



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 5

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

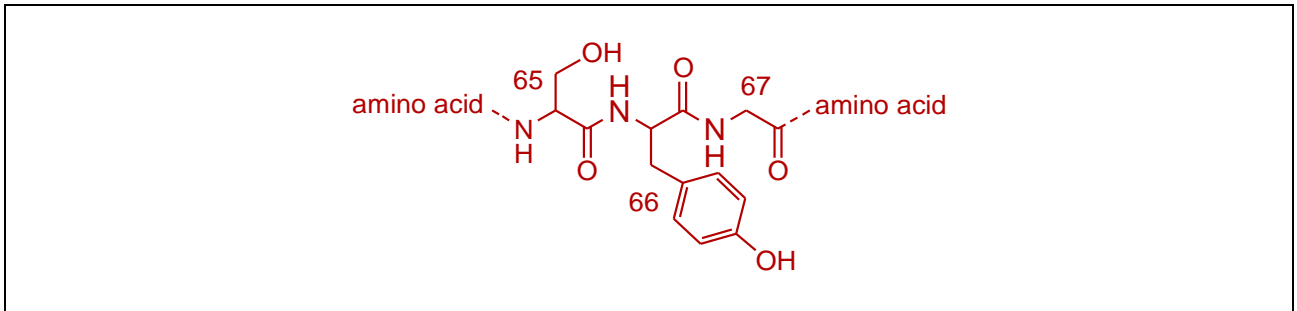
วันพฤหัสบดีที่ 7 พฤษภาคม 2552

เวลา 08.30 – 13.30 น.

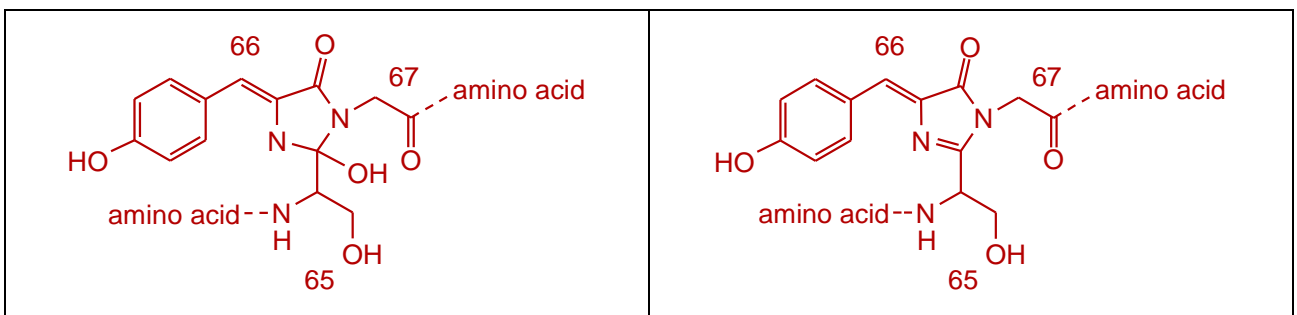
เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

เฉลยข้อที่ 1 (8 คะแนน)

1.1 โครงสร้างของไตรเพปไทด์คือ (2 คะแนน)



1.2 โครงสร้างของอินเทอร์มีเดียต 1 และ 2 คือ (ไม่ต้องระบุสเตอริโอเคมี) (2 คะแนน)



อินเทอร์มีเดียต 1

อินเทอร์มีเดียต 2

1.3 อินเทอร์มีเดียต 2 สูญเสียอะตอมของธาตุ

ไฮโดรเจน

(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยานี้เรียกว่า

ออกซิเดชัน (หรือ ดีไฮโดรจิเนชัน)

(0.5 คะแนน)

1.4 ปัจจัยสำคัญที่ทำให้อินเทอร์มีเดียต 2 เปลี่ยนเป็นโครโมฟอร์ได้ง่ายคือ

คอนจูเกชัน (หรือ ความเป็นอะโรมาติก)

(1 คะแนน)

1.5 มีผลกระทบต่อการเกิดโครโมฟอร์ดังนี้

ปฏิกิริยาจะหยุดที่อินเทอร์มีเดียต 2 โดยไม่เปลี่ยนไปเป็นโครโมฟอร์

(1 คะแนน)

เพราะ

ปฏิกิริยาดิไฮโดรจิเนชันของ 2 เกิดได้ยากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม่มีคอนจูเกต

(1 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 2 (7 คะแนน)

2.1 Cystine มีจำนวนไครัลคาร์บอน = 2 ตัว (0.5 คะแนน)

2.2 Cystine มีจำนวนสเตอริโอไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด = 3 ไอโซเมอร์ (1 คะแนน)

2.3 สัญลักษณ์แสดงสเตอริโอไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ Cystine คือ

RR, SS, RS

(2 คะแนน)

2.4 ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ racemic Cysteine มีทั้งหมด 3 ชนิด (0.5 คะแนน)

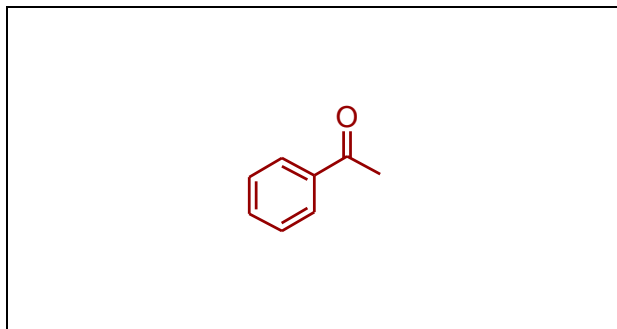
ในอัตราส่วนโดยโมลเป็น 1:1:2 (จะตอบว่า 2:1:1 หรือ 1:2:1 ก็ได้) (1 คะแนน)

2.5 แยกองค์ประกอบได้มากที่สุด 2 ชนิด (1 คะแนน)

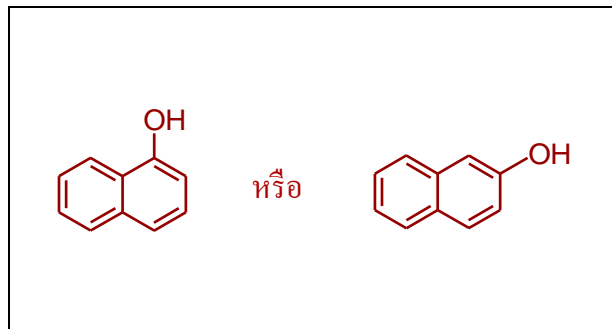
และมีอัตราส่วนโดยมวลเป็น 1:1 (1 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 3 (12 คะแนน)

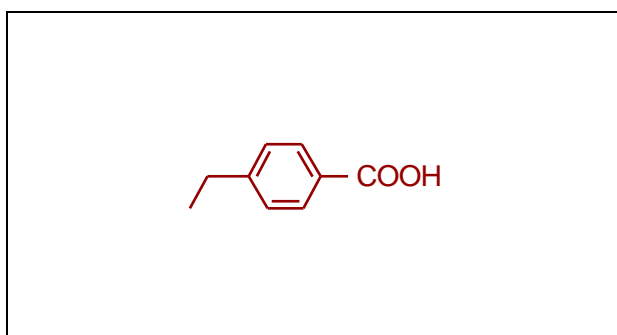
3.1 สูตรโครงสร้างของสาร A – สาร L เป็นดังนี้ (11 คะแนน)



