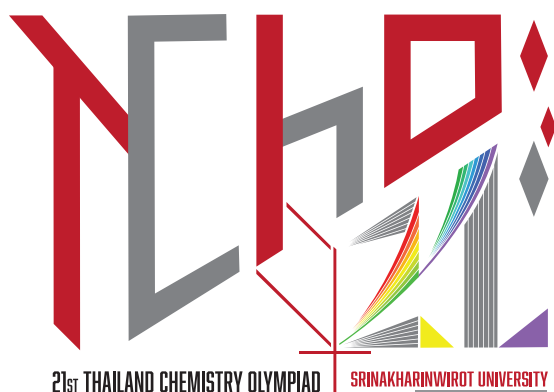




การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วันพุธที่ 21 พฤษภาคม 2568
เวลา 09.00 – 14.00 น.

ข้อสอบภาคปฏิบัติ

เลขประจำตัวสอบ _____

คำชี้แจงการสอบภาคปฏิบัติ

- ข้อสอบภาคปฏิบัติมี 3 การทดลอง คะแนนรวม 40 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนทั้งหมด) แบ่งเป็นการทดลองที่ 1 คะแนนรวม 13 คะแนน
การทดลองที่ 2 คะแนนรวม 15 คะแนน
การทดลองที่ 3 คะแนนรวม 12 คะแนน
- เอกสารในการสอบภาคปฏิบัติ มีทั้งหมด 2 ชุด ประกอบด้วย
ชุดที่ 1 ข้อสอบภาคปฏิบัติ จำนวน 11 หน้า (รวมปก)
ชุดที่ 2 กระดาษคำตอบภาคปฏิบัติ จำนวน 10 หน้า (รวมปก)
- ให้นักเรียนตรวจสอบจำนวนหน้าของข้อสอบและกระดาษคำตอบ ห้ามแยกกระดาษในแต่ละชุดออกจากกัน ตรวจสอบเลขประจำตัวสอบในแต่ละชุดว่าเป็นเลขเดียวกัน และตรงกับเลขประจำตัวสอบของนักเรียน
- การทำข้อสอบ มีข้อกำหนดดังนี้
 - บันทึกผลการทดลองและเขียนคำตอบด้วยปากกาเท่านั้น หากเขียนด้วยดินสอจะไม่ได้รับการตรวจ
 - การเขียนกราฟอนุญาตให้ใช้ดินสอได้
 - เขียนคำตอบให้ตรงกับข้อในกรอบที่กำหนดให้ หากเขียนผิดให้ขีดฆ่าโดยห้ามเขียนซ้ำกับ และเขียนใหม่ให้ชัดเจนภายในกรอบ ข้อความที่เขียนนอกกรอบหรือด้านหลังกระดาษคำตอบจะไม่ได้รับการตรวจ
- การเขียนคำตอบที่เป็นตัวเลขให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
- แสดงวิธีคำนวณโดยใช้วิธีเปลี่ยนหน่วย (factor-label method) เท่านั้น และให้เขียนหน่วยกำกับทุกครั้ง
- ห้ามนักเรียนนำเอกสารและอุปกรณ์ใด ๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
- ห้ามนักเรียนพูดคุย หรือปรึกษากันระหว่างการสอบ หากฝ่าฝืนถือว่าทุจริตในการสอบ
กรณีทุจริตใด ๆ นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขันและจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที
- ห้ามยืมอุปกรณ์ทดลอง สารเคมี หรือสิ่งของใด ๆ ของผู้อื่นโดยเด็ดขาด
- เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศ “หมดเวลาสอบ” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที วางอุปกรณ์ทุกอย่างไว้บนโต๊ะและรอให้กรรมการคุมสอบเก็บข้อสอบให้เรียบร้อยจึงออกจากห้องสอบได้ โดยไม่ต้องล้างเครื่องแก้ว
- หากนักเรียนทำข้อสอบเสร็จก่อนหมดเวลาสอบ ต้องนั่งในห้องสอบจนกว่าจะหมดเวลาสอบ (เวลา 14.00 น.)
- ไม่อนุญาตให้นักเรียนเดินออกจากโต๊ะปฏิบัติการก่อนได้รับอนุญาตจากกรรมการคุมสอบ
การขออนุญาตให้ยกมือเพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ที่ต้องการ จากนั้นรอให้กรรมการคุมสอบอนุญาต
- ระหว่างทำปฏิบัติการ นักเรียนสามารถยกมือเพื่อขออนุญาตกรรมการคุมสอบเพื่อรับประทานอาหารว่างและน้ำดื่มในบริเวณที่จัดให้ หรือขอเข้าห้องน้ำได้
- ไม่อนุญาตให้ใช้อ่างล้างเพื่อล้างอุปกรณ์ขณะทำการทดลอง หากต้องการล้างหรือล้างอุปกรณ์ให้ทำที่โต๊ะปฏิบัติการของตนเองเท่านั้น
- ต้องสวมเสื้อกาวน์และสวมแว่นตานิรภัย (goggles) หรือแว่นสายตา ตลอดเวลาที่ทำปฏิบัติการ
- การทิ้งของเสียที่เกิดจากการทดลอง ให้ทิ้งในภาชนะตามที่ระบุไว้ในข้อสอบเท่านั้น
- กรณีเบิกสารเคมี หรืออุปกรณ์อื่นใดเพิ่มเติม จะถูกหัก 2 คะแนน ต่อการเบิก 1 หน่วย ต่อ 1 ครั้ง
สิ่งที่ขอเบิกเพิ่มได้โดยไม่ถูกหักคะแนน คือ น้ำกลั่น ทิชชู ถุงมือ ไม้จิ้มฟัน ฉลากติดเครื่องแก้ว เส้นเชือก
- กรณีทำเครื่องแก้วแตก หรือเกิดอุบัติเหตุใด ๆ ในระหว่างการสอบ ต้องแจ้งกรรมการคุมสอบทันที ถ้านักเรียนทำให้เซลล์บรรจุสารละลาย (คิวเวต) สำหรับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เกิดความเสียหาย จะถูกหัก 2 คะแนน

