



## การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ 2

ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วันที่ 2 พฤษภาคม 2549

เวลา 08.30 – 13.30 น.

ข้อสอบภาคทฤษฎี

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

ศูนย์ สอวน. ....

## คำชี้แจง


1. ข้อสอบมีจำนวน 17 ข้อ  
มีกระดาษคำถาม 16 หน้า และกระดาษคำตอบ 28 หน้า  
คะแนนรวมทั้งหมด 120 คะแนน
2. ให้ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ”
3. มีเวลาในการทำข้อสอบ 5 ชั่วโมง ทั้งนี้รวมถึงการกรอกคำตอบลงในกระดาษคำตอบ  
เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศว่า “หมดเวลา” นักเรียนต้อง หยุดทำข้อสอบ และออกจาก  
ห้องสอบทันที
4. นักเรียนต้องเขียนตอบในกระดาษคำตอบด้วยปากกาเท่านั้น โดยใส่คำตอบให้ตรงกับข้อ  
และอยู่ในกรอบที่กำหนดให้ ถ้าเขียนตอบไม่ชัดเจน จะไม่ได้รับการตรวจให้คะแนน  
ถ้าต้องการทดให้ทดในกระดาษคำถาม
5. ถ้าเขียนผิดให้ขีดฆ่าทิ้ง ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด (liquid paper)
6. โจทย์คำนวณต้องแสดงวิธีทำ และในการคำนวณให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญ หรือตามที่  
โจทย์ระบุ
7. ใช้อุปกรณ์เครื่องเขียน เครื่องคิดเลข และข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ให้เท่านั้น และห้ามยืมกันใช้
8. หากพบการทุจริต นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขัน และต้องออกจากห้องสอบทันที




# ตารางธาตุ

สำหรับการแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ 2

I		II																		III	IV	V	VI	VII	VIII	
1		4																		5		6	7	8	9	10
<u>H</u> 1.0		<u>Be</u> 9.0																		<u>B</u> 10.8		<u>C</u> 12.0	<u>N</u> 14.0	<u>O</u> 16.0	<u>F</u> 19.0	<u>Ne</u> 20.2
11		12																		13		14	15	16	17	18
<u>Na</u> 23.0		<u>Mg</u> 24.3																		<u>Al</u> 27.0		<u>Si</u> 28.1	<u>P</u> 31.0	<u>S</u> 32.0	<u>Cl</u> 35.5	<u>Ar</u> 39.9
19		20		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36							
<u>K</u> 39.0	<u>Ca</u> 40.0	<u>Sc</u> 45.0	<u>Ti</u> 47.9	<u>V</u> 50.9	<u>Cr</u> 52.0	<u>Mn</u> 54.9	<u>Fe</u> 55.8	<u>Co</u> 58.9	<u>Ni</u> 58.7	<u>Cu</u> 63.5	<u>Zn</u> 65.4	<u>Ga</u> 69.7	<u>Ge</u> 72.6	<u>As</u> 74.9	<u>Se</u> 79.0	<u>Br</u> 79.9	<u>Kr</u> 83.8									
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54									
<u>Rb</u> 85.5	<u>Sr</u> 87.6	<u>Y</u> 88.9	<u>Zr</u> 91.2	<u>Nb</u> 92.9	<u>Mo</u> 95.9	<u>Tc</u> 98.9	<u>Ru</u> 101.1	<u>Rh</u> 102.9	<u>Pd</u> 106.4	<u>Ag</u> 107.9	<u>Cd</u> 112.4	<u>In</u> 114.8	<u>Sn</u> 118.7	<u>Sb</u> 121.8	<u>Te</u> 127.6	<u>I</u> 126.9	<u>Xe</u> 131.3									
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86									
<u>Cs</u> 132.9	<u>Ba</u> 137.3	<u>La</u> 138.9	<u>Hf</u> 178.5	<u>Ta</u> 180.9	<u>W</u> 183.9	<u>Re</u> 186.2	<u>Os</u> 190.2	<u>Ir</u> 192.2	<u>Pt</u> 195.1	<u>Au</u> 197.0	<u>Hg</u> 200.6	<u>Tl</u> 204.4	<u>Pb</u> 207.0	<u>Bi</u> 209.0	<u>Po</u> (209)	<u>At</u> (210)	<u>Rn</u> (222)									
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111																
<u>Fr</u> (223)	<u>Ra</u> (226)	<u>Ac</u> (227)	<u>Rf</u> (257)	<u>Db</u> (262)	<u>Sg</u> (266)	<u>Bh</u> (264)	<u>Hs</u> (269)	<u>Mt</u> (268)	<u>Ds</u> (271)	<u>Rg</u> (272)																



# ตารางธาตุ



สำหรับการแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ 2

ตัวเลขในวงเล็บคือมวลอะตอมของไอโซโทปที่เสถียรมากที่สุด

**โจทย์ข้อที่ 1 (6.0 คะแนน)**

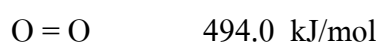
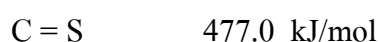
กำหนดให้ที่ 298 K 1 atm การเผาไหม้ของ C(s) และ S(s) คายความร้อนดังนี้



กำหนดเอนโทรปีสัมบูรณ์ที่สภาวะมาตรฐาน ( $S^\circ$ ) ที่ 298 K 1 atm ดังนี้

สาร	$S^\circ$ (J/K·mol)
C(s)	5.7
S(s)	31.9
CS <sub>2</sub> (g)	237.8

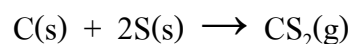
กำหนดพลังงานพันธะต่าง ๆ ที่ 298 K 1 atm ดังนี้



