

## โจทย์ข้อที่ 1 (12 คะแนน)

สารประกอบอินทรีย์ **A** และ **B** มีความสัมพันธ์กันแบบไดอะสเตอริโอเมอร์ และมีคาร์บอนต่างกันแห่งเดียว ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 132.5 เมื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบพบว่ามียะตอมคาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีน อยู่ในอัตราส่วนร้อยละโดยมวล เท่ากับ 63.38 9.89 และ 26.73 ตามลำดับ เมื่อคำนวณหาค่า Double Bond Equivalence (DBE) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1

เมื่อนำสาร **A** และ **B** มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย NaOEt ใน EtOH ณ อุณหภูมิห้องพบว่าสาร **A** ให้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ สาร **C** เป็นสารผลิตภัณฑ์หลัก และสาร **D** เป็นสารผลิตภัณฑ์รอง ส่วนสาร **B** ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร **D** เพียงสารเดียว โดยที่สาร **C** ไม่มีสมบัติในการหมุนระนาบของแสงโพลาไรซ์ ส่วนสาร **D** มีสมบัตินี้ และเมื่อนำสาร **C** และ **D** ไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย Br<sub>2</sub> ใน CCl<sub>4</sub> พบว่าสีของโบรมีนจางหายไป

เมื่อนำสาร **C** และ **D** ไปทำปฏิกิริยากับ O<sub>3</sub> แล้วตามด้วย Zn ใน H<sub>2</sub>O จะได้สาร **E** และ **F** ตามลำดับ โดยที่สาร **F** สามารถเกิดปฏิกิริยากับ Tollens' reagent และสารละลาย Fehling ได้เร็วกว่าสาร **E**

เมื่อนำสาร **E** และ **F** ไปทำปฏิกิริยากับ Tollens' reagent ตามด้วยสารละลาย HCl เจือจาง พบว่าค่า pH ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสาร **F** มีค่าน้อยกว่าที่ได้จากสาร **E** และเมื่อนำสาร **E** และ **F** ไปทำปฏิกิริยากับ I<sub>2</sub> ในสารละลาย NaOH พบว่าสาร **E** เกิดปฏิกิริยาได้ตะกอนสีเหลือง ส่วนสาร **F** ไม่เกิดตะกอนสีเหลือง

### คำถาม

- 1.1 (1.5 คะแนน) จงเขียนสูตรโมเลกุลของสาร **A** และ **B** พร้อมทั้งแสดงวิธีการคำนวณ
- 1.2 (3 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างพร้อมสเตอริโอเคมีของสาร **A** และ **B** พร้อมทั้งระบุคอนฟิกูเรชันของแต่ละไครัลคาร์บอน และอ่านชื่อสาร **A** และ **B** ตามหลักของ IUPAC
- 1.3 (2 คะแนน) จงเขียนคอนฟอร์เมชันที่เสถียรที่สุดของสาร **A** และ **B**
- 1.4 (3.5 คะแนน) จงเขียนกลไกของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจากสาร **A** ไปเป็นสาร **C** และสาร **D** และจากสาร **B** ไปเป็นสาร **D**
- 1.5 (2 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างพร้อมสเตอริโอเคมีของสาร **E** และ **F** พร้อมทั้งระบุคอนฟิกูเรชันของไครัลคาร์บอน (ถ้ามี)

## โจทย์ข้อที่ 2 (12 คะแนน)

นักวิทยาศาสตร์สกัดเพปไทด์ **A** จากสมองปลา แล้วแบ่งเป็น 4 ส่วนไปทำการทดลองดังนี้

ส่วนที่ 1 : นำไปย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น  $6.0 \text{ mol/dm}^3$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามี arginine, aspartic acid, histidine, phenylalanine และ serine

ส่วนที่ 2 : นำไปทำปฏิกิริยากับ phenyl isothiocyanate พบว่าให้เพปไทด์ที่มีโครงสร้างที่ปลายด้านหนึ่งเปลี่ยนเป็น

$$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{S} \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{---C---CH---NH---C---NH---} \text{C}_6\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2\text{CO}_2\text{H} \end{array}$$

ส่วนที่ 3 : นำเพปไทด์ไปย่อยด้วยเอนไซม์ไคโมทริปซิน ซึ่งมีความจำเพาะกับกรดอะมิโนชนิดอะโรมาติก ให้ไตรเพปไทด์ **B** และไดเพปไทด์ **C** เมื่อนำไตรเพปไทด์ **B** ไปไฮโดรไลส์ด้วยกรดจะได้ histidine, phenylalanine และ aspartic acid และการไฮโดรไลส์ไดเพปไทด์ **C** ด้วยกรดจะให้ arginine กับ serine

