

ตะลุมโทโยบที่ 6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตอนที่ 1 ความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

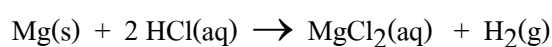
ในปฏิกิริยาเคมี สารตั้งต้น \rightarrow ผลิตภัณฑ์

(ลดลง) (เพิ่มขึ้น)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี = $\frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น}}{\text{เวลาที่ใช้ไป}}$ หรือ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี = $\frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{เวลาที่ใช้ไป}}$

1(มข 49) ทดลองละลาย Mg ด้วย HCl มีปฏิกิริยาดังนี้



วัดปริมาตรแก๊ส H₂ ที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลาดังนี้

เวลา (s)	4	10	18	28	40	58	80	124
ปริมาตร H ₂ (cm ³)	1	2	3	4	5	6	7	8

ข้อใดแสดงอัตราเร็วเบื้องต้น และอัตราเร็วเฉลี่ยของการเกิดแก๊ส H₂ ตามลำดับในหน่วยของ cm³/s

- | | |
|--------------------|--|
| 1. 0.167 และ 0.064 | 2. 0.20 และ 0.064 |
| 3. 0.250 และ 0.087 | 4. 0.25 และ 0.064 (ข้อ 4) |

2(มข 48) ในการวัดอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน จากปฏิกิริยาระหว่างลวดแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.2 mol/dm³ ได้ผลดังนี้

ช่วงปริมาตรของก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น (cm ³)	เวลา (sec)
0 – 1	3
1 – 2	5
2 – 3	12
3 – 4	20

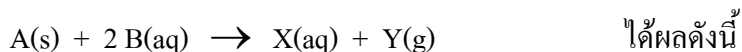
ถ้าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยเท่ากับ X cm³/sec และอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงที่เกิดก๊าซไฮโดรเจน 3 – 4 cm³ เท่ากับ Y cm³/sec จงหาค่า X + Y (0.15)

3(มข 43) ปฏิกิริยา $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ เกิดปฏิกิริยาในภาชนะ 10 dm³ วัดจำนวนโมลของ HCl ขณะเกิดปฏิกิริยาได้ผลดังนี้

เวลา (วินาที)	จำนวนโมลของ HCl (mol)
0	18.6
10	16.6
20	15.5
25	15.0

จงคำนวณว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วงต้นและช่วงท้ายของ HCl ที่วัดได้นี้ต่างกันกี่เท่า (2)

4(มข 42) จากการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง A กับ B ตามสมการ



เวลา (วินาที)	20	40	70	90	120
ปริมาตรก๊าซ Y (cm ³)	1	2	3	4	5

ผลสรุปจากการทดลองนี้ข้อใดถูกต้อง

(ข้อ 1)

1. อัตราการเกิด Y ที่ปริมาตรระหว่าง 2–3 cm³ มีค่าน้อยกว่าที่ปริมาตร 3–4 cm³
2. อัตราการเกิด Y เฉลี่ย มีค่ามากกว่าอัตราการเกิด Y ที่ปริมาตรระหว่าง 1–2 cm³
3. อัตราการเกิด Y เฉลี่ย มีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิด Y ที่ปริมาตร ระหว่าง 4–5 cm³
4. อัตราการเกิด Y ที่ปริมาตรระหว่าง 4–5 cm³ มีค่าเท่ากับที่ปริมาตร 3–4 cm³

5(มข 38) หลอดทดลอง A และ B มีสารละลายกรดออกซาลิก 0.5 mol/dm³ บรรจุอยู่หลอดละ 2 cm³ เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 1.0 mol/dm³ ลงไปหลอดละ 1 cm³ แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.05 mol/dm³ ลงไปหลอดละ 2 cm³ เขย่าหลอด A ที่อุณหภูมิ 40°C และหลอด B ที่ 60°C พบว่าภายในเวลา 1800 วินาที สารละลายในหลอด A จะเปลี่ยนเป็นไม่มีสี และสีของสารละลายในหลอด B จะหายไปภายในเวลาที่เร็วกว่าหลอด A 1200 วินาที จงหาว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาในหลอด B เป็นกี่เท่า ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาในหลอด A

