



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 12
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

8 มิถุนายน 2559

เวลา 08.30 – 13.30 น.

๒
เฉลยข้อสอบภาคปฏิบัติ

ศูนย์ สอว.

เลขประจำตัวสอบ.....

แบบรายงานผลการทดลองที่ 1

การหาปริมาณไอออนซัลเฟตและความกระด้างของตัวอย่างน้ำ (27 คะแนน)

ตัวอย่างน้ำหมายเลข XXXX.....

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Mg^{2+} = ...0.03010..... M

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน EDTA = ...0.1000..... M

ตารางที่ 1 ข้อมูลการไทเทรต (6 คะแนน)

ตอนที่	ข้อมูลการทดลอง	การทดลองครั้งที่		
		1	2	3
1	ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (mL)	25.00	25.00	25.00
	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน EDTA (mL)	10.00	10.00	10.00
	สเกลบิวเรตเริ่มต้น (mL)	0.00 (0.1 คะแนน)	0.00 (0.1 คะแนน)	0.00 (0.1 คะแนน)
	สเกลบิวเรตที่จุดยุติ (mL)	17.22 (0.1 คะแนน)	17.20 (0.1 คะแนน)	17.15 (0.1 คะแนน)
	ปริมาตรที่ใช้สุทธิ (mL)	17.22 (0.2 คะแนน)	17.20 (0.2 คะแนน)	17.15 (0.2 คะแนน)
	ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน Mg^{2+} ที่ใช้ที่จุดยุติ (mL)	17.19 (0.2 คะแนน)		
2	ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (mL)	25.00	25.00	25.00
	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน $BaCl_2$ (mL)	10.00	10.00	10.00
	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน EDTA (mL)	10.00	10.00	10.00
	สเกลบิวเรตเริ่มต้น (mL)	0.00	0.00	0.00
	สเกลบิวเรตที่จุดยุติ (mL)	11.25	11.15	11.10
	ปริมาตรที่ใช้สุทธิ (mL)	11.25	11.15	11.10
	ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน Mg^{2+} ที่ใช้ที่จุดยุติ (mL)		11.17	

เกณฑ์การให้คะแนน

- การบันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน Mg^{2+} ของแต่ละตอน โดยให้คะแนนช่องละ 0.1 คะแนน ส่วนช่องที่มีการคำนวณให้ช่องละ 0.2 คะแนน นักเรียนต้องบันทึกทศนิยมสองตำแหน่ง หากมีช่องใดช่องหนึ่งบันทึกปริมาตรไม่เป็นไปตามเกณฑ์ **หัก 0.5 คะแนนต่อตอน** (ดูตัวอย่างการให้คะแนนตอนที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลการไทเทรต (ต่อ)

ตอนที่	ข้อมูลการทดลอง	การทดลองครั้งที่		
		1	2	3
3	ปริมาตรน้ำปราศจากไอออน (mL)	25.00	25.00	25.00
	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน BaCl_2 (mL)	10.00	10.00	10.00
	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน EDTA (mL)	10.00	10.00	10.00
	สเกลปิวเรตเริ่มต้น (mL)	0.00	0.00	0.00
	สเกลปิวเรตที่จุดยุติ (mL)	17.20	17.15	17.15
	ปริมาตรที่ใช้สุทธิ (mL)	17.20	17.15	17.15
	ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน Mg^{2+} ที่ใช้ที่จุดยุติ (mL)		17.17	
ผลการตรวจจำนวนครั้งการไทเทรตจากกรรมการ ***ไทเทรตไม่ครบ -1.0 คะแนนต่อขวด***		☐ ไทเทรตครบ 9 ขวด ☐ ไทเทรต ขวด (ลายเซ็นกรรมการที่ตรวจ)		
		ค่าที่ได้จากการคำนวณ		
1.	mmol Mg^{2+} เฉลี่ยที่ใช้ที่จุดยุติในตอนต้นที่ 1	0.5174	(0.2 คะแนน)	
2.	mmol Mg^{2+} เฉลี่ยที่ใช้ที่จุดยุติในตอนต้นที่ 2	0.3362	(0.2 คะแนน)	
3.	mmol Mg^{2+} เฉลี่ยที่ใช้ที่จุดยุติในตอนต้นที่ 3	0.5168	(0.2 คะแนน)	
4.	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BaCl_2 (M)	0.0483	(0.4 คะแนน)	
5.	ความกระด้างของตัวอย่างน้ำ (ppm CaCO_3)	1.93×10^3 หรือ 1930	(0.4 คะแนน)	
		หรือ 1934	(0.2 คะแนน)	
6.	ปริมาณไอออนซัลเฟต (% w/v)	0.116	(0.4 คะแนน)	