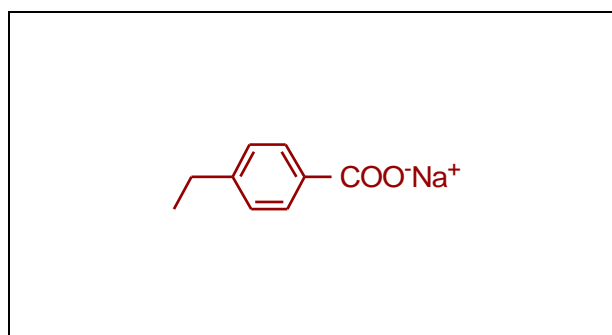
สูตรโครงสร้างของสาร A (1 คะแนน)



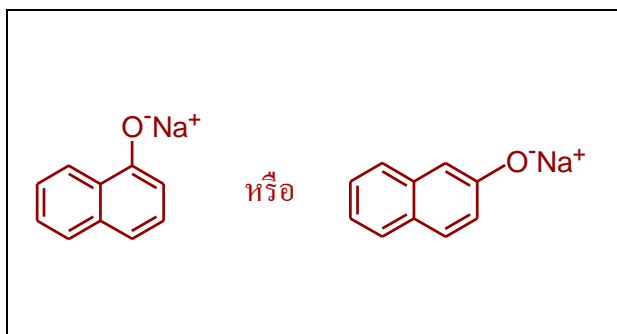
สูตรโครงสร้างของสาร B (1 คะแนน)



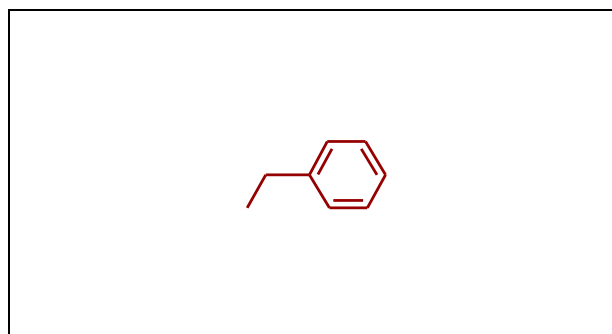
สูตรโครงสร้างของสาร C (1 คะแนน)



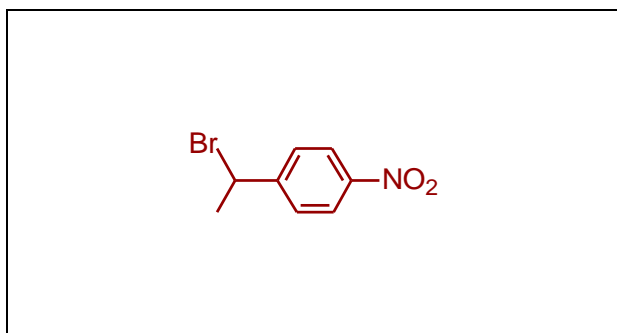
สูตรโครงสร้างของสาร D (1 คะแนน)



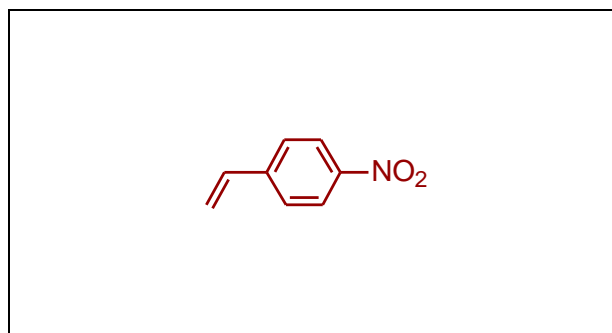
สูตรโครงสร้างของสาร E (1 คะแนน)



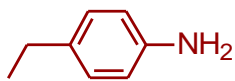
สูตรโครงสร้างของสาร F (1 คะแนน)



สูตรโครงสร้างของสาร G (1 คะแนน)



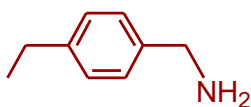
สูตรโครงสร้างของสาร H (1 คะแนน)



สูตรโครงสร้างของสาร J (1 คะแนน)



สูตรโครงสร้างของสาร K (1 คะแนน)



สูตรโครงสร้างของสาร L (1 คะแนน)

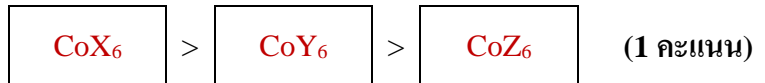
3.2 รีเอเจนต์ที่ใช้และสภาวะ X คือ

$\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4, \Delta$

(1 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 4 (9 คะแนน)

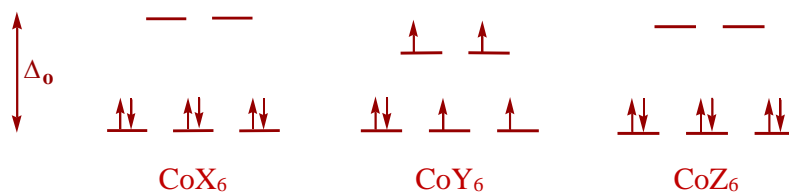
4.1 ลำดับค่า Δ_o ของสารประกอบเชิงซ้อน



วิธีคิด (1 คะแนน)

จากสมบัติแม่เหล็ก แสดงว่า Δ_o ของ CoY_6 ต่ำกว่าของ CoZ_6 และจากพลังงานที่ดูดกลืนแสงซึ่ง CoX_6 จะใช้มากกว่า CoZ_6 แสดงว่า Δ_o ของ CoX_6 สูงที่สุด

4.2 แผนภาพระดับพลังงานของ d-orbital ของสารทั้ง 3 ชนิดและบรรจุอิเล็กตรอนลงใน d-orbital (3 คะแนน)



แผนภาพระดับพลังงาน 1 คะแนน จำนวนอิเล็กตรอน 0.5 คะแนน บรรจุอิเล็กตรอนสารละ 0.5 คะแนน

4.3 สมบัติแม่เหล็กของ CoX_6 คือ

diamagnetic

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

(ใช้ข้อสรุปจากข้อ 4.1) CoZ_6 เป็น diamagnetic ส่วน CoX_6 มีค่า Δ_o สูงกว่า และบรรจุอิเล็กตรอนแบบเดียวกัน จึงมีสมบัติเป็น diamagnetic ด้วย

4.4 การดูดกลืนแสงของสาร CoY_6 ควรเป็นดังนี้ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง □) (1 คะแนน)

ช่วง ☐ อัลตราไวโอเลต ☒ แสงที่เห็นได้
 ความยาวคลื่น ☒ ยาวกว่า 450 nm ☐ ระหว่าง 450 – 400 nm ☐ สั้นกว่า 400 nm

วิธีคิด (1 คะแนน)

(ใช้ข้อสรุปจากข้อ 4.1) Δ_o ของ CoY_6 ต่ำกว่าของ CoZ_6 ดังนั้น CoY_6 ดูดกลืนแสงที่พลังงานต่ำกว่า (ความยาวคลื่นยาวกว่า)

4.5 ออร์บิทัลที่ใช้คือ

$3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2}, 4s, 4p_x, 4p_y, 4p_z$
 ถ้าตอบ d^2sp^3 ให้ 0.5 คะแนน

(1 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 5 (5 คะแนน)

5.1 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ A คือ

${}^{60}_{28}\text{Ni}$

(0.5 คะแนน)

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ B คือ

${}^{56}_{26}\text{Fe}$

(0.5 คะแนน)

5.2 ครึ่งชีวิตของโคบอลต์-60 =

5.3

ปี

(1 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

อัตราส่วนของ Co-60 ที่เหลืออยู่เท่ากับ $1/64$ เมื่อเทียบกับเวลาเริ่มต้น

$\frac{1}{64} = \left(\frac{1}{2}\right)^6$ แสดงว่า เวลาที่ผ่านไปคือ 6 เท่าของครึ่งชีวิตของ Co-60

ดังนั้นครึ่งชีวิตของ Co-60 = $\frac{31.8}{6}$ ปี = 5.3 ปี

5.3 โรงพยาบาลควรจะต้องเปลี่ยนชุดโคบอลต์-60 เดือน

สิงหาคม

พ.ศ.

