



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 18

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์

วันจันทร์ที่ 25 กรกฎาคม 2565

เวลา 09.00 – 14.00 น.

กระดาษคำตอบภาคทฤษฎี

เลขประจำตัวสอบ _____

คำตอบข้อที่ 1 (10 คะแนน)

1.1 (1 คะแนน) การสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกในน้ำส้มโอเป็นปฏิกิริยาอันดับ

เหตุผล

1.2 (3 คะแนน)

 $k =$

(ระบุหน่วย)

ครึ่งชีวิต =

ชั่วโมง

วิธีคำนวณ

1.3 (2 คะแนน) $E_a =$ kJ mol^{-1}

วิธีคำนวณ

1.4 (2 คะแนน) อันดับปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ $[\text{H}^+] =$
(ตอบทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

1.5 (1 คะแนน) การเติมน้ำตาลฟรักโทสทำให้การสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก

☐ เกิดช้าลง

☐ ไม่เปลี่ยนแปลง

☐ เกิดเร็วขึ้น

กระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนั้น คือ

1.6 (1 คะแนน) ควรเก็บน้ำส้มโอคั้นอย่างไรบ้าง

คำตอบข้อที่ 2 (10 คะแนน)

2.1 (0.5 คะแนน)

b =

y =

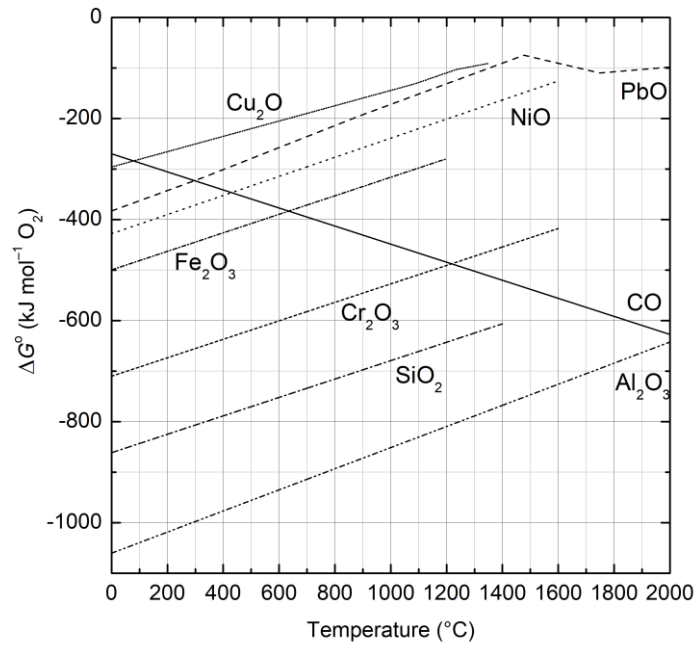
2.2 (0.5 คะแนน) กราฟในแผนภาพมีลักษณะเป็นเส้นตรงเมื่อค่าต่อไปนี้คงที่

☐ S° ☐ H° ☐ T ☐ ΔS° ☐ ΔH° ☐ G°

2.3 (2 คะแนน)

สมการเคมีที่สอดคล้องกับ $\Delta_f H^\circ$ ของ $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ คือ $\Delta_f H^\circ$ ของ $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ = kJ mol^{-1}

วิธีคำนวณ

2.4 (1.5 คะแนน) วาดกราฟของ $\text{CO}_2(\text{g})$ ลงในแผนภาพเอลลิงแฮม

อธิบายที่มาของกราฟ

2.5 (2 คะแนน)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เองในทางอุณหพลศาสตร์ ได้แก่

☐ ปฏิกิริยาที่ 1☐ ปฏิกิริยาที่ 2

วิธีคำนวณ

เลขประจำตัวสอบ _____

2.6 (1.5 คะแนน)

การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน $\Delta U =$ kJ

วิธีคำนวณ

2.7 (2 คะแนน)

สมการเคมีที่สอดคล้องกับ
กระบวนการที่เกิดขึ้นที่จุด X คือ

ΔS° ของกระบวนการนั้น =

$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$

วิธีคิด

คำตอบข้อที่ 3 (10 คะแนน)