เกณฑ์การให้คะแนน

2. จำนวนครั้งการไทเทรต หากไทเทรตไม่ครบ 9 ขวด หัก 1.0 คะแนนต่อขวด

3. ค่าที่ได้จากการคำนวณ พิจารณาจากค่าที่ได้และเลขนัยสำคัญ เช่น

ค่าที่ได้จากการคำนวณ mmol Mg^{2+} เฉลี่ยที่ใช้ที่จุดยุติในตอนต้นที่ 1

ถ้าตอบ 0.517x ได้ 0.2 คะแนน

0.517 หรือ 0.51742 ได้ 0.1 คะแนน (เลขนัยสำคัญไม่ถูกต้อง)

0.5 หรือ 0.51 หรือ 0.52 ได้ 0 คะแนน

การคำนวณ (11 คะแนน)

จงแสดงการคำนวณอย่างละเอียด โดยตัวเลขที่มีหน่วยต้องเขียนหน่วยทั้งหมด หากเขียนไม่ครบจะถูกหัก 0.5 คะแนนต่อข้อ

1. ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BaCl_2 (3 คะแนน)

วิธีคำนวณ

$$\text{mmol Mg}^{2+} \text{ (titrant) ที่ใช้} = \text{mmol EDTA ที่เติม} - \text{mmol Ba}^{2+} \text{ ที่เติม} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{mmol Ba}^{2+} \text{ ที่เติม} &= \text{mmol EDTA ที่เติม} - \text{mmol Mg}^{2+} \text{ (titrant) ที่ใช้} \\ &= \left(\frac{0.1000 \text{ mmol EDTA}}{\text{mL}} \times 10.00 \text{ mL} \right) - \left(\frac{0.03010 \text{ mmol Mg}^{2+}}{\text{mL}} \times 17.17 \text{ mL} \right) \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.000 - 0.5168 = 0.483 \text{ mmol} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BaCl}_2 = \frac{0.483 \text{ mmol}}{10.00 \text{ mL}} = 0.0483 \text{ M} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

หรือ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BaCl_2 =

$$\begin{aligned} &\left(\frac{0.1000 \text{ mmol EDTA}}{\text{mL}} \times 10.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ mmol Ba}^{2+}}{1 \text{ mmol EDTA}} \times \frac{1 \text{ mmol BaCl}_2}{1 \text{ mmol Ba}^{2+}} \right) - \left(\frac{0.03010 \text{ mmol Mg}^{2+}}{\text{mL}} \times 17.17 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ mmol EDTA}}{1 \text{ mmol Mg}^{2+}} \times \frac{1 \text{ mmol Ba}^{2+}}{1 \text{ mmol EDTA}} \times \frac{1 \text{ mmol BaCl}_2}{1 \text{ mmol Ba}^{2+}} \right) \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &\quad (1 \text{ คะแนน}) \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &= 0.0483 \text{ M} \end{aligned}$$

2. ความกระต่างของตัวอย่างน้ำ (4 คะแนน)

วิธีคำนวณ

mmol Mg^{2+} (titrant) ที่ใช้ = mmol EDTA ที่เติม - mmol Mg^{2+} ในตัวอย่างน้ำ (1 คะแนน)mmol Mg^{2+} ในตัวอย่างน้ำ = mmol EDTA ที่เติม - mmol Mg^{2+} (titrant) ที่ใช้

$$= \left(\frac{0.1000 \text{ mmol EDTA}}{\text{mL}} \times 10.00 \text{ mL} \right) - \left(\frac{0.03010 \text{ mmol } Mg^{2+}}{\text{mL}} \times 17.19 \text{ mL} \right) \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.000 - 0.5174 = 0.483 \text{ mmol}$$

