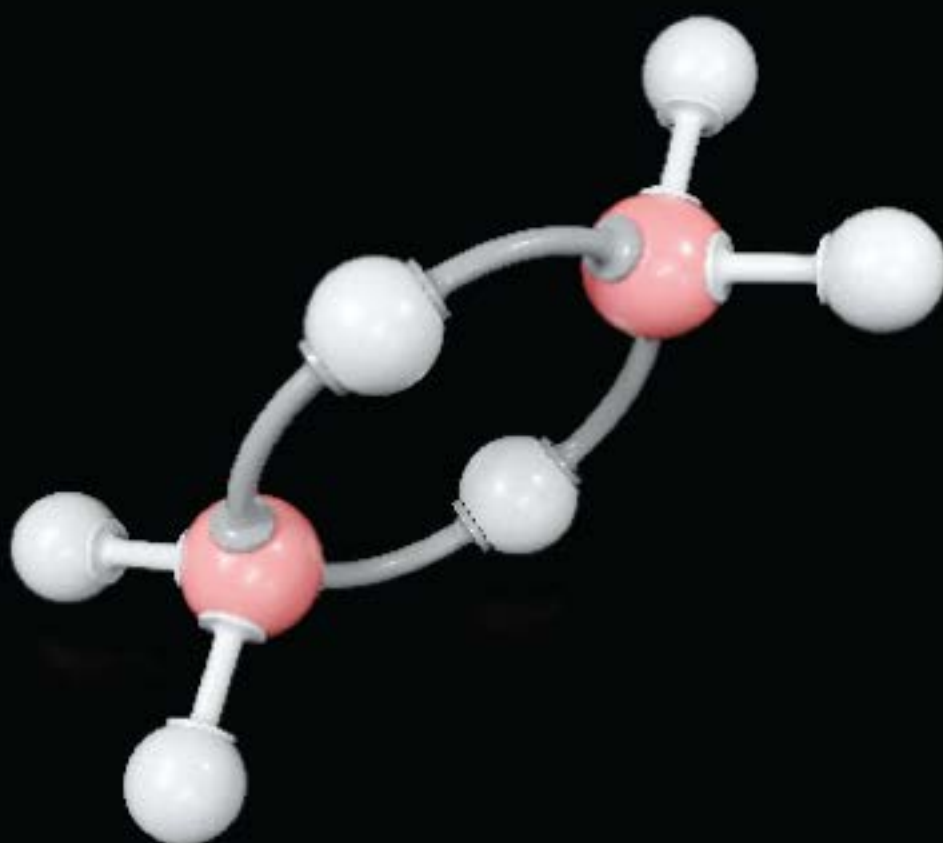


หนังสือแบบฝึกหัดวิชาเคมี สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

# My Chemistry Quiz

## The Intermediate



### E3

Kinetics - Equilibrium - Acid & Base

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์ฤทธิ์ โจนเทศ  
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## MY CHEMISTRY QUIZ: THE INTERMEDIATE E.3 (เล่ม 3)

ผู้แต่ง : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไรจน์ฤทธิ ไรจนธเนศ  
พิมพ์ครั้งแรก : ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ 2566

### ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ไรจน์ฤทธิ ไรจนธเนศ.

MY CHEMISTRY QUIZ: THE INTERMEDIATE E.3 (เล่ม 3).-- กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2566.  
194 หน้า.

1. เคมี. I. ชื่อเรื่อง.

540

ISBN 978-616-603-905-4

จัดทำโดย: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไรจน์ฤทธิ ไรจนธเนศ  
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
E-MAIL: [rojrit.r@chula.ac.th](mailto:rojrit.r@chula.ac.th)

# คำนำ

หนังสือเล่มนี้เขียนขึ้นจากประสบการณ์การสอนวิชาเคมีของผมที่สั่งสมมายาวนาน โดยผมได้รวบรวมโจทย์ปัญหาที่ผมใช้ในการสอนและการสอบในระดับต่าง ๆ ผ่านการใช้งานจริงมาทั้งในโรงเรียน มหาวิทยาลัย ใช้ในการสอบคัดเลือก และสอบแข่งขันต่าง ๆ ซึ่งส่วนมากมีลักษณะเฉพาะของผมเองอยู่

การสอนของผมส่วนใหญ่เป็นการสอนโดยใช้โจทย์คำถามนำ ทำให้ผู้เรียนได้ประมวลเอาความรู้มาแก้ปัญหาและสร้างความรู้ความเข้าใจขึ้นมาเองได้ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาได้ลึกซึ้ง และมักเป็นคำถามที่ใช้วัดพื้นฐานความเข้าใจในวิชาเคมีได้เป็นอย่างดีเพื่อแก้ปัญหาความเข้าใจผิดที่มักพบได้บ่อย นอกจากนั้นยังมีคำถามที่ชี้นำไปสู่การต่อยอดความรู้ให้กว้างไกลมากขึ้น ซึ่งทั้งหมดนี้ได้รวบรวมมาไว้ในหนังสือเล่มนี้แล้ว และด้วยเหตุที่โจทย์ทั้งหมดเป็นโจทย์ที่ผมได้สร้างสรรค์ขึ้นมาใช้เอง จึงใช้ชื่อหนังสือเล่มนี้ว่า **My Chemistry Quiz** ซึ่งแน่นอนว่าผู้อ่านจะได้เห็นมุมมองใหม่ ๆ ในวิชาเคมีผ่านโจทย์ปัญหาเหล่านี้ที่มีหลายระดับตั้งแต่ระดับพื้นฐาน ไปถึงระดับประยุกต์

โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ในหนังสือเล่มนี้ เป็นโจทย์ที่คัดมาให้ให้นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ต้องการระดับความท้าทาย ต้องการฝึกความคิดวิเคราะห์ด้วยโจทย์ระดับที่ลึกซึ้งยากขึ้นกว่าโจทย์เคมีทั่วไป หรือเพื่อเตรียมตัวเพื่อสอบแข่งขัน สอบคัดเลือก หรือสอบชิงทุนต่าง ๆ รวมถึงเหมาะกับนิสิตและนักศึกษาที่ต้องการเพิ่มความแม่นยำในพื้นฐานความรู้ เพื่อต่อยอดเรียนในระดับปริญญาตรีให้ดีขึ้นด้วย ดังนั้นเนื้อหาของหนังสือเล่มนี้จึงเป็นระดับที่เป็นรอยต่อของมัธยมและปริญญาตรี จึงใช้ชื่อของหนังสือเล่มนี้ว่า **The Intermediate**

ผมได้ใส่วิธีการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ในหนังสือไว้โดยละเอียดเรียบร้อยทุกข้อ อธิบายอย่างชัดเจนพร้อมหลักฐานทางการทดลองและทฤษฎีสนับสนุน โดยทุกข้อจะแก้ด้วยทฤษฎีพื้นฐาน เพราะส่วนมากจะออกแบบมาให้ไม่สามารถแก้ด้วยสูตรลัดต่าง ๆ ได้ ทำให้น่าจะช่วยให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจในวิชาเคมีได้ลึกซึ้งขึ้นผ่านโจทย์ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้

ผมหวังว่าทุกคนจะได้ใช้ความรู้ได้อย่างเต็มที่ และสนุกไปกับการแก้โจทย์ปัญหาของผมที่ได้คัดสรรมาให้ได้ลองทำกัน และทำให้อยากศึกษาเคมีในระดับสูงขึ้นไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ

22 กรกฎาคม 2564

# สารบัญ

## บทที่ 4 ปริมาณสารสัมพันธ์ 109

mole และ มวล	110
ปฏิกิริยาเคมี	111
คำตอบที่ถูกต้อง	114
เฉลยโดยละเอียด	115

## บทที่ 5 สารละลาย 131

ความเข้มข้น	132
การเตรียมสารละลาย	134
Colligative properties	135
ปฏิกิริยาเคมีในสารละลาย	137
คำตอบที่ถูกต้อง	140
เฉลยโดยละเอียด	141

## บทที่ 6 ก๊าซ 165

กฎของก๊าซ	166
การแพร่ของก๊าซ	170
ปฏิกิริยาในสภาวะก๊าซ	172
คำตอบที่ถูกต้อง	176
เฉลยโดยละเอียด	177

# ตารางธาตุ

## Periodic Table of Elements

1 <b>H</b> 1.01																	2 <b>He</b> 4.00
3 <b>Li</b> 6.94	4 <b>Be</b> 9.01											5 <b>B</b> 10.81	6 <b>C</b> 12.01	7 <b>N</b> 14.01	8 <b>O</b> 16.00	9 <b>F</b> 19.00	10 <b>Ne</b> 20.18
11 <b>Na</b> 22.99	12 <b>Mg</b> 24.31											13 <b>Al</b> 26.98	14 <b>Si</b> 28.09	15 <b>P</b> 30.97	16 <b>S</b> 32.07	17 <b>Cl</b> 35.45	18 <b>Ar</b> 39.95
19 <b>K</b> 39.10	20 <b>Ca</b> 40.08	21 <b>Sc</b> 44.96	22 <b>Ti</b> 47.87	23 <b>V</b> 50.94	24 <b>Cr</b> 52.00	25 <b>Mn</b> 54.94	26 <b>Fe</b> 55.85	27 <b>Co</b> 58.93	28 <b>Ni</b> 58.69	29 <b>Cu</b> 63.55	30 <b>Zn</b> 65.39	31 <b>Ga</b> 69.72	32 <b>Ge</b> 72.61	33 <b>As</b> 74.92	34 <b>Se</b> 78.96	35 <b>Br</b> 79.90	36 <b>Kr</b> 83.81
37 <b>Rb</b> 85.47	38 <b>Sr</b> 87.62	39 <b>Y</b> 88.91	40 <b>Zr</b> 91.22	41 <b>Nb</b> 92.91	42 <b>Mo</b> 95.94	43 <b>Tc</b> (98)	44 <b>Ru</b> 101.07	45 <b>Rh</b> 102.91	46 <b>Pd</b> 106.42	47 <b>Ag</b> 107.87	48 <b>Cd</b> 112.41	49 <b>In</b> 114.82	50 <b>Sn</b> 118.71	51 <b>Sb</b> 121.76	52 <b>Te</b> 127.63	53 <b>I</b> 126.90	54 <b>Xe</b> 131.29
55 <b>Cs</b> 132.91	56 <b>Ba</b> 137.33	71 <b>Lu</b> 174.97	72 <b>Hf</b> 178.49	73 <b>Ta</b> 180.95	74 <b>W</b> 183.84	75 <b>Re</b> 186.21	76 <b>Os</b> 190.23	77 <b>Ir</b> 192.22	78 <b>Pt</b> 195.08	79 <b>Au</b> 196.97	80 <b>Hg</b> 200.59	81 <b>Tl</b> 204.38	82 <b>Pb</b> 207.21	83 <b>Bi</b> 208.98	84 <b>Po</b> (210)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)
87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	103 <b>Lr</b> (262)	104 <b>Rf</b> (261)	105 <b>Db</b> (262)	106 <b>Sg</b> (266)	107 <b>Bh</b> (264)	108 <b>Hs</b> (269)	109 <b>Mt</b> (268)	110 <b>Ds</b> (269)	111 <b>Rg</b> (272)	112 <b>Cn</b> (277)	113 <b>Nh</b> (284)	114 <b>Fl</b> (289)	115 <b>Mc</b> (288)	116 <b>Lv</b> (293)	117 <b>Ts</b> (294)	118 <b>Og</b> (294)

