

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 8

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วันเสาร์ที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

เวลา 08.30 – 13.30 น.

**ข้อสอบภาคทฤษฎี**

เลขประจำตัวสอบ.....

### คำชี้แจงการสอบภาคทฤษฎี

- ข้อสอบภาคทฤษฎีมี 16 ข้อ คะแนนรวม 120 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60 ของคะแนนทั้งหมด
- ให้นักเรียนตรวจสอบเอกสารก่อนลงมือทำดังนี้
  - ข้อสอบภาคทฤษฎี 1 ชุด จำนวน 24 หน้า (รวมปกและตารางธาตุ)
  - กระดาษคำตอบภาคทฤษฎี 1 ชุด จำนวน 41 หน้า (รวมปก)
  - เลขประจำตัวสอบในข้อสอบภาคทฤษฎี และกระดาษคำตอบภาคทฤษฎีทุกหน้า
- ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ” และเมื่อประกาศว่า “หมดเวลา” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที และรวบรวมกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบวางไว้บนโต๊ะก่อนออกจากห้องสอบ
- ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบ ด้วยปากกาสีน้ำเงินหรือดำเท่านั้น โดยเขียนให้ตรงกับข้อและเขียน ในกรอบที่กำหนดให้ กรณีเขียนผิดให้ขีดฆ่าและเขียนใหม่ให้ชัดเจน ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด การทศหรือขีดเขียนอย่างอื่นให้ทำในกระดาษคำถามเท่านั้น
- โจทย์คำนวณให้แสดงวิธีทำตามคำสั่งของโจทย์ กรณีคำตอบที่เป็นตัวเลขต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญตามที่กำหนด
- ห้ามยืมเครื่องเขียน และเครื่องคิดเลขผู้อื่นใช้โดยเด็ดขาด
- ห้ามนักเรียนนำเอกสารใด ๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
- ในระหว่างการสอบ นักเรียนสามารถรับประทานอาหารว่างที่วางไว้บนโต๊ะได้
- ห้ามคุย หรือปรึกษากันในช่วงเวลาสอบ หากฝ่าฝืนถือว่าทุจริตในการสอบ กรณีทุจริตใด ๆ ก็ตาม นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขันและจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

กำหนดให้ เลขอาโวกาโดร (Avogadro's number)	$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$
ค่าคงที่ของแก๊ส (Gas constant)	$R = 8.314 \text{ J/mol-K}$ $= 0.082 \text{ L-atm/mol-K}$ $= 1.987 \text{ cal/mol-K}$
ค่าคงที่ของฟาราเดย์ (Faraday's constant)	$F = 96,500 \text{ C/mol e}^-$
ปริมาตรต่อโมลของแก๊สอุดมคติ (molar volume of gas) ที่ STP = 22.4 L	
$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$	
$\text{K} = ^\circ\text{C} + 273$	
$1 \text{ amu} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$	
ความเร็วแสง (c) = $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$	
$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$	

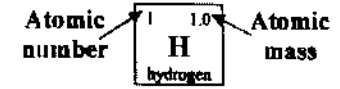
เลขประจำตัวสอบ.....



การแข่งขัน  
เคมีโอลิมปิกระดับชาติ  
ครั้งที่ 8  
พ.ศ. 2555



# ตารางธาตุ



เลขประจำตัวสอบ.....

																		1 1.0 H hydrogen												VIII A 2 4.0 He helium	
IA		IIA		Transition Elements														IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIII A			
3 6.9 Li lithium	4 9.0 Be beryllium															5 10.8 B boron	6 12.0 C carbon	7 14.0 N nitrogen	8 16.0 O oxygen	9 19.0 F fluorine	10 20.2 Ne neon										
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	57-71 *	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	89-103 #	104 (261) Rf rutherfordium	105 (262) Db dubnium	106 (266) Sg seaborgium	107 (264) Bh bohrium	108 (269) Hs hassium	109 (268) Mt meitnerium	110 (271) Ds darmstadtium	111 (272) Rg roentgenium	112 (285) Uub ununbium	113 (284) Uut ununtrium	114 (289) Uuq ununquadium	115 (288) Uup ununpentium	116 (292) Uuh ununhexium	117 (?) Uus ununseptium	118 (?) Uuo ununoctium														

\*Lanthanide Series

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
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

#Actinide Series

**โจทย์ข้อที่ 1 (14.5 คะแนน)**

จากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในประเทศไทยในปี 2554 มีนิคมอุตสาหกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมเคมีหลายแห่งถูกน้ำท่วมและมีสารเคมีซึ่งเป็นสารมลพิษละลายปนเปื้อนมากับน้ำ นักเคมีได้เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมาทำการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าในน้ำประกอบด้วยสาร 4-nitrophenol (4-NP) และสารบางชนิดที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ นักเคมีต้องการฟื้นฟูแหล่งน้ำปนเปื้อนนี้ เนื่องจากสาร 4-NP และโลหะหนักเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงชาวบ้านบริเวณนั้น จึงเสนอให้ทำการบำบัดน้ำปนเปื้อนด้วยการเติมผงสังกะสีร่วมกับตัวรีดิวซ์เพื่อลดปริมาณสาร 4-NP โดยทำให้เป็นสารอื่น