ดังนั้น ความกระต่างของตัวอย่างน้ำ (ppm $CaCO_3$)

$$= \frac{(0.483 \text{ mmol } Mg^{2+}) \left(\frac{1 \text{ mmol } Ca^{2+}}{1 \text{ mmol } Mg^{2+}} \right) \left(\frac{1 \text{ mmol } CaCO_3}{1 \text{ mmol } Ca^{2+}} \right) \left(\frac{100.09 \text{ mg } CaCO_3}{1 \text{ mmol } CaCO_3} \right)}{25.00 \times 10^{-3} \text{ L}} \quad (2 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.93 \times 10^3 \text{ หรือ } 1930 \text{ ppm } CaCO_3$$

หรือ

ความกระต่างของตัวอย่างน้ำ (ppm $CaCO_3$)

(1 คะแนน) $\left(\frac{0.1000 \text{ mmol EDTA}}{\text{mL}} \times 10.00 \text{ mL} \right) \left(\frac{1 \text{ mmol } Mg^{2+}}{1 \text{ mmol EDTA}} \right)$	(1 คะแนน) $- \left(\frac{0.03010 \text{ mmol } Mg^{2+}}{\text{mL}} \times 17.19 \text{ mL} \right)$	(1 คะแนน) $\left(\frac{1 \text{ mmol } Ca^{2+}}{1 \text{ mmol } Mg^{2+}} \right) \left(\frac{1 \text{ mmol } CaCO_3}{1 \text{ mmol } Ca^{2+}} \right) \left(\frac{100.09 \text{ mg } CaCO_3}{1 \text{ mmol } CaCO_3} \right)$
$= \frac{\hspace{10em}}{25.00 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L}}$		
(1 คะแนน)		

$$= 1.93 \times 10^3 \text{ หรือ } 1930 \text{ ppm } CaCO_3$$

3. ปริมาณไอออนซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในตัวอย่างน้ำ (4 คะแนน)

วิธีคำนวณ

mmol Mg^{2+} (titrant) = mmol EDTA ที่เติม - mmol Mg^{2+} ในตัวอย่าง - mmol Ba^{2+} มากเกินไปพอ (1 คะแนน)mmol Ba^{2+} มากเกินไปพอ= mmol EDTA ที่เติม - mmol Mg^{2+} ในตัวอย่าง - mmol Mg^{2+} (titrant)

$$= \left(\frac{0.1000 \text{ mmol EDTA}}{\text{mL}} \times 10.00 \text{ mL} \right) - (0.483 \text{ mmol } \text{Mg}^{2+}) - \left(\frac{0.03010 \text{ mmol } \text{Mg}^{2+}}{\text{mL}} \times 11.17 \text{ mL} \right) \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.000 - 0.483 - 0.3362 = 0.181 \text{ mmol}$$

mmol Ba^{2+} ที่ทำปฏิกิริยากับ SO_4^{2-} = mmol Ba^{2+} ที่เติม - mmol Ba^{2+} ที่มากเกินไปพอ

$$= \left(\frac{0.0483 \text{ mmol } \text{Ba}^{2+}}{\text{mL}} \times 10.00 \text{ mL} \right) - 0.181 \text{ mmol } \text{Ba}^{2+} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.302 \text{ mmol } \text{Ba}^{2+} = 0.302 \text{ mmol } \text{SO}_4^{2-} \text{ ในตัวอย่างน้ำ}$$

ดังนั้น

% w/v SO_4^{2-} ในตัวอย่างน้ำ

$$= \frac{(0.302 \text{ mmol } \text{SO}_4^{2-}) \left(\frac{96.06 \text{ mg } \text{SO}_4^{2-}}{1 \text{ mmol } \text{SO}_4^{2-}} \right) \left(\frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} \right)}{25.00 \text{ mL}} \times 100 \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.116$$

หรือ

% w/v SO_4^{2-} ในตัวอย่างน้ำ

$$= \frac{(0.302 \text{ mmol } \text{Ba}^{2+}) \left(\frac{1 \text{ mmol } \text{SO}_4^{2-}}{1 \text{ mmol } \text{Ba}^{2+}} \right) \left(\frac{96.06 \text{ mg } \text{SO}_4^{2-}}{1 \text{ mmol } \text{SO}_4^{2-}} \right) \left(\frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} \right)}{25.00 \text{ mL}} \times 100$$

$$= 0.116$$

เกณฑ์การให้คะแนนอื่น ๆ (10 คะแนน)

