



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 15

ณ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

วันพุธที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2562

เวลา 09.00 - 14.00 น.

ข้อสอบภาคปฏิบัติ

คำชี้แจงการสอบภาคปฏิบัติ

- ข้อสอบภาคปฏิบัติมี 2 การทดลอง คะแนนรวม 40 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนทั้งหมด) แบ่งเป็น
การทดลองที่ 1 คะแนนรวม 25 คะแนน การทดลองที่ 2 คะแนนรวม 15 คะแนน
- เอกสารในการสอบภาคปฏิบัติ มีทั้งหมด 3 ชุด ให้นักเรียนตรวจสอบรหัสประจำตัวสอบในแต่ละชุด เป็นหมายเลขเดียวกันทุกหน้าและตรงกับรหัสประจำตัวสอบของนักเรียนก่อนลงมือทำ
 - คำชี้แจงการสอบภาคปฏิบัติ จำนวน 1 แผ่น 2 หน้า
 - ข้อสอบภาคปฏิบัติ 1 ชุด จำนวน 11 หน้า (รวมปก)
 - กระดาษคำตอบภาคปฏิบัติ 1 ชุด จำนวน 13 หน้า (รวมปก)
- เอกสารทั้งสองชุดอยู่ในสภาพเรียบร้อย และในแต่ละชุดห้ามแยกหรือฉีกกระดาษออกจากกัน
- ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำข้อสอบ” และเมื่อประกาศว่า “หมดเวลาสอบ” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที และวางเอกสารข้อสอบ กระดาษคำตอบ อุปกรณ์เครื่องเขียน เครื่องคิดเลขไว้บนโต๊ะ
- ถ้านักเรียนทำข้อสอบเสร็จก่อนหมดเวลาสอบ สามารถยกมือให้กรรมการคุมสอบเก็บข้อสอบและกระดาษคำตอบ แต่ นักเรียนต้องนั่งในห้องสอบจนกว่ากรรมการคุมสอบจะประกาศให้ “ออกจากห้องสอบได้” ไม่อนุญาตให้ออกนอกห้องสอบก่อนหมดเวลาสอบ
- การทำข้อสอบ มีระเบียบดังนี้
 - ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบ ด้วยปากกาสีน้ำเงินที่วางไว้บนโต๊ะสอบเท่านั้น หากเขียนด้วยดินสอจะไม่ได้รับการตรวจ
 - ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อในกรอบที่กำหนดให้ ห้ามเขียนนอกกรอบหรือด้านหลังของกระดาษคำตอบ
 - กรณีเขียนผิดให้ขีดฆ่าและเขียนใหม่ให้ชัดเจนในกรอบที่กำหนดให้ ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด
 - การทบทวนหรือขีดเขียนอย่างอื่นให้ทำในกระดาษข้อสอบภาคปฏิบัติเท่านั้น
- การเขียนคำตอบที่เป็นตัวเลข ให้ตอบโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ และการแสดงวิธีคำนวณให้เขียนหน่วยกำกับด้วย
- ระหว่างสอบ นักเรียนสามารถขออนุญาตกรรมการคุมสอบ เพื่อรับประทานอาหารว่างและน้ำดื่มในบริเวณที่จัดไว้ หรือเข้าห้องน้ำในกรณีจำเป็นเท่านั้น โดยให้บันทึกเวลา เข้า-ออก ห้องสอบในแบบฟอร์มที่วางไว้หน้าห้องสอบ
- ห้ามยืมเครื่องเขียนและเครื่องคิดเลขของผู้อื่นโดยเด็ดขาด
- ต้องสวมเสื้อกาวน์และสวมแว่นตากันสารเคมี (goggles) หรือแว่นสายตา ตลอดเวลาที่ทำปฏิบัติการ
- กรณีที่เปิกสารเคมี หรืออุปกรณ์อื่นใดเพิ่มเติมนอกจากที่อนุญาต จะถูกหัก 2 คะแนนต่อการเปิก 1 หน่วยต่อ 1 ครั้ง
- การทำเครื่องแก้วแตกหรือเกิดอุบัติเหตุใด ๆ ในระหว่างการสอบ ต้องแจ้งกรรมการคุมสอบทันที
- หากต้องการล้างหรือล้างอุปกรณ์ให้ทำที่โต๊ะปฏิบัติการของตน ไม่อนุญาตให้ใช้อ่างล้างเพื่อล้างอุปกรณ์ขณะทดลอง
- ห้ามนักเรียนนำเอกสารและอุปกรณ์ใด ๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
- ห้ามพูด คย หรือปรึกษากันในระหว่างการสอบ หากฝ่าฝืนถือว่าทุจริตในการสอบ กรณีทุจริตใดๆ ก็ตาม นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขันและจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

