



# การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ ๔

ณ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วันพฤหัสบดีที่ ๘ พฤษภาคม ๒๕๕๑

เวลา ๐๘.๓๐ - ๑๓.๓๐ น.

ข้อสอบภาคทฤษฎี

รหัสประจำตัวสอบ.....

ศูนย์ 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  
การทศหรือขีดเขียนอย่างอื่นให้ทำในกระดาษคำถามเท่านั้น
5. โจทย์กำหนดให้แสดงวิธีทำตามโจทย์กำหนด กรณีคำตอบที่เป็นตัวเลข ต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
6. ห้ามยืมเครื่องเขียน และเครื่องคิดเลข ผู้อื่นใช้โดยเด็ดขาด
7. ห้ามนักเรียนนำเอกสารใด ๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
8. ในระหว่างการสอบ นักเรียนสามารถรับประทานอาหารว่างที่วางไว้บนโต๊ะได้
9. ห้ามคุยหรือปรึกษากันในช่วงเวลาสอบ หากฝ่าฝืนถือว่าทุจริต กรณีทุจริตใด ๆ ก็ตาม นักเรียนจะ  
หมดสิทธิ์ในการแข่งขัน และจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

ตารางธาตุ

																VIII A																			
																1	2																		
																1.0	4.0																		
																H	He																		
																hydrogen	helium																		
IA		IIA														IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA															
3	6.9	4	9.0													5	10.8	6	12.0	7	14.0	8	16.0	9	19.0	10	20.2								
Li		Be														B		C		N		O		F		Ne									
lithium		beryllium														borom		carbon		nitrogen		oxygen		fluorine		neon									
11	23.0	12	24.3	Transition Elements												13	27.0	14	28.1	15	31.0	16	32.1	17	35.5	18	39.9								
Na		Mg														Al		Si		P		S		Cl		Ar									
sodium		magnesium														aluminium		silicon		phosphorus		sulfur		chlorine		argon									
19	39.1	20	40.1	21	45.0	22	47.9	23	50.9	24	52.0	25	54.9	26	55.8	27	58.9	28	58.7	29	63.5	30	65.4	31	69.7	32	72.6	33	74.9	34	79.0	35	79.9	36	83.8
K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr	
potassium		calcium		scandium		titanium		vanadium		chromium		manganese		iron		cobalt		nickel		copper		zinc		gallium		germanium		arsenic		selenium		bromine		krypton	
37	85.5	38	87.6	39	88.9	40	91.2	41	92.9	42	95.9	43	98.9	44	101.1	45	102.9	46	106.4	47	107.9	48	112.4	49	114.8	50	118.7	51	121.8	52	127.6	53	126.9	54	131.3
Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru		Rh		Pd		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		Xe	
rubidium		strontium		yttrium		zirconium		niobium		molybdenum		technetium		ruthenium		rhodium		palladium		silver		cadmium		indium		tin		antimony		tellulium		iodine		xenon	
55	132.9	56	137.3	57	138.9	72	178.5	73	180.9	74	183.9	75	186.2	76	190.2	77	192.2	78	195.1	79	197.0	80	200.6	81	204.4	82	207.2	83	209.0	84	(209)	85	(210)	86	(222)
Cs		Ba		La		Hf		Ta		W		Re		Os		Ir		Pt		Au		Hg		Tl		Pb		Bi		Po		At		Rn	
cesium		barium		lanthanum		hafnium		tantalum		tungsten		rhenium		osmium		irridium		platinum		gold		mercury		thallium		lead		bismuth		polonium		astatine		radon	
87	(223)	88	(226)	89	(227)	104	(261)	105	(262)	106	(263)	107	(262)	108	(265)	109	(266)	110	(269)	111	(272)	112	(277)												
Fr		Ra		Ac <sup>t</sup>		Rf		Ha		Unh		Uns		Uno		Une		Uun		Uuu		Uub													
francium		radium		actinum		rutherfordium		hahnium		unnilheptium		unnilseptium		unniloctium		unnilennium		ununnilium		unununium		ununbium													

Lanthanide series	58 140.1	59 140.9	60 144.2	61 (145)	62 150.0	63 152.0	64 157.3	65 158.9	66 162.5	67 164.9	68 167.3	69 168.9	70 173.0	71 175.0
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	cerium	praseodymium	neodymium	promethium	samarium	europium	gadolinium	terbium	dysprosium	holmium	erbium	thulium	ytterbium	lutetium
Actinide series	90 232.0	91 231.0	92 238.0	93 237.0	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (254)	100 (257)	101 (258)	102 (255)	103 (256)
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	thorium	protactinium	uranium	neptunium	plutonium	americium	curium	berkelium	californium	einsteinium	fermium	mendelivium	nobelium	lawrencium

Atomic →

11.0

← Atomic

number

mass

H

hydrogen

**โจทย์ข้อที่ 1 (9 คะแนน)**

แอนิลีน (aniline,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ) เป็นเบสอ่อน มีค่า  $K_b = 4.3 \times 10^{-10}$

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

คำถาม

1.1 (3.5 คะแนน) เมื่อผสมสารละลาย  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  ความเข้มข้น  $0.100 \text{ mol/L}$  ปริมาตร  $20.00 \text{ mL}$  กับ สารละลายกรดเปอร์คลอริก ( $\text{HClO}_4$ ) ความเข้มข้น  $0.200 \text{ mol/L}$  ปริมาตร  $20.00 \text{ mL}$