1. คะแนน accuracy

(8 คะแนน)

พิจารณาจาก

1.1 ค่าความกระด้างของตัวอย่างน้ำ (ppm CaCO_3) (4 คะแนน)

ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 1.0 \%$	ได้ 4 คะแนน
ค่าจริง $\pm 1.0 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 1.5 \%$	ได้ 3 คะแนน
ค่าจริง $\pm 1.5 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 2.0 \%$	ได้ 2 คะแนน
ค่าจริง $\pm 2.0 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 2.5 \%$	ได้ 1 คะแนน
ค่าที่ได้ > ค่าจริง $\pm 2.5 \%$	ได้ 0 คะแนน

1.2 % w/v SO_4^{2-} ในตัวอย่างน้ำ (4 คะแนน)

ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 2.0 \%$	ได้ 4 คะแนน
ค่าจริง $\pm 2.0 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 3.0 \%$	ได้ 3 คะแนน
ค่าจริง $\pm 3.0 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 4.0 \%$	ได้ 2 คะแนน
ค่าจริง $\pm 4.0 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 5.0 \%$	ได้ 1 คะแนน
ค่าที่ได้ > ค่าจริง $\pm 5.0 \%$	ได้ 0 คะแนน

2. คะแนน precision

(2 คะแนน)

พิจารณาจาก %RSD ของปริมาตรไทเทรนต์ที่ใช้ในตอนที่ 2

%RSD ≤ 0.75	ได้ 2 คะแนน
$0.75 < \text{\%RSD} \leq 1.00$	ได้ 1.5 คะแนน
$1.00 < \text{\%RSD} \leq 1.50$	ได้ 1 คะแนน
$1.50 < \text{\%RSD} \leq 2.00$	ได้ 0.5 คะแนน
%RSD > 2.00	ได้ 0 คะแนน

แบบรายงานผลการทดลองที่ 2
การหาปริมาณของอะลูมิเนียมในแผ่นโลหะตัวอย่าง (13 คะแนน)

ความดันบรรยากาศ 751.5..... mm Hg

อุณหภูมิ 32.0..... °C

(ประกาศในห้องสอบ)

ตารางที่ 2 ข้อมูลการทดลองและการคำนวณ (8.5 คะแนน)

	การทดลองครั้งที่	
	1	2
ค่าที่ได้จากการทดลอง		
น้ำหนักแผ่นโลหะตัวอย่าง (g)	0.0208	0.0205
ระดับน้ำในบิวเรตก่อนเริ่มปฏิกิริยา (mL)	50.00	50.00
ระดับน้ำในบิวเรตหลังสิ้นสุดปฏิกิริยา (mL)	20.50	21.50
ความสูงของน้ำในบิวเรตจากระดับผิวน้ำในปิกเกอร์ (h, cm)	24.50	28.60
ความดันไอน้ำอิ่มตัว (mm Hg)	36.0	
กรรมการลงนาม		
ค่าที่ได้จากการคำนวณ		
ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนในบิวเรต (mL)	29.50	28.50
ความดันอันเนื่องมาจากน้ำหนักของน้ำสูง h cm (mm Hg)	18.01	21.03
ความดันของแก๊สไฮโดรเจน (mm Hg)	697.5	694.5
จำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจน (mol)	1.08×10^{-3}	1.04×10^{-3}
จำนวนโมลของอะลูมิเนียม (mol)	7.20×10^{-4}	6.93×10^{-4}
น้ำหนักของอะลูมิเนียม (g)	0.0194	0.0187
% w/w ของอะลูมิเนียมในแผ่นโลหะตัวอย่าง	93.3	91.2
ค่าเฉลี่ยของ % w/w ของอะลูมิเนียมในแผ่นโลหะตัวอย่าง	92.2	

เกณฑ์การให้คะแนน

1. จำนวนครั้งของการทดลองและค่าที่ได้จากการทดลอง

(4 คะแนน)