หมายเหตุ

- ถ้าถุงมือมีปัญหา เช่น ไม่พอดีกับขนาดมือ หรือฉีกขาด นักเรียนขอเปลี่ยนถุงมือคู่มือใหม่ได้ โดยไม่หักคะแนน
- น้ำกลั่นและน้ำแข็ง นักเรียนสามารถเปิกเพิ่มได้โดยไม่หักคะแนน
- หลังสอบปฏิบัติการ นักเรียนไม่ต้องล้างเครื่องแก้วเอง จะมีเจ้าหน้าที่ล้างเครื่องแก้วให้
- ในกรณีเกิดอุบัติเหตุให้รีบแจ้งกรรมการคุมสอบโดยทันที

การใช้ป้าย

ให้นักเรียนยกป้ายเมื่อต้องการตรวจการไทเทรต ชั่งสาร อบสารและอื่น ๆ ตามสัญลักษณ์และรายละเอียดในตาราง

ความหมาย	สัญลักษณ์	รายละเอียดการใช้ป้าย
1) ไทเทรต	เลขประจำตัว 	ป้ายตรวจนับจำนวนการไทเทรต จำนวน 1 ป้าย ○ นักเรียนยกป้ายขึ้น เพื่อให้กรรมการคุมสอบตรวจสอบการไทเทรต ○ ใช้ร่วมทั้งการทดลองที่ 1 และ 2
2) อบสาร	เลขประจำตัว 	ป้ายอบสาร จำนวน 1 ป้าย ○ นักเรียนยกป้ายอบสาร เพื่อให้กรรมการคุมสอบพาไปยังจุดอบ ○ เจ้าหน้าที่คุมตู้อบเป็นผู้นำสารเข้าตู้อบ ○ นักเรียนยกป้ายอบสารอีกครั้ง เมื่อต้องการนำสารออกจากตู้อบเพื่อให้กรรมการพาไปยังตู้อบ ○ เจ้าหน้าที่คุมตู้อบเป็นผู้นำสารออกจากตู้อบ
3) ชั่งสาร	เลขประจำตัว 	ป้ายชั่งสาร จำนวน 1 ป้าย ○ นักเรียนยกป้ายชั่งสาร เพื่อให้กรรมการคุมสอบพาไปยังจุดชั่ง ○ นักเรียนทำการชั่งสาร/อุปกรณ์ และจดบันทึกน้ำหนักลงบนบัตรที่เจ้าหน้าที่เตรียมให้ ○ นักเรียนส่งบัตรบันทึกน้ำหนักคืนให้แก่เจ้าหน้าที่คุมเครื่องชั่งและรับต้นฉบับ
4) อื่น ๆ	เลขประจำตัว 	ป้ายขอความช่วยเหลือ จำนวน 1 ป้าย เมื่อนักเรียนต้องการเข้าห้องน้ำ พักรับประทานอาหารว่าง ขอน้ำกลั่นหรือน้ำแข็งเพิ่มเติม เบิกสารหรือเครื่องแก้วเพิ่มเติม เกิดอุบัติเหตุ หรือต้องการความช่วยเหลืออื่น ๆ ให้นักเรียนยกป้ายขึ้น เพื่อให้กรรมการคุมสอบมาที่โต๊ะ

ข้อปฏิบัติ

การทดลองที่ 1

- ❶ การไทเทรต นักเรียนต้องไทเทรตทั้งหมด 3 ตอน ตอนละ 3 ขวด เมื่อไทเทรตครบทุกตอนแล้ว ให้ยกป้ายแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจนับจำนวนขวดที่ไทเทรตและลงนาม
- ถ้าไทเทรตไม่ครบจำนวนจะถูกหักคะแนนครั้งละ 0.2 คะแนน
 - ไม่มีลายเซ็นกรรมการคุมสอบจะไม่ให้คะแนน

การทดลองที่เกี่ยวข้องกับ AgNO_3 ให้ทำบริเวณกระดาศที่ติดไว้บนโต๊ะปฏิบัติการเท่านั้น