และพลังงานพันธะเฉลี่ยของ S กับ O ใน SO<sub>2</sub> = 516.0 kJ/mol

1.1 (2.0 คะแนน) จงคำนวณความร้อนของปฏิกิริยาการเผาไหม้ของ CS<sub>2</sub>(g) 1 mol ที่ 298 K 1 atm เมื่อผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้คือ CO<sub>2</sub>(g) และ SO<sub>2</sub>(g)

1.2 (2.0 คะแนน) จงคำนวณความร้อนของการเกิดสารประกอบต่อโมลของ CS<sub>2</sub>(g) ที่ 298 K 1 atm ตามสมการ



1.3 (2.0 คะแนน) จากความสัมพันธ์ของสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ระหว่างพลังงานเสรี ( $\Delta G$ ) เอนโทรปี ( $\Delta S$ ) และความร้อน ( $\Delta H$ ) ของปฏิกิริยา จงคำนวณพลังงานเสรีมาตรฐานของการเกิดสารประกอบต่อโมลของ CS<sub>2</sub>(g) ที่ 298 K 1 atm

**โจทย์ข้อที่ 2 (6.0 คะแนน)**

กำหนดให้  $R = 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{K}\cdot\text{mol} = 8.314 \text{ J}/\text{K}\cdot\text{mol}$

- 2.1 (2.0 คะแนน) ลูกโป่งใบหนึ่งบรรจุแก๊ส A จนมีปริมาตรเป็น  $\frac{4}{5}$  ของปริมาตรสูงสุดที่ 300 K วัดความดันได้ 760 mmHg ถ้าปล่อยให้ลูกโป่งใบนี้ลอยขึ้นไปตามแนวดิ่งในบริเวณที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ จะลอยขึ้นไปสูงเท่าใดจึงจะแตกพอดี สมมติว่าความดันลดลง 20.0 mmHg ทุก ๆ ระยะ 80.0 m ที่สูงขึ้น
- 2.2 (2.0 คะแนน) ถ้านำแก๊ส A นี้มาใหม่อีกจำนวนหนึ่ง บรรจุในกระบอกสูบที่ปรับขนาดได้ที่ 300 K 760 mmHg ปรากฏว่าวัดค่าความหนาแน่นได้ 2.86 g/L เมื่อปรับปริมาตรของกระบอกสูบให้ลดลงและเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 K ปรากฏว่าวัดความดันได้ 400 mmHg จะได้ค่าความหนาแน่นใหม่เป็นกี่ g/L
- 2.3 (2.0 คะแนน) ถ้านำแก๊ส A นี้ไปหาอัตราการแพร่ในมาตรวัดเทียบกับแก๊ส  $\text{H}_2$  ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊ส  $\text{H}_2$  จะแพร่ได้เร็วกว่าแก๊ส A กี่เท่า

**โจทย์ข้อที่ 3 (5.0 คะแนน)**

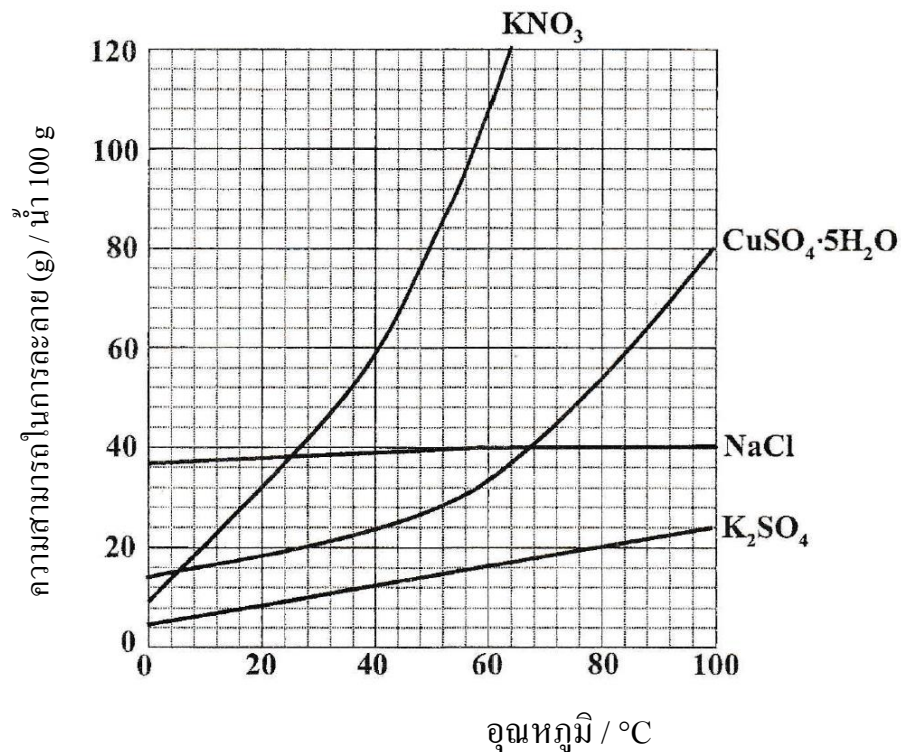
พิจารณาไอออนของธาตุแทรนซิชันแถวที่ 1 ไอออนใดที่มีสมบัติพาราแมกเนติก (paramagnetic) สูงสุด และไอออนใดที่มีสมบัติพาราแมกเนติกต่ำสุด จงอธิบาย พร้อมแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอน (electron configuration)

**โจทย์ข้อที่ 4 (2.0 คะแนน)**

โดยปกติความดันออสโมติกของเลือดที่ 37 °C เท่ากับ 7.65 atm ให้หาความเข้มข้นของกลูโคสเป็น g/L ที่ฉีดเข้าภายในเส้นโลหิตดำเพื่อทำให้มีความดันออสโมติกเท่ากับในเลือด

