



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 12  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

7 มิถุนายน 2559

เวลา 08.30 – 13.30 น.

๒  
เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

ศูนย์ สอวน. ....

## คำตอบข้อที่ 1 (14 คะแนน)

## 1.1 (3 คะแนน)

ค่าความเค็มของน้ำทะเล = 35.0 หรือ 35 (1 คะแนน)

(ถ้าตอบ 35.7 ไม่ให้คะแนนคำตอบ)

วิธีคำนวณ (2 คะแนน)

คำนวณความเข้มข้นของไอออนต่าง ๆ ในหน่วย g/L

Chloride

$$\text{g Cl}^-/\text{L} = \frac{557 \text{ mmol Cl}^-}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} \times \frac{35.5 \text{ g Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} = 19.8 \text{ g Cl}^-/\text{L} \quad (0.5 \text{ pt})$$

(ตรวจให้คะแนนวิธีทำไอออนใดไอออนหนึ่ง)

คำนวณความเข้มข้น (g/L) ในทำนองเดียวกันได้ผลดังตาราง

ไอออน	ความเข้มข้น (mmol/L)	มวลอะตอม/ไอออน	ความเข้มข้น (g/L)
Chloride	557	35.5	19.8
Sodium	478	23.0	11.0
Magnesium	54	24.3	1.3
Sulphate	29	96.1	2.8
Calcium	10.5	40.1	0.421
Potassium	10.4	39.1	0.407
รวม	-	-	35.728

$$\begin{aligned} \text{มวลรวมของของแข็งที่ละลายได้ (g/L)} &= 19.8 + 11.0 + 1.3 + 2.8 + 0.421 + 0.407 \quad (1.0 \text{ pt}) \\ &= 35.7 \text{ g/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเค็ม (g/kg)} &= \frac{35.7 \text{ g}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1.020 \text{ kg}} \quad (0.5 \text{ pt}) \\ &= 35.0 \text{ g/kg} \end{aligned}$$

## 1.2 (2.5 คะแนน)

ต้องเจือจางน้ำทะเลก่อนการไทเทรต = 7 เท่า (0.5 คะแนน)

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ (2 คะแนน)

ถ้าต้องการปริมาตรของ 0.1 M AgNO<sub>3</sub> ที่จุดยุติ = 20 mL

หาจำนวนโมลของ Ag<sup>+</sup> ในสารละลาย AgNO<sub>3</sub> 20 mL

$$\text{mol Ag}^+ = \frac{0.1 \text{ mol Ag}^+}{1 \text{ L}} \times 20 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.002 \text{ mol Ag}^+ \quad (0.5 \text{ pt})$$

สมการการไทเทรต  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$

$$\frac{\text{จำนวนโมล Ag}^+}{\text{จำนวนโมล Cl}^-} = \frac{1}{1} \quad (0.5 \text{ pt})$$

สมมติถ้าไม่เจือจางน้ำทะเล หาจำนวนโมลของ Cl<sup>-</sup> ในน้ำทะเล 25.00 mL

$$\text{mol Cl}^- = \frac{557 \text{ mmol Cl}^-}{1 \text{ L}} \times 25.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.013925 \text{ mol Cl}^- \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{จำนวนโมล Cl}^-}{\text{จำนวนโมล Ag}^+} &= \frac{0.013925 \text{ mol Cl}^-}{0.002 \text{ mol Ag}^+} \\ &= 6.9625 \approx 7 \end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

ดังนั้น ต้องเจือจางตัวอย่างประมาณ 7 เท่า

## 1.3 (5 คะแนน)

ความสูงของน้ำทะเลในนาเชื้อ  
เหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ

0.71

เท่าของ h  
สารเจือปนจึงเริ่มตกผลึก

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (4.5 คะแนน)

สารเจือปนที่จะตกผลึก (ตะกอน) ได้ คือ  $\text{CaSO}_4$  (พิจารณาจากค่า  $K_{sp}$  ของ  $\text{CaSO}_4 = 6.0 \times 10^{-4}$ ) (0.5 pt)

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ ในน้ำทะเล} = \frac{10.5 \text{ mmol Ca}^{2+}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} = 1.05 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] \text{ ในน้ำทะเล} = \frac{29 \text{ mmol SO}_4^{2-}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} = 2.9 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad (0.5 \text{ pt})$$

ให้ปริมาตรเริ่มต้นของน้ำทะเลในนาเชื้อ =  $V_1$

เริ่มต้น  $[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (1.05 \times 10^{-2})(2.9 \times 10^{-2}) = 3.045 \times 10^{-4}$  ซึ่งน้อยกว่า  $K_{sp}$  สารจึงยังไม่ตกผลึก

เมื่อน้ำทะเลระเหยจนมีปริมาตร  $V_2$  และ  $[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] \geq K_{sp} (6.0 \times 10^{-4})$  จะเริ่มเกิดผลึก  $\text{CaSO}_4$  (0.5 pt)

จาก  $C_1V_1 = C_2V_2$  จะได้ว่า  $C_2 = \frac{V_1}{V_2} C_1$  (0.5 pt)

$$C_2 \text{ ของ } \text{Ca}^{2+} = \frac{V_1}{V_2} \times 1.05 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$C_2 \text{ ของ } \text{SO}_4^{2-} = \frac{V_1}{V_2} \times 2.9 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

จะเริ่มเกิดผลึก  $\text{CaSO}_4$  เมื่อ  $[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] \geq 6.0 \times 10^{-4}$

แทนค่า  $C_2$  ของ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  เมื่อผลคูณไอออนมีค่ามากพอที่ทำให้เริ่มเกิดผลึก  $\text{CaSO}_4$  (0.5 pt)

$$\left(\frac{V_1}{V_2} \times 1.05 \times 10^{-2}\right) \left(\frac{V_1}{V_2} \times 2.9 \times 10^{-2}\right) \geq 6.0 \times 10^{-4}$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 (1.05 \times 10^{-2})(2.9 \times 10^{-2}) \geq 6.0 \times 10^{-4}$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \geq \frac{6.0 \times 10^{-4}}{(1.05 \times 10^{-2})(2.9 \times 10^{-2})}$$

$$\frac{V_1}{V_2} \geq \sqrt{\frac{6.0 \times 10^{-4}}{(1.05 \times 10^{-2})(2.9 \times 10^{-2})}} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\frac{V_1}{V_2} \geq 1.4$$

$$V_1 \geq 1.4V_2$$

$$V_2 \leq 0.71V_1 \quad (0.5 \text{ pt})$$

ให้ ปริมาตร  $V_1 = \text{พื้นที่ } (A) \times h = hA$  และ

ปริมาตร  $V_2 = \text{พื้นที่ } (A) \times h_2 = h_2A$

แทนค่า  $V_1 = hA$  และ  $V_2 = h_2A$  ใน  $V_2 \leq 0.71V_1$

$$h_2A \leq 0.71hA$$

(0.5 pt)

$$h_2 \leq 0.71h$$

ดังนั้น ความสูงของน้ำทะเลในนาเกลือเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.71 เท่าของ  $h$  สารเจือปน  $\text{CaSO}_4$  จึงเริ่มตกผลึก

## 1.4 (3.5 คะแนน)

ได้เกลือโซเดียมคลอไรด์ =

166

ตัน

(0.5 คะแนน)

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ (3 คะแนน)

$$\text{พื้นที่นาแปลง} = 10 \text{ ไร่} \times \frac{400 \text{ ตารางวา}}{1 \text{ ไร่}} \times \frac{4 \text{ m}^2}{1 \text{ ตารางวา}} = 16,000 \text{ m}^2 \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรเริ่มต้นของน้ำทะเล} &= 16,000 \text{ m}^2 \times \text{ความสูงของน้ำทะเล } 0.5 \text{ m} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3 \text{ (or mL)}}{1 \text{ m}^3} \\ &= 8.0 \times 10^9 \text{ mL} \end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

ในน้ำทะเลมี  $\text{Na}^+ = 478 \text{ mmol/L}$  และมี  $\text{Cl}^- = 557 \text{ mmol/L}$  ( $\text{Na}^+$  เป็น limiting agent)

$$\begin{aligned} \text{มี NaCl} &= \frac{478 \text{ mmol NaCl}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} \times \frac{58.5 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} \times 8.0 \times 10^9 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 2.24 \times 10^8 \text{ g NaCl} \end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