ก. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

ข. สารละลายผสมที่ได้มีความเข้มข้นของ  $\text{H}_3\text{O}^+$  เป็นเท่าไร

1.2 (5.5 คะแนน) ปิเปตสารละลาย  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  ความเข้มข้น  $0.100 \text{ mol/L}$  ปริมาตร  $25.00 \text{ mL}$  ใส่ใน ขวดรูปกรวย หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำมาไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ ) ความเข้มข้น  $0.100 \text{ mol/L}$

ก. ต้องเติมสารละลาย  $\text{HCl}$  ปริมาตรเท่าไรจึงจะถึงจุดสมมูล

ข. สารละลายที่จุดสมมูลมี pH เท่าไร

ค. อินดิเคเตอร์ชนิดใดต่อไปนี้เป็นเหมาะสมที่สุดสำหรับการไทเทรตนี้ และที่จุดยุติ อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี อย่างไร

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

**โจทย์ข้อที่ 2 (7.5 คะแนน)**

สารละลายผสมชนิดหนึ่งประกอบด้วยกรด  $\text{HCl}$  และสารประกอบ  $\text{MCl}_2$  นำมาทำการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ปิเปตสารละลายผสมปริมาตร 20.00 mL ใส่ในขวดรูปกรวย แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน  $\text{NaOH}$  ความเข้มข้น 0.0250 mol/L โดยใช้โบรโมครีซอลกรีนเป็นอินดิเคเตอร์ปรากฏว่า ที่จุดยุติใช้สารละลาย  $\text{NaOH}$  เท่ากับ 16.00 mL

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

การทดลองที่ 2 ปิเปตสารละลายผสมปริมาตร 10.00 mL ผสมกับสารละลายมาตรฐาน  $\text{AgNO}_3$  ความเข้มข้น 0.100 mol/L ปริมาตร 15.00 mL ได้ตะกอนสีขาว น้ำหนัก 0.0717 g

คำถาม

- 2.1 (0.5 คะแนน) เขียนสมการโมเลกุลแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1
- 2.2 (1 คะแนน) เขียนสมการโมเลกุลแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 2
- 2.3 (1.5 คะแนน) ความเข้มข้นของกรด  $\text{HCl}$  ในสารละลายผสมเป็นเท่าใด
- 2.4 (4.5 คะแนน) ความเข้มข้นของ  $\text{MCl}_2$  ในสารละลายผสมเป็นเท่าใด มีสารชนิดใดเหลือหลังจากทำปฏิกิริยาในการทดลองที่ 2 และเหลือปริมาณเท่าใด

### โจทย์ข้อที่ 3 (5 คะแนน)

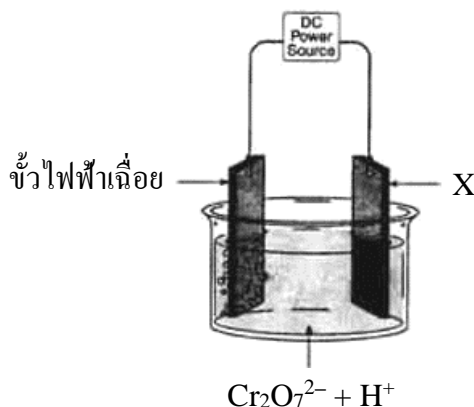
การชุบโลหะ X ด้วยโครเมียม อาจทำได้โดยจุ่มโลหะ X ในสารละลายไดโครเมตในกรด ไดโครเมตไอออน ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) จะเกิดปฏิกิริยรีดักชันดังสมการ



#### คำถาม

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

3.2 (1.5 คะแนน) กำหนดรูปเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการชุบโครเมียมบนแผ่นโลหะ X ดังนี้



ก. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยทำหน้าที่เป็นแอโนดหรือแคโทด

ข. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยต่อกับขั้วบวกหรือขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply)

ค. ภายในเซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนผ่านลวดตัวนำจากขั้วใดไปยังขั้วใด

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

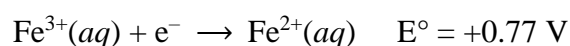
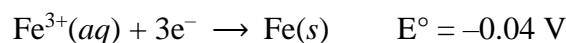
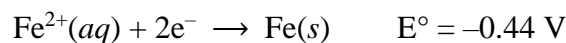
กำหนดให้ ความหนาแน่นของโครเมียม ( $\text{Cr}$ ) =  $7.19 \text{ g/cm}^3$

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

**โจทย์ข้อที่ 4 (5 คะแนน)**

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

กำหนด ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันที่  $25^\circ\text{C}$  ดังนี้



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

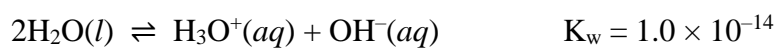
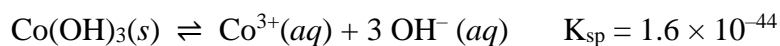
คำถาม

