

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 20

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วันพุธที่ 15 พฤษภาคม 2567

เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยคำตอบภาคปฏิบัติ

เลขประจำตัวสอบ _____

การทดลองที่ 1 (คะแนนรวม 20 คะแนน)

การศึกษาสมบัติการดูดซับของไอออนแคลเซียมบนวัสดุดูดซับ KCU60

ตอนที่ 1 (6.7 คะแนน) ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน EDTA

ตารางที่ 1 (2.2 คะแนน) บันทึกผลการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน EDTA

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรสารละลาย CaCO}_3 &= \dots\dots\dots 10.00 \dots\dots\dots \text{ mL} \\ \text{ความเข้มข้นของสารละลาย CaCO}_3 &= \dots\dots\dots 2.50 \times 10^{-4} \dots\dots\dots \text{ mol/L} \end{aligned}$$

ข้อมูลการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
สเกลบนบิวเรตเริ่มต้น (mL)	xx.xx	xx.xx	xx.xx
สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)	xx.xx	xx.xx	xx.xx
ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)	xx.xx	xx.xx	xx.xx
ปริมาตรของสารละลาย EDTA เฉลี่ย (mL)	xx.xx		

สำหรับกรรมการคุมสอบเท่านั้น		
ตรวจเฉพาะข้อสรุปกรวยที่ไทเทรตแล้วเท่านั้น หากเพิ่งก่อนการตรวจจะถือว่านักเรียนไม่ได้ทำการไทเทรต		
☐ ครั้งที่ 1 ลายมือชื่อกรรมการ.....	☐ ครั้งที่ 2 ลายมือชื่อกรรมการ.....	☐ ครั้งที่ 3 ลายมือชื่อกรรมการ.....

เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 1 (2.2 คะแนน)

1A. การบันทึกปริมาตร (0.6 คะแนน)	
บันทึกปริมาตร/ลบปริมาตร/ค่าเฉลี่ย/เลขนัยสำคัญ ถูกต้องทุกช่อง	0.6 คะแนน
ก. เลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	หัก 0.2 คะแนน
ข. ลบปริมาตร EDTA ไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	หัก 0.2 คะแนน
ค. คำนวณปริมาตร EDTA เฉลี่ยไม่ถูกต้อง	หัก 0.2 คะแนน
1B. Precision (1.0 คะแนน) **ต้องไทเทรตอย่างน้อย 2 ครั้ง จึงจะให้คะแนน**	
ผลต่างของปริมาตร $\max - \min \leq 0.40 \text{ mL}$	1.0 คะแนน
$0.40 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร } \max - \min \leq 0.80 \text{ mL}$	0.5 คะแนน
$0.80 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร } \max - \min$	0 คะแนน
1C. จำนวนครั้งของการไทเทรต (0.6 คะแนน)	
ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.6 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.4 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.2 คะแนน
ไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0 คะแนน

(4.5 คะแนน) วิธีคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน EDTA ในหน่วย mol/L

$$\begin{array}{l} \text{ความเข้มข้นสารละลาย} \\ \text{มาตรฐาน EDTA} \end{array} = \frac{10.00 \text{ mL CaCO}_3}{xx.xx \text{ mL EDTA}} \times \frac{2.50 \times 10^{-4} \text{ mol CaCO}_3}{1000 \text{ mL CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol EDTA}}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \quad \times$$

$$\text{ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน EDTA} = 2.xx \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

เกณฑ์การให้คะแนนวิธีคำนวณและคำตอบ (4.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (1.0 คะแนน)	
แสดงการคำนวณถูกต้องด้วยวิธีเปลี่ยนหน่วยและเขียนหน่วยกำกับทุกช่อง	1.0 คะแนน
Accuracy (3.0 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq SD$	3.0 คะแนน
$SD < X - \bar{X} \leq 2SD$	2.0 คะแนน
$2SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	1.0 คะแนน
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน
เลขนัยสำคัญของคำตอบ (0.5 คะแนน)	
เลขนัยสำคัญถูกต้อง (เลขนัยสำคัญ 3 ตัว)	0.5 คะแนน

ตอนที่ 2 (13.3 คะแนน) ศึกษาการดูดซับของ K₂U60ตารางที่ 2 (2.0 คะแนน) บันทึกผลการไทเทรตหาปริมาณสารละลาย Ca²⁺ ที่เหลือปริมาตรสารละลาย Ca²⁺ ที่ใช้ = 5.00 mL

