



THE EIGHTEENTH THAILAND CHEMISTRY OLYMPIAD
@ MAHIDOL WITTAYANUSORN SCHOOL

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 18

ประจำปี พ.ศ. 2565

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์

วันอังคารที่ 26 กรกฎาคม 2565

เวลา 09.00-14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคปฏิบัติ

แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 (20 คะแนน)

การสังเคราะห์และการระบุชนิดของสีเอโซ

(Synthesis and identification of azo dye)

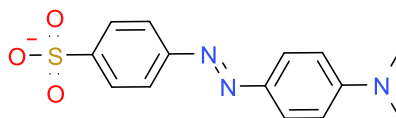
ตอนที่ 1 การสังเคราะห์สีเอโซ (สาร X) (4.0 คะแนน)

1.1 (0.5 คะแนน) จงระบุโครงสร้างของสาร X เมื่ออยู่ในสารละลาย pH 7

กำหนดค่า pK_a ของหมู่ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

substance	pK_a
benzenesulfonic acid (Ph-SO ₃ H)	-2.8
anilinium (Ph-NH ₃ ⁺)	4.6

โครงสร้างของสาร X เมื่ออยู่ในสารละลาย pH 7



- สามารถมี counter ion

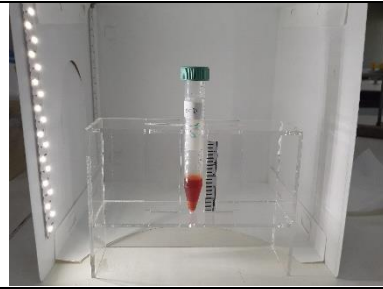
1.2 (0.5 คะแนน) บันทึกลักษณะของสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้

(2.0 คะแนน) สารที่ส่งตรวจ

(0.5 คะแนน) 1.2.1 บันทึกลักษณะและสีของของแข็งที่ได้ เช่น ผลึกสีส้ม

(2.0 คะแนน) 1.2.2 - 1.2.4 ตรวจให้คะแนนจากผลิตภัณฑ์

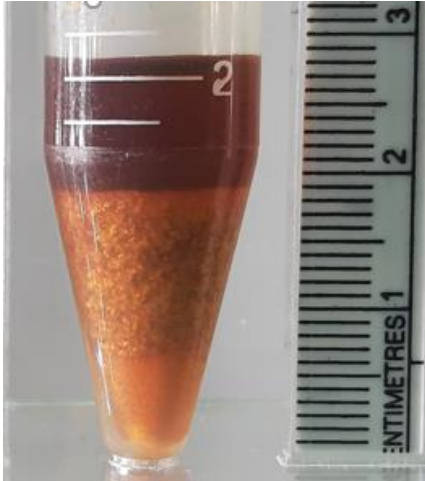
การตรวจให้คะแนนสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้
กรรมการถ่ายรูปผลการทดลอง โดยจัดอุปกรณ์ดังภาพ

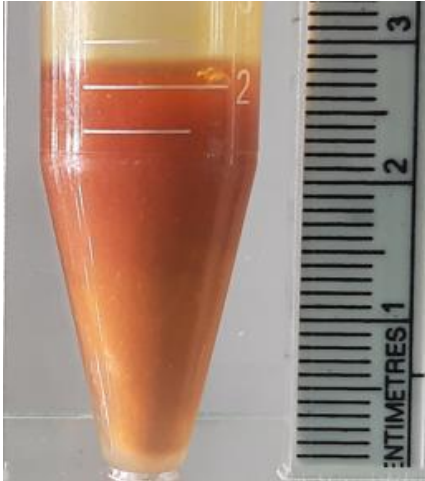


เกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์	1 คะแนน	0.5 คะแนน	0 คะแนน
1.2.2 ลักษณะของแข็ง (1 คะแนน)	ของแข็งมีลักษณะเป็น ผลึกชัดเจน วาวแสง	ผงทึบแสง	ผงฟุ้งกระจายไม่ ตกตะกอน
1.2.3 ปริมาณของแข็ง (0.5 คะแนน)		มีของแข็งแยกจากส่วน ของสารละลายชัดเจน ความสูง > 0.5 cm	มีของแข็งแยกจากส่วน ของสารละลายชัดเจน ความสูง < 0.5 cm
1.2.4 สีของของแข็ง (0.5 คะแนน)		สีเหลือง สีส้ม สีแดง	สีน้ำตาลดำ

ตัวอย่างการให้คะแนน

ภาพผลิตภัณฑ์	A ทำการทดลองถูกต้องทุกขั้นตอน	B ทำการทดลองถูกต้องทุกขั้นตอน	C เติมน้ำในครั้งเดียว
			
เกณฑ์การให้คะแนน	1.0	1.0	0.5
1.2.2 ลักษณะของแข็ง (1 คะแนน)	เป็นผลึกขาวแสง	เป็นผลึกผสมผง ส่วนใหญ่เป็นผลึก	เป็นผง ลักษณะผลึกไม่ชัดเจน
1.2.3 ปริมาณของแข็ง (0.5 คะแนน)	0.5 ของแข็ง > 0.5 cm	0.5 ของแข็ง > 0.5 cm	0.5 ของแข็ง > 0.5 cm
1.2.4 สีของของแข็ง (0.5 คะแนน)	0.5 สีเหลือง/ส้ม/แดง	0.5 สีเหลือง/ส้ม/แดง	0 สีน้ำตาลดำ
รวม	2.0	2.0	1.0

ภาพผลิตภัณฑ์	D ล้างตะกอน แต่ไม่ได้ตกผลึก	E ไม่ได้ล้างตะกอน ไม่ได้ตกผลึก	F ปรับ pH ไม่เป็นเบส
			
เกณฑ์การให้คะแนน	0.5	0	0
1.2.2 ลักษณะของแข็ง (1 คะแนน)	เป็นผงทึบแสง	เป็นผงฟุ้งกระจาย	เป็นผงฟุ้งกระจาย
1.2.3 ปริมาณของแข็ง (0.5 คะแนน)	0.5	0	0
	ของแข็ง > 0.5 cm	ของแข็งไม่แยกจากสารละลาย	ของแข็งไม่แยกจากสารละลาย
1.2.4 สีของของแข็ง (0.5 คะแนน)	0.5	0.5	0.5
	สีเหลือง/ส้ม/แดง	สีเหลือง/ส้ม/แดง	สีเหลือง/ส้ม/แดง
รวม	1.5	0.5	0.5