เมื่อตากแดดจนระดับน้ำทะเลเหลือ 1 cm

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรสุดท้ายของน้ำทะเล} &= 16,000 \text{ m}^2 \times \text{ความสูงของน้ำทะเล } 0.01 \text{ m} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3 \text{ (or mL)}}{1 \text{ m}^3} \\ &= 1.6 \times 10^8 \text{ mL} \end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

สภาพละลายได้ของ NaCl = 36 g/100 mL

$$\text{ดังนั้น จะมี NaCl ละลายอยู่} = \frac{36 \text{ g NaCl}}{100 \text{ mL}} \times 1.6 \times 10^8 \text{ mL} = 0.576 \times 10^8 \text{ g NaCl} \quad (0.5 \text{ pt})$$

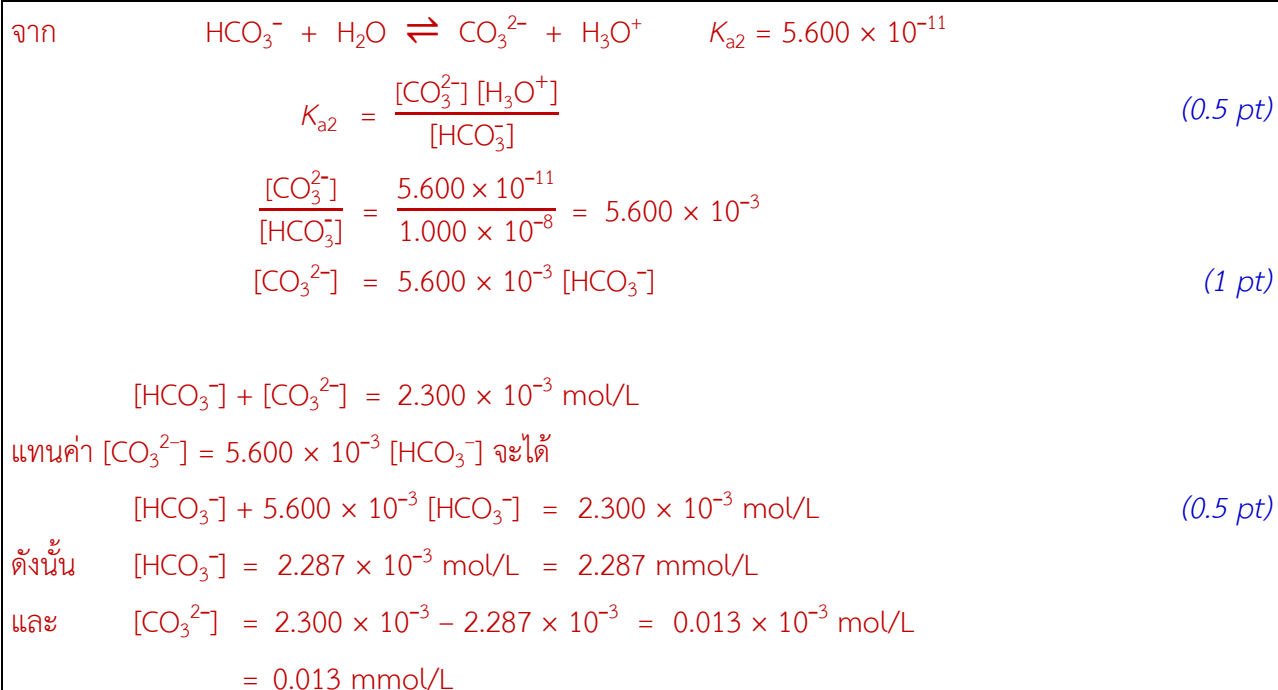
$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ NaCl ที่ตกผลึก} &= \text{ปริมาณ NaCl เริ่มต้น} - \text{ปริมาณ NaCl ที่ละลายได้} \\ &= 2.24 \times 10^8 \text{ g NaCl} - 0.576 \times 10^8 \text{ g NaCl} \\ &= 1.66 \times 10^8 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 166 \text{ ton NaCl} \end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

## คำตอบข้อที่ 2 (7 คะแนน)

## 2.1 (3 คะแนน)

ความเข้มข้นของ $\text{HCO}_3^-$ =	2.287	mmol/L	(0.5 คะแนน)
ความเข้มข้นของ $\text{CO}_3^{2-}$ =	0.013	mmol/L	(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (2 คะแนน)



## 2.2 (4 คะแนน)

pH เปลี่ยนเป็น =

6.45

(0.5 คะแนน)

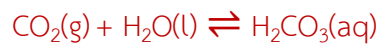
(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ (3.5 คะแนน)

เนื่องจากในบรรยากาศมี  $\text{CO}_2$  ร้อยละ 0.12 โดยปริมาตร ดังนั้น ความดันย่อยของ  $\text{CO}_2 = 0.0012 \text{ atm}$  (0.5 pt)

จาก  $C_g = kP_g = 1.6 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1} \times 0.0012 \text{ atm} = 1.92 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  (0.5 pt)

เมื่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะได้กรดคาร์บอนิกดังสมการ



พิจารณาค่า  $K_{a1} (4.200 \times 10^{-7}) \gg K_{a2} (5.600 \times 10^{-11})$  การคำนวณ pH ของสารละลายจึงคิดจากปฏิกิริยาการแตกตัวของ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ในขั้นที่ 1 เท่านั้น โดยมี  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{H}_3\text{O}^+$  ในน้ำทะเลเป็นไอออนร่วม

	$\text{H}_2\text{CO}_3$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons$	$\text{HCO}_3^-$	+	$\text{H}_3\text{O}^+$	
ความเข้มข้นเริ่มต้น (mol/L)	$1.92 \times 10^{-5}$				$2.287 \times 10^{-3}$		$1.000 \times 10^{-8}$	(1 pt)
ความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง (mol/L)	-x				+x		+x	
ความเข้มข้นที่สมดุล (mol/L)	$1.92 \times 10^{-5} - x$				$2.287 \times 10^{-3} + x$		$1.000 \times 10^{-8} + x$	

$$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{(2.287 \times 10^{-3} + x)(1.000 \times 10^{-8} + x)}{(1.92 \times 10^{-5} - x)} = 4.200 \times 10^{-7} \quad (0.5 \text{ pt})$$

ดังนั้น  $x = 3.42 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  (0.5 pt)

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.000 \times 10^{-8} + 3.42 \times 10^{-7} = 3.52 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (3.52 \times 10^{-7}) = 6.453$$



## คำตอบข้อที่ 3 (10 คะแนน)

## 3.1 (3 คะแนน)

ความดันออสโมติกของน้ำทะเลเทียม = 31 atm (0.5 คะแนน)

(ตอบเลขนี้สำคัญ 2 ตัว)

ตอบเลขนี้สำคัญผิดหัก 0.25 pt

วิธีคำนวณ (2.5 คะแนน)

$$\Delta T_f = i K_f m$$

$$2.4\text{ }^{\circ}\text{C} = (2) (1.86\text{ }^{\circ}\text{C kg mol}^{-1}) m \quad (0.5\text{ pt})$$

$$m = 0.645\text{ mol/kg} \quad (0.5\text{ pt})$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของเกลือในน้ำทะเล} &= \frac{0.645\text{ mol NaCl}}{1000\text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{58.5\text{ g NaCl}}{1\text{ mol NaCl}} = \frac{37.7\text{ g NaCl}}{1000\text{ g H}_2\text{O}} \\ &= \frac{0.645\text{ mol NaCl}}{37.7\text{ g NaCl} + 1000\text{ g H}_2\text{O}} = \frac{0.645\text{ mol NaCl}}{1037.7\text{ g seawater}} \quad (0.5\text{ pt}) \end{aligned}$$

$$C = \frac{0.645\text{ mol NaCl}}{1037.7\text{ g seawater}} \times \frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}} \times \frac{1.020\text{ kg seawater}}{1\text{ L seawater}} = 0.634\text{ mol/L} \quad (0.5\text{ pt})$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของเกลือในน้ำทะเล} &= \text{ความเข้มข้นของเกลือในเลือดปลา} \\ &= \text{ความเข้มข้นของเกลือในน้ำทะเลเทียม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi &= iCRT \\ &= (2) (0.634\text{ mol/L}) (0.082\text{ L atm mol}^{-1}\text{ K}^{-1}) (300\text{ K}) \quad (0.5\text{ pt}) \\ &= 31.2\text{ atm} = 31\text{ atm} \end{aligned}$$

