



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 16

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วันจันทร์ที่ 7 ธันวาคม 2563

เวลา 09.00 – 14.00 น.

ข้อสอบภาคปฏิบัติ

เลขประจำตัวสอบ _____

ข้อมูลประกอบการคำนวณ

มวลอะตอมของธาตุ

 $H = 1.01, C = 12.01, Na = 22.99, K = 39.10, N = 14.01, O = 16.00, S = 32.06, Br = 79.90$ และ $I = 126.90$ มวลโมเลกุล pyridinium tribromide ($C_5H_6Br_3N$) = 319.82

ความบริสุทธิ์โดยมวล (mass purity) ของ pyridinium tribromide = 93.00%

ความจุความร้อนจำเพาะ (s)

น้ำ = $4.184 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ สารละลายผสมของ NaOH และ HCl = $3.598 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ สารละลายผสมของ NaOH และกรดตัวอย่าง diprotic acid = $3.580 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

ความหนาแน่นของสารละลาย

สารละลาย NaOH = 1.166 g/mL

สารละลาย HCl = 1.021 g/mL

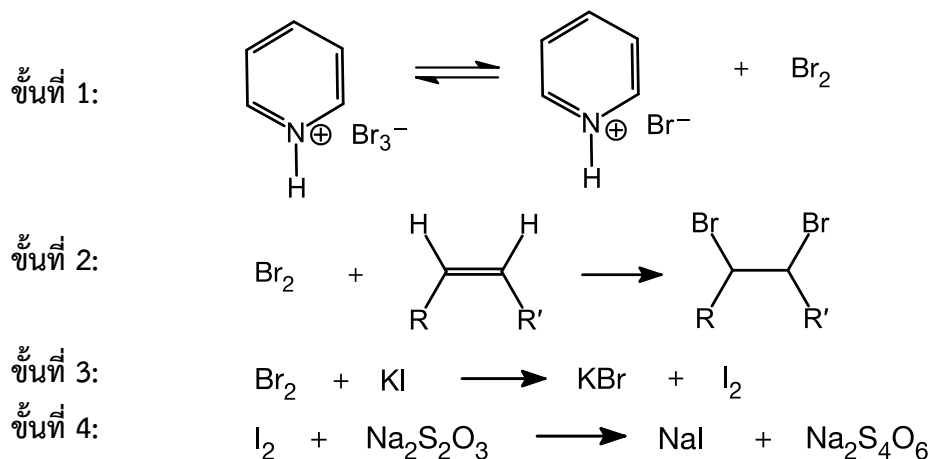
สารละลายกรดตัวอย่าง diprotic acid = 1.077 g/mL

การทดลองที่ 1 (20 คะแนน)
การหาค่าไอโอดีนของกรดโอเลอิก
(Iodine value determination of oleic acid)

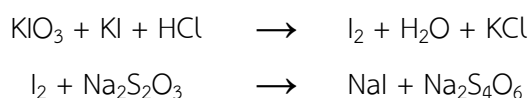
บทนำ

ค่าไอโอดีน (iodine value) ของสาร คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาการเติมของพันธะระหว่างคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวในสาร 100 g การทดลองนี้เป็นการหาค่าไอโอดีนของกรดโอเลอิก (oleic acid) ซึ่งเป็น monounsaturated fatty acid โดยใช้ปฏิกิริยาการเติมธาตุโบรมีน (elemental bromine) ที่พันธะคู่ของคาร์บอนใน oleic acid เนื่องจากปฏิกิริยารวดเร็วกว่าไอโอดีน และเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากการใช้โบรมีนโดยตรงจึงใช้ pyridinium tribromide เพื่อทำให้เกิดโบรมีนแทน โบรมีนที่เกิดขึ้นมีปริมาณแน่นอนและมากเกินไป หลังปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ หาปริมาณโบรมีนที่เหลือโดยให้ทำปฏิกิริยากับ potassium iodide ซึ่งจะได้ไอโอดีน แล้วนำไปไทเทรตด้วย sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

การหาค่าไอโอดีนในการทดลองนี้ใช้ปฏิกิริยาตามลำดับดังนี้ (สมการเคมียังไม่ได้ดุล)



การหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย sodium thiosulfate ทำโดยไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานปฐมนิยาม potassium iodate (KIO_3) โดยใช้แป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้ (สมการเคมียังไม่ได้ดุล)



การทดลองประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานปฐุมภูมิ KIO_3

ตอนที่ 2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

ตอนที่ 3 การหาค่าไอโอดีนของ oleic acid

การทดลอง

เครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการเครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย
1	บิวเรต ขนาด 50 mL	1	อัน
2	ขาตั้ง พร้อมที่ยึดบิวเรต	1	ชุด
3	กรวยแก้ว	2	อัน
4	ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL	3	ใบ
5	กระบอกตวง ขนาด 10 mL	2	ใบ
6	กระบอกตวง ขนาด 25 mL	1	ใบ
7	บีกเกอร์ ขนาด 50 mL	3	ใบ
8	บีกเกอร์ ขนาด 250 mL	3	ใบ
9	ปิเปต ขนาด 10 mL	1	อัน
10	ลูกยางสำหรับปิเปต (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	อัน
11	แท่งแก้วคน	1	แท่ง
12	ขวดกำหนดปริมาตร ขนาด 100 mL	1	ใบ
13	หลอดหยดพร้อมจุกยาง	3	ชุด
14	ขวดฉีดยาน้ำกลั่น (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ใบ
15	ถังบรรจุของเสีย (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ใบ
16	label (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	แผ่น
17	กระดาษทิชชู (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 2)	1	ห่อ

สารเคมี

ลำดับที่	รายการสารเคมี	ภาชนะ	ความเข้มข้น	ปริมาณ	ความปลอดภัย
1	ของแข็ง KIO_3	ช่องพลาสติก	-	น้ำหนัก แน่นอนระบุ ที่ช่อง	 oxidizing
2	สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	ขวดขนาด 250 mL	-	150 mL	 harmful irritant
3	สารละลาย HCl (ใช้ร่วมกับการทดลอง ที่ 2)	ขวดขนาด 125 mL	1.99 M	100 mL	 corrosive
4	สารละลาย KI	ขวดขนาด 250 mL	1.4 M	100 mL	 health hazard
5	สารละลายน้ำแป้ง	ขวดขนาด 30 mL พร้อมหลอดหยด	1% (w/v)	20 mL	ไม่ใช่สารเคมี อันตรายตาม 2012 OSHA Hazard Communication Standard
6	oleic acid	ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL จำนวน 3 ใบ	-	น้ำหนัก แน่นอนระบุ ที่ขวด	 harmful irritant
7	anhydrous ethanol	ขวดขนาด 250 mL	-	100 mL	 flammable

ลำดับที่	รายการสารเคมี	ภาชนะ	ความเข้มข้น	ปริมาณ	ความปลอดภัย
8	ของแข็ง pyridinium tribromide (mass purity = 93.00%)	ซองพลาสติก จำนวน 3 ซอง	-	น้ำหนัก แน่นอนระบุ ที่ซอง	 corrosive

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานปฐุมภูมิ KIO_3

1. บันทึกรหัสและน้ำหนักที่แน่นอนของ KIO_3 ที่ระบุไว้ข้างซองพลาสติกลงในกระดาษคำตอบ
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานปฐุมภูมิ KIO_3 ปริมาตร 100.00 mL
3. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปฐุมภูมิ KIO_3

ตอนที่ 2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

1. บรรจุสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ลงในบิวเรต
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานปฐุมภูมิ KIO_3 ปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL
3. เติมสารละลาย HCl ประมาณ 2 mL (1 mL $\approx$ 20 หยด) ลงในสารละลาย KIO_3 ในข้อที่ 2
4. เติมสารละลาย KI ปริมาตร 10 mL จะเห็นสีน้ำตาลของไอโอดีนเกิดขึ้น
5. ไทเทรตสารละลายผสมที่ได้ด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน
6. เติมสารละลายน้ำแป้ง ประมาณ 1 mL จะเห็นสีน้ำเงินเข้ม
7. ไทเทรตต่อด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เมื่อถึงจุดยุติสีน้ำเงินจะหายไป
8. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

ยกป้ายแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจสอบทั้งหมดและลงนาม

9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

ตอนที่ 3 การหาค่าไอโอดีนของ oleic acid

1. บันทึกปริมาตรและน้ำหนักที่แน่นอนของ pyridinium tribromide ที่ระบุไว้ข้างของพลาสติกลงในกระดาษคำตอบ
2. บันทึกปริมาตรและน้ำหนักที่แน่นอนของ oleic acid ที่ระบุไว้ข้างขวดรูปชมพู่ลงในกระดาษคำตอบ
3. ละลาย oleic acid ที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ โดยเติม anhydrous ethanol ปริมาตร 10 mL
4. ใส่ pyridinium tribromide ลงในสารผสมของ anhydrous ethanol และ oleic acid ในข้อ 3 และชะ pyridinium tribromide ที่เหลือในช่องให้หมดด้วย anhydrous ethanol ปริมาตร 10 mL เขย่าขวดให้ละลายจนหมด ควรได้สารละลายใสที่มีสีน้ำตาลแดง
5. เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 15 mL ตามด้วยสารละลาย 1.4 M KI ปริมาตร 10 mL เขย่าให้สารผสมกัน สารละลายควรมีสีเข้มมากขึ้นแต่อาจไม่เป็นเนื้อเดียวกัน
6. ไทเทรตสารละลายผสมที่ได้ด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน
7. เติมสารละลายน้ำแป้ง ประมาณ 1 mL จะเห็นสีน้ำเงินเข้ม
8. ไทเทรตต่อด้วยสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เมื่อถึงจุดยุติสีน้ำเงินจะหายไป
9. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยใช้ oleic acid และ pyridinium tribromide ที่ชั่งไว้ให้แล้ว