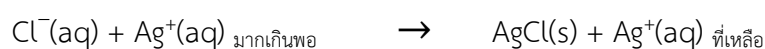
การทดลองที่ 2

- ❷ การอบสาร ให้ยกป้ายอบสารในการอบแต่ละครั้ง
- วางกระเจกนาฬิกาในกล่องพลาสติก
 - นักเรียนยกป้ายอบสาร เพื่อให้กรรมการคุมสอบพาไปยังจุดอบ
 - กรรมการคุมสอบเป็นผู้นำสารเข้าตู้อบ
 - นักเรียนยกป้ายอบสารอีกครั้ง เมื่อต้องการนำสารออกจากตู้อบเพื่อให้กรรมการพาไปยังตู้อบ
 - กรรมการคุมสอบเป็นผู้นำสารออกจากตู้อบ
- ❸ การชั่งสาร ให้ยกป้ายชั่งสาร
- นักเรียนยกป้ายชั่งสาร เพื่อให้กรรมการคุมสอบพาไปยังจุดชั่ง
 - นักเรียนทำการชั่งสาร/อุปกรณ์และจดบันทึกน้ำหนักลงบนบัตรที่เจ้าหน้าที่เตรียมให้
 - นักเรียนส่งบัตรบันทึกน้ำหนักคืนให้แก่เจ้าหน้าที่คุมเครื่องชั่งและรับต้นฉบับ
- ❹ การไทเทรต นักเรียนต้องไทเทรตทั้งหมด 2 ขวด เมื่อไทเทรตครบแล้ว ให้ยกป้ายแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจนับจำนวนขวดที่ไทเทรตและลงนาม
- ถ้าไทเทรตไม่ครบจำนวนจะถูกหักคะแนน 0.15 คะแนน
 - ไม่มีลายเซ็นกรรมการคุมสอบจะไม่ให้คะแนน

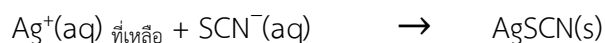
การทดลองที่ 1 (25 คะแนน)**การวิเคราะห์หาปริมาณ $MgCl_2$ และ $NaCl$ ในสารละลายตัวอย่าง****บทนำ**

ในสารละลายผสม $MgCl_2$ และ $NaCl$ สามารถหาปริมาณคลอไรด์รวมได้โดยการไทเทรตแบบตกตะกอนและหาปริมาณของแมกนีเซียมไอออนได้จากการไทเทรตแบบเกิดสารเชิงซ้อน

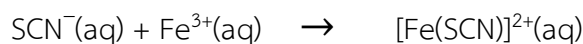
การหาปริมาณคลอไรด์ด้วยวิธีของโวลฮาร์ดเป็นการไทเทรตแบบทางอ้อมทำได้โดยเติมสารละลายมาตรฐาน $AgNO_3$ ที่มากเกินไปและทราบปริมาณแน่นอนลงในสารละลายตัวอย่าง หาปริมาณ $AgNO_3$ ที่เหลือได้โดยการไทเทรตแบบย้อนกลับกับสารละลายมาตรฐาน $KSCN$ โดยมี ferric alum เป็นอินดิเคเตอร์ในภาวะกรด เมื่อถึงจุดยุติจะเห็นสีของสารเชิงซ้อน $[Fe(SCN)]^{2+}$ ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องเป็นไปดังสมการ



ตะกอนขาว



ตะกอนขาว



สีแดงเลือดนก

การหาปริมาณแมกนีเซียมไอออนในสารละลายทำได้โดยการไทเทรตด้วย ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) เกิดไอออนเชิงซ้อนในอัตราส่วนโดยโมล 1 : 1 โดยใช้ Eriochrome Black T (EBT) เป็นอินดิเคเตอร์ซึ่งมีสีน้ำเงินที่ pH 10 และมีสีส้มแดงเมื่อเกิดไอออนเชิงซ้อนกับโลหะ

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย
1.	Transfer pipette ขนาด 10 mL	4	อัน
2.	ขวดรูปชมพู่	9	ใบ
3.	ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL	1	ใบ
4.	กระบอกตวงขนาด 10 mL	2	อัน
5.	กระบอกตวงขนาด 50 mL	1	อัน
6.	บิวเรตขนาด 25 mL	1	อัน
7.	บิวเรตขนาด 50 mL	1	อัน
8.	ปิเกตอร์ขนาด 50 mL	6	ใบ
9.	ปิเกตอร์ขนาด 100 mL	3	ใบ

