

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 15

ณ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

วันพุธที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2562

เวลา 09.00 - 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคปฏิบัติ

แบบรายงานผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1 (25 คะแนน)

การวิเคราะห์หาปริมาณ $MgCl_2$ และ $NaCl$ ในสารละลายตัวอย่าง

ตอนที่ 1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน EDTA (5 คะแนน)

A1

ผลการตรวจจำนวนครั้งการไทเทรตโดยกรรมการ	.....
☐ ไทเทรตครบ 3 ครั้ง ☐ ไทเทรต _____ ครั้ง	ลายมือชื่อกรรมการ
เกณฑ์การให้คะแนน ➤ ไทเทรต 3 ครั้ง 0.5 คะแนน ไทเทรต 2 ครั้งได้ 0.3 คะแนน ไทเทรต 1 ครั้งได้ 0.1 คะแนน ➤ ไม่มีลายเซ็นกรรมการ ไม่ได้คะแนน	

ตารางที่ 1 บันทึกข้อมูลการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ EDTA

A2

A3

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
สเกลบิวเรตเริ่มต้น (mL)			
สเกลบิวเรตที่จุดยุติ (mL)			
ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)	0.1	0.1	0.1
ปริมาตรของสารละลาย EDTA เฉลี่ย (mL)	0.1		

 ทศนิยม
2 ตำแหน่ง

A4

A5

A6

	เกณฑ์การให้คะแนน	
ลบปริมาตรถูกต้อง	ช่องละ 0.1 คะแนน	
คำนวณปริมาตรเฉลี่ยถูกต้อง	0.1 คะแนน	
เลขนัยสำคัญ (SF)	ถูกทุกช่องให้ 0.5 คะแนน ไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่งให้ 0 คะแนน	
Precision	พิจารณาจาก %RSD	
	%RSD	คะแนน
	$\%RSD \leq 0.5$	1
	$0.5 < \%RSD \leq 1.0$	0.5
	$\%RSD > 1.0$	0

รหัสประจำตัวสอบ _____

Accuracy	พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง	
	ปริมาตร (V)	คะแนน
	$24.43 \leq V \leq 24.63$	2
	$24.33 \leq V < 24.43$ หรือ $24.63 < V \leq 24.73$	1.5
	$24.23 \leq V < 24.33$ หรือ $24.73 < V \leq 24.83$	1
	$24.13 \leq V < 24.23$ หรือ $24.83 < V \leq 24.93$	0.5
	$V < 24.13$ หรือ $24.93 < V$	0

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของ EDTA (0.6 คะแนน)

ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน $MgCl_2$ (ใช้ข้อมูลในเอกสาร 1) mol/L

A7 ความเข้มข้นของสารละลาย EDTA = mol/L (0.3)

(SF= 4, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

A8 จากปฏิกิริยา $Mg^{2+} + EDTA^{4-} \rightarrow [Mg-EDTA]^{2-}$

$$\frac{mol\ MgCl_2}{mol\ EDTA} = \frac{1}{1}$$

ความเข้มข้นของสารละลาย EDTA หาได้จาก

$$C_{EDTA} \left(\frac{mol}{L} \right) = \frac{1\ mol\ EDTA}{1\ mol\ MgCl_2} \times \frac{C\ (mol)\ MgCl_2}{10^3\ mL\ MgCl_2} \times \frac{V\ (mL)\ MgCl_2}{V\ (mL)\ EDTA} \times \frac{10^3\ mL\ EDTA}{1\ L\ EDTA}$$

(0.3)

การแสดงวิธีคำนวณใช้แบบใดก็ได้แต่ต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน

ตัวอย่าง

ปริมาตรเฉลี่ยของ EDTA ที่ใช้ = 24.52 mL ความเข้มข้นของ $MgCl_2$ = 0.02508 M

$$C_{EDTA} \left(\frac{mol}{L} \right) = \frac{1\ mol\ EDTA}{1\ mol\ MgCl_2} \times \frac{0.02508\ mol\ MgCl_2}{10^3\ mL\ MgCl_2} \times \frac{10.00\ mL\ MgCl_2}{24.52\ mL\ EDTA} \times \frac{10^3\ mL\ EDTA}{1\ L\ EDTA}$$

$$= 0.01023\ M$$

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียม (7 คะแนน)

B1	ผลการตรวจจำนวนครั้งการไทเทรตโดยกรรมการ	 ลายมือชื่อกรรมการ
	☐ ไทเทรตครบ 3 ครั้ง ☐ ไทเทรต _____ ครั้ง	
เกณฑ์การให้คะแนน ➤ ไทเทรต 3 ครั้ง 0.5 คะแนน ไทเทรต 2 ครั้งได้ 0.3 คะแนน ไทเทรต 1 ครั้งได้ 0.1 คะแนน ➤ ไม่มีลายเซ็นกรรมการ ไม่ได้คะแนน		

ตารางที่ 2 บันทึกข้อมูลการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ในสารละลายตัวอย่าง B