## 3.2 (7 คะแนน)

3.2.1 การแยกสลายน้ำทะเลด้วยไฟฟ้าใช้ประจุไฟฟ้า =  $1.4 \times 10^{14}$  C (0.5 คะแนน)  
(ตอบในรูป  $a.b \times 10^m$ )

วิธีคำนวณ (1 คะแนน)

ปฏิกิริยาที่แคโทด :  $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$   $E^\circ = 0.00$  V

ประจุไฟฟ้าที่ต้องใช้ =  $7.0 \times 10^8 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } H_2}$  (0.5 pt)

$\times \frac{1 \text{ F}}{1 \text{ mol } e^-} \times \frac{96,500 \text{ C}}{1 \text{ F}}$  (0.5 pt)

=  $1.35 \times 10^{14} \text{ C} = 1.4 \times 10^{14} \text{ C}$

3.2.2 ศักย์ไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องใช้แยกสลายน้ำทะเลด้วยไฟฟ้า =  $1.34$  V (0.5 คะแนน)  
(ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

วิธีคำนวณ (2.5 คะแนน)

ปฏิกิริยาที่แคโทด :  $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$   $E^\circ = 0.00$  V

ปฏิกิริยาที่แอโนด :  $O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O(l)$   $E^\circ = +1.23$  V

$E_{H^+/H_2} = 0.00 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{P_{H_2}}{[H^+]^2}$  (0.5 pt)

=  $0.00 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{300}{(1.0 \times 10^{-8})^2} = -0.547$  V (0.5 pt)

$E_{O_2/H_2O} = +1.23 - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{P_{O_2} [H^+]^4}$  (0.5 pt)

=  $+1.23 - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{300 \times (1.0 \times 10^{-8})^4} = 0.793$  V (0.5 pt)

$E_{\text{cell}} = E_{H^+/H_2} - E_{O_2/H_2O}$  (0.5 pt)

=  $(-0.547) - 0.793 = -1.34$  V

ศักย์ไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องใช้แยกสลายน้ำทะเลด้วยไฟฟ้าเท่ากับ 1.34 V

3.2.3 งานทางไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องใช้ =  $1.8 \times 10^{14}$  J (0.5 คะแนน)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว)

วิธีคำนวณ (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta G &= -nFE_{\text{cell}} \\ &= -(2 \times 7.0 \times 10^8 \text{ mol e}^-) \left( 96,500 \frac{\text{J}}{\text{V mol e}^-} \right) (-1.34 \text{ V}) \\ &= 1.8 \times 10^{14} \text{ J}\end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

3.2.4 ค่าใช้จ่ายต่ำสุดของพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ = 320 ล้านบาท (0.5 คะแนน)

ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม

วิธีคำนวณ (1 คะแนน)

$$\begin{aligned}\text{Kilowatt-hours} &= (1.35 \times 10^{14} \text{ C}) (1.34 \text{ V}) \left( \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C} \cdot \text{V}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3.6 \times 10^6 \text{ J}} \right)^* \\ &= 5.0 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h} \\ \text{หรือ Kilowatt-hours} &= 1.8 \times 10^{14} \text{ J} \left( \frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3.6 \times 10^6 \text{ J}} \right)^* = 5.0 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h} \\ \text{Cost} &= 5.0 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h} \times \frac{6.3434 \text{ บาท}}{1 \text{ kW} \cdot \text{h}} \\ &= 32 \times 10^7 \text{ บาท} \\ &= 320 \text{ ล้านบาท}\end{aligned} \quad (0.5 \text{ pt})$$

\*  $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} \times \frac{1 \text{ J s}^{-1}}{1 \text{ W}} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

## คำตอบข้อที่ 4 (9 คะแนน)

## 4.1 (2 คะแนน)

เหตุผลที่  $\text{Zn}/\text{HCl}$  ไม่สามารถรีดิวซ์  $\text{QCl}_4$  เป็นธาตุ  $\text{Q}$  ได้

(0.5 คะแนน)

เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงไม่พอ ดูจากค่า  $E^\circ$  ของปฏิกิริยามีเครื่องหมายเป็นลบ

## วิธีคำนวณ (1.5 คะแนน)



$$E^\circ = 0.15 - (-0.76) = 0.91 \text{ V} \quad \text{เกิดได้}$$

(0.5 pt)



$$E^\circ = (-0.37) - (-0.76) = 0.39 \text{ V} \quad \text{เกิดได้}$$

(0.5 pt)



$$E^\circ = (-1.63) - (-0.76) = -0.87 \text{ V} \quad \text{เกิดไม่ได้}$$

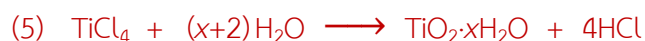
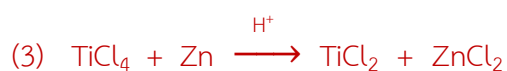
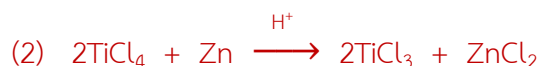
(0.5 pt)

(ถ้าคิดว่า  $\text{H}_2$  เป็นตัวรีดิวซ์ ค่า  $E^\circ$  จะต่ำกว่านี้)

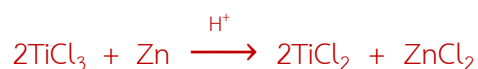
## 4.2 (2 คะแนน)

แสดงสมการที่เกิดขึ้นในข้อ ก. เพียง 4 สมการ

(สมการละ 0.5 คะแนน)



ให้คะแนนสำหรับปฏิกิริยาต่อไปนี้ด้วย



## 4.3 (2 คะแนน)

$$E_{\text{red}}^{\circ} \text{ มีค่า} = \boxed{-1.21} \text{ V} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

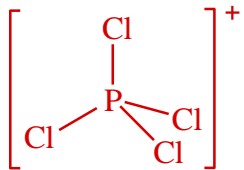
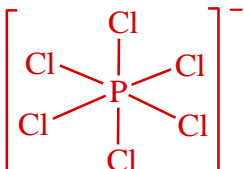
วิธีคำนวณ (1.5 คะแนน)

$Q^{3+} + e^- \rightarrow Q^{2+}$	$E_1^{\circ} = -0.37 \text{ V}$	
จาก $\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}$	$\Delta G_1^{\circ} = -1 F (-0.37) = 0.37 F$	(0.5 pt)
$Q^{2+} + 2e^- \rightarrow Q$	$E_2^{\circ} = -1.63 \text{ V}$	
	$\Delta G_2^{\circ} = -2 F (-1.63) = 2 (1.63) F$	(0.5 pt)
สมการรวม: $Q^{3+} + 3e^- \rightarrow Q$	$\Delta G_{\text{รวม}}^{\circ} = \Delta G_1^{\circ} + \Delta G_2^{\circ}$	
	$-3FE_{\text{รวม}}^{\circ} = 0.37 F + 2 (1.63) F$	
	$E_{\text{รวม}}^{\circ} = \frac{0.37 F + 2 (1.63) F}{-3F}$	(0.5 pt)
	$= -1.21 \text{ V}$	