ลำดับที่	รายการเครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย
10.	บีกเกอร์ขนาด 250 mL	1	ใบ
11.	กรวยกรอง	3	อัน
12.	กระดาษกรองเบอร์ 1, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm	3	แผ่น
13.	หลอดหยดปลายแหลมพร้อมจุกยาง	4	อัน
14.	แท่งแก้วคนสาร	3	อัน
15.	กรรไกร	1	อัน
16.	Pipette tray (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ถาด
17.	ขาตั้งและที่ยึดปิเปต (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	2	ชุด
18.	ลูกยางสำหรับปิเปต (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	อัน
19.	ขวดน้ำกลั่น (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	2	ขวด
20.	กระดาษทิชชู (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ห่อ
21.	ปากกา label (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ด้าม
22.	กระดาษ A4 (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	แผ่น
23.	ถุงมือขนาด S, M, L (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	ขนาดละ 1	คู่
24.	ขวดเก็บของเสีย (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ใบ

สารเคมี

ลำดับที่	รายการสารเคมี	ปริมาณ	ภาชนะที่บรรจุ	Safety
1.	สารละลาย EDTA	200 mL	ขวดพลาสติก	
2.	สารละลาย $MgCl_2$ 0.02xxx M	50 mL	ขวดสีขาว ความเข้มข้นที่แน่นอน ระบุในเอกสาร 1	
3.	สารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 (NH_3/NH_4Cl)	15 mL	ขวดหยดสีขาว	
4.	อินดิเคเตอร์ อีริโอโครม แบลคที (EBT)	2 mL	หลอดหยดพลาสติก	

ลำดับที่	รายการสารเคมี	ปริมาณ	ภาชนะที่บรรจุ	Safety
5.	สารละลาย AgNO_3 0.3xxx M	50 mL	ขวดสีชา ความเข้มข้นที่แน่นอน ระบุในเอกสาร 1	  
6.	สารละลาย KSCN 0.1xxx M	70 mL	ขวดสีชา ความเข้มข้นที่แน่นอน ระบุในเอกสาร 1	
7.	กรด HNO_3 3 M	20 mL	ขวดหยดสีชา	  
8.	ferric alum อินดิเคเตอร์	5 mL	ขวดหยดสีชา	
9.	สารละลายตัวอย่าง A	30 mL	ขวดพลาสติก	

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน EDTA

เมื่อไทเทรตเสร็จให้เก็บสารละลายที่ไทเทรตไว้เพื่อให้กรรมการคุมสอบตรวจนับ (ดูข้อปฏิบัติ ①)

- 1.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน MgCl_2 0.02xxx M ปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่แล้วเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 50 mL
- 1.2 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ปริมาตร 2 mL แล้วหยดอินดิเคเตอร์ EBT 2-3 หยด (ระวังสารละลาย บัฟเฟอร์มีกลิ่นฉุน อย่าสูดดม)
- 1.3 ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA จนสารละลายเป็นสีน้ำเงิน บันทึกปริมาตรของสารละลาย มาตรฐาน EDTA ที่ใช้
- 1.4 ทดลองข้อ 1.1-1.3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง
- 1.5 คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน EDTA

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมไอออน

เมื่อไทเทรตเสร็จให้เก็บสารละลายที่ไทเทรตไว้เพื่อให้กรรมการคุมสอบตรวจนับ (ดูข้อปฏิบัติ ①)

- 2.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง A ที่ได้รับปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้เรียก “สารละลายตัวอย่าง B”
- 2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง B ปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 mL
- 2.3 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ปริมาตร 2 mL แล้วหยดอินดิเคเตอร์ EBT 2-3 หยด (ระวังสารละลายบัฟเฟอร์มีกลิ่นฉุน อย่าสูดดม)
- 2.4 ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA จนสารละลายเป็นสีน้ำเงิน บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน EDTA ที่ใช้
- 2.5 ทดลองข้อ 2.2-2.4 ซ้ำอีก 2 ครั้ง
- 2.6 คำนวณหาปริมาณแมกนีเซียมไอออนในสารละลายตัวอย่าง B

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ด้วยวิธีโวลฮาร์ด

เมื่อไทเทรตเสร็จให้เก็บสารละลายที่ไทเทรตไว้เพื่อให้กรรมการคุมสอบตรวจนับ (ดูข้อปฏิบัติ ①)