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบสารตัวอย่าง

บทนำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับการติดต่อจากโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง ให้ช่วยตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างยา ที่ไม่ผ่านการรับรองคุณภาพ ทั้งนี้โรงงานผู้ผลิตยาได้ตั้งสมมุติฐานถึงสาเหตุของการเสื่อมสภาพว่าอาจมาจากความผิดพลาดในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับควบคุมค่า pH ของสูตรยา และสาเหตุของการปนเปื้อนของไอออนโลหะอาจเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในระบบการผลิต ทำให้พบไอออนโลหะจากเครื่องมือปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ยา

ในการนี้ นักเรียนจะได้รับหน้าที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาที่ผลิตได้ ตามวิธีทดลองทั้ง 3 การทดลองดังนี้

(1) การวิเคราะห์ปริมาณ Na_3PO_4 และ Na_2HPO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ด้วยการไทเทรตแบบกรด-เบส

(2) การหาปริมาณ Fe^{3+} ด้วยสเปกโตรโฟโตเมตรี ผ่านปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ catechol ในสารสกัดชาเขียว

(3) การระบุชนิดสารประกอบตัวอย่างจากปฏิกิริยาการตกตะกอนและพิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารตัวอย่าง ซึ่งเป็นไปตามสมการของเนิร์นสต์: $E_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cell}} - (0.0592/n) \log Q$

การทดลองที่ 1 (13.0 คะแนน)

การวิเคราะห์ปริมาณ Na_3PO_4 และ Na_2HPO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ด้วยการไทเทรตแบบกรด-เบส