### โจทย์ข้อที่ 5 (3.0 คะแนน)

กำหนดกราฟที่แสดงความสามารถในการละลายของสารต่าง ๆ ให้ดังในรูป



- 5.1 (0.5 คะแนน) จงหามวลของ  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ที่ละลายในน้ำ 100 g ที่  $100^\circ\text{C}$
- 5.2 (0.5 คะแนน) ถ้าลดอุณหภูมิลงจาก  $100^\circ\text{C}$  ไปเป็น  $50^\circ\text{C}$  จะเกิดผลึกของแข็งของ  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ปริมาณกี่กรัม
- 5.3 (1.0 คะแนน) ให้หาความสามารถในการละลายที่  $60^\circ\text{C}$  ของ  $\text{KNO}_3$  และ  $\text{NaCl}$
- 5.4 (1.0 คะแนน) ถ้าทำน้ำ 100 g ให้อิ่มตัวด้วย  $\text{KNO}_3$  และ  $\text{NaCl}$  ที่  $60^\circ\text{C}$  แล้วทำให้เย็นลงจาก  $60^\circ\text{C}$  ไปเป็น  $20^\circ\text{C}$  จะเกิดผลึกของแข็งปริมาณอย่างละกี่กรัม

**โจทย์ข้อที่ 6 (7.0 คะแนน)**

X Y และ Z เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเพิ่มขึ้นทีละ 1 ตามลำดับ โดยที่เลขอะตอมของธาตุทั้งสามมีค่าน้อยกว่า 30 ธาตุทั้งสามสามารถเกิดเป็นกรดออกโซ (oxoacid) ได้ โดยกรดออกโซของ X ถือเป็นกรดไดเบสิก (dibasic) ในน้ำ

- 6.1 (1.5 คะแนน) ธาตุ X Y และ Z คือธาตุใด
- 6.2 (0.5 คะแนน) เรียงลำดับธาตุทั้งสามตามค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 จากน้อยไปมาก
- 6.3 (1.0 คะแนน) โครงสร้างของสารโมเลกุล YZ<sub>4</sub> คือแบบใด วาดรูปแสดงสูตรแบบจุด
- 6.4 (1.0 คะแนน) จงวาดรูปโครงสร้างของสารประกอบระหว่าง X และ Z ทั้งชนิดมีขั้วและชนิดไม่มีขั้ว
- 6.5 (1.0 คะแนน) ระบุสูตรและชื่อของกรดออกโซของ Z ที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นภาษาอังกฤษ
- 6.6 (1.0 คะแนน) กรดออกโซที่มีจำนวนออกซิเจนเท่ากันของธาตุใดมีความเป็นกรดน้อยที่สุด เพราะเหตุใด

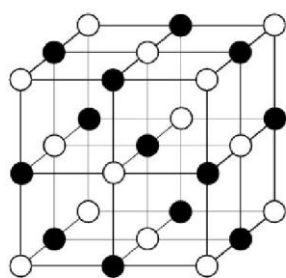
**โจทย์ข้อที่ 7 (3.0 คะแนน)**

สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กหลายชนิดใช้เป็นสีย้อมและหมึกพิมพ์ เช่น Turnbull's blue มีสีน้ำเงิน Berlin green สีเขียว Prussian blue สีน้ำเงินเข้ม เป็นต้น ถ้าสูตรอย่างง่ายของ Prussian blue ที่ละลายน้ำได้ คือ  $\text{KFe}_2\text{C}_6\text{N}_6$  และโลหะอะตอมกลางในสารประกอบเชิงซ้อนเป็นไดอะแมกเนติก (diamagnetic)

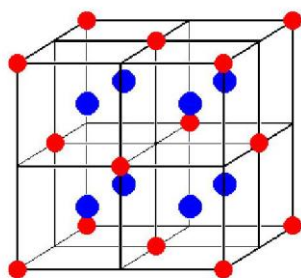
- 7.1 (1.0 คะแนน) จงเขียนสูตรของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น
- 7.2 (1.0 คะแนน) จงเขียนชื่อของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นเป็นภาษาอังกฤษ
- 7.3 (1.0 คะแนน) เลขออกซิเดชันและเลขโคออร์ดิเนชันของโลหะอะตอมกลางมีค่าเท่าใด

### โจทย์ข้อที่ 8 (2.5 คะแนน)

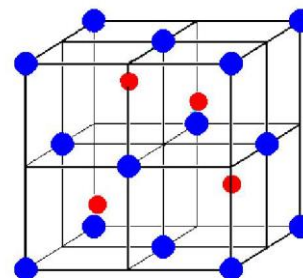
ผลึกของเกลือไอออนิกมีการจัดเรียงตัวของไอออนบวกและไอออนลบในโครงสร้างผลึกที่แน่นอน อาทิ โครงสร้างแบบร็อกซอลต์ (rock salt) แบบฟลูออไรต์ (fluorite) แบบแอนติฟลูออไรต์ (antifluorite) หรือแบบซิงค์เบลนด์ (zinc blende) ดังแสดงในรูป



Rock salt



Fluorite &amp; antifluorite



Zinc blende

- 8.1 (0.5 คะแนน) NaCl มีการจัดเรียงตัวด้วยโครงสร้างแบบใด
- 8.2 (1.0 คะแนน) เลขโคออร์ดิเนชันของไอออนบวกและไอออนลบของ NaCl มีค่าเท่าใด
- 8.3 (1.0 คะแนน) จงระบุจำนวนหน่วยสูตรในเซลล์หน่วย (unit cell) ของ NaCl