2562

(1 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

เวลาที่จะทำให้โคบอลต์-60 สลายตัวไป 75 % หรือ เหลือโคบอลต์-60 เพียง 25 % คือ $1/4$ เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้น แสดงว่า เวลาที่ต้องใช้ในการสลายตัวคือ 2 เท่าของครึ่งชีวิต = 2×5.3 ปี = 10.6 ปี

ดังนั้น วัน เดือน ปี ที่ทางโรงพยาบาลควรจะต้องเปลี่ยนชุดโคบอลต์-60 นี้คือ วันที่ 6 สิงหาคม 2562

เฉลยข้อที่ 6 (7 คะแนน)

6.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ X คือ



(1 คะแนน)

6.2 มวลของ NaX =

0.5110

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.5 คะแนน)

ในที่นี้ X ก็คือ Br

1. หาจำนวนโมลของ Br^-

$$1.6930 \text{ g AgBr} \times \frac{1 \text{ mol AgBr}}{187.8 \text{ g AgBr}} \times \frac{1 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol AgBr}} = 9.015 \times 10^{-3} \text{ mol Br}^- \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

2. กำหนดให้ จำนวนโมลของ NaBr = Y, จำนวนโมลของ $\text{CaBr}_2 = \frac{9.015 \times 10^{-3} - Y}{2}$

3. มวลของ NaBr + มวลของ $\text{CaBr}_2 = 0.9157 \text{ g}$

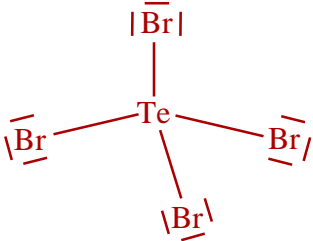
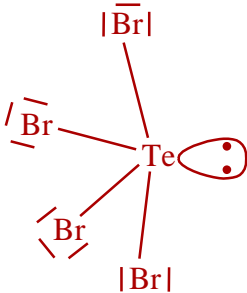
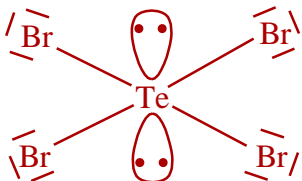
$$\left(Y \text{ mol NaBr} \times \frac{102.9 \text{ g NaBr}}{1 \text{ mol NaBr}} \right) + \left(\frac{9.015 \times 10^{-3} - Y}{2} \text{ mol CaBr}_2 \times \frac{199.9 \text{ g CaBr}_2}{1 \text{ mol CaBr}_2} \right) = 0.9157 \text{ g} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

จะได้ $Y = 4.966 \times 10^{-3} \text{ mol NaBr}$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น มวลของ NaBr} &= 4.966 \times 10^{-3} \text{ mol NaBr} \times \frac{102.9 \text{ g NaBr}}{1 \text{ mol NaBr}} \\ &= 0.5110 \text{ g} \end{aligned} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

| | | | | |
|-----|---------------------|-------|----|-------------|
| 6.3 | ทรงสี่หน้า | $Z =$ | 2+ | (0.5 คะแนน) |
| | ทรงสี่หน้าบิดเบี้ยว | $Z =$ | 0 | (0.5 คะแนน) |
| | สี่เหลี่ยมแบนราบ | $Z =$ | 2- | (0.5 คะแนน) |

โครงสร้างลิวอิสของสารประกอบ (1.5 คะแนน)

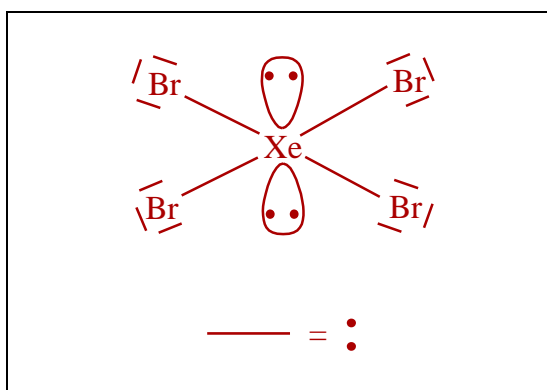
| ทรงสี่หน้า | ทรงสี่หน้าบิดเบี้ยว | สี่เหลี่ยมแบนราบ |
|--|---|--|
|  <p>charge = 2+</p> |  <p>charge = 0</p> <p>— = :</p> |  <p>charge = 2-</p> |

6.4 A ควรเป็นธาตุ

Xe

(0.5 คะแนน)

โครงสร้างลิวอิสของสารประกอบ



(0.5 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 7 (8 คะแนน)

7.1 สูตรทั่วไปของสารประกอบนี้ คือ



(1 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

จำนวนไอออนของแคลเซียมอยู่ที่มุม = $8 \times 1/8 = 1$ ไอออน

(0.35 คะแนน)

จำนวนไอออนของไทเทเนียมอยู่ที่ตรงกลาง = 1 ไอออน

(0.30 คะแนน)

จำนวนไอออนของออกไซด์อยู่ที่จุดกึ่งกลางหน้า = $6 \times 1/2 = 3$ ไอออน

(0.35 คะแนน)

7.2 มวลของหน่วยเซลล์ =

$$2.26 \times 10^{-22}$$

g

(1 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

มวลของหน่วยเซลล์ = มวลของแคลเซียมไอออน 1 ไอออน + มวลของไทเทเนียมไอออน 1 ไอออน
+ มวลของออกไซด์ไอออน 3 ไอออน

(0.25 คะแนน)

มวลของหน่วยเซลล์ = มวลของแคลเซียมไอออน 1 โมลไอออน + มวลของไทเทเนียมไอออน 1 โมลไอออน
+ มวลของออกไซด์ไอออน 3 โมลไอออน / เลขอาโวกาโดร

(0.5 คะแนน)

$$= \frac{[40.1 + 47.9 + 3(16.0)]}{6.02 \times 10^{23}}$$

(0.25 คะแนน)

$$= 2.26 \times 10^{-22} \text{ g}$$

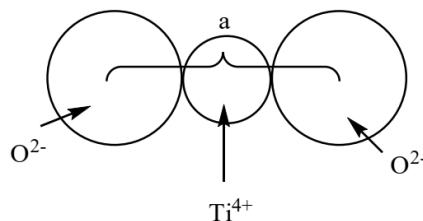
7.3 ความยาวด้านของหน่วยเซลล์ = 0.392 nm (1 คะแนน)

ตอบทศนิยม 3 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

เนื่องจากสารประกอบนี้มีไอออน 3 ชนิดที่มีขนาดไม่เท่ากัน โดยที่ไอออนที่มีขนาดโตที่สุดคือ ออกไซด์ไอออน อยู่กึ่งกลางแต่ละหน้าของหน่วยเซลล์ที่กำหนดให้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากโครงสร้างแล้วจะเห็นว่า ความยาวด้านของหน่วยเซลล์นี้จะเท่ากับระยะทางจากออกไซด์ไอออนที่อยู่กึ่งกลางหน้าของหน่วยเซลล์ผ่านไทเทเนียมไอออนที่อยู่ตรงกลางของหน่วยเซลล์ไปยังออกไซด์ไอออนที่อยู่กึ่งกลางหน้าตรงกันข้ามของหน่วยเซลล์

