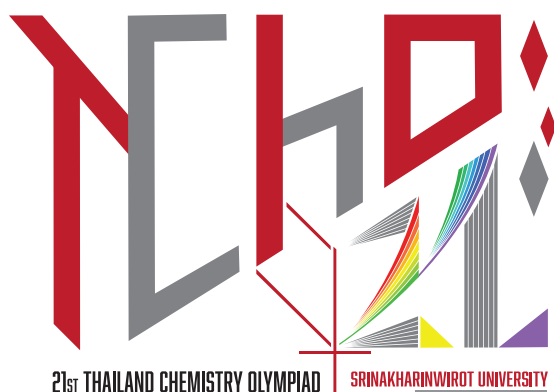




การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วันพุธที่ 21 พฤษภาคม 2568
เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคปฏิบัติ

การทดลองที่ 1 (คะแนนรวม 13 คะแนน)

การวิเคราะห์ปริมาณ Na_3PO_4 และ Na_2HPO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ด้วยการไทเทรตแบบกรด-เบส

ตารางที่ 1 ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไทเทรตโดยใช้ phenolphthalein และ methyl purple เป็นอินดิเคเตอร์ (11 คะแนน)

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
สเกลเริ่มต้น (mL) เมื่อใช้ phenolphthalein	0.00	0.00	0.00
สเกลที่จุดยุติ (mL) เมื่อใช้ phenolphthalein	7.70	7.65	7.65
สเกลที่จุดยุติ (mL) เมื่อใช้ methyl purple	22.20	22.20	22.10

สำหรับการกรรมการคุมสอบเท่านั้น

ตรวจเฉพาะขวดปรอทที่ไทเทรตแล้วเท่านั้น หากเพิ่งก่อนการตรวจจะถือว่านักเรียนไม่ได้ทำการไทเทรต

จำนวนครั้งในการไทเทรต ☐ 1 ครั้ง ☐ 2 ครั้ง ☐ 3 ครั้ง

ลายมือชื่อกรรมการ.....

เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 1 (11 คะแนน)

1A. การบันทึกปริมาตร (1 คะแนน)

บันทึกปริมาตร เลขนัยสำคัญถูกต้องทุกช่อง	1 คะแนน
เลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	0 คะแนน

1B-1. Precision สำหรับ Phenolphthalein (1 คะแนน) **ต้องไทเทรตอย่างน้อย 2 ครั้ง จึงจะให้คะแนน**

ผลต่างของปริมาตร $\text{max} - \text{min} \leq 0.20 \text{ mL}$	1 คะแนน
$0.20 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \text{max} - \text{min} \leq 0.50 \text{ mL}$	0.5 คะแนน
$0.50 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \text{max} - \text{min}$	0 คะแนน

1B-2. Precision สำหรับปริมาตรรวม (1 คะแนน) **ต้องไทเทรตอย่างน้อย 2 ครั้ง จึงจะให้คะแนน**

ผลต่างของปริมาตร $\text{max} - \text{min} \leq 0.20 \text{ mL}$	1 คะแนน
$0.20 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \text{max} - \text{min} \leq 0.50 \text{ mL}$	0.5 คะแนน
$0.50 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \text{max} - \text{min}$	0 คะแนน

1C. จำนวนครั้งของการไทเทรต (1 คะแนน)

ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	1 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.5 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.3 คะแนน
ไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0 คะแนน

1D-1. Accuracy สำหรับ Phenolphthalein (3.5 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq SD$	3.5 คะแนน
$SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	$0 < \text{คะแนน} < 3$
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน
1D-2. Accuracy สำหรับ Methyl Purple (3.5 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq SD$	3.5 คะแนน
$SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	$0 < \text{คะแนน} < 3$
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน

เขียนสมการเคมีปฏิกิริยาการไทเทรตที่จุดยุติที่ 1 และ 2 (0.5 คะแนน)

จุดยุติที่ 1



จุดยุติที่ 2



เกณฑ์การให้คะแนนการเขียนสมการเคมี (0.5 คะแนน)	
แสดงสูตรเคมีที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาและสัมประสิทธิ์จำนวนโมล ถูกต้องทั้งหมด (สามารถตอบเป็นสมการไอออนิกสุทธิได้)	0.25×2 (สมการ) = 0.5 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นของ Na_3PO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ ในหน่วย mol/L โดยใช้ปริมาตร HCl เฉลี่ยในการคำนวณ (0.5 คะแนน)