### โจทย์ข้อที่ 9 (3.5 คะแนน)

เอทิลีนไดอะมีนเตตระแอสिटิกแอซิด (ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA หรือ  $H_4Y$ ) เป็นลิแกนด์ชนิดพอลิเดนเตตที่จับกับโลหะได้ดี เมื่อนำมาเติมในเลือดสามารถป้องกันการแข็งตัวของเลือดได้ นอกจากนั้น เกลือของ EDTA ยังใช้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันหลายชนิด โดยชนิดของเกลือที่ใช้ขึ้นกับการใช้งานของผลิตภัณฑ์

- 9.1 (1.0 คะแนน) การเติมเกลือของ EDTA ลงในน้ำสลัด สามารถช่วยป้องกันการออกซิไดส์หรือการบูดเน่าของน้ำสลัดได้ เพราะ EDTA จะจับโลหะที่อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวไว้ในการผลิตอาหาร เกลือ  $CaNa_2Y$  เหมาะที่จะเป็นสารกันเสียมากกว่า  $Na_4Y$  เพราะเหตุใด
- 9.2 (1.5 คะแนน) ระหว่าง  $Na_4Y$  และ  $CaNa_2Y$  ควรเลือกใช้สารใดเติมลงในแฮมพู เพราะเหตุใด
- 9.3 (1.0 คะแนน) ตำแหน่งที่เกิดอันตรกิริยา (interaction) ของ  $Y^{4-}$  กับโลหะมีกี่ตำแหน่งและอยู่ที่ตำแหน่งใดบ้าง



**โจทย์ข้อที่ 10 (15 คะแนน)**

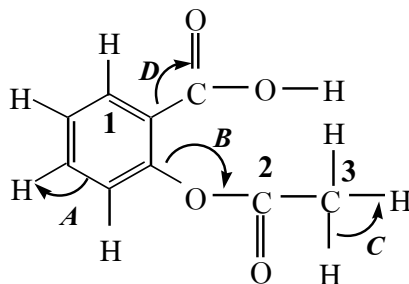
กระบวนการฮาเบอร์เป็นกระบวนการที่ใช้ผลิตแอมโมเนียจากไนโตรเจนและไฮโดรเจน ถ้าใส่ไนโตรเจนจำนวน 0.030 mol และไฮโดรเจนจำนวน 0.080 mol ลงในภาชนะขนาด 2 L ที่อุณหภูมิห้อง เกิดเป็นแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นเท่ากับ ความเข้มข้นของแอมโมเนียในสารละลายที่มี pH 10.84 ค่าเอนทัลปีของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่ากับ  $-47 \text{ kJ/mol}$

- 10.1 (0.5 คะแนน) จงเขียนสมการการเตรียมแอมโมเนียโดยดุลให้เป็นเลขจำนวนเต็มอย่างต่ำ
- 10.2 (4.0 คะแนน) ความเข้มข้นที่สมดุลของแก๊สทุกชนิดมีค่าเท่ากับเท่าใด กำหนดให้  $K_c$  ของแอมโมเนียเท่ากับ  $1.84 \times 10^{-5}$  (ตอบทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
- 10.3 (1.0 คะแนน) จงคำนวณค่าคงที่สมดุล  $K_c$  ของปฏิกิริยานี้
- 10.4 (1.5 คะแนน) หลังจากสมดุล ถ้าอัดภาชนะให้เล็กลง ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่สมดุลใหม่จะเปลี่ยนไปอย่างไร เพราะเหตุใด
- 10.5 (4.0 คะแนน) หลังจากสมดุล ถ้าเปลี่ยนไปทำปฏิกิริยาที่  $50^\circ\text{C}$  ค่า  $K_c$  จะเปลี่ยนไปอย่างไร เพราะเหตุใด และค่า  $K_p$  จะเปลี่ยนไปอย่างไร
- 10.6 (3.5 คะแนน) จงคำนวณค่า  $\Delta G$  และ  $\Delta S$  ของปฏิกิริยานี้
- 10.7 (2.0 คะแนน) ถ้าในการทำปฏิกิริยาครั้งหนึ่ง พบว่า อัตราเร็วของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ  $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$  อัตราการลดลงของสารตั้งต้นทั้ง 2 ชนิดมีค่าเท่ากับเท่าใด
- 10.8 (1.5 คะแนน) ถ้าความเข้มข้นของไฮโดรเจนลดลงครึ่งหนึ่งโดยที่ปัจจัยอื่น ๆ คงที่ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงกี่เท่า  
อัตราเร็วของปฏิกิริยาเป็นอันดับ 1 เทียบกับไนโตรเจน  
อัตราเร็วของปฏิกิริยาเป็นอันดับ 3 เทียบกับไฮโดรเจน

**โจทย์ข้อที่ 11 (13.5 คะแนน)**

แอสไพรินใช้เป็นยาแก้ปวดและลดไข้ที่ได้ผลดีมาก สามารถใช้ป้องกันโรคหัวใจและการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด นอกจากนี้ยังสามารถใช้แอสไพรินรักษาโรคมะเร็งได้อีกด้วย

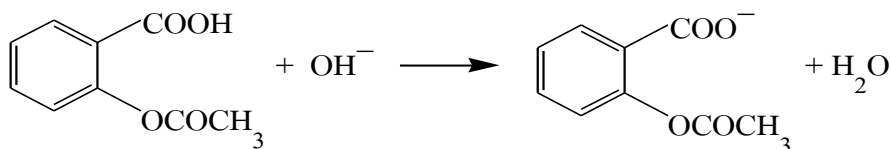
แอสไพรินเป็นกรดอินทรีย์ มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสซิทิลซาลิซิลิก (acetylsalicylic acid,  $C_9H_8O_4$ ) ซึ่งมี  $K_a = 3.27 \times 10^{-4}$  มีสูตรโครงสร้างดังนี้