57 <b>La</b> 138.91	58 <b>Ce</b> 140.11	59 <b>Pr</b> 140.91	60 <b>Nd</b> 144.24	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150.36	63 <b>Eu</b> 151.96	64 <b>Gd</b> 157.25	65 <b>Tb</b> 158.93	66 <b>Dy</b> 162.53	67 <b>Ho</b> 164.93	68 <b>Er</b> 167.26	69 <b>Tm</b> 168.93	70 <b>Yb</b> 173.04
89 <b>Ac</b> (227)	90 <b>Th</b> 232.04	91 <b>Pa</b> 231.04	92 <b>U</b> 238.03	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)	102 <b>Md</b> (258)	102 <b>No</b> (259)

## กำหนดให้

Planck–Einstein Relation	$E = hv$	หรือ	$E = \frac{hc}{\lambda}$
Rydberg formula	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left[ \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right]$	หรือ	$E = R_H \left[ \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right]$
สำหรับธาตุอิเล็กตรอนเดี่ยว (Z = เลขอะตอม)	$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left[ \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right]$	หรือ	$E = R_H Z^2 \left[ \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right]$
พลังงานอิเล็กตรอนในชั้น n	$E_n = -R_H \left[ \frac{1}{n^2} \right]$	หรือ	$E_n = -R_H Z^2 \left[ \frac{1}{n^2} \right]$
รัศมีนิวเคลียส (A = เลขมวล)	$r = r_0 \sqrt[3]{A}$	เมื่อ	$r_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$
Ideal gas law	$PV = nRT$		
Planck constant (h)	$= 6.62607 \times 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$		
Rydberg constant ( $R_H$ )	$= 2.17987 \times 10^{-18} \text{ J}$ $= 1.09737 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$		
ความเร็วแสง (c)	$= 2.99792 \times 10^8 \text{ m/s}$		
gas constant	$= 8.31446 \text{ J/mole}\cdot\text{K}$ $= 0.08206 \text{ atm}\cdot\text{L/mole}\cdot\text{K}$		
Avogadro's number (N)	$= 6.02214 \times 10^{23}$		
Atomic mass unit (amu)	$= 1.66054 \times 10^{-24} \text{ g}$		

## ขอบเขตของเนื้อหา

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Rate of chemical reactions)
2. ทฤษฎีการชน (Collision theory)
3. สมการกฎอัตรา (Rate law equation)

## แบบฝึกหัด

แบบฝึกหัดมี 2 ประเภทได้แก่

### 1. ปรนัย

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องจากตัวเลือกที่กำหนดให้ บางข้ออาจมีคำตอบถูกมากกว่า 1 ตัวเลือก

### 2. อัตนัย

ตอบคำตอบให้ถูกต้องและกระชับได้ใจความ ถ้าเป็นข้อที่ต้องคำนวณให้ค่าหนึ่งถึงเลขนัยสำคัญด้วย

## แบบฝึกหัด

1. หากจะออกแบบการทดลองเพื่อติดตามอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีกับสารละลายกรด HCl จะสามารถวัดอัตราเร็วระหว่างการเกิดปฏิกิริยาจากสิ่งใดได้ง่ายที่สุด

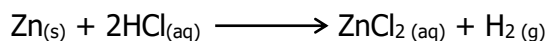
- A. น้ำหนักสังกะสี      B. pH สารละลาย      C. ปริมาณก๊าซ      D. ความเข้มข้น  $Zn^{2+}$

2. เทสารละลาย HCl 5.00 M, 200.0 mL ผสมกับสังกะสี 13.1 กรัม จะเกิดฟองก๊าซ  $H_2$  ต่อเนื่องนาน 5.00 นาที อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโดยเฉลี่ยแต่ละชนิดมีค่าเท่าใด (ทำการทดลองที่ 300 K, 1.00 atm)

ตอบ HCl = \_\_\_\_\_ M/min, Zn = \_\_\_\_\_ g/min,  $H_2$  = \_\_\_\_\_ mL/min

$Zn^{2+}$  = \_\_\_\_\_ M/min, และ  $Cl^-$  = \_\_\_\_\_ M/min

3. ที่อุณหภูมิ 27° C คงที่ ละลาย Zn 5.0 g ด้วย HCl 0.20 M, 5.0 mL ได้ดังสมการต่อไปนี้



วัดปริมาณ  $H_2$  ที่เวลาต่าง ๆ ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

time (sec)	$V_{H_2}$ (mL)
0.0	0.00
10.0	9.84
20.0	14.76

อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณ HCl ในสัณวินาทีแรกและสัณวินาทีถัดมาต่างกันกี่เท่า