1. 3.0
 2. 2.5
 3. 1.5
 4. 0.33
- (ข้อ 1)

6(มข 39) อัตราการเกิดตะกอนของกำมะถันจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและ

โซเดียมไทโอซัลเฟต ที่อุณหภูมิ 45°C และ 60°C ได้ผลดังตาราง

เวลา (s)	น้ำหนักตะกอนกำมะถัน (mg) ที่	
	45° C	60° C
0.0	0.0	0.0
60.0	0.1	0.6
120.0	0.2	1.2
180.0	0.6	1.8
240.0	0.8	2.4
300.0	1.0	3.0
360.0	1.2	3.0
420.0	1.4	3.0

การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวที่ 60°C จะมีอัตราเร็วเป็นกี่เท่าของปฏิกิริยาที่ 45°C (3.00 เท่า)

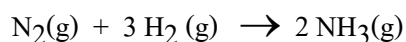
7(มข 36) การสลายตัวของสาร R ไปเป็นสาร P เกิดโดยมีขั้นตอนเดียวคือ $R \rightarrow P$ และความเข้มข้นของ R ขณะปฏิกิริยาดำเนินไปเป็นดังนี้

เวลา (วินาที)	[R] (mol/dm^3)
0.0	0.400
1.0	0.360
2.0	0.320
3.0	0.280

จงหาความเข้มข้นของ P ในหน่วย mol/dm^3 เมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาที

1. 0.000 2. 0.200 3. 0.400 4. 0.800 (ข้อ 4)

8. การรวมตัวของไนโตรเจน และ ไฮโดรเจน เป็นดังสมการ



ถ้าอัตราการลดของ N_2 เท่ากับ $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$

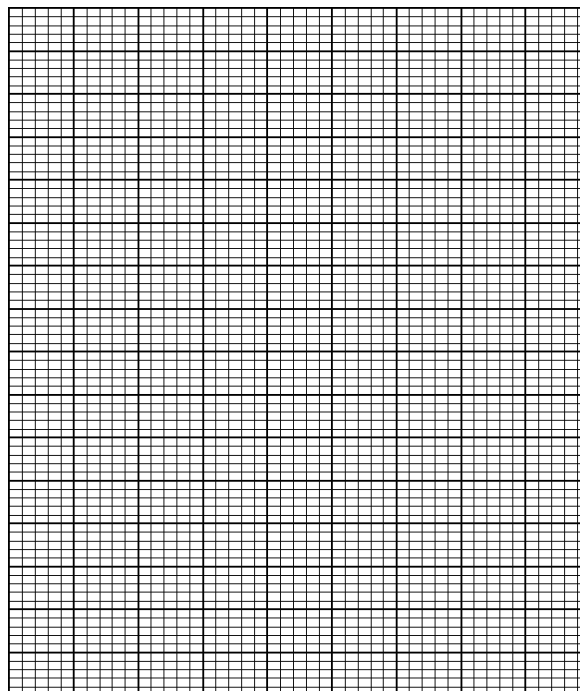
ก) จงหาอัตราการเกิดของ $\text{NH}_3(\text{g})$

ข) จงหาอัตราการลดของ $\text{H}_2(\text{g})$

(3.0×10^{-2} , $4.5 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$)

15(มข 37) ในการสลายตัวของ NOCl ที่ 50°C มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารดังนี้

เวลา (นาทึ)	ความเข้มข้นของ NOCl (mol/dm ³)
0	5.00
5	3.50
10	2.50
15	1.80
20	1.20
25	0.90
30	0.60