ส่วนที่ 4 : นำเพปไทด์ไปย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซิน ซึ่งมีความจำเพาะกับกรดอะมิโนที่มีโซ่ข้างชนิดเบส จะให้ serine และเตตระเพปไทด์ **D** ซึ่งถูกย่อยด้วยกรดจะให้ arginine, aspartic acid, histidine, phenylalanine

กำหนดโครงสร้างของกรดแอลฟาอะมิโนดังนี้

$$\begin{array}{c} \text{R} \\ | \\ \text{H}_2\text{N---CH---CO}_2\text{H} \\ \alpha\text{-amino acid} \end{array}$$

ชื่อ	ชื่อย่อ	R	pK <sub>a</sub> α-CO <sub>2</sub> H	pK <sub>a</sub> α-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	pK <sub>a</sub> หมู่ R	pI
arginine	Arg	$\text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH---C(=NH)---NH}_2$	2.2	9.0	12.5 <sup>*</sup>	10.8
aspartic acid	Asp	$\text{---CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	2.1	9.8	3.9	3.0
histidine	His	$\text{---CH}_2\text{---} \begin{array}{c} \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array}$	1.8	9.2	6.0 <sup>*</sup>	7.6
phenylalanine	Phe	$\text{---CH}_2\text{---} \text{C}_6\text{H}_5$	1.8	9.1	-	5.5
serine	Ser	$\text{---CH}_2\text{OH}$	2.2	9.2	-	5.7

\* คือ pK<sub>a</sub> ของ protonated amine ของโซ่ข้าง

pI (isoelectric point) คือ pH ที่กรดอะมิโนมีประจุมรวมเป็นศูนย์ หรืออยู่ในรูป zwitterion

คำถาม

- 2.1 (2 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างอย่างย่อของเพนตะเพปไทด์ **A** ที่สอดคล้องกับการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาอะมิโดลิซิสสามตัวแทนกรดอะมิโนแต่ละชนิด
- 2.2 (2 คะแนน) ถ้าสังเคราะห์เพนตะเพปไทด์จากกรดอะมิโน 5 ชนิด จะได้จำนวนเพนตะเพปไทด์ที่มีโครงสร้างปฐมภูมิต่างกันกี่แบบ และจะสังเคราะห์เพนตะเพปไทด์ที่มีกรดอะมิโนไม่ซ้ำกันเลยในสายได้กี่ชนิด
- 2.3 (1 คะแนน) จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่าสมองปลาที่มีเพนตะเพปไทด์ได้เพียงแบบเดียว ชื่อโมเลกุลประเภทใดที่เป็นตัวกำหนดว่าลำดับกรดอะมิโนต้องเป็นเช่นนั้น
- 2.4 (6 คะแนน) กรดอะมิโนและโปรตีนจะไม่ละลายในน้ำที่มี pH เท่ากับ  $pI$  ซึ่งที่ pH นี้กรดอะมิโนและโปรตีนจะอยู่ในรูปที่มีประจุรวมเป็นศูนย์ จากข้อมูลนี้แสดงว่าเพนตะเพปไทด์ **A** จะตกตะกอนในน้ำที่มีค่า pH เท่ากับเท่าไร ให้แสดงโครงสร้างของเพนตะเพปไทด์ขณะที่ตกตะกอน
- 2.5 (1 คะแนน) ถ้านำเพปไทด์ **A, B, C, D** มาทำ gel electrophoresis ที่ pH 6.5 เพปไทด์ชนิดใดบ้างที่จะเคลื่อนที่ไปที่ขั้วบวก

### โจทย์ข้อที่ 3 (6 คะแนน)

---

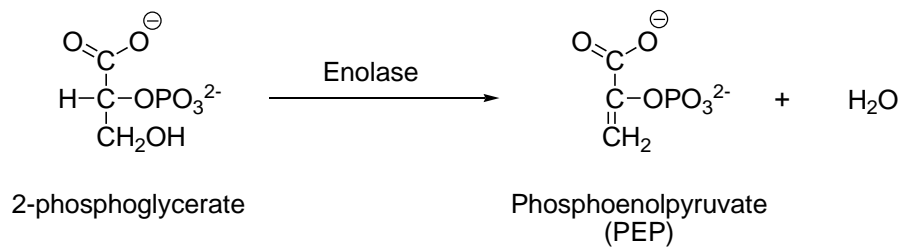
นักเรียนทำปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชันน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่าง **A** น้ำหนัก 250.0 mg พบว่าต้องใช้ KOH จำนวน 47.5 mg ในเอทานอล 5 cm<sup>3</sup> จึงจะเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์