ตอบ \_\_\_\_\_

4. ย่อย Znหนัก 1.3 g ด้วย  $HCl_{(aq)}$  0.5 M, 40 mL ที่ STP พบว่าเกิด  $H_2$  ด้วยอัตราเร็วเริ่มต้น 2.24 mL/min ดังนั้นอัตราการลดลงของ HCl เท่ากับกี่ M/min

- A.  $2 \times 10^{-4}$       B.  $2 \times 10^{-3}$       C.  $5 \times 10^{-3}$       D.  $5 \times 10^{-2}$

5. เทสารละลาย HCl 0.40 M, 0.10 L ผสมกับ CaCO<sub>3</sub> 4.0 กรัม หาก CaCO<sub>3</sub> สลายตัวด้วยอัตราเร็วคงที่ 50.0 mmol/min

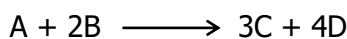
1. ปฏิกริยาสิ้นสุดที่เวลาเท่าไร
2. อัตราการสลายตัวของ HCl เป็นเท่าไร
3. มีสารตั้งต้นเหลืออยู่เท่าไร

ตอบ 1. \_\_\_\_\_ sec, 2. \_\_\_\_\_ mM/sec, และ 3. HCl = \_\_\_\_\_ M, CaCO<sub>3</sub> = \_\_\_\_\_ g

6. เมื่อเผาผลาญ Mg 0.500 g ใน beaker ที่วางอยู่บนเครื่องชั่ง พบว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเป็น 0.040 g/min อัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับเท่าไร

ตอบ \_\_\_\_\_ mmol/min

7. ปฏิกิริยาหนึ่งมีสมการดังนี้

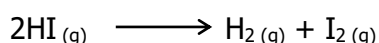


สารละลาย 1.0 L มี A จำนวน 1.0 mole ทำปฏิกิริยากับ B จำนวน 2.0 mole เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที เกิดสาร C ขึ้น 3 mole

ข้อใดไม่ถูกต้อง

- A. อัตราการสลายตัวของ A ในช่วง 10 วินาทีแรกเท่ากับ 0.1 mole/sec
- B. อัตราการสลายตัวของ B ในช่วง 10 วินาทีแรกเท่ากับ 2.0 mole/sec
- C. อัตราการเกิด C ในช่วง 10 วินาทีแรกเท่ากับ 0.3 mole/sec
- D. อัตราการเกิด C จำนวน 1 mole เท่ากับอัตราการสลายตัวของ B จำนวน 0.67 mole

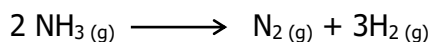
8. HI<sub>(g)</sub> สลายตัวในภาชนะปิดที่อุณหภูมิหนึ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ เท่ากับ 2.00 mM/min



ถ้าเริ่มจาก HI<sub>(g)</sub> 0.500 M ต้องใช้เวลากี่นาที HI จึงมีปริมาณเหลือเพียงครึ่งเดียวของจุดเริ่มต้น ซึ่งเวลาดังกล่าวจะเรียกว่าครึ่งชีวิต (half-life หรือ t<sub>1/2</sub>)

ตอบ \_\_\_\_\_ นาที

9. การสลายตัวของ  $\text{NH}_3$  บนผิวของโลหะ Pt ร้อนจัด มีอัตราเร็วคงที่



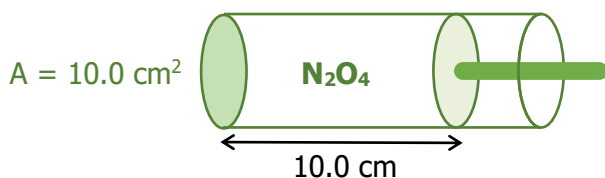
ถ้าเริ่มจาก  $\text{NH}_3 (\text{g})$  0.500 M พบว่าครึ่งชีวิตของ  $\text{NH}_3$  เท่ากับ 2.00 นาที

ดังนั้น 1. อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้เท่ากับเท่าไร

2. ต้องใช้เวลานานที่  $\text{NH}_3$  และ  $\text{H}_2$  จึงมีความเข้มข้นเท่ากันพอดี

ตอบ 1. \_\_\_\_\_ mM/min, และ 2. \_\_\_\_\_ min

10. บรรจุ  $\text{N}_2\text{O}_4$  ไว้ในกระบอกสูบที่ 300 K, 1.00 atm ดังภาพ



หาก  $\text{N}_2\text{O}_4$  สลายเป็น  $\text{NO}_2$  ด้วยอัตรา 10.0 mM/min ก้านสูบจะเลื่อนด้วยอัตราเร็วกี่ cm/min

ตอบ \_\_\_\_\_ cm/min

11. บรรจุ  $\text{O}_3$  0.20 atm ไว้ในถังก๊าซขนาด 5.0 L ที่อุณหภูมิคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 1.0 hr พบว่าความดันเพิ่มขึ้นเป็น 0.26 atm อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้เท่ากับกี่ atm/hr

ตอบ \_\_\_\_\_ atm/hr

12. effective collision ประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ

1. ชนถูกทิศทางบ่อยครั้ง

2. ชนด้วยพลังงานสูง

ละลายสังกะสีแผ่นบางขนาด  $1 \times 1$  cm ด้วย HCl เข้มข้นสูง 20 mL ใน beaker ขนาด 50 mL

กระบวนการใดต่อไปนี้จะเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยปัจจัยข้อที่ 1 ของ effective collision

