

## การทดลองที่ 5

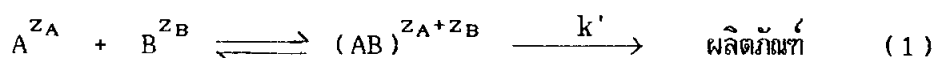
### ผลของความแรงเชิงไอออนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

#### จุดประสงค์

1. ศึกษาผลของความแรงเชิงไอออน (ionic strength) ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
2. หาค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา

#### ทฤษฎี

พิจารณาปฏิกิริยาระหว่างไอออนสองชนิด  $A^{Z_A}$  และ  $B^{Z_B}$  เมื่อ  $Z_A$  และ  $Z_B$  คือประจุของไอออน A และ B ตามลำดับ



$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} \quad v = k'[AB] \quad (2)$$

ซึ่ง  $(AB)^{Z_A+Z_B}$  อยู่ในสมดุลกับสารตั้งต้น ดังนั้นสามารถใช้แนวคิดเดียวกับการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ (activated complex) จากข้อเสนอของ J.N. Bronsted โดยเขียนค่าคงที่สมดุลได้เป็น

$$K = \frac{a_{AB}}{a_A a_B} = \frac{[AB]}{[A][B]} \frac{\gamma_{AB}}{\gamma_A \gamma_B} \quad (3)$$

เมื่อ  $a$  คือ แอกติวิตี และ  $\gamma$  คือสัมประสิทธิ์แอกติวิตี ดังนั้นถ้าแทนค่า  $[AB]$  จากสมการ (3) ลงในสมการ (2) จะได้

$$v = k'K[A][B] \frac{\gamma_A \gamma_B}{\gamma_{AB}} \quad (4)$$

หรือ  $v = k[A][B] \quad (5)$

โดย  $k = k'K \frac{\gamma_A \gamma_B}{\gamma_{AB}} \quad (6)$

เมื่อ  $k$  คือ ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา สำหรับสารละลายที่มีความเจือจางเป็นอนันต์ ค่าสัมประสิทธิ์แอกติวิตีมีค่าเป็น 1 จะทำให้สมการ (6) กลายเป็น

$$k_0 = k'K \quad (7)$$

หรือ แทนค่าสมการ (7) ลงในสมการ (6)

$$k = k_0 \frac{\gamma_A \gamma_B}{\gamma_{AB}} \quad (8)$$

เมื่อ  $k_0$  คือ ค่าคงที่อัตราเมื่อความเจือจางเป็นอนันต์ จากกฎจำกัดของดีบาย-ฮักเกิล (Debye-Hückel Limiting Law) สัมประสิทธิ์แอกติวิตีแปรผัน โดยตรงกับรากที่สองของความแรงเชิงไอออน  $\sqrt{I}$  ดังสมการ

$$\log \gamma_i = -0.509 Z_i^2 \sqrt{I} \quad (9)$$

ซึ่ง  $I = \frac{1}{2} \sum m_i Z_i^2$  เมื่อ  $m_i$  คือความเข้มข้นของไอออนในหน่วยโมลแลล

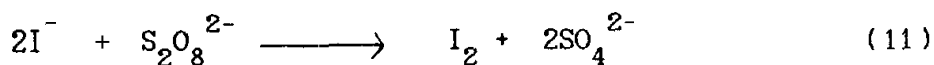
ฉะนั้นถ้าเขียนสมการ (8) ในรูปลอการิทึม แล้วแทนค่าด้วยสมการ (9) จะได้