1.3 (1.0 คะแนน) ผลได้ตามทฤษฎี

กำหนดปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์สาร X ดังตาราง

สารตั้งต้น	ปริมาณที่ใช้ (mL)
5% (w/v) sulfanilic acid	0.4
5% (w/v) sodium nitrite	0.2
6 M HCl	0.2
<i>N,N</i> -dimethylaniline (ความหนาแน่น 0.956 g/mL)	0.04

ผลได้ตามทฤษฎีของการสังเคราะห์สาร X = 30 (0.2 คะแนน) mg

วิธีคำนวณ

เลขนัยสำคัญ 1 ตำแหน่ง

$$\text{sulfanilic acid} = \frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{173.2 \text{ g}} \times 0.4 \text{ mL} = 0.1 \text{ mmol} \quad (0.2 \text{ คะแนน})$$

$$\text{sodium nitrite} = \frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{69.0 \text{ g}} \times 0.2 \text{ mL} = 0.1 \text{ mmol} \quad (0.2 \text{ คะแนน})$$

$$\text{HCl} = 6 \text{ M} \times 0.2 \text{ mL} = 1 \text{ mmol} \quad (0.1 \text{ คะแนน})$$

$$\text{N,N-dimethylaniline} = \frac{0.956 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{121.2 \text{ g}} \times 0.04 \text{ mL} = 0.3 \text{ mmol} \quad (0.2 \text{ คะแนน})$$

จากสูตรโครงสร้าง สาร X MW 305.3 g/mol หรือ 327.3 g/mol ในกรณี sodium salt

$$\text{ผลได้ตามทฤษฎีของสาร X} = \frac{327.3 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times 0.1 \text{ mmol} = 30 \text{ mg} \quad (0.1 \text{ คะแนน})$$

ตอนที่ 2 การระบุชนิดของอินดิเคเตอร์โดยเทคนิค TLC (4.0 คะแนน)

2.1 (0.5 คะแนน) แผ่น TLC ที่สังตรว ใช้ mobile phase คือ

- | | |
|--|--|
| ☐ 1:4 Ethyl acetate: Ethanol | ☐ 1:4 Ethyl acetate: Hexane |
| ☐ 1:1 Ethyl acetate: Ethanol | ☐ 1:1 Ethyl acetate: Hexane |
| ☒ 4:1 Ethyl acetate: Ethanol | ☐ 4:1 Ethyl acetate: Hexane |

2.2 (1.5 คะแนน) ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดสารสี และ ค่า R_f จากแผ่น TLC ที่สังตรว

ตารางที่ 2.2 บันทึกระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดสารสี และ ค่า R_f

ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่

=

cm

สารสี	ระยะทางที่จุดสารเคลื่อนที่ (cm)	ค่า R_f (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)
สาร X		
อินดิเคเตอร์ A		
อินดิเคเตอร์ B		
อินดิเคเตอร์ C		

เกณฑ์การให้คะแนนตารางบันทึกผล

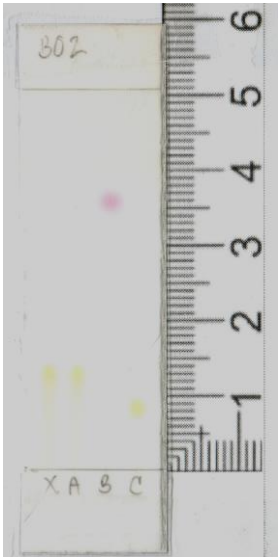
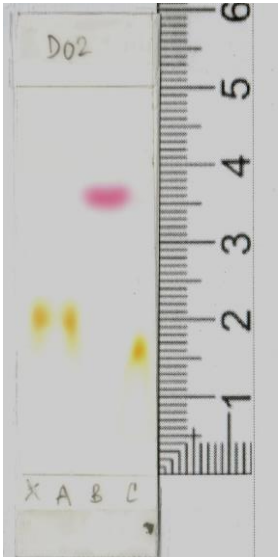
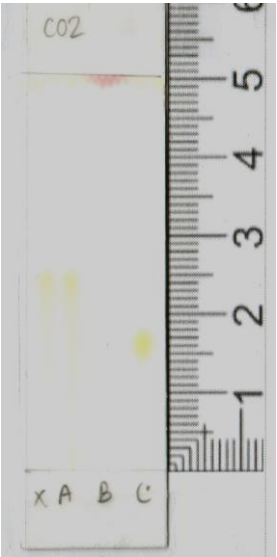
2.2.1 บันทึกระยะทางของจุดสาร 4 จุด และตัวทำละลายครบถ้วน	1.0 คะแนน
- บันทึกระยะทางมีเลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)	-0.2 คะแนน
- บันทึกระยะทางไม่ตรงกับหลักฐาน (ค่าแตกต่างเกิน ± 0.1 cm)	-0.2 คะแนน (ต่อค่า)
- ข้อมูลไม่ครบ	-0.2 คะแนน (ต่อค่า)
2.2.2 การคำนวณค่า R_f	0.5 คะแนน
- ค่าคำนวณค่า R_f ไม่ถูกต้อง (ใช้ข้อมูลจากระยะทางของจุดสารที่นักเรียนบันทึกในตาราง)	-0.1 คะแนน (ต่อจุด)
- ข้อมูลไม่ครบ	-0.1 คะแนน (ต่อจุด)

2.3 (2.0 คะแนน) แผ่น TLC ที่ส่งตรวจ

เกณฑ์การให้คะแนนแผ่น TLC

2.3.1 องค์ประกอบของแผ่น TLC	0.5 คะแนน
- เส้นเริ่มต้นและเส้นสิ้นสุดชัดเจน ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่มีค่า 5 ± 0.1 cm	+ 0.1 คะแนน
- ระบุชนิดของจุดสารสี จุดสารมีสีชัดเจน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 0.5 cm (จุดสารใหญ่เกิดจากการจุดสารเริ่มต้นขนาดใหญ่ หรือ ไม่รอให้จุดสารแห้งก่อนทำ TLC)	+ 0.4 คะแนน (หัก 0.1 คะแนนต่อจุด)
2.3.2 การจำแนกสาร X A B C (ตรวจให้คะแนนเมื่อเลือก Mobile phase ถูกต้อง)	0.5 คะแนน
- สาร X และ A มีระยะทางต่างกัน ≤ 0.10 cm	+ 0.25 คะแนน
- สาร X และ C มีระยะทางต่างกัน ≥ 0.20 cm	+ 0.25 คะแนน
2.3.3 ค่าระยะทางของ X A B C (ตรวจให้คะแนนเฉพาะ 4:1 EtOAc: EtOH)	1.0 คะแนน
- สาร X และ A มีระยะทาง ± 0.50 cm ของค่าเฉลี่ย	+ 0.5 คะแนน
- สาร B มีระยะทาง ± 0.50 cm ของค่าเฉลี่ย	+ 0.25 คะแนน
- สาร C มีระยะทาง ± 0.50 cm ของค่าเฉลี่ย	+ 0.25 คะแนน