หมายเลขสารตัวอย่าง A

สารตัวอย่างมีชนิดเดียว ผู้ตรวจข้อสอบไม่ต้องพิจารณารหัสสารตัวอย่าง

	การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
B2	สเกลบิวเรตเริ่มต้น (mL)			
B3	สเกลบิวเรตที่จุดยุติ (mL)			
	ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)	0.1	0.1	0.1
	ปริมาตรของสารละลาย EDTA เฉลี่ย (mL)	0.1		

} ทศนิยม
2 ตำแหน่ง

B4

B5

B6

	เกณฑ์การให้คะแนน								
ลบปริมาตรถูกต้อง	ช่องละ 0.1 คะแนน								
คำนวณปริมาตรเฉลี่ยถูกต้อง	0.1 คะแนน								
เลขนัยสำคัญ (SF)	ถูกทุกช่องให้ 0.5 คะแนน ไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่งให้ 0 คะแนน								
Precision	พิจารณาจาก % RSD <table><tr><th>%RSD</th><th>คะแนน</th></tr><tr><td>%RSD ≤ 0.5</td><td>1</td></tr><tr><td>0.5 < %RSD ≤ 1.0</td><td>0.5</td></tr><tr><td>%RSD > 1.0</td><td>0</td></tr></table>	%RSD	คะแนน	%RSD ≤ 0.5	1	0.5 < %RSD ≤ 1.0	0.5	%RSD > 1.0	0
%RSD	คะแนน								
%RSD ≤ 0.5	1								
0.5 < %RSD ≤ 1.0	0.5								
%RSD > 1.0	0								

รหัสประจำตัวสอบ

Accuracy	พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง	
	ปริมาตร(V)	คะแนน
	$19.05 \leq V \leq 19.25$	4
	$18.95 \leq V < 19.05$ หรือ $19.25 < V \leq 19.35$	3
	$18.85 \leq V < 18.95$ หรือ $19.35 < V \leq 19.45$	2
	$18.75 \leq V < 18.85$ หรือ $19.45 < V \leq 19.55$	1
	$V < 18.75$ หรือ $19.55 < V$	0

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ในสารละลายตัวอย่าง B (0.6 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารละลาย EDTA จากตอนที่ 1 mol/L

B7 ความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ในสารละลายตัวอย่าง B = mol/L (0.3)

(SF= 4, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

B8

จากปฏิกิริยา $Mg^{2+} + EDTA^{4-} \rightarrow [Mg-EDTA]^{2-}$

$$\frac{mol\ MgCl_2}{mol\ EDTA} = \frac{1}{1}$$

ความเข้มข้นของสารละลาย $MgCl_2$ หาได้จาก

$$C_{MgCl_2} \left(\frac{mol}{L} \right) = \frac{V(mL)EDTA}{V(mL)MgCl_2} \times \frac{10^3\ mL\ MgCl_2}{1\ L\ MgCl_2} \times \frac{C(mol)EDTA}{10^3\ mL\ EDTA} \times \frac{1\ mol\ MgCl_2}{1\ mol\ EDTA}$$

(0.3)

การแสดงวิธีคำนวณใช้แบบใดก็ได้แต่ต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน

ตัวอย่าง

ปริมาตรเฉลี่ยของ EDTA ที่ใช้ = 19.15 mL ความเข้มข้นของ EDTA จากตอนที่ 1 = 0.01023 M

$$C_{MgCl_2} \left(\frac{mol}{L} \right) = \frac{19.15\ mL\ EDTA}{10.00\ mL\ MgCl_2} \times \frac{10^3\ mL\ MgCl_2}{1\ L\ MgCl_2} \times \frac{0.01023\ mol\ EDTA}{10^3\ mL\ EDTA} \times \frac{1\ mol\ MgCl_2}{1\ mol\ EDTA}$$

$$= 0.01959\ M$$

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์หาปริมาณทั้งหมดของคลอไรด์ด้วยวิธีโวลฮาร์ด (8.9 คะแนน)

C1

ผลการตรวจจำนวนครั้งการไทเทรตโดยกรรมการ ☐ ไทเทรตครบ 3 ครั้ง ☐ ไทเทรต _____ ครั้ง	 ลายมือชื่อกรรมการ
--	----------------------------

เกณฑ์การให้คะแนน

➤ ไทเทรต 3 ครั้ง 0.5 คะแนน ไทเทรต 2 ครั้งได้ 0.3 คะแนน ไทเทรต 1 ครั้งได้ 0.1 คะแนน