$$\log k = \log k_0 - 0.509 (Z_A^2 + Z_B^2 - (Z_A + Z_B)^2) \sqrt{I}$$

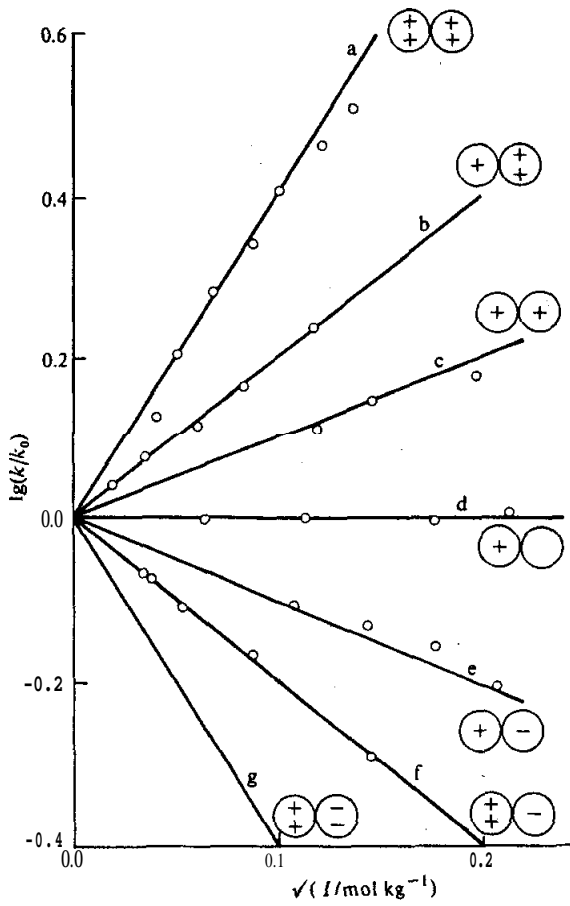
$$\text{หรือ } \log \frac{k}{k_0} = 1.018 Z_A Z_B \sqrt{I} \quad (10)$$

สมการ (10) นี้เรียกว่า สมการ Bronsted ฉะนั้นถ้าเขียนกราฟระหว่าง  $\log(k/k_0)$  กับ  $\sqrt{I}$  ควรจะได้กราฟเส้นตรงที่แสดงถึงผลของความแรงเชิงไอออนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา หรือที่เรียกว่า "primary kinetic salt effect" ดังตัวอย่างของปฏิกิริยาระหว่างไอออนในรูปที่ 5.1 ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าปฏิกิริยาระหว่างไอออนที่มีประจุเหมือนกัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นตามความแรงเชิงไอออน (a, b และ c) ในขณะที่ปฏิกิริยาระหว่างไอออนที่มีประจุต่างกันอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงเมื่อความแรงเชิงไอออนเพิ่มขึ้น (e, f และ g) ส่วนปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับโมเลกุลที่เป็นกลาง (d) ซึ่งมีผลคูณของประจุเป็นศูนย์นั้น ความแรงเชิงไอออนจะไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา การติดตามความก้าวหน้าของปฏิกิริยาระหว่างไอออนในทางปฏิบัติทำได้หลายวิธี ขึ้นกับลักษณะของปฏิกิริยา โดยเฉพาะสมบัติของสารเริ่มต้นและสารผลิตภัณฑ์ ลองพิจารณาปฏิกิริยาสองชนิดที่ใช้การวิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธีดีเทรต และวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรี (ดูภาคผนวก 2.1)

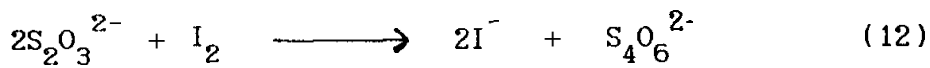
ปฏิกิริยาการออกซิไดซ์ไอโอไดด์ไอออน ( $I^-$ ) ไปเป็นไอโอดีนโมเลกุล ( $I_2$ ) ด้วยเปอร์ซัลเฟตไอออน ( $S_2O_8^{2-}$ )



ช่วงเวลาในการเกิดไอโอดีนอิสระทดสอบโดยการเติมโซเดียมไทโอซัลเฟตลงในส่วนผสมของปฏิกิริยา



รูปที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงอัตราของปฏิกิริยากับค่าความแรงของไอออน



เนื่องจากปฏิกิริยาการรีดิวซ์  $I_2$  ไปเป็น  $I^-$  ด้วย  $S_2O_3^{2-}$  ในปฏิกิริยา (12) เร็วกว่าปฏิกิริยา (11) มาก ดังนั้นขั้นกำหนดอัตราของปฏิกิริยา (rate determining step) คือ ปฏิกิริยา (11) ซึ่งจะมีอัตราของปฏิกิริยาในรูปสมการอนุพันธ์เป็น

$$\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = k_{app} [S_2O_8^{2-}] \quad (13)$$