ความเข้มข้น สารละลาย Ca ²⁺ (mg/L)	สเกลบนบิวเรตเริ่มต้น (mL)	สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)	ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)
20.0	xx.xx	xx.xx	xx.xx
30.0	xx.xx	xx.xx	xx.xx
40.0	xx.xx	xx.xx	xx.xx
50.0	xx.xx	xx.xx	xx.xx
60.0	xx.xx	xx.xx	xx.xx

สำหรับกรรมการคุมสอบเท่านั้น				
ตรวจเฉพาะชวรูปกรวยที่ไทเทรตแล้วเท่านั้น หากเททิ้งก่อนการตรวจจะถือว่านักเรียนไม่ได้ทำการไทเทรต				
☐ ครั้งที่ 1 ลายมือชื่อกรรมการ	☐ ครั้งที่ 2 ลายมือชื่อกรรมการ	☐ ครั้งที่ 3 ลายมือชื่อกรรมการ	☐ ครั้งที่ 4 ลายมือชื่อกรรมการ	☐ ครั้งที่ 5 ลายมือชื่อกรรมการ

เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 2 (2.0 คะแนน)

2A. จำนวนครั้งของการไทเทรต (1.2 คะแนน)	
ไทเทรต 5 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	1.2 คะแนน
ไทเทรต 4 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	1.0 คะแนน
ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.8 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.6 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.4 คะแนน
ไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0 คะแนน
2B. การบันทึกปริมาตร (0.8 คะแนน)	
การบันทึกปริมาตร/ลบปริมาตร/เลขนัยสำคัญ ถูกต้องทุกช่อง	0.8 คะแนน
ก. เลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	หัก 0.2 คะแนน
ข. ลบปริมาตร EDTA ไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	หัก 0.2 คะแนน

2.1 (1.0 คะแนน) วิธีคำนวณความเข้มข้นของ Ca^{2+} ที่เหลือในสารละลาย (C_e) ในหน่วย mg/L

ให้แสดงวิธีคำนวณที่ความเข้มข้น 20.0 mg/L เท่านั้น กำหนดมวลอะตอมของแคลเซียม = 40.0

$$C_e = \frac{x.xx \text{ mL EDTA}}{5.00 \text{ mL Ca}^{2+}} \times \frac{2.xx \times 10^{-4} \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}^{2+}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{40.0 \text{ g Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \dots$$

2.2 (1.0 คะแนน) วิธีคำนวณปริมาณ Ca^{2+} ที่ถูกดูดซับต่อปริมาณ KCU60 (q_e) ในหน่วย mg/g

ให้แสดงวิธีคำนวณที่ความเข้มข้น 20.0 mg/L เท่านั้น

$$q_e = \frac{(20.0 - C_e) \text{ mg Ca}^{2+}}{1 \text{ L solution}} \times \frac{1 \text{ L solution}}{1000 \text{ mL solution}} \times \frac{5.00 \text{ mL solution}}{10.x \text{ mg KCU60}} \times \frac{1000 \text{ mg KCU60}}{1 \text{ g KCU60}} \times \dots$$

เกณฑ์การให้คะแนนวิธีคำนวณ ข้อ 2.1 และ 2.2

วิธีคำนวณ (ข้อละ 1.0 คะแนน)	
แสดงการคำนวณถูกต้องด้วยวิธีเปลี่ยนหน่วยและเขียนหน่วยกำกับทุกช่อง	1.0 คะแนน

ตารางที่ 3 (6.7 คะแนน) บันทึกผลการคำนวณค่าที่ได้จากการทดลองเพื่อหา adsorption isotherm

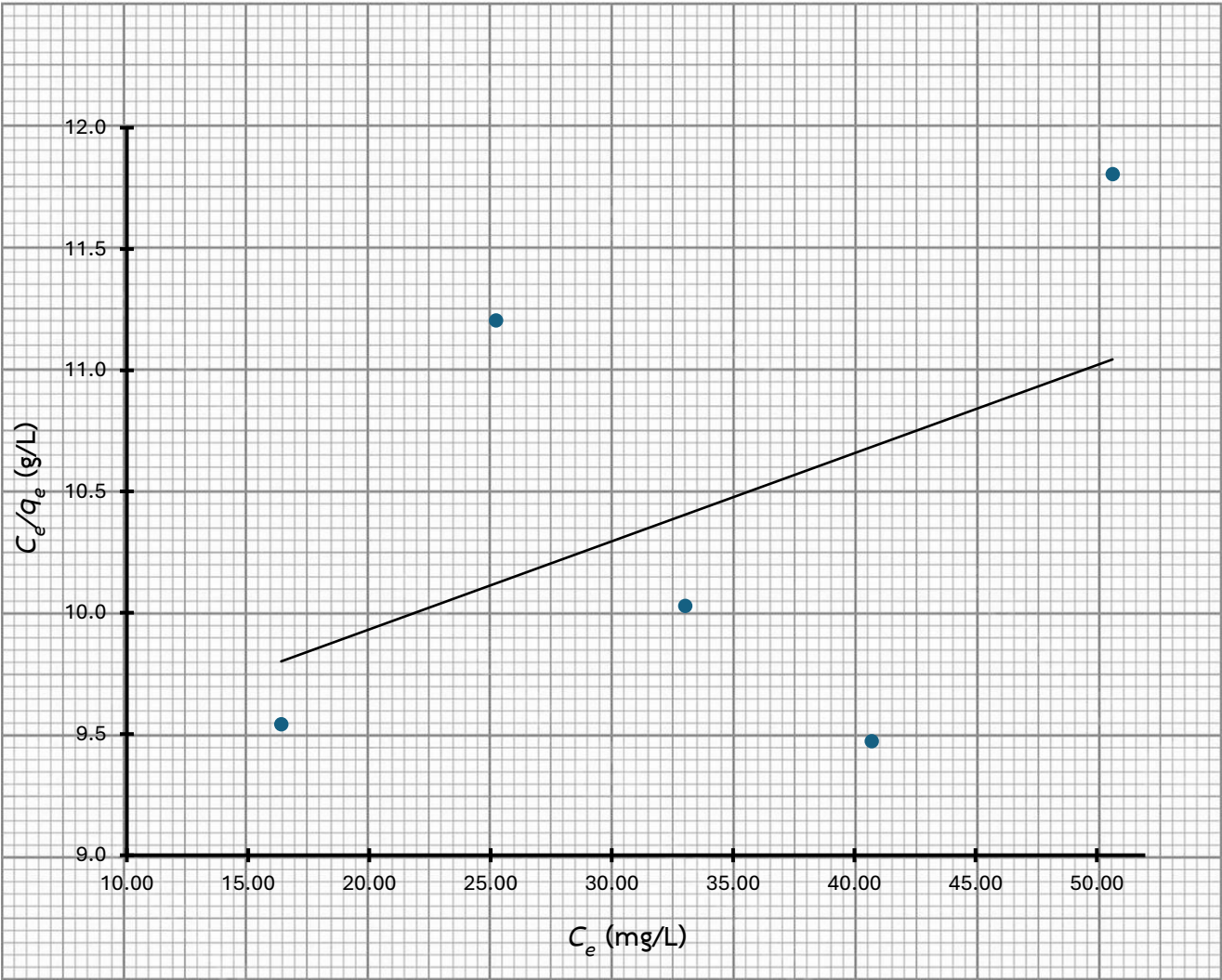
C_0 (mg/L)	น้ำหนัก KCU60 (mg)	C_e (mg/L)	q_e (mg/g)	C_e/q_e (g/L)	$\log C_e$	$\log q_e$
20.0	10.x	xx.x			x.xxx	
30.0	เทคนิค 1 ตำแหน่ง 0.2 คะแนน	เลขนัยสำคัญ 3 ตัว 0.5 คะแนน			เทคนิค 3 ตำแหน่ง 0.5 คะแนน	
40.0						
50.0	10.x	xx.x			x.xxx	
60.0	10.x	xx.x			x.xxx	

เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 3 (6.7 คะแนน)