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
1	ขวดรูปกรวยขนาด 250 mL	3	ใบ	
2	บิวเรตขนาด 50 mL	1	อัน	
3	ปิเปตขนาด 10 mL	1	อัน	
4	ปิกเกอร์ขนาด 50 mL	1	ใบ	สำหรับใส่หลอดหยดอินดิเคเตอร์
5	ปิกเกอร์ขนาด 100 mL	1	ใบ	
6	กระบอกตวงขนาด 25 mL	1	อัน	
7	ขาตั้งและที่จับบิวเรต	1	ชุด	
8	กรวยพลาสติก	1	อัน	
9	ลูกยางปิเปต	1	อัน	สำหรับการทดลอง
10	ปิกเกอร์สำหรับทิ้งของเสียที่เป็นของเหลว (waste 1)	1	ใบ	สำหรับทิ้งของเสียการทดลองที่ 1
11	ขวดน้ำกลั่น (distilled water)	1	ขวด	สำหรับการทดลอง
12	กระดาษทิชชู	1	ม้วน	สำหรับการทดลอง
13	ฉลากติดเครื่องมือแก้ว	1	ชุด	สำหรับการทดลอง
14	ถังขยะพลาสติก	1	ใบ	สำหรับการทดลอง
15	กระดาษขาว	1	แผ่น	

สารเคมี

ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	ภาชนะ	จำนวน
1	สารละลายบัฟเฟอร์ตัวอย่าง (สารละลายผสม Na_3PO_4 และ Na_2HPO_4)	150 mL	ขวดพลาสติก	1 ขวด
2	สารละลาย HCl เข้มข้น 0.0510 mol/L	200 mL	ขวดพลาสติก	1 ขวด
3	Phenolphthalein (ช่วง pH 8.3 – 10.0)	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
4	Methyl purple (ช่วง pH 4.8 – 5.4)	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด

การทดลอง

1. ปิเปตสารละลายบัฟเฟอร์ตัวอย่าง 10.00 mL ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 mL เติมน้ำกลั่น 10 mL แล้วหยด phenolphthalein จำนวน 3 หยด
2. นำสารละลายข้อ 1 ไปไทเทรตกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.0510 mol/L จนสารละลายเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่มีสี
3. หยด methyl purple จำนวน 3 หยด ลงในขวดรูปกรวยข้อ 2 แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.0510 mol/L จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง
4. ทดลองข้อ 1-3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง
(ยกมือเพื่อแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจสอบและลงนามผลการไทเทรตเมื่อไทเทรตเสร็จสิ้น)
5. คำนวณความเข้มข้นของ Na_3PO_4 และ Na_2HPO_4 และค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ตัวอย่าง