3.1 (2 คะแนน) สปีชีส์ที่เหมาะสม ได้แก่

อะตอมอิสระ ☐ H ☐ Be ☐ Ne ☐ Na ☐ Si
 โลหะแทรนซิชัน ☐ Sc^{III} ☐ V^{IV} ☐ Cr^V ☐ Fe^{III} ☐ Zn^{II}

3.2 (2 คะแนน) ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้กระตุ้นอะตอม ⁷Li คือ
 m

เทคโนโลยี 1 μm ☐ เหมาะสม ☐ 1 ☐ eV
☐ ไม่เหมาะสม ... energy gap ควรมีค่าใกล้เคียงกับ ☐ 10 ☐ meV
☐ 100 ☐ μeV

วิธีคำนวณ

3.3 (1 คะแนน) สารโลหอนทรีย์ของ Tb^{III} สามารถใช้เป็นควิบิตได้ เพราะ

3.4 (1 คะแนน) สัมประสิทธิ์หน้าฟังก์ชันคลื่น

(a)

(b)

(c)

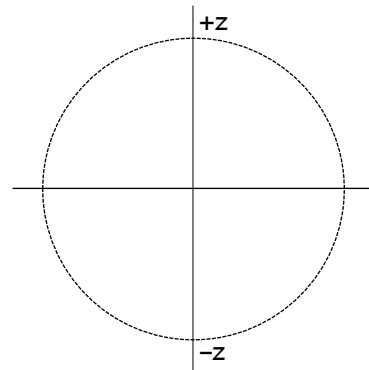
c_{up}			
c_{down}			

3.5 (3 คะแนน) สัมประสิทธิ์ในรูปฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$c_{\text{up}} =$		$c_{\text{down}} =$	
$c_{\text{up}} =$		$c_{\text{down}} =$	

สัมประสิทธิ์ของ mixed state นี้

ลูกศรแทนสถานะที่เหมาะสม คือ
(ระบุค่าของมุม θ ให้ชัดเจน)



3.6 (1 คะแนน) สามารถระบุค่าพลังงานได้แม่นยำถึงระดับ

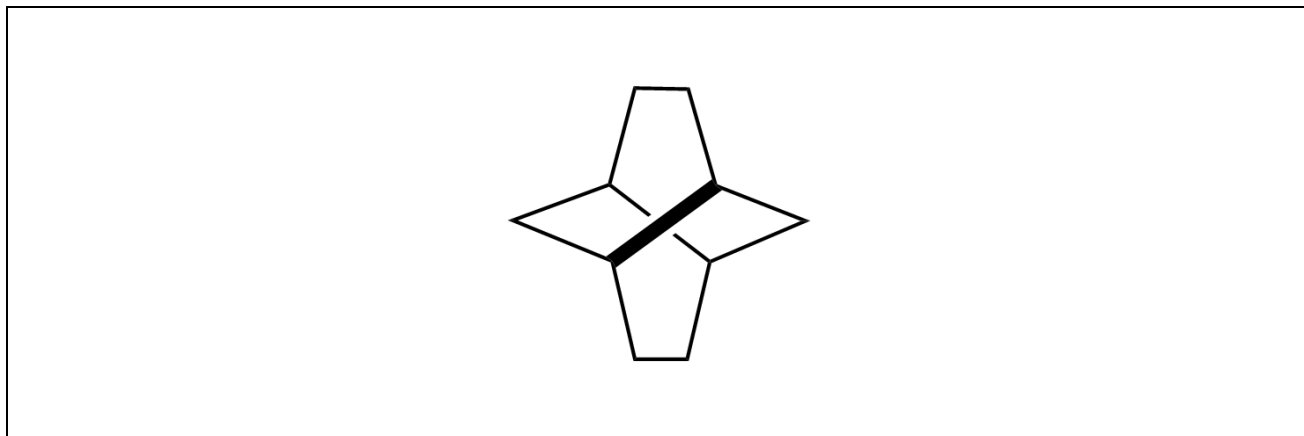
☐ 0.001 meV ☐ 0.01 meV ☐ 0.1 meV ☐ 1 meV ☐ 10 meV

วิธีคำนวณ

Answer to Problem 4 (10 points)

4.1 (0.5 point) Number of stereogenic centers in twistane:

4.2 (1 point) Use an arrow to identify each stereogenic center and assign its absolute configuration.



4.3 (1 point) Number of possible stereoisomers:

4.4 (4 points) Structures of compound A-D:

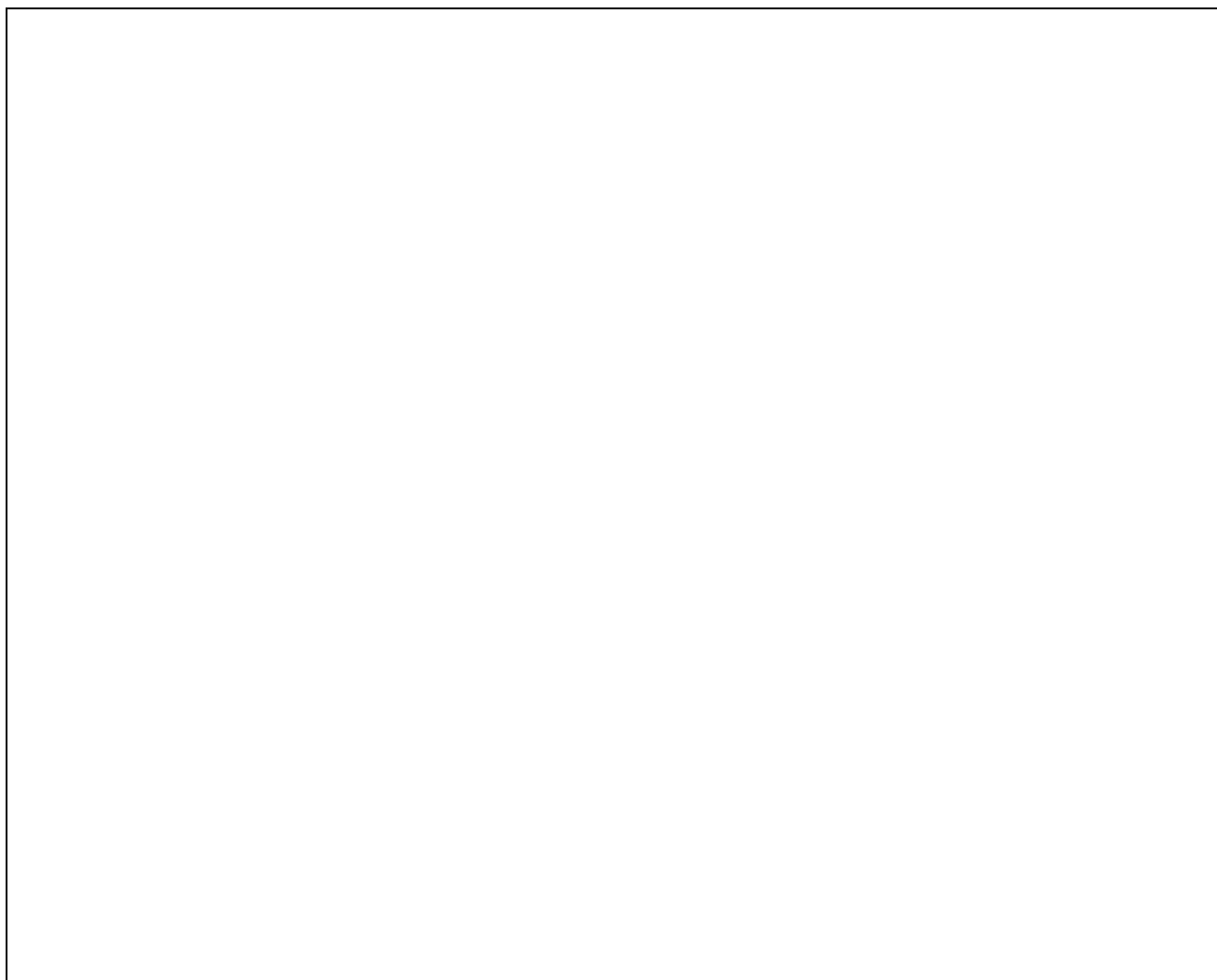
Compound A	Compound B
Compound C	Compound D

4.5 (1 point) Reagent **Y** for the conversion of **D** to twistane:

4.6 (0.5 point) Draw the structure of compound **D** and mark the position of the labeled carbon (●).

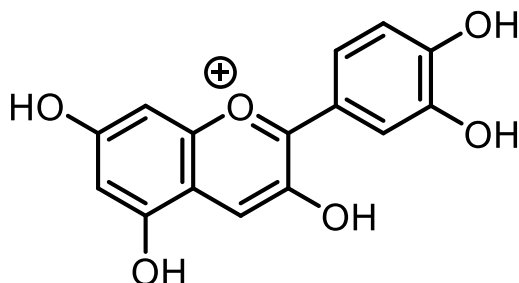


4.7 (2 points) A mechanism for the conversion of **B** to **X**:



Answer to Problem 5 (11.5 points)

- 5.1 (1.5 point) Use an arrow to identify only ONE proton that is most likely to be deprotonated.



Reasoning of your answer

5.2 (1 point) Draw the structure of compound X.

5.3 (2 points) Identify the type of reactions. Please mark ✓ to all correct answers.

	Overall reduction	Overall oxidation	Overall non-redox	Substitution	Elimination	Addition
Step I						
Step II						
Step III						
Step IV						

5.4 (1 point) Identify the maximum number of stereoisomers.

	Maximum number of stereoisomers
Compound A	
Compound B	

5.5 (1 point) Draw the structure of (2R,3S)-catechin.

5.6 (5 points)

5.6.1 Propose the mechanism for *step 1* that explains the fact that only one stereoisomer is formed.

5.6.2 Suggest suitable reagents for *steps II* and *III*.

<i>Step II</i>	<i>Step III</i>

5.6.3 Identify the structure of compound IV.

--

Answer to Problem 6 (8.5 points)

6.1 (5.5 points) Draw the structures of Compounds A – F.

Compound A	Compound B
Compound C	Compound D
Compound E	Compound F

6.2 (1.5 points) An arrow-pushing mechanism for the formation of Compound F is

6.3 (1.5 points) When reacting the specified compounds with the following reagents, the expected observations are

compound reagent	expected observations		
	2,4,6-trihydroxy benzaldehyde	A	cyanidin
2,4-dinitrophenyl hydrazine			
Tollens' reagent			
FeCl_3			

คำตอบข้อที่ 7 (12 คะแนน)

7.1 (1 คะแนน)

pH =

7.2 (3 คะแนน)

 K_{a1} ของ MH_2 =

วิธีคำนวณ

7.3 (2 คะแนน) ค่าคงที่สมดุลของ $\text{MH}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{M} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^- =$

ค่าคงที่สมดุลของ $\text{LH}_3 + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{LH} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^- =$

ตอบในรูป $a.b \times 10^n$

7.4 (4 คะแนน) ความเข้มข้นของ $\text{MH}_2 =$

	g/L
--	-----

ความเข้มข้นของ $\text{LH}_3 =$

	g/L
--	-----

วิธีคำนวณ

--

7.5 (2 คะแนน) ข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด (คำตอบที่ไม่ถูกต้องจะถูกหักคะแนน)

- ☐ ถูก ☐ ผิด ที่ pH 9.00 ในสารละลาย MH_2 มี $[M^{2-}] > [MH^-]$
- ☐ ถูก ☐ ผิด กราฟการไทเทรตสารละลาย LH_3 ด้วยสารละลาย NaOH จะเห็นจุดสมมูล 3 จุดอย่างชัดเจน
- ☐ ถูก ☐ ผิด cresol red (ช่วงการเปลี่ยนสี pH 7.2–8.8 เหลือง–แดง) เป็นอินดิเคเตอร์ที่ดีสำหรับปฏิกิริยาการไทเทรต $LH_3 + 3NaOH \rightarrow LNa_3 + 3H_2O$
- ☐ ถูก ☐ ผิด LH_3 เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีกว่า MH_2 ที่ภาวะมาตรฐาน

คำตอบข้อที่ 8 (6 คะแนน)

8.1 (1 คะแนน) ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = M

8.2 (1 คะแนน) สมการที่ดุลของครึ่งปฏิกิริยาที่แอโนด พร้อมระบุสถานะ

8.3 (0.5 คะแนน) สถานะออกซิเดชันของออกซิเจน =

8.4 (3.5 คะแนน) กระแสไฟฟ้าคงที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ =

A

วิธีคำนวณ

คำตอบข้อที่ 9 (11 คะแนน)

9.1 (5 คะแนน)

9.1.1 pH ต่ำสุดที่สามารถตกตะกอน Cr(OH)_3 =9.1.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย Cr^{3+} เข้มข้น 0.075 M ปริมาตร 250 mL จาก $\text{Cr(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 9.1.3 มวลสูงสุดของ Cr(OH)_3 ที่ละลายได้ =

g

วิธีคำนวณ

9.2 (4 คะแนน)

สารประกอบเชิงซ้อน A มี

van't Hoff factor (i) =

สูตรโมเลกุล

ชื่อ IUPAC เป็นภาษาอังกฤษ

9.3 (2 คะแนน)

9.3.1 ชื่อเกลือ nitrate ของ Os^{n+} เป็นภาษาอังกฤษ

9.3.2 ธาตุ X คือ

คำตอบข้อที่ 10 (10 คะแนน)

10.1 (2 คะแนน)

หน่วยเซลล์ของ α -Fe มีมวล = g

ตอบในรูป $a.bc \times 10^n$

วิธีคำนวณ

หน่วยเซลล์ของ α -Fe มีความยาวด้าน = pm

ตอบในรูป $a.bc \times 10^n$

วิธีคำนวณ

10.2 (1.5 คะแนน)

ปริมาตรของอะตอม Fe ใน 1 หน่วยเซลล์ของ γ -Fe = cm^3
ตอบในรูป $a.bc \times 10^n$

วิธีคำนวณ

10.3 (1.25 คะแนน)

γ -Fe มีความหนาแน่น = เท่าของ α -Fe
(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

10.4 (0.5 คะแนน) หน่วยเซลล์ของเหล็กที่อุณหภูมิ 1394 °C มีโครงสร้างผลึกแบบ

☐

simple cubic

☐

bcc

☐

fcc

10.5 (1.25 คะแนน)

10.5.1 เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างออกเตดรัล = pm
ตอบในรูป $a.bc \times 10^n$

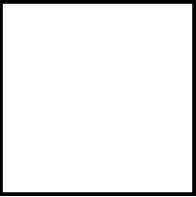
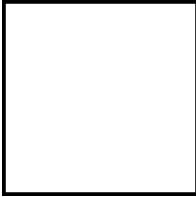
วิธีคำนวณ

10.5.2 ปริมาตรของหน่วยเซลล์ใหม่ = cm^3
ตอบในรูป $a.bc \times 10^n$

วิธีคำนวณ

10.6 (3.5 คะแนน)

10.6.1 ตำแหน่งไอออนของเหล็กและออกซิเจนที่ระยะต่าง ๆ ตามแกน z ($\bigcirc$ = ไอออนบวก $\times$ = ไอออนลบ)

				
$z = 0$	$z = \frac{1}{4}$	$z = \frac{1}{2}$	$z = \frac{3}{4}$	$z = 1$

10.6.2 สูตรอย่างง่ายของสารประกอบออกไซด์ชนิดนี้ คือ

10.6.3 เลขโคออร์ดิเนชันของไอออนลบ =

คำตอบข้อที่ 11 (11 คะแนน) ตอบคำถามโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ เขียนชื่อสารด้วยตัวอักษรอังกฤษ

11.1 (1 คะแนน)

โลหะทรานซิชันที่ตรงตามเงื่อนไข คือ

11.2 (1 คะแนน) โครงสร้างของสารประกอบ dimer ของ YZ ที่เห็นมุมและรูปร่างที่ชัดเจน

รูปโครงสร้าง

11.3 (2 คะแนน) สูตรและชื่อของกรดออกโซของ X และมุมรอบอะตอมกลาง

สูตร		ชื่อ		มุม		องศา
สูตร		ชื่อ		มุม		องศา
สูตร		ชื่อ		มุม		องศา

11.4 (1 คะแนน) การจัดอิเล็กตรอนแบบย่อ (noble gas core notation) ของ Z

11.5 (1 คะแนน)

เมื่อวาง Z ไว้บนมือขวามือซ้าย จะมีสถานะเป็น ☐ ของแข็ง ☐ ของเหลว ☐ แก๊ส

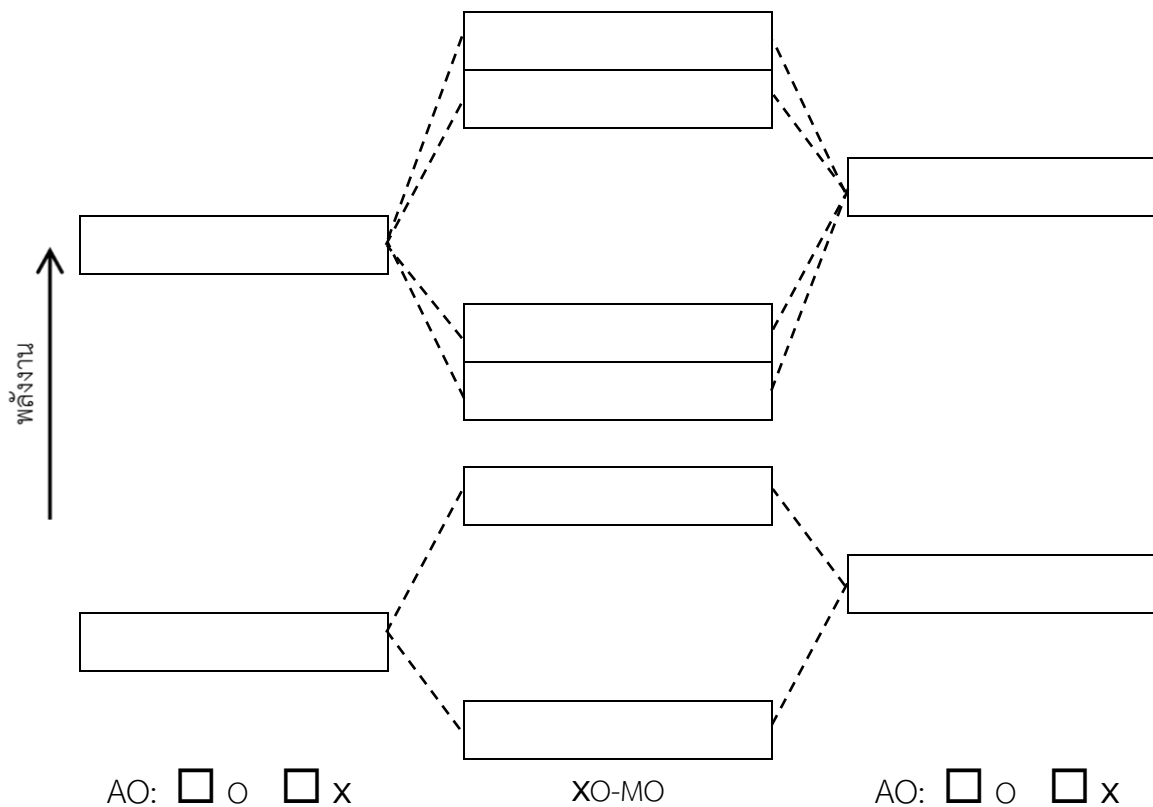
ปริมาตรของ Z 125 g ที่ 75 °C = mL

(ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

เลขประจำตัวสอบ _____

11.6 (5 คะแนน) เติมตัวเลือก a-s เพื่อเขียนแผนภาพออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของสารประกอบออกไซด์ XO
(ในแต่ละช่องตอบได้เพียง 1 ตัวเลือกเท่านั้น)

- | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--|------------------------------------|
| a) <u> </u> | f) <u>1↓</u> <u> </u> | j) <u> </u> <u> </u> <u> </u> | o) <u>1</u> <u>1</u> <u>1</u> |
| b) <u>1</u> | g) <u>1</u> <u>1</u> | k) <u>1</u> <u> </u> <u> </u> | p) <u>1↓</u> <u>1</u> <u>1</u> |
| c) <u>1↓</u> | h) <u>1↓</u> <u>1</u> | l) <u>1↓</u> <u> </u> <u> </u> | q) <u>1↓</u> <u>1↓</u> <u> </u> |
| d) <u> </u> <u> </u> | i) <u>1↓</u> <u>1↓</u> | m) <u>1</u> <u>1</u> <u> </u> | r) <u>1↓</u> <u>1↓</u> <u>1</u> |
| e) <u>1</u> <u> </u> | | n) <u>1↓</u> <u>1</u> <u> </u> | s) <u>1↓</u> <u>1↓</u> <u>1↓</u> |



การจัดเรียงอิเล็กตรอนตาม MO

XO มีอันดับพันธะ = และมีความยาวพันธะ ☐ มากกว่า ☐ เท่ากับ ☐ น้อยกว่า X_2

คำตอบข้อที่ 12 (10 คะแนน)

12.1 (3 คะแนน)

12.1.1 สูตรเคมีของไอออนเชิงซ้อนในสาร A และ B

สาร A

สาร B

--	--

12.1.2 แผนภาพพลังงานของ d ออร์บิทัลของไอออนเชิงซ้อนในสาร A และ B ที่ระบุชนิดของ d ออร์บิทัล และเติมอิเล็กตรอนให้สมบูรณ์

สาร A

สาร B

--	--

12.2 (2 คะแนน)

X = สูตรของสารประกอบเชิงซ้อน คือ

Y = สูตรของสารประกอบเชิงซ้อน คือ

12.3 (5 คะแนน)

12.3.1 สารเชิงซ้อนที่มีโครงสร้างแบบทรงแปดหน้า ที่เกิดปรากฏการณ์ SCO ได้ มีจำนวนอิเล็กตรอนใน d ออร์บิทัลแบบ

☐ d^1 ☐ d^2 ☐ d^3 ☐ d^4 ☐ d^5 ☐ d^6 ☐ d^7 ☐ d^8 ☐ d^9 ☐ d^{10}

12.3.2

จำนวน d อิเล็กตรอน

HS

เขียนแผนภาพ

d ออร์บิทัล

และเติมอิเล็กตรอน

LS

เขียนแผนภาพ

d ออร์บิทัล

และเติมอิเล็กตรอน

ผลต่างของแมกเนติก

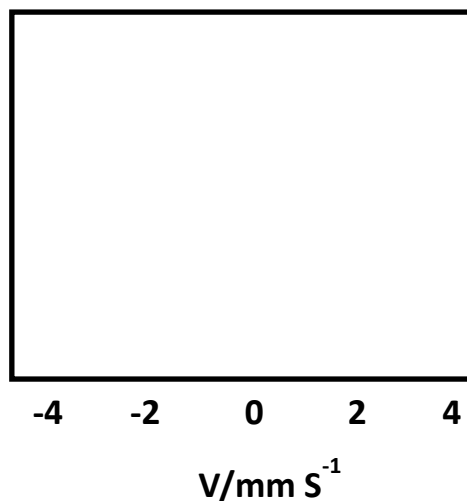
โมเมนต์ (BM)

(ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

12.3.3

12.3.3.1 ข้อความใดบ้างที่ถูกต้อง (เลือกคำตอบผิดติดลบ)

- ☐ สารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Fe}(\text{phen})_3](\text{SCN})_2$ มีการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัลแบบสปินต่ำ (LS) เนื่องจาก phen เป็นลิแกนด์สนามอ่อน (weak field ligand) มีผลทำให้ Δ มีค่าน้อยกว่าพลังงานในการเข้าคู่ (pairing energy)
- ☐ สารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Fe}(\text{phen})_3](\text{SCN})_2$ มีการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัลแบบสปินต่ำ (LS) เนื่องจาก phen เป็นลิแกนด์สนามแรง (strong field ligand) มีผลทำให้ Δ มีค่ามากกว่าพลังงานในการเข้าคู่ (pairing energy)
- ☐ สารประกอบเชิงซ้อน $\text{Fe}(\text{phen})_2(\text{NCS})_2$ ที่ phen ถูกแทนที่ด้วย NCS^- ทำให้ค่า Δ ลดลง มีผลทำให้พลังงานในการเข้าคู่ (pairing energy) มีค่ามากกว่า ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัลแบบสปินสูง (HS)
- ☐ สารประกอบเชิงซ้อน $\text{Fe}(\text{phen})_2(\text{NCS})_2$ ที่ phen ถูกแทนที่ด้วย NCS^- ทำให้ค่า Δ เพิ่มขึ้น มีผลทำให้พลังงานในการเข้าคู่ (pairing energy) มีค่าน้อยกว่า ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัลแบบสปินสูง (HS)

12.3.3.2 Mössbauer spectrum ของ $\text{Fe}(\text{phen})_2(\text{NCS})_2$ ที่อุณหภูมิ 180 K

⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