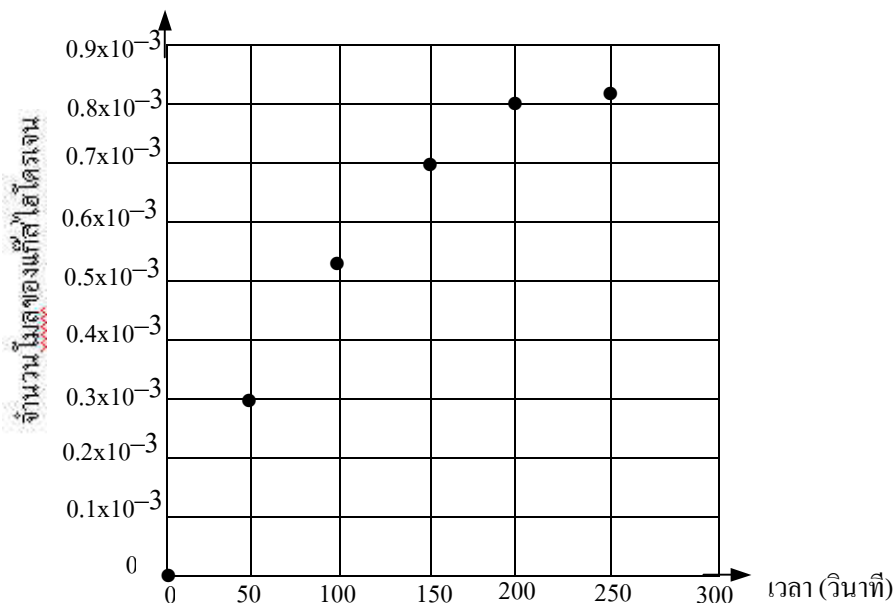
จากกราฟที่ แสดง ความสัมพันธ์
ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของ
NOCl จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

ของ NOCl ที่เวลา 10 นาทีในหน่วย mol/dm³. min

1. 0.16 2. 0.25 3. 4.0 4. 6.25 (ข้อ 1)

16(มข 44) นำลวดแมกนีเซียม 0.1000 กรัม ใส่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก แล้ววัด

จำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปได้ผลดังกราฟ



เมื่อเวลาผ่านไป 175 วินาที เหลือสวดแมกนีเซียมอยู่ประมาณกี่กรัม

1. 0.076

2. 0.098

3. 0.064

4. 0.082

(ข้อ 4)

ตอนที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้แก่

1. ธรรมชาติของสารตั้งต้น

2. พื้นที่ผิวสารตั้งต้น

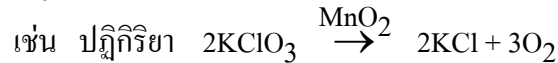
3. อุณหภูมิ

4. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) คือ สารที่

1. ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา

2. ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

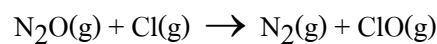
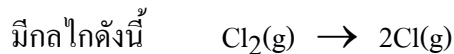
3. เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดต้องได้ คะตะลิสต์กลับคืนมา



(ปัจจัยที่ 1 ถึง 4 นั้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น แต่ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดจะมีปริมาณเท่าเดิม)

5. ความเข้มข้นของสารละลาย

17(มข 40) ปฏิกิริยาการสลายตัวของ N_2O ในสถานะที่มีก๊าซคลอรีนอยู่ด้วย

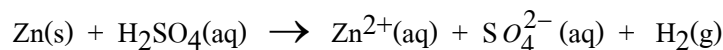


ตัวแคตตาลิสต์ในปฏิกิริยานี้คือ

1. $\text{Cl}_2(\text{g})$ 2. $\text{Cl}(\text{g})$ 3. $\text{ClO}(\text{g})$ 4. $\text{O}_2(\text{g})$

(ข้อ 1)

18(มข 37) เมื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ



โดยใช้แผ่นสังกะสี สังกะสีผง ทำปฏิกิริยากับกรดที่มีความเข้มข้น 1.0 และ 0.10 mol/dm³

ที่อุณหภูมิ 25°C และ 35°C จงหาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เร็วที่สุด

1. สังกะสีแผ่นกับกรด 1.0 mol/dm³ ที่ 35°C

2. สังกะสีผงกับกรด 0.1 mol/dm³ ที่ 25°C

3. ตั้งกะสีแผ่นกับกรด 0.1 mol/dm^3 ที่ 35°C

4. ตั้งกะสีผงกับกรด 1.0 mol/dm^3 ที่ 25°C (ข้อ 4)

19(มข 38) ปัจจัยใดต่อไปนี้ มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง

ก. การเพิ่มปริมาณสารตั้งต้น

ข. การลดอุณหภูมิและความดัน

ค. การเติมเอนไซม์

ง. การใช้สารในลักษณะที่เป็นก้อนแทนสารที่เป็นผง

1. ก และ ข 2. ก และ ง 3. ค และ ง 4. ข และ ง (ข้อ 4)