ปริมาตร HCl เฉลี่ย เมื่อใช้ phenolphthalein = 7.67 mL

วิธีคำนวณ

$$\left(7.67 \text{ mL HCl} \times 0.0510 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} \text{HCl} \right) \times \frac{(1 \text{ mmol Na}_3\text{PO}_4)}{(1 \text{ mmol HCl})} \times \frac{1}{10.00 \text{ mL buffer}}$$

ความเข้มข้นของ Na_3PO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ = 0.0391 mol/L

เกณฑ์การให้คะแนนการคำนวณความเข้มข้นของ Na_3PO_4 (0.5 คะแนน)	
ค่าเฉลี่ยปริมาตร HCl สำหรับการคำนวณหาความเข้มข้นของ Na_3PO_4 ถูกต้อง	0.1 คะแนน
แสดงวิธีคำนวณถูกต้อง	0.2 คะแนน
ผลลัพธ์ความเข้มข้นถูกต้อง (ถ้าเลขนัยสำคัญผิด -0.1 คะแนน)	0.2 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นของ Na_2HPO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ ในหน่วย mol/L โดยใช้ปริมาตร HCl เฉลี่ยในการคำนวณ (0.5 คะแนน)

ปริมาตร HCl เฉลี่ย เมื่อใช้ methyl purple = 14.50 mL

วิธีคำนวณ

$$\left((14.50 - 7.67) \text{ mL HCl} \times 0.0510 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} \text{HCl} \right) \times \frac{(1 \text{ mmol Na}_2\text{HPO}_4)}{(1 \text{ mmol HCl})} \times \frac{1}{10.00 \text{ mL buffer}}$$

ความเข้มข้นของ Na_2HPO_4 ในสารละลายบัฟเฟอร์ = 0.0348 mol/L

เกณฑ์การให้คะแนนการคำนวณความเข้มข้นของ Na_2HPO_4 (0.5 คะแนน)	
ค่าเฉลี่ยปริมาตร HCl สำหรับการคำนวณหาความเข้มข้นของ Na_2HPO_4 ถูกต้อง	0.1 คะแนน
แสดงวิธีคำนวณถูกต้อง	0.2 คะแนน
ผลลัพธ์ความเข้มข้นถูกต้อง (ถ้าเลขนัยสำคัญผิด -0.1 คะแนน)	0.2 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ (0.5 คะแนน)

(กำหนดค่า pK_a ของ H_3PO_4 คือ 2.148, 7.198, 12.319)

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_a - \log \frac{[\text{acid}]}{[\text{base}]} = \text{pK}_a - \log \frac{[\text{Na}_2\text{HPO}_4]}{[\text{Na}_3\text{PO}_4]} && (0.1 \text{ คะแนน}) \\ \text{pH} &= 12.319 - \log \frac{[0.0348]}{[0.0391]} && (\text{แทนค่าถูกต้อง } 0.3 \text{ คะแนน}) \\ &= 12.3696 && (\text{คำตอบถูกต้อง } 0.1 \text{ คะแนน}) \end{aligned}$$

pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ = ≈ 12.370

การทดลองที่ 2 (คะแนนรวม 15 คะแนน)

การหาปริมาณ Fe^{3+} ด้วยปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ catechol ในสารสกัดชาเขียว

ตอนที่ 2: การหาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัด catechol ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Fe^{3+}
(รวม 2.7 คะแนน)