#### คำถาม

- 3.1 (1.5 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชันที่ดุลแล้วที่เกิดขึ้นกับน้ำมันถั่วเหลืองที่มีสารไตรกลีเซอไรด์
- 3.2 (1.5 คะแนน) ถ้าในน้ำมันถั่วเหลือง **A** ไม่มีเอสเทอร์ชนิดอื่น จงหามวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ พร้อมทั้งแสดงวิธีการคำนวณ
- 3.3 (1.5 คะแนน) ไตรกลีเซอไรด์จากพืชมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากกว่าไตรกลีเซอไรด์จากสัตว์ พันธะคู่ของกรดไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับ I<sub>2</sub> ได้ทำนองคล้ายคลึงกับ Br<sub>2</sub> ในการบอกถึงสภาวะไม่อิ่มตัวของน้ำมันนั้น นิยมบอกเป็น Iodine Number ซึ่งหมายถึงปริมาณไอโอดีนเป็นกรัมที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำมัน 100 g ในการทดลองเกี่ยวกับน้ำมันถั่วเหลืองนั้น นักเรียนพบว่าต้องใช้ I<sub>2</sub> ปริมาณ 578 mg จึงทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่าง **A** น้ำหนัก 680 mg จากข้อมูลนี้แสดงว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันถั่วเหลือง **A** มีพันธะคู่กี่พันธะต่อโมเลกุล ให้แสดงวิธีการคำนวณ
- 3.4 (1.5 คะแนน) น้ำมันถั่วเหลือง **A** มีค่า Iodine Number เป็นเท่าใด ให้แสดงวิธีการคำนวณ

## โจทย์ข้อที่ 4 (8 คะแนน)

Enolase เป็นเอนไซม์สำคัญที่พบในแบคทีเรียในช่องปาก การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ enolase แสดงดังปฏิกิริยา