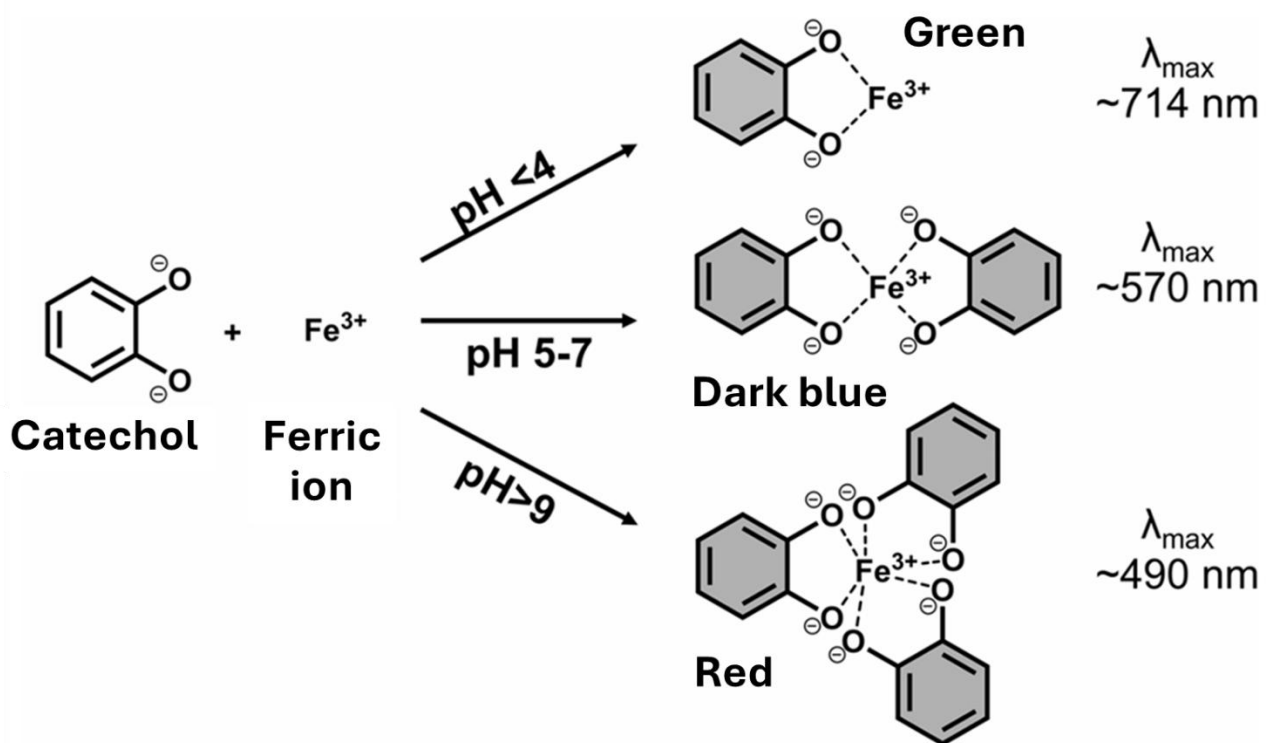
- “ยกมือ” แจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจสอบและลงนามเมื่อไทเทรตเสร็จสิ้น
ตรวจเฉพาะขวดรูปกรวยที่ไทเทรตแล้วเท่านั้น หากเททิ้งก่อนการตรวจจะถือว่านักเรียนไม่ได้ไทเทรต
- ของเสียที่เป็นของเหลวจากการทดลองนี้ทั้งหมด ให้ทิ้งลงในภาชนะสำหรับทิ้งของเสีย (waste 1)

การทดลองที่ 2 (15 คะแนน)

การหาปริมาณ Fe^{3+} ด้วยปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ catechol ในสารสกัดชาเขียว

บทนำ

ชาเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงนิยมบริโภคทั้งในรูปแบบเครื่องดื่มและส่วนประกอบอาหาร แหล่งสารออกฤทธิ์สำคัญของชาเขียวคือพอลิฟีนอล ที่เป็นสารสำคัญจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช โดยเฉพาะ catechol (1,2-dihydroxybenzene) สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออน Fe^{3+} ที่มีสีเขียว สีม่วงเงิน หรือสีแดง ขึ้นกับค่า pH และโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างและสีของสารประกอบเชิงซ้อน Fe^{3+} -catechol และค่า λ_{max} (ความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนแสงได้มากที่สุด) ที่ pH ต่าง ๆ

จากสมบัติดังกล่าว สามารถประยุกต์ใช้สารสกัดจากชาเขียวซึ่งปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณของ Fe^{3+} ด้วยสเปกโทรโฟโตเมตรี (spectrophotometry) โดยติดตามวัดแอมบอร์แบนซ์ (absorbance, A) ที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารตาม Beer-Lambert Law ดังสมการ

$$A = \epsilon bc$$

เมื่อ ϵ คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงต่อโมล (เป็นค่าที่ขึ้นกับชนิดของสาร มีหน่วยเป็น $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

b คือ ระยะทางที่แสงผ่าน หรือความกว้างของเซลล์บรรจุสารละลาย (cm)

c คือ ความเข้มข้นของสารละลาย (mol/L)

เครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
1	ขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL	13	ใบ	
2	ขวดรูปกรวยขนาด 250 mL	2	ใบ	
3	กรวยแก้ว	2	อัน	
4	กระดาษกรอง	6	แผ่น	
5	ปิเปตขนาด 10 mL (สติ๊กเกอร์สีเขียว)	1	อัน	สำหรับสารสกัด catechol
6	ปิเปตขนาด 10 mL (ไม่ติดสติ๊กเกอร์)	2	อัน	สำหรับสารมาตรฐานและสารตัวอย่าง
7	หลอดหยด + ลูกยางเล็ก	1	ชุด	
8	แท่งแก้ว	1	อัน	
9	บีกเกอร์ขนาด 250 mL	1	ใบ	
10	เซลล์บรรจุสารละลาย (คิวเวต)	1	อัน	
11	เครื่องยวี่-วิชิเบล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์	1	เครื่อง	ใช้ร่วมกัน 4 คน/เครื่อง
12	บีกเกอร์สำหรับทิ้งของเสียที่เป็นของเหลว (waste 2)	1	ใบ	สำหรับทิ้งของเสียการทดลองที่ 2 และ 3

สารเคมี

ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	ภาชนะ	จำนวน
1	ผงชาเขียว	1.5 g	ซองกระดาษ	1 ห่อ
2	สารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0	500 mL	ขวดพลาสติก	1 ขวด
3	สารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} เข้มข้น 7.00×10^{-4} mol/L	100 mL	ขวดพลาสติก	1 ขวด
4	สารละลายตัวอย่าง (Fe^{3+})	30 mL	หลอดทดลอง	1 หลอด

การทดลอง

ตอนที่ 1: การสกัด catechol จากผงชาเขียว

- 1.1 เทผงชาเขียวทั้งหมดจากซองลงในบีกเกอร์ขนาด 250 mL แล้วเติมสารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0 ให้ถึงขีดบอกปริมาตร 150 mL ของบีกเกอร์ แล้วคนด้วยแท่งแก้วเป็นเวลา 10 นาที เพื่อสกัดสาร catechol
- 1.2 กรองแยกตะกอนออกด้วยกระดาษกรอง เพื่อนำสารสกัด catechol ไปใช้ในตอนที่ 2-4 ต่อไป

ตอนที่ 2: การหาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัด catechol ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Fe^{3+}

- 2.1 ปิเปตสารละลาย Fe^{3+} เข้มข้น $7.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ ปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL จำนวน 5 ขวด
- 2.2 ปิเปตสารสกัด catechol ปริมาตรต่าง ๆ ได้แก่ 4.00, 5.00, 6.00, 7.00 และ 8.00 mL ลงในขวดกำหนดปริมาตรในข้อ 2.1 ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0
- 2.3 วัดแอมบอร์แบนซ์ (A) ที่ความยาวคลื่น 570 nm โดยใช้สารละลายแบล็กเป็นสารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0
***หมายเหตุ:** เมื่อนักเรียนต้องการใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ให้ยกมือแจ้งกรรมการคุมสอบ เพื่อแจ้งการใช้เครื่อง ในกรณีที่ผู้อื่นรอคิวใช้เครื่องต่อ นักเรียนจะมีเวลาในการใช้เครื่องรอบละ 10 นาที
- 2.4 นำผลค่า A ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์กับปริมาตรของสารสกัด catechol เพื่อหาปริมาณที่น้อยที่สุดและเพียงพอสำหรับการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Fe^{3+}

ตอนที่ 3: การสร้างกราฟมาตรฐาน Fe^{3+}

- 3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} เข้มข้น $7.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ ปริมาตร 2.00, 4.00, 6.00, 8.00 และ 10.00 mL ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL จำนวน 5 ขวด ตามลำดับ
- 3.2 ปิเปตสารสกัด catechol ตามปริมาณที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 ลงในขวดกำหนดปริมาตรแต่ละขวด แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0
- 3.3 เตรียมสารละลายแบล็กในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL โดยปิเปตสารสกัด catechol ตามปริมาณที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 ลงในขวดกำหนดปริมาตร แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0
- 3.4 วัดค่า A ของสารละลายในข้อ 3.2 และ 3.3 ที่ความยาวคลื่น 570 nm
- 3.5 สร้างกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่า A และความเข้มข้น Fe^{3+} ในหน่วย mol/L