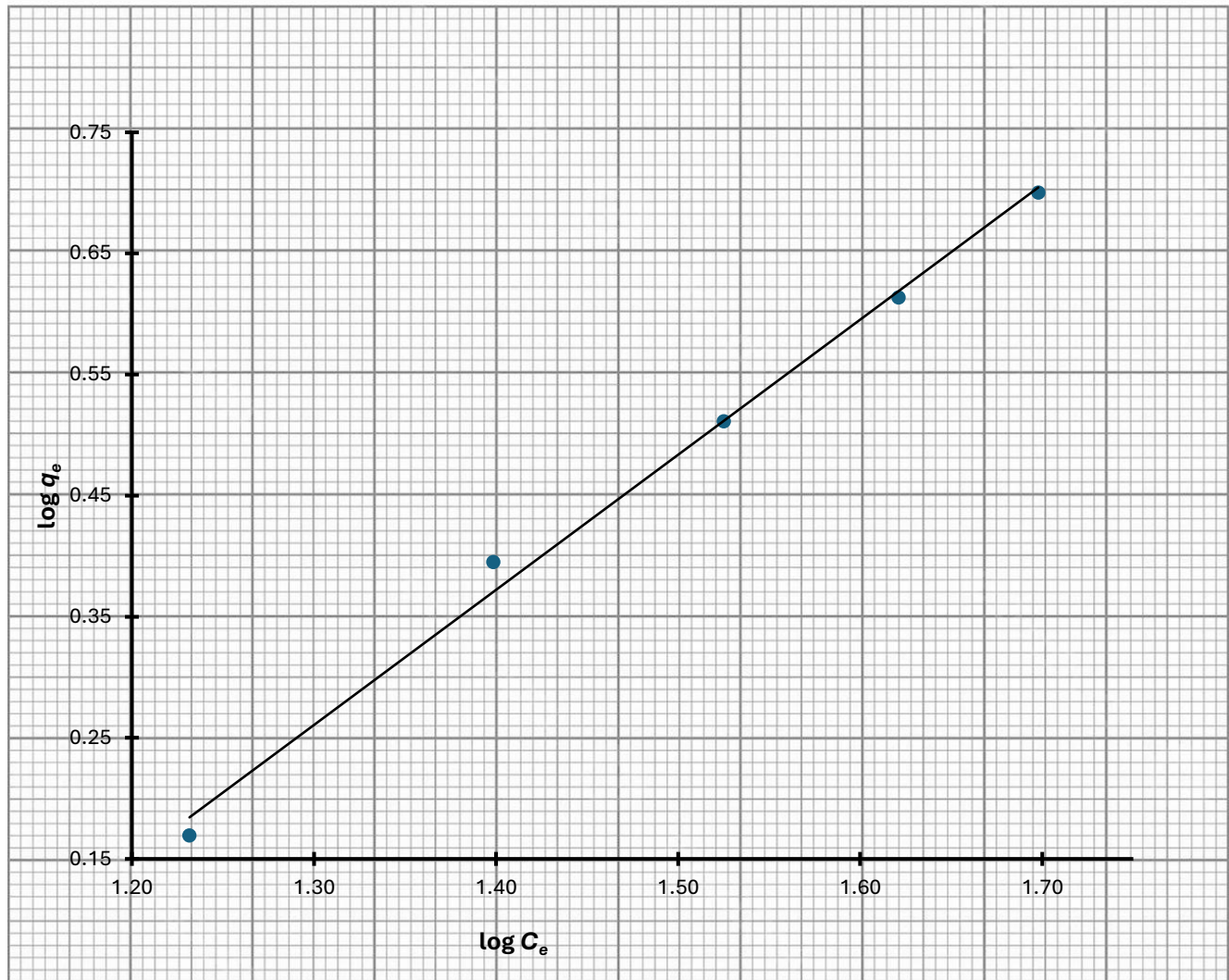
3A. การบันทึกข้อมูล (1.2 คะแนน)	
3.1A. การบันทึกน้ำหนัก KCU60 (0.2 คะแนน)	
บันทึกน้ำหนัก KCU60 ครบทุกช่อง และ เลขนัยสำคัญถูกต้องครบทุกช่อง	0.2 คะแนน
บันทึกน้ำหนัก KCU60 ไม่ครบทุกช่อง หรือ เขียนเลขนัยสำคัญไม่ถูกต้อง	0 คะแนน
3.2A. เลขนัยสำคัญ (1.0 คะแนน)	
ก. คอลัมน์ C_e มีเลขนัยสำคัญถูกต้อง ครบทุกช่อง	0.5 คะแนน
ข. คอลัมน์ $\log C_e$ มีเลขนัยสำคัญถูกต้อง ครบทุกช่อง	0.5 คะแนน
3B. คะแนน accuracy (5.5 คะแนน) **อย่างน้อยต้องมี 3 ข้อมูล จึงจะให้คะแนน**	
3.1B. พิจารณาค่า r^2 จาก Excel (1.0 คะแนน)	
r^2 ของ Freundlich $>$ r^2 ของ Langmuir	1.0 คะแนน
3.2B. พิจารณาค่าจากข้อมูล Freundlich ใน Excel (4.5 คะแนน)	
ก. ค่า r^2	
$\bar{X} - SD \leq X$	1.5 คะแนน
$\bar{X} - 2SD \leq X < \bar{X} - SD$	1.0 คะแนน
$\bar{X} - 3SD \leq X < \bar{X} - 2SD$	0.5 คะแนน
$X < \bar{X} - 3SD$	0 คะแนน
ข. slope	
$ X - \bar{X} \leq SD$	1.5 คะแนน
$SD < X - \bar{X} \leq 2SD$	1.0 คะแนน
$2SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	0.5 คะแนน
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน

ค. y-intercept	
$ X - \bar{X} \leq SD$	1.5 คะแนน
$SD < X - \bar{X} \leq 2SD$	1.0 คะแนน
$2SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	0.5 คะแนน
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน

2.3 (0.8 คะแนน) เขียนกราฟของ Langmuir adsorption isotherm



2.4 (0.8 คะแนน) เขียนกราฟของ Freundlich adsorption isotherm



เกณฑ์การให้คะแนนการเขียนกราฟข้อ 2.3 และ 2.4 (กราฟละ 0.8 คะแนน)

4A. จำนวนจุดบนกราฟ (0.2 คะแนน)	
ครบทั้ง 5 จุด และลงจุดถูกต้อง (ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญ)	0.2 คะแนน
ขาดจุดใดจุดหนึ่ง หรือลงจุดใดจุดหนึ่งไม่ถูกต้อง	0.1 คะแนน
4B. การลากเส้นตรง (0.2 คะแนน)	
ลากเส้นตรงเฉลี่ยจุดทุกจุด	0.2 คะแนน
ลากเชื่อมจุดแรกกับจุดสุดท้าย / ลากจุดต่อจุด	0 คะแนน
4C. จุดข้อมูล (0.2 คะแนน)	
จุดข้อมูล $X \geq 8$ ช่องใหญ่ และ $Y \geq 6$ ช่องใหญ่	0.2 คะแนน
จุดข้อมูล $X < 8$ ช่องใหญ่ หรือ $Y < 6$ ช่องใหญ่	0.1 คะแนน
จุดข้อมูล $X < 8$ ช่องใหญ่ และ $Y < 6$ ช่องใหญ่	0 คะแนน
4D. ชื่อแกน X (0.1 คะแนน)	
ถูกต้องและหน่วยถูกต้อง	0.1 คะแนน
ไม่ถูกต้องหรือไม่ีหน่วย	0 คะแนน
4E. ชื่อแกน Y (0.1 คะแนน)	
ถูกต้องและหน่วยถูกต้อง	0.1 คะแนน
ไม่ถูกต้องหรือไม่ีหน่วย	0 คะแนน

2.5 (1.0 คะแนน) สมบัติการดูดซับของ K₂CO₃ เป็นแบบ☒ ชั้นเดียว☐ หลายชั้น

เกณฑ์การให้คะแนนข้อ 2.5 (1.0 คะแนน)

คะแนนคำตอบ (1.0 คะแนน)	
คำตอบ (ชั้นเดียว/หลายชั้น) สอดคล้องกับกราฟที่วาดในข้อ 2.3 และ 2.4	1.0 คะแนน
คำตอบ (ชั้นเดียว/หลายชั้น) ไม่สอดคล้องกับกราฟที่วาดในข้อ 2.3 และ 2.4	0 คะแนน
กรณีวาดกราฟเพียงหนึ่งกราฟ	0 คะแนน

การทดลองที่ 2 (คะแนนรวม 10 คะแนน)

การหาปริมาณ Fe^{2+} และ Fe^{3+} ในวัสดุดูดซับ KCU60ตอนที่ 1 (4.0 คะแนน) หาปริมาณ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่างตารางที่ 1 (3.5 คะแนน) บันทึกผลการไทเทรตหาปริมาณ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นของ KMnO_4 = 0.002015 mol/L จะแจ้งให้ทราบขณะสอบ

ข้อมูลการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
สเกลบนบิวเรตเริ่มต้น (mL)	x.xx	x.xx	x.xx
สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)	x.xx	x.xx	x.xx
ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KMnO_4 ที่ใช้ (mL)	x.xx	x.xx	x.xx
จำนวนโมลของ MnO_4^- (mol)	$x.xx \times 10^{-5}$	$x.xx \times 10^{-5}$	$x.xx \times 10^{-5}$
จำนวนโมลของ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่าง (mol)	$x.xx \times 10^{-5}$	$x.xx \times 10^{-5}$	$x.xx \times 10^{-5}$
จำนวนโมลเฉลี่ยของ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่าง (mol)	7.08×10^{-5}		

สำหรับกรรมการคุมสอบเท่านั้น		
ตรวจเฉพาะข้อสรุปการไทเทรตแล้วเท่านั้น หากเที้งก่อนการตรวจจะถือว่านักเรียนไม่ได้ทำการไทเทรต		
☐ ครั้งที่ 1 ลายมือชื่อกรรมการ.....	☐ ครั้งที่ 2 ลายมือชื่อกรรมการ.....	☐ ครั้งที่ 3 ลายมือชื่อกรรมการ.....

เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 1 (3.5 คะแนน)

1A. เลขนัยสำคัญของการบันทึกปริมาตร (0.2 คะแนน)	
เลขนัยสำคัญ ถูกต้องทุกช่อง	0.2 คะแนน
เลขนัยสำคัญ ไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	0 คะแนน
1B. คะแนน Precision (0.2 คะแนน) **ต้องไทเทรตอย่างน้อย 2 ครั้ง จึงจะให้คะแนน**	
ผลต่างของปริมาตร $\max - \min \leq 0.20 \text{ mL}$	0.2 คะแนน
$0.20 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \max - \min \leq 0.40 \text{ mL}$	0.1 คะแนน
$0.40 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \max - \min$	0 คะแนน
1C. เลขนัยสำคัญการคำนวณจำนวนโมล MnO_4^-, Fe^{2+} และโมลเฉลี่ย (0.2 คะแนน)	
เลขนัยสำคัญถูกต้องทุกช่อง	0.2 คะแนน
เลขนัยสำคัญ ไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	0 คะแนน
1D. คะแนน Accuracy (2.5 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq SD$	2.5 คะแนน
$SD < X - \bar{X} \leq 2SD$	1.5 คะแนน
$2SD < X - \bar{X} \leq 3SD$	1.0 คะแนน
$3SD < X - \bar{X} $	0 คะแนน

1E. จำนวนครั้งของการไทเทรต (0.4 คะแนน)	
ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.4 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.2 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.1 คะแนน
ไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0 คะแนน

(0.5 คะแนน) วิธีคำนวณจำนวนโมลของ Fe^{2+}

ให้แสดงวิธีคำนวณของการไทเทรตครั้งที่ 1 เท่านั้น

$$\text{จำนวนโมลของ } \text{Fe}^{2+} = \boxed{x.xx \text{ mL KMnO}_4} \times \boxed{\frac{1 \text{ L KMnO}_4}{1000 \text{ mL KMnO}_4}} \times \boxed{\frac{2.0xx \times 10^{-3} \text{ mol KMnO}_4}{1 \text{ L KMnO}_4}} \times \boxed{\frac{5 \text{ mol Fe}^{2+}}{1 \text{ mol KMnO}_4}} \times \boxed{} \times \boxed{}$$

เกณฑ์การให้คะแนนวิธีคำนวณ

วิธีคำนวณ (0.5 คะแนน)	
แสดงการคำนวณถูกต้องด้วยวิธีเปลี่ยนหน่วยและเขียนหน่วยกำกับทุกช่อง	0.5 คะแนน

ตอนที่ 2 (6.0 คะแนน) หาปริมาณ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยากับผงสังกะสีตารางที่ 2 (5.0 คะแนน) บันทึกผลการไทเทรตหาปริมาณ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยากับผงสังกะสี

ข้อมูลการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ปริมาณสังกะสี (g)	0.1xxx	0.1xxx	0.1xxx
สเกลบนบิวเรตเริ่มต้น (mL)	xx.xx	xx.xx	xx.xx
สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)	xx.xx	xx.xx	xx.xx
ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KMnO_4 ที่ใช้ (mL)	xx.xx	xx.xx	xx.xx
จำนวนโมลของ MnO_4^- (mol)	$x.xxx \times 10^{-5}$	$x.xxx \times 10^{-5}$	$x.xxx \times 10^{-5}$
จำนวนโมลของ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่าง (mol)	1.900×10^{-4}	$x.xxx \times 10^{-4}$	$x.xxx \times 10^{-4}$
จำนวนโมลของ Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่าง (mol)	1.192×10^{-4}	$x.xxx \times 10^{-4}$	$x.xxx \times 10^{-4}$
จำนวนโมลเฉลี่ยของ Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่าง (mol)	1.220×10^{-4}		

สำหรับกรรมการคุมสอบเท่านั้น		
ตรวจเฉพาะขบวนการที่ไทเทรตแล้วเท่านั้น หากเพิ่งก่อนการตรวจจะถือว่านักเรียนไม่ได้ทำการไทเทรต		
☐ ครั้งที่ 1	☐ ครั้งที่ 2	☐ ครั้งที่ 3
ลายมือชื่อกรรมการ.....	ลายมือชื่อกรรมการ.....	ลายมือชื่อกรรมการ.....

เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 2 (5.0 คะแนน)

2A. การบันทึกข้อมูล (0.2 คะแนน)	
บันทึกปริมาณสังกะสีทศนิยม 4 ตำแหน่ง ทุกช่อง และ บันทึกสเกลบนบิวเรต/เลขนัยสำคัญ ถูกต้องทุกช่อง	0.2 คะแนน
บันทึกปริมาณสังกะสี หรือ สเกลบนบิวเรต/เลขนัยสำคัญ ไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	0 คะแนน
2B. คะแนน Precision (0.2 คะแนน)	
ผลต่างของปริมาตร $\max - \min \leq 0.70 \text{ mL}$	0.2 คะแนน
$0.70 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร } \max - \min \leq 1.40 \text{ mL}$	0.1 คะแนน
$1.40 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร } \max - \min$	0 คะแนน
2C. เลขนัยสำคัญการคำนวณจำนวนโมล MnO_4^-, Fe^{2+}, Fe^{3+} และโมลเฉลี่ย (0.2 คะแนน)	
เลขนัยสำคัญถูกต้องทุกช่อง	0.2 คะแนน
เลขนัยสำคัญ ไม่ถูกต้องช่องใดช่องหนึ่ง	0 คะแนน
2D. คะแนน Accuracy (4.0 คะแนน)	
$ X - \bar{X} \leq \text{SD}$	4.0 คะแนน
$\text{SD} < X - \bar{X} \leq 2\text{SD}$	2.5 คะแนน
$2\text{SD} < X - \bar{X} \leq 3\text{SD}$	1.0 คะแนน
$3\text{SD} < X - \bar{X} $	0 คะแนน
2E. จำนวนครั้งของการไทเทรต (0.4 คะแนน)	
ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.4 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.2 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายมือชื่อกรรมการ	0.1 คะแนน
ไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0 คะแนน

(1 คะแนน) คำนวณหาอัตราส่วนร้อยละของ $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+}$ อัตราส่วนร้อยละเฉลี่ยของ $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+} =$

36.7

:

63.3

วิธีคำนวณหาโมลของ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยากับผงสังกะสี (แสดงการคำนวณเฉพาะครั้งที่ 1)

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมลของ } \text{Fe}^{2+} = & \boxed{\text{xx.xx mL KMnO}_4} \times \boxed{\frac{1 \text{ L KMnO}_4}{1000 \text{ mL KMnO}_4}} \times \boxed{\frac{2.0\text{xx} \times 10^{-3} \text{ mol KMnO}_4}{1 \text{ L KMnO}_4}} \times \\ & \boxed{\frac{5 \text{ mol Fe}^{2+}}{1 \text{ mol KMnO}_4}} \times \boxed{} \times \boxed{} \end{aligned}$$

วิธีคำนวณอัตราส่วนร้อยละของ $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+}$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมลของ } \text{Fe}^{3+} &= (1.900 \times 10^{-4} \text{ จากการไทเทรตครั้งที่ 1}) - (7.08 \times 10^{-5} \text{ จากค่าเฉลี่ยตอนที่ 1}) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.192 \times 10^{-4} \text{ mol} \\ \text{อัตราส่วนร้อยละเฉลี่ยของ } \text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+} &= 7.08 \times 10^{-5} : 1.220 \times 10^{-4} \\ &= \frac{7.08 \times 10^{-5}}{(7.08 \times 10^{-5} + 1.220 \times 10^{-4})} : \frac{1.220 \times 10^{-5}}{(7.08 \times 10^{-5} + 1.220 \times 10^{-4})} \\ &= 36.7 : 63.3 \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \end{aligned}$$

การทดลองที่ 3 (คะแนนรวม 10 คะแนน)
การระบุชนิดของสารโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้า

