



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 22

คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ

วันที่ 3 – 7 เมษายน 2569

แบบฝึกหัด

## Physical Constants

Avogadro constant, $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	electron charge, $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmann constant, $k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$	electron mass, $m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Faraday constant, $F = 96,485 \text{ C mol}^{-1}$	speed of light in vacuum, $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
gas constant, $R = 0.08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $= 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	unified atomic mass unit, $u = 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Planck constant, $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$	

## SI Prefixes

pico-	nano-	micro-	milli-	centi-	deci-	deca-	hecto-	kilo-	mega-	giga-	tera-
p	n	$\mu$	m	c	d	da	h	k	M	G	T
$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$

## Conversions and Relationships

<b>Length (SI unit: m)</b> 1 inch = 2.54 cm 1 Å = $10^{-10}$ m	<b>Volume (SI unit: m<sup>3</sup>)</b> 1 L = 1 dm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ m <sup>3</sup> 1 mL = 1 cm <sup>3</sup>	<b>Mass (SI unit: kg)</b> 1 ton = 1000 kg 1 lb = 453.59237 g = 16 oz
<b>Pressure (SI unit: Pa)</b> 1 Pa = 1 N m <sup>-2</sup> = 1 kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> 1 atm = 101.325 kPa = 760 mmHg = 760 torr = 14.7 psi 1 bar = $10^5$ Pa	<b>Energy (SI unit: J)</b> 1 J = 1 kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> = 1 N m 1 cal = 4.184 J 1 eV = $1.602 \times 10^{-19}$ J 1 L atm = 101.325 J	<b>Temperature (SI unit: K)</b> $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15$ $t_{\text{F}}/^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t/^{\circ}\text{C} + 32$
		<b>Electric charge (SI unit: C)</b> 1 C = 1 A s
	<b>Electric power (SI unit: W)</b> 1 W = 1 J s <sup>-1</sup>	<b>Electric potential (SI unit: V)</b> 1 V = 1 J C <sup>-1</sup>

## Formulae and Equations

Arrhenius equation	$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$
Standard Gibbs free energy	$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ} = -RT \ln K = -nFE^{\circ}$
Nernst's equation	$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q = E^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log Q$ ที่ 25 °C
Relationship between electrical quantities	$V = I \cdot R$

### Periodic Table of the Elements

<b>1</b>																	<b>18</b>
1 <b>H</b> 1.0																	2 <b>He</b> 4.0
		atomic number <b>Symbol</b> atomic weight										<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	
<b>2</b>												5 <b>B</b> 10.8	6 <b>C</b> 12.0	7 <b>N</b> 14.0	8 <b>O</b> 16.0	9 <b>F</b> 19.0	10 <b>Ne</b> 20.2
3 <b>Li</b> 6.9	4 <b>Be</b> 9.0											13 <b>Al</b> 27.0	14 <b>Si</b> 28.1	15 <b>P</b> 31.0	16 <b>S</b> 32.1	17 <b>Cl</b> 35.5	18 <b>Ar</b> 40.0
11 <b>Na</b> 23.0	12 <b>Mg</b> 24.3	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	31 <b>Ga</b> 69.7	32 <b>Ge</b> 72.6	33 <b>As</b> 74.9	34 <b>Se</b> 79.0	35 <b>Br</b> 79.9	36 <b>Kr</b> 83.8
19 <b>K</b> 39.1	20 <b>Ca</b> 40.1	21 <b>Sc</b> 45.0	22 <b>Ti</b> 47.9	23 <b>V</b> 50.9	24 <b>Cr</b> 52.0	25 <b>Mn</b> 54.9	26 <b>Fe</b> 55.8	27 <b>Co</b> 58.9	28 <b>Ni</b> 58.7	29 <b>Cu</b> 63.5	30 <b>Zn</b> 65.4	31 <b>Ga</b> 69.7	32 <b>Ge</b> 72.6	33 <b>As</b> 74.9	34 <b>Se</b> 79.0	35 <b>Br</b> 79.9	36 <b>Kr</b> 83.8
37 <b>Rb</b> 85.5	38 <b>Sr</b> 87.6	39 <b>Y</b> 88.9	40 <b>Zr</b> 91.2	41 <b>Nb</b> 92.9	42 <b>Mo</b> 96.0	43 <b>Tc</b> (98)	44 <b>Ru</b> 101.1	45 <b>Rh</b> 102.9	46 <b>Pd</b> 106.4	47 <b>Ag</b> 107.9	48 <b>Cd</b> 112.4	49 <b>In</b> 114.8	50 <b>Sn</b> 118.7	51 <b>Sb</b> 121.8	52 <b>Te</b> 127.6	53 <b>I</b> 126.9	54 <b>Xe</b> 131.3
55 <b>Cs</b> 132.9	56 <b>Ba</b> 137.3	57-71 *	72 <b>Hf</b> 178.5	73 <b>Ta</b> 181.0	74 <b>W</b> 183.8	75 <b>Re</b> 186.2	76 <b>Os</b> 190.2	77 <b>Ir</b> 192.2	78 <b>Pt</b> 195.1	79 <b>Au</b> 197.0	80 <b>Hg</b> 200.6	81 <b>Tl</b> 204.4	82 <b>Pb</b> 207.2	83 <b>Bi</b> 209.0	84 <b>Po</b> (209)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)
87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	89-103 **	104 <b>Rf</b> (265)	105 <b>Db</b> (268)	106 <b>Sg</b> (271)	107 <b>Bh</b> (270)	108 <b>Hs</b> (277)	109 <b>Mt</b> (276)	110 <b>Ds</b> (281)	111 <b>Rg</b> (280)	112 <b>Cn</b> (285)	113 <b>Nh</b> (286)	114 <b>Fl</b> (289)	115 <b>Mc</b> (289)	116 <b>Lv</b> (293)	117 <b>Ts</b> (294)	118 <b>Og</b> (294)