ดังนั้น ถ้าให้ความยาวด้านของหน่วยเซลล์ = a สามารถแสดงระยะทาง a ได้ดังรูป



$$\begin{aligned} a &= (2 \times \text{รัศมีไทเทเนียมไอออน}) + (2 \times \text{รัศมีออกไซด์ไอออน}) && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= (2 \times 0.064) + (2 \times 0.132) && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= 0.392 \text{ nm} \end{aligned}$$

7.4 ความหนาแน่นของหน่วยเซลล์ = 3.75 g/cm³ (1 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของหน่วยเซลล์} &= (\text{ความยาวด้านของหน่วยเซลล์})^3 && (0.2 \text{ คะแนน}) \\ &= (0.392 \times 10^{-7})^3 \text{ cm}^3 && (0.2 \text{ คะแนน}) \\ &= 6.024 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 && (0.2 \text{ คะแนน}) \\ \text{ความหนาแน่นของหน่วยเซลล์} &= \frac{\text{มวลของหน่วยเซลล์}}{\text{ปริมาตรของหน่วยเซลล์}} && (0.2 \text{ คะแนน}) \\ &= \frac{2.26 \times 10^{-22} \text{ g}}{6.024 \times 10^{-23} \text{ cm}^3} && (0.2 \text{ คะแนน}) \\ &= 3.75 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

เฉลยข้อที่ 8 (4 คะแนน)

8.1 ความร้อนของการเผาไหม้ของ $C_{10}H_8(s)$ = 46.72 kJ/g (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.5 คะแนน)

หาความจุความร้อนของระบบโดยใช้กรดเบนโซอิก

$$\text{กรด } 1.0000 \text{ g ให้ความร้อน} = 26,437 \text{ J}$$

$$\text{กรด } 1.0087 \text{ g ให้ความร้อน} = 26,437 \times 1.0087 = 26,667 \text{ J} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

จาก $Q = \Delta E = C\Delta T$ (0.25 คะแนน)

$$26,667 = C(30.59 - 27.93) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$C = 10,025 \text{ J/K} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

ความร้อนของการเผาไหม้ของ $C_{10}H_8(s)$

$$\Delta E = C\Delta T$$

$$= 10,025(31.09 - 28.00) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 30,977 \text{ J}$$

$$C_{10}H_8(s) \text{ } 0.6630 \text{ g ให้ความร้อน} = 30,977 \text{ J}$$

$$C_{10}H_8(s) \text{ } 1.0000 \text{ g ให้ความร้อน} = 30,977 \text{ J} / 0.6630 \text{ g} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 46,723 \text{ J/g}$$

$$= 46.72 \text{ kJ/g}$$

8.2 งานของการเผาไหม้ของ $C_{10}H_8(s)$ = 0.00 kJ/g (0.25 คะแนน)

วิธีคิด (0.25 คะแนน)

จาก $w = P\Delta V$

เนื่องจากปริมาตรคงที่ $\Delta V = 0$

$$w = P(0) = 0.00 \text{ kJ}$$

8.3 เอนทัลปีของการเผาไหม้ของ $C_{10}H_8(s)$ =

46.68

kJ/g

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\Delta H = \Delta E + \Delta(PV)$$

$$= \Delta E + \Delta(nRT)$$

$$= \Delta E + RT\Delta n$$

(0.3 คะแนน)



(0.3 คะแนน)

$$\Delta n = 10 - 12 = -2$$

(0.2 คะแนน)

$$\Delta H = 46,723 + \frac{8.314 (273 + 28.00) (-2)}{128.0}$$

$$= 46,684 \text{ J/g}$$

(0.2 คะแนน)

$$= 46.68 \text{ kJ/g}$$

เฉลยข้อที่ 9 (4 คะแนน)

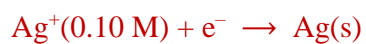
9.1 สมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า

Anode



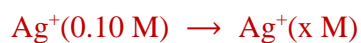
(0.2 คะแนน)

Cathode



(0.2 คะแนน)

Net Reaction



(0.2 คะแนน)

9.2 ΔG ของการละลายของ AgI(s) =

-38.60

kJ

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\Delta G = -nFE_{\text{cell}}$$

(0.25 คะแนน)

$$= -1 \times 96,500 \times 0.40$$

$$= -38,600 \text{ J}$$

(0.25 คะแนน)

$$= -38.60 \text{ kJ}$$

9.3 ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวของ AgI(s) = 1.71×10^{-8} M (0.6 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.9 คะแนน)

การละลาย $\text{AgI(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq})$ (0.2 คะแนน)

-x M x M x M

สมการของเนิร์นสต์ $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Ag}^+(\text{x M})]}{[\text{Ag}^+(0.10 \text{ M})]}$ (0.3 คะแนน)

$$0.40 = 0 - \frac{8.314 \times 298}{1 \times 96,500} \ln \frac{(x)}{(0.10)}$$

$x = 1.71 \times 10^{-8}$ (0.4 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวของ $\text{AgI(s)} = 1.71 \times 10^{-8} \text{ M}$

9.4 K_{sp} ของ AgI(s) = 2.92×10^{-16} (0.4 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

จากการละลาย $\text{AgI(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq})$

$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+(\text{aq})][\text{I}^-(\text{aq})]$ (0.1 คะแนน)

$[\text{Ag}^+(\text{aq})] = [\text{I}^-(\text{aq})] = x \text{ M} = 1.71 \times 10^{-8}$ (0.2 คะแนน)

$K_{\text{sp}} = (x)(x)$
 $= (1.71 \times 10^{-8})^2$ (0.2 คะแนน)

$$= 2.92 \times 10^{-16}$$

เฉลยข้อที่ 10 (4 คะแนน)

10.1 ปฏิกริยาที่ขั้วไฟฟ้า

| | | |
|---------|--|--------------|
| Anode | $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 20\text{H}^+(\text{aq}) + 20\text{e}^-$ | (0.25 คะแนน) |
| Cathode | $5\text{O}_2(\text{g}) + 20\text{H}^+(\text{aq}) + 20\text{e}^- \rightarrow 10\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ หรือ $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ | (0.25 คะแนน) |

| | | | | |
|------|--------------------------|-------------|-----|-------------|
| 10.2 | $\Delta\text{H}^\circ =$ | $-2,044.00$ | kJ | (0.2 คะแนน) |
| | $\Delta\text{S}^\circ =$ | 100.00 | J/K | (0.2 คะแนน) |
| | $\Delta\text{G}^\circ =$ | $-2,073.80$ | kJ | (0.2 คะแนน) |
| | $\text{E}^\circ =$ | 1.07 | V | (0.2 คะแนน) |

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.2 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta\text{H}^\circ &= \Sigma\Delta\text{H}_\text{f}^\circ = \Delta\text{H}_\text{f}^\circ(3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} - \text{C}_3\text{H}_8 - 5\text{O}_2) \\ &= 3(-393.51) + 4(-241.83) - (-103.85) - 5(0) \\ &= -2,044.00 \text{ kJ}\end{aligned}$$

(0.3 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta\text{S}^\circ &= \Sigma\text{S}^\circ = \text{S}^\circ(3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} - \text{C}_3\text{H}_8 - 5\text{O}_2) \\ &= 3(213) + 4(189) - (270) - 5(205) \\ &= 100.00 \text{ J/K}\end{aligned}$$

(0.3 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta\text{G}^\circ &= \Delta\text{H}^\circ - \text{T}\Delta\text{S}^\circ \\ &= (-2,044,000) - (298 \times 100.00) \\ &= -2,073,800 \text{ J} \\ &= -2,073.80 \text{ kJ}\end{aligned}$$