- จำนวนครั้งของการทดลอง 1 ครั้ง = 2 คะแนน 2 ครั้ง = 4 คะแนน
- หากเลขนัยสำคัญผิดที่ใดที่หนึ่ง หัก 0.5 คะแนน
- หากอ่านค่าความดันโลหิตน้ำอ้อมตัวจากกราฟไม่ถูกต้อง หัก 0.5 คะแนน
(ค่าความดันโลหิตน้ำอ้อมตัวที่อ่านได้ > ค่าที่ถูกต้อง ± 0.2 mm Hg)

2. ค่าที่ได้จากการคำนวณ

(3 คะแนน)

- ความถูกต้องของค่าที่คำนวณได้ ชั่งละ 0.2 คะแนน 15 ชั่ง รวม 3 คะแนน
- หากเลขนัยสำคัญผิดที่ใดที่หนึ่ง หัก 0.5 คะแนน

3. คะแนน accuracy ของ % w/w ของอะลูมิเนียมในแผ่นโลหะตัวอย่าง

(1.5 คะแนน)

ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 3 \%$	ได้ 1.5 คะแนน
ค่าจริง $\pm 3 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 6 \%$	ได้ 1 คะแนน
ค่าจริง $\pm 6 \%$ < ค่าที่ได้ $\leq$ ค่าจริง $\pm 10 \%$	ได้ 0.5 คะแนน
ค่าที่ได้ > ค่าจริง $\pm 10 \%$	ได้ 0 คะแนน

การคำนวณ (4.5 คะแนน)

จงแสดงการคำนวณอย่างละเอียด โดยใช้ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1 และต้องเขียนหน่วยทั้งหมด หากเขียนไม่ครบจะหัก 0.5 คะแนน

1. จำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจน (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (3 คะแนน)

วิธีคำนวณ

ความดันอันเนื่องมาจากน้ำหนักของน้ำสูง h cm (mm Hg)

$$= (h \text{ cm H}_2\text{O}) \times \frac{1 \text{ cm Hg}}{13.6 \text{ cm H}_2\text{O}} \times \frac{10 \text{ mm Hg}}{1 \text{ cm Hg}} = \frac{10 h}{13.6} \text{ mm Hg} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= \frac{10 \times 24.50}{13.6} = 18.01 \text{ mm Hg}$$

ความดันของแก๊สไฮโดรเจน

= ความดันบรรยากาศ - ความดันไอน้ำอิ่มตัว - ความดันอันเนื่องมาจากน้ำหนักของน้ำสูง h cm (1 คะแนน)

$$= 751.5 - 36.0 - 18.01 = 697.5 \text{ mm Hg}$$

$$\text{จำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจน} = \frac{PV}{RT} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

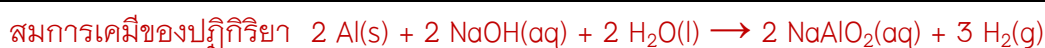
$$= \frac{P (\text{atm}) V (\text{L})}{0.0821 (\text{L atm mol}^{-1} \text{K}^{-1}) T (\text{K})}$$

$$= \frac{\left(697.5 \text{ mm Hg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} \right) \left(29.50 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right)}{(0.0821 \text{ L atm mol}^{-1} \text{K}^{-1})(32.0 + 273.15 \text{ K})} \quad (0.75 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.08 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

2. ร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) ของอะลูมิเนียมในแผ่นโลหะตัวอย่าง (1.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ



$$\text{จำนวนโมลของอะลูมิเนียม} = \frac{2}{3} \text{ จำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจน} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= \frac{2}{3} \times 1.08 \times 10^{-3} = 7.20 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{น้ำหนักของอะลูมิเนียม} = \text{mol Al} \times \text{AW}_{\text{Al}} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 7.20 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{26.98 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0.0194 \text{ g}$$

$$\% \text{ w/w อะลูมิเนียมในแผ่นโลหะตัวอย่าง} = \frac{\text{น้ำหนักของอะลูมิเนียม}}{\text{น้ำหนักแผ่นโลหะตัวอย่าง}} \times 100 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= \frac{0.0194 \text{ g}}{0.0208 \text{ g}} \times 100 = 93.3$$