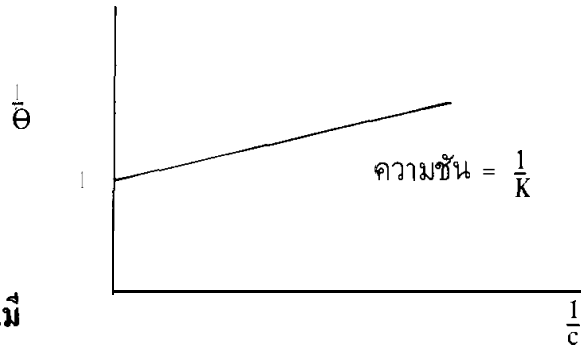


นอกจากนี้ เราอาจตัดแปลงแลงเมียร์ไอโซเทอมตามสมการ (7.5) เสียใหม่ได้โดยจัดรูปสมการเป็น

$$\frac{1}{\Theta} = 1 + \frac{1}{Kc} \dots\dots\dots(7.8)$$

การทดลองที่ 7

การพลอตกราฟระหว่าง $\frac{1}{\theta}$ กับ $\frac{1}{c}$ ตามสมการ (7.8) จะได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $\frac{1}{K}$ และจุดตัดบนแกน y เท่ากับ 1 ดังรูป



อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์หลัก		สารเคมี
ขวดใส่สารพร้อมจุกปิด	10 ใบ	กรดออกซาลิก
บิวเรตขนาด 50 ลบ.ซม	2 อัน	โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต
กรวยแก้ว	10 อัน	กรดกำมะถัน
ปิเปตอร์ขนาด 250 ลบ.ซม	12 ใบ	ผงถ่าน
ปิเปตขนาด 10 ลบ.ซม	1 อัน	กระดาษกรอง
ฟลาสก์รูปชมพู่ขนาด 250 ลบ.ซม	13 ใบ	
กระบอกตวงขนาด 100 ลบ.ซม	1 อัน	
ลูกยางสวมปิเปต	1 ลูก	
เตาไฟฟ้า	1 เต้า	

วิธีทดลอง

ตอน ก.

- 7.1 ชั่งขวดใส่สารจำนวน 10 ใบ (ไม่ต้องชั่งฝาปิด) ให้ทราบน้ำหนักอย่างละเอียด พร้อมทั้งจดหมายเลขข้างขวดเอาไว้ทุกใบ
- 7.2 เติมผงถ่านลงไปในแต่ละขวดประมาณ 2 กรัม แล้วชั่งอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอนของผงถ่าน (หมายเหตุ : การชั่งผงถ่านต้องระมัดระวัง อย่าให้ฝุ่นจากผงถ่านตกลงบนจานเครื่องชั่ง มิฉะนั้นจะได้น้ำหนักที่ไม่ถูกต้อง)
- 7.3 จัดบิวเรตขนาด 50 ลบ.ซม 2 อัน อันหนึ่งบรรจุสารละลายกรดออกซาลิกที่มีความเข้มข้น 0.125 โมลาร์ (ทางห้องปฏิบัติการจะเตรียมไว้ให้) อีกอันหนึ่งบรรจุน้ำกลั่น
- 7.4 ไขสารในบิวเรตทั้งสองลงในขวดที่มีผงถ่านอยู่ให้มีปริมาตรรวม 100 ลบ.ซม ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 7

หมวดหมายเลข	ปริมาตรน้ำกลั่น	ปริมาตรกรดออกซาลิก
	ลบ.ซม	ลบ.ซม
1	0	100
2	10	90
3	20	80
4	30	70
5	40	60
6	50	50
7	60	40
8	70	30
9	80	20
10	90	10

7.5 ปิดจุกแล้วเขย่าขวดแต่ละใบเป็นช่วง ๆ ละ 5-10 นาที เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน เพื่อให้ถึงสมดุล

ตอน ข.

7.6 ระหว่างที่รอให้การดูดซับถึงสมดุล ให้นักศึกษานำสารละลายโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต ที่ทางห้องปฏิบัติการจัดเตรียมไว้มาทำให้เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยติเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดออกซาลิกที่มีความเข้มข้น 0.125 โมลาร์ ดังนี้

เปิดกรดออกซาลิกมา 10 ลบ.ซม เติมกรดกำมะถันที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ ลงไป 60 ลบ.ซม ติเตรตกับสารละลายโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตจนได้สีชมพู นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 60-70°C. จนสารละลายใสอย่างเดิม แล้วติเตรตต่อจนได้สีชมพูถาวร (เมื่อเขย่า สีชมพูต้องปรากฏอยู่นาน 30 วินาทีเป็นอย่างน้อย) ให้บันทึกปริมาตรของสารละลายโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตที่ใช้ทั้งหมด

หมายเหตุ : ในการติเตรต ให้ทำ 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ย

7.7 เมื่อถึงสมดุล ให้กรองสารละลายแต่ละขวดลงในบีเกอร์ขนาด 250 ลบ.ซม โดยเทสิ่งกรองจำนวน 10-20 ลบ.ซม แรกทิ้งไป เนื่องจากการกรองในช่วงแรก ๆ กระดาษกรองอาจดูดซับกรดออกซาลิกหรือน้ำกลั่นเอาไว้บางส่วน