- 11.1 (0.75 คะแนน) มีพันธะ  $\pi$  และพันธะ  $\sigma$  ชนิดละกี่พันธะในโมเลกุลของแอสไพริน
- 11.2 (0.75 คะแนน) คาร์บอนอะตอม 1, 2 และ 3 ใช้ไฮบริดออร์บิทัล (hybrid orbital) ชนิดใด
- 11.3 (1.0 คะแนน) มุมพันธะ A, B, C และ D มีค่าประมาณเท่าไร
- 11.4 (3.5 คะแนน) ถ้ามียาแก้ปวด 1 เม็ด ซึ่งประกอบด้วยแอสไพรินเม็ดละ 325 mg ผสมอยู่กับ “ตัวยัด (binder)” ซึ่งเป็นสารที่เป็นกลางเพื่อทำให้เป็นเม็ดยาได้ เมื่อนำมาละลายในน้ำหนึ่งแก้วซึ่งมีปริมาตร 225 mL สารละลายจะมี pH เท่าไร
- 11.5 (1.5 คะแนน) แอสไพรินที่หมดอายุจะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว จงเขียนสมการเคมีและระบุชนิดของปฏิกิริยาที่เป็นสาเหตุให้แอสไพรินหมดอายุ

**โจทย์ข้อที่ 11 (ต่อ)**

แอสไพรินทำปฏิกิริยากับสารละลายเบส ดังสมการ



ดังนั้นจึงสามารถหาปริมาณของแอสไพรินได้โดยการไทเทรตโดยตรงด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH โดยใช้อินดิเคเตอร์กรด-เบสบอกจุดยุติของการไทเทรต

กำหนดช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH ที่เปลี่ยนสี	สีที่เปลี่ยน
เมทิลออเรนจ์	3.1 – 4.4	แดง – เหลือง
เมทิลเรด	4.4 – 6.2	แดง – เหลือง
บรอมไทมอลบลู	6.0 – 7.6	เหลือง – น้ำเงิน
ฟีนอล์ฟทาลีน	8.3 – 10.0	ไม่มีสี – แดง

11.6 (3.5 คะแนน) ในการไทเทรตสารละลายแอสไพรินเข้มข้น 0.10 mol/L ปริมาตร 25.00 mL ด้วยสารละลาย NaOH 0.10 mol/L

ก. ที่จุดสมมูล สารละลายมี pH เท่าไร

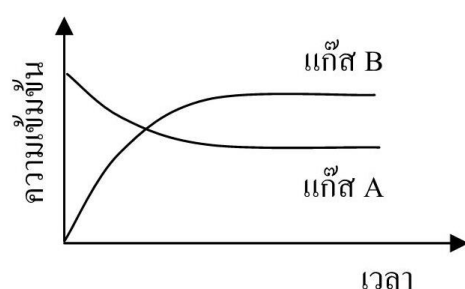
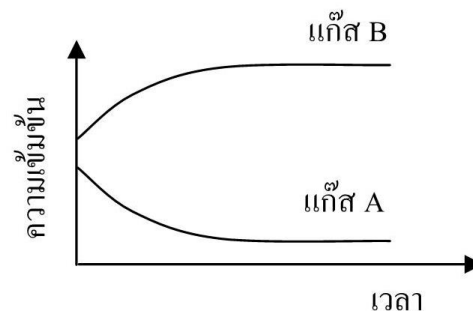
ข. อินดิเคเตอร์ชนิดใดเป็นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตนี้

ค. ที่จุดยุติ สีของสารละลายเปลี่ยนแปลงอย่างไร

11.7 (2.5 คะแนน) เมื่อนำยาแอสไพรินตัวอย่าง 1 เม็ดหนัก 0.450 g มาละลายในน้ำ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.10 mol/L พบว่า ต้องใช้สารละลาย NaOH ปริมาตร 23.50 mL จึงจะถึงจุดยุติ ยาแอสไพรินตัวอย่างมีความบริสุทธิ์ร้อยละเท่าไรโดยน้ำหนัก

**โจทย์ข้อที่ 12 (6.0 คะแนน)**

พิจารณาผลการทดลองที่อุณหภูมิเดียวกันต่อไปนี้

**การทดลองที่ 1****การทดลองที่ 2**

	การทดลองที่ 1		การทดลองที่ 2	
	ความเข้มข้น ที่จุดเริ่มต้น (mol/L)	ความเข้มข้น ที่สภาวะสมดุล (mol/L)	ความเข้มข้น ที่จุดเริ่มต้น (mol/L)	ความเข้มข้น ที่สภาวะสมดุล (mol/L)
แก๊ส A	X	0.002	0.100	0.050
แก๊ส B	0	0.100	Y	0.500

12.1 (1.0 คะแนน) จงเขียนสมการแสดงสมดุลระหว่างแก๊ส A และ B

12.2 (3.0 คะแนน) จงหาค่าของ X และ Y (ตอบในรูปทศนิยม 3 ตำแหน่ง)

12.3 (1.0 คะแนน) ที่สภาวะหนึ่งมีความเข้มข้นของ A และ B เป็น  $2.50 \times 10^{-2}$  และ  $1.50 \times 10^{-1}$  mol/L ตามลำดับ ระบบจะปรับตัวในทิศทางใดเพื่อเข้าสู่สมดุลใหม่ เพราะเหตุใด

12.4 (1.0 คะแนน) จากการทดลองในภาชนะที่มีปริมาตรคงที่พบว่า ที่อุณหภูมิสูง สีของแก๊สในภาชนะจะเป็นสีแดงเข้ม แสดงว่า ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคูดหรือคายความร้อน จงอธิบาย กำหนดให้แก๊ส A ไม่มีสี และแก๊ส B มีสีแดง