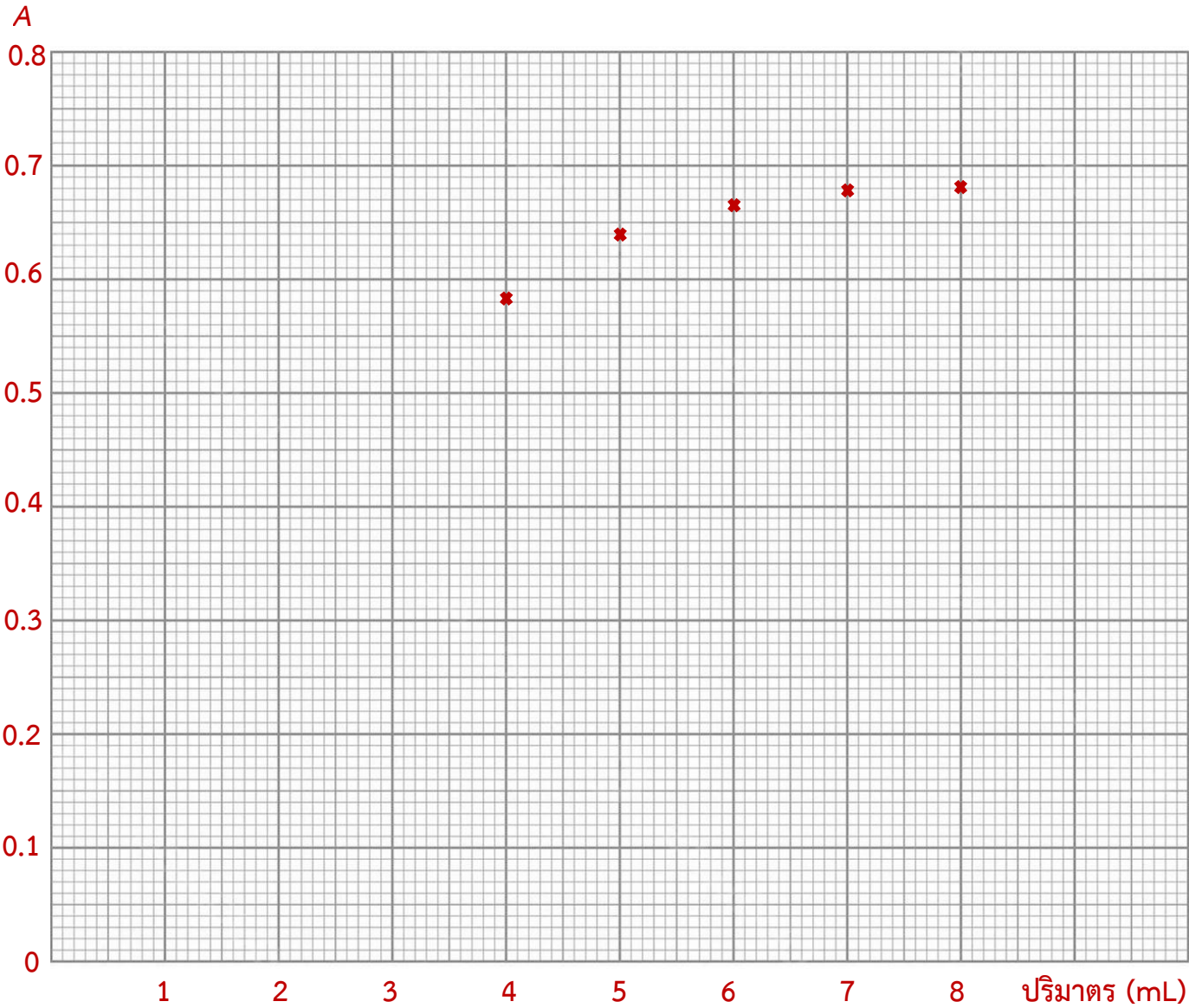
ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2 (0.2 คะแนน)

ขวดที่	ปริมาตรสารสกัด catechol (mL)	แอมซอร์เบ้นซ์ (A)	A เมื่อลบค่าของแบล็ก
แบล็ก	—	0.011	—
1	4.00	0.587	0.576
2	5.00	0.651	0.640
3	6.00	0.678	0.667
4	7.00	0.690	0.679
5	8.00	0.694	0.683

สำหรับกรรมการคุมสอบเท่านั้น <u>ตรวจค่าแอมซอร์เบ้นซ์ (A) ยืนยันผลการทดลอง</u>
ลายมือชื่อกรรมการ.....

เกณฑ์การให้คะแนนตารางผลการทดลองตอนที่ 2 (0.2 คะแนน)	
เลขนัยสำคัญของค่า A	ถูกต้องทั้งหมดได้ 0.2 คะแนน ผิด 1 ช่อง ได้ 0.1 คะแนน ผิดมากกว่า 1 ช่อง ได้ 0 คะแนน

สร้างกราฟเพื่อหาปริมาณสารสกัด catechol ที่เหมาะสม (0.5 คะแนน)



เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างกราฟเพื่อหาปริมาณ catechol ที่เหมาะสม (0.5 คะแนน)	
ระบุชื่อแกนและหน่วยถูกต้อง	แกนละ 0.10 คะแนน *2 แกน = 0.2 คะแนน
ระบุสเกลของแกนได้อย่างถูกต้อง	แกนละ 0.10 คะแนน *2 แกน = 0.2 คะแนน
ใช้พื้นที่ในกราฟได้อย่างเหมาะสม โดยให้ใช้พื้นที่อย่างน้อยครึ่งหนึ่งของกราฟ	0.1 คะแนน