- 4.1 (1 คะแนน) เขียนสมการที่ดุลแสดงปฏิกิริยาของเซลล์นี้
- 4.2 (1.5 คะแนน) คำนวณค่าคงที่สมดุล ( $K$ ) ของปฏิกิริยาในข้อ 4.1 โดยตอบในรูปของ  $\log K$
- 4.3 (1 คะแนน) คำนวณ  $\Delta G^\circ$  ของปฏิกิริยาในข้อ 4.1
- 4.4 (1.5 คะแนน) คำนวณศักย์ไฟฟ้าของเซลล์นี้

**โจทย์ข้อที่ 5 (5 คะแนน)**

---

กำหนดค่าคงที่ผลคูณของการละลาย ( $K_{sp}$ ) ของ  $\text{Co(OH)}_3$  และค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ที่  $25^\circ\text{C}$  ดังนี้

คำถาม

- 5.1 (2 คะแนน) คำนวณการละลาย (ในหน่วย mol/L) ของ  $\text{Co(OH)}_3$  ในน้ำ
- 5.2 (2 คะแนน) คำนวณการละลาย (ในหน่วย mol/L) ของ  $\text{Co(OH)}_3$  ในสารละลายที่ควบคุม pH ให้เป็น 9.00
- 5.3 (1 คะแนน) ใช้หลักของเลอชาเตอลิเยร์ (Le Chatelier's principle) อธิบายว่า การเติมกรดจะเพิ่มการละลายของ  $\text{Co(OH)}_3$  ได้หรือไม่ อย่างไร



**โจทย์ข้อที่ 6 (5 คะแนน)**

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมได้พัฒนาขึ้นอย่างมาก ในขณะเดียวกันปัญหาที่ตามมาคือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งบางครั้งมีการปล่อยสารที่อาจเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น โลหะหนัก เป็นต้น

นำน้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำที่แห่งหนึ่งมาวิเคราะห์ชนิดของไอออนโลหะ 6 ชนิด ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) ที่อาจปนเปื้อนในแหล่งน้ำนี้ ดังต่อไปนี้

- ก. แบ่งน้ำตัวอย่างมาส่วนหนึ่ง หยดสารละลาย  $\text{HCl}$  ลงไป สังเกตเห็นตะกอนสีขาว เมื่อนำไปอุ่นให้ร้อน ตะกอนสีขาวละลายหมด
- ข. แบ่งน้ำตัวอย่างมาอีกส่วนหนึ่ง หยดสารละลาย  $\text{NaOH}$  ลงไป สังเกตเห็นตะกอนสีขาว
- ค. แบ่งน้ำตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งมาผ่านคอลัมน์ที่บรรจุแคตไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน (cation exchange resin) จากนั้นชะคอลัมน์ด้วยสารละลายที่เหมาะสม เก็บสารละลายที่ผ่านออกมาจากคอลัมน์ได้ 3 ส่วน คือ A, B และ C ตามลำดับการชะออกมาจากก่อนไปหลัง (โดยสารละลายแต่ละส่วนประกอบด้วยไอออนเพียงชนิดเดียวและไม่ซ้ำกัน) นำสารละลายที่เก็บได้ไปทดสอบ ดังนี้

สารละลาย A แบ่งเป็น 2 หลอด

หลอดที่ 1 หยดสารละลาย  $\text{NaOH}$  ลงไป ได้ตะกอนสีขาวลักษณะคล้ายวุ้น และตะกอนละลายได้อย่างรวดเร็วในรีเอเจนต์ที่มากพอ

หลอดที่ 2 หยดสารละลาย  $\text{NH}_3$  ลงไป ได้ตะกอนสีขาว และตะกอนละลายได้อย่างรวดเร็วในรีเอเจนต์ที่มากพอ

เมื่อนำสารละลาย B มาทดสอบ กลับพบว่า ผลการทดสอบที่ลักษณะ B และ C หลุดออก จึงไม่ทราบว่าลักษณะใดบรรจุสารละลาย B แต่ได้ตัดสินใจเลือกสารละลายชนิดหนึ่ง มาทดสอบ (ซึ่งขณะทดสอบยังไม่ทราบว่า เป็น B หรือ C) โดยแบ่งเป็น 2 หลอด

หลอดที่ 1 หยดสารละลาย  $\text{NaOH}$  ลงไป ได้ตะกอนสีขาวซึ่งไม่ละลายในรีเอเจนต์ที่มากพอ

หลอดที่ 2 หยดสารละลาย  $\text{NH}_3$  ลงไป ได้ตะกอนสีขาว และตะกอนละลายได้หากเติมรีเอเจนต์ที่มากพอ