➤ ไม่มีลายเซ็นกรรมการ ไม่ได้คะแนน

ตารางที่ 3 บันทึกข้อมูลการไทเทรตเพื่อหาปริมาณคลอไรด์

	การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3									
C2	สเกลบิวเรตเริ่มต้น (mL)				} ทศนิยม 2 ตำแหน่ง SF=3								
C3	สเกลบิวเรตที่จุดยุติ (mL)												
	ปริมาตรของสารละลาย KSCN ที่ใช้ (mL)	0.1	0.1	0.1									
	ความเข้มข้นของคลอไรด์รวมในสารละลายตัวอย่าง B (M)		0.5	0.5									
	ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอไรด์รวมในสารละลายตัวอย่าง B (M)	0.1											
		เกณฑ์การให้คะแนน											
C4	ลบปริมาตรถูกต้อง	ช่องละ 0.1 คะแนน											
C5,	ความเข้มข้นของคลอไรด์รวมใน สารละลาย B ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ถูกต้อง	ช่องละ 0.5 คะแนน											
C6													
C7	คำนวณความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอไรด์รวมในสารละลาย B	0.1 คะแนน											
C8	เลขนัยสำคัญ (SF)	ถูกทุกช่องให้ 0.5 คะแนน ไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่งให้ 0 คะแนน											
	Precision	พิจารณาจาก % RSD <table><tr><th>% RSD</th><th>คะแนน</th></tr><tr><td>% RSD ≤ 1.0</td><td>1</td></tr><tr><td>1.0< % RSD ≤ 2.0</td><td>0.5</td></tr><tr><td>% RSD > 2.0</td><td>0</td></tr></table>				% RSD	คะแนน	% RSD ≤ 1.0	1	1.0< % RSD ≤ 2.0	0.5	% RSD > 2.0	0
% RSD	คะแนน												
% RSD ≤ 1.0	1												
1.0< % RSD ≤ 2.0	0.5												
% RSD > 2.0	0												

Accuracy	พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง	
	ปริมาตร(V)	คะแนน
	$14.70 \leq V \leq 15.20$	4
	$14.50 \leq V < 14.70$ หรือ $15.20 < V \leq 15.30$	3
	$14.30 \leq V < 14.50$ หรือ $15.30 < V \leq 15.40$	2
	$14.10 \leq V < 14.30$ หรือ $15.40 < V \leq 15.50$	1
	$V < 14.10$ หรือ $15.50 < V$	0

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นของคลอไรต์ในสารละลายตัวอย่าง B โดยใช้ผลการทดลองครั้งที่ 1 (1.5 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารละลาย AgNO_3 (ใช้ข้อมูลในเอกสาร 1) mol/L

ความเข้มข้นของสารละลาย KSCN (ใช้ข้อมูลในเอกสาร 1) mol/L

C9 ความเข้มข้นของคลอไรต์รวมในสารละลายตัวอย่าง B (ครั้งที่ 1) = mol/L (0.3)

(SF= 3, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

C10

$$\text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เติมเกินพอ} = C_{\text{AgNO}_3} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \times V_{\text{AgNO}_3} (\text{mL}) \quad (0.3)$$

$$\begin{aligned} \text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เหลือ} &= \text{mmol KSCN} \\ &= C_{\text{KSCN}} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \times V_{\text{KSCN}} (\text{mL}) \end{aligned} \quad (0.3)$$

$$\begin{aligned} \text{mmol Cl ทั้งหมด} &= \text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เติมเกินพอ} - \text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เหลือ} \\ &= \text{mmol AgNO}_3 - \text{mmol KSCN} \end{aligned} \quad (0.3)$$

$$C_{\text{Cl ทั้งหมด}} = \frac{\text{mmol Cl ทั้งหมด}}{V_{\text{สารตัวอย่าง B}} (\text{mL})} \quad (0.3)$$

การแสดงวิธีคำนวณใช้แบบใดก็ได้แต่ต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน

ตัวอย่าง ความเข้มข้นของ $\text{AgNO}_3 = 0.3000 \text{ M}$

ปริมาตรของ KSCN ที่ใช้ = 15.15 mL ความเข้มข้นของ $\text{KSCN} = 0.1500 \text{ M}$

$$C_{\text{Cl ทั้งหมด}} = \frac{(0.3000 \text{ M} \times 10.00 \text{ mL}) - (0.1500 \text{ M} \times 15.15 \text{ mL})}{10.00 \text{ mL}}$$

$$= 3.000 - 2.272 = \frac{0.728}{10} = 0.0728 \text{ M}$$

ตอนที่ 4 การคำนวณโมลของคลอไรด์จาก $MgCl_2$ และ $NaCl$ ในสารละลายตัวอย่าง B (2.3 คะแนน)

แสดงวิธีคำนวณโมลของคลอไรด์ที่ได้จาก $MgCl_2$ ในสารละลาย 100 mL โดยใช้ผลการทดลองตอนที่ 2 (0.9 คะแนน)

ความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ในสารละลายตัวอย่าง B (จากการทดลองตอนที่ 2) mol/L

D1 จำนวนโมลของคลอไรด์ ที่ได้จาก $MgCl_2$ = mol (0.3)

(SF= 4, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

D2 โมลของแมกนีเซียมไอออนในสารละลายตัวอย่าง 100 mL

$$mol_{Mg^{2+}} = C_{Mg^{2+}} \left(\frac{mol}{L} \right) \times \frac{1 L}{10^3 mL} \times 100 mL \quad (0.3)$$



ตัวอย่าง

ความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ในสารละลายตัวอย่าง B (จากการทดลองตอนที่ 2) = 0.01959 M

$$mol_{Mg^{2+}} = 0.01959 \left(\frac{mol}{L} \right) \times \frac{1 L}{10^3 mL} \times 100 mL = 0.001959 mol$$

$$mol_{Cl^-} \text{ จาก } MgCl_2 = 2 \times 0.001959 mol = 0.003918 mol$$

แสดงวิธีคำนวณโมลของคลอไรด์รวมในสารละลาย 100 mL โดยใช้ผลการทดลองตอนที่ 3 (0.6 คะแนน)

ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอไรด์รวมในสารละลายตัวอย่าง B (จากการทดลองตอนที่ 3).....mol/L

D3 จำนวนโมลของคลอไรด์รวม = mol (0.3)

(SF= 3, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

D4 โมลของคลอไรด์รวมในสารละลายตัวอย่าง 100 mL

$$mol_{Cl^- \text{ รวม}} = C_{Cl^- \text{ เฉลี่ย}} \left(\frac{mol}{L} \right) \times \frac{1 L}{10^3 mL} \times 100 mL \quad (0.3)$$

ตัวอย่าง

ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอไรด์รวมในสารละลายตัวอย่าง B (จากตอนที่ 3) = 0.0728 M

$$mol_{Cl^- \text{ รวม}} = 0.0728 \frac{mol}{L} \times \frac{1 L}{10^3 mL} \times 100 mL$$

$$= 0.00728 mol$$

แสดงวิธีคำนวณโมลของคลอไรด์ที่ได้จาก NaCl ในสารละลาย 100 mL โดยใช้ผลการทดลองตอนที่ 3 (0.8 คะแนน)

D5 จำนวนโมลของคลอไรด์ ที่ได้จาก NaCl = mol (0.3)

(SF= 3, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

D6 โมลของคลอไรด์รวมในสารละลายตัวอย่าง 100 mL

$$\text{mol Cl}^- \text{ จาก NaCl} = \text{mol Cl}^- \text{ รวม} - \text{mol Cl}^- \text{ จาก MgCl}_2 \quad (0.5)$$

ตัวอย่าง

$$\begin{aligned} \text{mol Cl}^- \text{ จาก NaCl} &= 0.00728 \text{ mol} - 0.003918 \text{ mol} \\ &= 0.00336 \text{ mol} \end{aligned}$$

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์หาร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ NaCl และ MgCl₂ ในสารละลายตัวอย่าง A (1.8 คะแนน)

แสดงวิธีการคำนวณหาร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ MgCl₂ ในสารละลายตัวอย่าง A (0.9 คะแนน)

กำหนดให้มวลต่อโมลของ MgCl₂ 95.21 g/mol

จำนวนโมลของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย 100 mL ที่ได้จากการคำนวณตอนที่ 4 mol

E1 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ MgCl₂ ในสารละลายตัวอย่าง A = (0.3)

(SF= 4, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

E2
$$g \text{ MgCl}_2 = \text{mol MgCl}_2 \times \frac{95.21 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} \quad (0.3)$$

จากวิธีการเตรียมสารละลายตัวอย่าง มี dilution factor เป็น 10

$$\text{ปริมาณของ MgCl}_2 \text{ ในสารละลายตัวอย่าง A} = 10 \times g \text{ MgCl}_2 \quad (0.3)$$

ตัวอย่าง

จำนวนโมลของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย 100 mL (จากการคำนวณตอนที่ 4) = 0.001979 mol

$$g \text{ MgCl}_2 = 0.001959 \text{ mol MgCl}_2 \times \frac{95.21 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} = 0.1865 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาณของ MgCl}_2 \text{ ในสารละลายตัวอย่าง A} = 10 \times 0.1865 \text{ g} = 1.865 \text{ g}$$

แสดงวิธีการคำนวณหาร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ NaCl ในสารละลายตัวอย่าง A (0.9 คะแนน)

กำหนดให้มวลต่อโมลของ NaCl 58.44 g/mol

จำนวนโมลของโซเดียมไอออนในสารละลาย 100 mL ที่ได้จากการคำนวณตอนที่ 4 mol

E3

ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ NaCl ในสารละลายตัวอย่าง A = (0.3)

(SF= 3, ไม่ถูกต้องหัก 0.15 คะแนน)

E4

$$g \text{ NaCl} = \text{mol NaCl} \times \frac{58.44 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} \quad (0.3)$$

จากวิธีการเตรียมสารละลายตัวอย่าง มี dilution factor เป็น 10

$$\text{ปริมาณของ NaCl ในสารละลายตัวอย่าง A} = 10 \times g \text{ NaCl} \quad (0.3)$$

ตัวอย่าง

จำนวนโมลของโซเดียมไอออนในสารละลาย 100 mL (จากการคำนวณตอนที่ 4) = 0.003342 mol

$$g \text{ MgCl}_2 = 0.00336 \text{ mol MgCl}_2 \times \frac{58.44 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} = 0.196 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาณของ NaCl ในสารละลายตัวอย่าง A} = 10 \times 0.196 \text{ g} = 1.96 \text{ g}$$

แบบรายงานผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 2 (15 คะแนน)

การสังเคราะห์และการหาปริมาณลิแกนด์ของสารประกอบเชิงซ้อนนิกเกิลตอนที่ 1 การสังเคราะห์สารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (4.8 คะแนน)A1 ปริมาตร en ที่เกินพออีก 10% ตามทฤษฎี mL (0.25)