1.1 (4.5 คะแนน) นำน้ำตัวอย่างปริมาตร 5.00 mL ไปสกัดสาร 4-NP ออกด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 10.00 mL ประสิทธิภาพในการสกัดเท่ากับ 95 % นำสารละลายคลอโรฟอร์มที่สกัดได้ไปวัดค่า Absorbance ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm ได้ค่า Absorbance เท่ากับ 0.83 น้ำตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์นี้มีความเข้มข้นของสาร 4-NP เท่าใดในหน่วย mg/L และค่า molar absorptivity ( $\epsilon$ ) ของสาร 4-NP เป็นเท่าใด

กำหนดให้ วิธีสร้างกราฟมาตรฐานของสาร 4-NP ด้วยวิธี UV-Visible spectrophotometry เป็นดังนี้ ชั่งสารมาตรฐาน 0.2500 g ละลายด้วยคลอโรฟอร์มในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 mL ปิเปตสารมาตรฐานปริมาตร 1.00-5.00 mL ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL เจือจางด้วยคลอโรฟอร์มจนถึงขีดบอกปริมาตร เทสารละลายใส่เซลล์ที่มีความกว้าง 1.00 cm นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 410 nm ได้ผลดังตาราง

ขวดที่	ปริมาตรของสารมาตรฐาน 4-NP (mL)	Absorbance
1	1.00	0.21
2	2.00	0.43
3	3.00	0.64
4	4.00	0.87
5	5.00	1.07

1.2 (3.5 คะแนน) นำน้ำตัวอย่างที่มีโลหะหนักไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุพบว่ามีการพบว่ามีธาตุอาร์เซนิกเป็นองค์ประกอบ จากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาผ่านคอลัมน์ที่บรรจุเรซินแลกเปลี่ยนไอออนลบ พบว่าไอออนของอาร์เซนิกทั้งหมดสามารถถูกดูดซับบนเรซินได้ จึงสันนิษฐานว่าอาร์เซนิกในน้ำตัวอย่างอยู่ในรูป oxoanion มีสูตรเป็น  $AsO_x^{y-}$  ให้เสนอสูตรเคมีที่เป็นไปได้ของ  $AsO_x^{y-}$  ที่อาร์เซนิกมีเลขออกซิเดชันต่างกัน วาดรูปโครงสร้าง ระบุรูปร่างและเลขออกซิเดชันของอาร์เซนิกในไอออนแต่ละชนิด

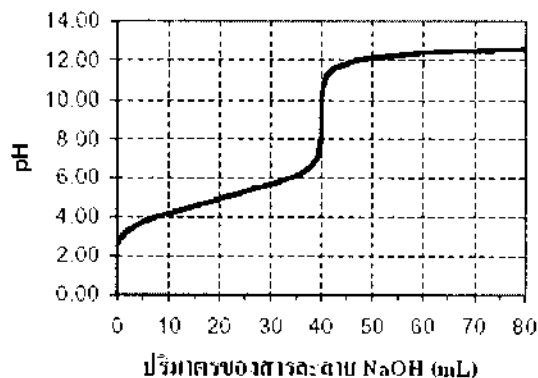
เลขประจำตัวสอบ.....

- 1.3** (2 คะแนน) ปัญหาของการเติมผงสังกะสี คือสารประกอบอาร์เซนิก ( $\text{AsO}_x^{y-}$ ) สามารถเปลี่ยนเป็นแก๊ส  $\text{AsH}_3$  ซึ่งระเหยได้ง่ายและมีความเป็นพิษสูงมาก ให้เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างผงสังกะสีกับ  $\text{AsO}_x^{y-}$  แต่ละชนิดในสารละลายกรด พร้อมดุลสมการ
- 1.4** (3 คะแนน) เพื่อป้องกันการเกิดแก๊ส  $\text{AsH}_3$  จึงต้องแยกสารประกอบของอาร์เซนิกทั้งหมดออกจากน้ำ ก่อน ด้วยการตกตะกอนในรูป  $\text{As}_2\text{S}_3$  ( $K_{sp} = 4 \times 10^{-27}$ ) โดยผ่านแก๊ส  $\text{H}_2\text{S}$  จนได้สารละลายอิ่มตัว จงคำนวณค่า pH ต่ำสุดที่ทำให้  $\text{As}_2\text{S}_3$  ตกตะกอน กำหนดให้
- $$\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq}) \quad K = 1 \times 10^{-21}$$
- ความเข้มข้นของ  $\text{H}_2\text{S}$  ในสารละลายอิ่มตัวเท่ากับ 0.1 mol/L  
 ปริมาณอาร์เซนิก (ในรูปของ As) จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือเท่ากับ 100 mg/L
- 1.5** (1.5 คะแนน) ปฏิกิริยาการรีดิวซ์สาร 4-NP ด้วยผงสังกะสีและตัวรีดิวซ์ ที่มีปริมาณมากเกินไป เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเมื่อเทียบกับสาร 4-NP และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 30 นาที ถ้าต้องการให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความเข้มข้นของสาร 4-NP ลดเหลือประมาณ 10-15 mg/L จะต้องปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปกี่ชั่วโมง

เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 2 (11 คะแนน)**

กราฟการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดชนิดหนึ่งที่มีความเข้มข้น 0.100 mol/L ปริมาตร 20.00 mL กับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.100 mol/L เป็นดังนี้



2.1 (0.5 คะแนน) ระบุจุดสมมูลของการไทเทรตโดยทำเครื่องหมาย “x” ไว้ที่เส้นกราฟ

2.2 (0.5 คะแนน) อินดิเคเตอร์ใดต่อไปนี้เป็นเหมาะสมที่สุดในกรรบอกจุดยุติในการไทเทรต กำหนดให้สมบัติของอินดิเคเตอร์เป็นตามตาราง

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH	pK <sub>a</sub>
Bromocresol green	3.8-5.4 (เหลือง-น้ำเงิน)	4.7
Bromothymol blue	6.0-7.6 (เหลือง-น้ำเงิน)	7.1
Thymol blue	8.0-9.6 (เหลือง-น้ำเงิน)	8.9

2.3 (5 คะแนน) จากข้อมูลในตารางต่อไปนี้ จงระบุชนิดของกรดในสารละลายที่ใช้ไทเทรต พร้อมเหตุผล และเขียนโครงสร้างของกรดนี้

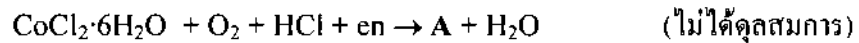
ชนิดของกรด		pK <sub>a</sub>
ชื่อ	สูตรเคมี	
Formic acid	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3.74
Oxalic acid	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1.25, 4.27
Acetic acid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	4.75
Succinic acid	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	4.21, 5.64
Tartaric acid	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	2.96, 4.16
Benzoic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	4.2

เลขประจำตัวสอบ.....

- 2.4 (3 คะแนน) จงคำนวณหา pH ของสารละลายกรดชนิดนี้ เมื่อเติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.100 mol/L ปริมาตร 5.00 mL
- 2.5 (2 คะแนน) ในการหาปริมาณกรดชนิดนี้ในของแข็งตัวอย่าง 5.00 g โดยละลายในน้ำให้มีปริมาตรเป็น 250.0 mL นำสารละลายที่ได้ 25.00 mL มาไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.100 mol/L พบว่าที่จุดสมมูลต้องใช้สารละลาย NaOH ปริมาตร 15.00 mL จงคำนวณร้อยละโดยมวลของกรดชนิดนี้ในของแข็งตัวอย่างนี้  
กำหนดให้ของแข็งตัวอย่างไม่มีสารอื่นที่มีสมบัติเป็นกรด

**โจทย์ข้อที่ 3 (16 คะแนน)**

สารประกอบโคออร์ดิเนชัน A มีโลหะอะตอมกลางเพียง 1 ตัว มีโครงสร้างเป็นแบบ octahedron และมีสี่เชิง สารนี้สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาคือไปนี้ ในระบบที่มีออกซิเจนมากเกินไป



โดย  $\text{en} = \text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$

กำหนดข้อมูลต่อไปนี้เพื่อประกอบการตอบคำถาม

- ถ้านำสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A ไปให้ความร้อน จะเปลี่ยนไปเป็น diastereoisomer ซึ่งเป็นของผสม racemic มีสีม่วงแดง ที่สามารถแยก enantiomer ออกจากกันได้ด้วยการตกตะกอนกับ potassium antimonyl-D-tartrate

- Argentimetry เป็นการหาปริมาณสารโดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไอออนแล้วเกิดเกลือของซิลเวอร์ที่ละลายน้ำได้น้อย  
 ถ้านำสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A น้ำหนัก 0.1177 g ละลายในน้ำ แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน  $\text{AgNO}_3$  เข้มข้น 0.0500 mol/L วัดค่า pAg (เมื่อ  $\text{pAg} = -\log[\text{Ag}^+]$ ) กับปริมาณของสารละลายที่เป็นไทเทรนต์ (titrant) ได้ข้อมูลดังตาราง (กำหนด  $K_{sp}$  ของผลิตภัณฑ์ =  $1.82 \times 10^{-10}$ )

ปริมาณ $\text{AgNO}_3$ (mL)	pAg
1.00	7.61
2.00	7.54
3.00	7.45
4.00	7.36
5.00	7.24
6.00	7.09
7.00	6.86
8.00	6.37
9.00	2.87
10.00	2.08
12.00	2.01
14.00	1.96
16.00	1.92
18.00	1.88

- สารประกอบของโคบอลต์และสารประกอบของโครเมียมที่มีลิแกนด์เหมือนกันนั้น มักมีรูปร่างและสีที่คล้ายคลึงกัน ถ้ามีสารประกอบโคออร์ดิเนชันสามชนิดคือ X, Y และ Z ซึ่งมีสมบัติดังนี้
  - สาร X, Y และ Z มีสูตรเคมีไม่เหมือนกัน และเป็นสารประกอบคลอไรด์ของโคบอลต์หรือของโครเมียมที่มีลิแกนด์ไม่เกิน 2 ชนิด และมีโครงสร้างเป็นแบบ octahedron
  - สาร X มีสีส้ม เมื่อให้ความร้อนจะเกิดเป็นสาร Y ซึ่งมีสีม่วงแดง และมี en เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่ง
  - สาร Y และ Z มีสีคล้ายคลึงกันคือสีม่วงแดง ต่างกันเพียงอะตอมกลาง โดยสาร Y เป็นสาร paramagnetic ในขณะที่สาร Z เป็น diamagnetic
  - สารเชิงซ้อนใน Y และ Z มีประจุ +1

เลขประจำตัวสอบ.....



