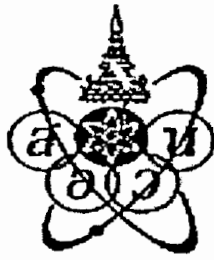


รหัสเลขที่นั่งสอบ..... KKU 2/2



การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ 3  
ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
วันพุธที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2550  
เวลา 08:00 - 13:00 น.

ข้อสอบภาคทฤษฎี

## คำชี้แจงการสอบภาคทฤษฎี

1. ข้อสอบมีจำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วยกระดาษคำถาม 17 หน้า (ไม่รวมปก) และกระดาษคำตอบ 19 หน้า (ไม่รวมปก) คะแนนรวมทั้งหมด 120 คะแนน คิดเป็น 60% เวลาสอบ 08:00-13:00 น. (5 ชั่วโมง)
2. ให้ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ” เมื่อประกาศว่า “หมดเวลา” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที และรวบรวมกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบวางไว้บนโต๊ะก่อนออกจากห้องสอบ
3. ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบด้วยปากกาสีน้ำเงินหรือดำเท่านั้น และเขียนให้ตรงกับข้อและเขียนในกรอบที่กำหนดให้ กรณีเขียนผิดให้ขีดฆ่าและเขียนใหม่ให้ชัดเจน ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด การทศหรือขีดเขียนอื่นใดให้ทำในกระดาษคำถามเท่านั้น
4. โจทย์ค่า: ระบุให้แสดงวิธีทำตามที่โจทย์กำหนด กรณีคำตอบที่เป็นตัวเลข ต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
5. ห้ามยืมเครื่องเขียน เครื่องคิดเลข ผู้อื่นใช้โดยเด็ดขาด
6. ห้ามนักเรียนนำเอกสารใดๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
7. ไประหว่างการสอบ นักเรียนสามารถรับประทานอาหารว่างที่วางไว้ให้บนโต๊ะได้
8. ห้ามคุยหรือปรึกษากันในช่วงเวลาสอบ หากฝ่าฝืนจะถือว่าทุจริตในการสอบ กรณีทุจริตใดๆ ก็ตาม นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขันและจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

### ข้อมูลที่กำหนดให้

1 atm	=	760 mm Hg
0.0 °C	=	273.2 K
1 calorie	=	4.18 Joules
1 Faraday	=	96,500 Coulombs mol <sup>-1</sup> (J V <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )
ค่าคงที่ของแก๊ส, R	=	0.08206 dm <sup>3</sup> atm mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> = 8.314 J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>

Nernst's Equation : 
$$E = E^\circ - 2.303 \frac{RT}{nF} \log Q$$

# ตารางธาตุ

VIIIA

		IA		IIA		Transition Elements										VIIIA		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		1 H hydrogen						IIB		IB		VIIIB		IIB		3A		4A		5A		6A		7A		8A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	6.9	Li	beryllium	4	9.0	Be	beryllium	11	23.0	Na	sodium	12	24.3	Mg	magnesium	13	27.0	Al	aluminum	14	28.1	Si	silicon	15	31.0	P	phosphorus	16	32.1	S	sulfur	17	35.5	Cl	chlorine	18	39.9	Ar	argon	19	39.1	K	potassium	20	40.1	Ca	calcium	21	45.0	Sc	scandium	22	47.9	Ti	titanium	23	50.9	V	vanadium	24	52.0	Cr	chromium	25	54.9	Mn	manganese	26	55.8	Fe	iron	27	58.9	Co	cobalt	28	58.7	Ni	nickel	29	63.5	Cu	copper	30	65.4	Zn	zinc	31	69.7	Ga	gallium	32	72.6	Ge	germanium	33	74.9	As	arsenic	34	79.0	Se	selenium	35	79.9	Br	bromine	36	83.8	Kr	krypton	37	85.5	Rb	rubidium	38	87.6	Sr	strontium	39	88.9	Y	yttrium	40	91.2	Zr	zirconium	41	92.9	Nb	niobium	42	95.9	Mo	molybdenum	43	98.9	Tc	technetium	44	101.1	Ru	ruthenium	45	102.9	Rh	rhodium	46	106.4	Pd	palladium	47	107.9	Ag	silver	48	112.4	Cd	cadmium	49	114.8	In	indium	50	118.7	Sn	tin	51	121.8	Sb	antimony	52	127.6	Te	tellurium	53	126.9	I	iodine	54	131.3	Xe	xenon	55	132.9	Cs	cesium	56	137.3	Ba	barium	57	138.9	La	lanthanum	58	140.1	Ce	cerium	59	140.9	Pr	praseodymium	60	144.2	Nd	neodymium	61	145	Pm	promethium	62	150.0	Sm	samarium	63	152.0	Eu	europium	64	157.3	Gd	gadolinium	65	158.9	Tb	terbium	66	162.5	Dy	dysprosium	67	164.9	Ho	holmium	68	167.3	Er	erbium	69	168.9	Tm	thulium	70	173.0	Yb	ytterbium	71	175.0	Lu	lutetium	72	178.5	Hf	hafnium	73	180.9	Ta	tantalum	74	183.9	W	tungsten	75	186.2	Re	rhenium	76	190.2	Os	osmium	77	192.2	Ir	iridium	78	195.1	Pt	platinum	79	197.0	Au	gold	80	200.6	Hg	mercury	81	204.4	Tl	thallium	82	207.2	Pb	lead	83	209.0	Bi	bismuth	84	(209)	Po	polonium	85	(210)	At	astatine	86	(222)	Rn	radon	87	(223)	Fr	francium	88	(226)	Ra	radium	89	(227)	Ac	actinium	90	232.0	Th	thorium	91	231.0	Pa	protactinium	92	238.0	U	uranium	93	237.0	Np	neptunium	94	(244)	Pu	plutonium	95	(243)	Am	americium	96	(247)	Cm	curium	97	(247)	Bk	berkelium	98	(251)	Cf	californium	99	(254)	Es	einsteinium	100	(257)	Fm	fermium	101	(258)	Md	mendelevium	102	(255)	No	nobelium	103	(256)	Lr	lawrencium