(SF=3 ไม่ถูกต้องหัก 0.1 คะแนน)

A2 แสดงการคำนวณหาปริมาตร en ที่เกินพออีก 10% ตามทฤษฎี (0.5 คะแนน)

$\text{mol ของ } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{น้ำหนัก } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})}{237.70(\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$	<u>ตัวอย่าง</u> $= \frac{1.0144(\text{g})}{237.70(\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$
(0.1)	$= 4.2676 \times 10^{-3} \text{ mol}$
$\text{mol en} = 3 \times \text{mol Ni}^{2+}$	$= 3 \times 4.2676 \times 10^{-3} \text{ mol}$
(0.1)	$= 1.2803 \times 10^{-2} \text{ mol}$
$\text{น้ำหนัก en (g)} = \text{mol en (mol)} \times 60.10(\frac{\text{g}}{\text{mol}})$	$= 1.2803 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 60.10 \text{ g/mol}$
(0.1)	$= 0.7695 \text{ g}$
$10\% \text{ excess} = 1.1 \times \text{น้ำหนัก en}$	$= 1.1 \times 0.7695 \text{ g}$
(0.1)	$= 0.8464 \text{ g}$
$\text{ปริมาตร en (mL)} = \frac{\text{น้ำหนัก en (g)}}{\text{ความหนาแน่น}(\frac{\text{g}}{\text{mL}})}$	$= \frac{0.8464(\text{g})}{0.897(\frac{\text{g}}{\text{mL}})}$
$\text{ปริมาตร en (mL)} = \frac{\text{น้ำหนัก en (g)}}{0.897(\frac{\text{g}}{\text{mL}})}$	$= 0.944 \text{ mL}$
(0.1)	

หรือ

$$\text{น้ำหนักของ en (g)} = \frac{3}{1} \times \frac{\text{น้ำหนัก } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})}{\text{มวลโมเลกุล } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} \times \text{มวลโมเลกุล en}(\frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

$$\text{น้ำหนักของ en (g)} = \frac{3}{1} \times \frac{1.0144(\text{g})}{237.70(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} \times 60.10(\frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 0.7694 \text{ g}$$

(0.3)

$10\% \text{ excess} = 1.1 \times \text{น้ำหนัก en} \quad (0.1)$	$= 1.1 \times 0.7694 \text{ g}$
$\text{ปริมาตร en (mL)} = \frac{\text{น้ำหนัก en (g)}}{\text{ความหนาแน่น } (\frac{\text{g}}{\text{mL}})}$	$= 0.8463 \text{ g}$
$\text{ปริมาตร en (mL)} = \frac{\text{น้ำหนัก en (g)}}{0.897 (\frac{\text{g}}{\text{mL}})} \quad (0.1)$	$= \frac{0.8463 \text{ (g)}}{0.897 (\frac{\text{g}}{\text{mL}})}$
	$= 0.943 \text{ mL}$
การแสดงวิธีคำนวณใช้แบบใดก็ได้แต่ต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน	

ผลการทดลอง

A3	น้ำหนักของ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ขวด A) ที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักกระดาษกรองหมายเลข 1 ที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักกระดาษกรองที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักกระดาษกรอง + กระดาษกรอง + ที่สังเคราะห์ได้	.....	g
A4	น้ำหนักของสารเชิงซ้อนที่สังเคราะห์ได้		g (0.25)
A5	ร้อยละผลผลิตของ $[\text{Ni(en)}_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		(0.3)
(SF ไม่ถูกต้องหัก 0.1)			

ลักษณะทางกายภาพของสารที่สังเคราะห์ได้

A6		(0.3)
----	--	-------

	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อมูลที่ได้จากฉลาก (A3)	ถ้าไม่ระบุ น้ำหนักของ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ กระดาษกรองหมายเลข 1 และกระดาษกรอง <u>หรือระบุไม่ถูกต้องตามข้อมูลใน Excel</u> ที่ใดที่หนึ่งหัก 0.25 คะแนน
การบันทึกน้ำหนักสารที่สังเคราะห์ได้ (A4)	ทศนิยมของน้ำหนักสารสังเคราะห์ได้ต้องเป็น 2 ตำแหน่ง และจะต้องตรงกับข้อมูลบนป้ายชั่งสาร ถ้าไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง ให้ 0 คะแนน
เลขนัยสำคัญ (SF) ร้อยละผลผลิต (A5)	ขึ้นกับน้ำหนักที่ได้ ถ้าได้ 1.xx เลขนัยสำคัญ 3 ตัว ได้ 0.xx เลขนัยสำคัญ 2 ตัว