ตัวอย่างการให้คะแนน Mobile phase: 4:1 EtOAc: EtOH

ภาพแผ่น TLC	A ทำการทดลอง ถูกต้อง	B จุดสารใหญ่ เตรียม mobile phase เปิดฝา ไว้นาน	C ไม่ปิดฝา และไม่ใส่ กระดาษกรอง
			
จุดสาร (ช่วงระยะทางที่ถูกต้อง)	ระยะทางที่จุดสารเคลื่อนที่ (cm)		
X (1.2 ± 0.5)	1.25	2.00	2.40
A (1.2 ± 0.5)	1.25	2.00	2.40
B (3.5 ± 0.5)	3.55	3.55	4.90
C (0.8 ± 0.5)	0.80	1.60	1.60
2.3.1 องค์ประกอบ (0.5 คะแนน)	0.5	0.4 (-0.1 สาร C)	0.4 (-0.1 สาร B)
2.3.2 การจำแนกสาร (0.5 คะแนน)	0.5	0.5	0.5
2.3.3 ระยะทางจุดสาร ถูกต้อง (1.0 คะแนน)	1.0	0.25 (หักคะแนน X, A, C)	0
รวม (2.0 คะแนน)	2.0	1.15	0.9

ตอนที่ 3 การระบุชนิดของอินดิเคเตอร์โดยการไทเทรต (12.0 คะแนน)

3.1 (5.0 คะแนน) การไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl

3.1.1 (1.0 คะแนน)

สำหรับกรรมการเท่านั้น	
จำนวนครั้งของการไทเทรต ☐ 3 ครั้ง ☐ 2 ครั้ง ☐ 1 ครั้ง	 ลายมือชื่อกรรมการ

เกณฑ์การให้คะแนนจำนวนครั้งของการไทเทรต

ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายเซ็นกรรมการ	1.0 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายเซ็นกรรมการ	0.75 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายเซ็นกรรมการ	0.5 คะแนน
ไม่มีลายเซ็นกรรมการ	0 คะแนน

3.1.2 (3.5 คะแนน)

ตารางที่ 3.1 ปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรต

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH =

	M
--	---

การไทเทรต	สเกลเริ่มต้น (mL)	สเกลสุดท้าย (mL)	ปริมาตร HCl ที่ใช้ (mL)
ครั้งที่ 1			
ครั้งที่ 2			
ครั้งที่ 3			
ปริมาตรเฉลี่ย			

3.1.2A เกณฑ์การให้คะแนนการบันทึกปริมาตร

คำตอบทุกช่องถูกต้องตามหลักเลขนัยสำคัญ	1.0 คะแนน
- เลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง	-0.2 คะแนน
- ลบปริมาตรไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง	-0.2 คะแนน
- คำนวณปริมาตรเฉลี่ยไม่ถูกต้อง	-0.2 คะแนน

3.1.2B เกณฑ์การให้คะแนน precision

ผลต่างของปริมาตร $\max - \min \leq 0.10 \text{ mL}$	0.5 คะแนน
$0.10 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \leq 0.20 \text{ mL}$	0.25 คะแนน
$0.20 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร}$	0 คะแนน

3.1.2C เกณฑ์การให้คะแนน accuracy ของ [HCl]

$ X - \bar{X} \leq 0.5 \text{ S.D.}$	2.0 คะแนน
$0.5 \text{ S.D.} < X - \bar{X} \leq 1.0 \text{ S.D.}$	1.5 คะแนน
$1.0 \text{ S.D.} < X - \bar{X} \leq 1.5 \text{ S.D.}$	1.0 คะแนน
$1.5 \text{ S.D.} < X - \bar{X} \leq 2.0 \text{ S.D.}$	0.5 คะแนน

3.1.3 (0.5 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน HCl

=

(0.2 คะแนน)

M

วิธีคำนวณ

โมลของกรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี

 $[\text{HCl}] = \text{Molarity of NaOH} \times \text{Volume of NaOH} / \text{Volume of HCl}$

$$= \frac{0.09081 \text{ mol}}{\text{L}} \times \frac{10.00 \text{ mL}}{10.67 \text{ mL}} \quad (0.3 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.08511 \text{ M}$$

3.2 (7 คะแนน) การไทเทรตเพื่อหาค่า pH ที่สาร X เปลี่ยนสี

3.2.1 (1.0 คะแนน)

สำหรับกรรมการเท่านั้น	
จำนวนครั้งของการไทเทรต ☐ 3 ครั้ง ☐ 2 ครั้ง ☐ 1 ครั้ง	 ลายมือชื่อกรรมการ

เกณฑ์การให้คะแนนจำนวนครั้งการไทเทรต

ไทเทรต 3 ครั้ง พร้อมลายเซ็นกรรมการ	1.0 คะแนน
ไทเทรต 2 ครั้ง พร้อมลายเซ็นกรรมการ	0.75 คะแนน
ไทเทรต 1 ครั้ง พร้อมลายเซ็นกรรมการ	0.5 คะแนน
ไม่มีลายเซ็นกรรมการ	0 คะแนน

3.2.2 (3.5 คะแนน)

ตารางที่ 3.2 ปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรต

การไทเทรต	สเกลเริ่มต้น (mL)	สเกลสุดท้าย (mL)	ปริมาตร HCl ที่ใช้ (mL)
ครั้งที่ 1			
ครั้งที่ 2			
ครั้งที่ 3			
ปริมาตรเฉลี่ย			

3.2.2A เกณฑ์การให้คะแนนการบันทึกปริมาตร

คำตอบทุกช่องถูกต้องตามหลักเลขนัยสำคัญ	1 คะแนน
- เลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง	-0.2 คะแนน
- ลบปริมาตรไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง	-0.2 คะแนน
- คำนวณปริมาตรเฉลี่ยไม่ถูกต้อง	-0.2 คะแนน

3.2.2B เกณฑ์การให้คะแนน precision

ผลต่างของปริมาตร $\max - \min \leq 0.10 \text{ mL}$	0.5 คะแนน
$0.10 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร} \leq 0.20 \text{ mL}$	0.25 คะแนน
$0.20 \text{ mL} < \text{ผลต่างของปริมาตร}$	0 คะแนน