Lanthanide series

Actinide series

Atomic number

Atomic mass



## โจทย์ข้อที่ 1 (12 คะแนน)

สารประกอบอินทรีย์ **A** และ **B** มีความสัมพันธ์กันแบบไดอะสเตอริโอเมอร์ และมีไครัลคาร์บอนต่างกันแห่งเดียว ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 132.5 เมื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบพบว่ามียอะตอมคาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีน อยู่ในอัตราส่วนร้อยละโดยมวล เท่ากับ 63.38 9.89 และ 26.73 ตามลำดับ เมื่อกำหนดค่า 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 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จกสาร **F** มีค่าน้อยกว่าที่ได้จากสาร **E** และเมื่อนำสาร **E** และ **F** ไปทำปฏิกิริยากับ I<sub>2</sub> ในสารละลาย NaOH พบว่าสาร **E** เกิดปฏิกิริยาได้ตะกอนสีเหลือง ส่วนสาร **F** ไม่เกิดตะกอนสีเหลือง

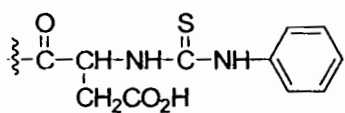
### คำถาม

- 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

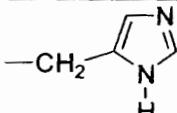

ส่วนที่ 1 : นำไปย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น  $6.0 \text{ mol/dm}^3$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามี arginine, aspartic acid, histidine, phenylalanine และ serine

ส่วนที่ 2 : นำไปทำปฏิกิริยากับ phenyl isothiocyanate พบว่าให้เพปไทด์ที่มีโครงสร้างที่ปลายด้านหนึ่งเปลี่ยนเป็น 

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

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

กำหนดโครงสร้างของกรดแอลฟาอะมิโนดังนี้  $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{R}}{\text{C}}-\text{CO}_2\text{H}$   
 $\alpha$ -amino acid

ชื่อ	ชื่อย่อ	R	$pK_a$ $\alpha$ -CO <sub>2</sub> H	$pK_a$ $\alpha$ -NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	$pK_a$ หมู่ R	pI
arginine	Arg	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{HN}-\overset{\text{NH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{NH}_2$	2.2	9.0	12.5	10.8
aspartic acid	Asp	$-\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	2.1	9.8	3.9	3.0
histidine	His	$-\text{CH}_2-$ 	1.8	9.2	6.0	7.6
phenylalanine	Phe	$-\text{CH}_2-$ 	1.8	9.1	-	5.5
serine	Ser	$-\text{CH}_2\text{OH}$	2.2	9.2	-	5.7

คือ  $pK_a$  ของ protonated amine ของโซ่ข้าง

pI (isoelectric point) คือ pH ที่กรดอะมิโนมีประจุรวมเป็นศูนย์ หรืออยู่ในรูป zwitterion