## 4.4 (2 คะแนน)

R คือ Si หรือ ซิลิคอน (0.5 คะแนน)จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว = 2 (0.5 คะแนน)คำอธิบายเพิ่มเติมSi อยู่ในหมู่ IVA มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น  $3s^2 3p^2$  จึงมีอิเล็กตรอนเดี่ยวจำนวน 2 อิเล็กตรอนข้อมูลประกอบ Si มีมวลอะตอมน้อยกว่า Ti มี 4 valence electron เท่ากัน จุดหลอมเหลวสูงเหมือนกันSiCl<sub>4</sub> เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (mp -68 °C, bp 57 °C) เมื่อละลายน้ำจะถูกไฮโดรไลส์ทันที  
ได้ผลผลิตสุดท้ายเป็น SiO<sub>2</sub>·xH<sub>2</sub>Oวิธีที่นักเรียนคิดอาจเป็น - หว่า มีธาตุอะไรบ้างที่เบาว่า Ti และเกิดสารประกอบคลอไรด์ที่มีสูตร RCl<sub>4</sub>

## 4.5 (2 คะแนน)

	สูตรของไอออน	รูปทรงของไอออน
ไอออน +1	PCl <sub>4</sub> <sup>+</sup>	รูปทรงสี่หน้า  (1 pt)
ไอออน -1	PCl <sub>6</sub> <sup>-</sup>	รูปทรงแปดหน้า  (1 pt)

## คำตอบข้อที่ 5 (10 คะแนน)

## 5.1 (1 คะแนน)

ระยะห่างระหว่างระนาบคาร์บอนที่ใกล้กันที่สุดของแกรไฟต์ =  $3.30 \times 10^{-10}$  m (0.5 คะแนน)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

วิธีคำนวณ (0.5 คะแนน)

ระยะห่างระหว่างระนาบคาร์บอนที่ใกล้กันที่สุด =  $d$  เมื่อ  $n = 1$ และจากโจทย์ ค่า  $\lambda = 1.54 \times 10^{-10}$  mสำหรับแกรไฟต์ ค่า  $\theta = 27.0^\circ/2 = 13.5^\circ$ 

ดังนั้น 
$$d = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1 \times 1.54 \times 10^{-10} \text{ m}}{2 \times \sin 13.5^\circ} = \frac{1 \times 1.54 \times 10^{-10} \text{ m}}{2 \times 0.233} = 3.30 \times 10^{-10} \text{ m} \quad (0.5 \text{ pt})$$

## 5.2 (3.5 คะแนน)

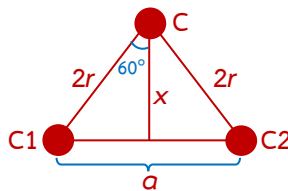
ปริมาตร unit cell ของแกรไฟต์ =  $34.6 \times 10^{-30}$  m<sup>3</sup> (0.5 คะแนน)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

จำนวนอะตอม C ต่อ unit cell ของแกรไฟต์ = 4 (0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (2.5 คะแนน)

จากสามเหลี่ยมที่ยกมา



ความยาว  $a$  หาได้ดังสมการ 
$$\frac{a}{2} = 2r \sin 60^\circ$$

$$a = 4r \sin 60^\circ = 4 \times (0.710 \times 10^{-10} \text{ m}) \times 0.866 = 2.46 \times 10^{-10} \text{ m} \quad (1 \text{ pt})$$

จากโจทย์และคำตอบข้อ 5.1

ความยาว  $c = 2 \times 3.30 \times 10^{-10} \text{ m} = 6.60 \times 10^{-10} \text{ m} \quad (0.5 \text{ pt})$

ปริมาตร unit cell ของแกรไฟต์ 
$$= a^2 \times c \times \sin 120^\circ = (2.46 \times 10^{-10} \text{ m})^2 \times (6.60 \times 10^{-10} \text{ m}) \times \sin 120^\circ = 34.6 \times 10^{-30} \text{ m}^3 \quad (1 \text{ pt})$$

จากรูป จำนวนอะตอม C ต่อ unit cell ของแกรไฟต์ = 4

## 5.3 (3 คะแนน)

จำนวนอะตอม C ต่อ unit cell ของเพชร =

8

(0.5 คะแนน)

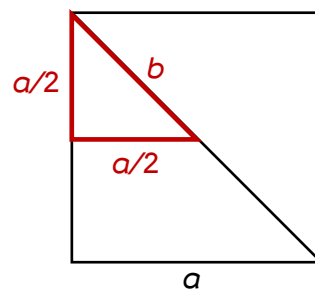
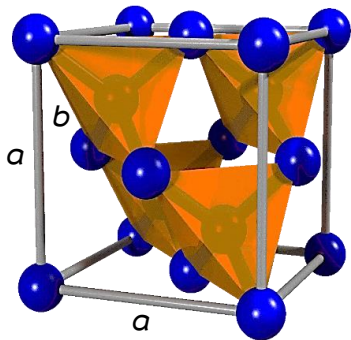
ปริมาตร unit cell ของเพชร (ในรูปของ  $r$ ) =

$$\left(\frac{8}{\sqrt{3}} r\right)^3$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (2 คะแนน)

พิจารณารูปทรงสี่หน้าหนึ่งยูนิต และให้ระยะห่างระหว่างอะตอม C ที่ตำแหน่ง corner และ face centered เท่ากับ  $b$



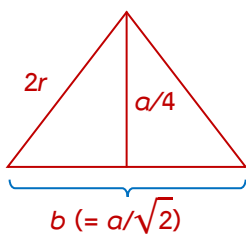
$$\frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4} = b^2$$

(0.5 pt)

$$b = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

(0.5 pt)

จากนั้นพิจารณาสามเหลี่ยมภายใน tetrahedral unit:



$$\frac{a^2}{16} + \frac{a^2}{8} = 4r^2$$

(0.5 pt)

$$a = \frac{8}{\sqrt{3}} r \text{ หรือ } r = \frac{\sqrt{3}}{8} a$$

(0.5 pt)

ดังนั้น ปริมาตรของ cubic unit cell =  $a^3 = \left(\frac{8}{\sqrt{3}} r\right)^3$

จำนวนอะตอม C ต่อ unit cell ของเพชร = 8

## 5.4 (2.5 คะแนน)

% packing efficiency ของเพชร =

34.0

(0.5 คะแนน)

(ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

% packing efficiency ของแกรไฟต์ =

17.3

(0.5 คะแนน)

(ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ (1.5 คะแนน)

$$\% \text{ packing efficiency} = \frac{\text{จำนวนอะตอมต่อ unit cell} \times \text{ปริมาตรอะตอม}}{\text{ปริมาตร unit cell}} \times 100 \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\% \text{ packing efficiency ของเพชร} = \frac{8 \times \frac{4}{3} \pi \left( \frac{\sqrt{3}}{8} a \right)^3}{a^3} \times 100 \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$= 34.0 \%$$

$$\% \text{ packing efficiency ของแกรไฟต์} = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi (0.710 \times 10^{-10} \text{ m})^3}{(34.6 \times 10^{-30} \text{ m}^3)} \times 100 \quad (0.5 \text{ pt})$$

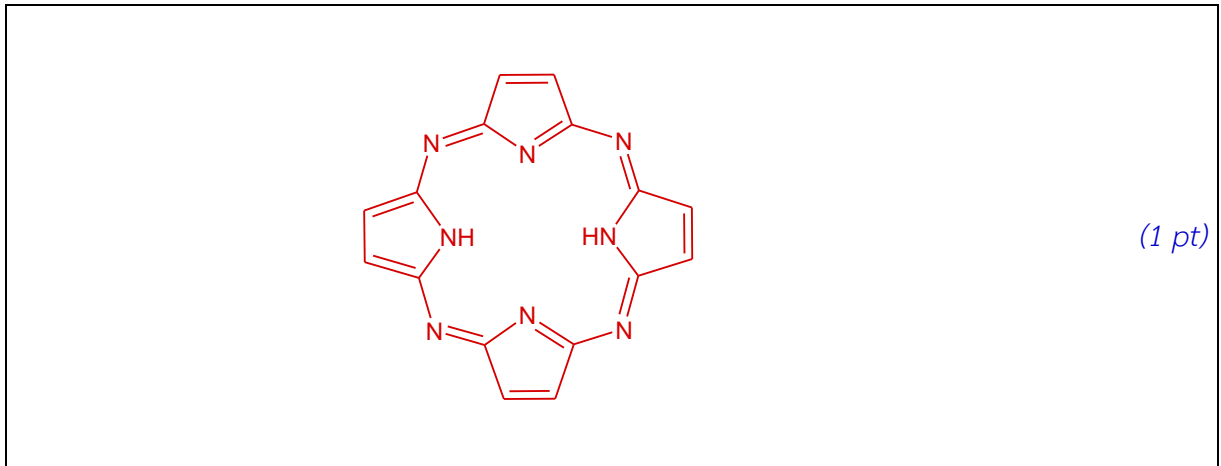
$$= 17.3 \%$$



## คำตอบข้อที่ 6 (10.5 คะแนน)

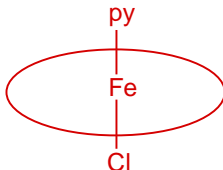
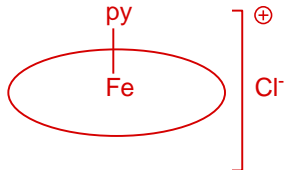
## 6.1 (1 คะแนน)