3.2.2C เกณฑ์การให้คะแนน accuracy ของค่า pH ที่สาร X เปลี่ยนสี

$ X - \bar{X} \leq 0.5 \text{ S.D.}$	2.0 คะแนน
$0.5 \text{ S.D.} < X - \bar{X} \leq 1.0 \text{ S.D.}$	1.5 คะแนน
$1.0 \text{ S.D.} < X - \bar{X} \leq 1.5 \text{ S.D.}$	1.0 คะแนน
$1.5 \text{ S.D.} < X - \bar{X} \leq 2.0 \text{ S.D.}$	0.5 คะแนน

3.2.3 (1.5 คะแนน)

ค่า pH ที่สาร X เปลี่ยนสี

=

(0.2 คะแนน)

วิธีคำนวณ

โมลของกรดที่ใช้ในการไทเทรต

(0.3 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{Mol HCl} &= \text{Molarity of HCl} \times \text{Volume of HCl} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= \frac{0.08511 \text{ mol}_{\text{HCl}}}{\text{L}} \times 10.80 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.0009192 \text{ mol}_{\text{HCl}} \end{aligned}$$

โมลของเบสที่ใช้ในการไทเทรต

(0.3 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{Mol NaOH} &= \text{Molarity of NaOH} \times \text{Volume of NaOH} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= \frac{0.09081 \text{ mol}_{\text{NaOH}}}{\text{L}} \times 10.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.0009081 \text{ mol}_{\text{NaOH}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น จำนวนโมลของกรด HCl ที่เหลือหลังปฏิกิริยาสะเทิน} &= 0.0009192 - 0.0009081 \quad (0.3 \text{ คะแนน}) \\ &= 0.0000112 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ความเข้มข้นของกรด HCl ที่เหลือหลังปฏิกิริยาสะเทิน} &\quad (0.3 \text{ คะแนน}) \\ &= \frac{0.0000112 \text{ mol} \times (1000 \text{ mL}/1 \text{ L})}{(10.80 + 10.00 \text{ mL})} \\ &= 0.000538 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น ค่า pH ที่สาร X เปลี่ยนสี} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0.000538 = 3.27 \quad (0.1 \text{ คะแนน})$$

สรุปผลการทดลอง (1.0 คะแนน) สาร X เป็นอินดิเคเตอร์ชนิดใด

(0.5 คะแนน)



Indicator A



Indicator B



Indicator C

เหตุผล (0.5 คะแนน)

ตรวจให้คะแนนเมื่อเลือกอินดิเคเตอร์ได้ถูกต้อง

กรณีคำตอบ TLC และ ไทเทรตตรงกัน

- การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จะอยู่ในช่วง $\pm 1 \text{ pK}_a$ จากการทดลองค่า pH ที่สาร X เปลี่ยนสีอยู่ในช่วงค่า $\pm 1 \text{ pK}_a$ ของอินดิเคเตอร์ A
- ค่า Rf ของอินดิเคเตอร์ X มีค่าใกล้เคียงกับอินดิเคเตอร์ A

กรณีคำตอบ TLC และ ไทเทรตไม่ตรงกัน

- อภิปรายปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการทดลอง และการใช้ข้อมูลตัดสินใจเลือก Indicator A เป็นคำตอบ

แบบรายงานการทดลอง
การทดลองที่ 2 (20 คะแนน)
ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแอสไพริน
(Hydrolysis reaction of aspirin)

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปริมาณแอสไพรินในตัวอย่างยาแก้ปวด (7.5 คะแนน)

หมายเลขยาตัวอย่าง =

--

น้ำหนักของยาตัวอย่าง =

109.5

 mg

1.1 (0.5 คะแนน) ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานของกรดซาลิซิลิก

ลำดับ	ความเข้มข้นของกรดซาลิซิลิก (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0.020	x.xxx
2	0.040	x.xxx
3	0.060	x.xxx
4	0.080	x.xxx

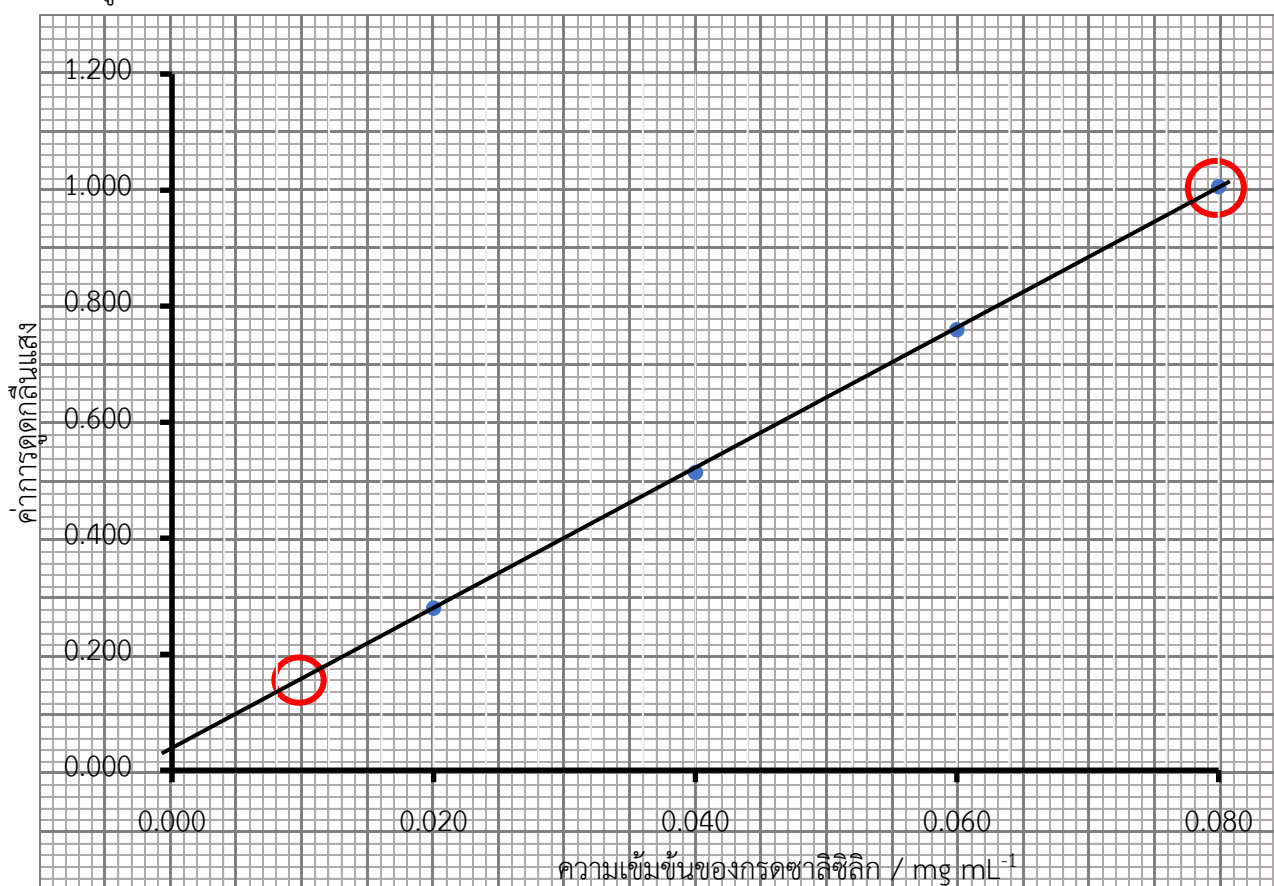
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายยาตัวอย่าง =