- 3.1 (1 คะแนน) เพราะเหตุใดระหว่างการสังเคราะห์สาร A นี้จึงต้องทำในระบบที่มีออกซิเจนมากเกินไป
- 3.2 (2.5 คะแนน) จงเขียนสมการไอออนิกแสดงปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A กับสารละลายมาตรฐาน  $\text{AgNO}_3$  และระบุค่า  $p\text{Ag}$  ที่จุดสมมูล
- 3.3 (4.5 คะแนน) จงเขียนชื่อภาษาอังกฤษและสูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A โดยเขียนส่วนของสารเชิงซ้อนให้ชัดเจน และเขียนสมการเคมีแสดงการสังเคราะห์สารประกอบโคออร์ดิเนชัน A ให้สมบูรณ์ พร้อมทั้งดุลสมการ
- 3.4 (4.5 คะแนน) ระบุจำนวน stereoisomer ของสารเชิงซ้อนในสารประกอบ A ที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยวาดรูป ระบุสีและชื่อของไอโซเมอร์ทุกตัว และแสดงว่าสารคู่ใดเป็น enantiomer กัน
- 3.5 (3.5 คะแนน) ระบุสูตรโมเลกุลของสาร X รวมถึงระบุชนิดของอะตอมกลางในสาร Y และ Z วาดแผนภาพแสดงระดับพลังงานของ d-orbital และบรรจุอิเล็กตรอนลงในแผนภาพนั้น โดยถือว่าโลหะอยู่ใน octahedral field เสมือน  $\text{ML}_6$

เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 4 (6 คะแนน)**

---

โลหะทองคำ (Au) และตะกั่ว (Pb) มีโครงสร้างผลึกเป็นรูปลูกบาศก์กึ่งกลางหน้า (face-centered cubic) โดยมีความยาวตามขอบเซลล์เท่ากับ 408 และ 495 pm ตามลำดับ พหุคูณหนึ่งผสมตะกั่วจำนวนหนึ่งลงไป ทองคำเพื่อเอากำไร สมมติว่าอะตอมของตะกั่วเข้าไปแทนที่ทองคำที่ตำแหน่งมุมของหน่วยเซลล์เดิมอย่างสม่ำเสมอ

4.1 (2 คะแนน) โลหะผสมนี้มีตะกั่วร้อยละเท่าใดโดยมวล

4.2 (3 คะแนน) โลหะผสมนี้มีความหนาแน่นเป็นเท่าใดในหน่วย  $\text{g/cm}^3$  (ให้ถือว่า อะตอมทองคำและตะกั่วที่อยู่ใกล้กันสัมผัสกันพอดี และรัศมีอะตอมของแต่ละธาตุมีค่าคงที่)

4.3 (1 คะแนน) ทองคำ 1 อะตอมมีตะกั่วล้อมรอบในระยะใกล้ที่สุดกี่อะตอมในโลหะผสมนี้

เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 5 (2.5 คะแนน)**

---

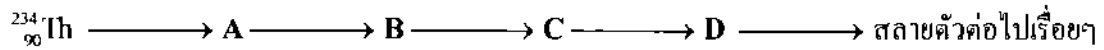
$^{40}\text{K}$  เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีซึ่งสลายตัวให้  $^{40}\text{Ar}$  โดยมีครึ่งชีวิต  $1.20 \times 10^9$  ปี ถ้ามี  $^{40}\text{K}$  ในหินแร่  $^{40}\text{Ar}$  ที่เกิดขึ้นจะถูกกักอยู่ในหินนั้น การคำนวณหาอายุของหินที่มีโพแทสเซียม มักหลอมหินตัวอย่างแล้วเก็บแก๊สทั้งหมดไปวิเคราะห์ปริมาณ จากการวิเคราะห์หินแร่ตัวอย่างก้อนหนึ่งพบว่า มี  $^{40}\text{Ar}$  ร้อยละ 20 และ  $^{40}\text{K}$  ร้อยละ 80 โดยมวล (ไม่นับองค์ประกอบอื่นของแร่)

**5.1** (1.5 คะแนน) หินก้อนนี้มีอายุกี่ปี

**5.2** (1 คะแนน) ให้เขียนสมการนิวเคลียร์แสดงการเปลี่ยนแปลงของ  $^{40}\text{K}$  ถ้าไม่มีอนุภาคประจุลบหรือบวกเกิดขึ้น

**โจทย์ข้อที่ 6 (8.25 คะแนน)**

$^{234}_{90}\text{Th}$  เป็นสารกัมมันตรังสีที่มีการสลายตัวโดยปลดปล่อยอนุภาค  $\beta$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$  ได้เป็นธาตุ A, B, C, และ D ตามลำดับ ในการสลายตัวแต่ละขั้นมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 25 วัน, 1 นาที,  $2 \times 10^5$  ปี, และ  $8 \times 10^4$  ปี ตามลำดับ