รูปโครงสร้างของพอร์ไฟราซีน Y



## 6.2 (5 คะแนน)

สูตร ชื่อภาษาอังกฤษ และวาดรูปโครงสร้างของไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ X โดยแสดงส่วนที่เป็นสารเชิงซ้อนให้ชัดเจน

สูตร	$[\text{FeClPzpy}]$ (0.5 pt)	สูตร	$[\text{FePzpy}]\text{Cl}$ (0.5 pt)
ชื่อ	chloroporphyrinatopyridineiron(III) (1 pt)	ชื่อ	porphyrinatopyridineiron(III) chloride (1 pt)
รูป	 <p>(1 pt)</p>	รูป	 <p>(1 pt)</p>
สูตร		สูตร	
ชื่อ		ชื่อ	
รูป		รูป	

## 6.3 (2 คะแนน)

ต้องใช้  $\text{AgNO}_3$  =

0.085

g

(1 คะแนน)

(ตอบทศนิยม 3 ตำแหน่ง)

คำอธิบายเพิ่มเติม

$$\text{ต้องใช้ } \text{AgNO}_3 = 50.00 \text{ mL } X \times \frac{0.010 \text{ mol } X}{1000 \text{ mL } X} \times \frac{1 \text{ mol } \text{AgNO}_3}{1 \text{ mol } X} \times \frac{169.9 \text{ g } \text{AgNO}_3}{1 \text{ mol } \text{AgNO}_3} = 0.08495 \text{ g}$$

X มีการนำไฟฟ้าได้เพียง

 $\text{KNO}_3$  $\text{K}_3\text{Cr}(\text{CN})_6$  $\text{CaCl}_2$ 

glucose

(1 คะแนน)

## 6.4 (1.5 คะแนน)

W มีมวลโมเลกุล



คงเดิม



เพิ่มขึ้น



ลดลง เท่ากับ

35.5

เมื่อเทียบกับ X (0.5 pt)

เพราะ

Fe(III) เปลี่ยนเป็น Fe(II) คลอไรด์หลุดจากโคออร์ดิเนชันสเฟียร์เพื่อให้สารเป็นกลาง

(1 pt)

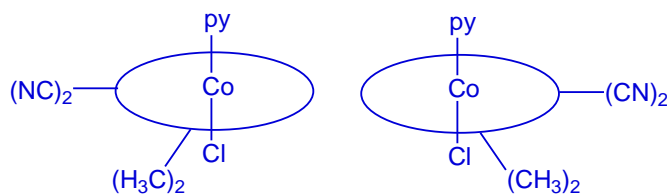
## 6.5 (1 คะแนน)

สารเชิงซ้อนของ  $\text{Co(II)} + \text{Z} + \text{คลอไรด์} + \text{pyridine}$  มี

2

ไอโซเมอร์

(1 pt)

คำอธิบายเพิ่มเติม

ไม่แสดงประจุ

## คำตอบข้อที่ 7 (15 คะแนน)

## 7.1 (3 คะแนน)

ปะการังมีอายุไม่น้อยกว่า

$$1.90 \times 10^4$$

ปี

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (2.5 คะแนน)

การสลายตัวของ C-14 เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง :  $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{e}^-$ 

$$\text{rate} = -\frac{d[^{14}\text{C}]}{dt} = k[^{14}\text{C}]$$

$$\int_{[^{14}\text{C}]_0}^{[^{14}\text{C}]} \frac{1}{[^{14}\text{C}]} d[^{14}\text{C}] = -\int_0^t k dt$$

$$\ln \frac{[^{14}\text{C}]}{[^{14}\text{C}]_0} = -k(t - 0) = -kt$$

(0.5 pt)

ที่เวลา  $t = t_{1/2}$  (ค่าครึ่งชีวิต)  $[^{14}\text{C}]$  จะเป็นครึ่งหนึ่งของ  $[^{14}\text{C}]_0$  ดังนั้น

$$\ln \frac{[^{14}\text{C}]_0/2}{[^{14}\text{C}]_0} = -kt_{1/2}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -kt_{1/2} = 0.693$$

หรือ

$$k = \frac{0.693}{t_{1/2}} \quad \text{หรือ} \quad t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

(0.5 pt)

C-14 มีค่าครึ่งชีวิต 5,730 ปี หากมี C-12 อยู่ 99.9 % นั่นคือ มี C-14 อยู่ 0.1 % จะได้

(0.5 pt)

$$\ln \frac{[^{14}\text{C}]}{[^{14}\text{C}]_0} = -\frac{0.693}{t_{1/2}} t$$

$$\ln \frac{0.1\%}{1.0\%} = -\frac{0.693}{5,730 \text{ ปี}} t$$

(1 pt)

$$t = 1.90 \times 10^4 \text{ ปี}$$

## 7.2 (3.5 คะแนน)

7.2.1 อันดับของปฏิกิริยา =

$$\frac{\ln \left( \frac{y}{x} \right)}{\ln(2)} + \frac{\ln \left( \frac{z}{x} \right)}{\ln(3)}$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (1.5 คะแนน)

ให้  $m$  และ  $n$  เป็นอันดับปฏิกิริยาของ  $C_2H_5OH$  และ  $O_2$  ตามลำดับ

จากการทดลองที่ 1;  $rate_1 = \frac{x}{10} = k [a]^m [b]^n$

จากการทดลองที่ 2;  $rate_2 = \frac{y}{10} = k [a]^m [2b]^n$

$$\frac{rate_2}{rate_1} = \frac{y}{x} = [2]^n$$

(0.5 pt)

$$\ln \left( \frac{y}{x} \right) = n \ln(2)$$

$$n = \frac{\ln \left( \frac{y}{x} \right)}{\ln(2)}$$

จากการทดลองที่ 3;  $rate_3 = \frac{z}{10} = k [3a]^m [b]^n$

$$\frac{rate_3}{rate_1} = \frac{z}{x} = [3]^m$$

(0.5 pt)

$$\ln \left( \frac{z}{x} \right) = m \ln(3)$$

$$m = \frac{\ln \left( \frac{z}{x} \right)}{\ln(3)}$$

ดังนั้น อันดับรวมของปฏิกิริยา =  $m + n$

(0.5 pt)

$$= \frac{\ln \left( \frac{y}{x} \right)}{\ln(2)} + \frac{\ln \left( \frac{z}{x} \right)}{\ln(3)}$$

7.2.2 ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) =

$$\frac{x}{10 [a]^{\frac{\ln\left(\frac{y}{x}\right)}{\ln(2)}} [b]^{\frac{\ln\left(\frac{z}{x}\right)}{\ln(3)}}}$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ (1 คะแนน)

จากการทดลองที่ 1;  $rate_1 = \frac{x}{10} = k [a]^m [b]^n$ 

$$\frac{x}{10} = k [a]^{\frac{\ln\left(\frac{y}{x}\right)}{\ln(2)}} [b]^{\frac{\ln\left(\frac{z}{x}\right)}{\ln(3)}}$$

(1 pt)

ดังนั้น ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา  $k = \frac{x}{10 [a]^{\frac{\ln\left(\frac{y}{x}\right)}{\ln(2)}} [b]^{\frac{\ln\left(\frac{z}{x}\right)}{\ln(3)}}}$ 