เมื่อ  $k_{app} = k[I^-]$  โดย  $k$  คือค่าคงที่อัตราจริงของปฏิกิริยา ถ้าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ละน้อยเราจะได้

$$-\frac{\Delta[S_2O_8^{2-}]}{\Delta t} = k_{app}[S_2O_8^{2-}]_0 \quad (14)$$

ในทางปฏิบัติ การทดสอบไอโอดีนอิสระนอกจากจะเติมไทโอซัลเฟตแล้วยังเติมน้ำแป้งลงไปเป็นอินดิเคเตอร์ คือ เมื่อไทโอซัลเฟตไอออนทำปฏิกิริยาหมด จะเกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินระหว่างไอโอดีนกับน้ำแป้ง ( $I_2$ .starch complex) ขึ้น ทำให้ได้

$$\frac{\Delta[S_2O_3^{2-}]}{2\Delta t} = \frac{\Delta[S_2O_8^{2-}]}{\Delta t} \quad (15)$$

เพราะฉะนั้น

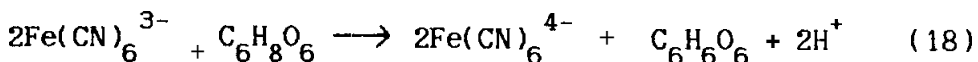
$$\frac{\Delta[S_2O_3^{2-}]}{2\Delta t} = k_{app}[S_2O_8^{2-}]_0 \quad (16)$$

หรือ

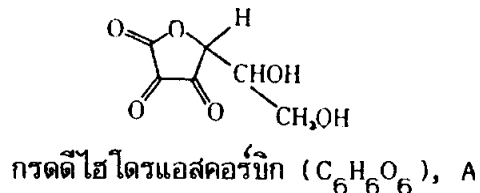
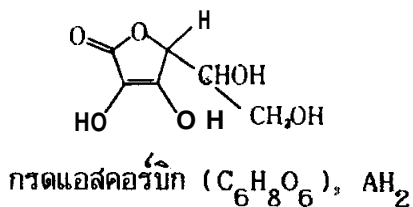
$$\frac{\Delta x}{2\Delta t} = k_{app}[S_2O_8^{2-}]_0 \quad (17)$$

เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของไทโอซัลเฟตมีหน่วยเป็นโมล Δt คือ ช่วงเวลาที่ผสมเปอร์ซัลเฟตจนกระทั่งเกิดไอโอดีนอิสระขึ้น ดังนั้นโดยใช้เปอร์ซัลเฟตไอออนที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะสามารถคำนวณค่า  $k_{app}$  ดังสมการ (16)

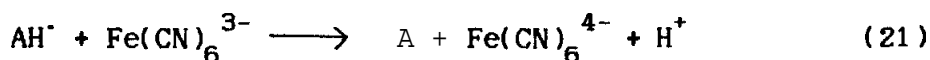
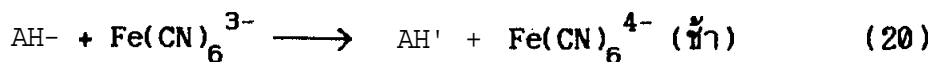
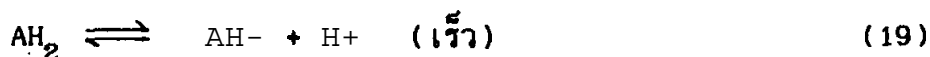
ปฏิกิริยารีดักชันของเฮกซะไซยาโนเฟอเรด (III) ( $Fe(CN)_6^{3-}$ ) โดยกรดแอสคอร์บิก



เมื่อ



## มีกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็น



จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยา (20) เป็นขั้นกำหนดอัตราของปฏิกิริยา (rate determining step) ดังนั้นความก้าวหน้าที่ของปฏิกิริยา (18) พิจารณาได้จากความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงของ  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  ซึ่งสามารถติดตามด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรี เนื่องจากสารละลาย  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  ในน้ำจะมีสีเหลืองซึ่งดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 418 นาโนเมตร และสภาพดูดกลืนแสงเป็น  $1012 \text{ โมลาร์}^{-1} \cdot \text{ซม}^{-1}$  ในขณะที่  $\text{AH}_2$ , A และ  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  ในน้ำไม่มีสี

## อุปกรณ์และสารเคมี

ปฏิกิริยาระหว่างไอโอดีนไดด์กับเปอร์ซัลเฟตไอออนที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$ .

ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 250 และ 500 ลบ.ซม.

ขวดรูปกรวยขนาด 125 และ 250 ลบ.ซม.

ปิเปตขนาด 10 และ 25 ลบ.ซม.

บิวเรตขนาด 50 ลบ.ซม.

เทอร์โมมิเตอร์

นาฬิกาจับเวลา

โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulphate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ))

โพตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulphate ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ))

โพตัสเซียมไอโอดีนไดด์ (potassium iodide (KI))

โพตัสเซียมไนเตรต (potassium nitrate ( $\text{KNO}_3$ ))

EDTA disodium salt

แป้ง (starch)

กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid ( HCl ))

ปฏิกิริยาระหว่าง Hexacyanoferrate ( III ) กับ Ascorbate ไอออน

ขนาดวัดปริมาตรขนาด 250 ลบ.ซม.

ขนาดรูปกรวยขนาด 150 ลบ.ซม.

บีกเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม.

ปิเปตขนาด 25 ลบ.ซม.

นาฬิกาจับเวลา

สเปกโตรนิค 20 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

(spectronic 28 spectrophotometer)

โปตัสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต

( potassium hexacyanoferrate ( III ) (  $K_3FeCN_6$  ) )

โปตัสเซียมไนเตรต (potassium nitrate (  $KNO_3$  ) )

กรดไนตริก (nitric acid (  $HNO_3$  ) )

กรดแอสคอร์บิก ( ascorbic acid (  $C_6H_8O_6$  ) )

EDTA disodium salt

## วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเพียงหนึ่งปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาระหว่างไอโอดีนกับเปอร์ซัลเฟต ไอออนที่อุณหภูมิ 25 °C.

1. เตรียมสารละลายต่อไปนี้ในน้ำ :

- โปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ จำนวน 500 ลบ.ซม.
- โปตัสเซียมไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม.
- โซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม.
- สารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริก และ EDTA disodium salt 1000 ลบ.ซม. โดยให้ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกเป็น 0.001

- โมลาร์ และความเข้มข้นของ EDTA เป็น 0.00001 โมลาร์  
 จากนั้นเตรียมสารละลายโปตัสเซียมไนเตรดความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ จำนวน 250  
 ลบ.ซม. โดยใช้สารละลายผสม (HCl-EDTA) ดังกล่าวข้างต้นเป็นตัวทำละลาย
2. นำสารละลายที่เตรียมทั้งหมดในข้อ 1 ไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25°ซ
  3. เตรียมน้ำแป้งที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์โดยละลายแป้ง (starch soluble)  
 1 กรัมด้วยน้ำเย็นประมาณ 100 ลบ.ซม. คนสารละลายให้ทั่วแล้วต้มให้เดือด ตั้งทิ้งไว้ให้  
 เย็นที่อุณหภูมิ ก่อนจะนำไปใช้ควรทดสอบน้ำแป้งนี้ว่าเป็นอินดิเคเตอร์ได้หรือไม่ โดยแบ่งน้ำ  
 แป้งมาเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 5 ลบ.ซม.) เติมด้วยสารละลายไอโอดีน ถ้ามีสีน้ำเงิน  
 เกิดขึ้น แสดงว่าน้ำแป้งนั้นเหมาะสมที่จะเป็นอินดิเคเตอร์
  4. นำขวดรูปกรวยขนาด 250 ลบ.ซม. จำนวน 10 ใบ พร้อมทั้งกำกับหมายเลข  
 เลขบนขวดแต่ละใบด้วย ไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25°ซ
  5. จากนั้นเริ่มเติมสารละลายต่างลงในขวดรูปกรวยทั้ง 10 ใบ ดังที่กำหนด  
 ไว้ในตารางที่ 5.1 โดยเติมสารละลายโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตหลังสุดเนื่องจากปฏิกิริยา  
 เริ่มจากการผสมสารละลายนี้ลงไปในส่วนผสมของปฏิกิริยา ดังนั้นจะเริ่มจับเวลาช่วงนี้ไป  
 จนกระทั่งเกิดสีน้ำเงินของสารเชิงซ้อนระหว่างไอโอดีนกับน้ำแป้งขึ้น บันทึกเวลาที่ใช้สำหรับ  
 สารละลายแต่ละขวด

ตารางที่ 5.1 แสดงส่วนผสมของปฏิกิริยาในแต่ละขวด (ลบ.ซม.)