- 6.1 (1 คะแนน) จงเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ C
- 6.2 (1 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างอิเล็กตรอน (electron configuration) ของธาตุ D แบบสมบูรณ์โดยเขียนตั้งแต่  $1s^2 2s^2 \dots$
- 6.3 (2 คะแนน) หากเริ่มต้นด้วยธาตุ  $^{234}_{90}\text{Th}$  ปริมาณ 1.0 โมล ตั้งทิ้งไว้ 60 วันจะเกิดธาตุ A และ B ขึ้นกี่โมล
- 6.4 (1.25 คะแนน) จงยกตัวอย่างธาตุที่เป็น isotope, isotone, และ isobar กับ  $^{234}_{90}\text{Th}$  โดยเขียนเป็นสัญลักษณ์นิวเคลียร์ มาอย่างละ 1 ธาตุ
- 6.5 (3 คะแนน) หนึ่งในผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวของ  $^{234}_{90}\text{Th}$  คือ  $^{210}_{84}\text{Po}$  ซึ่งสลายตัวต่อไปได้ จงหาว่าการสลายตัวของ  $^{210}_{84}\text{Po}$  มีการปล่อยอนุภาคแอลฟา ( $\alpha$ ) หรือบีตา ( $\beta$ ) ออกมาโดยคำนวณพลังงานในหน่วยจูลจากการสลายตัวของ  $^{210}_{84}\text{Po}$  ปริมาณ 1 โมล และ ระบุสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ กำหนดให้มวลอะตอมในหน่วย amu มีค่าดังนี้

$^{210}_{84}\text{Po}$ 209.982857	$^{209}_{84}\text{Po}$ 208.982416	$^{210}_{83}\text{Bi}$ 209.984105
$^{209}_{83}\text{Bi}$ 208.980383	$^{206}_{82}\text{Pb}$ 205.974449	$^{210}_{85}\text{At}$ 209.987131
$^4_2\text{He}$ 4.002603	e ~ 0.00	

เลขประจำตัวสอบ.....

## โจทย์ข้อที่ 7 (6 คะแนน)

พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

- ก. ธาตุ A ทำปฏิกิริยากับ  $O_2$  ได้สารประกอบออกไซด์ D ซึ่งละลายน้ำได้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นเบส  
ข. เมื่อให้ความร้อนสาร D ภายใต้อุณหภูมิของ  $O_2$  จะได้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ G  
และสารประกอบซูเปอร์ออกไซด์ J  
ค. ธาตุ A ทำปฏิกิริยากับ  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$  จะได้สารประกอบที่มีสูตรอย่างง่ายเป็น  $ACl$ ,  $ABr$  และ  $AI$   
ตามลำดับ ซึ่งละลายน้ำได้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง  
ง. เมื่อนำสารประกอบของธาตุ A ไปเผาไฟมักได้เปลวไฟสีม่วง

ใช้ข้อมูลด้านบนตอบคำถามต่อไปนี้โดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ

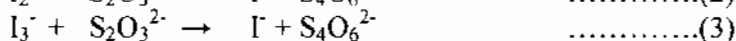
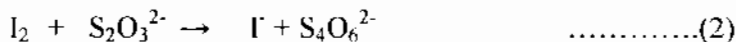
- 7.1 (1 คะแนน) A คือธาตุอะไร มีการจัดโครงสร้างอิเล็กตรอนอย่างไร และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการละลาย  
น้ำของสาร D คืออะไร
- 7.2 (1.5 คะแนน) เขียนสูตรเคมีของสาร G และ J พร้อมระบุเลขออกซิเดชันของทุกธาตุ
- 7.3 (1 คะแนน) เรียงลำดับค่าพลังงานแลตทิซของสารประกอบ  $ACl$ ,  $ABr$  และ  $AI$  จากน้อยไปมาก
- 7.4 (1 คะแนน) ระบุผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างธาตุ A กับ  $F_2$  และถ้ามีผลิตภัณฑ์ที่ได้ไป  
ละลายน้ำแล้วสารละลายจะมีฤทธิ์เป็นกรด กลางหรือเบส เพราะเหตุใด
- 7.5 (1.5 คะแนน) สารประกอบเททระไฮโดรโบเรตของ A เช่น  $A_x(BH_4)_y$  (เมื่อ x และ y เป็นเลขจำนวน  
เต็ม) มีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น ใช้สังเคราะห์ของเหลวที่มีกลิ่นหอม ชื่อ  
borazine หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “inorganic benzene” เพราะเป็น isoelectronic กับ benzene  
มีสูตรเคมีคือ  $BNH_2$  มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 80.4 g/mol จงเขียนโครงสร้างของ borazine และ  
ระบุประจุฟอร์มัลของ B และ N