คำถาม

- 2.1 (2 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างอย่างย่อของเพนตะเพปไทด์ **A** ที่สอดคล้องกับการทดลองโดยใช้พหุคูณระนาบภาษาอังกฤษสามตัวแทนกรดอะมิโนแต่ละชนิด
- 2.2 (2 คะแนน) ถ้าสังเคราะห์เพนตะเพปไทด์จากกรดอะมิโน 5 ชนิด จะได้จำนวนเพนตะเพปไทด์ที่มีโครงสร้างปฐมภูมิต่างกันได้กี่แบบ และจะสังเคราะห์เพนตะเพปไทด์ที่มีกรดอะมิโนไม่ซ้ำกันเลยในสายได้กี่ชนิด
- 2.3 (1 คะแนน) จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่าสมองปلاميเพนตะเพปไทด์ได้เพียงแบบเดียว ซีวโมเลกุลประเภทใดที่เป็นตัวกำหนดว่าลำดับกรดอะมิโนต้องเป็นเช่นนั้น
- 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)

---

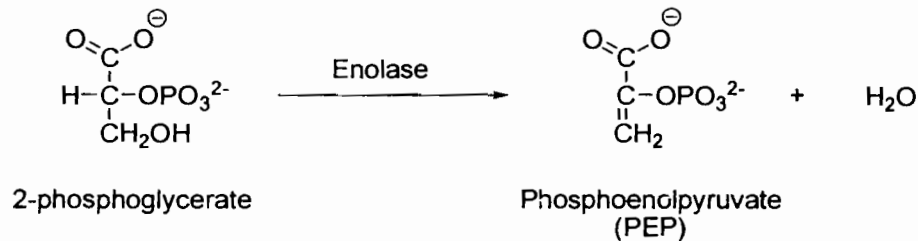
นักเรียนทำปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันน้ำมันถั่วเหลืองตัวอย่าง A น้ำหนัก 250.0 mg พบว่าต้องใช้ KOH จำนวน 47.5 mg ในเอทานอล 5 cm<sup>3</sup> จึงจะเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์

#### คำถาม

- 3.1 (1.5 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันที่ดุลแล้วที่เกิดขึ้นกับน้ำมันถั่วเหลืองที่มีสารไตรกลีเซอไรด์
- 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 มีพันธะคู่ที่พันธะต่อโมเลกุล ให้แสดงวิธีการคำนวณ
- 3.4 (1.5 คะแนน) น้ำมันถั่วเหลือง A มีค่า Iodine Number เป็นเท่าใด ให้แสดงวิธีการคำนวณ

### โจทย์ข้อที่ 4 (8 คะแนน)

Enolase เป็นเอนไซม์สำคัญที่พบในแบคทีเรียในช่องปาก การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ enolase แสดงดังปฏิกิริยา