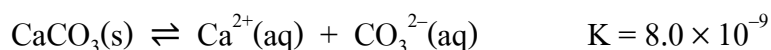
**โจทย์ข้อที่ 13 (8.0 คะแนน)**

ปริมาณไอออนบางชนิดในลำน้ำแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นแสดงไว้ดังนี้

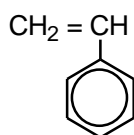
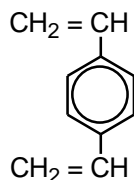
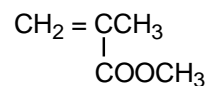
ไอออน	ปริมาณ (mol/L)
$\text{Ag}^+$	$1.0 \times 10^{-5}$
$\text{Ca}^{2+}$	$2.0 \times 10^{-4}$
$\text{Mg}^{2+}$	$5.0 \times 10^{-3}$
$\text{CO}_3^{2-}$	$1.0 \times 10^{-5}$

13.1 (4.0 คะแนน) หากนำน้ำจากลำน้ำแห่งนี้ 1 ลิตร มาต้มจนเดือด นักเรียนจะพบตะกอนชนิดใดเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในภาชนะ และน้ำจะระเหยไปแล้วอย่างน้อยกี่เปอร์เซ็นต์จึงจะพบตะกอนชนิดนั้น กำหนดว่า ความร้อนไม่มีผลต่อการสลายตัวของไอออน

กำหนดค่าคงที่สมดุลของตะกอนสามชนิดที่อุณหภูมิน้ำเดือด



13.2 (1.5 คะแนน) วัสดุที่ใช้ในการกรองน้ำเป็นโคพอลิเมอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของ styrene, divinylbenzene และ methyl methacrylate ในอัตราส่วน 80, 10 และ 10 โดยมวล ตามลำดับ นำโคพอลิเมอร์ที่ได้ไปทำปฏิกิริยาต่อไปกับ NaOH เพื่อให้ได้โคพอลิเมอร์ชนิดใหม่ (polyA) จงแสดงโครงสร้างของ polyA

StyreneDivinylbenzeneMethyl methacrylate

**โจทย์ข้อที่ 13 (ต่อ)**

13.3 (1.0 คะแนน) จงระบุสมบัติของ poly(styrene-co-divinylbenzene-co-methyl methacrylate)

ก. พอลิเมอร์มีโครงสร้างแบบใด

☐ เส้น☐ กิ่ง☐ ร่างแห

ข. จัดเป็นพลาสติกแบบใด

☐ เทอร์มอพลาสติก รีไซเคิลได้☐ เทอร์มอเซต รีไซเคิลได้☐ เทอร์มอพลาสติก รีไซเคิลไม่ได้☐ เทอร์มอเซต รีไซเคิลไม่ได้

13.4 (0.5 คะแนน) วัสดุที่ทำจาก polyA บริสุทธิ์จะมีสมบัติในข้อใด

☐ โปร่งแสง เปราะเหมือนแก้วน้ำที่ทำจาก silica☐ โปร่งแสง ทนทานเหมือนแผ่นหลังคาใสที่ทำจาก polycarbonate☐ ทึบแสง เหนียวเหมือนพื้นรองเท้าที่ทำจาก polyurethane☐ ทึบแสง แข็งเหมือนจานที่ทำจาก melamine

13.5 (1.0 คะแนน) นำน้ำจากลำน้ำที่มีไอออนดังตารางมาผ่าน polyA ไอออนตัวใดที่ถูกจับไว้ และไอออนตัวใดที่ถูกปล่อยออกมา

**โจทย์ข้อที่ 14 (12.5 คะแนน)**

นำผลึกของแข็งสีขาวชนิดหนึ่งมาทดลอง และมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

- ก. ให้เปลวไฟสีเหลืองสดเมื่อเผาด้วยตะเกียงเบนเซน
- ข. เมื่อละลายของแข็งในน้ำ ได้สารละลายเป็นกลาง และเมื่อนำมาเติมสารละลายกรดซัลฟิวรัส (สารละลายของ  $\text{SO}_2$  ในน้ำ) จะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม แต่สีจะจางหายไปเมื่อเติมสารละลายกรดซัลฟิวรัสมากเกินไป
- ค. นำสารละลายที่ได้ในข้อ ข. มาเติมสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ทำให้เป็นกรดด้วย  $\text{HNO}_3$  เกิดตะกอนสีเหลืองที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนีย แต่ละลายได้ดีในสารละลายที่มี  $\text{CN}^-$  หรือ  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
- ง. นำสารละลายของสารนี้ มาเติม  $\text{KI}$  และกรดซัลฟิวริกเจือจาง จะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้มที่สีจะจางหายไปเมื่อเติมกรดซัลฟิวรัสหรือสารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- จ. นำสารนี้ 0.1000 g มาละลายน้ำ เติม  $\text{KI}$  0.5 g และกรดซัลฟิวริกเจือจาง 2-3 mL ได้สารละลายสีน้ำตาล เมื่อนำไปไทเทรตกับสารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  เข้มข้น 0.1000 mol/L จนเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จะใช้  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ไป 37.40 mL

14.1 (1.0 คะแนน) ของแข็งตัวอย่างนี้ประกอบด้วยธาตุใดบ้าง

14.2 (1.5 คะแนน) จากผลการทดลองข้อ ข, ค และ ง จงเขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด พร้อมทั้งคำนวณมวลโมเลกุลของสารเหล่านั้นด้วย

14.3 (7.0 คะแนน) เขียนสมการไอออนิกที่เกิดขึ้นในผลการทดลองข้อ ข, ค และ ง พร้อมดุลสมการ โดยใช้สารประกอบที่คิดว่าจะเป็นในข้อ 14.2