ขวดที่	KI	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	HCl-EDTA	น้ำแป้ง	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
1	20	10		59	1	10
2	20	10		44	1	25
3	20	10		36	1	33
4	20	10	1	43	1	25
5	20	10	3	41	1	25
6	20	10	5	39	1	25
7	20	10	10	34	1	25



ขวดที่	KI	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	HCl-EDTA	น้ำปิ้ง	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
8	20	10	20	24	1	25
9	20	10	25	19	1	25
10	20	10	35	9	1	25

### ปฏิกิริยาระหว่างเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (III) กับแอสคอร์บิกไอออน

1. เตรียมสารละลายผสม K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>-NaNO<sub>3</sub> ในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ลบ.ซม. จำนวน 4 ใบ โดยให้ทุกขวดมีความเข้มข้นของ K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> เท่ากันเป็น 0.001 โมลาร์ และความเข้มข้นของ NaNO<sub>3</sub> ในแต่ละขวดเป็น 0.02 0.05 0.1 และ 0.2 โมลาร์ ตามลำดับ

2. เตรียมสารละลายผสมระหว่าง HNO<sub>3</sub> C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> และ EDTA disodium salt จำนวน 250 ลบ.ซม. ซึ่งมีความเข้มข้นของ HNO<sub>3</sub> เป็น 0.01 โมลาร์ ความเข้มข้นของ C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> เป็น 0.00025 โมลาร์ และ 0.001% สำหรับ EDTA disodium salt โดยเติมสารละลายกรดแอสคอร์บิกหลังสุด

หมายเหตุ : สารละลายในข้อ 2 นี้ ควรเตรียมและใช้ทันทีในเวลาปฏิบัติการ ไม่ควรเตรียมไว้ล่วงหน้า เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนในอากาศกับกรดแอสคอร์บิกอย่างช้าๆ

3. ตั้งสารละลายข้อ 1 และข้อ 2 ให้อยู่ในสมตุลที่อุณหภูมิห้อง แล้วรีบปิเปตสารละลาย K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>-NaNO<sub>3</sub> ขวดแรก (ความเข้มข้น NaNO<sub>3</sub> เป็น 0.02 โมลาร์) จำนวน 25 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 125 ลบ.ซม. จากนั้นเริ่มปฏิกิริยาโดยปิเปตสารละลายในข้อ 2 จำนวน 25 ลบ.ซม. ผสมลงไปอย่างรวดเร็ว เริ่มจับเวลาทันที

4. เขย่าสารละลายให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วรีบปิเปตสารละลายผสมนี้ลงในหลอดทดลอง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 418 นาโนเมตร บันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 20 นาที และเก็บสารละลายนี้ส่วนหนึ่งไว้วัด A<sub>∞</sub> ด้วย

5. ส่วนค่า A<sub>0</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ t=0 นั้นทำได้โดยวัดจากการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมระหว่างน้ำกับ K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>-NaNO<sub>3</sub> จำนวน 25 ลบ.ซม. เท่ากัน

6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 - 5 กับสารละลายชนิดอื่นๆ ในข้อ 1

### การวิเคราะห์ผลและการคำนวณ

#### ปฏิกิริยาระหว่างไอโอไดด์กับเปอร์ซัลเฟตไอออน

1. คำนวณความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดในส่วนผสมของปฏิกิริยาในแต่ละขวด
2. หาค่าคงที่อัตราปรากฏ  $k_{app}$  และค่าคงที่อัตราจริง  $k$  สำหรับปฏิกิริยาในสามขวดแรก
3. คำนวณค่า  $\sqrt{I}$  และเขียนกราฟระหว่าง  $\log(k/k_0)$  กับ  $\sqrt{I}$
4. ผลลัพธ์ในข้อ 3 เป็นไปตามสมการ Bronsted หรือไม่ อธิบายในรูปความเข้มข้น และทิศทางการเบี่ยงเบน
5. เปรียบเทียบกับความชันของกราฟในข้อ 3 กับผลคูณของประจุ (ในรูปเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (% error))