## 7.3 (5 คะแนน)

การสันดาปเอทานอลให้พลังงาน ☐ สูงกว่า ☒ ต่ำกว่า การสันดาป 1-โพรพานอล (0.5 คะแนน)=  kJ/g (0.5 คะแนน)การสันดาปเอทานอลให้พลังงาน =  kJ/g (0.5 คะแนน)การสันดาป 1-โพรพานอลให้พลังงาน =  kJ/g (0.5 คะแนน)

(ทุกคำตอบ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ (3 คะแนน)

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องของสารที่แสดงการคำนวณ ☐ เอทานอล ☐ 1-โพรพานอล

ถ้าตอบเอทานอล



$$\Delta H = \{5(\text{C-H}) + (\text{C-C}) + (\text{C-O}) + (\text{O-H}) + 3(\text{O=O})\} - \{4(\text{C=O}) + 6(\text{O-H})\} \quad (1 \text{ pt})$$

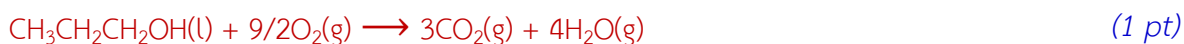
$$= \{5(413) + (348) + (358) + (463) + 3(495)\} - \{4(799) + 6(463)\}$$

$$= 4,719 - 5,974 = -1,255 \text{ kJ/mol} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$= -\frac{1,255 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{46.068 \text{ g}} \quad (\text{มวลโมเลกุลของเอทานอล} = 46.068) \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$= -27.24 \text{ kJ/g}$$

## ถ้าตอบ 1-โพรพานอล



$$\Delta H = \{7(\text{C-H}) + 2(\text{C-C}) + (\text{C-O}) + (\text{O-H}) + 9/2(\text{O=O})\} - \{6(\text{C=O}) + 8(\text{O-H})\} \quad (1 \text{ pt})$$

$$= \{7(413) + 2(348) + (358) + (463) + 9/2(495)\} - \{6(799) + 8(463)\}$$

$$= 6,635.5 - 8,498 = -1,862.5 \text{ kJ/mol} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$= -\frac{1,862.5 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{60.095 \text{ g}} \quad (\text{มวลโมเลกุลของ 1-โพรพานอล} = 60.095) \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$= -30.99 \text{ kJ/g}$$

## 7.4 (3.5 คะแนน)

อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจาก  $n_i =$  2 ไปยัง  $n_f =$  3 (1 คะแนน)

วิธีคำนวณ (2.5 คะแนน)

จาก  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \quad (0.5 \text{ pt})$

$$\Delta E = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})}{656 \times 10^{-9} \text{ m/s}} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$= 3.03 \times 10^{-19} \text{ J}$$

จาก Rydberg's equation;  $\Delta E = R_H \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad (0.5 \text{ pt})$

เมื่อ Rydberg constant ( $R_H$ ) =  $2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$

$$3.03 \times 10^{-19} = 2.18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) = 0.139 \quad (0.5 \text{ pt})$$

(แสงสีแดงเป็นแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น  $n_i$  ควรเป็น 2)

แทนค่า  $n_i = 1, 2, 3, \dots$  และ  $n_f = 2, 3, 4, \dots$  ในสมการ

จะได้ว่า  $n_i = 2$  และ  $n_f = 3$

## คำตอบข้อที่ 8 (15 คะแนน)

## 8.1 (4.5 คะแนน)

8.1.1 ปฏิริยาที่ขั้วแอโนด	$4 \text{ Al(s)} + 4 \text{ OH}^{\text{--}}(\text{aq}) \longrightarrow [\text{Al(OH)}_4]^{\text{--}}(\text{aq}) + 3 \text{ e}^{\text{--}}$	(0.5 คะแนน)
ปฏิริยาที่ขั้วแคโทด	$3 \text{ O}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{ e}^{\text{--}} \longrightarrow 4 \text{ OH}^{\text{--}}(\text{aq})$	(0.5 คะแนน)
ปฏิริยาของเซลล์	$4 \text{ Al(s)} + 3 \text{ O}_2(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{ OH}^{\text{--}}(\text{aq}) \longrightarrow 4 [\text{Al(OH)}_4]^{\text{--}}(\text{aq})$	(0.5 คะแนน)

8.1.2	$\Delta G^\circ =$	$-2,316.0$	kJ	(0.5 คะแนน)
	$\Delta S^\circ =$	$115.8$	J/K	(0.5 คะแนน)
	$\Delta H^\circ =$	$-2,281.5$	kJ	(0.5 คะแนน)

(ทุกคำตอบ ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

## วิธีคำนวณ (1.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ &= -nFE^\circ \quad (F = 96,500 \text{ C mol}^{-1} = 96,500 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \\
 &= -12 \text{ mol} \times 96,500 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 2.0 \text{ V} && (0.5 \text{ pt}) \\
 &= -2,316,000 \text{ J} \\
 &= -2,316.0 \text{ kJ} \\
 \Delta S^\circ &= nFx \quad (x = 1.0 \times 10^{-4} \text{ V/}^\circ\text{C} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ V/K}) \\
 &= 12 \text{ mol} \times 96,500 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 1.0 \times 10^{-4} \text{ V/K} && (0.5 \text{ pt}) \\
 &= 115.8 \text{ J/K} \\
 \Delta H^\circ &= \Delta G^\circ + T\Delta S^\circ \\
 &= -2,316,000 \text{ J} + (298 \text{ K} \times 115.8 \text{ J/K}) && (0.5 \text{ pt}) \\
 &= -2,281,491.6 \text{ J} \\
 &= -2,281.5 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

## 8.2 (6 คะแนน)

ปริมาตรเริ่มต้น =	2.46	L	(0.5 คะแนน)
ปริมาตรสุดท้าย =	9.79	L	(0.5 คะแนน)
อุณหภูมิสุดท้าย =	119.39	K	(0.5 คะแนน)
งาน =	2.25	kJ	(0.5 คะแนน)

(ทุกคำตอบ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

## วิธีคำนวณ (4 คะแนน)

$$\text{จาก } P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_p = 5R/2$$

$$C_v = 3R/2$$

$$\gamma = 5/3$$

(1 pt)

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1}$$

$$V_1 = \frac{1.0 \text{ mol} \times 0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{10.0 \text{ atm}}$$

(0.5 pt)

$$V_1 = 2.46 \text{ L}$$

$$\text{จาก } P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$10.0 \text{ atm} \times (2.46 \text{ L})^{5/3} = 1.0 \text{ atm} \times V_2^{5/3}$$

(0.5 pt)

$$V_2 = 9.79 \text{ L}$$

$$\text{จาก } P_2 V_2 = nRT_2$$

$$1.0 \text{ atm} \times 9.79 \text{ L} = 1.0 \text{ mol} \times 0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times T_2$$

(0.5 pt)

$$T_2 = 119.39 \text{ K}$$

$$\text{จาก } \Delta E = nC_v \Delta T$$

$$= 1.0 \text{ mol} \times (3/2 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times (119.39 \text{ K} - 300 \text{ K})$$

(0.5 pt)

$$= -2,252.39 \text{ J}$$

$$\Delta E = q - w = 0 - w$$

(0.5 pt)

$$w = -\Delta E$$

(0.5 pt)

$$w = 2,252.39 \text{ J}$$

$$w = 2.25 \text{ kJ}$$



## 8.3 (4.5 คะแนน)

ปริมาตรไอ	=	63.63	L	(0.5 คะแนน)
ปริมาตรของเหลว	=	0.05	L	(0.5 คะแนน)
พลังงานของการเปลี่ยนแปลง	=	73.55	kJ	(0.5 คะแนน)

(ทุกคำตอบ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ (3 คะแนน)

ไอของของเหลวมีพฤติกรรมเป็น ideal gas

ไอ  $V_2 = \frac{nRT}{P}$

$$= \frac{2 \text{ mol} \times 0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (273 + 115) \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

(0.5 pt)

$$= 63.63 \text{ L}$$

ของเหลว  $V_1 = \frac{m}{d}$

$$= \frac{2 \text{ mol} \times 30 \text{ g/mol}}{1.2 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL/L}}$$