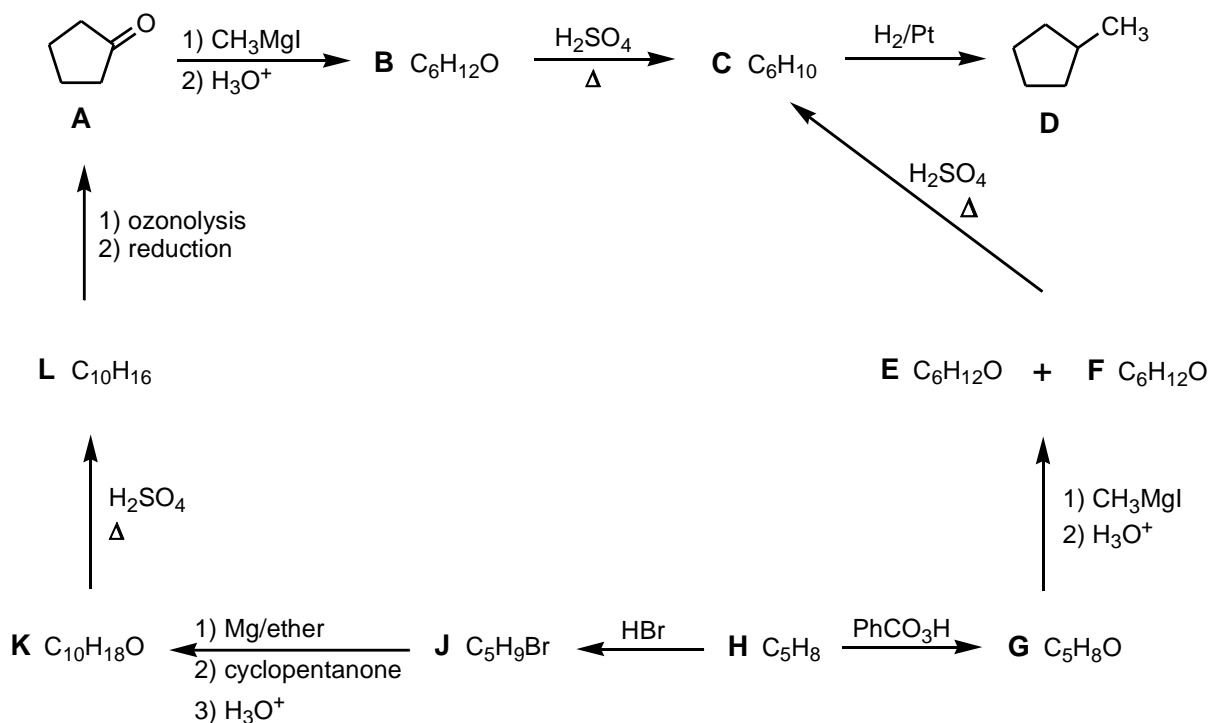
ไอออนทั้ง 6 ชนิด ที่สนใจวิเคราะห์ มีแรงกระทำกับแคตไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน เรียงตามลำดับ (จากมากไปน้อย) ดังนี้  $\text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$

คำถาม

- 6.1 (0.5 คะแนน) เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเกิดตะกอนสีขาว เมื่อหยดสารละลาย  $\text{HCl}$  ลงไปในน้ำตัวอย่าง ตามขั้นตอน ก
- 6.2 (3 คะแนน) ระบุชนิดของไอออนโลหะที่พบในสารละลายแต่ละส่วน (A, B และ C) ที่ได้จากการนำน้ำตัวอย่างผ่านคอลัมน์แคตไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน
- 6.3 (0.5 คะแนน) เขียนสูตรเคมีของตะกอนสีขาวที่เกิดขึ้นเมื่อหยดสารละลาย  $\text{NH}_3$  ลงไปในสารละลาย A
- 6.4 (0.5 คะแนน) หากหยดสารละลาย  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ลงในสารละลาย B จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ อย่างไร
- 6.5 (0.5 คะแนน) หากหยดสารละลาย  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ลงในสารละลาย C จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือไม่ อย่างไร

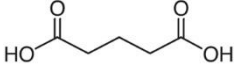
## โจทย์ข้อที่ 7 (15.5 คะแนน)

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

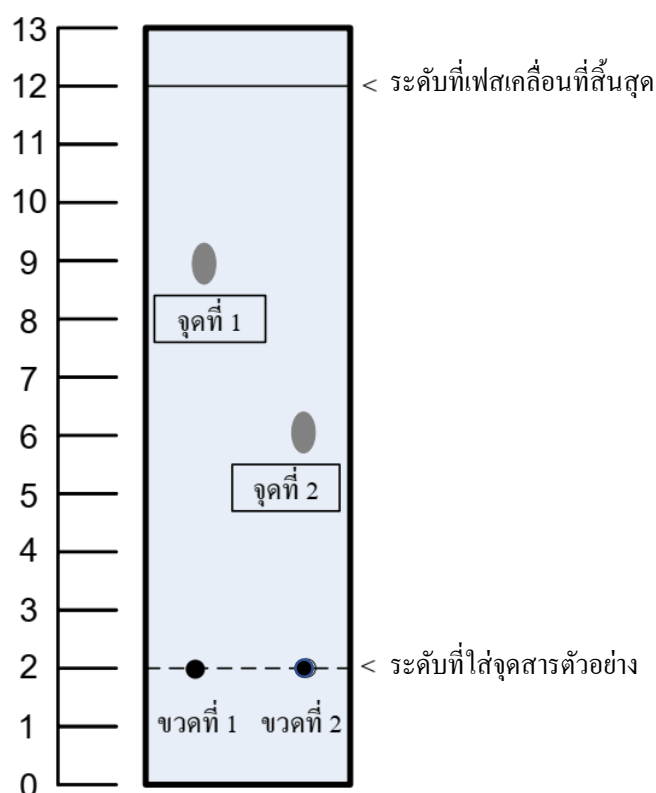
ตารางแสดงผลการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสาร

สาร	รีเอเจนต์ที่ใช้	ผลที่สังเกตได้
B	สารละลาย ceric ammonium nitrate	สารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง
C	สารละลาย $\text{KMnO}_4$ เจือจาง	จะได้สารละลายใสและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
H	สารละลาย $\text{KMnO}_4$ เข้มข้น และให้ความร้อน	วิเคราะห์พบว่า ได้  เป็นผลิตภัณฑ์
L	สารละลาย $\text{Br}_2$	สีของโบรมีนจางหายไป

นอกจากนี้เขายังพบว่า สาร **E** และ **F** ต่างก็มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน และสามารถเตรียมได้จากสาร **G** ด้วยปฏิกิริยาชนิดเดียวกัน แต่หมุนระนาบแสงโพลาไรซ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อให้ **E** และ **F** ทำปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  และให้ความร้อนด้วย ต่างก็ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร **C**

จากนั้นนักเรียนผู้นี้ได้นำสาร **A** เก็บไว้บนชั้น เมื่อกลับจากพักผ่อนอาหารกลางวัน เขาพบว่า บนชั้นมีสารอยู่ 2 ขวด ซึ่งทราบในภายหลังว่า อีกขวดหนึ่งเป็น cyclopentanol ซึ่งไม่ได้ติดฉลากเช่นกัน นักเรียนจึงคิดจะตรวจสอบสารโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีเยื่อบาง (thin layer chromatography หรือ TLC) เนื่องจากคาดว่าสารทั้งคู่มีขั้วต่างกัน และในห้องปฏิบัติการขณะนั้นก็มีเครื่องมือดังกล่าวพร้อมใช้อยู่พอดี จะได้เป็นข้อมูลยืนยันได้อีกทางหนึ่ง

เมื่อนำสารตัวอย่างทั้งสองขวดมาวิเคราะห์ด้วย TLC ที่มีซิลิกาเป็นเฟสอยู่กับที่โดยใช้สารละลายผสม chloroform-ethanol (7:3) เป็นเฟสเคลื่อนที่ ได้โครมาโทแกรม (chromatogram) ของ TLC ดังภาพข้างล่าง



คำถาม

- 7.1 (7.5 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างพร้อมทั้งแสดงสเตอริโอเคมี (ถ้ามี) ของสาร **B, C, G, J, H, K,** และ **L**
- 7.2 (2 คะแนน) เขียนสูตรโครงสร้างพร้อมทั้งแสดงสเตอริโอเคมีที่ถูกต้องของ **E** และ **F**
- 7.3 (1 คะแนน) จากโครมาโทแกรม 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) หากนำสาร ณ จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ไปทำปฏิกิริยากับสารละลายของ 2,4-dinitrophenyl hydrazine (2,4-DNP) จะเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

หมายเหตุ : เป็นที่ทราบดีว่า TLC เป็นวิธีที่สามารถแยกองค์ประกอบของสารที่มีขั้วต่างกันออกจากกันได้ เมื่อใช้ระบบตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งมีหลักการคล้ายกับโครมาโทกราฟีกระดาษ เทคนิค TLC มีหลักว่า องค์ประกอบของสารแต่ละชนิดจะกระจายตัวอยู่ระหว่าง 2 เฟส ได้แก่ เฟสอยู่กับที่ ซึ่งมักเป็นซิลิกาที่เคลือบเป็นชั้นบางบนแผ่นกระจกหรือแผ่นอะลูมิเนียม และเฟสเคลื่อนที่ ซึ่งมักเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ หากสารตัวอย่างเกิดแรงกระทำที่แข็งแกร่งกับซิลิกา ก็จะเคลื่อนที่ได้ช้า

**โจทย์ข้อที่ 8 (8 คะแนน)**

อะตอมของธาตุในอนุกรม “hypotransition” (ซึ่งรอคอยการค้นพบในอนาคต) มีเลขอะตอมเริ่มตั้งแต่ 121 และเริ่มมีอิเล็กตรอนอยู่ใน g ออร์บิทัล

คำถาม

- 8.1 (1 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุตัวแรกในอนุกรม hypotransition ตามหลัก Aufbau (ตัวอย่างเช่น โครงสร้างอิเล็กตรอนของ He คือ  $1s^2$ )
- 8.2 (0.5 คะแนน) จะมีธาตุในอนุกรม hypotransition อยู่กี่ธาตุ
- 8.3 (1 คะแนน) จะมีธาตุในอนุกรมนี้กี่ธาตุที่มีสมบัติเป็น 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

นักวิทยาศาสตร์นิยามบอกหน่วยของพลังงานในรูปของเลขคลื่น (จากสูตร  $E = h \frac{c}{\lambda}$  เลขคลื่นก็คือ  $\lambda^{-1}$  มีหน่วยเป็น  $\text{cm}^{-1}$ ) ถ้าอะตอมของธาตุหนึ่งในอนุกรม hypotransition ให้เส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่น 250 nm, 400 nm และ 667 nm และจากการคำนวณทางทฤษฎีทำนายว่า เมื่ออะตอมถูกกระตุ้นจะมีสถานะกระตุ้น (excited state) ได้เพียงสองสถานะ