(0.3 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta\text{G}^\circ &= -n\text{FE}^\circ \\ -2,073,800 &= -20 \times 96,500 \times \text{E}^\circ \\ \text{E}^\circ &= 1.07 \text{ V}\end{aligned}$$

(0.3 คะแนน)

10.3 $\ln K =$ 837.0 (0.25 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.25 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= -RT \ln K \\ -2,073,800 &= -8.314 \times 298 \ln K \\ \ln K &= 837.0\end{aligned}$$

10.4 $E =$ 1.09 V (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}E &= E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_{\text{CO}_2}^3 P_{\text{H}_2\text{O}}^4}{P_{\text{C}_3\text{H}_8} P_{\text{O}_2}^5} && (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.07 - \frac{8.314 \times 298}{20 \times 96,500} \ln \frac{(0.10)^3 (0.10)^4}{(1.50) (1.00)^5} && (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.07 - (-0.02) \\ &= 1.09 \text{ V}\end{aligned}$$

เฉลยข้อที่ 11 (3 คะแนน)

| | | | |
|---|------|-----|--------------|
| 11.1 ความดันของ $\text{NH}_3(\text{g})$ ก่อนผสม = | 0.82 | atm | (0.25 คะแนน) |
| ความดันของ $\text{HCl}(\text{g})$ ก่อนผสม = | 3.69 | atm | (0.25 คะแนน) |

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$PV = nRT \text{ หรือ } P = \frac{nRT}{V} \quad (0.1 \text{ คะแนน})$$

สำหรับ $\text{NH}_3(\text{g})$

$$\begin{aligned} P(\text{NH}_3) &= \frac{(0.1 \text{ mol}) \times (0.082 \text{ L atm/mol K}) \times (300 \text{ K})}{(3.0 \text{ L})} \quad (0.2 \text{ คะแนน}) \\ &= 0.82 \text{ atm} \end{aligned}$$

สำหรับ $\text{HCl}(\text{g})$

$$\begin{aligned} P(\text{HCl}) &= \frac{(0.3 \text{ mol}) \times (0.082 \text{ L atm/mol K}) \times (300 \text{ K})}{(2.0 \text{ L})} \quad (0.2 \text{ คะแนน}) \\ &= 3.69 \text{ atm} \end{aligned}$$

| | | | | | |
|------|---|---|------|-----|--------------|
| 11.2 | ความดันของ $\text{NH}_3(\text{g})$ หลังผสม | = | 0.00 | atm | (0.25 คะแนน) |
| | ความดันของ $\text{HCl}(\text{g})$ หลังผสม | = | 0.98 | atm | (0.25 คะแนน) |
| | ความดันของ $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{g})$ หลังผสม | = | 0.49 | atm | (0.25 คะแนน) |
| | ความดันรวม | = | 1.48 | atm | (0.25 คะแนน) |

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

| | | | | | | |
|-------------|------------------------|---|-------------------------|---------------|----------------------------------|--------------|
| | $\text{HCl}(\text{g})$ | + | $\text{NH}_3(\text{g})$ | \rightarrow | $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{g})$ | |
| มี | 0.3 mol | | 0.1 mol | | 0 mol | |
| เปลี่ยนแปลง | -0.1 mol | | -0.1 mol | | +0.1 mol | |
| เหลือ | 0.2 mol | | 0 mol | | 0.1 mol | (0.25 คะแนน) |

$$PV = nRT \quad \text{หรือ} \quad P = \frac{nRT}{V}$$

สำหรับ $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{g})$

$$P(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{(0.1 \text{ mol}) \times (0.082 \text{ L atm/mol K}) \times (300 \text{ K})}{(5.0 \text{ L})} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.492 \text{ atm}$$

สำหรับ $\text{HCl}(\text{g})$

$$P(\text{HCl}) = \frac{(0.2 \text{ mol}) \times (0.082 \text{ L atm/mol K}) \times (300 \text{ K})}{(5.0 \text{ L})} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.984 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned} \text{ความดันรวม } (P_T) &= \text{ผลรวมของความดันย่อย (หลังผสม)} \\ &= P(\text{HCl}) + P(\text{NH}_4\text{Cl}) \\ &= 0.984 \text{ atm} + 0.492 \text{ atm} \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.476 \text{ atm} \end{aligned}$$

เฉลยข้อที่ 12 (11 คะแนน)

12.1 ตัวออกซิไดส์ในปฏิกิริยารวมคือ



(0.5 คะแนน)

12.2 เลขออกซิเดชันของ Fe ในสารผลิตภัณฑ์เท่ากับ

+2

(0.5 คะแนน)

การจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนของ Fe ใน $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ เป็นดังนี้



(0.5 คะแนน)

12.3 ในขั้นตอนปฏิกิริยาที่เกิดช้าที่สุด อิเล็กตรอนถ่ายเทจาก



(0.5 คะแนน)

ไปยัง



(0.5 คะแนน)

12.4 จากทฤษฎี Debye-Hückel สำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง □)

ก. เมื่อประจุของสารทำปฏิกิริยามีเครื่องหมายตรงข้ามกัน

อัตราของปฏิกิริยา □ เพิ่มขึ้น ☒ ลดลง □ ไม่เปลี่ยนแปลง

(0.5 คะแนน)

ข. เมื่อประจุของสารทำปฏิกิริยาดำหนึ่งเป็นกลาง

อัตราของปฏิกิริยา □ เพิ่มขึ้น □ ลดลง ☒ ไม่เปลี่ยนแปลง

(0.5 คะแนน)

ค. เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงไป

อัตราของปฏิกิริยา ☒ เพิ่มขึ้น □ ลดลง □ ไม่เปลี่ยนแปลง

(0.5 คะแนน)

12.5 สมการแสดงความสัมพันธ์

ก.

$$\frac{d[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-]}{dt} = k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6] - k_{-1}[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{H}^+] - k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$$

(1 คะแนน)

ข.

$$\frac{d[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet]}{dt} = k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] - k_3[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$$

(1 คะแนน)

ค.

$$\begin{aligned} \text{rate} &= -\frac{d[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{dt} \\ &= k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] + k_3[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \end{aligned}$$

(1 คะแนน)

12.6 ก. สมการเป็นดังนี้

$$[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] = \frac{k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}{k_{-1}[\text{H}^+] + k_2[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.75 คะแนน)

จากข้อ 12.5 ก.

$$\frac{d[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-]}{dt} = k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6] - k_{-1}[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{H}^+] - k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \quad \dots\dots(\text{A}) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

จากสมการ (A) และอัตราการเกิดอินเทอร์มีเดียต = อัตราการหายไปของอินเทอร์มีเดียต (0.5 คะแนน)

$$k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6] - k_{-1}[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{H}^+] = k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$$

$$k_{-1}[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{H}^+] + k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] = k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]$$

$$[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] (k_{-1}[\text{H}^+] + k_2[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]) = k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]$$

$$[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] = \frac{k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}{k_{-1}[\text{H}^+] + k_2[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}$$

ข. rate =

$$\frac{2Kk_2[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{[\text{H}^+]}$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2.25 คะแนน)

จากข้อ 12.6 ก. $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] = \frac{k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}{k_{-1}[\text{H}^+] + k_2[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}$ (0.25 คะแนน)

เนื่องจาก $k_{-1}[\text{H}^+] \gg k_2[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$ (0.25 คะแนน)

ดังนั้น $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] = \frac{k_1[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}{k_{-1}[\text{H}^+]}$ (B) (0.25 คะแนน)

จากข้อ 12.5 ข.

$$\frac{d[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet]}{dt} = k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] - k_3[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \dots (C) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