ปริมาตร catechol ที่เหมาะสม (2 คะแนน)

ปริมาตร catechol ที่น้อยที่สุดและเพียงพอ =

7.00

mL

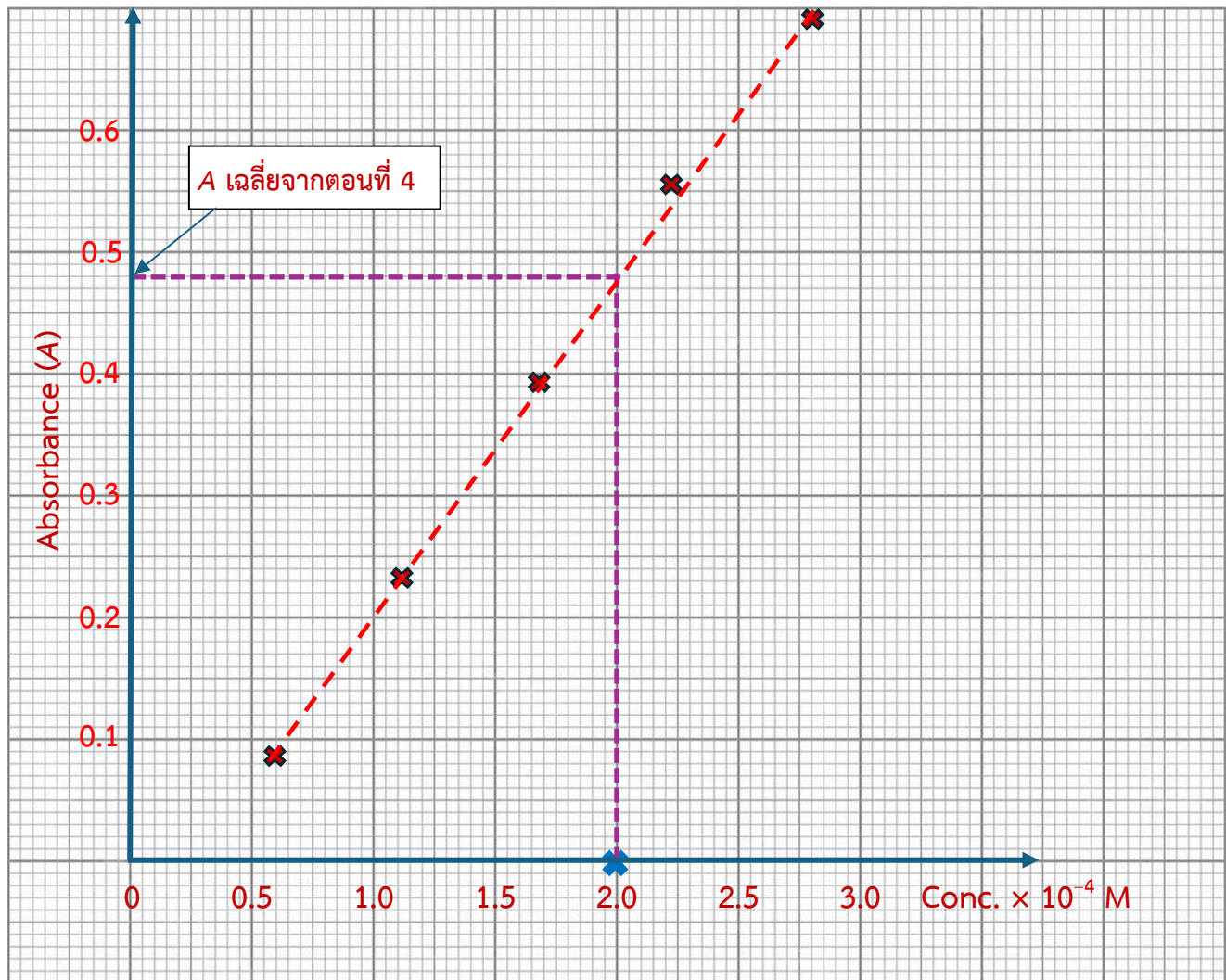
เกณฑ์การให้คะแนนปริมาตร catechol ที่เหมาะสม (2 คะแนน)	
ปริมาตรที่น้อยที่สุดและเพียงพอสำหรับเกิดปฏิกิริยาถูกต้อง (6.00–7.00 mL)	2 คะแนน
ปริมาตรสูงกว่าที่เหมาะสม (8.00 mL)	1 คะแนน
ปริมาตรน้อยกว่าที่เหมาะสม (< 6.00 mL)	0 คะแนน