x.xxx

สำหรับการแทนที่ (ทำเครื่องหมาย ☒ เมื่อวัดค่า หรือ ☒ เมื่อไม่ได้วัดค่าการดูดกลืนแสง)	
☐ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน	 ลายมือชื่อกรรมการ
☐ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง	

เกณฑ์การให้คะแนน (0.5 คะแนน)	
วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่าง และมีลายมือชื่อกรรมการ	+0.5
วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่าง แต่ไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0
บันทึกทศนิยมไม่ครบ 3 ตำแหน่งค่าใดค่าหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งค่า	-0.3

1.2 (3 คะแนน) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดซาลิซิลิกในสารละลายและค่าการดูดกลืนแสง



คู่อันดับที่นำมาหาความชันของกราฟ (ให้วงกลมล้อมรอบจุดที่ใช้บนกราฟ)	$(x_1, y_1) =$	(0.010 , 0.160)	0.25 คะแนน จุดที่เลือก ต้องอยู่บนเส้น ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญ
	$(x_2, y_2) =$	(0.080 , 1.000)	0.25 คะแนน จุดที่เลือก ต้องอยู่บนเส้น ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญ

สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟ (ไม่คิดเลขนัยสำคัญ)	$y =$	$12.0x + 0.040$	0.50 คะแนน (y-inter 0.25, slope 0.25) ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญ
--	-------	-----------------	---

เกณฑ์การพล็อตกราฟ (2.0 คะแนน)		
การพิจารณา		คะแนน
1. จุดบนกราฟ		
	ครบทุกจุด	0.5
	ขาดหนึ่งจุด	0.3
	ขาดมากกว่าหนึ่งจุด	0.0
2. การลากเส้นตรง		
	ลากเส้นตรงเฉลี่ยจุดทุกจุด	0.5
	ลากเชื่อมต่อจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้าย	0
	ใช้จุดสามจุดติดกันเพื่อลากเส้นตรง	0
3. สเกลแกน $x \geq 15$ ช่องใหญ่ และ $y \geq 10$ ช่องใหญ่ ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญบนสเกล		0.5
	สเกลแกน $x < 15$ หรือ $y < 10$ ไม่เหมาะสม	0.3
	สเกลแกน $x < 15$ และ $y < 10$ ไม่เหมาะสม	0
4. ชื่อแกน y		
	ถูกต้องและไม่มีหน่วย	0.25
	ถูกต้องแต่มีหน่วย	0
5. ชื่อแกน x		
	ถูกต้องและมีหน่วยกำกับ	0.25
	ถูกต้องแต่ไม่มีหน่วยกำกับ	0

- 1.3 (4 คะแนน) ร้อยละโดยมวล (%w/w) ของแอสไพรินในยาตัวอย่าง
(ตอบเป็นจำนวนเต็ม)

ZZ

A (วิธีคำนวณและคำตอบ)

(คำตอบ 0.5 คะแนน)

ไม่ตอบเป็นจำนวนเต็มหัก 0.25 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณหาร้อยละโดยมวลของแอสไพริน

จากสมการเส้นตรง $y = 12.0x + 0.040$

วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างได้เท่ากับ 0.xxx

แทนค่าในสมการเส้นตรงโดยค่า y มีค่าเท่ากับ 0.xxx จะได้ (อธิบายการแทนค่าได้ถูกต้อง 0.25 คะแนน)

$$y = 12.0x + 0.040$$

$$x = (0.xxx - 0.040) / 12.0 \quad (\text{แสดงการแทนค่า } 0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.0xx \text{ mg/mL}$$

ดังนั้นสารละลายตัวอย่างยา 100 mL ประกอบด้วยแอสไพริน

$$g_{AS} = 10^{\text{dilution factor}} \times \frac{180.17 \text{ g}_{AS}}{1 \text{ mol}_{AS}} \times \frac{1 \text{ mol}_{SA}}{138.13 \text{ g}_{SA}} \times \frac{0.0xx \text{ mg}_{SA}}{1 \text{ mL}} \times 100 \text{ mL}$$

ส่วนของ conversion factor กรอบเท่าคิดส่วนละ 0.25 คะแนน (รวม 0.75 คะแนน)

$$g_{AS} = yyy \text{ mg}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นคิดเป็นร้อยละ} &= \frac{yyy \text{ mg}}{109.5 \text{ mg}} \times 100 \\ &= zz \%w/w \end{aligned} \quad (\text{แสดงการหาร้อยละ } 0.25 \text{ คะแนน})$$

B พิจารณาร้อยละของแอสไพรินในตัวอย่างที่ได้ (คะแนนเต็ม 2.0 คะแนน) (คำตอบจาก excel)

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
$ x - \bar{x} \leq \text{S.D.}$	2
$\text{S.D.} < x - \bar{x} \leq 2 \text{ S.D.}$	1
$2 \text{ S.D.} < x - \bar{x} $	0

ตอนที่ 2 การศึกษากฎอัตราของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแอสไพริน (12.5 คะแนน)

2.1 (0.8 คะแนน) ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

สารละลาย	ค่าการดูดกลืนแสง
A_0	0.021 (0.1 คะแนน)
A_1	0.285 (0.1 คะแนน)
A_2	0.413 (0.1 คะแนน)
A_4	0.532 (0.1 คะแนน)
A_6	0.605 (0.1 คะแนน)
A_8	0.631 (0.1 คะแนน)
A_{10}	0.658 (0.1 คะแนน)
A_{final}	0.683 (0.1 คะแนน)