*****ยกป้ายแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจสอบทั้งหมดและลงนาม*****

10. คำนวณหาค่าไอโอดีนของ oleic acid

การทดลองที่ 2 (20 คะแนน)

การหาความเข้มข้นของกรดตัวอย่างด้วยเทคนิคแคลอริเมตรี

(Acid concentration determination using calorimetric technique)

บทนำ

ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่และเบสแก่ เป็นปฏิกิริยาของโปรตอนและไฮดรอกไซด์ไอออน ได้น้ำและความร้อน ดังสมการที่ (1)



ความร้อนที่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของกรดและเบสที่ใช้ และวัดโดยใช้แคลอริมิเตอร์ เมื่อทำปฏิกิริยาดังกล่าวในแคลอริมิเตอร์พบว่าความร้อนจากปฏิกิริยา (q_{rxn}) ถ่ายเทไปยังสารละลาย (q_{soln}) และแคลอริมิเตอร์ (q_{cal}) ดังสมการที่ (2)

$$q_{\text{rxn}} + q_{\text{soln}} + q_{\text{cal}} = 0 \quad (2)$$

ถ้าปฏิกิริยาเกิดน้ำจำนวน 1 โมล สามารถเขียนสมการดุลความร้อนของระบบได้ดังสมการที่ (3)

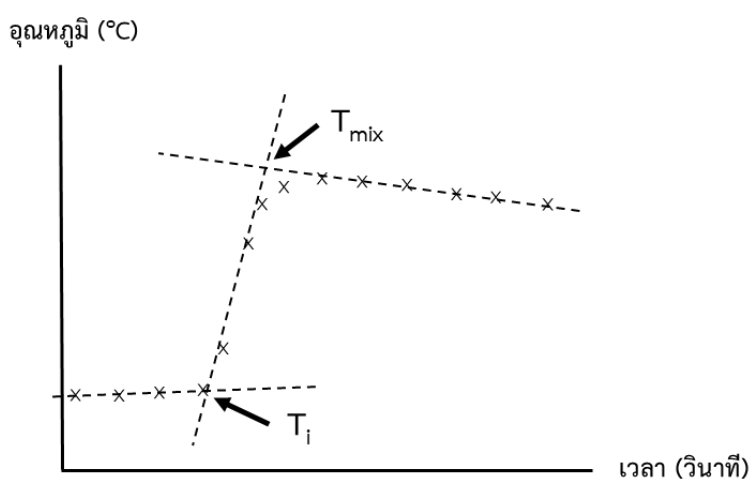
$$57.3 \times 10^3 \text{ J} = (m_{\text{soln}} \times s_{\text{soln}} \times \Delta T) + (C_{\text{cal}} \times \Delta T) \quad (3)$$

เมื่อ m_{soln} = มวลของสารละลาย (g)

s_{soln} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารละลาย ($\text{J g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

C_{cal} = ค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ ($\text{J}/^\circ\text{C}$) และ

ΔT = $T_{\text{mix}} - T_i$ โดยที่ T_i (อุณหภูมิก่อนผสม) และ T_{mix} (อุณหภูมิหลังผสม) หาได้จากจุดตัดของกราฟระหว่างเวลา (t, วินาที) กับอุณหภูมิของสารละลาย (T , $^\circ\text{C}$) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การหาค่า T_i และ T_{mix} จากกราฟระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

เนื่องจากแคลอริมิเตอร์แต่ละชุดดูดความร้อนไว้ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องหาค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ที่ใช้ทำการทดลองก่อนเสมอ

การทดลองประกอบด้วย 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การหาค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์