**โจทย์ข้อที่ 8 (7.5 คะแนน)**

การทดลองเพื่อหาค่าคงที่สมดุล ( $K_1$ ) ในน้ำของปฏิกิริยา

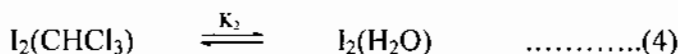


หากนำสารละลายของปฏิกิริยา (1) มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ ) จะไม่สามารถหาค่าความเข้มข้นของ  $I_2(H_2O)$  ได้ เพราะ  $Na_2S_2O_3$  ทำปฏิกิริยากับ  $I_3^-(H_2O)$  ได้ด้วยดังสมการ



ในทางปฏิบัติจึงต้องทำการทดลอง 2 ขั้นตอน

**ตอนที่ 1** นำ  $I_2$  มาละลายในน้ำและคลอโรฟอร์มในภาชนะเดียวกัน เพื่อหาค่าคงที่สมดุล  $K_2$



เมื่อถึงภาวะสมดุลจะนำสารละลายทั้งชั้นน้ำและคลอโรฟอร์มมาไทเทรตกับสารละลาย  $Na_2S_2O_3$

**ตอนที่ 2** นำ  $I_2$  และ KI มาละลายในน้ำและคลอโรฟอร์มในภาชนะเดียวกัน เมื่อถึงภาวะสมดุลจะนำสารละลายทั้งชั้นน้ำและคลอโรฟอร์มมาไทเทรตกับสารละลาย  $Na_2S_2O_3$

จากการทดลองทั้ง 2 ตอนจะทำให้สามารถหาค่าคงที่สมดุล  $K_1$  ได้

**8.1 (2 คะแนน)** ในการทดลองตอนที่ 1 หลังจากถึงภาวะสมดุล บีบชั้นน้ำและชั้นคลอโรฟอร์มอย่างละ 25.00 mL มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน  $Na_2S_2O_3$  โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ พบว่าในชั้นน้ำใช้สารละลายมาตรฐาน  $Na_2S_2O_3$  0.0100 mol/L ปริมาตร 4.00 mL ขณะที่ในชั้นคลอโรฟอร์มใช้สารละลายมาตรฐาน  $Na_2S_2O_3$  0.1000 mol/L ปริมาตร 15.00 mL

**8.1.1 (0.5 คะแนน)** จงดุลสมการ (2) และ (3)

**8.1.2 (1.5 คะแนน)** จงหาค่าคงที่สมดุล  $K_2$  จากการทดลองตอนที่ 1

**เลขประจำตัวสอบ.....**

**8.2** (5.5 คะแนน) ในการทดลองตอนที่ 2 หลังจากถึงภาวะสมดุล บีไปตชั้นน้ำและชั้นคลอโรฟอร์ม อย่างละ 25.00 mL มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.1000 mol/L โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ พบว่าในชั้นน้ำใช้สารละลายมาตรฐาน  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  30.00 mL ขณะที่ในชั้นคลอโรฟอร์มใช้สารละลายมาตรฐาน  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  25.00 mL

(กำหนดให้ความเข้มข้นเริ่มต้นของ KI ในสารละลายผสม คือ 0.1200 mol/L)

**8.2.1** (0.75 คะแนน) จงคำนวณความเข้มข้นรวมของ  $\text{I}_2 + \text{I}_3^-$  ในชั้นน้ำ

**8.2.2** (0.75 คะแนน) จงคำนวณความเข้มข้นของ  $\text{I}_2$  ในชั้นคลอโรฟอร์ม

**8.2.3** (1 คะแนน) จงคำนวณความเข้มข้นของ  $\text{I}_2$  ในชั้นน้ำ

**8.2.4** (1 คะแนน) จงคำนวณความเข้มข้นของ  $\text{I}_3^-$  ในชั้นน้ำ

**8.2.5** (1 คะแนน) จงคำนวณความเข้มข้นของ  $\text{I}^-$  ในชั้นน้ำ

**8.2.6** (1 คะแนน) จงหาค่าคงที่สมดุล  $K_1$

เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 9 (2.5 คะแนน)**

---

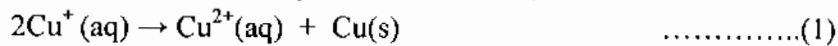
การต้มไข่ในน้ำเดือดจะทำให้โปรตีนอัลบูมินเปลี่ยนแปลงสภาพ (denaturation) ได้ไข่งอก เวลาที่ใช้เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับส่วนกลับของค่าคงที่อัตราการสุกของไข่ โดยมีพลังงานก่อกัมมันต์ของการทำให้ไข่งอกเป็น  $418 \text{ kJ/mol}$  เมื่อต้มไข่งอกที่ระดับน้ำทะเลพบว่าใช้เวลา 3 นาที ถ้าต้มไข่งอกที่ยอดเขาซึ่งน้ำเดือดที่  $95.0^\circ\text{C}$  จะต้องใช้เวลานานเท่าใดในการทำให้ไข่งอก

เลขประจำตัวสอบ.....