ตอนที่ 4: การหาปริมาณ Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่าง

- 4.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 5.00 mL ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL จำนวน 2 ขวด
- 4.2 ปิเปตสารสกัด catechol ตามปริมาณที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 ลงในขวดกำหนดปริมาตรแต่ละขวด แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายแอสซีเทตบัฟเฟอร์ pH 5.0
- 4.3 วัดค่า A ของสารละลายในข้อ 4.2 และสารละลายแบล็กจากตอนที่ 3 ที่ความยาวคลื่น 570 nm
- 4.4 คำนวณความเข้มข้น Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่างในหน่วย ppm

การทดลองที่ 3 (12.0 คะแนน)

การระบุชนิดสารประกอบตัวอย่างจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานและปฏิกิริยาการตกตะกอน

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
1	แผ่นพลาสติกกรองสำหรับการทดลอง	1	แผ่น	
2	เส้นเชือก ยาว 10.0 cm	50	เส้น	
3	กระดาษทราย	1	แผ่น	
4	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง	
5	ที่ตั้งหลอดทดลอง	1	อัน	
6	บีกเกอร์ขนาด 100 mL	1	ใบ	
7	ปากคีบ	1	อัน	
8	ไม้จิ้มฟัน	10	อัน	สำหรับคลี่ปลายเส้นเชือก