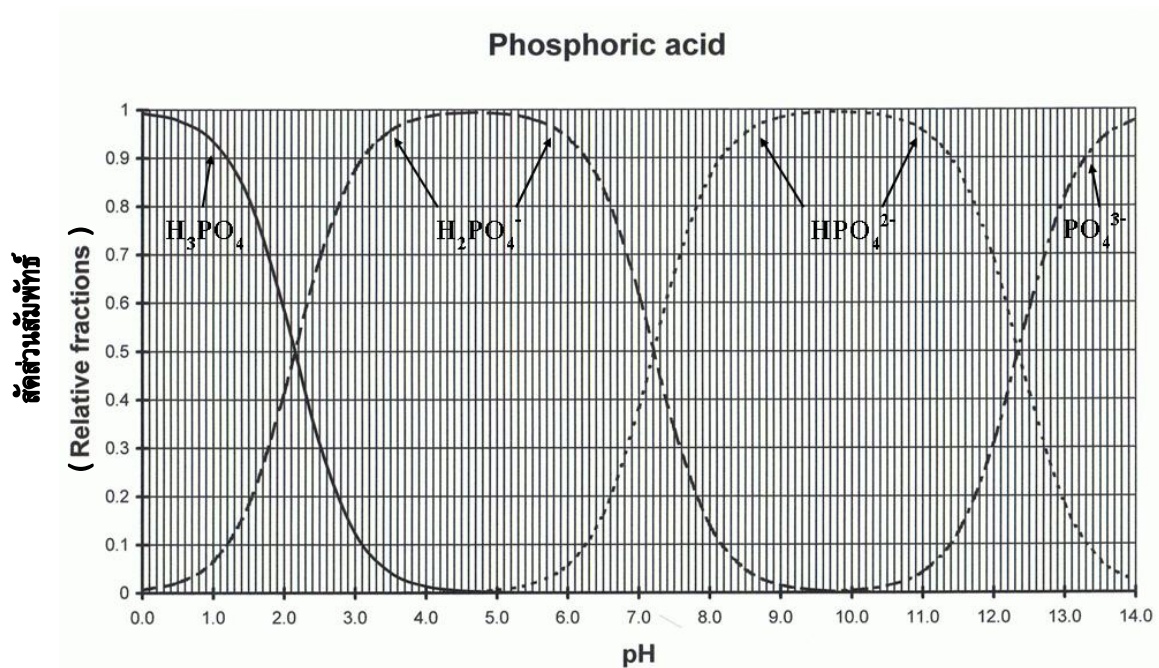


### คำถาม

- 4.1 (0.5 คะแนน) จงระบุชื่อของปฏิกิริยาข้างต้นว่าเป็นปฏิกิริยากรด-เบส ออกซิเดชัน รีดักชัน ไฮโดรลิซิส การเติม การแทนที่ หรือ การจัด
- 4.2 (3 คะแนน) ถ้าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน จงเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนค่าพลังงานอิสระ ( $G^\circ$ ) ของปฏิกิริยาที่มีและไม่มีเอนไซม์ ที่สภาวะมาตรฐาน ในแผนภาพพลังงานเดียวกัน โดยให้ระบุสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ พลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) และ  $\Delta G^\circ$
- 4.3 (1 คะแนน) จากกราฟในข้อ 4.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบ spontaneous ที่สภาวะมาตรฐานหรือไม่ เพราะเหตุใด
- 4.4 (2 คะแนน) กำหนดให้  $\Delta G^\circ = 1.7 \text{ kcal mol}^{-1}$  ที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$  จงคำนวณหาค่า  $K_{eq}$  ของปฏิกิริยา เมื่อ  $\Delta G = \Delta G^\circ + 2.303 RT \log K_{eq}$
- 4.5 Hydroxyapatite [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ] เป็นสารเคลือบฟันธรรมชาติ ซึ่งสามารถสลายและเกิดใหม่ได้โดยอาศัยปฏิกิริยาของแบคทีเรียในน้ำลายที่สภาวะเป็นกรด ในปัจจุบันมีการป้องกันการสลายของสารเคลือบฟัน โดยใช้สารที่มีส่วนผสมของ  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  และ  $\text{F}^-$  ซึ่งจะไปทำให้เกิดสารเคลือบฟันชนิดใหม่ที่มีความทนทานต่อการสลายได้มากกว่าเดิม
  - (ก) (0.5 คะแนน) จงเขียนสูตรของสารเคลือบฟันที่เกิดขึ้นใหม่
  - (ข) (1 คะแนน) เพราะเหตุใดสารเคลือบฟันที่เกิดขึ้นใหม่จึงทนทานต่อการสลายมากกว่าเดิม

## โจทย์ข้อที่ 5 (9 คะแนน)

กำหนดให้กราฟแสดงสัดส่วนสัมพัทธ์ของการแตกตัวของกรดฟอสฟอริก ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) เป็นดังนี้



### คำถาม

- 5.1 (3 คะแนน) จงเขียนสมการการแตกตัวทุกขั้นตอนของกรดฟอสฟอริก ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) และหาค่าคงที่การแตกตัวจากกราฟที่กำหนดให้
- 5.2 (2 คะแนน) ถ้าต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ของฟอสเฟต pH 7.51 ให้นักเรียนบอกชนิดของคู่กรด-เบสที่จะใช้ในการเตรียมสารละลายนี้ พร้อมทั้งคำนวณสัดส่วนความเข้มข้นที่ใช้
- 5.3 (4 คะแนน) ถ้าใช้สารละลายบัฟเฟอร์ในข้อ 5.2 จำนวน  $50.00 \text{ cm}^3$  ซึ่งมีคู่เบสเข้มข้น  $0.10 \text{ mol/dm}^3$  จงคำนวณหาจำนวนโมลของ  $\text{HCl}$  ที่ต้องเติม เพื่อให้ค่า pH ของสารละลายลดลง 0.51 หน่วย

## โจทย์ข้อที่ 6 (9 คะแนน)

---

ให้สารละลาย **A** เป็นสารละลายที่มี  $\text{CaCl}_2$  เข้มข้นร้อยละ 0.40 โดยมวล และมีความหนาแน่น  $1.11 \text{ g/cm}^3$  ส่วนสารละลาย **B** เป็น  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  เข้มข้นร้อยละ 0.20 โดยมวล และมีความหนาแน่น  $1.06 \text{ g/cm}^3$  ถ้าผสมสารละลาย **A**  $10.0 \text{ cm}^3$  กับสารละลาย **B**  $10.0 \text{ cm}^3$  ได้สารละลาย **C** จากนั้นปรับให้ได้ pH 12.00 ปรากฏว่าเกิดตะกอนขาวขึ้นในสารละลาย **C**

กำหนดให้

$$K_{\text{sp}} \text{ ของ } \text{Ca}(\text{OH})_2 = 6.46 \times 10^{-6}$$
$$K_{\text{sp}} \text{ ของ } \text{CaCO}_3 = 3.31 \times 10^{-9}$$
$$\text{p}K_{\text{a}1} \text{ ของ } \text{H}_2\text{CO}_3 = 6.37$$
$$\text{p}K_{\text{a}2} \text{ ของ } \text{HCO}_3^- = 10.30$$