Lanthanoids\*

57 <b>La</b> 138.9	58 <b>Ce</b> 140.1	59 <b>Pr</b> 140.9	60 <b>Nd</b> 144.2	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150.4	63 <b>Eu</b> 152.0	64 <b>Gd</b> 157.3	65 <b>Tb</b> 158.9	66 <b>Dy</b> 162.5	67 <b>Ho</b> 164.9	68 <b>Er</b> 167.3	69 <b>Tm</b> 168.9	70 <b>Yb</b> 173.0	71 <b>Lu</b> 175.0
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Actinoids\*\*

89 <b>Ac</b> (227)	90 <b>Th</b> 232.0	91 <b>Pa</b> 231.0	92 <b>U</b> 238.0	93 <b>Np</b> (237)	94 <b>Pu</b> (244)	95 <b>Am</b> (243)	96 <b>Cm</b> (247)	97 <b>Bk</b> (247)	98 <b>Cf</b> (251)	99 <b>Es</b> (252)	100 <b>Fm</b> (257)	101 <b>Md</b> (258)	102 <b>No</b> (259)	103 <b>Lr</b> (262)
--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

**โจทย์ข้อที่ 1**

เวเลนซ์อิเล็กตรอน (valence electron) ของ Rb, Se, Fe<sup>2+</sup>, I<sup>-</sup> อยู่ในออร์บิทัลใด

**โจทย์ข้อที่ 2**

อธิบายวิธีเตรียมสารละลายต่อไปนี้

- 2.1 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 3.85 ปริมาตร 1.0 L จากสารละลาย HCOOH 0.25 M และ HCOONa(s) กำหนดให้ pK<sub>a</sub> ของ HCOOH = 3.74
- 2.2 สารละลาย H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 M และ 0.1 N ปริมาตร 1 L จากกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 95% w/w ความหนาแน่น 1.84 g/mL โดยแสดงวิธีคำนวณกรณี 0.1 M โดยการแปลงหน่วย (unit conversion)

$$\begin{array}{l} \text{mL conc.} \\ \text{H}_2\text{SO}_4 = \end{array} \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \\ \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}} \times \frac{\boxed{\phantom{0000}}}{\boxed{\phantom{0000}}}$$

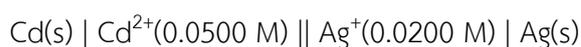
**โจทย์ข้อที่ 3**

ผู้ป่วยชายรายหนึ่งน้ำหนัก 165 ปอนด์ เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยภาวะเสียสมดุลของอิเล็กโทรไลต์ แพทย์มีคำสั่งให้แก้ไขระดับอิเล็กโทรไลต์ทางหลอดเลือดดำ โดยพิจารณาตามชนิดของไอออนที่ขาด

- 3.1 หากแพทย์สั่งการรักษา “ให้ NaCl ขนาด 3.00 meq/kg ทางหลอดเลือดดำ” แต่สารที่มีอยู่ในหอผู้ป่วย คือน้ำเกลือปกติ (normal saline solution, 0.90% NaCl) จะต้องให้น้ำเกลือปกติปริมาณเท่าใด
- 3.2 หลังจากนั้น ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมพบว่า ผู้ป่วยมีภาวะแคลเซียมต่ำในเลือด (hypocalcemia) แพทย์จึงสั่งแก้ไขระดับแคลเซียมด้วยปริมาณ 3.00 meq/kg เท่ากัน หากยาที่มีอยู่ในคลังยา คือ สารละลาย calcium chloride ความเข้มข้น 10.0% (w/v) จะต้องให้สารละลายนี้ปริมาณเท่าใด

**โจทย์ข้อที่ 4**

คำนวณศักย์ขั้วไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และพลังงานเสรีกิ๊บส์ของเซลล์

**โจทย์ข้อที่ 5**

ไอออนเชิงซ้อนชนิดหนึ่งที่มีสูตร  $[\text{M}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}]^{2+}$  พบว่า มีร้อยละโดยมวลของ M ในไอออนเชิงซ้อนนี้เท่ากับ 23.1%

- 5.1 ระบุสัญลักษณ์ธาตุและสถานะออกซิเดชันของ M
- 5.2 อ่านชื่อของไอออนเชิงซ้อนนี้ตามระบบ IUPAC

**โจทย์ข้อที่ 6**

พิจารณาการเกิดไอออนเชิงซ้อนระหว่าง  $\text{Ni}^{2+}$  กับไซยาไนด์ไอออน

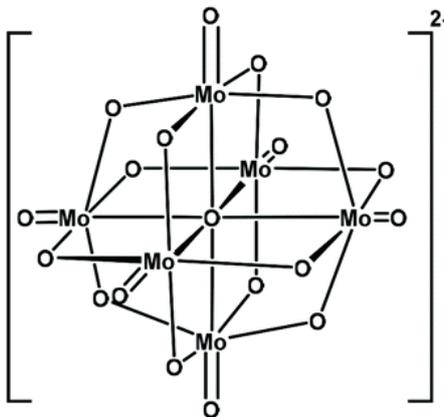
- 6.1 หาก HCN มี  $K_a = 6.2 \times 10^{-10}$  คำนวณร้อยละของกรดที่อยู่ในรูป  $\text{CN}^-$  ที่ pH 9.00
- 6.2 อ่านชื่อของไอออนเชิงซ้อนที่เป็นผลิตภัณฑ์ตามระบบ IUPAC
- 6.3 ระบุรูปร่างของไอออนเชิงซ้อนนี้

**โจทย์ข้อที่ 7**

วาดโครงสร้างและระบุเลขออกซิเดชันของทองใน  $\text{Au}_2\text{Cl}_n(\text{dppm})$  ที่  $n = 2, 4, 6$  เมื่อ dppm คือ bis(diphenylphosphino)methane