14.4 (3.0 คะแนน) จากผลการทดลองข้อ จ จงตอบว่าผลึกของแข็งสีขาวนั้นคือสารใด แสดงวิธีคิดสำหรับสารประกอบที่เป็นไปได้ในข้อ 14.2 ทุกชนิด

**โจทย์ข้อที่ 15 (9.0 คะแนน)**

สารมลพิษในน้ำเสียจำเป็นต้องกำจัดออกเพื่อให้มีสภาพที่ดีขึ้นก่อนที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำอื่น ๆ “โลหะหนัก” เช่นปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม อาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่สามารถสะสมในวงจรอาหาร ซึ่งถ้ามีปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

โครเมียมที่พบในสิ่งแวดล้อมเป็นไปได้ทั้ง Cr(III) และ Cr(VI) โดย Cr(III) ปริมาณที่เหมาะสมมีความจำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ แต่ Cr(VI) จะเป็นสารก่อมะเร็ง ทั้งนี้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำได้กำหนดปริมาณ Cr(III) และ Cr(VI) ไว้ไม่เกิน 0.75 และ 0.25 mg/L ตามลำดับ

ถ้าน้ำเสียที่ยังไม่ได้มีการบำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งซึ่งมีไดโครเมต (dichromate,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) และโครเมียม(III)ไอออน ( $\text{Cr}^{3+}$ ) เป็นองค์ประกอบหลัก มาวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมโดยทดลองเป็น 2 แบบดังนี้

**แบบที่ 1** นำน้ำเสียปริมาตร 100.00 mL มาไทเทรตกับสารละลาย  $\text{FeSO}_4$  เข้มข้น 0.0165 mol/L พบว่า ที่จุดยุติใช้สารละลาย  $\text{FeSO}_4$  ปริมาตร 7.40 mL

**แบบที่ 2** นำน้ำเสียปริมาตร 100.00 mL มาเติม  $\text{H}_2\text{O}_2$  มากเกินพอ หลังจากนั้นต้มสารละลายเพื่อกำจัด  $\text{H}_2\text{O}_2$  ที่เหลือ ปล่อยให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วไทเทรตกับสารละลาย  $\text{FeSO}_4$  เข้มข้น 0.0165 mol/L เช่นเดียวกับการทดลองแบบที่ 1 พบว่า ที่จุดยุติใช้สารละลาย  $\text{FeSO}_4$  ปริมาตร 7.80 mL

ข้อมูลเพิ่มเติม กำหนดศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานที่ 25 °C ดังนี้

ปฏิกิริยา	$E^\circ$ (Volts)
$\text{Cr}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0.408
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 e^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$	+1.33
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0.771
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	+1.776
$\text{X}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{X}^-$	+0.195

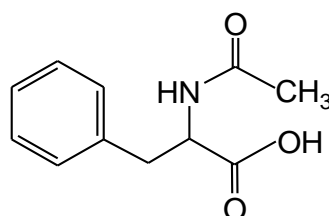


**โจทย์ข้อที่ 15 (ต่อ)**

- 15.1 (1.0 คะแนน) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการไทเทรต
- 15.2 (2.0 คะแนน) ปริมาณ Cr(VI) ในน้ำเสียตัวอย่างเป็นเท่าใด ตอบในหน่วย mg Cr/L
- 15.3 (1.5 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน และรีดอกซ์ของปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{H}_2\text{O}_2$  กับโครเมียม
- 15.4 (2.75 คะแนน) ปริมาณ Cr(III) มีค่าเท่าใด และค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำหรือไม่
- 15.5 (1.75 คะแนน) ถ้าในน้ำเสียตัวอย่างมีไอออน  $\text{X}^-$  ปนอยู่ในปริมาณ 1000 ppm
- ก. (0.5 คะแนน) ไอออน  $\text{X}^-$  จะทำปฏิกิริยากับไดโครเมตและโครเมียม(III)ไอออนหรือไม่ ถ้าทำปฏิกิริยา ทำกับสารใด
- ข. (1.25 คะแนน) ไอออน  $\text{X}^-$  จะทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมในน้ำเสีย เพิ่มขึ้น ลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับเมื่อไม่มีไอออน  $\text{X}^-$  เพราะเหตุใด

**โจทย์ข้อที่ 16 (6.5 คะแนน)**

การแยกอีแนนซีโอเมอร์ของกรดอะมิโนแบบราซิมิกสามารถทำได้โดยการไฮโดรไลส์เอ็น-อะเซทิลอะมิโนแอซิดซึ่งเร่งด้วยเอนไซม์เอซิลเลส โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะเลือกไฮโดรไลส์อีแนนซีโอเมอร์หนึ่งของอนุพันธ์เอ็น-อะเซทิลของกรดอะมิโนมากกว่าอีแนนซีโอเมอร์หนึ่ง



เอ็น-อะเซทิลฟีนิลอะลานีน (ไม่ได้แสดงสเตอริโอเคมี)