คำถาม

- 8.6 (2 คะแนน) อธิบายโดยเขียนแผนภาพแสดงระดับพลังงานว่า เหตุใดจึงเห็นสเปกตรัมถึง 3 เส้น และให้เขียนช่วงความยาวคลื่นกำกับลงไปให้เส้นระดับพลังงานด้วย
- 8.7 (1.5 คะแนน) ระดับพลังงานของสถานะกระตุ้นจะสูงกว่าระดับพลังงานของสถานะพื้น (ground state) เป็นเท่าใดในหน่วยเลขคลื่น ( $\text{cm}^{-1}$ )
- 8.8 (0.5 คะแนน) ระดับพลังงานของสถานะกระตุ้นที่ 1 จะอยู่ต่ำกว่าสถานะกระตุ้นที่ 2 อยู่เท่าไรในหน่วยเลขคลื่น ( $\text{cm}^{-1}$ )

**โจทย์ข้อที่ 9 (5 คะแนน)**

---

จงอธิบายพันธะเคมีในออกซิเจน โมเลกุลและไอออนต่าง ๆ ได้แก่  $O_2^{2-}$ ,  $O_2^-$ ,  $O_2$  และ  $O_2^+$  ในหัวข้อต่อไปนี้

คำถาม

- 9.1 (1 คะแนน) จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมด
- 9.2 (2 คะแนน) ให้ระบุสัญลักษณ์ของโมเลกูลาร์ออร์บิทัลและบรรจุอิเล็กตรอนตามลำดับพลังงานใน Molecular Orbital Energy Diagram
- 9.3 (0.5 คะแนน) เปรียบเทียบความยาวพันธะ
- 9.4 (0.5 คะแนน) เปรียบเทียบความยาวพันธะ
- 9.5 (1 คะแนน) บอกสมบัติทางแม่เหล็ก (magnetic property)

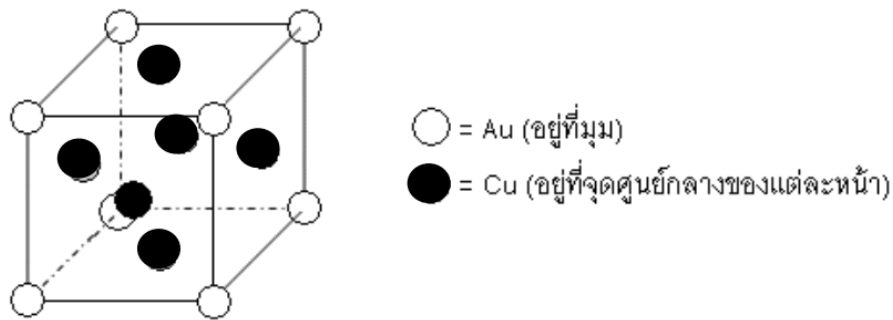
**โจทย์ข้อที่ 10 (5 คะแนน)**

---

**คำถาม**

10.1 (1 คะแนน) ผลึก  $\text{SiO}_2$  (crystalline  $\text{SiO}_2$ ) หรือ  $\text{SiO}_2$  ออสัญฐาน (amorphous  $\text{SiO}_2$ ) มีความหนาแน่นมากกว่า เพราะเหตุใด

10.2 โลหะผสมระหว่างทองแดงและทองคำที่มีโครงสร้างผลึก ดังรูป



10.2.1 (2 คะแนน) คำนวณจำนวนอะตอมของทองแดงและทองคำในแต่ละหน่วยเซลล์

10.2.2 (1 คะแนน) บอกชนิดของโครงสร้างผลึกของโลหะผสม

10.2.3 (1 คะแนน) ถ้าทองคำบริสุทธิ์คือทองคำ 24 กะรัต โลหะผสมนี้เป็นทองคำกี่กะรัต (ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)



**โจทย์ข้อที่ 11 (5 คะแนน)**

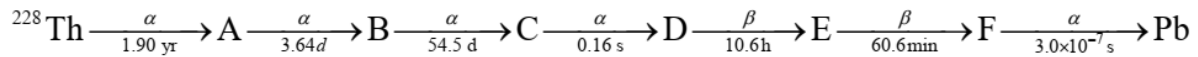
สารเชิงซ้อนชนิดหนึ่งของแพลทินัมมีสูตร  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  โครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยม มี 2 ไอโซเมอร์ ซึ่งจัดเรียงลิแกนด์ต่างกัน ไอโซเมอร์หนึ่งที่โมเลกุลมีขั้วสามารถใช้เป็นยารักษามะเร็งได้

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 และเป็น inner- หรือ outer-orbital complex
- 11.4 (0.5 คะแนน) จากสูตรข้างต้น ถ้าเปลี่ยนอะตอม Pt เป็น Co โดยเลขออกซิเดชันเท่ากัน สารเชิงซ้อนที่ได้ไม่มีไอโซเมอร์ ให้นักเรียนวาดรูปแสดงโครงสร้างของสารเชิงซ้อนนี้พร้อมทั้งระบุชื่อโครงสร้างไว้ได้รูป