ตอนที่ 3: การสร้างกราฟมาตรฐาน Fe³⁺ (รวม 4.7 คะแนน)

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 3 (1.2 คะแนน)

ขวดที่	ปริมาตร Fe ³⁺ (mL)	ความเข้มข้น Fe ³⁺ (mol/L)	แอมพลิจูด (A)	A เมื่อลบค่าของแบล็ก
แบล็ก	—	—	0.031	—
1	2.00	0.560×10^{-4}	0.117	0.086
2	4.00	1.12×10^{-4}	0.263	0.232
3	6.00	1.68×10^{-4}	0.421	0.390
4	8.00	2.24×10^{-4}	0.584	0.553
5	10.00	2.80×10^{-4}	0.720	0.689

เกณฑ์การให้คะแนนตารางผลการทดลองตอนที่ 3 (1.2 คะแนน)	
เลขนัยสำคัญในการบันทึกค่าความเข้มข้น/แอมพลิจูด	ถูกต้องทั้งหมดได้ 0.2 คะแนน ผิด 1 ช่อง ได้ 0.1 คะแนน ผิดมากกว่า 1 ช่อง ได้ 0 คะแนน
บันทึกความเข้มข้นสารละลาย Fe ³⁺ ได้ถูกต้อง	ช่องละ 0.2 คะแนน* 5 ช่อง = 1.0 คะแนน

กราฟมาตรฐาน Fe^{3+} (3.5 คะแนน)

เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างกราฟมาตรฐาน Fe^{3+} (3.5 คะแนน)	
ระบุชื่อแกนและหน่วยถูกต้อง	แกนละ 0.1 คะแนน *2 แกน = 0.2 คะแนน
ระบุสเกลของแกนได้อย่างถูกต้อง	แกนละ 0.1 คะแนน *2 แกน = 0.2 คะแนน
ใช้พื้นที่ในกราฟได้อย่างเหมาะสม โดยให้ใช้พื้นที่อย่างน้อยครึ่งหนึ่งของกราฟ	0.1 คะแนน
ความเป็นเส้นตรง r^2 (3.0 คะแนน)	
≥ 0.9970	3.0 คะแนน
$0.9930 - 0.9969$	2.0 คะแนน
$0.9890 - 0.9929$	1.5 คะแนน
$0.9850 - 0.9889$	1.0 คะแนน
$0.9810 - 0.9849$	0.5 คะแนน
≤ 0.9809	0.0 คะแนน

ตอนที่ 4: การหาปริมาณ Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่าง (รวม 7.6 คะแนน)

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 (1 คะแนน)

		แอสซอร์แบนซ์ (A)	A เมื่อลบค่าของแบล็ก
แอสซอร์แบนซ์ของแบล็ก	=	0.032	—
แอสซอร์แบนซ์ของสารประกอบเชิงซ้อน	ครั้งที่ 1 =	0.513	0.481
	ครั้งที่ 2 =	0.509	0.477
	ค่าเฉลี่ย =		0.479

สำหรับการตรวจสอบเท่านั้น

ตรวจค่า A เปรียบเทียบค่าที่บันทึกกับค่าที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผลของเครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

☐ ครั้งที่ 1

☐ ครั้งที่ 2

ลายมือชื่อกรรมการ.....

เกณฑ์การให้คะแนนตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 (1 คะแนน)	
Precision: พิจารณาจากค่าพิสัยสัมพัทธ์ของค่า A (1 คะแนน)	
< 2.0%	1.0 คะแนน
2.1 – 4.0%	0.5 คะแนน
4.1 – 7.0%	0.3 คะแนน
> 7.0%	0.0 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่างในหน่วย ppm (มวลอะตอม Fe = 55.84 amu)

(6.6 คะแนน)

วิธีคำนวณ

ความเข้มข้นของ Fe^{3+} เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน = $2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

$$\text{ppm} = \frac{(2.00 \times 10^{-4} \text{ mol})}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{25.00 \text{ mL}}{5.00 \text{ mL}} \times \frac{55.84 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$$
$$= 55.8 \text{ mg/L}$$