- 3.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง B ปริมาตร 10.00 mL ลงในปิเกอร์ขนาด 100 mL แล้วเติมสารละลาย HNO_3 3 M จำนวน 3 หยด
- 3.2 ปิเปตสารละลาย AgNO_3 0.3xxx M ปริมาตร 10.00 mL ลงในปิเกอร์ข้อ 3.1 เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที (เก็บในตู้ให้พ้นแสง)
- 3.3 กรองเพื่อเก็บสารละลายลงในขวดรูปชมพู่และล้างตะกอนด้วยสารละลาย HNO_3 3 M ปริมาตร 5 mL
- 3.4 เติม ferric alum จำนวน 20 หยด ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายที่ได้จากการกรองในข้อ 3.3
- 3.5 ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน KSCN 0.1xxx M จนสารละลายเป็นสีส้ม บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KSCN ที่ใช้ (ควรใช้น้ำกลั่นขณะไทเทรตน้อยที่สุด เพราะมีผลต่อจุดยุติ)
- 3.6 ทดลองข้อ 3.1-3.5 ซ้ำอีก 2 ครั้ง
- 3.7 คำนวณหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายตัวอย่าง B

ตอนที่ 4 การคำนวณโมลของคลอไรด์จาก MgCl_2 และ NaCl ในสารละลายตัวอย่าง B

แสดงการคำนวณในกระดาษคำตอบ

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์หาร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ MgCl_2 และ NaCl ในสารละลายตัวอย่าง A

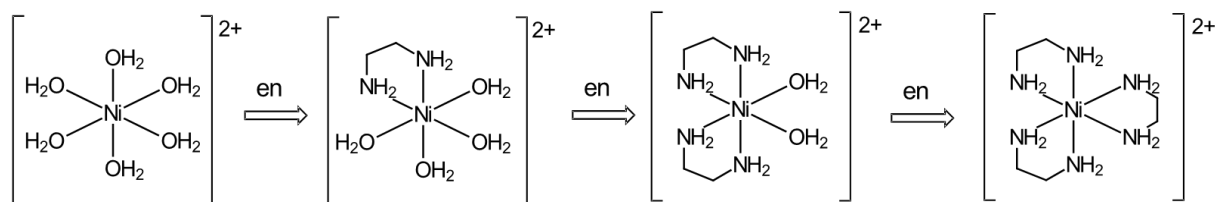
แสดงการคำนวณในกระดาษคำตอบ

การทดลองที่ 2 (15 คะแนน)

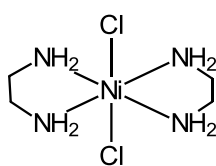
การสังเคราะห์และการหาปริมาณลิแกนด์ของสารเชิงซ้อนนิกเกิล

บทนำ

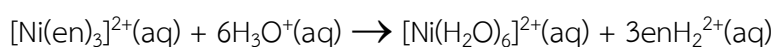
ปฏิกิริยาระหว่าง Ni^{2+} กับ ethylenediamine (en) ซึ่งเป็นลิแกนด์แบบคีเลต สามารถเกิดสารเชิงซ้อนที่เสถียรได้หลายแบบขึ้นกับสัดส่วนโมลของ Ni^{2+} และ en ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา กลไกการเกิดไอออนเชิงซ้อน $[\text{Ni(en)}_x(\text{H}_2\text{O})_{6-2x}]^{2+}$ เป็นการแทนที่น้ำด้วย en แบบทีละขั้น (รูป 1) สารประกอบที่เกิดขึ้นมีไอออนลบของเกลือที่ใช้ เช่น เมื่อใช้ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จะได้สารประกอบ $[\text{Ni(en)}_x(\text{H}_2\text{O})_{6-2x}]\text{Cl}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ จำนวนโมเลกุลของน้ำในสารประกอบมีได้หลายค่าขึ้นกับสภาวะที่ใช้ในการทดลองและระยะเวลาในการอบสาร การสังเคราะห์สารจึงต้องปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัดเพื่อให้ได้สารประกอบที่ต้องการ

รูป 1 การเกิดไอออนเชิงซ้อน $[\text{Ni(en)}_x(\text{H}_2\text{O})_{6-2x}]^{2+}$

จากรูป 1 จะเห็นได้ว่าไม่สามารถสังเคราะห์ $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (รูป 2) จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ en ในสัดส่วนโมล 1:2 แต่สามารถสังเคราะห์สารนี้ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง $[\text{Ni(en)}_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ซึ่งจะเกิดการกระจายใหม่ (redistribution) ของลิแกนด์ en อย่างรวดเร็ว