**โจทย์ข้อที่ 8**

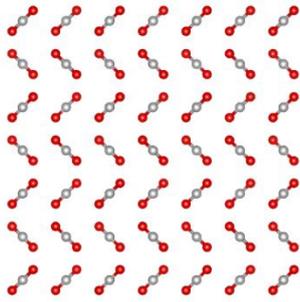
oxo anion ของธาตุหมู่ 6 สามารถเกิดปฏิกิริยาการควบแน่น (condensation) ที่ pH ต่ำ ๆ ให้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า polyoxometalate ซึ่งเป็นไอออนที่มีโครงสร้างเป็นโครงข่ายขนาดใหญ่โดยมีพันธะระหว่างโลหะกับออกซิเจนในลักษณะคลัสเตอร์ของโลหะและออกซิเจน (metal-oxygen cluster) ตัวอย่างเช่น orthomolybdate ion ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) สามารถเกิดปฏิกิริยากับ HCl ให้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเปลี่ยนสถานะออกซิเดชันและมีโครงสร้างเป็นคลัสเตอร์ดังแสดง



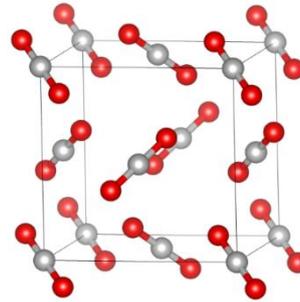
- 8.1 หาสถานะออกซิเดชันและจำนวน d-electron ของโมลิบดีนัมใน  $\text{MoO}_4^{2-}$
- 8.2 เขียนสมการเคมีที่ดุลแล้วแสดงปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{MoO}_4^{2-}$  และ HCl
- 8.3 ในโครงสร้างของคลัสเตอร์  $[\text{Mo}_6\text{O}_{19}]^{2-}$  มีอะตอมออกซิเจนที่มีสิ่งแวดล้อมต่างกันอยู่ที่ชนิด
- 8.4 เลขโคออร์ดิเนชันของอะตอมโมลิบดีนัมเป็นเท่าใด
- 8.5 เขียนสมการเคมีแสดงการสลายตัวของ ammonium hexamolybdate ( $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_6\text{O}_{19}$ ) ในอากาศ ที่อุณหภูมิ  $350^\circ\text{C}$

**โจทย์ข้อที่ 9**

น้ำแข็งแห้งมีโครงสร้างผลึกดังแสดงในภาพ

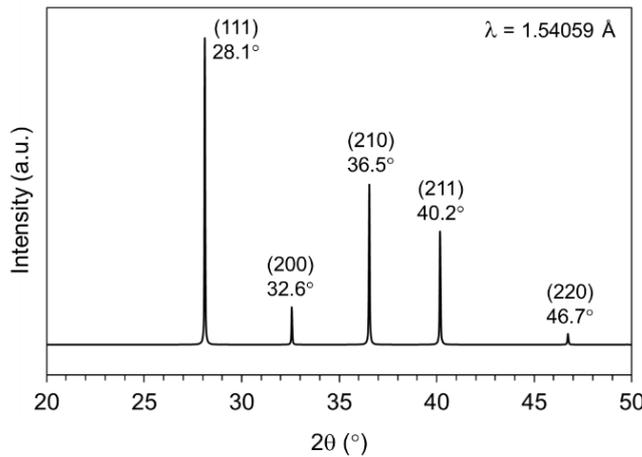


ภาพ 2 มิติ (มองตามแนวแกน z)



ภาพ 3 มิติ

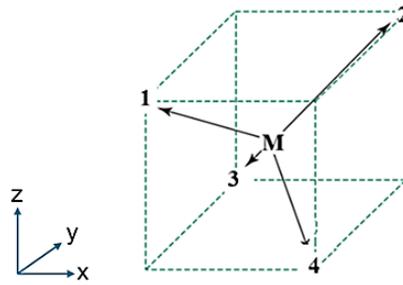
ภาพด้านล่างแสดงผลการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction, XRD) โดยผลึกน้ำแข็งแห้ง ซึ่งสัญญาณแต่ละตำแหน่งเกิดจากการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากระนาบผลึกที่ต่างจาก Miller index เป็นวิธีการระบุระนาบทางผลึกศาสตร์ในโครงสร้างผลึกโดยใช้สัญลักษณ์ (hkl) ซึ่งจำนวนเต็ม h, k และ l หาได้จากส่วนกลับของจุดตัดของระนาบกับแกน x, y และ z ตามลำดับ โดยวัดค่าในหน่วยของความยาวขอบหน่วยเซลล์ ตัวอย่างเช่น ถ้าระนาบตัดแกน x ที่ 0.5a ตัดแกน y ที่ 1b และตัดแกน z ที่ ∞ (ขนานแกน z) จะมีค่า h = 1/0.5, k = 1/1 และ l = 1/∞ ดังนั้น Miller index ของระนาบผลึกนี้คือ (210)



- 9.1 วาดหน่วยเซลล์ของผลึกน้ำแข็งแห้งลงในภาพ 2 มิติด้านบน
- 9.2 หน่วยเซลล์ของน้ำแข็งแห้งเป็นหน่วยเซลล์ชนิดใด
- 9.3 ใช้ผล XRD หาค่า d-spacing และจุดตัดแกนของระนาบผลึกทั้ง 5 ในหน่วยของความยาวขอบหน่วยเซลล์
- 9.4 ความยาวด้านของหน่วยเซลล์เป็นเท่าใด

**โจทย์ข้อที่ 10**

การประมาณค่าพลังงานของออร์บิทัล d ในสารประกอบโคออร์ดิเนชันชั้นแรกทำได้หลายวิธี angular overlap model เป็นวิธีหนึ่งในการประมาณค่าความแรงของอันตรกิริยาระหว่างออร์บิทัลของลิแกนด์กับออร์บิทัล d ของโลหะ โดยพิจารณาจากการ overlap ของออร์บิทัลต่าง ๆ ทั้งอันตรกิริยาซิกมา (σ) และไพ (π) ตามเลขพิกัดและรูปทรงเรขาคณิตที่แตกต่างกัน พิจารณารูปทรงทรงแหรีดรูป



ตารางข้างล่างแสดงพารามิเตอร์ของอันตรกิริยา  $\sigma$  และ  $\pi$  ของลิแกนด์ในตำแหน่ง 1-4 ต่อออร์บิทัล d ของโลหะ M โดยตัวเลขในตารางบ่งบอกถึงขนาดของอันตรกิริยาระหว่างลิแกนด์กับออร์บิทัล d แบบต่าง ๆ หากพิจารณาอันตรกิริยาระหว่างออร์บิทัล d กับลิแกนด์ตำแหน่งที่ 1 จะเห็นได้ว่า มีอันตรกิริยา  $\sigma$  ขนาด  $1/3 e^\sigma$  กับออร์บิทัล d ชนิด xy, xz และ yz เท่านั้น และออร์บิทัล d ทั้ง 3 ชนิดนี้ยังเกิดอันตรกิริยา  $\pi$  ขนาด  $2/9 e^\pi$  อีกด้วย ในขณะที่ออร์บิทัล d ชนิด  $x^2-y^2$  และ  $z^2$  สามารถเกิดอันตรกิริยา  $\pi$  ขนาด  $2/3 e^\pi$  ได้เท่านั้น ระดับพลังงานของออร์บิทัล d แต่ละชนิดที่เกิดอันตรกิริยาแบบ  $\sigma$  และ  $\pi$  กับลิแกนด์คำนวณได้จากผลรวมของตัวเลขเหล่านี้ของลิแกนด์ทุกตำแหน่ง

**Sigma Interactions (in units of  $e^\sigma$ ) for Metal d Orbitals**

Ligand Position	$z^2$	$x^2-y^2$	xy	xz	yz
1	0	0	1/3	1/3	1/3
2	0	0	1/3	1/3	1/3
3	0	0	1/3	1/3	1/3
4	0	0	1/3	1/3	1/3

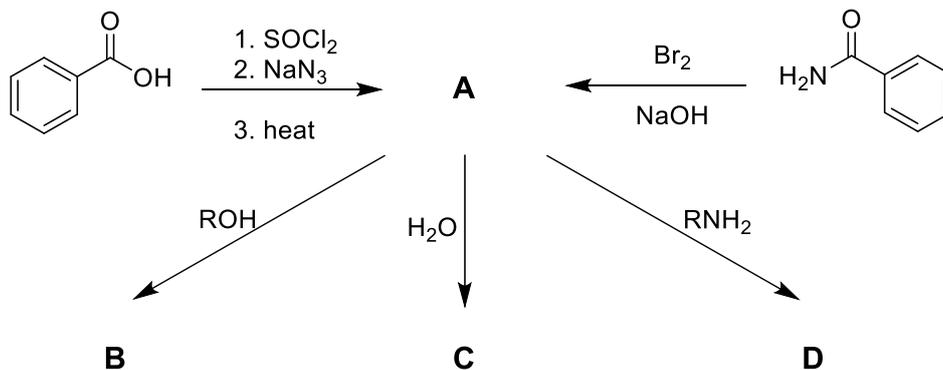
**Pi Interactions (in units of  $e^\pi$ ) for Metal d Orbitals**

Ligand Position	$z^2$	$x^2-y^2$	xy	xz	yz
1	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9
2	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9
3	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9
4	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9

วาดแผนภาพระดับพลังงานของออร์บิทัล d ของโครงสร้างเตตระฮีดรัล พร้อมทั้งระบุค่าพลังงานของออร์บิทัล d ชนิดต่าง ๆ ในรูป  $e^\pi$  เมื่อ  $e^\pi$  มีค่าเท่ากับ  $1/4 e^\sigma$

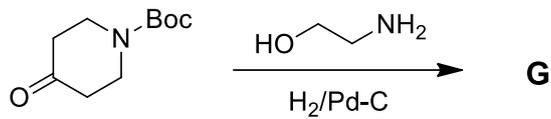
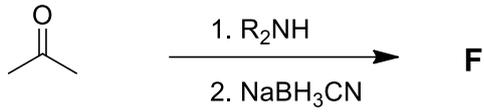
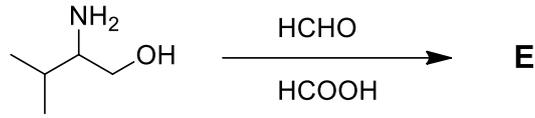
**โจทย์ข้อที่ 11**

สาร A เกิดจากปฏิกิริยา Curtius rearrangement ของกรดเบนโซอิก และปฏิกิริยา Hoffmann rearrangement ของเบนซามายด์ ดังแผนภาพด้านล่าง สาร A สามารถทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ น้ำ และเอมีน ให้สาร B, C และ D ตามลำดับ วาดโครงสร้างของสาร A, B, C และ D



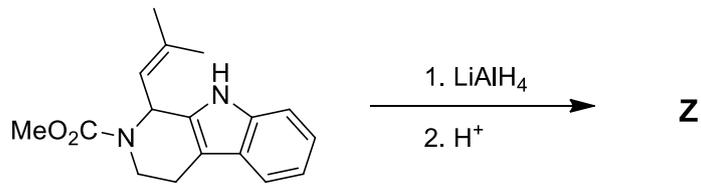
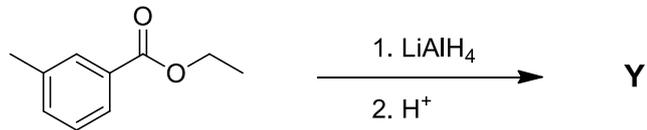
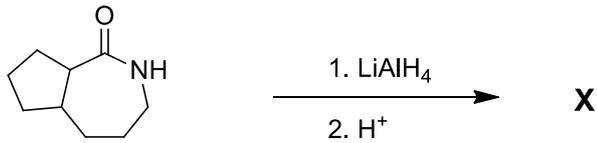
โจทย์ข้อที่ 12

วาดโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ E, F และ G จากปฏิกิริยา reductive amination ต่อไปนี้



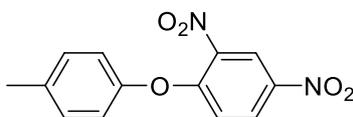
โจทย์ข้อที่ 13

วาดโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ X, Y และ Z จากปฏิกิริยารีดักชันด้วย  $\text{LiAlH}_4$  ต่อไปนี้



โจทย์ข้อที่ 14

เสนอวิธีสังเคราะห์สารประกอบดังแสดงโดยเริ่มจากสารตั้งต้นที่มีอะตอมของคาร์บอนไม่เกิน 8 อะตอม



**โจทย์ข้อที่ 15**

แก๊สอุดมคติ 1.00 mol ขยายตัวแบบ isothermal และผันกลับได้ที่อุณหภูมิ 300 K จากปริมาตรเริ่มต้น 5.00 L จนมีปริมาตร 15.0 L งานจากการขยายตัวของแก๊สนี้ในหน่วย kJ เป็นเท่าใด และถ้าเพิ่มปริมาตรต่อไปจนเป็น 20.0 L การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของแก๊ส ( $\Delta S_{gas}$ ) เฉพาะในขั้นตอนหลังนี้จะเป็นเท่าใด

**โจทย์ข้อที่ 16**

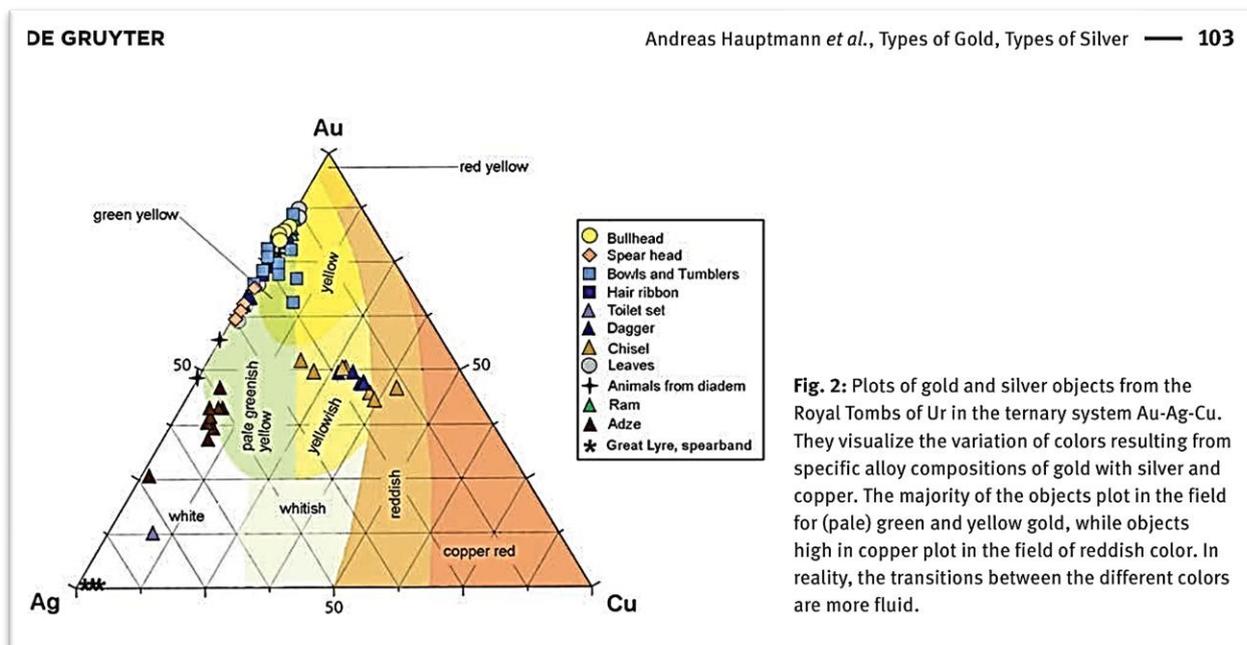
ต้มน้ำมวล 250 g จากอุณหภูมิ 25.0 °C จนกลายเป็น 80.0 °C ความร้อนของการเปลี่ยนแปลงนี้เท่ากับเท่าใดในหน่วย J

**โจทย์ข้อที่ 17**

เมื่อแก๊สอุดมคติแบบอะตอมเดี่ยว (monoatomic ideal gas) 0.500 mol ถูกทำให้ร้อนจากอุณหภูมิ 280 K จนกลายเป็น 420 K การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ( $\Delta U$ ) ของกระบวนการนี้เป็นเท่าใดในหน่วย J กำหนดให้  $C_{V,m} = (3/2)R$

**โจทย์ข้อที่ 18**

Andreas Hauptmann และคณะใช้แผนภาพแสดงองค์ประกอบของโลหะทั้งสามชนิดในโลหะผสมทอง-เงิน-ทองแดง (Au-Ag-Cu alloy) ในหน่วยร้อยละโดยมวล (wt.%) เพื่อจำแนกชนิดของทองและเงิน ตลอดจนจนสะท้อนถึงแหล่งที่มาและความตั้งใจในการผลิตเพื่อการใช้งาน



**Fig. 2:** Plots of gold and silver objects from the Royal Tombs of Ur in the ternary system Au-Ag-Cu. They visualize the variation of colors resulting from specific alloy compositions of gold with silver and copper. The majority of the objects plot in the field for (pale) green and yellow gold, while objects high in copper plot in the field of reddish color. In reality, the transitions between the different colors are more fluid.

**Reference:** Hauptmann, *et al.* Types of Gold, Types of Silver: The Composition of Precious Metal Artifacts Found in the Royal Tombs of Ur Mesopotamia. *Z. Assyriol. Vorderasi.* **2018**, *108*, 100-131.

<https://doi.org/10.1515/za-2018-0007>

18.1 ข้อความต่อไปนี้ถูก (True) หรือ ผิด (False)

- โลหะผสมที่อยู่ใกล้ด้าน Au–Ag จะมี Cu ต่ำมาก และองค์ประกอบคล้ายอิเล็กตรัม (electrum)
- หากตำแหน่งของโลหะผสมอยู่ใกล้มุม Au แสดงว่าโลหะผสมนั้นจะมี Ag และ Cu อยู่พอ ๆ กัน
- การเพิ่มสัดส่วน Cu ในโลหะผสมทองมักทำให้สีของทองออกแดงมากขึ้นและความแข็งเพิ่มขึ้น
- องค์ประกอบที่อยู่ใกล้กึ่งกลางของแผนภาพ Au–Ag–Cu มีแนวโน้มเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติได้ง่าย
- วัตถุโลหะสองชิ้นที่มีปริมาณ Au เท่ากัน จะต้องอยู่บนเส้นที่ขนานกับด้าน Ag–Cu
- โลหะผสมที่จัดเป็น “เงิน” จะต้องไม่มี Au ปนอยู่เลย จึงจะอยู่ใกล้มุม Ag ในแผนภาพ

18.2 คำนวณกะรัต (Karat) ของ Spear head เมื่อทองคำบริสุทธิ์ 100% มีค่าเท่ากับ 24K และระบุว่าเมื่อต้องรายงานเชิงการค้า จะจัดอยู่ “ใกล้เคียงกะรัตมาตรฐาน” ไต

18.3 หากช่างทองต้องการปรับโลหะผสมให้เป็น 18K และ 14K โดยคงสัดส่วน Ag : Cu เดิมของ Spear head คำนวณมวลของ Au–Ag–Cu ที่ต้องใช้ในการผลิต 500. G

18.4 เปรียบเทียบโลหะผสมทั้ง 3 แบบ ว่าแบบใดมีแนวโน้มสีออกเหลืองและแข็งกว่ากัน

### โจทย์ข้อที่ 19 ข้าวสังข์หยดพัทลุง

**ข้าวสังข์หยด** เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุงมีสีออกแดง ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง การนำข้าวสังข์หยดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขนมปัง คุกกี้ ข้าวตัง ข้าวพอง เป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคและช่วยเพิ่มมูลค่าข้าวสังข์หยด

การทำข้าวพองจากข้าวสังข์หยดทำได้โดยนำข้าวที่หุงสุกแล้วไปตากแดดจนแห้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 240 °C เป็นเวลา 7 s จะได้ข้าวพองที่มีอัตราการพองตัวเป็น 6.3 เท่า โดยการพองเกิดจากความชื้นภายในเมล็ดข้าวที่เปลี่ยนเป็นไอและขยายตัวอย่างรวดเร็ว

19.1 คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวก่อนนำไปอบซึ่งมีน้ำหนัก 41 mg โดยความดันสูงสุดภายในเมล็ดข้าวเท่ากับ 52.8 atm และข้าวพองมีปริมาตร 0.280 cm<sup>3</sup>

กำหนดให้ เมล็ดข้าวที่ตากแดดจนแห้ง (ก่อนนำไปอบ) มีปริมาตรพอ ๆ กับเมล็ดข้าวก่อนหุง และไม่มีการรั่วไหลของความชื้นระหว่างที่เมล็ดข้าวกำลังพองตัว

ที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง แก๊สอุดมคติมีพลังงานจลน์เฉลี่ยคงที่ อย่างไรก็ตาม แก๊สแต่ละโมเลกุลไม่จำเป็นต้องมีอัตราเร็วเท่ากัน โดยจำนวนโมเลกุลแก๊สที่มีอัตราเร็วตั้งแต่  $v_1$  ถึง  $v_2$  ( $N$ ) มีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟที่พล็อตค่าฟังก์ชัน  $F(v)$  เทียบกับ  $v$  ตั้งแต่  $v_1$  ถึง  $v_2$  (ในทางคณิตศาสตร์สอดคล้องกับการอินทิเกรตฟังก์ชัน  $F(v)$  เทียบกับ  $v$  ตั้งแต่  $v_1$  ถึง  $v_2$  อย่างไรก็ตาม ผู้สอบไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้แคลคูลัสในการทำข้อสอบ)

$$N = \int_{v_1}^{v_2} F(v) dv$$

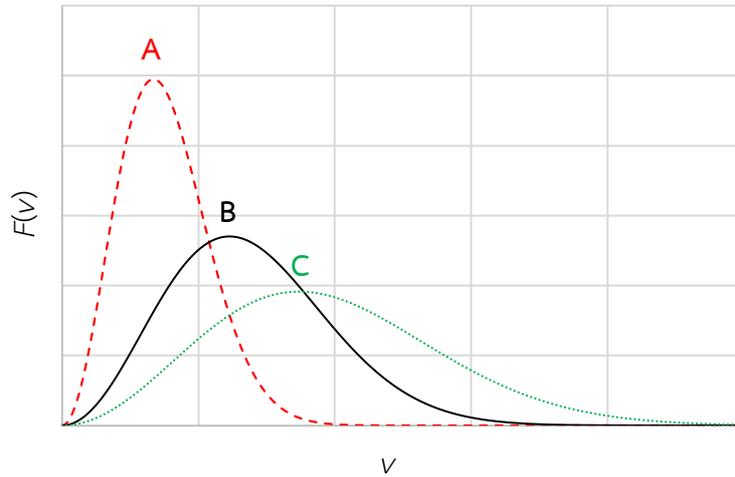
$$F(v) = Av^2 e^{-\frac{Mv^2}{2RT}}$$

โดย  $N$  คือ จำนวนโมเลกุลแก๊สที่มีอัตราเร็วตั้งแต่  $v_1$  ถึง  $v_2$

$v$  คือ อัตราเร็วของโมเลกุลแก๊ส

- $A$  คือ ค่าคงที่ซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิด อุณหภูมิ และจำนวนโมเลกุลรวมของแก๊สในภาชนะ
- $R$  คือ ค่าคงที่ของแก๊ส
- $M$  คือ มวลต่อโมลของแก๊ส
- $T$  คือ อุณหภูมิของแก๊ส

หากเส้นกราฟ B แสดงการแจกแจงอัตราเร็วของโมเลกุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 25 °C



19.2 การเปลี่ยนแปลงต่อไปนี้ควรแสดงด้วยเส้นกราฟใด

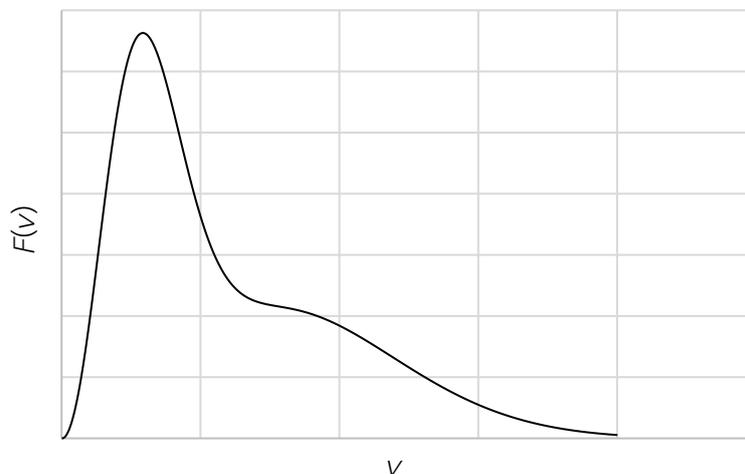
- แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อุณหภูมิ 25 °C

A                       B                       C

- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 0 °C

A                       B                       C

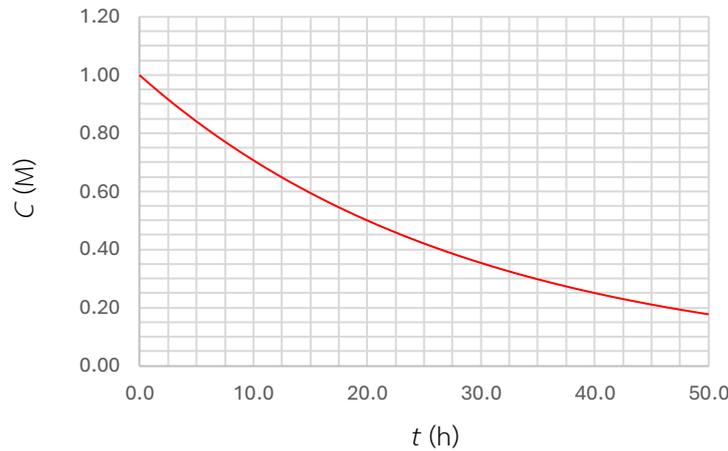
เมื่อหุงแล้ว ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ เป็นเอกลักษณ์ที่ไม่มีใครเหมือน นักเคมีจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ทดลองวิเคราะห์การแจกแจงอัตราเร็วของกลิ่นหอมข้างต้น ได้ผลดังแสดง



19.3 อภิปรายผลการทดลองข้างต้น

นอกจากกลิ่นที่หอม ข้าวสังข์หยดพัทลุงยังมีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยมีสารสกัดสำคัญในการช่วยชะลอความเหี่ยวเหี่ยว นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ได้สกัดสารแกมมา-ออริซานอล ( $\gamma$ -oryzanol) เพื่อใส่ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

เพื่อให้แน่ใจว่าสารสกัดข้างต้นไม่สลายตัวก่อนถึงมือผู้บริโภค นักวิจัยศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการสลายตัวที่  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยมีผลการทดลองดังแสดง



19.4 คำนวณค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาการสลายตัวที่  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยใช้หน่วยความเข้มข้นเป็น M และหน่วยเวลาเป็น min

#### คำแนะนำในการฝึกภาคปฏิบัติ

- 1) เทคนิคการใช้อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด การถ่ายเทสาร การเตรียมสารละลาย และการไทเทรต
- 2) เทคนิคการสกัดด้วยกรวยแยกเมื่อตัวทำละลายมีจำกัด

#### ข้อพึงปฏิบัติในการเขียนตอบข้อสอบภาคปฏิบัติ

- 1) แสดงวิธีคำนวณโดยใช้วิธีแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย
- 2) บันทึกผลการทดลอง แสดงวิธีคำนวณ และแสดงคำตอบโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ

**วิธีคำนวณและผลลัพธ์จากการคำนวณภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติต้องคำนึงถึง  
เลขนัยสำคัญและการปิดเศษ  
โดยใช้วิธีตามหนังสือ “เคมี เล่ม 2 (หลักสูตร สอวน. ค่าย 1 วิชาเคมี)” บทที่ 5**

**คำตอบข้อที่ 1**

Rb: 5s, Se: 4s และ 4p,  $\text{Fe}^{2+}$ : 3d,  $\text{I}^-$ : 5s และ 5p

**คำตอบข้อที่ 2**

2.1 เติม  $\text{HCOONa(s)}$  22.1 g ลงในสารละลาย  $\text{HCOOH}$  0.25 M ปริมาตร 1.0 L

2.2 0.1 M: เจือจาง conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ปริมาตร 5.6 mL ด้วยน้ำจนมีปริมาตร 1 L

0.1 N: เจือจาง conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ปริมาตร 2.8 mL ด้วยน้ำจนมีปริมาตร 1 L

$$\begin{array}{l}
 \text{mL conc. H}_2\text{SO}_4 = \frac{1 \text{ L dil. H}_2\text{SO}_4}{0.1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{98.1 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{100 \text{ g conc. H}_2\text{SO}_4}{95 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \\
 \times \frac{1 \text{ mL conc. H}_2\text{SO}_4}{1.84 \text{ g conc. H}_2\text{SO}_4} \times \frac{\quad}{\quad} \times \frac{\quad}{\quad} \times \frac{\quad}{\quad}
 \end{array}$$

**คำตอบข้อที่ 3**

3.1 1.5 L

3.2 125 mL

**คำตอบข้อที่ 4**

$E_{\text{left}} = -0.44 \text{ V}$ ,  $E_{\text{right}} = 0.70 \text{ V}$ ,  $E_{\text{cell}} = 1.14 \text{ V}$ ,  $\Delta G_{\text{cell}} = -220 \text{ kJ}$

**คำตอบข้อที่ 5**

5.1 V(III)

5.2 pentaquabromidovanadium(III) ion

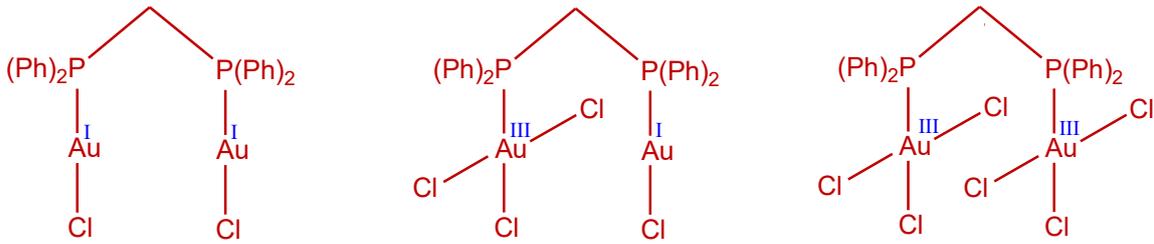
**คำตอบข้อที่ 6**

6.1 38%

6.2 tetracyanonickelate(II) ion

6.3 square planar

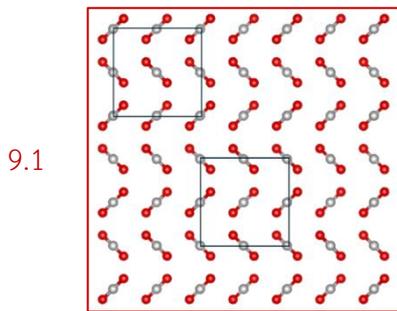
คำตอบข้อที่ 7



คำตอบข้อที่ 8

- 8.1 oxidation state = +6; d-electron = 0
- 8.2  $6 \text{ MoO}_4^{2-} + 10 \text{ HCl} \rightarrow [\text{Mo}_6\text{O}_{19}]^{2-} + 10 \text{ Cl}^- + 5 \text{ H}_2\text{O}$
- 8.3 3
- 8.4 6
- 8.5  $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_6\text{O}_{19} \rightarrow 6 \text{ MoO}_3 + 2 \text{ NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

คำตอบข้อที่ 9



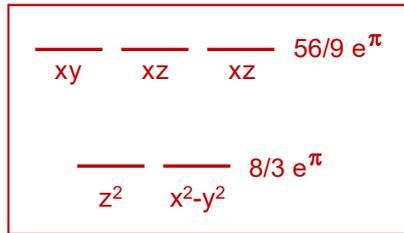
9.2 FCC

9.3	$2\theta$ (°)	d-spacing (Å)	(hkl)	จุดตัดแกน x	จุดตัดแกน y	จุดตัดแกน z
	28.1	3.17	111	1a	1b	1c
	32.6	2.74	200	0.5a	$\infty$ (ขนานแกน y)	$\infty$ (ขนานแกน z)
	36.5	2.46	210	0.5a	1b	$\infty$ (ขนานแกน z)
	40.2	2.24	211	0.5a	1b	1c
	46.7	1.94	220	0.5a	0.5b	$\infty$ (ขนานแกน z)

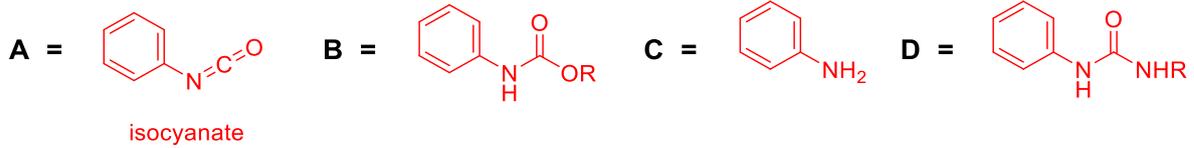
9.4 5.48 Å

คำตอบข้อที่ 10

แผนภาพระดับพลังงานของออร์บิทัล d ของ tetrahedral complex



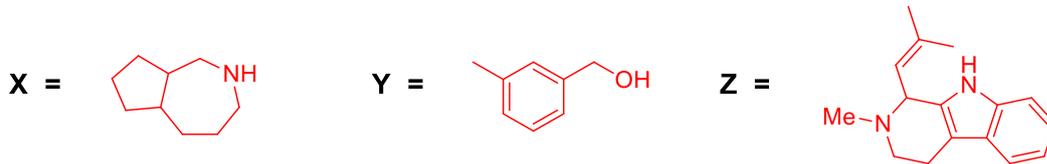
คำตอบข้อที่ 11



คำตอบข้อที่ 12



คำตอบข้อที่ 13



คำตอบข้อที่ 14

การสังเคราะห์โดยวางแผนให้เกิดผ่าน nucleophilic aromatic substitution เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการมีอยู่ของ nitro group ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นหมู่ดึงอิเล็กตรอน



คำตอบข้อที่ 15

$$w = -2.74 \text{ kJ}, \Delta S_{\text{gas}} = 2.39 \times 10^3 \text{ J K}^{-1}$$

คำตอบข้อที่ 16

$$5.75 \times 10^4 \text{ J}$$

**คำตอบข้อที่ 17**

$$8.73 \times 10^2 \text{ J}$$

**คำตอบข้อที่ 18**

18.1 (a) True (b) False (c) True (d) False (e) True (f) False

18.2 15.6K สำหรับ (65–34–1 wt.%) => ไกล่เคียงมาตรฐาน 16K

18.3 18K: Au 375 g, Ag 121 g, Cu 4 g

14K: Au 292 g, Ag 202 g, Cu 6 g

18.4 18K เหลืองที่สุด, 14K แฉ่งที่สุด

**คำตอบข้อที่ 19**

19.1 13%

19.2 C และ A ตามลำดับ

19.3 กลิ่นหอมของข้าวสังข์หยดพัทลุงประกอบจากโมเลกุลแก๊สที่มี มวลต่อโมลแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ชนิด

19.4  $5.78 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$