รหัสประจำตัวสอบ _____

ลักษณะทางกายภาพของสาร (A6)	ต้องระบุ <u>ลักษณะกายภาพของแข็ง</u> เช่น ผงละเอียด หรือ ผลึกขนาดเล็ก <u>และ สีม่วง</u> ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งให้ 0.15 คะแนน																								
ทักษะการกรองและการอบ (ACC)	พิจารณาจากร้อยละผลผลิตที่ได้จากการทดลอง (3.0 คะแนน) <table><tr><th colspan="2">%Yield</th><th>คะแนน</th></tr><tr><td colspan="2">$92.0 \leq \%Yield \leq 98.0$</td><td>3.0</td></tr><tr><td>$89.0 \leq \%Yield < 92.0$</td><td>$98.0 < \%Yield \leq 101.0$</td><td>2.5</td></tr><tr><td>$86.0 \leq \%Yield < 89.0$</td><td>$101.0 < \%Yield \leq 104.0$</td><td>2.0</td></tr><tr><td>$83.0 \leq \%Yield < 86.0$</td><td>$104.0 < \%Yield \leq 107.0$</td><td>1.5</td></tr><tr><td>$80.0 \leq \%Yield < 83.0$</td><td>$107.0 < \%Yield \leq 110.0$</td><td>1.0</td></tr><tr><td>$77.0 \leq \%Yield < 80.0$</td><td>$110.0 < \%Yield \leq 113.0$</td><td>0.5</td></tr><tr><td>$\%Yield < 77.0$</td><td>$113.0 < \%Yield$</td><td>0</td></tr></table> N=30, Average yield = 95.20 SD = 3.01	%Yield		คะแนน	$92.0 \leq \%Yield \leq 98.0$		3.0	$89.0 \leq \%Yield < 92.0$	$98.0 < \%Yield \leq 101.0$	2.5	$86.0 \leq \%Yield < 89.0$	$101.0 < \%Yield \leq 104.0$	2.0	$83.0 \leq \%Yield < 86.0$	$104.0 < \%Yield \leq 107.0$	1.5	$80.0 \leq \%Yield < 83.0$	$107.0 < \%Yield \leq 110.0$	1.0	$77.0 \leq \%Yield < 80.0$	$110.0 < \%Yield \leq 113.0$	0.5	$\%Yield < 77.0$	$113.0 < \%Yield$	0
%Yield		คะแนน																							
$92.0 \leq \%Yield \leq 98.0$		3.0																							
$89.0 \leq \%Yield < 92.0$	$98.0 < \%Yield \leq 101.0$	2.5																							
$86.0 \leq \%Yield < 89.0$	$101.0 < \%Yield \leq 104.0$	2.0																							
$83.0 \leq \%Yield < 86.0$	$104.0 < \%Yield \leq 107.0$	1.5																							
$80.0 \leq \%Yield < 83.0$	$107.0 < \%Yield \leq 110.0$	1.0																							
$77.0 \leq \%Yield < 80.0$	$110.0 < \%Yield \leq 113.0$	0.5																							
$\%Yield < 77.0$	$113.0 < \%Yield$	0																							

A7 แสดงวิธีการคำนวณร้อยละผลผลิตของสารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ที่สังเคราะห์ได้ (0.2 คะแนน)

การคำนวณร้อยละผลผลิต น้ำหนักสารตามทฤษฎี (g) $= \text{mol ของ } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $\times 345.93 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)$ (0.1) ร้อยละผลผลิต = $\frac{\text{น้ำหนักสารประกอบจากการทดลอง (g)}}{\text{น้ำหนักสารประกอบตามทฤษฎี (g)}} \times 100$ (0.1) การแสดงวิธีคำนวณต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน	
	<u>ตัวอย่าง</u> $= 4.2676 \times 10^{-3} \text{ mol} \times$ $345.93(\text{g/mol})$ $= 1.4763 \text{ g}$ $= \frac{1.40(\text{g})}{1.4763(\text{g})} \times 100$ $= 94.8 \%$

ตอนที่ 2 การสังเคราะห์สารเชิงซ้อน $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (5.0 คะแนน)

ผลการทดลอง

B1	น้ำหนักของ $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ขวด B) ที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักของ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ขวด C) ที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักกระดาษกรองหมายเลข 2 ที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักกระดาษกรองที่ระบุบนฉลาก	.....	g
	น้ำหนักกระดาษกรอง + กระดาษกรอง + สารประกอบที่สังเคราะห์ได้	.....	g
B2	น้ำหนักของสารเชิงซ้อนที่สังเคราะห์ได้		g (0.25)
B3	ร้อยละผลผลิตของ $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$		(0.25)
B4	(SF ไม่ถูกต้องหัก 0.1)		
	ลักษณะทางกายภาพของสารที่สังเคราะห์ได้		
			(0.3)