ความเข้มข้นของ Fe^{3+} =

55.8

ppm

เกณฑ์การให้คะแนนการคำนวณความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่าง (6.6 คะแนน)	
ระบุความเข้มข้นของตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานได้ถูกต้อง (ถ้าคิดจากสมการเส้นตรงจากเครื่องคิดเลข ต้องมีสมการปรากฏในกระดาษคำตอบ)	0.4 คะแนน
เลขนัยสำคัญของความเข้มข้นจากกราฟถูกต้อง (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)	0.2 คะแนน
คำนวณความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในตัวอย่างเริ่มต้นในหน่วย mol/L ได้ถูกต้อง	1.0 คะแนน
แปลงความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในตัวอย่าง เป็นหน่วย ppm ได้ถูกต้อง	1.0 คะแนน
Accuracy (4.0 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq 0.5SD$	4.0 คะแนน
$0.5SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	$0 < \text{คะแนน} < 3$
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน

การทดลองที่ 3 (คะแนนรวม 12 คะแนน)

การระบุชนิดของไอออนในสารตัวอย่างจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานและปฏิกิริยาการตกตะกอน

ตอนที่ 1: การวัดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเซลล์กัลวานิกของโลหะ (3.2 คะแนน)

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 (3.2 คะแนน)

คู่เซลล์	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
Ag – Zn	1.502	1.507	1.497	1.502
Ag – Al	1.085	1.101	1.090	1.095
Ag – Cu	0.462	0.458	0.456	0.459
Ag – Ni	0.687	0.662	0.658	0.669
Ag – Mg	1.996	2.122	2.012	2.043

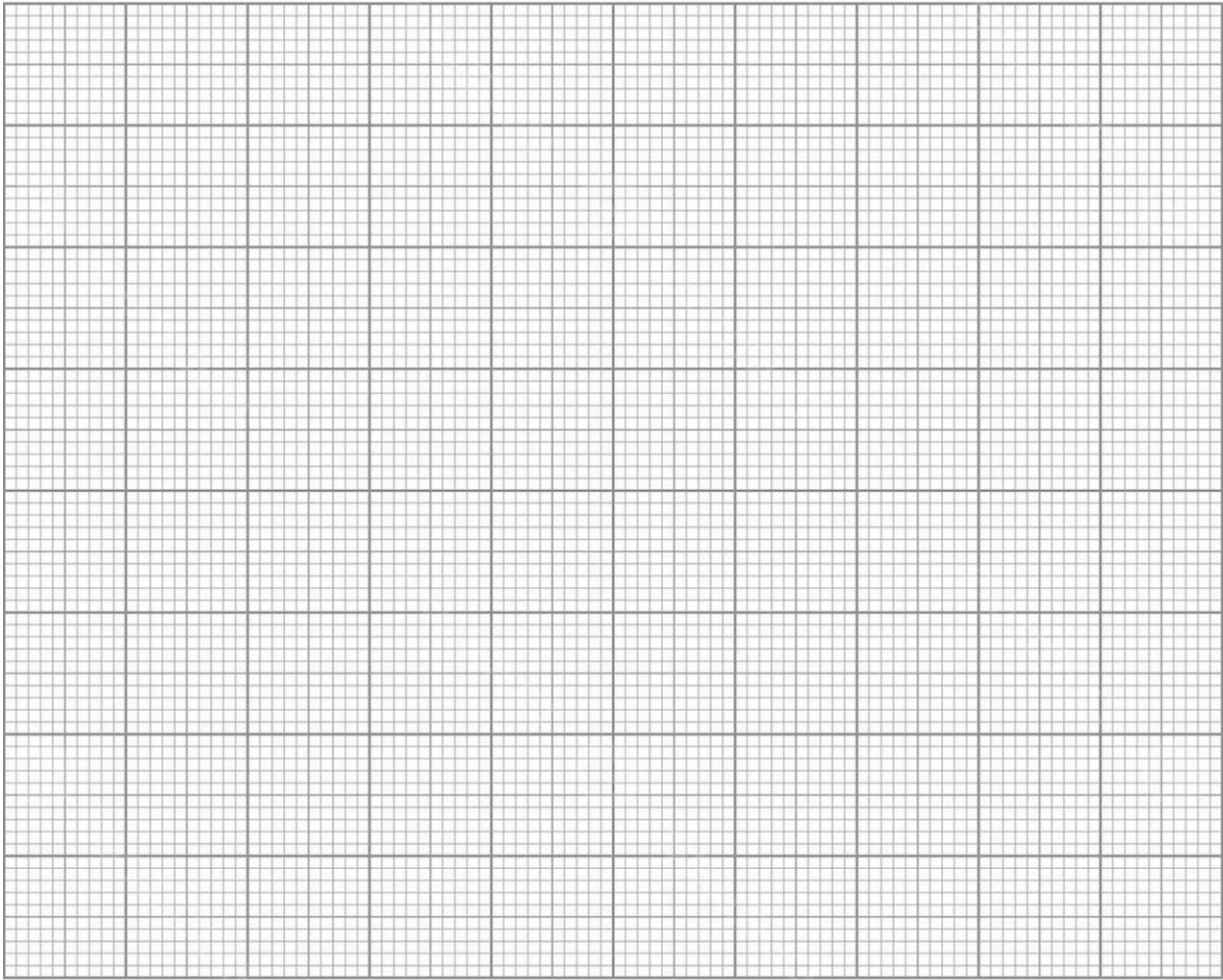
เกณฑ์การให้คะแนนตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 (3.2 คะแนน)	
ก. เลขนัยสำคัญ (0.2 คะแนน)	ถูกต้องทั้งหมดได้ 0.2 คะแนน ผิด 1 ช่อง ได้ 0.1 คะแนน ผิดมากกว่า 1 ช่อง ได้ 0 คะแนน
ข. Accuracy (3.0 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq 1SD$	คู่ละ 0.6 คะแนน
$1SD < X - \bar{X} < 2SD$	คู่ละ 0.3 คะแนน
$2SD < X - \bar{X} $	คู่ละ 0 คะแนน