จากสมการ (B) และจากอัตราการเกิดของ $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet]$ เท่ากับอัตราการหายไปของ $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet]$ (0.5 คะแนน)

$$k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] = k_3[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \dots (D)$$

จากข้อ 12.5 ค.

$$\text{rate} = -\frac{d[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{dt} = k_2[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] + k_3[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^\bullet][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] \dots (E) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

แทนสมการ (B) และ (D) ในสมการ (E) จะได้

$$\text{rate} = \frac{2k_1k_2[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{k_{-1}[\text{H}^+]}$$
 (0.25 คะแนน)

แทนค่า $\frac{k_1}{k_{-1}} = K$ (0.25 คะแนน)

$$\text{rate} = \frac{2Kk_2[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6][\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{[\text{H}^+]}$$

เฉลยข้อที่ 13 (4 คะแนน)

13.1 สมการเป็นดังนี้

$$\frac{1}{t} = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \text{ หรือ } \ln\left(\frac{1}{t}\right) = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

(1 คะแนน)

13.2 $E_a =$

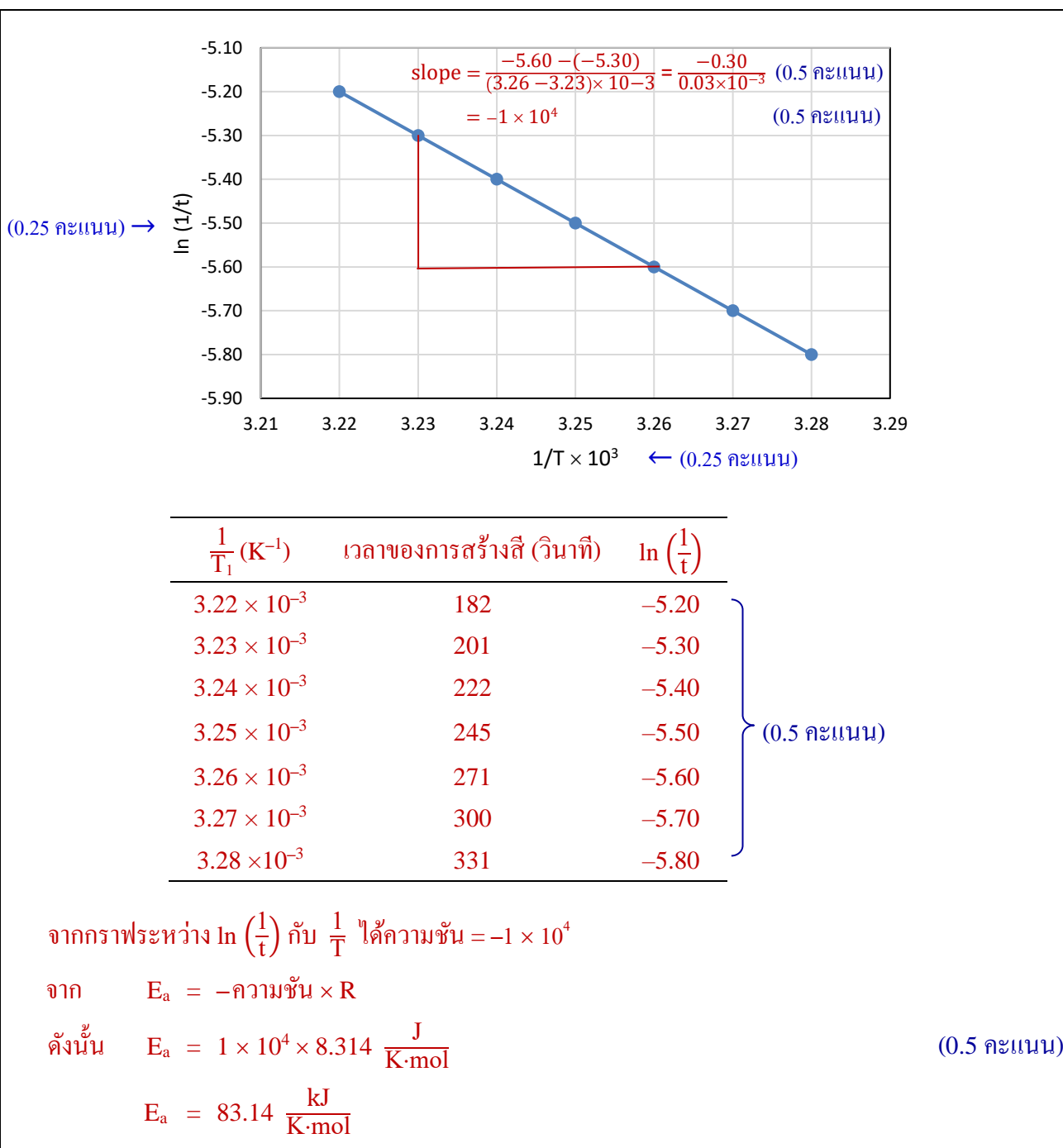
83.14

kJ/mol·K

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)



เฉลยข้อที่ 14 (10 คะแนน)

14.1 เลขออกซิเดชันของ chromium หลังเกิดปฏิกิริยา = +6 (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

$$\text{มีประจุไฟฟ้าผ่านเซลล์} = (0.50 \text{ A})(2 \text{ hr}) \left(\frac{3,600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \right) = 3,600 \text{ A}\cdot\text{s} = 3,600 \text{ C} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{Cr ให้อิเล็กตรอน} = (3,600 \text{ C}) \left(\frac{1 \text{ mol e}^-}{96,500 \text{ C}} \right) = 0.0373 \text{ mol e}^- \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{Cr ที่ทำปฏิกิริยาไป} = (0.321 \text{ g Cr}) \left(\frac{1 \text{ mol Cr}}{52.0 \text{ g Cr}} \right) = 6.17 \times 10^{-3} \text{ mol Cr} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{mol e}^- \text{ ที่เกิดขึ้น} : \text{mol Cr ที่ทำปฏิกิริยา} = \frac{0.0373 \text{ mol e}^-}{6.17 \times 10^{-3} \text{ mol Cr}} = \frac{6 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol Cr}} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

ดังนั้น เลขออกซิเดชันของ chromium หลังเกิดปฏิกิริยา = +6

14.2 สูตรของสารประกอบสี่เหลี่ยมคือ



(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

ในการไทเทรต ใช้ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.152 M 40.6 mL

$$= (40.6 \text{ mL Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ sol}^n) \left(\frac{0.152 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{1000 \text{ mL Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ sol}^n} \right) \left(\frac{1 \text{ mol Pb}}{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2} \right)$$

$$= 6.17 \times 10^{-3} \text{ mol Pb} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{สารประกอบ 1.99 g มี Pb} = (6.17 \times 10^{-3} \text{ mol Pb}) \left(\frac{207.2 \text{ g Pb}}{1 \text{ mol Pb}} \right) = 1.278 \text{ g} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{Cr} = 0.321 \text{ g} (6.17 \times 10^{-3} \text{ mol Pb}) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{และ O} = 1.99 - 1.278 - 0.321 = 0.391 \text{ g}$$

$$= (0.391 \text{ g O}) \left(\frac{1 \text{ mol O}}{16.0 \text{ g O}} \right) = 0.0244 \text{ mol O} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{สารประกอบมี Pb : Cr : O} = 6.17 \times 10^{-3} \text{ mol} : 6.17 \times 10^{-3} \text{ mol} : 0.0244 \text{ mol}$$

$$= 1 : 1 : 4 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

สูตรของสารประกอบนี้คือ PbCrO_4

14.3 สมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้ว chromium (1 คะแนน)