(0.5 pt)

$$= 0.05 \text{ L}$$

จาก  $\Delta E = q - w$

P คงที่ (1 atm)  $\Delta E = q - P\Delta V$

$$\Delta E = q - P(V_2 - V_1)$$

(0.5 pt)

$$q = 2 \text{ mol} \times 40,000 \text{ J/mol} = 2 \times 40,000 \text{ J}$$

(0.5 pt)

$$\Delta E = (2 \times 40,000 \text{ J}) - 1 \text{ atm} \times (63.63 \text{ L} - 0.05 \text{ L})$$

(0.5 pt)

$$= (2 \times 40,000 \text{ J}) - 1 \text{ atm} \times (63.63 \text{ L} - 0.05 \text{ L}) \times \frac{101.4 \text{ J}}{1 \text{ L atm}}$$


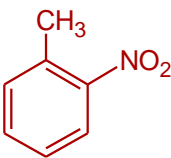
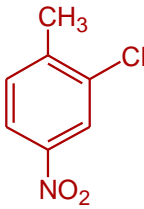
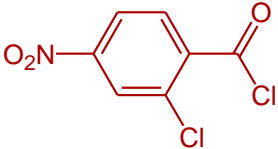
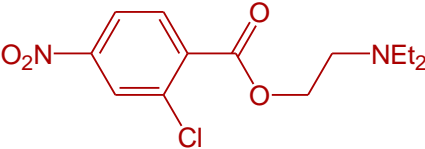
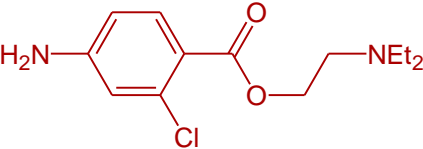
(0.5 pt)

$$= 73,553 \text{ J}$$

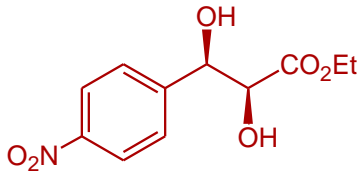
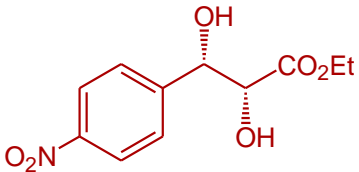
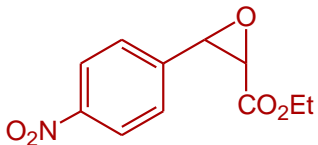
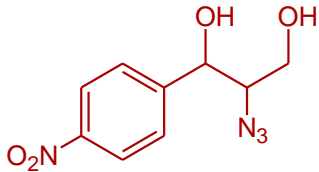
$$= 73.55 \text{ kJ}$$

## Solution to Problem 9 (14.5 points)

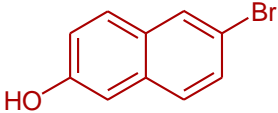
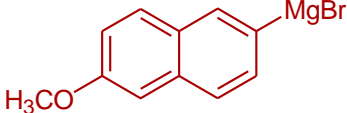
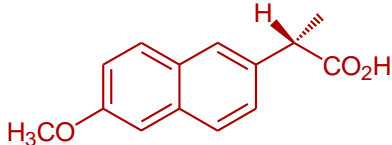
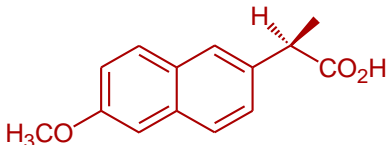
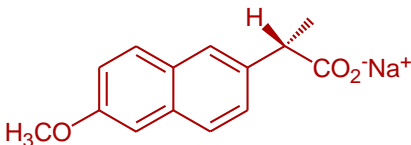
## 9.1 (6 points)

 <p>Structure of <b>A</b> (0.5 pt)</p>	 <p>Structure of <b>B</b> (0.5 pt)</p>	 <p>Structure of <b>C</b> (1 pt)</p>
 <p>Structure of <b>D</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>E</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>F</b> (1 pt)</p>
<p><math>\text{Cl}_2/\text{AlCl}_3</math></p> <p>Reagent 1 (0.5 pt)</p>	<p><math>\text{HNEt}_2</math></p> <p>Reagent 2 (0.5 pt)</p>	

9.2 (5 points)

 <p><i>H กับ G สลับกันได้</i> Structure of <b>G</b> (1 pt)</p>	 <p><i>H กับ G สลับกันได้</i> Structure of <b>H</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>J</b> (1 pt)</p>
 <p>Structure of <b>K</b> (1 pt)</p>	<p><math>\text{Cl}_2\text{CHCO}_2\text{Cl}</math> หรือ <math>\text{Cl}_2\text{CHCOOH/heat}</math></p> <p>Reagent <b>3</b> (1 pt)</p>	

9.3 (3.5 points)

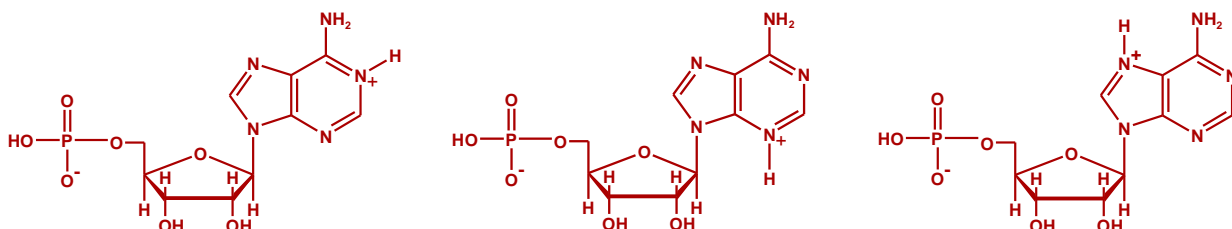
 <p>Structure of <b>L</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>M</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>N</b> (0.5 pt)</p>
 <p>Structure of <b>P</b> (0.5 pt)</p>	 <p>Structure of <b>Q</b> (S)-Naproxen sodium (0.5 pt)</p>	

Solution to Problem 10 (9 points)

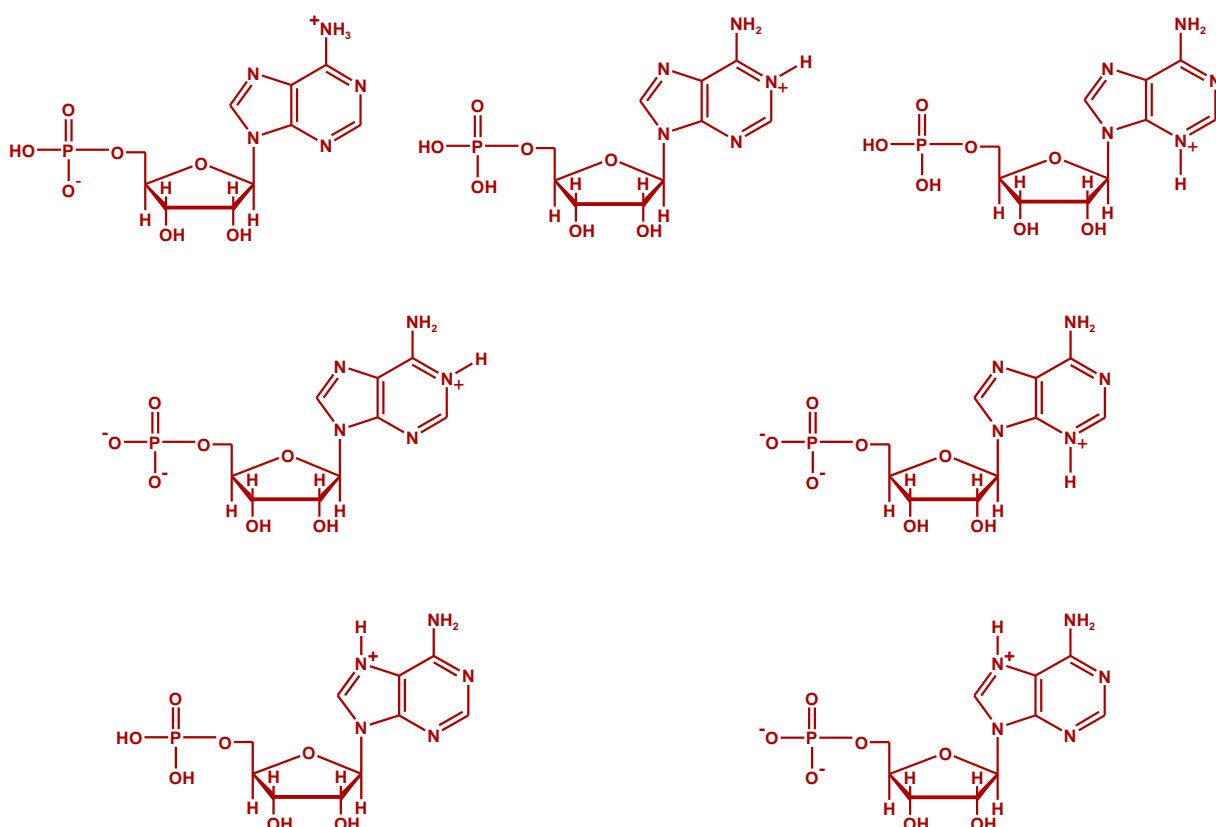
10.1 (3 points)