ตารางที่ 1 (10 คะแนน) สรุปผลการทดลองการแยกสลายด้วยไฟฟ้า

สารตัวอย่าง	ปฏิกิริยาที่แอโนด (1 คะแนน)	ปฏิกิริยาที่แคโทด (1 คะแนน)	สูตรเคมี ของสารตัวอย่าง (4 คะแนน)	อธิบายผลการทดลองหลัก ที่ทำให้สรุปว่าเป็นสูตรเคมีนี้ (4 คะแนน)
A	$2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	KBr	- เกิดสารละลายสีเหลืองที่ขั้วแอโนดและเกิดการฟอก จางสี - เกิดสีชมพูที่ขั้วแคโทด
B	$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	KCl	- เกิดสารละลายใสไม่มีสีที่ขั้วแอโนดและเกิดการฟอก จางสี - เกิดสีชมพูที่ขั้วแคโทด
C	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	MnSO ₄	- เกิดสีชมพูที่ขั้วแอโนดและหายไปทันที หลังจากนั้น จะเกิดตะกอนสีน้ำตาลที่ไม่ใช่การกร่อนของแกรไฟต์ - เมื่อหยดฟีนอล์ฟทาลีนจะไม่มีสีที่ขั้วทั้งสอง
D	$4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	NaOH	- ที่ขั้วแอโนดเกิดฟองขนาดใหญ่และช้ากว่า - เมื่อหยดฟีนอล์ฟทาลีนให้สารละลายสีชมพูทั้งสองขั้ว
	ช่องละ 0.25 คะแนน	ช่องละ 0.25 คะแนน	ช่องละ 1.0 คะแนน	ช่องละ 1.0 คะแนน

บันทึกผลการทดลองตอนที่ 3 (ไม่มีคะแนน)

สารตัวอย่าง A = KBr							
ข้อแวนด				ข้อแคโทด			
เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอล์ฟทาลิน	เติมน้ำแข็ง	เติมสีผสมอาหาร	เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอล์ฟทาลิน	เติมน้ำแข็ง	เติมสีผสมอาหาร
- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☐ ขนาดเล็กกว่าอีกขั้ว ☐ เกิดเร็วกว่าอีกขั้ว - ตะกอน ☐ มี สี..... ☐ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... เหลือง	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... น้ำเงิน สีน้ำเงินที่ถูกฟอกจาง จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☒ ขนาดเล็กกว่าอีกขั้ว ☒ เกิดเร็วกว่าอีกขั้ว - ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... ชมพู	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... น้ำเงิน

สารตัวอย่าง B = KCl							
ข้อแวนด				ข้อแคโทด			
เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอล์ฟทาลิน	เติมน้ำแข็ง	เติมสีผสมอาหาร	เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอล์ฟทาลิน	เติมน้ำแข็ง	เติมสีผสมอาหาร
- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☐ ขนาดเล็กกว่าอีกขั้ว ☐ เกิดเร็วกว่าอีกขั้ว - ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... น้ำเงิน สีน้ำเงินที่ถูกฟอกจาง จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☒ ขนาดเล็กกว่าอีกขั้ว ☒ เกิดเร็วกว่าอีกขั้ว - ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... ชมพู	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ สีไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ สีไม่มีสี ☒ สี..... น้ำเงิน

บันทึกผลการทดลองตอนที่ 3 (ไม่มีคะแนน)

สารตัวอย่าง C = MnSO_4							
ข้อแอนด์				ข้อแคโทด			
เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอลฟทาลิน	เติมน้ำเบ้ง	เติมสีผสมอาหาร	เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอลฟทาลิน	เติมน้ำเบ้ง	เติมสีผสมอาหาร
- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☒ ขนาดเล็กกว่าอีกข้อ ☒ เกิดเร็วกว่าอีกข้อ - ตะกอน ☒ มีสี.....ดำ..... ☐ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....ม่วงอ่อน.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....น้ำเงิน.....	- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☐ ขนาดเล็กกว่าอีกข้อ ☐ เกิดเร็วกว่าอีกข้อ - ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....น้ำเงิน.....

สารตัวอย่าง D = NaOH							
ข้อแอนด์				ข้อแคโทด			
เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอลฟทาลิน	เติมน้ำเบ้ง	เติมสีผสมอาหาร	เมื่อให้กระแสไฟฟ้า	เติมฟีนอลฟทาลิน	เติมน้ำเบ้ง	เติมสีผสมอาหาร
- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☐ ขนาดเล็กกว่าอีกข้อ ☐ เกิดเร็วกว่าอีกข้อ - ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....ชมพู.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....น้ำเงิน.....	- ฟองแก๊ส ☒ มี ☐ ไม่มี ☒ ขนาดเล็กกว่าอีกข้อ ☒ เกิดเร็วกว่าอีกข้อ - ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....ชมพู.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☒ ใส่ไม่มีสี ☐ สี.....	- ตะกอน ☐ มี สี..... ☒ ไม่มี - สารละลาย ☐ ใส่ไม่มีสี ☒ สี.....น้ำเงิน.....

เลขประจำตัวสอบ.....