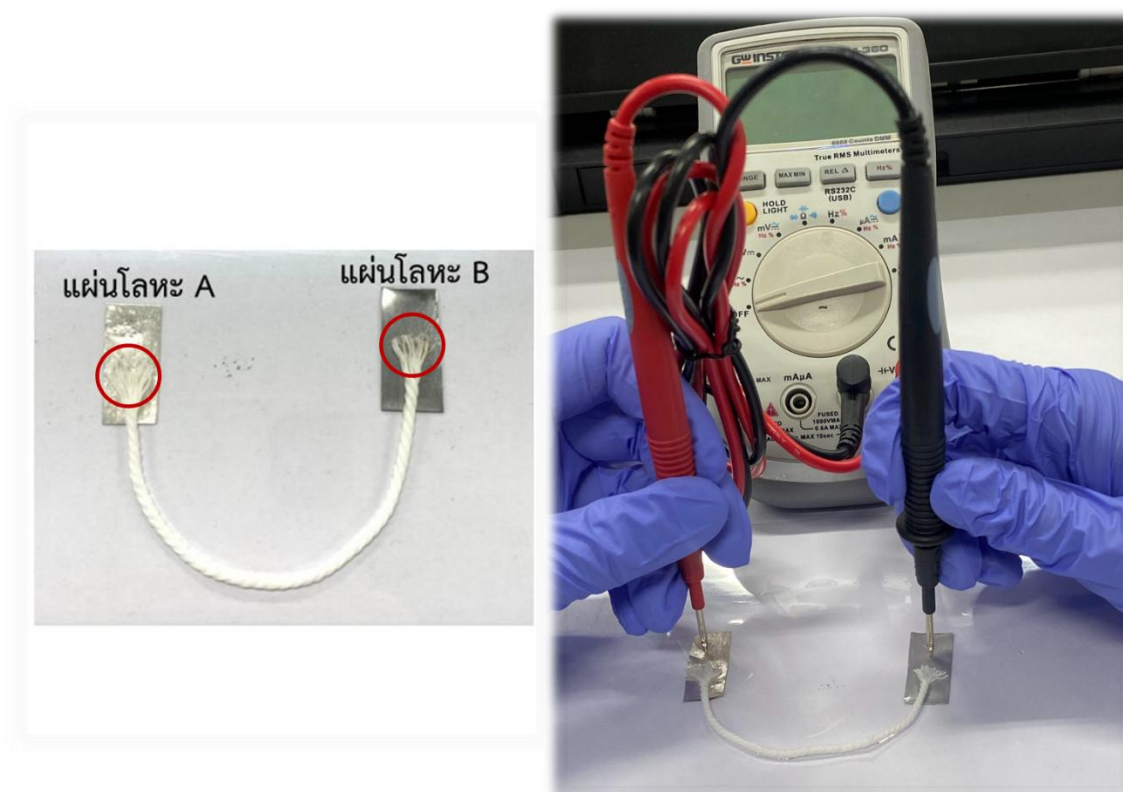
สารเคมี

ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	ภาชนะ	จำนวน
1	แผ่นโลหะ ทองแดง สังกะสี อะลูมิเนียม แมกนีเซียม นิกเกิล เงิน	อย่างละ 1 ชิ้น	ช่องพลาสติก	1 ชุด
2	สารละลาย KNO_3 เข้มข้น 1.0 mol/L	100 mL	ขวดพลาสติก	1 ขวด
3	สารละลาย MgSO_4 เข้มข้น 1.0 mol/L	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
4	สารละลาย ZnSO_4 เข้มข้น 1.0 mol/L	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
5	สารละลาย CuSO_4 เข้มข้น 1.0 mol/L	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
6	สารละลาย $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ เข้มข้น 1.0 mol/L	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
7	สารละลาย NiSO_4 เข้มข้น 1.0 mol/L	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
8	สารละลาย AgNO_3 เข้มข้น 1.0 mol/L	5 mL	ขวดสีชา	1 ขวด
9	สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 0.500 mol/L (Sample 1)	-	หลอดหยดสารพลาสติก	2 หลอด
10	สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 0.010 mol/L (Sample 2)	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
11	สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 0.001 mol/L (Sample 3)	-	หลอดหยดสารพลาสติก	1 หลอด
12	แผ่นโลหะตัวอย่าง (Sample) + แผ่นโลหะเงิน	อย่างละ 1 ชิ้น	ช่องพลาสติก	1 ชุด
13	สารละลาย BaCl_2 เข้มข้น 0.5 mol/L	1 mL	หลอดทดลอง	1 หลอด
14	สารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 0.5 mol/L	1 mL	หลอดทดลอง	1 หลอด
15	สารละลาย AgNO_3 เข้มข้น 0.5 mol/L	1 mL	หลอดทดลอง	1 หลอด

การทดลอง

ตอนที่ 1: การวัดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเซลล์กัลวานิกของโลหะ

- 1.1 นำเส้นเชือกทั้งหมดแช่ลงในสารละลาย KNO_3 เข้มข้น 1.0 mol/L เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที เพื่อใช้เป็นสะพานเกลือ
- 1.2 ขัดแผ่นโลหะ A และ B ด้วยกระดาษทรายเพื่อให้ได้พื้นผิวที่สะอาด ทั้งนี้ กำหนดให้ แผ่นโลหะ A คือ Ag และแผ่นโลหะ B คือ Zn
- 1.3 จัดอุปกรณ์เซลล์กัลวานิกบนแผ่นพลาสติกกรอง ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะ A และ B ที่เชื่อมต่อกันด้วยเส้นเชือก โดยให้ปลายเชือกแผ่ออกดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การจัดวางอุปกรณ์เพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเซลล์กัลวานิกของโลหะ