	เกณฑ์การให้คะแนน										
ข้อมูลที่ได้จากฉลาก (B1)	ถ้าไม่ระบุ น้ำหนักของ $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ น้ำหนักกระดาษกรองหมายเลข 2 น้ำหนักกระดาษกรอง หรือระบุไม่ถูกต้องตามข้อมูลใน Excel ที่ใดที่หนึ่งหัก 0.25 คะแนน										
การบันทึกน้ำหนักสารที่สังเคราะห์ได้ (B2)	ทศนิยมของน้ำหนักสารสังเคราะห์ได้ต้องเป็น 2 ตำแหน่งเท่านั้น และจะต้องตรงกับข้อมูลบนป้ายข้างสาร ถ้าไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่งให้ 0 คะแนน										
เลขนัยสำคัญ (SF) ร้อยละผลผลิต (B3)	ขึ้นกับน้ำหนักที่ได้ ถ้าได้ 1.xx เลขนัยสำคัญ 3 ตัว ได้ 0.xx เลขนัยสำคัญ 2 ตัว										
ลักษณะทางกายภาพและสีของแข็ง (B4)	ต้องระบุ <u>ลักษณะทางกายภาพของแข็ง</u> เช่น ผงละเอียด หรือ ผลึกขนาดเล็ก และ <u>สีฟ้า</u> ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งให้ 0.15 คะแนน										
ทักษะ seeding การกรอง และการอบ (ACC)	พิจารณาจากร้อยละผลผลิตที่ได้จากการทดลอง (3.0 คะแนน) <table border="1"> <thead> <tr> <th>%Yield</th><th>คะแนน</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$75.0 \leq \% \text{Yield} \leq 100.0$</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>$50.0 \leq \% \text{Yield} < 75.0$</td><td>2.0</td></tr> <tr> <td>$25.0 \leq \% \text{Yield} < 50.0$</td><td>1.0</td></tr> <tr> <td>$\% \text{Yield} < 25.0$</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	%Yield	คะแนน	$75.0 \leq \% \text{Yield} \leq 100.0$	3.0	$50.0 \leq \% \text{Yield} < 75.0$	2.0	$25.0 \leq \% \text{Yield} < 50.0$	1.0	$\% \text{Yield} < 25.0$	0
%Yield	คะแนน										
$75.0 \leq \% \text{Yield} \leq 100.0$	3.0										
$50.0 \leq \% \text{Yield} < 75.0$	2.0										
$25.0 \leq \% \text{Yield} < 50.0$	1.0										
$\% \text{Yield} < 25.0$	0										

B5 แสดงวิธีการคำนวณร้อยละผลผลิตของสารประกอบ $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ ที่สังเคราะห์ได้ (1.2)

สารกำหนดปริมาณคือ



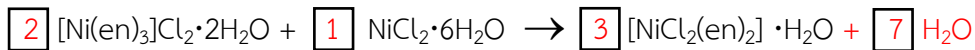
(0.2)

อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2]$ กับ สารกำหนดปริมาณ =

3:2

(0.1)

จุดสมดุลเคมี (0.2 คะแนน ต้องถูกต้องทั้งหมดเท่านั้น)



แสดงการหาสารกำหนดปริมาณ

$\text{mol ของ } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{น้ำหนัก } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})}{237.70(\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$ (0.1)	ตัวอย่าง $= \frac{0.2004(\text{g})}{237.70(\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$ $= 8.431 \times 10^{-4} \text{ mol}$
$\text{mol ของ } [\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{น้ำหนัก } [\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})}{345.93(\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$ (0.1)	$= \frac{0.5004(\text{g})}{345.93(\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$ $= 1.446 \times 10^{-3} \text{ mol}$
$\frac{\text{mol } [\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{\text{mol } \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = \frac{2}{1}$ (0.1)	$= \frac{1.446 \times 10^{-3} \text{ mol}}{8.431 \times 10^{-4} \text{ mol}}$ $= 1.715$ ดังนั้น $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ เป็นสารกำหนดปริมาณ

แสดงการคำนวณน้ำหนัก $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ ตามทฤษฎี

$\text{mol ของ } [\text{Ni}(\text{en})_2\text{Cl}_2] \cdot \text{H}_2\text{O} = \frac{3}{2} \times \text{mol ของ } [\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.1)	ตัวอย่าง $= \frac{3}{2} \times 1.446 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $= 2.169 \times 10^{-3} \text{ mol}$
น้ำหนักสารตามทฤษฎี (g) $= \text{mol ของ } [\text{Ni}(\text{en})_2\text{Cl}_2] \cdot \text{H}_2\text{O} \times 267.81(\frac{\text{g}}{\text{mol}})$ (0.1)	$= 2.169 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 267.81(\text{g/mol})$ $= 0.5809 \text{ g}$

แสดงการคำนวณร้อยละผลผลิตของ $[\text{NiCl}_2(\text{en})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$

$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักสารประกอบจากการทดลอง (g)}}{\text{น้ำหนักสารประกอบตามทฤษฎี (g)}} \times 100$ (0.2)	$= \frac{0.50(\text{g})}{0.5809(\text{g})} \times 100$ $= 86 \%$
การแสดงผลวิธีคำนวณต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน	

ตอนที่ 3 การหาค่าร้อยละโดยมวลของ en ในสารละลายตัวอย่าง $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ (5.2 คะแนน)

C1	ผลการตรวจจำนวนครั้งการไทเทรตโดยกรรมการ	.....
	☐ ไทเทรตครบ 2 ครั้ง ☐ ไทเทรต _____ ครั้ง	ลายมือชื่อกรรมการ

เกณฑ์การให้คะแนน

➤ ไทเทรต 2 ครั้งได้ 0.3 คะแนน ไทเทรต 1 ครั้งได้ 0.15 คะแนน

➤ ไม่มีลายเซ็นกรรมการ ไม่ได้คะแนน

ผลการทดลอง

ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ (ขวด D)	.....	g/L
ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl (ใช้ข้อมูลในเอกสาร 1)	.....	mol/L
ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย NaOH (ใช้ข้อมูลในเอกสาร 1)	.....	mol/L