## โจทย์ข้อที่ 12 (5 คะแนน)

ทอเรียม-228 ( $^{228}\text{Th}$ ) เกิดการแตกสลายตัวของเรเดียม-228 และทอเรียมเองก็แตกสลายตัวหลายขั้นตอนให้รังสี  $\alpha$  และ  $\beta$  ดังแสดง จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นตะกั่วซึ่งเสถียร



### คำถาม

- 12.1 (2 คะแนน) เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ B F และ Pb (สำหรับ B และ F ให้ระบุสัญลักษณ์ของธาตุด้วย)
- 12.2 (2 คะแนน) ถ้าเริ่มต้นด้วยสารตัวอย่าง ซึ่งมี  $^{228}\text{ThO}_2$   $1.00 \times 10^{-2}$  mol ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 ปี ในภาชนะเปิด จะเหลือ  $\text{ThO}_2$  กี่กรัม และน้ำหนักสารตัวอย่างจะเหลือเท่าใด ให้ถือว่าผลิตภัณฑ์ของการแตกสลายตัวเป็น  $\text{PbO}_2$  ทั้งหมด
- 12.3 (1 คะแนน) จากข้อ 12.2 ถ้าสารตัวอย่างถูกเก็บไว้ในบรรยากาศที่ขั้วโลก น้ำหนักที่คำนวณได้จะแตกต่างไปหรือไม่ ให้เหตุผลสั้น ๆ

### กำหนดให้

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

**โจทย์ข้อที่ 13 (5 คะแนน)**

CaO(s) หรือปูนสุก (quicklime) เป็นสารอนินทรีย์ที่ใช้ประโยชน์มากที่สุดในอุตสาหกรรมหลายชนิด 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 ( $\Delta H^\circ_f$ ) และ absolute entropy ( $S^\circ$ ) ที่สภาวะมาตรฐาน 25 °C และ 1 atm ของสารต่าง ๆ ดังนี้

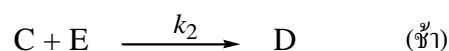
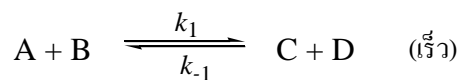
สาร	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/Kmol)
$\text{CaCO}_3(\text{s})$	-1,206.9	92.9
$\text{CaO}(\text{s})$	-635.6	39.8
$\text{CO}_2(\text{g})$	-393.5	213.6

**คำถาม**

- 13.1 (1 คะแนน) การเผา  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดหรือคายความร้อน และมีค่า enthalpy ของปฏิกิริยา ( $\Delta H^\circ$ ) ที่ 25 °C และ 1 atm เป็นเท่าใดในหน่วย kJ
- 13.2 (1 คะแนน) การเผา  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง entropy ของปฏิกิริยา ( $\Delta S^\circ$ ) ที่ 25 °C และ 1 atm เป็นเท่าใดในหน่วย J/K
- 13.3 (1 คะแนน) การเผา  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง free energy ของปฏิกิริยา ( $\Delta G^\circ$ ) 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  $\Delta H^\circ$  และ  $\Delta S^\circ$  คงที่ตลอดช่วงของอุณหภูมิที่ทดลอง ต้องใช้อุณหภูมิเท่าใดจึงจะเกิดปฏิกิริยา
- 13.6 (2.5 คะแนน) ถ้าเผา  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  ที่อุณหภูมิ 850 °C และ 1 atm จะมี  $\Delta G^\circ$  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 โดยสมมติว่าสารตัวกลางถูกใช้ไปหมด

14.4 (4 คะแนน) ถ้าพลังงานกระตุ้นสำหรับปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าเป็น  $37.1 \text{ kJ/mol}$  และพลังงานกระตุ้น สำหรับปฏิกิริยาสุทธีย้อนกลับเป็น  $45.4 \text{ kJ/mol}$  สมมติว่า Arrhenius frequency factor ( $A$ ) สำหรับปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าและปฏิกิริยาสุทธีย้อนกลับมีค่าเท่ากัน จงหาค่าคงที่สมดุลเป็น  $\ln K$  และเอนทัลปีของปฏิกิริยานี้ที่  $300 \text{ K}$  และจงบอกชนิดของปฏิกิริยาว่าเป็นชนิดคายความร้อนหรือดูดความร้อน

14.5 (3.5 คะแนน) จากปฏิกิริยาสุทธิที่ได้ในข้อ 14.1

$$\begin{aligned} \text{ถ้าความเข้มข้น ณ ขณะหนึ่งของ} \quad [A] &= 6.0 \times 10^{-5} \text{ M} & [B] &= 3.0 \times 10^{-4} \text{ M} \\ [C] &= 1.0 \times 10^{-20} \text{ M} & [D] &= 6.0 \times 10^{-3} \text{ M} \\ [E] &= 2.0 \times 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

จงทำนายว่าปฏิกิริยาสุทธิที่ไปข้างหน้าเกิดขึ้นเองได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

14.6 (3.5 คะแนน) จงหาอุณหภูมิซึ่งให้ค่าคงที่อัตราเป็น 2 เท่าของค่าคงที่อัตราที่อุณหภูมิ  $300 \text{ K}$

กำหนดให้ Arrhenius equation:  $k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$   
 $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$