### คำถาม

- 6.1 (4 คะแนน) จงคำนวณความเข้มข้นในหน่วย  $\text{mol/dm}^3$  ของ  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  และ  $\text{OH}^-$  ในสารละลาย C ก่อนเกิดตะกอน
- 6.2 (5 คะแนน) จงคำนวณเพื่อแสดงว่ามีสารใดบ้างตกตะกอน เพราะเหตุใด

## โจทย์ข้อที่ 7 (14 คะแนน)

---

เมื่อนำครึ่งเซลล์ไฮโดรเจน  $[\text{Pt(s)}/\text{H}_2(\text{g})/\text{H}^+(\text{aq})]$  ซึ่งประกอบด้วยขั้วโลหะแพลตินัมจุ่มลงในสารละลายผสมระหว่างกรดเบนโซอิก ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) เข้มข้น  $0.100 \text{ mol/dm}^3$  กับ โซเดียมเบนโซเอต ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ ) เข้มข้น  $0.0500 \text{ mol/dm}^3$  และมีแก๊สไฮโดรเจนผ่านเข้าไปที่ความดัน  $0.360 \text{ atm}$  ไปต่อเข้ากับครึ่งเซลล์เงิน ที่ประกอบด้วยขั้วโลหะเงินจุ่มลงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ( $\text{AgNO}_3$ ) เข้มข้น  $0.800 \text{ mol/dm}^3$  วัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้  $1.011 \text{ V}$  ที่  $30.0^\circ\text{C}$  โดยครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนเป็นแอโนด

กำหนด ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของครึ่งเซลล์เงินเท่ากับ  $0.800 \text{ V}$  (ช่วง  $298\text{--}308 \text{ K}$ )

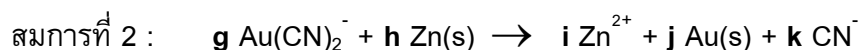
### คำถาม

- 7.1 (1 คะแนน) จงเขียนสมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว
- 7.2 (5 คะแนน) จงคำนวณ pH ของสารละลายโดยใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ที่วัดได้
- 7.3 (2.5 คะแนน) จงคำนวณค่าคงที่การแตกตัว ( $K_a$ ) ของกรดเบนโซอิก
- 7.4 เมื่อนำสารละลายผสมระหว่างกรดเบนโซอิกกับโซเดียมเบนโซเอตดังกล่าวข้างต้นที่มีปริมาตร  $50.00 \text{ cm}^3$  มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น  $0.100 \text{ mol/dm}^3$  ปริมาตร  $50.00 \text{ cm}^3$ 
  - (ก) (1 คะแนน) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
  - (ข) (4.5 คะแนน) จงคำนวณ pH ของสารละลายหลังผสม



## โจทย์ข้อที่ 8 (15 คะแนน)

ทองคำเป็นโลหะมีค่า พบในธรรมชาติทั้งในรูปธาตุบริสุทธิ์และสารประกอบ ทองคำสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ถึง 99.9 % ในการทำเหมืองทองซึ่งจะแยกทองคำออกจากแร่และหินที่มีทองคำอยู่ จะต้องบดหินให้ละเอียด และใช้สารละลายโซเดียมไซยาไนด์ ( $\text{NaCN}$ ) ละลายทองคำออกมาโดยพ่นออกซิเจนลงไปด้วย สารประกอบที่เกิดขึ้นตอนนี้เป็น  $\text{NaAu(CN)}_2$  จากนั้นจึงนำสารที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสี ทำให้ได้ทองคำออกมา ดังสมการ (สมการยังไม่ได้ดุล)



กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานครึ่งเซลล์ดังนี้

Half-Reaction	$E^\circ$ (V)
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn(s)}$	-0.76
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	+1.36
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)}$	+0.80
$\text{Ag}_2\text{O(s)} + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag(s)} + \text{H}_2\text{O}$	+1.17
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au(s)}$	+1.52
$\text{Ag}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}$	+1.67
$\text{Au}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Au(s)}$	+1.83

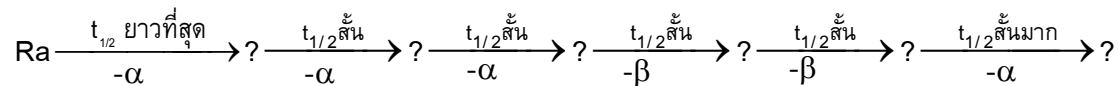
### คำถาม

- 8.1 (2.75 คะแนน) จงดุลสมการที่ 1 และ 2 โดยใช้ตัวเลขที่ใช้ดุลสมการลงในตารางในกระดาษคำตอบ
- 8.2 (2 คะแนน) จงเติมค่าในช่องว่างของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสมการที่ 1 และ 2 ในกระดาษคำตอบ

- 8.3 (2.5 คะแนน) ถ้าก้อนหินแร่มีทองคำอยู่ 0.0190% จงคำนวณปริมาตรในหน่วย  $\text{dm}^3$  ของสารละลายไซเดียมไซยาไนด์เข้มข้น  $0.0750 \text{ mol/dm}^3$  ที่จะให้ทำปฏิกิริยากับทองคำทั้งหมดที่อยู่ในก้อนหินแร่ น้ำหนัก  $1,000 \text{ kg}$
- 8.4 (2 คะแนน) หากทองคำที่ได้จากกระบวนการในข้อ 8.3 มีความบริสุทธิ์ 95.0% โดยมีโลหะปนเปื้อนได้แก่ โลหะเงิน และสังกะสี ถ้าต้องการทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น โดยนำสารผสมที่ได้ไปหลอมด้วยความร้อนสูงแล้วพ่นแก๊สคลอรีนลงไป โลหะเงินและสังกะสีจะถูกเปลี่ยนเป็นเกลือคลอไรด์ กระบวนการนี้จะได้อทองคำที่บริสุทธิ์สูงขึ้นเป็น 99.5%
- (ก) เหตุใดทองคำจึงไม่เกิดเป็นเกลือคลอไรด์ แต่เงินและสังกะสีเกิดได้
- (ข) เมื่อนำหินแร่ น้ำหนัก  $1,000 \text{ kg}$  มาผ่านขั้นตอนในข้อ 8.3 และ 8.4 แล้วแยกทองคำที่มีอยู่ในหินนั้นออกมาได้ทั้งหมด จงคำนวณหา น้ำหนักของทองคำ 99.5% ที่ได้ด้วยวิธีนี้
- 8.5 (4.75 คะแนน) ทองรูปพรรณที่มีเนื้อทอง 99.9% มีราคาสูงมาก ทองคำชนิดนี้จะได้จากทองคำในข้อ 8.4 มาผ่านกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส โดยใช้  $\text{AuCl}_3$  ในกรด  $\text{HCl}$  เป็นอิเล็กโทรไลต์ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไประยะเวลาหนึ่ง จะได้ทองคำ 99.9%
- (ก) จงเขียนวาดภาพแสดงการจัดเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้โดยระบบแคโทด แอโนด ไอออนในสารละลาย และทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
- (ข) ถ้าต้องการทองคำบริสุทธิ์ 99.9% เกาะที่แคโทดในปริมาณ 15.0 กรัม โดยผ่านกระแสไฟฟ้า  $150.0 \text{ mA}$  จะต้องใช้เวลาทำอิเล็กโทรลิซิสนานกี่ชั่วโมง
- 8.6 (1 คะแนน) การทำเหมืองทองคำที่ใช้ไซยาไนด์นี้ จะเห็นว่าในสมการที่ 2 ข้างต้น มี  $\text{CN}^-$  เกิดขึ้นมาอีก หากท่านเป็นเจ้าของเหมืองทองคำ ท่านจะทำอย่างไรกับ  $\text{CN}^-$  ที่เกิดขึ้นในสมการที่ 2

## โจทย์ข้อที่ 9 (9 คะแนน)

ในการศึกษาอัตราการเกิดแก๊สฮีเลียมจากการสลายตัวของ  $^{226}_{88}\text{Ra}$  รวม 6 ขั้นตอน ให้อนุภาคเรียงตามลำดับดังนี้



เมื่อนำ  $^{226}_{88}\text{Ra}$  มา 179 mg บรรจุในภาชนะปิดเพื่อวัดปริมาตรของแก๊สฮีเลียม พบว่าหลังจากทิ้งไว้ 90.0 วัน มีแก๊สฮีเลียมเกิดขึ้น 7.02 mm<sup>3</sup> ที่ 0 °C และ 1 atm

กำหนด  $^{226}_{88}\text{Ra}$  1.00 g สลายตัวให้เรดอนจำนวน  $3.42 \times 10^{10}$  อนุภาคต่อวินาที

อัตราการสลายตัว =  $kN$  เมื่อ  $N$  เป็นจำนวนอะตอมของ  $^{226}_{88}\text{Ra}$

### คำถาม

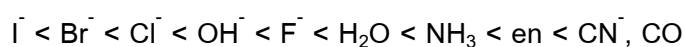
- 9.1 (3 คะแนน) จงเขียนสมการนิวเคลียร์ทั้ง 6 ขั้นตอน โดยเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุที่แสดงเลขอะตอม เลขมวล และอนุภาคที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน
- 9.2 (2 คะแนน) จงคำนวณจำนวนอะตอมของฮีเลียมที่เกิดขึ้นทั้งหมดหลังจาก 90.0 วัน
- 9.3 (2 คะแนน) จงคำนวณเลขอาโวกาโดรจากผลการทดลองนี้
- 9.4 (2 คะแนน) จงคำนวณครึ่งชีวิตของ  $^{226}_{88}\text{Ra}$  ในหน่วยปี โดยใช้เลขอาโวกาโดรที่คำนวณได้ในข้อ 9.3 (กำหนด 1 ปี มี 365 วัน)

## โจทย์ข้อที่ 10 (11 คะแนน)

จากไอออนเชิงซ้อนของโคบอลต์สามชนิดที่กำหนดให้ต่อไปนี้จงตอบคำถาม

- (I)  $[\text{CoBr}_4]^{2-}$   
 (II)  $[\text{Co}(\text{CO})_6]^{3+}$   
 (III)  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$

กำหนด Spectrochemical series ซึ่งแสดงความแรงของลิแกนด์ตามทฤษฎี crystal field ดังนี้



### คำถาม

- 10.1 (1.5 คะแนน) จงแสดงวิธีคำนวณหาเลขออกซิเดชันของโลหะในไอออนเชิงซ้อน (I), (II) และ (III)
- 10.2 (4.5 คะแนน) จงวาดภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามทฤษฎี crystal field ของโลหะในไอออนเชิงซ้อน (I), (II) และ (III) พร้อมระบุชนิดของ d ออร์บิทัลให้ถูกต้อง
- 10.3 (1 คะแนน) จงเรียงลำดับความแรงจากน้อยไปมากของไอออนเชิงซ้อน เฉพาะที่ แสดงสมบัติพาราแมกเนติก พร้อมบอกเหตุผลสั้นๆ
- 10.4 (2 คะแนน) หากนำสารละลายของ  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  ซึ่งมีสีชมพูอ่อนมาเติมสารละลาย HCl ความเข้มข้น  $6 \text{ mol/dm}^3$  จนสีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเข้มของ  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$  จงบอกชื่อรูปร่างเรขาคณิตพร้อมกับวาดภาพแสดงโครงสร้างของไอออนเชิงซ้อนทั้งก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี
- 10.5 (2 คะแนน) หากนำสารละลายของ  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย propane-1,3-diamine มากเกินพอ จงเขียนชื่อที่ถูกต้องตามระบบ IUPAC และสูตรของไอออนเชิงซ้อนที่เป็นผลิตภัณฑ์

## โจทย์ข้อที่ 11 (7 คะแนน)

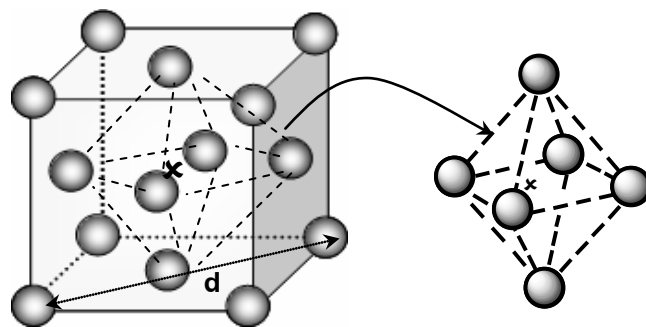
กำหนด X และ Y เป็นธาตุหมู่ IVA ที่อยู่ติดกัน และสามารถเกิดปฏิกิริยากับธาตุ Z เป็นสารประกอบ  $XZ_4$  และ  $YZ_4$  ซึ่งสารประกอบทั้งสองนั้นเป็นของเหลวไม่มีสี โดย  $XZ_4$  จะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำที่อุณหภูมิห้อง แต่ที่อุณหภูมิสูงสามารถทำปฏิกิริยากับ  $O_2$  เกิดเป็นสารพิษ  $COCl_2$  ออกไซด์ของ X ละลายน้ำได้ และมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ  $-78^\circ C$  ส่วน  $YZ_4$  สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

### คำถาม

- 11.1 (1 คะแนน) จงเขียนสูตรเคมีของ  $XZ_4$  และ  $YZ_4$
- 11.2 (1.5 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างลิวอิสของ  $XZ_4$   $YZ_4$  และ  $COCl_2$
- 11.3 (0.5 คะแนน) จงบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใด  $XZ_4$  ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำที่อุณหภูมิห้อง แต่  $YZ_4$  สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้
- 11.4 (2 คะแนน) จงเขียนสูตรเอมพิริคัลและระบุชื่อรูปร่างเรขาคณิตของสารประกอบออกไซด์ X และโครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบออกไซด์ Y
- 11.5 (1 คะแนน) หากนำของผสมระหว่างสารประกอบออกไซด์ของ Y กับ  $Na_2CO_3$  ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงมาก จะได้สารผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จงเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว
- 11.6 (1 คะแนน) หากนำ  $YZ_4$  ไปทำปฏิกิริยากับ Z ที่มากเกินไปจะทำให้เกิดไอออนเชิงซ้อน  $YZ_6^{2-}$  จงทำนายชนิดของไฮบริดออร์บิทัลที่ใช้ในการเกิดพันธะในสารประกอบ  $YZ_4$  และไอออนเชิงซ้อน  $YZ_6^{2-}$

## โจทย์ข้อที่ 12 (8 คะแนน)

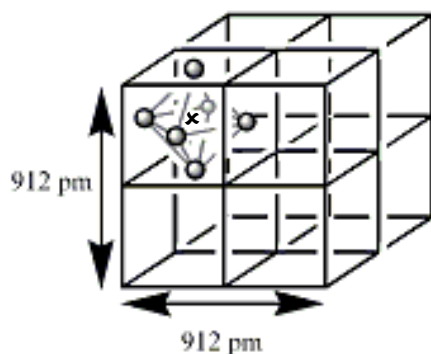
“สปินเนล” เป็นโครงสร้างพื้นฐานของสารที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายชนิด เช่น สารตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิวิกฤตสูง (high  $T_c$  superconductor) และมีสูตรทั่วไปคือ  $M^{II}M^{III}_2O_4$  เมื่อ  $M^{II}$  และ  $M^{III}$  คือไอออนโลหะที่มีเลขออกซิเดชัน +2 และ +3 ตามลำดับ เช่น  $CoAl_2O_4$  โดยมีโครงสร้างผลึกพื้นฐานแบบ face-centered close-packing (FCC) ของออกไซด์ไอออน ( $O^{2-}$ ) ซึ่งมี  $M^{II}$  บรรจุในช่องว่างทรงเหลี่ยมสี่หน้า (tetrahedral hole) และ  $M^{III}$  บรรจุในช่องว่างทรงเหลี่ยมแปดหน้า (octahedral hole) โดยมีจำนวนของช่องว่างทรงเหลี่ยมสี่หน้าและแปดหน้าเป็น 2 และ 1 เท่าของจำนวนออกไซด์ไอออน ตามลำดับ โดยสัญลักษณ์  $\times$  แทนตำแหน่งจุดตรงกลางของช่องว่างทรงเหลี่ยมแปดหน้าของลูกบาศก์นี้ และเส้นประแสดงรูปร่างช่องว่างทรงเหลี่ยมแปดหน้า ณ ตำแหน่งตรงกลางหน่วยลูกบาศก์พอดี



กำหนดให้  $d$  เป็นเส้นทแยงมุมของฐาน และมีค่าเท่ากับ  $4r$  เมื่อ  $r =$  รัศมี  $O^{2-}$

### คำถาม

- 12.1 (1 คะแนน) จงบอกเลขโคออร์ดิเนชันของ  $M^{II}$  และ  $M^{III}$  ในโครงสร้างสปินเนลนี้
- 12.2 (2 คะแนน) จงคำนวณหาร้อยละของช่องว่างทรงเหลี่ยมแปดหน้าที่ถูกบรรจุด้วยไอออน  $M^{III}$  ในสารประกอบ  $CoAl_2O_4$  ซึ่งมีโครงสร้างแบบสปินเนล



ภาพประกอบคำถามข้อ 12.3 โดยแสดง  
กล่องลูกบาศก์เพื่อความชัดเจน

- 12.3 (2.5 คะแนน) จงคำนวณหาความหนาแน่นของหน่วยเซลล์ (unit cell) ในหน่วย  $\text{g/cm}^3$  ของโครงสร้าง  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  เมื่อกำหนดให้หนึ่งหน่วยเซลล์ประกอบด้วยหน่วยลูกบาศก์ดังแสดงในภาพข้างต้น ทั้งหมด 8 หน่วยลูกบาศก์ วางเรียงต่อกันเป็นลูกบาศก์หน่วยเซลล์ขนาดใหญ่โดยมีความยาวหน่วยเซลล์เท่ากับ 912 pm ( $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ )
- 12.4 (2.5 คะแนน) โครงร่างผลึกอย่างง่ายที่สุดที่อาจพบในโครงสร้างของโลหะคือ Simple Cubic จงคำนวณร้อยละโดยปริมาตรของที่ว่างในโครงสร้าง Simple Cubic นี้