A. ขุนสารละลายเล็กน้อยขณะทำปฏิกิริยา

B. คนสารละลายตลอดการทดลอง

C. ใช้ HCl ความเข้มข้นสูงขึ้น

D. เติม HCl ลงไปอีก 20 mL

E. ตัดแผ่นสังกะสีออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ

F. เปิดฝาภาชนะให้  $\text{H}_2$  ออกไปจากระบบ

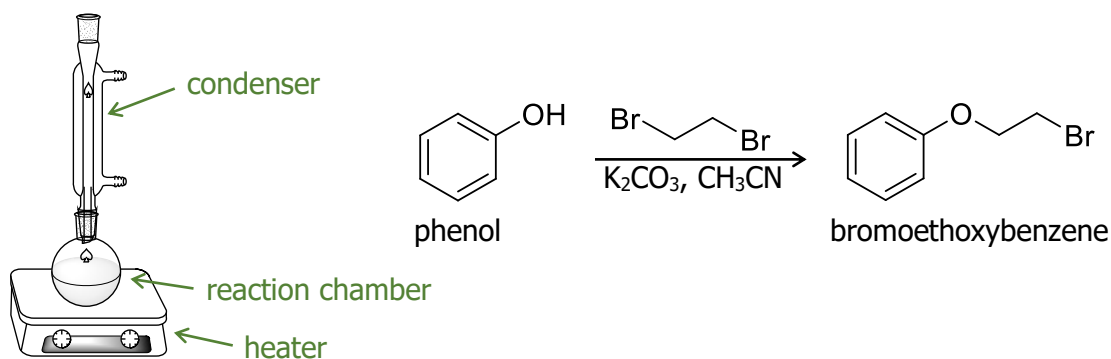
**13.** effective collision ประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ

1. ชนถูกต้องทางบ่อยครั้ง
2. ชนด้วยพลังงานสูง

การกระทำในข้อใดไม่ได้จัดเป็นการเร่งปฏิกิริยาด้วยปัจจัยในข้อที่ 1

- A. ทอดไก่ในน้ำมันด้วยอุณหภูมิสูงจนหนังไก่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีกลิ่นหอม
- B. ใช้ enzyme จาก yeast เพื่ออบขนมปังให้นุ่มฟู
- C. ใช้  $O_2$  แทนอากาศเพื่อเผากับ acetylene ในการเชื่อมโลหะ
- D. ใช้แสง UV-C เพื่อฆ่าเชื้อ SARS-Cov-2 virus

**14.** 2-bromoethoxybenzene สังเคราะห์จากปฏิกิริยาระหว่าง phenol และ 1,2-dibromoethane ใช้  $K_2CO_3$  เป็น base และมี acetonitrile ( $CH_3CN$ ) เป็นตัวทำละลาย โดยผสมสารทั้งหมดไว้ในขวดก้นกลม แล้วต้มให้เดือดโดยมี condenser อยู่ด้านบน (มีลักษณะเหมือนกับเครื่องควบแน่นสำหรับการกลั่น) เรียกกระบวนการนี้ว่า reflux

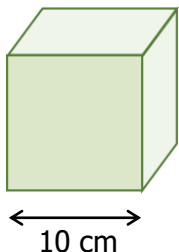


1. ในการทำปฏิกิริยาดังกล่าว ทำไมจึงต้องต้มให้เดือด
2. ทำไมจึงต้องต่อ condenser ไว้ด้านบนขณะให้ความร้อนกับปฏิกิริยา
3. ถ้าต้องการให้ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วขึ้นด้วยการเพิ่มพลังงานจะต้องทำอย่างไรโดยใช้อุปกรณ์เดิม

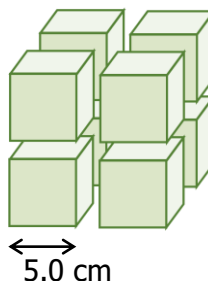
ตอบ 1. \_\_\_\_\_, 2. \_\_\_\_\_, 3. \_\_\_\_\_

15. ก้อนโลหะ M ขนาด  $10 \times 10 \times 10$  cm เกิดปฏิกิริยากับ  $O_2$  ที่อุณหภูมิคงที่ได้เป็น oxide เมื่อตัดแบ่งให้มีขนาดเล็กลงดังภาพ เมื่อนำไปทำปฏิกิริยาจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น

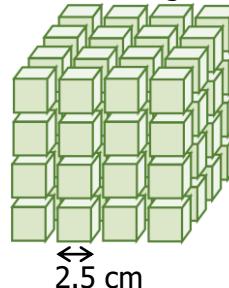
อัตราเร็วในช่วงเริ่มต้น = 0.050 g/hr



0.100 g/hr



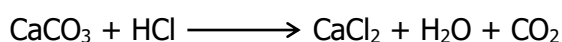
0.200 g/hr



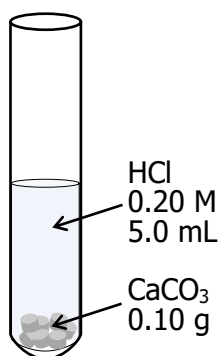
ถ้าตัดก้อนโลหะให้มีขนาด  $1 \times 1 \times 1$  cm จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่าไร

ตอบ \_\_\_\_\_ g/hr

16. นำเกลือหินปูน  $CaCO_3$  0.10 g ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย  $HCl$  (aq) 0.10 M, 5.0 mL บรรจุอยู่ ที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง เกิดปฏิกิริยาดังนี้