#### ปฏิกิริยาระหว่างเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (III) กับแอสคอร์บิกไอออน

จากกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert Law) การดูดกลืนแสงแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย ฉะนั้น

$$[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] = \frac{A}{A_0} [\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]_0 \quad (22)$$

เมื่อ  $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$  และ  $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]_0$  คือ ความเข้มข้นของเฮกซะไซยาโนเฟอเรตไอออน ที่เวลาใดๆ และที่  $t=0$  ตามลำดับ ส่วน  $A$  และ  $A_0$  เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาใดๆ และที่  $t=0$  ตามลำดับ ดังนั้นความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เวลาใดๆ คือ

$$[\text{AH}_2] = [\text{AH}_2]_0 - \frac{1}{2} \{ [\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]_0 - [\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \} \quad (23)$$

เมื่อ  $[\text{AH}_2]_0$  คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น ( $t=0$ ) ของกรดแอสคอร์บิก

ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา (18) พิจารณาจากสมการอัตราอินทิเกรตอันดับสอง เมื่อสารตั้งต้นต่างชนิดกันจะได้

$$\frac{1}{(2[AH_2]_0 - [Fe(CN)_6^{3-}]_0)} \ln \frac{[AH_2][Fe(CN)_6^{3-}]_0}{[AH_2]_0[Fe(CN)_6^{3-}]} = kt \quad (24)$$

$$\text{หรือ } \ln \frac{[AH_2]}{[Fe(CN)_6^{3-}]} = (2[AH_2]_0 - [Fe(CN)_6^{3-}]_0)kt + \ln \frac{[AH_2]_0}{[Fe(CN)_6^{3-}]_0} \quad (25)$$

ถ้าเขียนกราฟระหว่าง  $\ln([AH_2]/[Fe(CN)_6^{3-}])$  กับ  $t$  ควรจะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็น  $(2[AH_2]_0 - [Fe(CN)_6^{3-}]_0)k$  เมื่อ  $k$  คือค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา

1. คำนวณความเข้มข้น  $[Fe(CN)_6^{3-}]$  และ  $[AH_2]$  จากนั้นเขียนกราฟระหว่าง  $\ln([AH_2]/[Fe(CN)_6^{3-}])$  กับ  $t$  และคำนวณค่าคงที่อัตราสำหรับสารละลายทุกชุด
2. คำนวณค่าความแรงเชิงไอออน ( $I$ ) เมื่อสมการ Bronsted จากกฎจำกัดของดีบาย-ฮักเกิล สำหรับสารละลายที่เจือจางคือ

$$1 + \frac{0.5}{I} \approx 1.018 Z_A Z_B \sqrt{I}$$

และสำหรับสารละลายที่เข้มข้นคือ

$$\log \frac{k}{k_0} \approx 1.018 Z_A Z_B \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

จงเขียนกราฟระหว่าง  $\log(k/k_0)$  กับ  $\sqrt{I}$  เปรียบเทียบกับกราฟที่เขียนระหว่าง  $\log(k/k_0)$  กับ  $\sqrt{I}/(1 + \sqrt{I})$

3. แสดงข้อคิดเห็นสำหรับผลลัพธ์ในข้อ 2 ว่าสอดคล้องหรือเบี่ยงเบนไปจากทฤษฎีอย่างไร

4. เปรียบเทียบความชันของกราฟในข้อ 2 กับผลคูณของประจุในรูปแบบเปอร์เซ็นต์  
ความผิดพลาด (% error)

คำถาม

1. จากสมการของ Bronsted จงหาว่าปฏิกิริยาต่อไปนี้ควรมีอัตราของ  
ปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อความแรงเชิงไอออนเพิ่มขึ้น

- ปฏิกิริยาซาฟอนนิฟิเคชัน (Saponification) ของเอสเทอร์
- $\text{NH}_4^+ + \text{CNO}^- \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]^{2+} + \text{Hg}^{2+} \longrightarrow$  สารผลิตภัณฑ์
- $[\text{Cr}(\text{Urea})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$  สารผลิตภัณฑ์

แบบรายงานข้อมูลการทดลองที่ 5  
ผลของความแรงเชิงไอออนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ชื่อนักศึกษา ..... รหัสประจำตัว .....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. .... รหัสประจำตัว .....