ตารางที่ 1 บันทึกข้อมูลการไทเทรตเพื่อหาปริมาณ en

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
C2	สเกลบิวเรตเริ่มต้น (mL)		
C3	สเกลบิวเรตที่จุดยุติ (mL)		
C4	ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ (mL)	(0.1)	(0.1)
C5	ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลาย NaOH ที่ใช้ (mL)	(0.1)	

} ทศนิยม
2 ตำแหน่งC7 ร้อยละโดยมวลเฉลี่ยของ en ของสารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ (0.5)

(SF=3 ไม่ถูกต้องหัก 0.1)

C6

	เกณฑ์การให้คะแนน		
เลขนัยสำคัญ (SF)	C2-C5 ทศนิยม 2 ตำแหน่งถูกทุกช่อง 0.3 คะแนน ไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่งให้ 0 คะแนน		
Accuracy (ACC)	พิจารณาจากร้อยละโดยมวลเฉลี่ยของ en (3 คะแนน)		
	%en เฉลี่ย		คะแนน
	45.5 < %en < 48.5		3.0
	44.0 < %en ≤ 45.5	48.5 ≤ %en < 50.0	2.5
	42.5 < %en ≤ 44.0	50.0 ≤ %en < 51.5	2.0
	41.0 < %en ≤ 42.5	51.5 ≤ %en < 53.0	1.5
	39.5 < %en ≤ 41.0	53.0 ≤ %en < 54.5	1.0
	38.0 < %en ≤ 39.5	54.5 ≤ %en < 56.0	0.5
	%en ≤ 38.0	%en ≤ 56.0	0.0

C8 แสดงวิธีการคำนวณร้อยละโดยมวลของ en ในสารละลายตัวอย่าง D (0.8 คะแนน)

การคำนวณน้ำหนักของสารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ ในสารละลายตัวอย่าง D ปริมาตร 10 mL

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักสารประกอบในสารละลาย 10 mL} &= \text{ความเข้มข้นสารประกอบ} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \times 10.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 5.3200 \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \times 10.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 0.05320 \text{ (g)} \end{aligned} \quad (0.2)$$

การคำนวณน้ำหนักของ en ในสารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ ในสารละลายตัวอย่าง D ปริมาตร 10 mL

$\text{mol NaOH} = [\text{NaOH}] \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \times \text{ปริมาตรที่ใช้ (mL)} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \quad (0.1)$	<u>ตัวอย่าง</u> $= 0.2200 \text{ (mol/L)} \times 5.65 \text{ (mL)} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$ $= 1.24 \times 10^{-3} \text{ mol}$
$\text{mol HCl เริ่มต้น} = [\text{HCl}] \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \times \text{ปริมาตรที่ใช้ (mL)} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \quad (0.1)$	$= 0.2117 \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \times 10.00 \text{ (mL)} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$ $= 2.117 \times 10^{-3} \text{ mol}$
$\text{จำนวนโมล HCl ที่ใช้ไป} = \text{โมลของ HCl เริ่มต้น} - \text{โมล NaOH} \quad (0.1)$	$= (2.117 - 1.24) \times 10^{-3} \text{ mol}$ $= 0.88 \times 10^{-3} \text{ mol}$
$\text{mol en} = \frac{\text{mol HCl ที่ใช้ไป}}{2} \quad (0.1)$	$= \frac{8.8 \times 10^{-4} \text{ mol}}{2}$ $= 4.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$
$\text{น้ำหนัก en (g)} = \text{mol en (mol)} \times 60.10 \text{ (g/mol)} \quad (0.1)$	$= 4.4 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 60.10 \text{ (g/mol)}$ $= 2.6 \times 10^{-2} \text{ g}$

หรือ

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนัก en (g)} &= 1/2 \times ((0.2117 \text{ (mol/L)} \times 10.00 \text{ (mL)} \times 1 \text{ L}/1000 \text{ mL}) \\ &\quad - (0.2200 \text{ (mol/L)} \times 5.65 \text{ (mL)} \times 1 \text{ L}/1000 \text{ mL})) \times 60.10 \text{ (g/mol)} \\ &= 2.6 \times 10^{-2} \text{ g} \end{aligned} \quad (0.5)$$

การหาร้อยละโดยมวลของ en ในสารประกอบ $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ ในสารละลายตัวอย่าง D

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละ en ในสารประกอบ} &= \frac{\text{น้ำหนัก en ที่คำนวณได้ในปริมาตร 10 mL (g)}}{\text{น้ำหนักของ } [\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+} \text{ ในปริมาตร 10 mL (g)}} \times 100 \\ &= \frac{2.6 \times 10^{-2} \text{ (g)}}{0.05320 \text{ (g)}} \times 100 \\ &= 49 \% \end{aligned} \quad (0.1)$$

การแสดงวิธีคำนวณต้องมีหน่วยกำกับ ถ้าไม่มีหน่วย ไม่ให้คะแนน