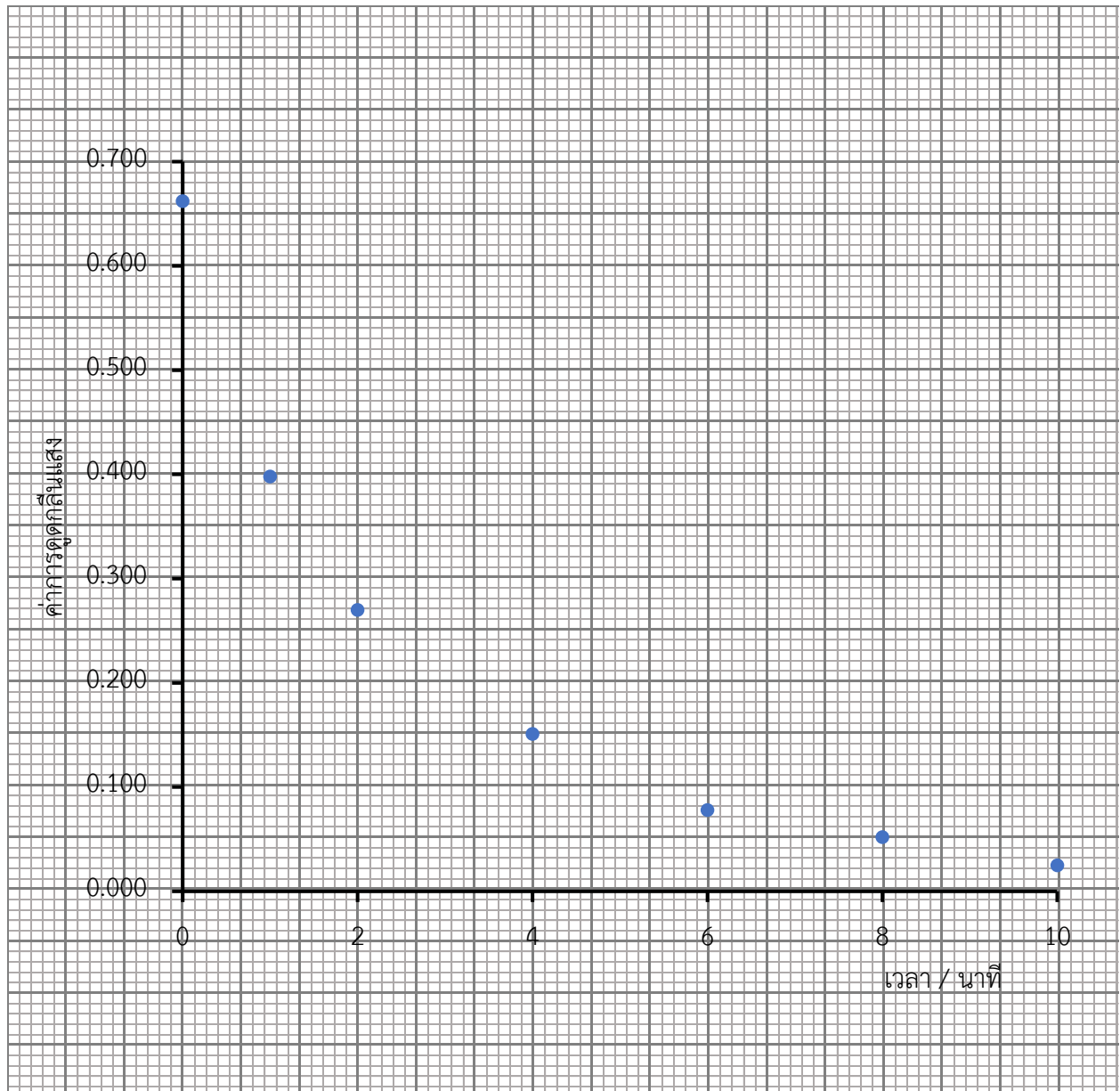
สำหรับกรรมการเท่านั้น	
วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จำนวนสารที่นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง =	 ลายมือชื่อกรรมการ

การวัดการดูดกลืนแสง (0.8 คะแนน)	
เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารช่องละ 0.1 คะแนน	0.8
วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารขาด ≥ 2 ค่า	0
วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารหากไม่มีลายมือชื่อกรรมการ	0

2.2 (1.5 คะแนน) คำนวณค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองในช่องว่างของตาราง