ตอนที่ 2 การหาความเข้มข้นของสารละลายกรดตัวอย่าง diprotic acid

การทดลอง

เครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการเครื่องแก้วและวัสดุอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย
1	แคลอริมิเตอร์ (ถ้วยพลาสติกหุ้มโฟม ฝาปิด แท่งคน และเทอร์โมมิเตอร์)	1	ชุด
2	ปิเปต ขนาด 25 mL	3	อัน
3	ลูกยางสำหรับปิเปต (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 1)	1	อัน
4	บีกเกอร์ ขนาด 50 mL	3	ใบ
5	นาฬิกาจับเวลา	1	อัน
6	ขวดฉีดน้ำกลั่น (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 1)	1	ใบ
7	ขวดบรรจุน้ำประปา 0.5 L	1	ใบ
8	ถังบรรจุของเสีย	1	ใบ
9	label (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 1)	1	แผ่น
10	กระดาษทิชชู (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 1)	1	ห่อ

สารเคมี

ลำดับที่	รายการสารเคมี	ภาชนะ	ความเข้มข้น	ปริมาณ	ความปลอดภัย
1	สารละลาย HCl (ใช้ร่วมกับการทดลองที่ 1)	ขวดขนาด 125 mL	1.99 M	100 mL	 corrosive
2	สารละลาย NaOH	ขวดขนาด 250 mL	5.07 M	150 mL	 corrosive
3	สารละลายกรดตัวอย่าง diprotic acid	ขวดขนาด 125 mL	—	80 mL	 corrosive

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การหาค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ (C_{cal})

1. ปิเปตสารละลาย NaOH ปริมาตร 25.00 mL ลงในปิกเกอร์
2. ปิเปตสารละลาย HCl ปริมาตร 25.00 mL ลงในแคลอรีมิเตอร์ ปิดฝา คนสารละลายในแคลอรีมิเตอร์ บันทึกอุณหภูมิของสารละลายในแคลอรีมิเตอร์ (T_i) ทุก ๆ 30 วินาที เป็นเวลา 2 นาที (0–120 วินาที) หยุดการจับเวลา
3. เปิดฝาแคลอรีมิเตอร์ และเทสารละลาย NaOH ในข้อ 1 ลงในแคลอรีมิเตอร์อย่างรวดเร็ว ปิดฝา คนสารละลาย จับเวลาต่อเนื่องจากข้อ 2 ทันทีที่ผสมสารละลาย บันทึกอุณหภูมิต่อทุก ๆ 5 วินาที เป็นเวลา 30 วินาที (125–150 วินาที) จากนั้นบันทึกอุณหภูมิต่อทุก ๆ 30 วินาทีเป็นเวลาอีก 4 นาที 30 วินาที (180–420 วินาที)

*** เมื่อทำการทดลองเสร็จแต่ละครั้ง ให้ยกป้ายแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจสอบและลงนาม ***

4. เทสารละลายผสมหลังการทดลองในถังบรรจุของเสีย ล้างแคลอรีมิเตอร์ด้วยน้ำประปาและทำให้มีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. เขียนกราฟระหว่างอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) กับเวลา (วินาที) ตามรูปที่ 1 เพื่อหา T_i , T_{mix} และ ΔT
6. คำนวณค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์

ตอนที่ 2 การหาความเข้มข้นของสารละลายกรดตัวอย่าง diprotic acid

1. ปิเปตสารละลาย NaOH ปริมาตร 25.00 mL ลงในบีกเกอร์
2. ปิเปตสารละลายกรดตัวอย่าง ปริมาตร 25.00 mL ลงในแคลอริมิเตอร์ ปิดฝา คนสารละลายในแคลอริมิเตอร์ บันทึกอุณหภูมิของสารละลายในแคลอริมิเตอร์ (T_i) ทุก ๆ 30 วินาที เป็นเวลา 2 นาที (0–120 วินาที) หยุดการจับเวลา
3. เปิดฝาแคลอริมิเตอร์ และเทสารละลาย NaOH ในข้อ 1 ลงในแคลอริมิเตอร์อย่างรวดเร็ว ปิดฝา คนสารละลาย จับเวลาต่อเนื่องจากข้อ 2 ทันทีที่ผสมสารละลาย บันทึกอุณหภูมิต่อทุก ๆ 5 วินาที เป็นเวลา 30 วินาที (125–150 วินาที) จากนั้นบันทึกอุณหภูมิต่อทุก ๆ 30 วินาทีเป็นเวลาอีก 4 นาที 30 วินาที (180–420 วินาที)

***** เมื่อทำการทดลองเสร็จแต่ละครั้ง ให้ยกป้ายแจ้งกรรมการคุมสอบเพื่อตรวจสอบและลงนาม *****

4. เทสารละลายผสมหลังการทดลองในถังบรรจุของเสีย ล้างแคลอริมิเตอร์ด้วยน้ำประปาและทำให้มีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. เขียนกราฟระหว่างอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) กับเวลา (วินาที) ตามรูปที่ 1 เพื่อหา T_i , T_{mix} และ ΔT
6. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายกรดตัวอย่างจากความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยา