

วันพุธ. ยอนแก่น!



การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ ๔

ณ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วันพฤหัสบดี ที่ ๘ พฤษภาคม ๒๕๕๑

เวลา ๐๘.๓๐ - ๑๓.๓๐ น.

ข้อสอบภาคทฤษฎี

รหัสประจำตัวสอบ

ศุภชัย สอวน

คำชี้แจงการสอบภาคทฤษฎี

1. ข้อสอบมีจำนวน 19 ข้อ ประกอบด้วยกระดาษคำถาม 23 หน้า และกระดาษคำตอบ 33 หน้า
คะแนนรวมทั้งหมด 120 คะแนน คิดเป็น 60% เวลาสอบ 08.30-13.30 น. (5 ชั่วโมง)
2. เขียนรหัสประจำตัวสอบ ศูนย์ สอวน. ลงในหน้าปกคำถามและกระดาษคำตอบทุกหน้า
3. ให้ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ” และเมื่อประกาศว่า “หมดเวลา”
นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที และรวบรวมกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบวางไว้บนโต๊ะ
ก่อนออกจากห้องสอบ
4. ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบด้วยปากกาสีน้ำเงินหรือดำเท่านั้น โดยเขียนให้ตรงกับข้อและเขียน
ในกรอบที่กำหนดให้ กรณีเขียนผิดให้ขีดฆ่าและเขียนใหม่ให้ชัดเจน ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด การ
ทลหรือขีดเขียนอื่นให้ทำในกระดาษคำถามเท่านั้น
5. โจทย์คำนวณให้แสดงวิธีทำตาม โจทย์กำหนด กรณีคำตอบที่เป็นตัวเลข ต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
6. ห้ามยืมเครื่องเขียน และเครื่องคิดเลข ผู้อื่นใช้โดยเด็ดขาด
7. ห้ามนักเรียนนำเอกสารใดๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
8. ในระหว่างการสอบ นักเรียนสามารถรับประทานอาหารว่างที่วางไว้บนโต๊ะได้
9. ห้ามคุยหรือปรึกษากันในช่วงเวลาสอบ หากฝ่าฝืนถือว่าทุจริต กรณีทุจริตใดๆ ก็ตาม นักเรียนจะ
หมดสิทธิ์ในการแข่งขันและจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

โจทย์ข้อที่ 1 (9 คะแนน)

แอนิลีน (aniline, $C_6H_5NH_2$) เป็นเบสอ่อน มีค่า $K_b = 4.3 \times 10^{-10}$

กำหนดให้ ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ (K_w) = 1.0×10^{-14} ที่ $25^\circ C$

คำถาม

1.1 (3.5 คะแนน) เมื่อผสมสารละลาย $C_6H_5NH_2$ ความเข้มข้น 0.100 mol/L ปริมาตร 20.00 mL กับ สารละลายกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ความเข้มข้น 0.200 mol/L ปริมาตร 20.00 mL

ก. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

ข. สารละลายผสมที่ได้มีความเข้มข้นของ H_3O^+ เป็นเท่าไร

1.2 (5.5 คะแนน) ปิเปตสารละลาย $C_6H_5NH_2$ ความเข้มข้น 0.100 mol/L ปริมาตร 25.00 mL ใส่ในขวด รูปกรวย หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำมาไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 0.100 mol/L

ก. ต้องเติมสารละลาย HCl ปริมาตรเท่าไรจึงจะถึงจุดสมมูล

ข. สารละลายที่จุดสมมูลมี pH เท่าไร

ค. อินดิเคเตอร์ชนิดใดในต่อไปนี้เหมาะสมที่สุดสำหรับการไทเทรตนี้ และที่จุดยุติอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีอย่างไร

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH ที่เปลี่ยนสี	การเปลี่ยนสี
ไทมอลบลู	1.2 – 2.8	แดง – เหลือง
โบร โมครีซอลกรีน	3.5 – 5.4	เหลือง – น้ำเงิน
เมทิลเรด	4.2 – 6.3	แดง – เหลือง
ฟีนอล์ฟทาเลอิน	8.3 – 10.0	ไม่มีสี – ชมพู

โจทย์ข้อที่ 2 (7.5 คะแนน)

สารละลายผสมชนิดหนึ่งประกอบด้วยกรด HCl และสารประกอบ MCl_2 นำมาทำการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ปิเปตสารละลายผสมปริมาตร 20.00 mL ใส่ในขวดรูปกรวย แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.0250 mol/L โดยใช้โบรโมครีซอลกรีนเป็นอินดิเคเตอร์ปรากฏว่าที่จุดยุติใช้สารละลาย NaOH เท่ากับ 16.00 mL

ข้อมูลเพิ่มเติม โบรโมครีซอลกรีนมีช่วง pH ที่เปลี่ยนสีเป็น 3.5-5.4 (เหลือง-น้ำเงิน)

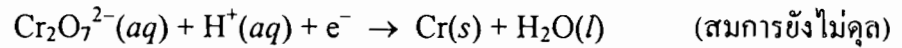
การทดลองที่ 2 ปิเปตสารละลายผสมปริมาตร 10.00 mL ผสมกับสารละลายมาตรฐาน $AgNO_3$ ความเข้มข้น 0.100 mol/L ปริมาตร 15.00 mL ได้ตะกอนสีขาว น้ำหนัก 0.0717 g

คำถาม

- 2.1 (0.5 คะแนน) เขียนสมการ โมเลกุลแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1
- 2.2 (1 คะแนน) เขียนสมการ โมเลกุลแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 2
- 2.3 (1.5 คะแนน) ความเข้มข้นของกรด HCl ในสารละลายผสมเป็นเท่าใด
- 2.4 (4.5 คะแนน) ความเข้มข้นของ MCl_2 ในสารละลายผสมเป็นเท่าใด มีสารชนิดใดเหลือหลังจากทำปฏิกิริยาในการทดลองที่ 2 และเหลือปริมาณเท่าใด

โจทย์ข้อที่ 3 (5 คะแนน)

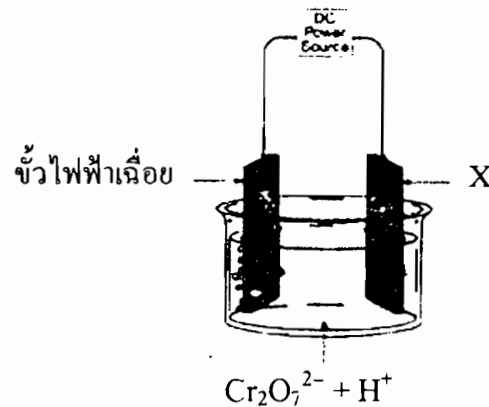
การชุบโลหะ X ด้วยโครเมียม อาจทำได้โดยจุ่มโลหะ X ในสารละลายไดโครเมตในกรด ไดโครเมตไอออน ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันดังสมการ



คำถาม

3.1 (1 คะแนน) จุลสมการแสดงครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

3.2 (1.5 คะแนน) กำหนดรูปเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการชุบโครเมียมบนแผ่นโลหะ X ดังนี้



ก. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยทำหน้าที่เป็นแอโนดหรือแคโทด

ข. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยต่อกับขั้วบวกหรือขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply)

ค. ภายในเซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนผ่านลวดตัวนำจากขั้วใดไปยังขั้วใด

3.3 (2.5 คะแนน) จะต้องใช้เวลากี่ชั่วโมงถ้าต้องการชุบกันชนรถยนต์ซึ่งมีพื้นที่ผิว 0.25 m^2 ด้วยโครเมียมหนา $1.0 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่ให้กระแสไฟฟ้า 25.0 A

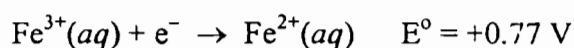
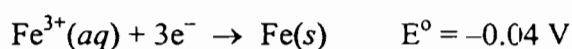
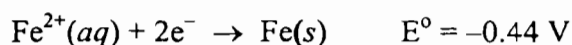
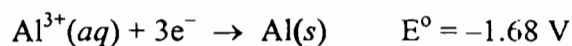
กำหนดให้ ความหนาแน่นของโครเมียม (Cr) = 7.19 g/cm^3

Faraday constant = $96,500 \text{ C/mol e}^-$

โจทย์ข้อที่ 4 (5 คะแนน)

ถ้านำครึ่งเซลล์ที่ประกอบด้วยขั้ว Al จุ่มในสารละลาย $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ความเข้มข้น 0.025 mol/L กับครึ่งเซลล์ที่ประกอบด้วยขั้ว Fe จุ่มในสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ความเข้มข้น 0.50 mol/L มาต่อกันเป็นเซลล์กัลวานิก

กำหนด ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันที่ 25°C ดังนี้



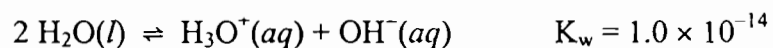
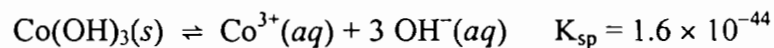
Faraday constant (F) = $96,500 \text{ C/mol e}^-$

คำถาม

- 4.1 (1 คะแนน) เขียนสมการที่ดุลแสดงปฏิกิริยาของเซลล์นี้
- 4.2 (1.5 คะแนน) คำนวณค่าคงที่สมดุล (K) ของปฏิกิริยาในข้อ 4.1 โดยตอบในรูปของ $\log K$
- 4.3 (1 คะแนน) คำนวณ ΔG° ของปฏิกิริยาในข้อ 4.1
- 4.4 (1.5 คะแนน) คำนวณศักย์ไฟฟ้าของเซลล์นี้

โจทย์ข้อที่ 5 (5 คะแนน)

กำหนดค่าคงที่ผลคูณของการละลาย (K_{sp}) ของ Co(OH)_3 และค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ที่ 25°C ดังนี้

คำถาม

- 5.1 (2 คะแนน) คำนวณการละลาย (ในหน่วย mol/L) ของ Co(OH)_3 ในน้ำ
- 5.2 (2 คะแนน) คำนวณการละลาย (ในหน่วย mol/L) ของ Co(OH)_3 ในสารละลายที่ควบคุม pH ให้เป็น 9.00
- 5.3 (1 คะแนน) ใช้หลักของเลอชาเตอลิเยร์ (Le Chatelier's principle) อธิบายว่าการเติมกรดจะเพิ่มการละลายของ Co(OH)_3 ได้หรือไม่ อย่างไร

โจทย์ข้อที่ 6 (5 คะแนน)

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมได้พัฒนาขึ้นอย่างมาก ในขณะเดียวกัน ปัญหาที่ตามมาคือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งบางครั้งมีการปล่อยสารที่อาจเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น โลหะหนัก เป็นต้น

นำน้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำทิ้งแห่งหนึ่งมาวิเคราะห์ชนิดของไอออนโลหะ 6 ชนิด (Al^{3+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) ที่อาจปนเปื้อนในแหล่งน้ำนี้ ดังต่อไปนี้

- แบ่งน้ำตัวอย่างมาส่วนหนึ่ง หยดสารละลาย HCl ลงไป สังเกตเห็นตะกอนสีขาว เมื่อนำไปอุ่นให้ร้อน ตะกอนสีขาวละลายหมด
- แบ่งน้ำตัวอย่างมาอีกส่วนหนึ่ง หยดสารละลาย NaOH ลงไป สังเกตเห็นตะกอนสีขาว
- แบ่งน้ำตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งมาผ่านคอลัมน์ที่บรรจุแคตไอออนเอ็กซ์เชนจ์เรซิน (cation exchange resin) จากนั้นชะคอลัมน์ด้วยสารละลายที่เหมาะสม เก็บสารละลายที่ผ่านออกมาจากคอลัมน์ได้ 3 ส่วน คือ A, B และ C ตามลำดับการชะออกมาจากก่อนไปหลัง (โดยสารละลายแต่ละส่วนประกอบด้วยไอออนเพียงชนิดเดียวและไม่ซ้ำกัน) นำสารละลายที่เก็บได้ไปทดสอบ ดังนี้

สารละลาย A แบ่งเป็น 2 หลอด

หลอดที่ 1 หยดสารละลาย NaOH ลงไป ได้ตะกอนสีขาวลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง และตะกอนละลายได้อย่างรวดเร็วในรีเอเจนต์ที่มากพอ

หลอดที่ 2 หยดสารละลาย NH_3 ลงไป ได้ตะกอนสีขาว และตะกอนละลายได้อย่างรวดเร็วในรีเอเจนต์ที่มากพอ

เมื่อนำสารละลาย B มาทดสอบ กลับพบว่าผลที่ได้คล้ายกับภาชนะ B และ C หลุดออก จึงไม่ทราบว่าภาชนะใดบรรจุสารละลาย B แต่ได้ตัดสินใจเลือกสารละลายชนิดหนึ่ง มาทดสอบ (ซึ่งขณะทดสอบยังไม่ทราบว่า เป็น B หรือ C) โดยแบ่งเป็น 2 หลอด

หลอดที่ 1 หยดสารละลาย NaOH ลงไป ได้ตะกอนสีขาว ซึ่งไม่ละลายในรีเอเจนต์ที่มากพอ

หลอดที่ 2 หยดสารละลาย NH_3 ลงไป ได้ตะกอนสีขาว และตะกอนละลายได้หากเติมรีเอเจนต์ที่มากพอ

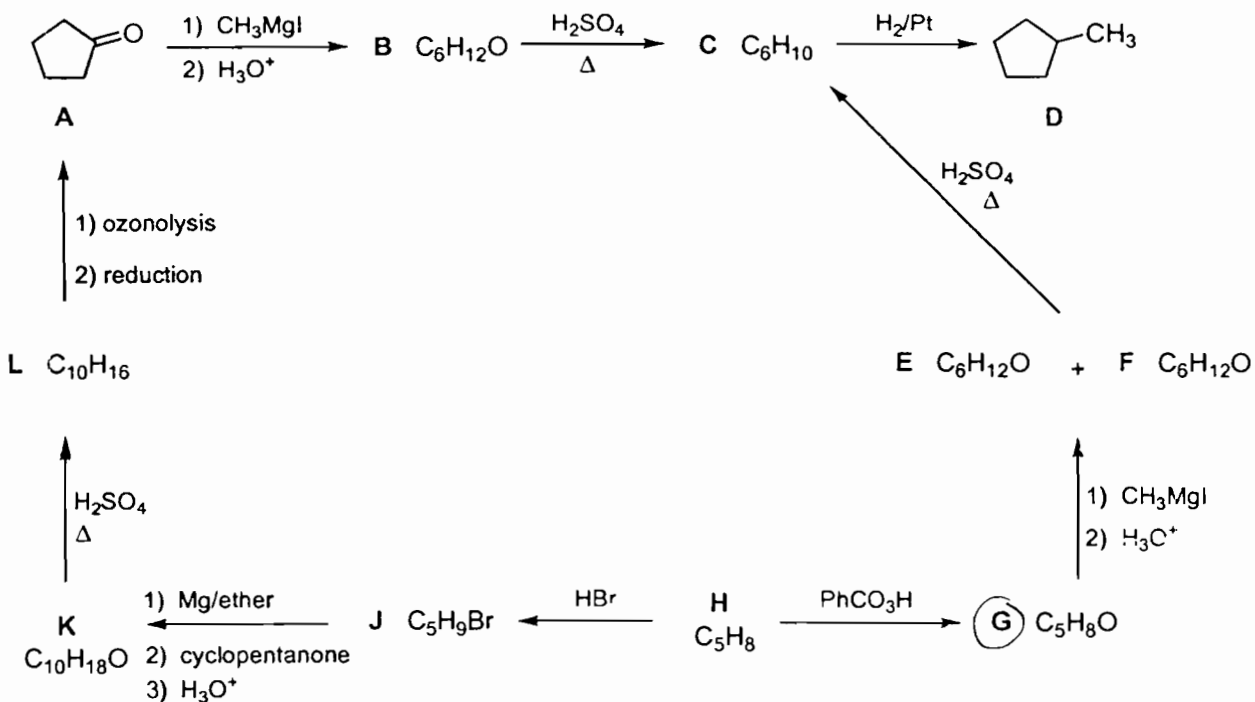
ไอออนทั้ง 6 ชนิด ที่สนใจวิเคราะห์ มีแรงกระทำกับแคตไอออนเอ็กซ์เชนจ์เรซิน เรียงตามลำดับ (จากมากไปน้อย) ดังนี้ $\text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$

คำถาม

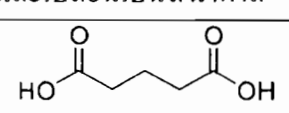
- 6.1 (0.5 คะแนน) เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเกิดตะกอนสีขาว เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงไปในน้ำตัวอย่าง ตามขั้นตอน ก
- 6.2 (3 คะแนน) ระบุชนิดของไอออนโลหะที่พบ ในสารละลายแต่ละส่วน (A, B, และ C) ที่ได้จากการนำน้ำตัวอย่างผ่านคอลัมน์แคตไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน
- 6.3 (0.5 คะแนน) เขียนสูตรเคมีของตะกอนสีขาวที่เกิดขึ้น เมื่อหยดสารละลาย NH_3 ลงไปในสารละลาย A
- 6.4 (0.5 คะแนน) หากหยดสารละลาย H_2SO_4 ลงในสารละลาย B จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ อย่างไร
- 6.5 (0.5 คะแนน) หากหยดสารละลาย H_2SO_4 ลงในสารละลาย C จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ อย่างไร

โจทย์ข้อที่ 7 (15.5 คะแนน)

สาร A ถึง L มีความสัมพันธ์ดังแสดงในแผนภาพ นักเรียนคนหนึ่งพยายามที่จะพิสูจน์สูตรโครงสร้างของสารที่ยังไม่ทราบว่าเป็นสารอะไร ได้แก่ สาร B, C, E, F, G, H, J, K, และ L เขาจึงส่งสารเหล่านี้บางชนิดไปวิเคราะห์ร้อยละของธาตุองค์ประกอบ และคำนวณหาสูตรโมเลกุลของสารเหล่านี้ได้ดังแสดงในแผนภาพ



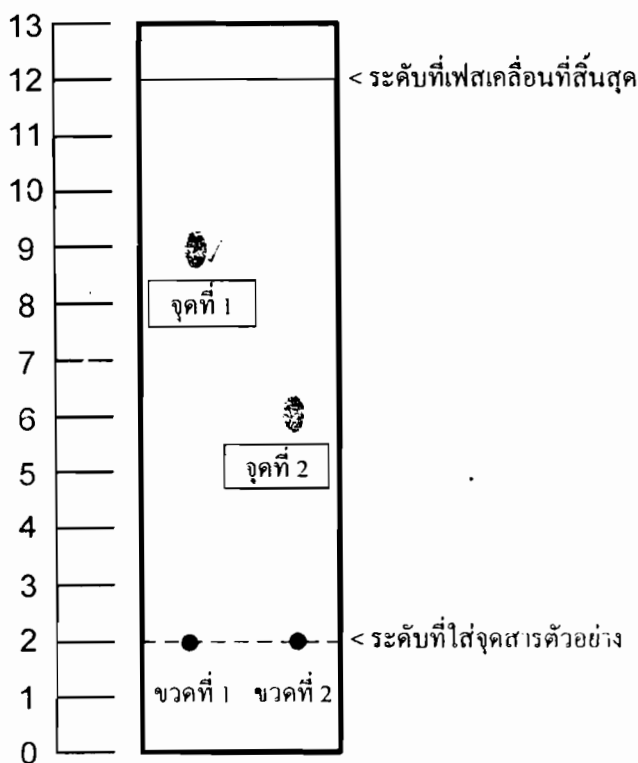
จากนั้นเขาพยายามทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสาร 4 ชนิด จากทั้งหมด และได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง ตารางแสดงผลการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสาร

สาร	รีเอเจนต์ที่ใช้	ผลที่สังเกตได้
B	สารละลาย ceric ammonium nitrate	สารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง
C	สารละลาย KMnO_4 เจือจาง	จะได้สารละลายใสและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
H	สารละลาย KMnO_4 เข้มข้น และให้ความร้อน	วิเคราะห์พบว่าได้  เป็นผลิตภัณฑ์
L	สารละลาย Br_2	สีของโบรมีนจางหายไป

นอกจากนี้เขายังพบว่าสาร E และ F ต่างก็มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน และสามารถเตรียมได้จากสาร G ด้วยปฏิกิริยาชนิดเดียวกัน แต่หมุนระนาบแสงโพลาไรซ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อให้ E และ F ทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 และให้ความร้อนด้วย ต่างก็ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร C

จากนั้นนักเรียนผู้นี้ได้นำสาร A เก็บไว้บนชั้น เมื่อกลับจากพักผ่อนอาหารกลางวัน เขาพบว่าบนชั้นมีสารอยู่ 2 ขวด ซึ่งทราบในภายหลังว่าอีกขวดหนึ่งเป็น cyclopentanol ซึ่งไม่ได้ติดฉลากเช่นกัน นักเรียนจึงคิดจะตรวจสอบสารโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีเยื่อบาง (thin layer chromatography หรือ TLC) เนื่องจากคาดว่าสารทั้งคู่มีขั้วต่างกัน และในห้องปฏิบัติการขณะนั้นก็มีเครื่องมือดังกล่าวพร้อมใช้อยู่พอดี จะได้เป็นข้อมูลยืนยันได้อีกทางหนึ่ง

เมื่อนำสารตัวอย่างทั้งสองขวดมาวิเคราะห์ด้วย TLC ที่มีซิลิกาเป็นเฟสอยู่กับที่ โดยใช้สารละลายผสม chloroform-ethanol (7:3) เป็นเฟสเคลื่อนที่ ได้โครมาโตแกรม (chromatogram) ของ TLC ดังภาพข้างล่าง



คำถาม

- 7.1 (7.5 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างสาร B, C, G, J, H, K, และ L
- 7.2 (2 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างพร้อมทั้งแสดงสเตอริโอเคมีที่ถูกต้องของ E และ F
- 7.3 (1 คะแนน) จากโครมาโตแกรม ระบุว่าจุดใดเป็นตำแหน่งของสาร A
- 7.4 (1 คะแนน) เหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าสาร A อยู่ในตำแหน่งดังกล่าว
- 7.5 (1 คะแนน) คำนวณค่า R_f ของจุดที่ 1
- 7.6 (1 คะแนน) หากเปลี่ยนสัดส่วนของเฟสเคลื่อนที่เป็น chloroform-ethanol (1:1) ค่า R_f ของจุดที่ 1 จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (มากขึ้น/เท่าเดิม/น้อยลง)
- 7.7 (2 คะแนน) หากนำแผ่น TLC ที่ได้ ไปจุ่มลงในสารละลายของ 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNP) จะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่จุดที่ 1 และ 2 อย่างไร

หมายเหตุ: เป็นที่ทราบดีว่า TLC เป็นวิธีที่สามารถแยกองค์ประกอบของสารที่มีขั้วต่างกันออกจากกันได้ เมื่อใช้ระบบตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งมีหลักการคล้ายกับโครมาโตกราฟีกระดาษ เทคนิค TLC มีหลักว่า องค์ประกอบของสารแต่ละชนิดจะกระจายตัวอยู่ระหว่าง 2 เฟส ได้แก่เฟสอยู่กับที่ ซึ่งมักเป็นซิลิกาที่เคลือบเป็นชั้นบางบนแผ่นกระจกหรือแผ่นอะลูมิเนียม และเฟสเคลื่อนที่ ซึ่งมักเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ หากสารตัวก่่างเกิดแรงกระทำที่แข็งแกร่งกับซิลิกา ก็จะเคลื่อนที่ได้ช้า

→ หากเปลี่ยน ณ จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ไปเปลี่ยนอัตราส่วนของ 2,4-DNP จะเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

โจทย์ข้อที่ 8 (8 คะแนน)

อะตอมของธาตุในอนุกรม "hypotransition" (ซึ่งรอคอยการค้นพบในอนาคต) มีเลขอะตอมเริ่มตั้งแต่ 121 และเริ่มมีอิเล็กตรอนอยู่ใน g ออร์บิทัล

คำถาม

หมายเหตุ Aufbau

- 8.1 (1 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุตัวแรกในอนุกรม hypotransition (ตัวอย่างเช่น โครงสร้างอิเล็กตรอนของ He คือ $1s^2$)
- 8.2 (0.5 คะแนน) จะมีธาตุในอนุกรม hypotransition อยู่ที่ธาตุ
- 8.3 (1 คะแนน) จะมีธาตุในอนุกรมนี้ที่ธาตุที่มีสมบัติเป็น diamagnetic และธาตุเหล่านั้นควรมีโครงสร้างอิเล็กตรอนใน g ออร์บิทัลเป็นอย่างไร
- 8.4 (1 คะแนน) อะตอมของธาตุหนึ่งในกลุ่ม hypotransition มีจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว (unpaired electron) 7 ตัว ธาตุนี้สามารถมีจำนวนอิเล็กตรอนใน g ออร์บิทัลเป็นเท่าไรได้บ้าง
- 8.5 (0.5 คะแนน) ธาตุในกลุ่ม hypotransition นี้จะมีจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวได้มากที่สุดกี่อิเล็กตรอน *ไฮโปทรานซิชัน*

นักวิทยาศาสตร์นิยมบอกหน่วยของพลังงานในรูปของเลขคลื่น (จากสูตร $E = hc/\lambda$ เลขคลื่นก็คือ λ^{-1} มีหน่วยเป็น cm^{-1}) ถ้าอะตอมของธาตุหนึ่งในอนุกรม hypotransition ให้เส้นสเปกตรัมที่ความยาวคลื่น 250 nm 400 nm และ 667 nm และจากการคำนวณทางทฤษฎีทำนายว่าเมื่ออะตอมถูกกระตุ้นจะมีสถานะกระตุ้น (excited state) ได้เพียงสองสถานะ

คำถาม

- 8.6 (2 คะแนน) อธิบายโดยเขียนแผนภาพแสดงระดับพลังงานว่าเหตุใดจึงเห็นสเปกตรัมถึง 3 เส้น และให้เขียนช่วงความยาวคลื่นกำกับลงไปทีเส้นระดับพลังงานด้วย
- 8.7 (1.5 คะแนน) ระดับพลังงานของสถานะกระตุ้นจะสูงกว่าระดับพลังงานของสถานะพื้น (ground state) เป็นเท่าใดในหน่วยเลขคลื่น (cm^{-1})
- 8.8 (0.5 คะแนน) ระดับพลังงานของสถานะกระตุ้นที่ 1 จะอยู่ต่ำกว่าสถานะกระตุ้นที่ 2 อยู่เท่าไรในหน่วยเลขคลื่น (cm^{-1})

โจทย์ข้อที่ 9 (5 คะแนน)

จงอธิบายพันธะเคมีในออกซิเจนโมเลกุล และไอออนต่างๆ ได้แก่ O_2^{2-} , O_2^- , O_2 และ O_2^+
ในหัวข้อต่อไปนี้

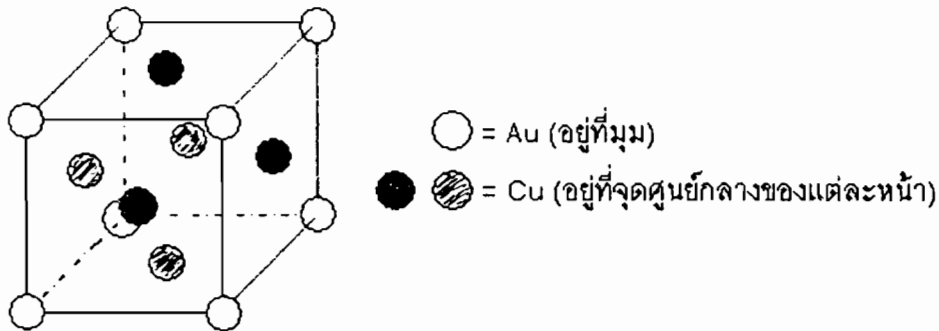
คำถาม

- 9.1 (1 คะแนน) จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมด
- 9.2 (2 คะแนน) ใช้ทฤษฎีโมเลกุลออร์บิทัล (Molecular Orbital Theory, MOT) ~~และ~~
~~กระจายอิเล็กตรอนในออร์บิทัล~~ ^{ใน} ตามลำดับพลังงาน ^{ด้วย} Molecular Orbital Energy Diagram
- 9.3 (0.5 คะแนน) เปรียบเทียบความยาวพันธะ ^{ใน} ~~โมเลกุล~~ ^{โมเลกุล} ~~และ~~ ^{และ} ~~ไอออน~~ ^{ไอออน} ~~และ~~ ^{และ} ~~ไอออน~~ ^{ไอออน}
- 9.4 (0.5 คะแนน) เปรียบเทียบพลังงานพันธะ
- 9.5 (1 คะแนน) บอกสมบัติทางแม่เหล็ก (magnetic property)

โจทย์ข้อที่ 10 (5 คะแนน)

คำถาม

- 10.1 (1 คะแนน) ผลึก SiO_2 (crystalline SiO_2) หรือ SiO_2 ออสัญฐาน (amorphous SiO_2) มีความหนาแน่นมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
- 10.2 โลหะผสมระหว่างทองแดง และทองคำมีโครงสร้างผลึก ดังรูป



- 10.2.1 (2 คะแนน) คำนวณจำนวนอะตอมของทองแดงและทองคำในแต่ละหน่วยเซลล์
- 10.2.2 (1 คะแนน) บอกชนิดโครงสร้างผลึกของโลหะผสม
- 10.2.3 (1 คะแนน) ถ้าทองคำบริสุทธิ์คือทองคำ 24 กะรัต โลหะผสมนี้เป็นทองคำกี่กะรัต
(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

โจทย์ข้อที่ 11 (5 คะแนน)

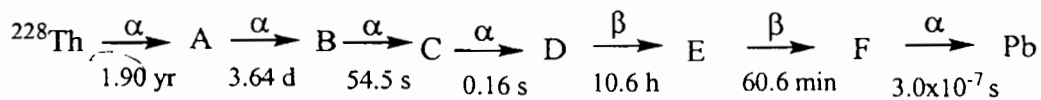
สารเชิงซ้อนชนิดหนึ่งของแพลทินัมมีสูตร $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ โครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยม มี 2 ไอโซเมอร์ ซึ่ง จัดเรียงลิแกนด์ต่างกัน ไอโซเมอร์หนึ่งที่โมเลกุลมีขั้วสามารถใช้เป็นยารักษามะเร็งได้

คำถาม

- 11.1 (1.5 คะแนน) วาดรูปแสดงโครงสร้างของสารเชิงซ้อนนี้ทั้งสองไอโซเมอร์ และระบุสภาพขั้ว (มีขั้ว/ไม่มีขั้ว) ไว้ได้รูป
- 11.2 (1 คะแนน) เรียกชื่อสารเชิงซ้อนนี้ตามระบบ IUPAC (เขียนเป็นภาษาอังกฤษ)
- 11.3 (2 คะแนน) สมบัติแม่เหล็กของ $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ เป็นแบบไดอะแมกเนติก (diamagnetic) ถ้าอธิบายพันธะในสารเชิงซ้อนนี้โดยใช้ทฤษฎีพันธะเวเลนซ์ Pt ควรใช้ไฮบริดออร์บิทัลเป็นแบบใด เป็น inner- หรือ outer-orbital complex
- 11.4 (0.5 คะแนน) ถ้าเปลี่ยนอะตอม Pt เป็น Co โดยเลขออกซิเดชันเท่ากัน สารเชิงซ้อนที่ได้ไม่มีไอโซเมอร์ ให้นักเรียนวาดรูปแสดงโครงสร้างของสารเชิงซ้อนนี้พร้อมทั้งระบุชื่อโครงสร้างไว้ได้รูป

โจทย์ข้อที่ 12 (5 คะแนน)

ทอเรียม-228 (^{228}Th) เกิดจากการแตกสลายตัวของเรเดียม-228 และทอเรียมเองก็แตกสลายตัวหลายขั้นตอนให้รังสี α และ β ดังแสดง จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นตะกั่วซึ่งเสถียร



คำถาม

- 12.1 (2 คะแนน) เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ B F และ Pb (ไว้ใน B และ F ในระบุนิวเคลียร์จะได้ ~~ผิด~~)
- 12.2 (2 คะแนน) ถ้าเริ่มต้นด้วยสารตัวอย่าง ซึ่งมี $^{228}\text{ThO}_2$ 1.0×10^{-2} mol ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 ปี ในภาชนะเปิด จะเหลือ ThO_2 กี่กรัม และน้ำหนักสารตัวอย่างจะเหลือเท่าใด ให้ถือว่าผลิตภัณฑ์ของการแตกสลายตัวเป็น PbO_2 ทั้งหมด
- 12.3 (1 คะแนน) จากข้อ 12.2 ถ้าสารตัวอย่างถูกเก็บไว้ในบรรยากาศที่ขั้วโลก น้ำหนักที่คำนวณได้จะแตกต่างกันหรือไม่ ให้เหตุผลสั้น ๆ

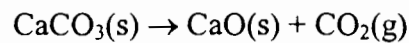
- กำหนดให้
- (1) $2.303 \log(N_0/N) = kt$
 - (2) อัตราการแตกสลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสี = kN
 - (3) ครึ่งชีวิต $t_{1/2} = 0.693/k$

โจทย์ข้อที่ 13 (9 คะแนน)

CaO(s) หรือปูนสุก (quicklime) เป็นสารอนินทรีย์ที่ใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น การผลิตเหล็กกล้า กระจก และ โลหะเคลือบ นอกจากนี้ยังใช้ในกระบวนการควบคุมภาวะมลพิษ โดยเฉพาะการปรับคุณภาพน้ำ

CaO(s) เตรียมได้จากการเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ หรือหินปูน โดยเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูง ๆ

ปฏิกิริยาที่เกิดจากการเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ เป็นดังนี้



กำหนด enthalpy of formation (ΔH_f°) และ absolute entropy (S°) ที่สภาวะมาตรฐาน 25°C และ 1 atm ของสารต่าง ๆ ดังนี้

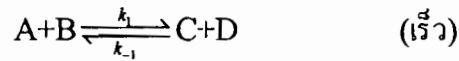
สาร	ΔH_f° (kJ/mol)	S° (J/K mol)
$\text{CaCO}_3(\text{s})$	-1,206.9	92.9
$\text{CaO}(\text{s})$	-635.6	39.8
$\text{CO}_2(\text{g})$	-393.5	213.6

คำถาม

- 13.1 (1 คะแนน) การเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดหรือคายความร้อนและมีค่า enthalpy ของปฏิกิริยา (ΔH°) ที่ 25°C และ 1 atm เป็นเท่าใดในหน่วย kJ
- 13.2 (1 คะแนน) การเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง entropy ของปฏิกิริยา (ΔS°) ที่ 25°C และ 1 atm เป็นเท่าใดในหน่วย J/K
- 13.3 (1 คะแนน) การเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง free energy ของปฏิกิริยา (ΔG°) ที่ 25°C และ 1 atm เป็นเท่าใดในหน่วย kJ
- 13.4 (0.5 คะแนน) ปฏิกิริยาในข้อ 13.3 เกิดขึ้นได้เองหรือไม่ เพราะเหตุใด
- 13.5 (3 คะแนน) ถ้ากำหนดให้การเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ มี ΔH° และ ΔS° คงที่ตลอดช่วงของอุณหภูมิที่ทดลอง ต้องใช้อุณหภูมิเท่าใด จึงจะเกิดปฏิกิริยา
- 13.6 (2.5 คะแนน) ถ้าการเผา $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ทำที่อุณหภูมิ 850°C และ 1 atm จะมี ΔG° ของปฏิกิริยาเป็นเท่าใดในหน่วย kJ และปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เองหรือไม่ เพราะเหตุใด

โจทย์ข้อที่ 14 (15 คะแนน)

พิจารณากลไกของปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งดังนี้



คำถาม

- 14.1 (1 คะแนน) เขียนปฏิกิริยาสุทธิที่เกิดขึ้น
- 14.2 (0.5 คะแนน) สารตัวกลาง (intermediate) ในปฏิกิริยาคือสารใด และเพราะเหตุใด
- 14.3 (2.5 คะแนน) เขียนกฎอัตราของปฏิกิริยา โดยสมมุติว่าสารตัวกลางถูกใช้ไปหมดเกิดสภาวะ ~~steady state~~
- 14.4 (4 คะแนน) ถ้าพลังงานกระตุ้นสำหรับปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าเป็น 37.1 kJ/mol และพลังงานกระตุ้น สำหรับปฏิกิริยาสุทธิที่ย้อนกลับเป็น 45.4 kJ/mol สมมุติว่า Arrhenius frequency factor (A) สำหรับปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าและปฏิกิริยาสุทธิที่ย้อนกลับมีค่าเท่ากัน จงหาค่าคงที่สมดุลเป็น $\ln K$ และเอนทัลปีของปฏิกิริยานี้ที่ 300 K และจงบอกชนิดของปฏิกิริยาว่าเป็นชนิดคายความร้อนหรือดูดความร้อน กำหนดค่า $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
- 14.5 (3.5 คะแนน) จากปฏิกิริยาสุทธิที่ได้ในข้อ 14.1
- ถ้าความเข้มข้น ณ หนึ่งของ
- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| [A] = $6.0 \times 10^{-5} \text{ M}$ | [B] = $3.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ |
| [C] = $1.0 \times 10^{-20} \text{ M}$ | [D] = $6.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ |
| [E] = $2.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ | |
- จงทำนายว่าปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าเกิดขึ้นเองได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- 14.6 (3.5 คะแนน) ถ้าค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าเป็น $3.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ที่ 300 K จงหาอุณหภูมิซึ่งให้ค่าคงที่อัตราเป็น $6.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

จงหาอุณหภูมิซึ่งในค่าของที่อัตราเป็น 2 เท่าของค่าที่อัตราที่อุณหภูมิ 300 K

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K})$$

โจทย์ข้อที่ 15 (3 คะแนน)

น้ำแข็ง 200 กรัม ที่อุณหภูมิ -35°C ได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอน้ำที่ 140°C ถ้าน้ำแข็งได้รับความร้อนจากเตาด้วยอัตรา 500 J/s อยากทราบว่าเราจะต้องให้ความร้อนเพื่อกระบวนการนี้เท่าใด และจะต้องใช้เวลานานเท่าใด

กำหนดให้

ความร้อนจำเพาะของน้ำ	=	$4.18\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$
ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง	=	$2.09\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$
ความร้อนจำเพาะของไอน้ำ	=	$2.00\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว	=	$333\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$
ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	=	$2260\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$

โจทย์ข้อที่ 16 (3 คะแนน)

นักเล่นบอลลูนได้เตรียมตัวเดินทางโดยการใส่ฮีเลียม 1 โมล บรรจุเข้าไปในบอลลูน เขาเริ่มออกเดินทางในเวลาเช้าที่อุณหภูมิ 15°C พอถึงเวลาที่ขงอุณหภูมิเพิ่มเป็น 30°C สมมติว่าความดันยังคงเท่าเดิมที่ 1 บรรยากาศ และสมมติว่าฮีเลียมมีพฤติกรรมแบบแก๊สอุดมคติ จงหางานที่ทำโดยบอลลูน