ถ้าตอบ $\text{Cr(s)} + 4\text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^-$ ให้ 0.5 คะแนน

สมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้ว stainless steel (0.5 คะแนน)



สมการแสดงปฏิกิริยารวมของเซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้ (1 คะแนน)



14.4 ต้องใช้กระแสไฟฟ้า = 3.3 A (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.5 คะแนน)

$$\text{ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ใช้} = (5.6 \text{ L H}_2) \left(\frac{1 \text{ mol H}_2}{22.4 \text{ L H}_2} \right) = 0.25 \text{ mol H}_2 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$= (0.25 \text{ mol H}_2) \left(\frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol H}_2} \right) = 0.50 \text{ mol e}^- \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{กระแสไฟฟ้าที่ใช้} = (0.50 \text{ mol e}^-) \left(\frac{96,500 \text{ C}}{1 \text{ mol e}^-} \right) = 4.8 \times 10^4 \text{ C} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= (4.8 \times 10^4 \text{ C}) \left(\frac{1 \text{ A} \cdot \text{s}}{1 \text{ C}} \right) \left(\frac{1}{4 \text{ hr}} \right) \left(\frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}} \right) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 3.3 \text{ A}$$

เฉลยข้อที่ 15 (10 คะแนน)

15.1 สูตรเอมพิริกัลของกรดอินทรีย์คือ



(0.5 คะแนน)

สูตรโมเลกุลของกรดอินทรีย์คือ



(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

$$\text{mol C} = 41.4 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.0 \text{ g C}} = 3.45 \text{ mol} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{mol H} = 3.4 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.0 \text{ g H}} = 3.4 \text{ mol} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{mol O} = (100 - 41.4 - 3.4) \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.0 \text{ g O}} = 3.45 \text{ mol} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{mol C} : \text{mol H} : \text{mol O} = 3.45 \text{ mol} : 3.4 \text{ mol} : 3.45 \text{ mol} = 1 : 1 : 1$$

จากสูตรเอมพิริกัล ต้องทราบมวลโมเลกุลจึงจะหาสูตรโมเลกุลได้ เนื่องจากโจทย์กำหนดว่า กรดนี้มี K_a 2 ค่า ดังนั้น mol กรด : mol NaOH = 1 : 2 (0.25 คะแนน)

มวลโมเลกุลกรดอินทรีย์ (g/mol)

$$= 0.145 \text{ g acid} \times \frac{2 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol acid}} \times \frac{1 \text{ L NaOH sol}^n}{0.100 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1}{0.02500 \text{ L NaOH sol}^n} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$= 116.0 \text{ g/mol} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

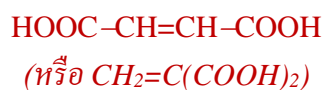
$$\text{มวลโมเลกุล} = (\text{มวลจากสูตรเอมพิริกัล}) n \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$116 = (12.0 + 1.0 + 16.0) n$$

$$116 = 29.0 n$$

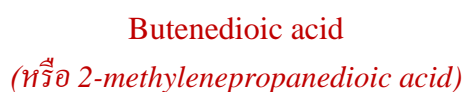
$$n = 4$$

15.2 สูตรโครงสร้างของกรดอินทรีย์คือ



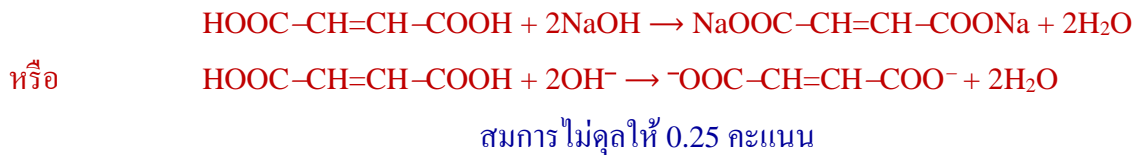
(0.5 คะแนน)

ชื่อกรดอินทรีย์ตามระบบ IUPAC คือ



(0.5 คะแนน)

15.3 ก. สมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (0.5 คะแนน)



ข. สารละลายเริ่มต้นก่อนไทเทรตมี pH =

1.42

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

$$\text{ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ (M)} = 1.740 \text{ g acid} \times \frac{1 \text{ mol acid}}{116.0 \text{ g acid}} \times \frac{1}{0.10000 \text{ L}} = 0.1500 \text{ M} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

pH ของสารละลายกรดที่จุดเริ่มต้นก่อนการไทเทรตขึ้นกับการแตกตัวของกรดในขั้นที่ 1



$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][^-\text{OOCCH}=\text{CHCOOH}]}{[\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}]} = K_{a1} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0.1500 - [\text{H}_3\text{O}^+]} = 1.3 \times 10^{-2}$$

เนื่องจาก $C_0/K_a = 0.1500/1.3 \times 10^{-2}$ มีค่าน้อย ดังนั้น จึงใช้วิธีการประมาณไม่ได้ ต้องแก้สมการกำลังสอง

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 1.3 \times 10^{-2} (0.1500 - [\text{H}_3\text{O}^+]) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 1.95 \times 10^{-3} - 1.3 \times 10^{-2} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 + 1.3 \times 10^{-2} [\text{H}_3\text{O}^+] - 1.95 \times 10^{-3} = 0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-1.3 \times 10^{-2} \pm \sqrt{(1.3 \times 10^{-2})^2 - 4(1)(-1.95 \times 10^{-3})}}{2(1)}$$

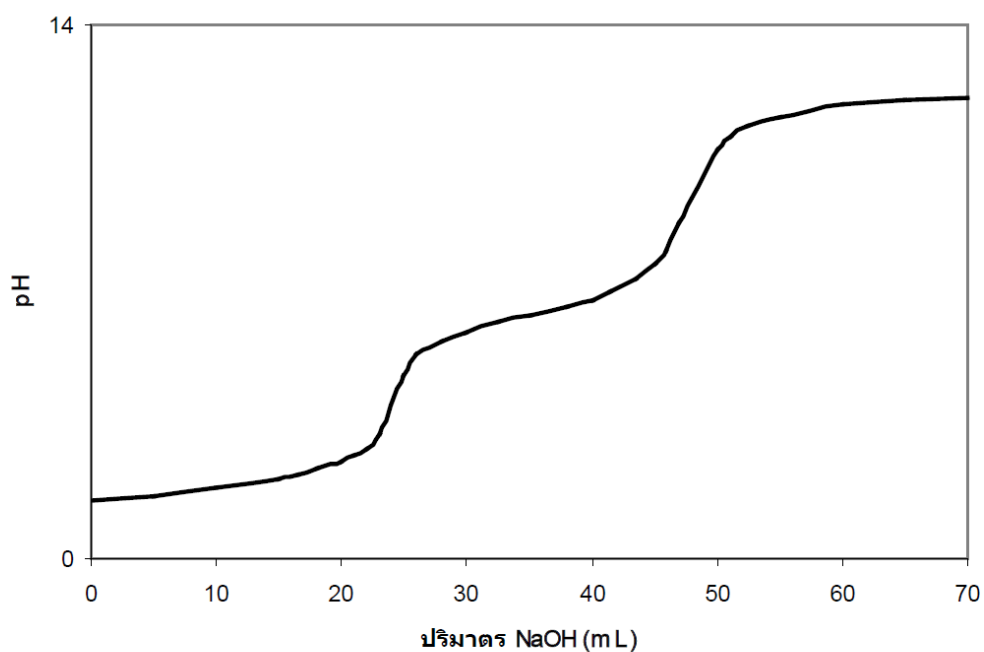
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 3.81 \times 10^{-2} \text{ M} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$= -\log (3.81 \times 10^{-2})$$

$$= 1.42$$

ค. กราฟการไทเทรตระหว่างกรดอินทรีย์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1.5 คะแนน)



ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่จุดสมมูล =

| | |
|-------|-------|
| 24.00 | 48.00 |
|-------|-------|

 mL (1 คะแนน)
(ไม่คิดเลขนัยสำคัญ)

เฉลยข้อที่ 16 (5 คะแนน)

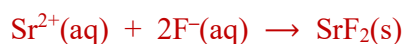
| | | | | |
|--|---|----------------------|---|-------------|
| ความเข้มข้นสุดท้ายของ Na^+ | = | 0.045 | M | (0.5 คะแนน) |
| ความเข้มข้นสุดท้ายของ NO_3^- | = | 0.076 | M | (0.5 คะแนน) |
| ความเข้มข้นสุดท้ายของ Sr^{2+} | = | 0.016 | M | (0.5 คะแนน) |
| ความเข้มข้นสุดท้ายของ F^- | = | 1.1×10^{-4} | M | (0.5 คะแนน) |

ตอบเลขนี้สำคัญ 2 ตัว

วิธีคิด (3 คะแนน)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $\text{Sr}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{F}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{SrF}_2(\text{s})$ จากโจทย์ในตอนเริ่มต้นมี $\text{mole F}^- = 75 \text{ mL} \times \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}\right) \left(\frac{0.060 \text{ mol}}{1 \text{ L}}\right) = 0.0045 \text{ mol}$ $\text{mole Sr}^{2+} = 25 \text{ mL} \times \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}\right) \left(\frac{0.15 \text{ mol}}{1 \text{ L}}\right) = 0.0038 \text{ mol}$ (0.5 คะแนน)

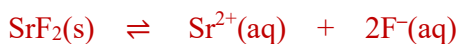
สมมติว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์



เริ่มต้น (mol) 0.0038 0.0045 0

เปลี่ยนไป (mol) -0.00225 -0.0045 +0.00225

หลังปฏิกิริยา (mol) 0.00155 0 0.00225 (0.5 คะแนน)

ที่สมดุลปริมาตรรวมของปฏิกิริยาเป็น $100 \text{ mL} = 0.100 \text{ L}$ นำไปหาร mol เพื่อทำให้เป็นความเข้มข้น

เริ่มต้น (M) 0.0225 0.0155 0

เปลี่ยนไป (M) -x +x +2x

สมดุล (M) $0.0225 - x$ $0.0155 + x$ $2x$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Sr}^{2+}][\text{F}^-]^2$$

$$2.0 \times 10^{-10} = (0.0155 + x)(2x)^2 \approx (0.0155)(2x)^2$$

$$x = 5.7 \times 10^{-5} \text{ M}$$
 (1 คะแนน)

$$[\text{F}^-] = 2x = 1.1 \times 10^{-4} \text{ M}$$
 (0.25 คะแนน)

$$[\text{Sr}^{2+}] = (0.0155 + x) = 0.0156 \text{ M}$$
 (0.25 คะแนน)

ทั้ง Na^+ และ NO_3^- ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการตกตะกอน

$$[\text{NO}_3^-] = \frac{2(0.0038) \text{ mol}}{0.10 \text{ L}} = 0.076 \text{ M}$$
 (0.25 คะแนน)

$$[\text{Na}^+] = \frac{0.0045 \text{ mol}}{0.10 \text{ L}} = 0.045 \text{ M}$$
 (0.25 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 17 (9 คะแนน) ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง □

17.1 ควรทำให้ระบบมีอุณหภูมิ ☒ สูง ☐ ต่ำ เพราะ (0.25 คะแนน)

ปฏิกิริยาทั้งสองขั้นตอนเป็นแบบดูดความร้อน (ΔH° เป็นบวก) ตามหลักของ Le Chatelier ปฏิกิริยาจะดำเนินไปข้างหน้าได้ดีที่อุณหภูมิสูง (0.25 คะแนน)

ควรทำให้ระบบมีความดัน ☐ สูง ☒ ต่ำ เพราะ (0.25 คะแนน)

จำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้น ปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีที่ความดันต่ำ หากทำให้ความดันสูง ตามหลักของ Le Chatelier ปฏิกิริยาจะเกิดแบบย้อนกลับ (0.25 คะแนน)

17.2 ปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงเกินไปจะทำให้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้ ☐ เพิ่มขึ้น ☒ ลดลง (0.5 คะแนน)
แสดงดังปฏิกิริยา



17.3 ควรปรับความดัน ☒ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง เพราะ (0.25 คะแนน)

จำนวนโมลรวมของสารผลิตภัณฑ์น้อยกว่าจำนวนโมลรวมของสารตั้งต้น ปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีที่ความดันสูง (ตามหลักของ Le Chatelier) (0.25 คะแนน)

สมการแสดงสมดุล



17.4 ค่า K_p ของปฏิกิริยา = 1.1×10^5 (0.5 คะแนน)

ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_c และ K_p คือ $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$ (0.25 คะแนน)

$$\Delta n = 4 - 2 = 2$$

$$\begin{aligned} K_p &= 16 \times (0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K} \times (727 + 273) \text{ K})^2 \\ &= 1.08 \times 10^5 \end{aligned} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

| | | | |
|---|----|-----|-------------|
| 17.5 ความดันย่อยของ $\text{CH}_4(\text{g})$ = | 1 | atm | (0.5 คะแนน) |
| ความดันย่อยของ $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ = | 1 | atm | (0.5 คะแนน) |
| ความดันย่อยของ $\text{CO}(\text{g})$ = | 9 | atm | (0.5 คะแนน) |
| ความดันย่อยของ $\text{H}_2(\text{g})$ = | 27 | atm | (0.5 คะแนน) |

ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม

วิธีคิด (2 คะแนน)

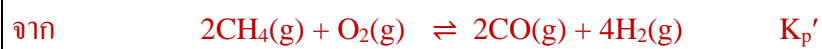
| | | | | |
|---|--------|--------|----|-------------|
| $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ | | | | |
| P เริ่มต้น (atm) | 10 | 10 | 0 | 0 |
| P ที่เปลี่ยน (atm) | -x | -x | +x | +3x |
| P สุดท้าย (atm) | 10 - x | 10 - x | x | 3x |
| $K_p = \frac{P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{H}_2\text{O}}}$ | | | | (0.5 คะแนน) |
| $1.1 \times 10^5 = \frac{(x)(3x)^3}{(10-x)(10-x)}$ | | | | (0.5 คะแนน) |
| ถอดรากที่ 2 ทั้ง 2 ข้างได้ | | | | |
| $3.3 \times 10^2 = \frac{\sqrt{27} x^2}{(10-x)}$ | | | | |
| $5.2x^2 + 3.3 \times 10^2 x - 3.3 \times 10^3 = 0$ | | | | |
| x = 8.8 atm \approx 9 atm | | | | (0.5 คะแนน) |
| $P_{\text{CH}_4} = (10 - x) = 1 \text{ atm}$ | | | | |
| $P_{\text{H}_2\text{O}} = (10 - x) = 1 \text{ atm}$ | | | | |
| $P_{\text{CO}} = x = 9 \text{ atm}$ | | | | |
| $P_{\text{H}_2} = 3x = 27 \text{ atm}$ | | | | |

17.6 ค่า K_c' ของปฏิกิริยาขั้นที่ 2 =

$$(K_p')^{1/2}(RT)^{-3/2}$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)



(0.25 คะแนน)

จาก $K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \text{ หรือ } K_c = K_p(RT)^{-\Delta n}$

(0.25 คะแนน)

$$K_c' = (K_p')^{1/2}(RT)^{-3/2}$$