รูป 2 โครงสร้างของ *trans*-dichlorobis(ethylenediamine)nickel(II)

ร้อยละโดยมวลของ en ใน $[\text{Ni(en)}_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มีความสำคัญในการสังเคราะห์สาร $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ วิธีการหาร้อยละโดยมวลของ en ในสารเชิงซ้อนที่ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงคือ การนำสารละลายของ $[\text{Ni(en)}_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย HCl มากเกินพอ ดังสมการ



และไทเทรตหาปริมาณ HCl ที่เหลือ ด้วยสารละลาย NaOH

เครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการเครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย
1.	ปิกเกอร์ขนาด 30 mL	2	ใบ
2.	ปิกเกอร์ขนาด 50 mL	2	ใบ
3.	ปิกเกอร์ขนาด 100 mL	1	ใบ
4.	ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 mL	2	ใบ
5.	กระบอกตวงขนาด 10 mL	2	อัน
6.	กรวยกรองแก้ว	1	อัน
7.	กระจกนาฬิกา 125 mm	1	อัน
8.	หลอดทดลอง	1	หลอด
9.	แท่งแก้วคนสาร 12.5 cm	1	อัน
10.	ชิ้นตัดสารพลาสติกขนาดเล็ก	2	อัน
11.	บิวเรตขนาด 25 mL	1	อัน
12.	กระดาษกรองเบอร์ 1, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 mm	2	แผ่น
13.	หลอดหยดพลาสติก	3	อัน
14.	Measuring pipette ขนาด 10 mL	1	อัน
15.	Zip bag	2	แผ่น
16.	กล่องพลาสติกทนความร้อนเพื่อใส่สารตอนนำไปอบ	1	กล่อง
17.	ห่วงวงกลม	1	อัน
18.	ภาชนะรองรับสารละลายที่ได้จากการกรอง	1	ใบ
19.	กระติกบรรจุน้ำแข็ง	1	อัน

สารเคมี

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณ	ภาชนะบรรจุ	Safety
1.	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (สำหรับ ตอนที่ 1) ขวด A	1.00 g	vial	

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณ	ภาชนะบรรจุ	Safety
2.	Ethylenediamine (en) (สำหรับตอนที่ 1)	3 mL	vial	
3.	$[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (สำหรับตอนที่ 2) ขวด B	0.50 g	vial	
4.	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (สำหรับ ตอนที่ 2) ขวด C	0.20 g	vial	
5.	Ethanol	15 mL	ขวดแก้วสีชา	
6.	Methanol	5 mL	ขวดแก้วสีชา	
7.	Acetone	25 mL	ขวดแก้วสีชา	
8.	สารละลาย HCl 0.2xxx M	50 mL	ขวดแก้วสีชา ความเข้มข้นที่แน่นอนระบุ ในเอกสาร 1	
9.	สารละลาย NaOH 0.2xxx M	40 mL	ขวดพลาสติกสีชา ความเข้มข้นที่แน่นอนระบุ ในเอกสาร 1	
10.	สารละลายตัวอย่าง $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ (ขวด D)	40 mL	ขวดแก้วสีชา พร้อมระบุความเข้มข้นที่ แน่นอน	
11.	Methyl red	1 ขวด	ขวดหยดสีชา	

ข้อมูลที่กำหนดให้

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ มวลต่อโมล = 237.70 g/mol

ethylenediamine (en) มวลต่อโมล = 60.10 g/mol, ความหนาแน่น = 0.897 g/mL

$[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มวลต่อโมล = 345.93 g/mol

$\text{NiCl}_2(\text{en})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ มวลต่อโมล = 267.81 g/mol

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การสังเคราะห์สารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

เมื่อต้องการใช้ตู้อบและเครื่องชั่ง ให้ยกป้ายเพื่อให้กรรมการคุมสอบพาไปยังจุดอุปกรณ์ (ดูข้อปฏิบัติ ② และ ③)