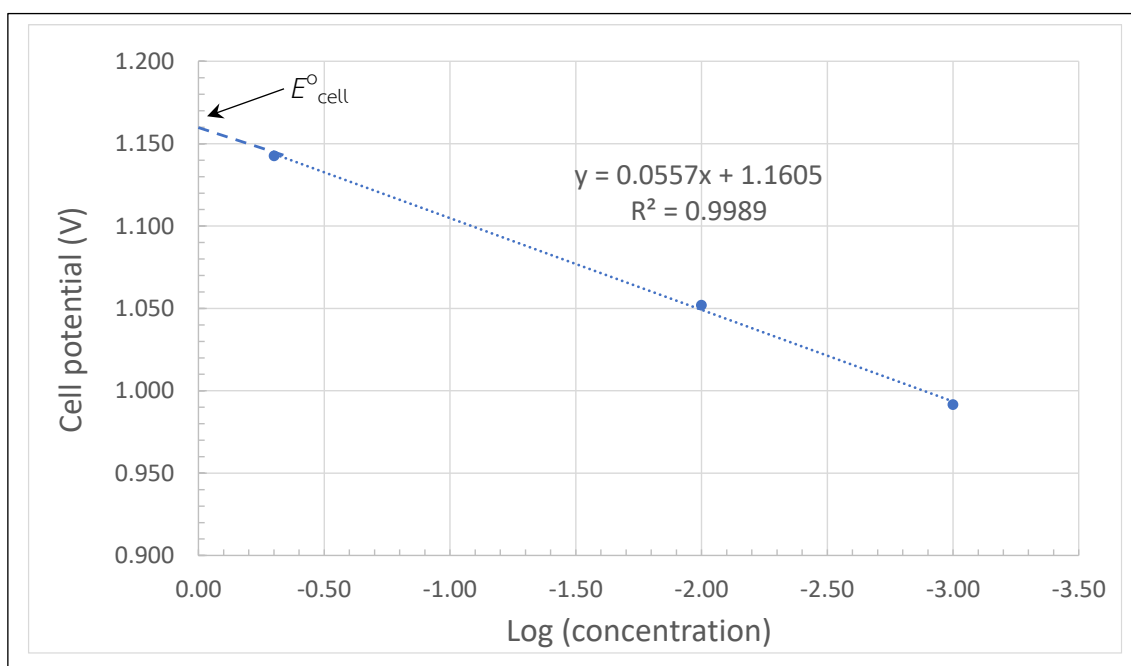
ตอนที่ 2: การหาชนิดของไอออนบวกในสารละลายตัวอย่างจากสมการเนินสต์ (7.8 คะแนน)