การทดลองที่ 7

- 7.8 ทำการติเตรตสิ่งกรองจากแต่ละขวดด้วยสารละลายมาตรฐานโปรตัสเซียมเปอร์มังกาเนต ในทำนองเดียวกับข้อ 7.6 โดยใช้สิ่งกรองจำนวน 10 ลบ.ซม และให้ติเตรตอย่างน้อย 2 ครั้ง ต่อสิ่งกรองจากแต่ละขวด

การวิเคราะห์ผล

- 7.1 คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโปรตัสเซียมเปอร์มังกาเนต
- 7.2 คำนวณหาความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดออกซาลิกในแต่ละขวด
- 7.3 ติเตรตหาความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายกรดออกซาลิกในแต่ละขวด (c)
- 7.4 นำข้อ 7.3 ลบออกจากข้อ 7.2 ผลที่ได้จะเป็นความเข้มข้นของสารละลายกรดออกซาลิกที่ถูกดูดซับโดยผงถ่าน
- 1.5 คำนวณหาจำนวนโมลของกรดออกซาลิกที่ถูกดูดซับโดยผงถ่านทั้งหมดในสารละลาย 100 ลบ.ซม
- 7.6 หาจำนวนโมลของกรดออกซาลิกที่ถูกดูดซับต่อผงถ่าน 1 กรัม คือค่า N
- 7.7 พล็อตกราฟระหว่าง N กับ c เพื่อศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ
- 7.8 พล็อตกราฟระหว่าง $\ln N$ กับ $\ln c$ เพื่อศึกษาฟริวนด์ลิชไอโซเทอมในรูปแบบที่ดัดแปลงแล้ว ถ้าได้กราฟเป็นเส้นตรง ให้คำนวณหาค่าคงที่ K และ a ในสมการ (7.1) ด้วย
- 7.9 พล็อตกราฟระหว่าง $\frac{1}{N}$ กับ $\frac{1}{c}$ เพื่อศึกษาแลงเมียร์ไอโซเทอม ในรูปแบบที่ดัดแปลงแล้ว

คำถาม

- 7.1 จงบอกข้อแตกต่างระหว่าง “การดูดซับทางกายภาพ” กับ “การดูดซับทางเคมี”
- 7.2 จงให้ความหมายของคำว่า “แอตชอบเบต” และ “แอตชอบเบนต์”
- 7.3 จากการทดลองครั้งนี้ มีการอิมตัวของกรดออกซาลิกเกิดขึ้นที่ผิวของผงถ่านหรือไม่ และทราบได้อย่างไร.

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 7
เรื่อง การดูดซับจากสารละลาย (ตอน ก.)

ชื่อนักศึกษา 1.รหัสประจำตัว.....
2.รหัสประจำตัว.....
3.รหัสประจำตัว.....

กรุ๊ป.....ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง.....องศาเซลเซียส ความดันห้อง.....นิ้วปรอท

ววดหมายเลข	น้ำหนักผงถ่าน (กรัม)	ความเข้มข้นเริ่มต้นของ กรดออกซาลิก (โมลาร์)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 7
เรื่อง การดูดซับจากสารละลาย (ตอน ก.)

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว.....

2. รหัสประจำตัว.....

กรุ๊ป.....ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง.....องศาเซลเซียส ความดันห้อง.....นิมปรอท

ขวดหมายเลข	น้ำหนักผงถ่าน (กรัม)	ความเข้มข้นเริ่มต้นของ กรดออกซาลิก (โมลาร์)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 7
เรื่อง การดูดซับจากสารละลาย (ตอน ข.)

ชื่อนักศึกษา 1. รหัสประจำตัว.....
2. รหัสประจำตัว.....
3. รหัสประจำตัว.....
กรุป..... ตอนที่.....
วันที่ทำการทดลอง.....
อุณหภูมิห้อง..... องศาเซลเซียส ความดันห้อง..... นิ้วปรอท

Standardize สารละลาย KMnO_4

ครั้งที่	ปริมาตรกรดออกซาลิก ลบ.ชม	ปริมาตร KMnO_4 ลบ.ชม
1		
2		
3		
เฉลี่ย		

∴ ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{KMnO}_4 = \dots\dots\dots$ โมลาร์

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 7
เรื่อง การดูดัชนีจากสารละลาย (ตอน ข.)

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว.....
ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัสประจำตัว.....
2. รหัสประจำตัว.....
“\$4.. ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง..... องศาเซลเซียส ความดันห้อง..... นิ้วปรอท

Standardize สารละลาย KMnO_4

ครั้งที่	ปริมาตรกรดออกซาลิก ลบ.ชม	ปริมาตร KMnO_4 ลบ.ชม
1		
2		
3		
เฉลี่ย		

∴ ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{KMnO}_4 = \dots\dots\dots$ โมลาร์

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 7 (ต่อ)
เรื่อง การดูดซับจากสารละลาย (ตอน ข.)

กรัฟ.....

ตอนที่.....

การหาปริมาณกรดออกซาลิกที่เหลือจากการดูดซับ

หมวดหมายเลข	ปริมาตรสิ่งกรอง ลบ.ชม	ปริมาตร KMnO_4 ลบ.ชม	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 7 (ต่อ)
เรื่อง การดูดซับจากสารละลาย (ตอน ข.)

กรัฟ.

ตอนที่.....

การหาปริมาณกรดออกซาลิกที่เหลือจากการดูดซับ

หมวดหมายเลข	ปริมาตรสิ่งกรอง ลบ.ชม	ปริมาตร KMnO_4 ลบ.ชม	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			