Structure at pH 3

โครงสร้างต่อไปนี้ได้ 1.5 คะแนน



โครงสร้างต่อไปนี้ได้ 1 คะแนน

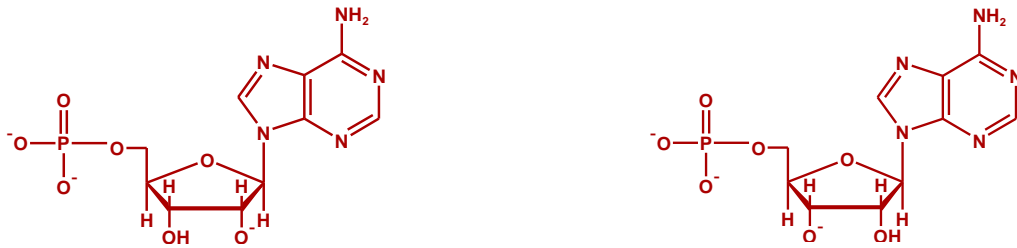


โครงสร้างต่อไปนี้ได้ 0.5 คะแนน

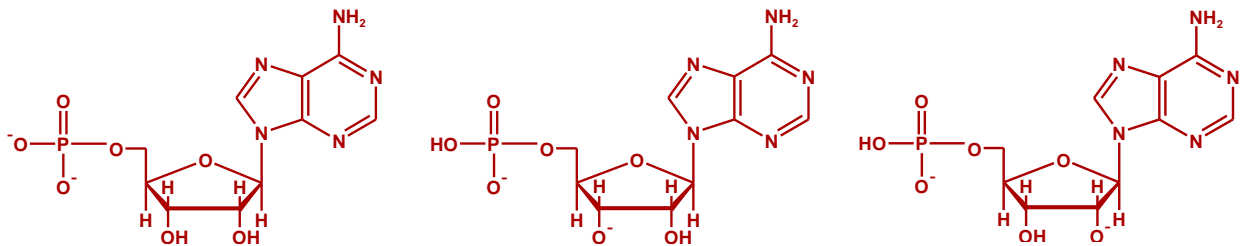


### Structure at pH 14

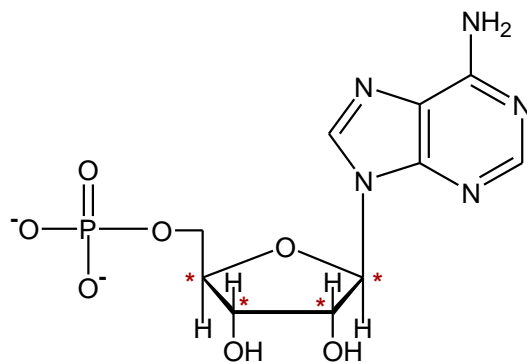
โครงสร้างต่อไปนี้ได้ 1.5 คะแนน



โครงสร้างต่อไปนี้ได้ 0.5 คะแนน



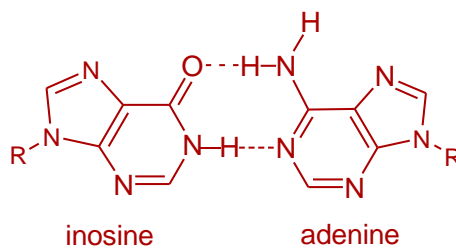
### 10.2 (1 point) Assignment of stereogenic centers of AMP.



จุดละ 0.25 คะแนน

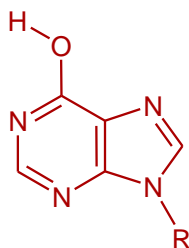
ตอบเกิน 4 จุด 0 คะแนน

### 10.3 (2 points) Hydrogen bonding pattern between inosine and adenine.



- แสดงเส้นประ hydrogen bond แค่ 1 พันธะ ไม่ว่าจัดวางโมเลกุลอย่างไร หากจับถูกคู่ 1 คู่ ได้ 1 คะแนน แต่ต้องนำ adenine มา pair ด้วยเท่านั้น ถ้าใช้ผิดเบสไม่ได้คะแนนเลย
- หมู่ R จะแสดงเป็นส่วนที่เหลือของ nucleotide หรือแสดงเป็นเพียง H หรือแสดงเป็นเส้นหยิกก็ได้ ไม่หักคะแนนส่วนนี้

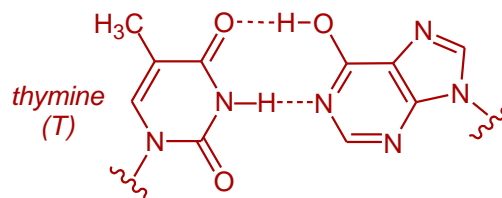
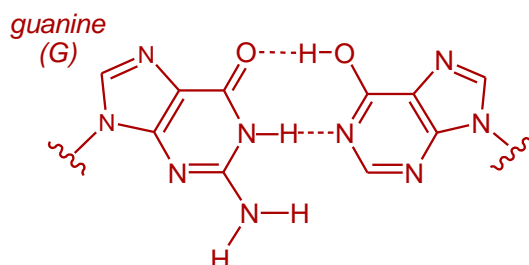
## 10.4 (1 point) Structure of tautomer of inosine.



หมู่ R จะแสดงเป็นส่วนที่เหลือของ nucleotide หรือแสดงเป็นเพียง H หรือแสดงเป็นเส้นหยิกก็ได้ ไม่หักคะแนน  
ส่วนนี้

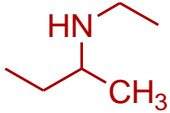
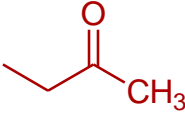
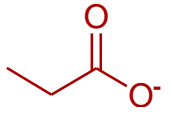
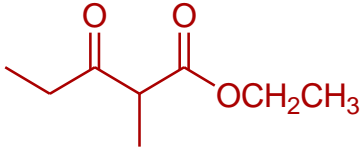
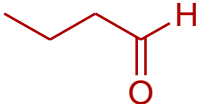
## 10.5 (2 points) Hydrogen bonding patterns of the tautomeric with a standard base.

วาดคู่กับ T หรือ G ได้คะแนนเต็ม 2 คะแนน



หากวาดโดยกลับด้าน จุดที่ต่อกับน้ำตาลสลับข้างกัน แต่ hydrogen bond เข้าคู่กันพอดี ได้ 1 คะแนน

Solution to Problem 11 (6 points)

 <p>Structure of <b>A</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>B</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>C</b> (1 pt)</p>
 <p>Structure of <b>D</b> (1 pt)</p>	 <p>Structure of <b>E</b> (1 pt)</p>	
<p><math>\text{HgSO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4</math> <math>\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>Reagent <b>1</b> (0.5 pt)</p>	<p>1) <math>\text{BH}_3</math> 2) <math>\text{H}_2\text{O}_2, \text{NaOH}</math></p> <p>Reagent <b>2</b> (0.5 pt)</p>	