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2

ความเข้มข้นของ สารละลายตัวอย่าง (mol/L)	ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0.500	1.137	1.136	1.155	1.143
0.010	1.133	1.012	1.011	1.052
0.001	0.987	0.99	0.998	0.992

สร้างกราฟเพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของไอออนบวกตัวอย่าง (4.4 คะแนน)





เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างกราฟเพื่อหาชนิดของไอออนบวกตัวอย่าง (4.4 คะแนน)	
ระบุชื่อแกนและหน่วยถูกต้อง	แกน y = 0.1 คะแนน แกน x = 0.5 คะแนน
ระบุสเกลของแกนได้อย่างถูกต้อง	แกนละ 0.10 คะแนน *2 แกน = 0.2 คะแนน
ระบุตำแหน่งของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของสารตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง	1.5 คะแนน
ใช้พื้นที่ในกราฟได้อย่างเหมาะสม โดยให้ใช้พื้นที่อย่างน้อยครึ่งหนึ่งของกราฟ	0.1 คะแนน
ความเป็นเส้นตรง r^2 (2.0 คะแนน)	
≥ 0.9700	2.0 คะแนน
0.9100 – 0.9699	1.5 คะแนน
0.8500 – 0.9099	1.0 คะแนน
0.7900 – 0.8499	0.5 คะแนน
< 0.7900	0.0 คะแนน

ไอออนบวกในสารละลายตัวอย่าง คือ (2.0 คะแนน)

☐ Zn^{2+}
☐ Cu^{2+}
☐ Ni^{2+}
☐ Mg^{2+}
☒ Al^{3+}

เกณฑ์การให้คะแนนคำตอบไอออนบวกในสารละลายตัวอย่าง (2.0 คะแนน)	
1) ตอบ อะลูมิเนียม	2 คะแนน
2) ตอบไอออนอื่น ๆ	0 คะแนน
(*นักเรียนต้องตอบโดยอ้างอิงจากการเปรียบเทียบข้อมูลกับตอนที่ 1 โดยพิจารณาจากผลต่างค่า E° ที่น้อยที่สุด)	

เหตุผลในการระบุชนิดของไอออนบวก (0.5 คะแนน)

จุดตัดแกน y มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลค่า E° ในตารางผลการทดลองตอนที่ 1

เกณฑ์การให้คะแนนเหตุผลในการระบุชนิดของไอออนบวก (0.5 คะแนน)	
1) จุดตัดแกน y	(0.25 คะแนน)
2) มีการเปรียบเทียบค่า E° จากค่าเฉลี่ยของผลการทดลองตอนที่ 1	(0.25 คะแนน)

แสดงสมการปฏิกิริยาเซลล์เคมีไฟฟ้าของไอออนบวกตัวอย่างและชี้อ้างอิง (0.9 คะแนน)

ครึ่งปฏิกิริยาที่ cathode	$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ (0.3 คะแนน)
ครึ่งปฏิกิริยาที่ anode	$Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-$ (0.3 คะแนน)
ปฏิกิริยารวม	$3Ag^+ + Al \longrightarrow 3Ag + Al^{3+}$ (0.3 คะแนน)

(ครึ่งปฏิกิริยาต้องถูกต้องทั้งหมดและต้องตรงกับชนิดของโลหะที่นักเรียนระบุในคำตอบ)

ตอนที่ 3: การหาชนิดของไอออนลบในสารละลายตัวอย่างด้วยปฏิกิริยาการตกตะกอน (1 คะแนน)

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 3

การทดสอบทางเคมี		
BaCl ₂	CaCl ₂	AgNO ₃
- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี
- สารละลาย ☐ เปลี่ยนสี ☒ ไม่เปลี่ยนสี	- สารละลาย ☐ เปลี่ยนสี ☒ ไม่เปลี่ยนสี	- สารละลาย ☐ เปลี่ยนสี ☒ ไม่เปลี่ยนสี

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า ไอออนลบในสารละลายตัวอย่าง คือ

☐ Cl⁻
☒ NO₃⁻
☐ CO₃²⁻
☐ SO₄²⁻

เกณฑ์การให้คะแนนการหาชนิดของไอออนลบในสารละลายตัวอย่างด้วยปฏิกิริยาการตกตะกอน (1 คะแนน)*	
บันทึกผลครบถ้วนและคำตอบถูกต้อง	1 คะแนน