(กำหนดให้ $R = 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$)

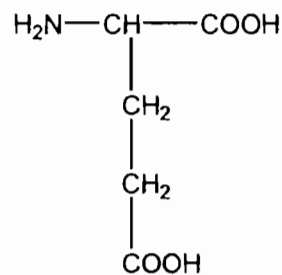
↓
(W)

$$W = -P\Delta V$$

โจทย์ข้อที่ 17 (6.5 คะแนน)

กรดกลูตามิกอยู่ในผงชูรสในรูป monosodium glutamate (MSG) และเป็นองค์ประกอบของโปรตีน โดยทั่วไป กรดกลูตามิกตัวหนึ่งในฮีโมโกลบินมีบทบาทสำคัญทำให้เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างคล้ายโดนัท ทำให้ฮีโมโกลบินเกิดการกลายพันธุ์แล้วเกิดเวลีน (Val) ขึ้นมาแทนที่ เม็ดเลือดแดงจึงมีรูปร่างคล้ายเคียว (sickle) เป็นผลให้เกิดโรคโลหิตจางที่เรียกว่า sickle-cell anemia

กรดกลูตามิกมีสูตรโครงสร้างคือ

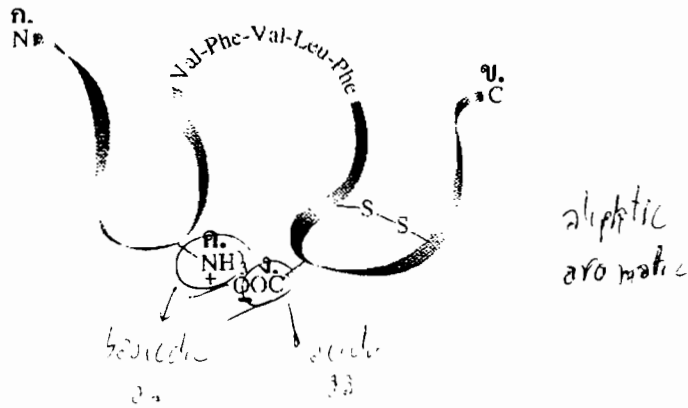


pKa ของหมู่ที่แตกตัวได้มีค่าเท่ากับ 2.20, 4.30 และ 9.70 ตามลำดับ

คำถาม

- 17.1 (1 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดกลูตามิก โดยเริ่มจากสารละลาย pH ต่ำไปหาสูง (0.5 คะแนน) ค่า pI (isoelectric point) ของกรดกลูตามิกมีค่าเท่าใด
- 17.2 (0.5 คะแนน) ถ้านักเคมีต้องการสังเคราะห์ไตรเปปไทด์จากกรดอะมิโน 3 ตัว คือ Alanine (A) Tyrosine (Y) และ Lysine (K) ไตรเปปไทด์ที่ได้จะมีกี่ชนิด
- (1 คะแนน) พร้อมเขียนปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดไตรเปปไทด์ AYK โดย R_1, R_2, R_3 แทน side chain ฝั่ง

17.3 พิจารณารูปข้างล่างนี้ ซึ่งเป็นโครงสร้างของโปรตีนตัวหนึ่ง แล้วตอบคำถาม



17.3.1 (0.5 คะแนน) หมู่ฟังก์ชัน ก. ที่ pH 7.4 คือหมู่ใด

17.3.2 (0.5 คะแนน) หมู่ฟังก์ชัน ข. ที่ pH 7.4 คือหมู่ใด

17.3.3 (0.5 คะแนน) พันธะยึดเหนี่ยวระหว่าง ค. และ ง. คือพันธะใด

17.3.4 (1 คะแนน) ค. เป็นกรดอะมิโนประเภทใด ให้ยกตัวอย่างมา 1 ชนิด

neutral

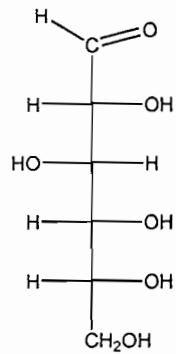
17.3.5 (1 คะแนน) ง. เป็นกรดอะมิโนประเภทใด ให้ยกตัวอย่างมา 1 ชนิด

acidic

basic branched

โจทย์ข้อที่ 18 (2 คะแนน)

กลูโคสมีสูตรโครงสร้าง คือ



คำถาม

- 18.1 (1.5 คะแนน) เมื่อเตรียมสารละลายกลูโคสในน้ำให้ได้สารละลายความเข้มข้น 0.1% (w/v) กลูโคสจะอยู่ในรูปใดบ้าง
- 18.2 (0.5 คะแนน) เราสามารถอธิบายโครงสร้างของ maltose ได้เป็น glucose - $\alpha(1 \rightarrow 4)$ - glucose จงเขียนสูตรโครงสร้างของ maltose แบบ Haworth

โจทย์ข้อที่ 19 (1.5 คะแนน)

ตารางข้างล่างแสดงกรดไขมัน 3 ชนิด

กรดไขมัน	สัญลักษณ์ย่อ	โครงสร้าง
Oleic acid	18:1 ^{Δ9}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Stearic acid	18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Linolenic acid	18:3 ^{Δ9,12,15}	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

เตรียมสารละลายกรดไขมันแต่ละชนิดใน CH_2Cl_2 ให้ได้สารละลายความเข้มข้น 0.5% (w/v) แล้วทดสอบการฟอกสีโบรมีน

คำถาม

- 19.1 (0.5 คะแนน) จงเรียงลำดับกรดไขมันตามความสามารถในการฟอกสีโบรมีนจากมากไปน้อย
- 19.2 (1 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาการฟอกสีโบรมีน (โดยเลือกจากกรดไขมัน 1 ตัว)