2. .... รหัสประจำตัว .....

กลุ่มที่ ..... ตอนที่ .....

วันที่ทำการทดลอง .....

อุณหภูมิห้อง ..... °C

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง ..... °C

ปฏิกิริยาระหว่างไอไอไดต์กับเปอร์ซัลเฟต ไอออน

น.น. KI	=	กรัม
น.น. Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	กรัม
น.น. K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	=	กรัม
น.น. EDTA	=	กรัม
น.น. KNO <sub>3</sub>	=	กรัม

เวลาที่ ใช้ ในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับส่วนผสมของสารละลายในแต่ละขวด

ขวดหมายเลข	เวลาที่เกิดปฏิกิริยา ( นาที )
1	
2	
3	
4	

ชวตหมายเลข	เวลาที่เกิดปฏิกิริยา ( นาที )
5	
6	
7	
8	
9	
10	

แบบรายงานข้อมูลการทดลองที่ 5  
ผลของความแรงเชิงไอออนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ชื่อนักศึกษา ..... รหัสประจำตัว .....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. .... รหัสประจำตัว .....

2. .... รหัสประจำตัว .....

กลุ่มที่ ..... ตอนที่ .....

วันที่ทำการทดลอง .....

อุณหภูมิห้อง ..... °C

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง ..... °C

ปฏิกิริยาระหว่าง ไอ ไอ ไดต์กับเปอร์ซัลเฟต ไอออน

น.น. KI	=	กรัม
น.น. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	=	กรัม
น.น. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$	=	กรัม
น.น. EDTA	=	กรัม
น.น. $\text{KNO}_3$	=	กรัม

เวลาที่ ใช้ ในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับส่วนผสมของสารละลายในแต่ละขวด

ขวดหมายเลข	เวลาที่เกิดปฏิกิริยา ( นาที )
1	
2	
3	
4	

ชวตหมายเลข	เวลาที่เกิดปฏิกิริยา (นาที)
5	
6	
7	
8	
9	
10	



แบบรายงานข้อมูลการทดลองที่ 5  
ผลของความแรงเชิงไอออนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ชื่อนักศึกษา ..... รหัสประจำตัว .....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. .... รหัสประจำตัว .....

2. .... รหัสประจำตัว .....

กลุ่มที่ ..... ตอนที่ .....

วันที่ทำการทดลอง .....

อุณหภูมิห้อง ..... °C

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง ..... °C

ปฏิกิริยาระหว่างเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (III) กับแอสคอร์บิกไอออน

น.น.  $K_3Fe(CN)_6$  =                      กรัม

น.น.  $NaNO_3$  =                              กรัม

น.น.  $C_6H_8O_6$  =                              กรัม

น.น. EDTA disodium salt =                      กรัม

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 418 นาโนเมตร			
	สารละลายผสม 1	สารละลายผสม 2	สารละลายผสม 3	สารละลายผสม 4
0				
1				
2				
3				

เวลา( นาที )	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 418 นาโนเมตร			
	สารละลายผสม 1	สารละลายผสม 2	สารละลายผสม 3	สารละลายผสม 4
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

แบบรายงานข้อมูลการทดลองที่ 5  
ผลของความแรงเชิงไอออนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ชื่อนักศึกษา ..... รหัสประจำตัว .....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. .... รหัสประจำตัว .....

2. .... รหัสประจำตัว .....

กลุ่มที่ ..... ตอนที่ .....

วันที่ทำการทดลอง .....

อุณหภูมิห้อง ..... °C

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง ..... °C

ปฏิกิริยาระหว่างเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (III) กับแอสคอร์บิกไอออน

น.น.  $K_3Fe(CN)_6$  =                      กรัม

น.น.  $NaNO_3$  =                            กรัม

น.น.  $C_6H_8O_6$  =                            กรัม

น.น. EDTA disodium salt =                      กรัม

เวลา(นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 418 นาโนเมตร			
	สารละลายผสม 1	สารละลายผสม 2	สารละลายผสม 3	สารละลายผสม 4
0				
1				
2				
3				

เวลา(นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 418 นาโนเมตร			
	สารละลายผสม 1	สารละลายผสม 2	สารละลายผสม 3	สารละลายผสม 4
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				