- 1.1 ละลาย $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ขวด A) ในบีกเกอร์ขนาด 30 mL ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 2 mL
- 1.2 คำนวณปริมาตร en ที่ต้องใช้ โดยให้เกินพออีก 10% แสดงการคำนวณในกระดาษคำตอบ
- 1.3 แช่วสารละลายข้อ 1.1 ในกระติกบรรจุน้ำแข็ง แล้วเติม en ตามปริมาตรที่คำนวณได้ลงไปอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งคนตลอดเวลา (ระวังขณะเติมอาจจะมีความร้อนเกิดขึ้น อย่าสูดดม)
- 1.4 เติมเอทานอลปริมาตร 5 mL และคนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที
- 1.5 กรองและล้างตะกอนด้วยเอทานอลเย็นปริมาตร 5 mL
- 1.6 อบสารที่ 80°C เป็นเวลา 25 นาที ชั่งน้ำหนัก และเก็บสารที่ชั่งน้ำหนักแล้วไว้ในถุง zip lock เพื่อส่ง
- 1.7 บันทึกลักษณะทางกายภาพของของแข็งและแสดงการคำนวณร้อยละผลผลิต (%yield) ของแข็งที่สังเคราะห์ได้ในกระดาษคำตอบ

ตอนที่ 2 การสังเคราะห์สารประกอบ $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$

เมื่อต้องการใช้ตู้อบและเครื่องชั่ง ให้ยกป้ายเพื่อให้กรรมการคุมสอบพาไปยังจุดอุปกรณ์ (ดูข้อปฏิบัติ ② และ ③)

- 2.1 เทสารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ขวด B) และ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ขวด C) ลงในบีกเกอร์ขนาด 30 mL เติมเมทานอลปริมาตร 3 mL แล้วคนสารละลายเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ในกระติกบรรจุน้ำแข็ง
- 2.2 เตรียมผลึกสำหรับทำ seeding โดยแบ่งสารละลายจากข้อ 2.1 ปริมาตร 1 mL ใส่หลอดทดลอง จากนั้นค่อย ๆ หยดแอสิตอนพร้อมเขย่าในกระติกบรรจุน้ำแข็ง (ใช้แอสิตอนรวมไม่เกิน 2 mL) ถ้าไม่มีผลึกเกิดขึ้นหรือสารละลายแยกเป็น 2 ชั้นให้ใช้แท่งแก้วคนขีดข้างในหลอดทดลอง หรือ เขย่าหลอดทดลองแรง ๆ

- 2.3 ค่อย ๆ หยดแอสซีโตนปริมาตร 3 mL ลงในสารละลายข้อ 2.1 ที่เหลือ พร้อมคนตลอดเวลาในกระตักบรรจุน้ำแข็ง
- 2.4 หยด seeding จากข้อ 2.2 โดยใช้หลอดหยดพลาสติกดูดทั้งของเหลวและของแข็งพร้อม ๆ กัน ลงในสารละลายข้อ 2.3 สลับกับการหยดแอสซีโตน พร้อมคน จนกระทั่งได้ของแข็งในสารละลายไม่มีสี
- 2.5 กรองและล้างตะกอนด้วยแอสซีโตนครั้งละ 3 mL จำนวน 2 ครั้ง (ควรอบสารทันทีเมื่อกรองเสร็จ เพราะสารดูดความชื้น)
- 2.6 อบสารที่ 80°C เป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนัก และเก็บสารที่ชั่งน้ำหนักแล้วไว้ในถุง zip lock เพื่อส่ง
- 2.7 บันทึกลักษณะทางกายภาพของของแข็งและแสดงการคำนวณร้อยละผลผลิต (%yield) ของแข็งที่สังเคราะห์ได้ในกระดาษาคำตอบ

ตอนที่ 3 การหาละยละลายโดยมวลของ en ในสารละลายตัวอย่างของ $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$

เมื่อไทเทรตเสร็จให้เก็บสารละลายที่ไทเทรตไว้เพื่อให้กรรมการคุมสอบตรวจนับ (ดูข้อปฏิบัติ ④)

- 3.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ (ขวด D) ปริมาตร 10.00 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่
- 3.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน HCl 0.2xxx M ปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่ข้อ 3.1 เขย่าให้เข้ากัน ได้สารละลายสีเขียวอ่อน
- 3.3 เติม methyl red 3 หยด ได้สารละลายสีชมพู
- 3.4 ไทเทรตสารละลายข้อ 3.3 ด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.2xxx M จนถึงจุดยุติได้สารละลายสีเหลือง บันทึกปริมาตรสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ใช้
- 3.5 ทดลองข้อ 3.1 – 3.4 ซ้ำอีก 1 ครั้ง
- 3.6 คำนวณหาละยละลายโดยมวลของ en ในสารละลายตัวอย่างของ $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$