- 1.4 หยดสารละลาย Ag^+ เข้มข้น 1.0 mol/L จำนวน 3 หยด ที่ปลายเส้นเชือกบนแผ่นโลหะ A และหยดสารละลาย Zn^{2+} เข้มข้น 1.0 mol/L จำนวน 3 หยด ที่ปลายเส้นเชือกบนแผ่นโลหะ Zn (แผ่นโลหะ B)
- 1.5 วัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกด้วยมัลติมิเตอร์ โดยแตะขั้วปลายเข็มจากสายสีแดงบนแผ่นโลหะ A และแตะขั้วปลายเข็มจากสายสีดำบนแผ่นโลหะ B บริเวณเหนือปลายเส้นเชือกที่ไม่เปียกสารละลายดังภาพที่ 3.1 แล้วบันทึกข้อมูลลงในตาราง
- 1.6 ทำการทดลอง 1.2-1.5 ซ้ำอีก 2 ครั้ง

***หมายเหตุ:** 1. ฉีดล้างแผ่นโลหะและแผ่นพลาสติกกรองด้วยน้ำกลั่น เช็ดให้สะอาดด้วยกระดาษทิชชู แล้วขัดแผ่นโลหะด้วยกระดาษทราย ก่อนการใช้อีกครั้ง

2. เปลี่ยนสะพานเกลือทุกครั้งที่ทำทดลองใหม่
- 1.7 วัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก โดยเปลี่ยนชนิดของแผ่นโลหะ B และสารละลายไอออน เป็น Al^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , และ Mg^{2+} ตามลำดับ

ตอนที่ 2: การหาชนิดของไอออนบวกในสารละลายตัวอย่างจากสมการเนินสต์

- 2.1 ขัดแผ่นโลหะ Ag (A) และแผ่นโลหะ Sample (B) ด้วยกระดาษทรายเพื่อให้ได้พื้นผิวที่สะอาด
- 2.2 จัดอุปกรณ์เซลล์กัลวานิกบนแผ่นพลาสติกกรอง ประกอบด้วยแผ่นโลหะ A และ B ที่เชื่อมต่อกันด้วยเส้นเชือกตาม **ภาพที่ 3.1**
- 2.3 หยดสารละลาย Ag^+ เข้มข้น 1.0 mol/L จำนวน 3 หยด ที่ปลายเส้นเชือกบนแผ่นโลหะ Ag และหยดสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 0.500 mol/L (Sample 1) จำนวน 3 หยด ที่ปลายเส้นเชือกบนแผ่นโลหะ Sample
- 2.4 วัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกด้วยมัลติมิเตอร์ โดยแตะขั้วปลายเข็มจากสายสีแดงบนแผ่นโลหะ Ag และแตะขั้วปลายเข็มจากสายสีดำบนแผ่นโลหะ Sample แล้วบันทึกค่าศักย์ไฟฟ้าจากการวัด 3 ครั้ง ลงในตาราง **โดยไม่ต้องสร้างเซลล์ใหม่**
- 2.5 ทำการทดลองตามข้อ 2.2-2.4 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเป็น 0.010 mol/L (Sample 2) และ 0.001 mol/L (Sample 3) ตามลำดับ
- *หมายเหตุ:** เมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง ให้ฉีกล้างแผ่นโลหะและแผ่นพลาสติกกรองด้วยน้ำกลั่น แล้วเช็ดให้สะอาดด้วยกระดาษทิชชู และเปลี่ยนสะพานเกลือใหม่
- 2.6 แสดงวิธีการหาชนิดของไอออนบวกในสารละลายตัวอย่าง โดยสร้างกราฟจากผลการทดลอง

ตอนที่ 3: การหาชนิดของไอออนลบในสารละลายตัวอย่างด้วยปฏิกิริยาการตกตะกอน

- 3.1 หยดสารละลายตัวอย่าง เข้มข้น 0.500 mol/L จำนวน 3 หยด ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด ที่บรรจุสารละลาย BaCl_2 , CaCl_2 , และ AgNO_3 เข้มข้น 0.5 mol/L ตามลำดับ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผลการทดลอง
- 3.2 สรุปชนิดของไอออนลบในสารละลายตัวอย่าง เมื่อกำหนดให้ไอออนที่เป็นไปได้ประกอบด้วย Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-}