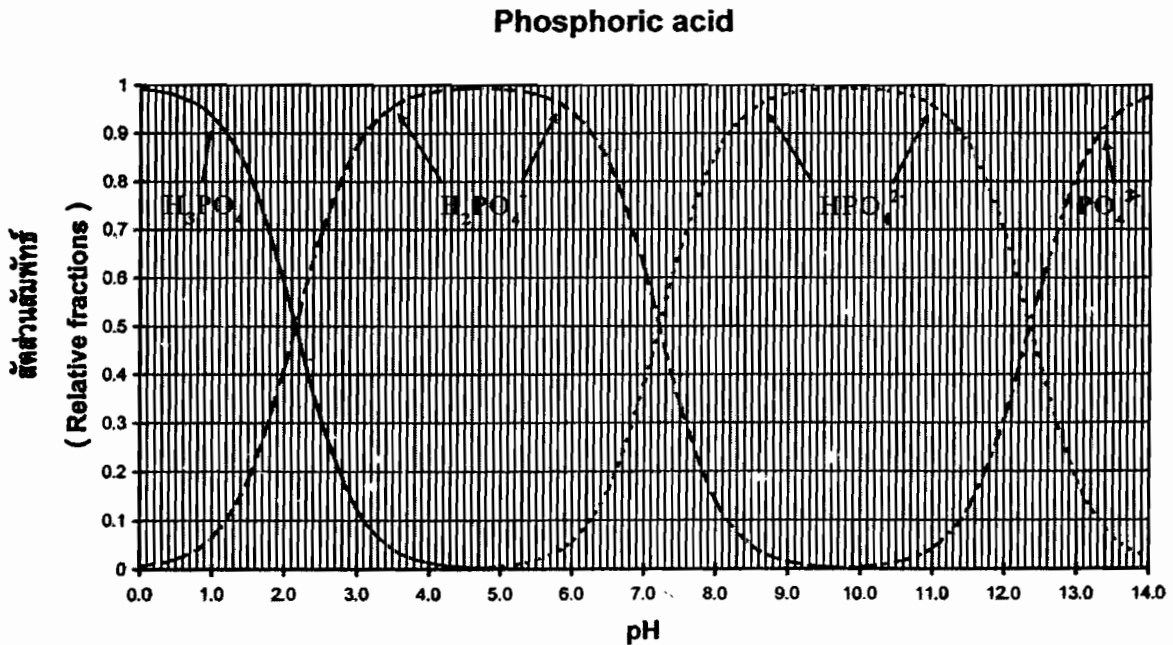
#### คำถาม

- 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 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 [Pt(s)/H<sub>2</sub>(g)/H<sup>+</sup>(aq)] ซึ่งประกอบด้วยขั้วโลหะแพลตินัมจุ่มลงในสารละลายผสมระหว่างกรดเบนโซอิก (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) เข้มข้น 0.100 mol/dm<sup>3</sup> กับ โซเดียมเบนโซเอต (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COONa) เข้มข้น 0.0500 mol/dm<sup>3</sup> และมีแก๊สไฮโดรเจนผ่านเข้าไปที่ความดัน 0.360 atm ไปต่อเข้ากับครึ่งเซลล์เงิน ที่ประกอบด้วยขั้วโลหะเงินจุ่มลงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO<sub>3</sub>) เข้มข้น 0.800 mol/dm<sup>3</sup> วัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ 1.011 V ที่ 30.0 °C โดยครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนเป็นแอโนด

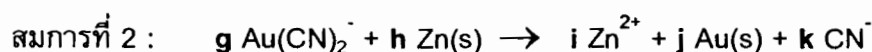
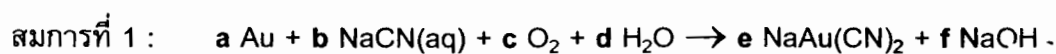
กำหนด ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของครึ่งเซลล์เงินเท่ากับ 0.800 V (ช่วง 298-308 K)

**คำถาม**

- 7.1 (1 คะแนน) จงเขียนสมการรีดอกซ์ที่ดุลแล้ว
- 7.2 (5 คะแนน) จงคำนวณ pH ของสารละลายโดยใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ที่วัดได้
- 7.3 (2.5 คะแนน) จงคำนวณค่าคงที่การแตกตัว (K<sub>a</sub>) ของกรดเบนโซอิก
- 7.4 เมื่อนำสารละลายผสมระหว่างกรดเบนโซอิกกับโซเดียมเบนโซเอตดังกล่าวข้างต้นที่มีปริมาตร 50.00 cm<sup>3</sup> มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.100 mol/dm<sup>3</sup> ปริมาตร 50.00 cm<sup>3</sup>
  - (ก) (1 คะแนน) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
  - (ข) (4.5 คะแนน) จงคำนวณ pH ของสารละลายหลังผสม

## โจทย์ข้อที่ 8 (15 คะแนน)

ทองคำเป็นโลหะมีค่า พบในธรรมชาติทั้งในรูปธาตุบริสุทธิ์และสารประกอบ ทองคำสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ถึง 99.9 % ในการทำเหมืองทองซึ่งจะแยกทองคำออกจากแร่และหินที่มีทองคำอยู่ จะต้องบดหินให้ละเอียด และใช้สารละลายไซยาไนด์โซเดียมโซเดียม (NaCN) ละลายทองคำออกมาโดยฟ่นออกซิเจนลงไปด้วย สารประกอบที่เกิดในขั้นตอนนี้คือ  $\text{NaAu}(\text{CN})_2$  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