การกระทำต่อไปนี้ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้น และปริมาณ  $CO_2$  รวมที่เกิดขึ้นเป็นเช่นไร (เพิ่มขึ้น = +, ลดลง = -, หรือเท่าเดิม = 0)



การทดลอง	อัตราเร็วเริ่มต้น	ปริมาณ $H_2$ ทั้งหมด
1. เพิ่มความเข้มข้น HCl		
2. เติมสารละลาย HCl		
3. บด $CaCO_3$ ก่อนใส่		
4. ใส่ $CaCO_3$ เพิ่มลงไป		
5. เติมน้ำอีก 5.0 mL		

17. ในสถานะก๊าซ ด้วยสภาวะที่เหมาะสม formic acid สลายตัวได้โดยปฏิกิริยาที่มีขั้นตอนย่อยดังนี้

1.  $\text{HCOOH} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HCOOH}_2^+$  (very fast)
2.  $\text{HCOOH}_2^+ \longrightarrow \text{HCO}^+ + \text{H}_2\text{O}$  (slow)
3.  $\text{HCO}^+ \longrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}$  (fast)

สารใดที่เป็น catalyst และสารใดที่เป็น intermediate

ตอบ catalyst = \_\_\_\_\_, และ intermediate = \_\_\_\_\_

18.  $\text{O}_3$  ในชั้น troposphere สลายตัวได้ด้วยสองปฏิกิริยา คือสลายตัวด้วยตัวเองจาก UV และสลายตัวด้วย Cl ที่เกิดจากการสลายตัวของ chlorofluorocarbons (CFC's) ด้วย UV อีกทีหนึ่ง ปฏิกิริยาทั้งสองมีขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

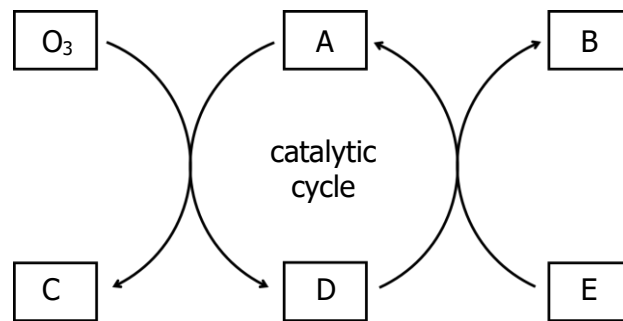
ขั้นตอนย่อยของปฏิกิริยาที่ 1

1.  $\text{O}_3 \longrightarrow \text{O}_2 + \text{O}$
2.  $\text{O}_2 + \text{O} \longrightarrow \text{O}_3$

ขั้นตอนย่อยของปฏิกิริยาที่ 2

1.  $\text{O}_3 + \text{Cl} \longrightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
2.  $\text{ClO} + \text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + \text{Cl}$

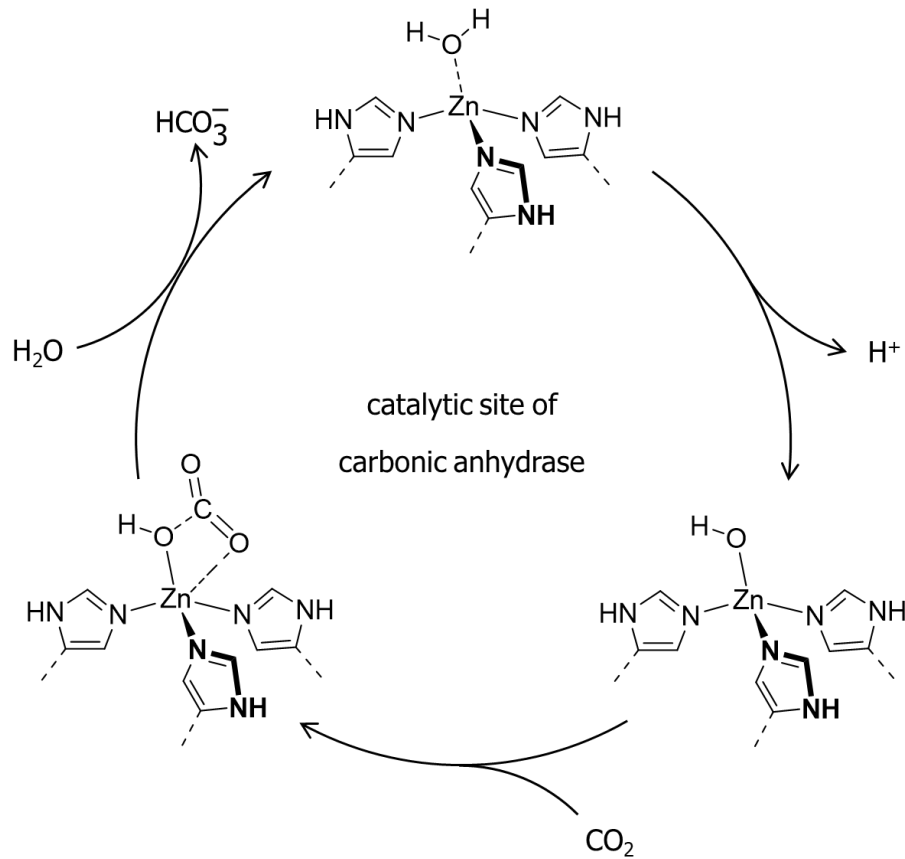
สามารถเขียน catalytic cycle ของปฏิกิริยาที่ 2 ได้ดังนี้