**โจทย์ข้อที่ 15 (3 คะแนน)**

---

น้ำแข็ง 200 กรัม ที่อุณหภูมิ  $-35.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอน้ำที่  $140.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ถ้าน้ำแข็งได้รับความร้อนจากเตาด้วยอัตรา  $500\text{ J/s}$  อยากทราบว่าเตาจะต้องให้ความร้อนเพื่อกระบวนการนี้เท่าใด และจะต้องใช้เวลานานเท่าใด

กำหนดให้

$$\text{ความร้อนจำเพาะของน้ำ} = 4.18 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง} = 2.09 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ความร้อนจำเพาะของไอน้ำ} = 2.00 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว} = 333 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ} = 2,260 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$$

**โจทย์ข้อที่ 16 (3 คะแนน)**

---

นักเล่นบอลลูนได้เตรียมเดินทางโดยการบรรจุฮีเลียม 1 โมล เข้าไปในบอลลูน เขาเริ่มออกเดินทางในเวลาเช้าที่อุณหภูมิ  $15^{\circ}\text{C}$  พอถึงเวลาเที่ยงอุณหภูมิเพิ่มเป็น  $30^{\circ}\text{C}$  สมมติว่าความดันยังคงเท่าเดิมที่ 1 บรรยากาศ และสมมติว่าฮีเลียมมีพฤติกรรมแบบแก๊สอุดมคติ จงหางาน ( $W$ ) ที่ทำโดยบอลลูน

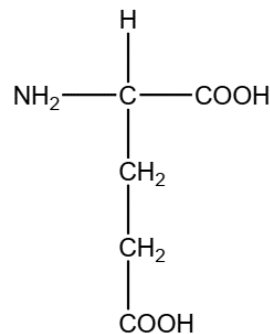
กำหนดให้  $R = 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$

$$W = -P\Delta V$$

**โจทย์ข้อที่ 17 (6.5 คะแนน)**

กรดกลูตามิกอยู่ในพหุรูปในรูป monosodium glutamate (MSG) และเป็นองค์ประกอบของโปรตีนโดยทั่วไป กรดกลูตามิกตัวหนึ่งในฮีโมโกลบินมีบทบาทสำคัญทำให้เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างคล้ายโดนัท ทำให้ฮีโมโกลบินเกิดการกลายพันธุ์แล้วเกิดเวลิน (Val) ขึ้นมาแทนที่ เม็ดเลือดแดงจึงมีรูปร่างคล้ายเกี้ยว (sickle) เป็นผลให้เกิดโรคโลหิตจางที่เรียกว่า sickle-cell anemia

กรดกลูตามิกมีสูตรโครงสร้างคือ

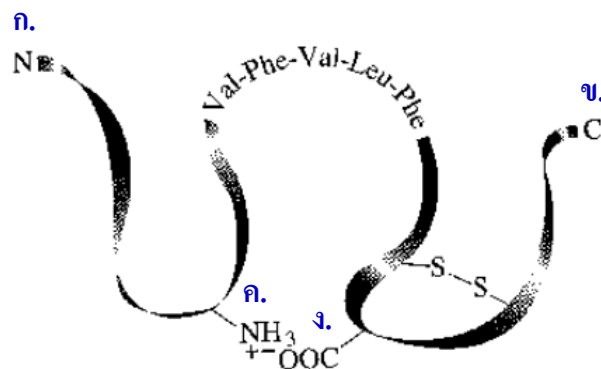


$pK_a$  ของหมู่ที่แตกตัวได้มีค่าเท่ากับ 2.20, 4.30 และ 9.70 ตามลำดับ

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) พร้อมทั้งเขียนปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดไตรเปปไทด์ AYK โดยให้มี side chain เป็น  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ตามลำดับ

## 17.3 พิจารณารูปข้างล่างซึ่งเป็นโครงสร้างของโปรตีนตัวหนึ่ง แล้วตอบคำถาม



17.3.1 (0.5 คะแนน) หมู่ฟังก์ชัน ก. ที่ pI คือหมู่ใด

17.3.2 (0.5 คะแนน) หมู่ฟังก์ชัน ข. ที่ pI คือหมู่ใด

17.3.3 (0.5 คะแนน) แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง ค. และ ง. คือแรงชนิดใด

17.3.4 (1 คะแนน) ค. เป็นกรดอะมิโนประเภทใด

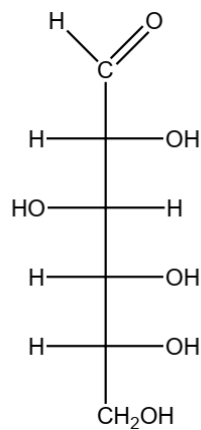
17.3.5 (1 คะแนน) ง. เป็นกรดอะมิโนประเภทใด



**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 <sup>Δ9</sup>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Stearic acid	18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Linoleic acid	18:3 <sup>Δ9,12,15</sup>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

เตรียมสารละลายกรดไขมันแต่ละชนิดใน  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ให้ได้สารละลายความเข้มข้น 0.5 % (w/v) แล้วทดสอบการฟอกสีโบรมีน

คำถาม

19.1 (0.5 คะแนน) จงเรียงลำดับกรดไขมันตามความสามารถในการฟอกจางสีโบรมีนจากมากไปน้อย

19.2 (1 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาการฟอกจางสีโบรมีน (โดยเลือกจากกรดไขมัน 1 ตัว)