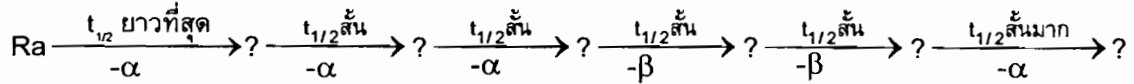
### คำถาม

- 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  $\text{dm}^3$  ของสารละลายโซเดียมไซยาไนด์เข้มข้น  $0.0750 \text{ mol/dm}^3$  ที่จะให้ทำปฏิกิริยากับทองทั้งหมดที่อยู่ในก้อนหินแร่น้ำหนัก 1,000 kg
- 8.4 (2 คะแนน) หากทองคำที่ได้จากกระบวนการในข้อ 8.3 มีความบริสุทธิ์ 95.0% โดยมีโลหะปนเปื้อนได้แก่ โลหะเงิน และสังกะสี ถ้าต้องการทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น โดยนำสารผสมที่ได้ไปหลอมด้วยความร้อนสูงแล้วพ่นแก๊สคลอรีนลงไป โลหะเงินและสังกะสีจะถูกเปลี่ยนเป็นเกลือคลอไรด์ กระบวนการนี้จะได้ทองคำที่บริสุทธิ์สูงขึ้นไปเป็น 99.5%
- (ก) เหตุใดทองคำจึงไม่เกิดเป็นเกลือคลอไรด์ แต่เงินและสังกะสีเกิดได้
- (ข) เมื่อนำหินแร่หนัก 1,000 kg มาผ่านขั้นตอนในข้อ 8.3 และ 8.4 แล้วแยกทองคำที่มีอยู่ในหินนั้นออกมาได้ทั้งหมด จงคำนวณหาน้ำหนักของทองคำ 99.5% ที่ได้ด้วยวิธีนี้
- 8.5 (4.75 คะแนน) ทองรูปพรรณที่มีเนื้อทอง 99.9% มีราคาสูงมาก ทองคำชนิดนี้จะได้จากทองคำในข้อ 8.4 ผ่านกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส 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 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 ให้อุณหภูมิคงตามลำดับดังนี้



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

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

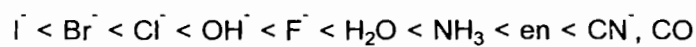
- 9.1 (3 คะแนน) จงเขียนสมการนิวเคลียร์ทั้ง 6 ขั้นตอน โดยเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ยังธาตุที่แสดงเลขอะตอม เลขมวล และอนุภาคที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน
- 9.2 (2 คะแนน) จงคำนวณจำนวนอะตอมของฮีเลียมที่เกิดขึ้นทั้งหมดหลังจาก 90.0 วัน
- 9.3 (2 คะแนน) จงคำนวณเลขอาโวกาโดรจากผลการทดลองนี้
- 9.4 (2 คะแนน) จงคำนวณครึ่งชีวิตของ  $^{226}_{88}\text{Ra}$  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 เฉพาะ ที่แสดงสมบัติการเวกเนติก 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 และมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $-78^\circ C$  ส่วน  $YZ_4$  สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า

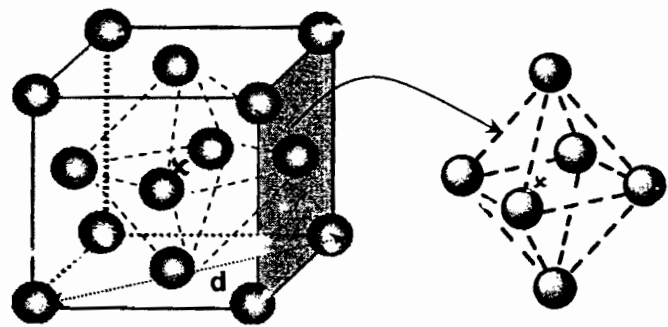
### คำถาม

- 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  $XZ_4$  ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 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)**

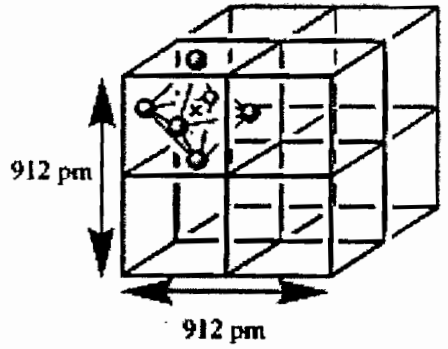
“สปีนเนล” เป็นโครงสร้างพื้นฐานของสารที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายชนิด เช่น สารตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิวิกฤตสูง (high  $T_c$  superconductor) และมีสูตรทั่วไปคือ  $M^{II}M^{III}_2O_4$  เมื่อ  $M^{II}$  และ  $M^{III}$  คือไอออนโลหะที่มีเลขออกซิเดชัน +2 และ +3 ตามลำดับ เช่น  $CoAl_2O_4$  โดยมีโครงสร้างผลึกพื้นฐานแบบ 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  $M^{III}$  ในโครงสร้างสปีนเนลนี้
- 12.2 (2 คะแนน) จงคำนวณหาร้อยละของช่องว่างทรงเหลี่ยมแปดหน้าที่ถูกบรรจุด้วยไอออน  $M^{III}$  ในสารประกอบ  $CoAl_2O_4$  ซึ่งมีโครงสร้างแบบสปีนเนล



ภาพประกอบคำถามข้อ 12.3 โดยแสดงกล่องลูกบาศก์เพื่อความชัดเจน

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