สาร A, B, C, D, และ E คือสารใด

ตอบ A = \_\_\_\_\_, B = \_\_\_\_\_, C = \_\_\_\_\_, D = \_\_\_\_\_, และ E = \_\_\_\_\_

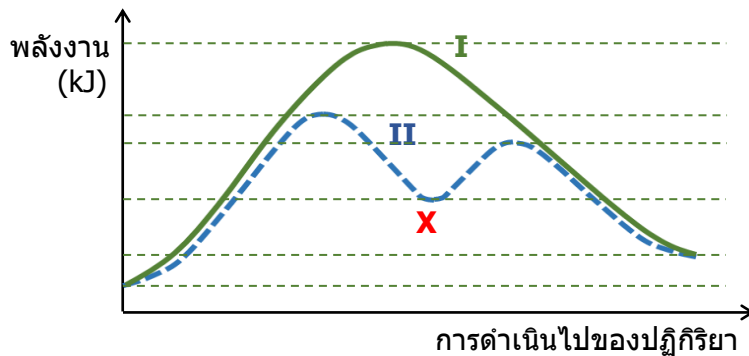
19. การลำเลียง  $\text{CO}_2$  ที่ได้จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์จะมี carbonic anhydrase เร่งปฏิกิริยา ซึ่ง  $\text{Zn}^{2+}$  ที่ถูกจับด้วย histidine สามหมู่ภายใน enzyme เป็นส่วนสำคัญของปฏิกิริยานี้ และมี catalytic cycle ดังภาพ



สมการแสดงปฏิกิริยาสุทธิคืออะไร

ตอบ \_\_\_\_\_

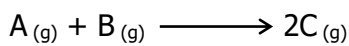
20. กราฟพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาหนึ่งซึ่งเกิดได้ผ่าน 2 กระบวนการเป็นดังนี้



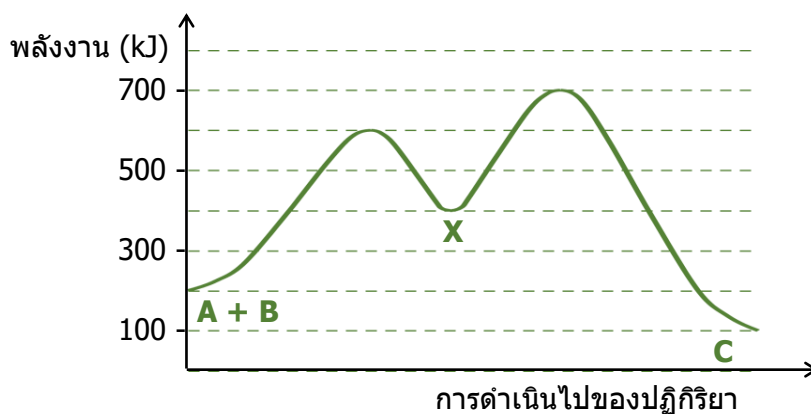
ข้อใดกล่าวถูกต้องบ้าง

- A. กระบวนการที่ I มีพลังงานของปฏิกิริยาเท่ากับกระบวนการที่ II
- B. ถ้าอุณหภูมิเท่ากันทั้งสองกระบวนการจะมีค่าคงที่อัตราการศึกษาเคมีเท่ากัน
- C. พลังงานกระตุ้นในกระบวนการที่ I มีค่าเท่ากันทั้งขาไปและขากลับ
- D. สารที่จุด X ทำให้ปฏิกิริยาในกระบวนการที่ II เกิดได้เร็วกว่ากระบวนการที่ I
- E. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ทั้งสองกระบวนการจะเกิดได้เร็วขึ้น เพราะต่างก็เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน

21. ที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง A ทำปฏิกิริยากับ B ได้ C ดังสมการต่อไปนี้



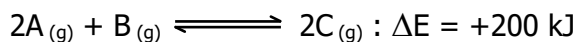
มีกราฟพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาดังนี้



ระบุค่าพลังงานของปฏิกิริยา ( $E_{rxn}$ ) และพลังงานกระตุ้นขั้นที่ 2 ( $E_{a2}$ ) ให้ถูกต้อง

ตอบ  $E_{rxn} = \underline{\hspace{2cm}}$  kJ,  $E_{a2} = \underline{\hspace{2cm}}$  kJ

22. ปฏิกิริยาในกระบอกสูบที่อุณหภูมิคงที่ปฏิกิริยาหนึ่งมีสมการดังนี้



ในอุตสาหกรรมผลิต C จะมีตัวเร่งปฏิกิริยา Z ช่วยให้สังเคราะห์ C ได้เร็วขึ้นได้

ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับปฏิกิริยานี้

- A. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น
- B. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิปฏิกิริยาย้อนกลับจะมีอัตราเร็วลดลง
- C. เมื่อลดกระบอกสูบให้ปริมาตรลดลงปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเร็วขึ้น
- D. เมื่อลดกระบอกสูบให้ปริมาตรลดลงปฏิกิริยาย้อนกลับจะช้าลง
- E. เมื่อใส่ Z ลงไปปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น
- F. เมื่อใส่ Z ลงไปปฏิกิริยาย้อนกลับจะมีอัตราเร็วลดลง