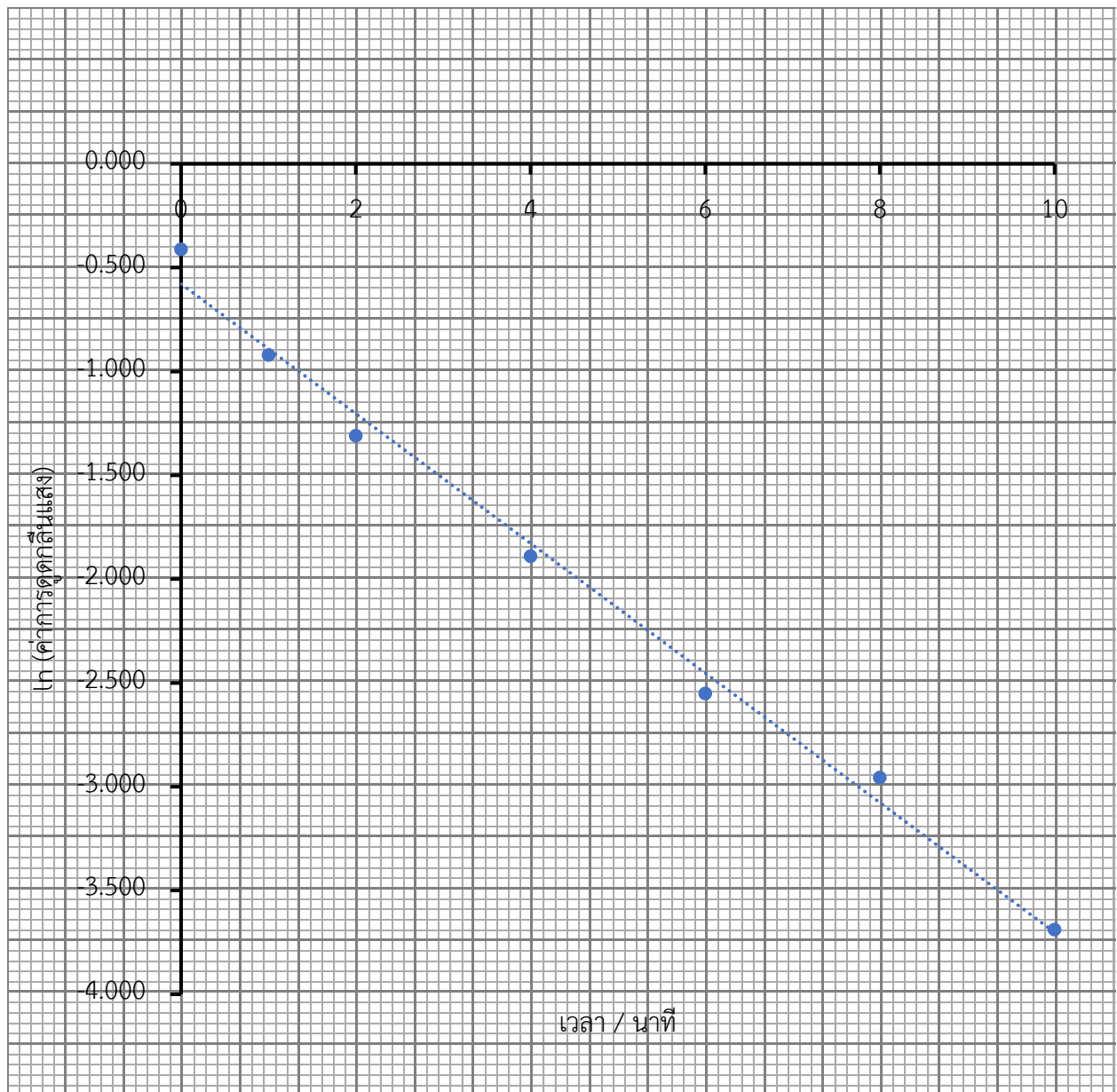
เวลา (นาทีก)	$A_{\text{final}} - A_t$	$\ln(A_{\text{final}} - A_t)$	$1/(A_{\text{final}} - A_t)$
0	0.662	-0.xxx	1.xx
1	0.398	-1.xxx	2.xx
2	0.270	-1.xxx	4.xx
3	0.151	-2.xxx	7.xx
6	0.078	-2.xx	xx. หรือ xx
8	0.052	-3.xx	xx. หรือ xx
10	0.025	-3.xx	xx. หรือ xx
	- คิดคำตอบทุกช่อง ได้ 0.5 คะแนน - เลขนัยสำคัญตัวใด ตัวหนึ่งใน column ไม่ถูกต้อง หัก 0.2 คะแนน - คำนวณช่องใดช่อง หนึ่งไม่ถูกต้อง หัก 0.2 คะแนน	- คิดคำตอบทุกช่อง ได้ 0.5 คะแนน - เลขนัยสำคัญตัวใด ตัวหนึ่งใน column ไม่ถูกต้อง หัก 0.2 คะแนน - คำนวณช่องใดช่อง หนึ่งไม่ถูกต้อง หัก 0.2 คะแนน	- คิดคำตอบทุกช่อง ได้ 0.5 คะแนน - เลขนัยสำคัญตัวใด ตัวหนึ่งใน column ไม่ถูกต้อง หัก 0.2 คะแนน - คำนวณช่องใดช่อง หนึ่งไม่ถูกต้อง หัก 0.2 คะแนน

2.3 (4.5 คะแนน) เขียนกราฟของปฏิกิริยาอันดับศูนย์ อันดับหนึ่ง และอันดับสอง ตามลำดับ