20(มข 41) ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหินปูนที่มากเกินพอกับกรด HCl ที่มี ความเข้มข้น 0.1 mol/dm^3 ปริมาณ 20 cm^3 ที่ 20°C ถ้าเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดเป็น 0.5 mol/dm^3 ในปริมาณ และอุณหภูมิเท่าเดิม ข้อความใดถูกต้องที่สุด

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ แต่ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และผลิตภัณฑ์คงเดิม

3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และผลิตภัณฑ์มากขึ้น

4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์คงเดิม (ข้อ 3)

21(มข 44) ปฏิกิริยาระหว่างผงเหล็กกับออกซิเจนในอากาศเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน การ เปลี่ยนแปลงในข้อใดต่อไปนี้ ควรทำให้ปฏิกิริยาดังกล่าว เกิดเร็วขึ้น

1. ลดสัดส่วนของแก๊สไนโตรเจนต่อแก๊สออกซิเจนในอากาศ

2. เพิ่มขนาดอนุภาคของผงเหล็ก

3. ลดอุณหภูมิของผงเหล็ก

4. ผสมผงสังกะสีลงในผงเหล็ก (ข้อ 1)

ตอนที่ 3 กฎอัตรา

22(มข 41) ปฏิกิริยา $A + B \rightarrow C + D$ ได้ผลการทดลองดังนี้

[A], mol dm^{-3}	[B], mol dm^{-3}	อัตราการเกิดปฏิกิริยา ($\text{mol dm}^{-3}\text{s}^{-1}$)
0.1	0.1	x
0.2	0.1	2 x
0.1	0.2	4 x

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นตามข้อใด

1. $[A][B]$ 2. $[A]^2[B]^2$ 3. $[A]^2[B]$ 4. $[A][B]^2$ (ข้อ 4)

23(มข 37) เมื่อศึกษาปฏิกิริยา $2A(g) + B(g) \rightarrow C(g) + 2D(g)$ ที่ $25^\circ C$ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ความเข้มข้นของ A (mol/dm ³)	ความเข้มข้นของ B (mol/dm ³)	อัตราการเกิดของ C (mol/dm ³ .s)
0.010	0.010	1.20×10^{-3}
0.020	0.010	2.40×10^{-3}
0.030	0.010	3.60×10^{-3}
0.030	0.020	1.44×10^{-2}

จงคำนวณอัตราการเกิดของ D

เมื่อ $[A] = 0.040 \text{ mol/dm}^3$ และ $[B] = 0.025 \text{ mol/dm}^3$ ($6 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$)

24(มข 35) ปฏิกิริยาของ $2H_2(g) + 2NO(g) \rightarrow 2H_2O(g) + N_2(g)$ มีผลการทดลอง ดังนี้

ทดลองครั้งที่	เพิ่มความเข้มข้น	อัตราการเกิดปฏิกิริยา
1	H_2 เป็น 3 เท่า	เพิ่ม 3 เท่า
2	NO เป็น 2 เท่า	เพิ่ม 4 เท่า
3	H_2 และ NO เป็นอย่างละ 3 เท่า	เพิ่ม 27 เท่า

จากการทดลองได้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็น $k [H_2]^x [NO]^y$ ให้หาค่าของ x และ y เพื่อใช้คำนวณหา อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้ โดยกำหนดค่า $k = 1$ ความเข้มข้นของ H_2 และ NO มีค่า 0.50 mol/dm^3 และ 0.80 mol/dm^3 ตามลำดับ (0.32)

25(มข 47) ผลการวัดอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา $2X + Y \rightarrow Z$ ดังแสดงในตาราง

$[X] \text{ mol/dm}^3$	$[Y] \text{ mol/dm}^3$	อัตราการเกิด Z mol/dm ³ .s
2×10^{-3}	1×10^{-3}	2.0×10^{-6}
2×10^{-3}	3×10^{-3}	1.8×10^{-5}
2×10^{-3}	5×10^{-3}	5.0×10^{-5}
4×10^{-3}	1×10^{-3}	4.0×10^{-6}
6×10^{-3}	1×10^{-3}	6.0×10^{-6}