23. กระบวนการหนึ่งของการสลายตัวของ nitrous oxide ( $N_2O$ ) ที่อุณหภูมิสูงแสดงได้ดังนี้

1.  $Cl_2 \longrightarrow Cl$
2.  $N_2O + Cl \longrightarrow N_2 + ClO$
3.  $ClO \longrightarrow Cl_2 + O_2$

เมื่อทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

	$[N_2O]_{\text{initial}}$ (mM)	$[Cl_2]_{\text{initial}}$ (mM)	Rate ( $\mu\text{M/s}$ )
การทดลองที่ 1	100	5	42
การทดลองที่ 2	200	5	83
การทดลองที่ 3	100	10	167
การทดลองที่ 4	100	20	667

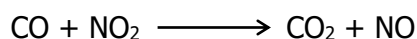
ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาบ้าง

- A. ขึ้นกับความเข้มข้นสารตั้งต้นทั้งสองชนิด
- B. ขึ้นกับความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยา
- C. ขึ้นกับสารตั้งต้นมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา
- D. ขึ้นกับตัวเร่งปฏิกิริยามากกว่าสารตั้งต้น
- E. ไม่ขึ้นกับผลิตภัณฑ์ระหว่างปฏิกิริยาเลย
- F. เป็นปฏิกิริยาที่มีเลขชี้กำลังรวมเท่ากับสอง

24. ปฏิกิริยาที่มีอัตราเร็วเท่ากันตลอดการทดลอง จะมี order of reaction เท่ากับเท่าไร

- A. 0  
B. 1  
C. ทุกปฏิกิริยามีอัตราเร็วลดลงเสมอ  
D. ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ของสมการเคมี

25. ที่อุณหภูมิ 650 K คงที่ CO ทำปฏิกิริยากับ NO<sub>2</sub> ในสถานะปิดปริมาตรคงที่ได้ดังสมการ



สมการกฏอัตราคือ  $\text{rate} = k[\text{NO}_2]^2$  โดยค่า k ที่อุณหภูมิดังกล่าว =  $0.220 \text{ M}^{-1}\text{sec}^{-1}$

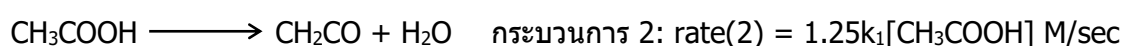
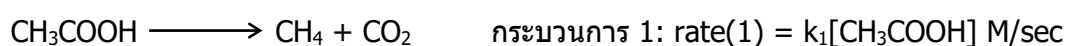
เริ่มการทดลองด้วยความเข้มข้น CO และ NO<sub>2</sub> ดังตารางต่อไปนี้

[CO] <sub>initial</sub> (M)	[NO <sub>2</sub> ] <sub>initial</sub> (M)	[CO <sub>2</sub> ] <sub>1 min</sub> (M)
1.00	3.00	A
3.00	1.00	B

ระบุความเข้มข้น CO<sub>2</sub> ที่ 1 นาที

ตอบ A = \_\_\_\_\_ M, และ B = \_\_\_\_\_ M

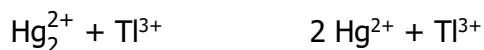
26. acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH) สลายตัวได้สองกระบวนการ มีค่า k ที่ 1200 K ดังนี้



ถ้าเริ่มต้นจาก CH<sub>3</sub>COOH บริสุทธิ์จำนวนหนึ่ง สลายตัวที่อุณหภูมิดังกล่าวทั้งหมดใน 1.00 sec  
ดังนั้นอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ketene (CH<sub>2</sub>CO) ที่ได้ต่อ acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH) เริ่มต้นเป็น  
เท่าไร

ตอบ  $m_{\text{CH}_2\text{CO}} : m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1 : \underline{\hspace{2cm}}$

27.  $\text{Hg}_2^{2+}$  เกิด redox กับ  $\text{Ti}^{3+}$  ได้ดังสมการต่อไปนี้



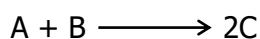
สมการกฎอัตราคือ  $\text{rate} = k[\text{Hg}_2^{2+}][\text{Ti}^{3+}][\text{Hg}_2^{2+}]^{-1} \text{ M/sec}$

เริ่มต้นจาก  $\text{Hg}_2^{2+}$  เข้มข้น 0.100 M แล้ว oxidise ด้วย  $\text{Ti}^{3+}$  มากเกินพอ (over excess)

อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่ quarter-life ( $t_{1/4}$ ) และ half-life ( $t_{1/2}$ ) แตกต่างกันกี่เท่า

ตอบ \_\_\_\_\_

28. ปฏิกิริยาหนึ่งมีสมการการเกิดปฏิกิริยาดังนี้



หากความเข้มข้นเริ่มต้นของ A และ B เปลี่ยนไป ความเข้มข้นของ C ที่ชั่วโมงที่ 1 เป็นดังตาราง

	$[\text{A}]_{\text{initial}} \text{ (M)}$	$[\text{B}]_{\text{initial}} \text{ (M)}$	$[\text{C}]_{1 \text{ hr}} \text{ (M)}$
การทดลองที่ 1	3.0	2.0	0.60
การทดลองที่ 2	3.0	3.0	0.90
การทดลองที่ 3	2.0	2.0	0.40

ปฏิกิริยานี้มี rate law equation ของการเปลี่ยนแปลงในช่วง 1 hr เป็นอย่างไร

ตอบ  $\text{rate} = \text{_____ M/hr}$