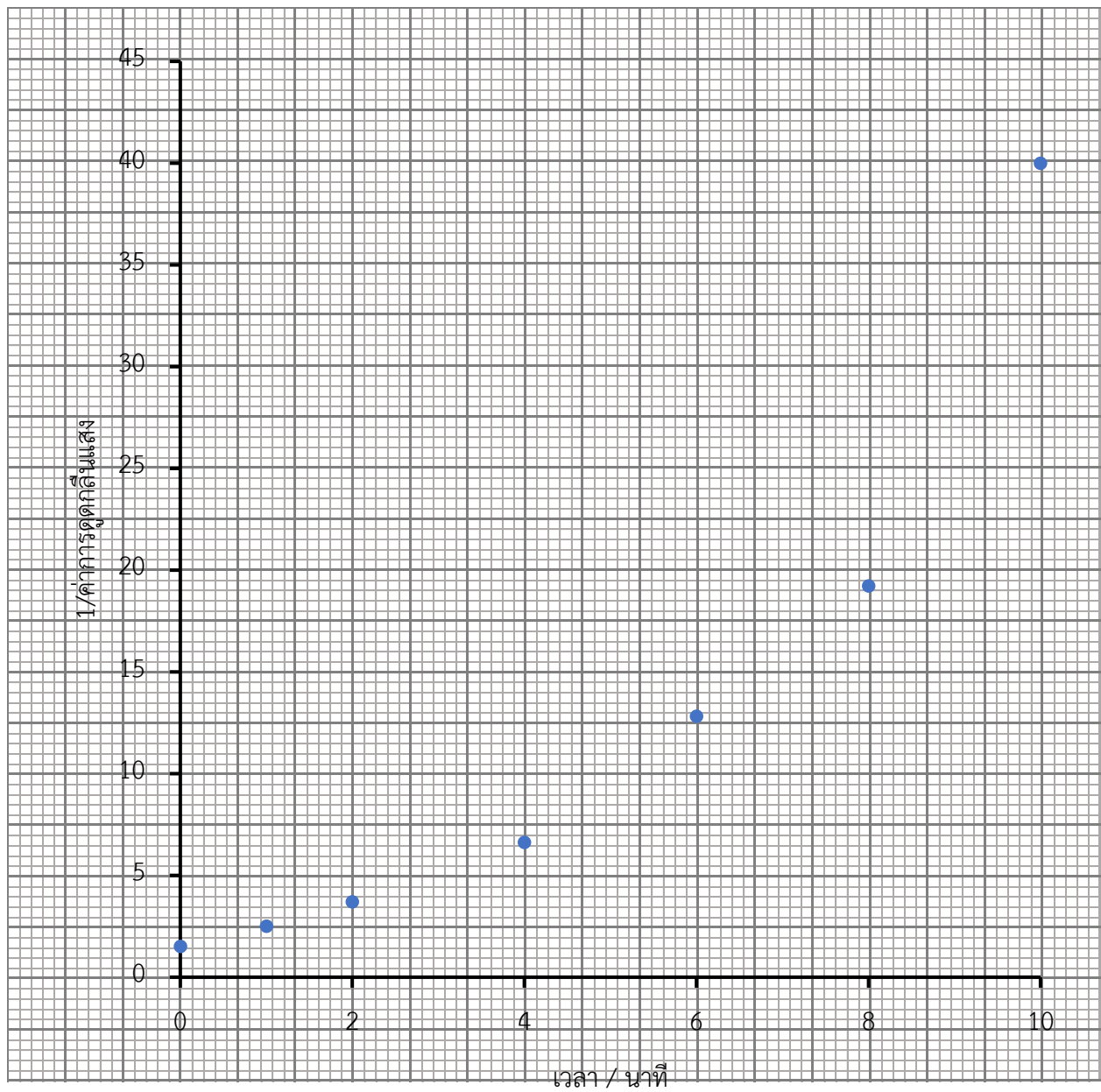
กราฟ 1A. อันดับศูนย์

เกณฑ์การพล็อตกราฟอันดับ 0 (1.5 คะแนน)		
การพิจารณา		คะแนน
1. จุดบนกราฟ		
	ครบทุกจุด	0.5
	ขาดหนึ่งจุด	0.3
	ขาดมากกว่าหนึ่งจุด	0.0
2. สเกลแกน $x \geq 13$ ช่องใหญ่ และ $y \geq 13$ ช่องใหญ่ ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญบนสเกล		0.5
	สเกลแกน $x < 13$ ช่อง หรือ $y < 13$ ช่องใหญ่	0.3
	สเกลแกน $x < 13$ ช่อง และ $y < 13$ ช่องใหญ่	0
3. ชื่อแกน y		
	ถูกต้องและไม่มีหน่วย	0.25
	ถูกต้องแต่มีหน่วย	0
4. ชื่อแกน x		
	ถูกต้องและมีหน่วยกำกับ	0.25
	ถูกต้องแต่ไม่มีหน่วยกำกับ	0



กราฟ 2A. อันดับหนึ่ง

เกณฑ์การพล็อตกราฟอันดับ 1 (1.5 คะแนน)		
การพิจารณา		คะแนน
1. จุดบนกราฟ		
	ครบทุกจุด	0.5
	ขาดหนึ่งจุด	0.3
	ขาดมากกว่าหนึ่งจุด	0.0
2. สเกลแกน $x \geq 13$ ช่องใหญ่ และ $y \geq 13$ ช่องใหญ่ ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญบนสเกล		0.5
	สเกลแกน $x < 13$ ช่อง หรือ $y < 13$ ช่องใหญ่	0.3
	สเกลแกน $x < 13$ ช่อง และ $y < 13$ ช่องใหญ่	0
3. ชื่อแกน y		
	ถูกต้องและไม่มีหน่วย	0.25
	ถูกต้องแต่มีหน่วย	0
4. ชื่อแกน x		
	ถูกต้องและมีหน่วยกำกับ	0.25
	ถูกต้องแต่ไม่มีหน่วยกำกับ	0



กราฟ 3A. อันดับสอง

เกณฑ์การพล็อตกราฟอันดับ 2 (1.5 คะแนน)		
การพิจารณา		คะแนน
1. จุดบนกราฟ		
	ครบทุกจุด	0.5
	ขาดหนึ่งจุด	0.3
	ขาดมากกว่าหนึ่งจุด	0.0
2. สเกลแกน $x \geq 13$ ช่องใหญ่ และ $y \geq 13$ ช่องใหญ่ ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญบนสเกล		0.5
	สเกลแกน $x < 13$ ช่อง หรือ $y < 13$ ช่องใหญ่	0.3
	สเกลแกน $x < 13$ ช่อง และ $y < 13$ ช่องใหญ่	0
3. ชื่อแกน y		
	ถูกต้องและไม่มีหน่วย	0.25
	ถูกต้องแต่มีหน่วย	0
4. ชื่อแกน x		
	ถูกต้องและมีหน่วยกำกับ	0.25
	ถูกต้องแต่ไม่มีหน่วยกำกับ	0

ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลการทดลอง (ถ้าไม่เลือกจะไม่ตรวจให้คะแนนตอนที่ 2)

☒ ชุด A

☐ ชุด B

2.4 (5.7 คะแนน) หาอันดับและค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา

2.4.1 อันดับของปฏิกิริยา

☐ อันดับศูนย์☒ อันดับหนึ่ง☐ อันดับสอง

A เกณฑ์การลากเส้นแนวโน้ม (0.4 คะแนน)		
เลือกอันดับ		
	สอดคล้องกับการทดลองที่นักเรียนได้ (พิจารณาจาก R^2 จาก excel ประกอบ)	0.4
	ไม่สอดคล้องกับการทดลองที่นักเรียนได้	0

การลากเส้นแนวโน้มเส้นตรง ตรวจสอบกราฟที่นักเรียนเลือกอันดับที่สอดคล้องกับผลการทดลอง

เกณฑ์การลากเส้นแนวโน้ม (1.5 คะแนน)		
B 1. การลากเส้นตรง		
	ลากเส้นตรงเฉี่ยจุดทุกจุด	0.5
	ลากเชื่อมต่อจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้าย	0
	ใช้จุดสามจุดติดกันเพื่อลากเส้นตรง	0
C 2. ความเป็นเส้นตรง (ข้อมูลจาก excel)		
	$R^2 \geq 0.98$	1
	$0.98 > R^2 \geq 0.90$	0.5
	$0.90 > R^2$	0

D ความถูกต้องของอันดับปฏิกิริยา (2 คะแนน)		
เกณฑ์การให้คะแนน		คะแนน
ผลการทดลองได้อันดับ 1 (พิจารณาจาก excel; R^2 จาก excel ของอันดับ 1 มากกว่าอันดับอื่น ๆ)		2

2.4.2 ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาเคมี (k_{obs})

พร้อมระบุหน่วย (กำหนดหน่วยเวลาเป็นนาทีก)

=

0.xx min⁻¹

A (วิธีการหาค่าคงที่อัตราและคำตอบ)

คำตอบ 0.2 คะแนน

(ไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญ)

พิจารณาคำตอบของนักเรียนจากอันดับที่เลือก

แสดงวิธีการคำนวณหาค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาเคมี (ให้แสดงวิธีการคำนวณบนกราฟที่สอดคล้องกับคำตอบในข้อ 2.4.1)

การหาค่าคงที่อัตรา (0.6 คะแนน)	
เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
แสดงการหา slope จากกราฟอันดับที่นักเรียนเลือก วาดสามเหลี่ยมที่แสดงการหา slope บนกราฟต้องมีขนาดในแนวแกน x มากกว่า 5 นาที	0.2
แสดงวิธีการคิดความชันบนกราฟ	0.2
แสดงให้เห็น ค่าคงที่อัตรา = -slope	0.2

B ความถูกต้องของค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาเคมี (k_{obs}) อยู่ในช่วง (พิจารณาจากอันดับหนึ่ง ที่ควรจะได้ และ คำนวณจาก excel ของข้อมูล) (1 คะแนน)

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
$ x - \bar{x} \leq \text{S.D.}$	1
$\text{S.D.} < x - \bar{x} \leq 2 \text{ S.D.}$	0.5
$ x - \bar{x} > 2 \text{ S.D.}$	0