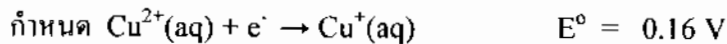


**โจทย์ข้อที่ 10 (6 คะแนน)**

$\text{Cu}^+(\text{aq})$  เกิดปฏิกิริยา disproportionation ที่อุณหภูมิ 298 K ดังสมการ (1)

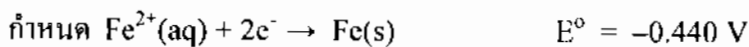


**10.1** (1.5 คะแนน) จงคำนวณหาค่าคงที่สมดุล (K) ของปฏิกิริยา (1)



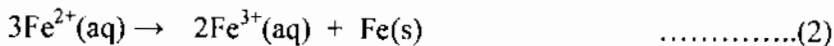
**10.2** (1 คะแนน) จงเขียนแผนภาพของเซลล์ไฟฟ้าเคมีของปฏิกิริยาในสมการ (1)

**10.3** (2 คะแนน) จงคำนวณหาค่า  $E^\circ$  ของปฏิกิริยา  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$

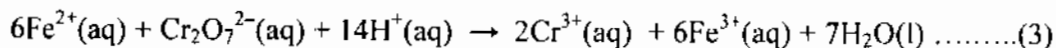


๑. หา  $E^\circ$  ของ  $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$   
 ๒. หา  $E^\circ$  ของ  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$   
 ๓. หาค่า  $\Delta G$

**10.4** (1 คะแนน)  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  เกิดปฏิกิริยาดังสมการ (2) ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด พร้อมแสดงวิธีคิด



**10.5** (0.5 คะแนน)  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  รีดิวซ์  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$  ได้ดังสมการ (3)

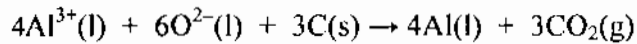


จงเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยานี้

**โจทย์ข้อที่ 11 (4 คะแนน)**

---

การผลิตอะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมใช้กระบวนการ Hall-Héroult โดยทำอิเล็กโทรลิซิสของสารผสมของ alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) และ cryolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) ที่หลอมเหลวโดย  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  ช่วยลดจุดหลอมเหลวของ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ได้ เมื่อใช้คาร์บอนเป็นอิเล็กโทรด ปฏิกิริยาในกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสเป็นดังนี้



- 11.1** (0.5 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาที่แอโนดและปฏิกิริยาที่แคโทด
- 11.2** (1.5 คะแนน) จงคำนวณหาปริมาณของอะลูมิเนียมที่ผลิตได้ใน 1.00 ชั่วโมง เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 10.0 แอมแปร์ กำหนดให้ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 95%
- 11.3** (2 คะแนน) จงคำนวณหาความดันย่อยของ  $\text{CO}_2(\text{g})$  ที่เกิดขึ้นในข้อ 11.2 เมื่อเก็บไว้ในถังแก๊สที่มี  $\text{N}_2(\text{g})$  อยู่ 0.011 โมล กำหนดให้ความดันย่อยของ  $\text{N}_2(\text{g})$  เท่ากับ 0.65 atm และอุณหภูมิภายในถังมีค่าคงที่เท่ากับ  $25^\circ\text{C}$

เลขประจำตัวสอบ.....

โจทย์ข้อที่ 12 (6 คะแนน)

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ 298 K ของปฏิกิริยา  $C_2H_6(g) \rightarrow C_2H_4(g) + H_2(g)$  เป็นดังนี้

Gas	$\frac{G_{298}^\circ - H_0^\circ}{298}$ (cal/K·mol)	$H_{298}^\circ - H_0^\circ$ (kcal/mol)	$\Delta H_f^\circ$ (kcal/mol)
$C_2H_6$	-45.27	2.856	-20.24
$C_2H_4$	-43.98	2.525	12.49
$H_2$	-24.42	2.024	0

จงหาค่าต่าง ๆ ต่อไปนี้ ของปฏิกิริยาข้างต้น ที่ 298 K

12.1 (1 คะแนน) ค่า  $\Delta H^\circ$

12.2 (3 คะแนน) ค่า  $\frac{\Delta(G_{298}^\circ - H_{298}^\circ)}{298}$

12.3 (1.25 คะแนน) ค่า  $\Delta G^\circ$

12.4 (0.75 คะแนน) ค่าคงที่สมดุลในเทอมของ  $\ln K$  ถ้าปฏิกิริยานี้อยู่ในภาวะสมดุล

เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 13 (4.25 คะแนน)**

ความดันไอของของเหลวชนิดหนึ่ง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นดังตาราง

อุณหภูมิ (°C)	ความดันไอ (mmHg)
20	17.5
22	19.8
24	22.4
26	25.2
28	28.3
29	30.0

กำหนดให้ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (heat of vaporization) ของของเหลวนี้มีค่าคงที่ในช่วง 15 – 100 °C

**13.1** (2 คะแนน) จงเขียนกราฟ เพื่อใช้หาความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของของเหลวนี้

**13.2** (2.25 คะแนน) จงหาความดันไอของของเหลวนี้ ที่ 32°C และความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอโดยใช้กราฟในข้อ **13.1**

เลขประจำตัวสอบ.....