- 16.1 (1.5 คะแนน) เขียนสมการแสดงการไฮโดรไลส์ของเอ็น-อะเซทิลฟีนิลอะลานีนที่เร่งด้วยเอนไซม์เอซิลเลส โดยแสดงโครงสร้างและสเตอริโอเคมีของอีแนนซีโอเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาให้ชัดเจน
- 16.2 (2.0 คะแนน) หากเริ่มต้นจากราซิมิก เอ็น-อะเซทิลฟีนิลอะลานีน 5.20 กรัม จะสามารถแยกฟีนิลอะลานีนที่เป็นอีแนนซีโอเมอร์เดียวออกมาได้มากที่สุดกี่กรัมตามทฤษฎี
- 16.3 (2.0 คะแนน) สารละลายฟีนิลอะลานีนที่แยกได้ในข้อ 16.2 ในน้ำมีค่า  $[\alpha]_D^{20} = -32.0$  ( $c = 1$ ) หาก (–)-ฟีนิลอะลานีนที่เป็นอีแนนซีโอเมอร์บริสุทธิ์มีค่า  $[\alpha]_D^{20} = -34.0$  ( $c = 1$ ) ภายใต้ภาวะเดียวกัน จงคำนวณอัตราส่วนของ (–) และ (+) อีแนนซีโอเมอร์ในฟีนิลอะลานีนที่แยกได้ (กำหนดให้ค่า  $[\alpha]_D^{20}$  ของของผสมเป็นผลรวมของผลคูณของเศษส่วนโมลกับค่า  $[\alpha]_D$  ของแต่ละองค์ประกอบในสารละลาย)
- 16.4 (1.0 คะแนน) จงเสนอวิธีการอื่นในการแยกคู่อีแนนซีโอเมอร์ของเอ็น-อะเซทิลฟีนิลอะลานีนออกจากกัน โดยไม่ใช่เอนไซม์

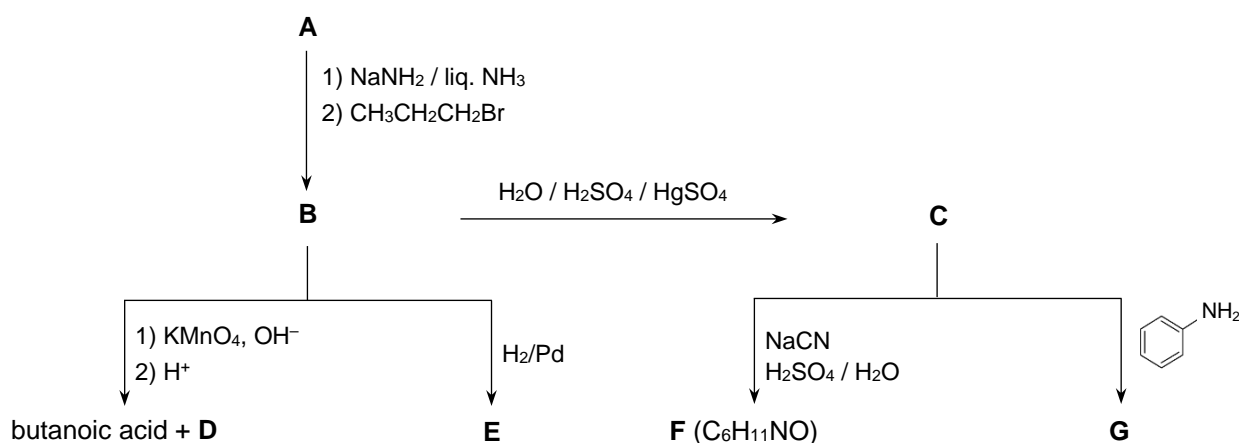
**โจทย์ข้อที่ 17 (11.5 คะแนน)**

ที่อุณหภูมิห้อง **A** เป็นแก๊สชนิดหนึ่ง เมื่อให้แก๊ส **A** ทำปฏิกิริยากับ  $\text{NaNH}_2$  ในแอมโมเนียเหลว ตามด้วยปฏิกิริยากับ 1-bromopropane จะเกิดสารประกอบ **B**

เมื่อให้ **B** ทำปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HgSO}_4$  แล้วจะได้สารประกอบ **C** เป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้น เมื่อให้สารประกอบ **B** ทำปฏิกิริยากับ  $\text{KMnO}_4$  ในสภาวะเบส หลังจากนั้นปรับสภาพให้เป็นกรด จะให้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ butanoic acid และสารประกอบ **D** ซึ่ง **D** เป็นสารที่เมื่อหยดลงในสารละลาย aq.  $\text{NaHCO}_3$  จะทำปฏิกิริยาเกิดฟองแก๊สเห็นได้ชัดเจน และหากให้ **B** ทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนภายใต้ความดันสูง โดยมีโลหะ Pd อยู่ด้วย จะให้ผลิตภัณฑ์เป็น **E** ซึ่งสามารถฟอกจางสีสารละลาย  $\text{Br}_2/\text{CHCl}_3$  ได้เมื่อเขย่านาน ๆ ในห้องที่มีแสงสว่าง

**C** เป็นสารประกอบที่ให้ตะกอนสีเหลืองส้มเมื่อหยดสารละลายของ **C** ลงในสารละลาย 2,4-dinitrophenylhydrazine นอกจากนั้นเมื่อหยดสารละลาย  $\text{I}_2/\text{NaOH}$  ลงในสารละลายของ **C** จะเห็นตะกอนสีเหลืองอ่อน

เมื่อให้ **C** ทำปฏิกิริยากับ  $\text{NaCN}$  จะได้ **F** (สูตรโมเลกุล  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ ) เป็นผลิตภัณฑ์ และหากให้ **C** ทำปฏิกิริยากับ aniline จะได้ **G** เป็นผลิตภัณฑ์ และ **G** มีองค์ประกอบของธาตุเป็นคาร์บอน 81.99 % ไฮโดรเจน 9.32 % ที่เหลือเป็นไนโตรเจน



17.1 (9 คะแนน) เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อ IUPAC ของสารประกอบ **A**, **B**, **C**, **D**, **E** และ **F**

17.2 (2.5 คะแนน) เขียนสูตรโมเลกุลและโครงสร้างของไอโซเมอร์แบบเรขาคณิต (geometric isomer) ที่เป็นไปได้ของสารประกอบ **G**