Answer in English  
Questions:

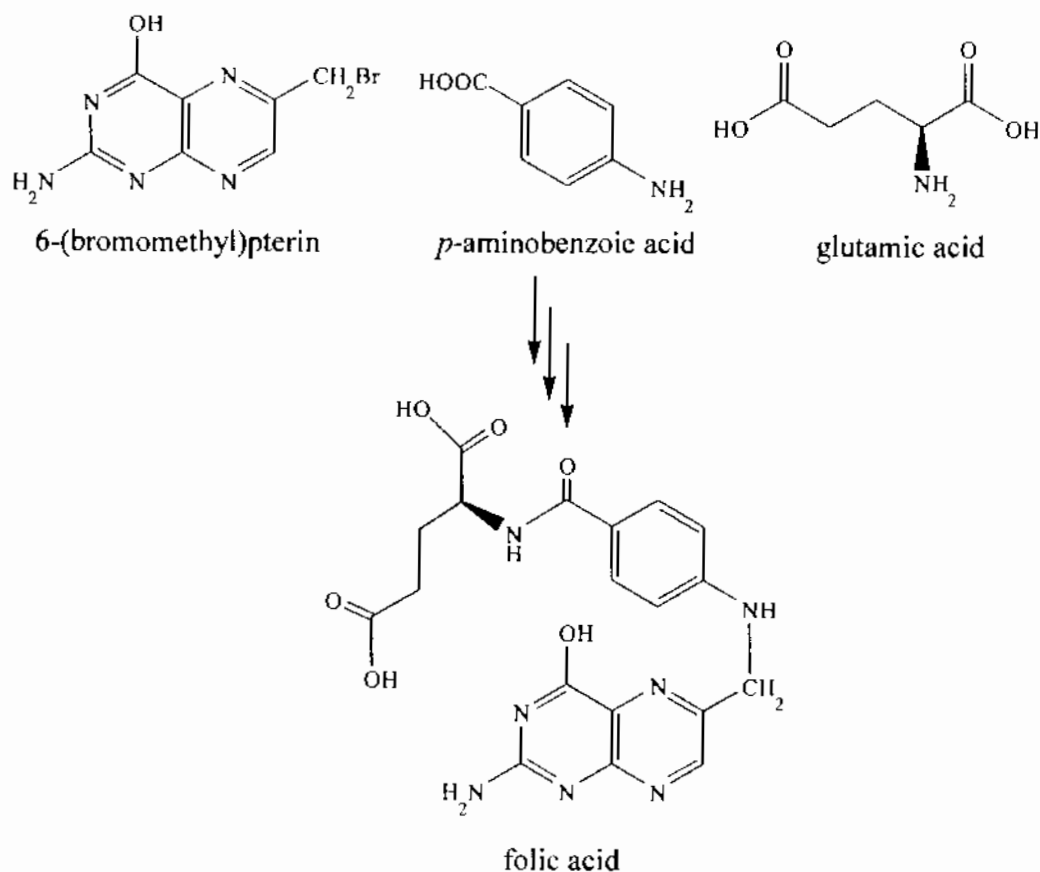
- 14.1** (5 points) In the answer box,
- 14.1.1** (2 points) draw structures of all possible stereoisomers of compound **2**.
- 14.1.2** (1 point) identify the absolute configuration at each stereogenic carbon of one of the stereoisomers that you choose.
- 14.1.3** (1 point) draw arrow  $\longleftrightarrow^E$  between each pair of enantiomers
- 14.1.4** (1 point) draw arrow  $\longleftrightarrow^D$  between each pair of diastereoisomers
- 14.2** (5 points) Draw the structures of compounds **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** and **H**.
- 14.3** (2 points) What is the structure and name of the chemical reagent which you can use to test for the keto group in compound **G**? Give the structure of the product and a change observed from the test?
- 14.4** (0.5 point) What is an approximate position (in wavenumber,  $\text{cm}^{-1}$ ) for the signal in the infrared spectrum which confirms the presence of the keto group in compound **G**?

เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 15 (6 points)**

Folic acid or vitamin B9 is not biologically active, but its biological importance is due to tetrahydrofolate and other derivatives after its conversion to dihydrofolic acid in the liver.

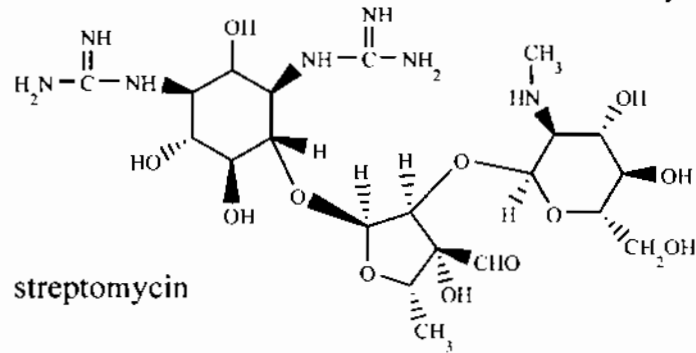
Propose the synthetic pathway toward folic acid using the concept of Merrifield solid method and three given starting materials below.



เลขประจำตัวสอบ.....

**โจทย์ข้อที่ 16 (7 points)**

Streptomycin is an antibiotic which has the structure and stereochemistry as shown.



It is resistant to biological degradation that occurs by cleavage of the acetal linkages, but this degradation is possible in laboratory.

- 16.1** (3 points) Draw the structures of all products obtained from the degradation in laboratory.
- 16.2** (4 points) Draw Fischer projection of each monosaccharide obtained from the degradation.

เลขประจำตัวสอบ.....