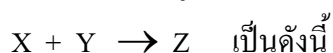
จากผลการทดลองดังกล่าว ถ้าเพิ่ม [X] ขึ้น 2 เท่า และเพิ่ม [Y] ขึ้น 4 เท่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นกี่เท่า (32 เท่า)

26(มข 46) ไฮดรอกไซด์ไอออน, OH^- เกี่ยวข้องในกลไกปฏิกิริยาของปฏิกิริยาข้างล่างนี้ แต่ไม่ปรากฏในปฏิกิริยารวม $\text{OCI}^- + \text{I}^- \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{OI}^- + \text{CI}^-$ จงคำนวณค่าคงที่อัตรา k จากข้อมูลข้างล่างนี้ (60)

$[\text{OCI}^-], \text{M}$	$[\text{I}^-], \text{M}$	$[\text{OH}^-], \text{M}$	อัตราการเกิด OI^- , Ms^{-1}
0.0040	0.0020	1.00	4.8×10^{-4}
0.0020	0.0040	1.00	5.0×10^{-4}
0.0020	0.0020	1.00	2.4×10^{-4}
0.0020	0.0020	0.50	4.6×10^{-4}
0.0020	0.0020	0.25	9.4×10^{-4}

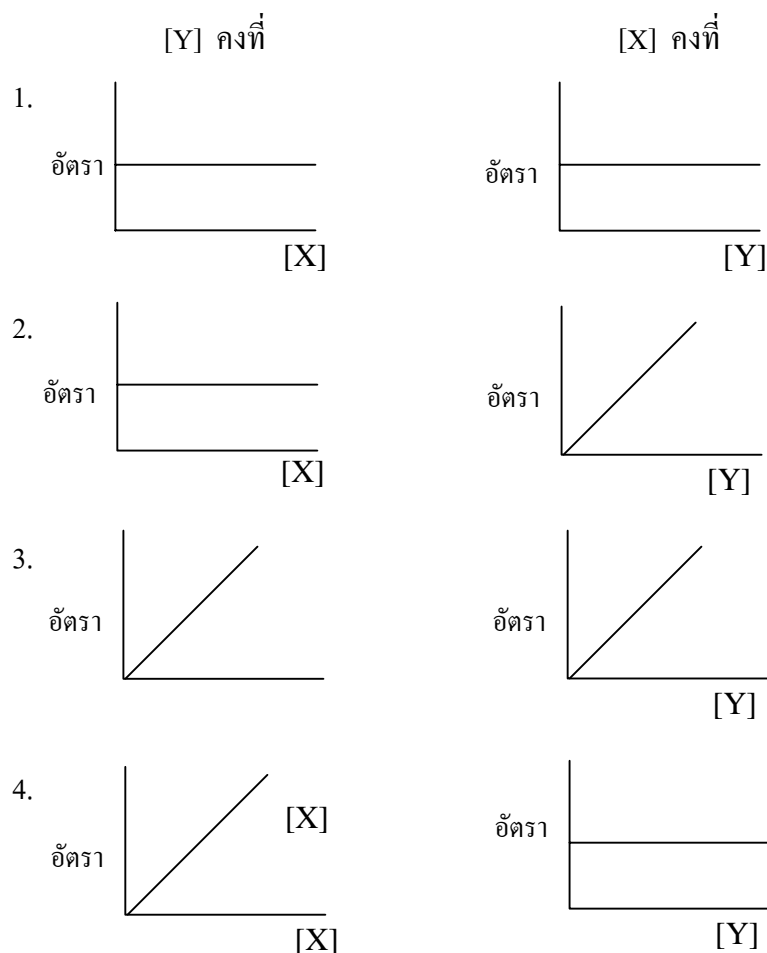
27(มข 50) การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างฮีโมโกลบิน (Hb) กับคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ 20°C ถ้าเริ่มต้นปฏิกิริยาใช้ Hb 2.50 mM และ CO 1.00 mM พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 0.67 mM/s เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CO ขึ้น 3 เท่า โดยที่ความเข้มข้นของ Hb คงเดิม พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มเป็น 2.01 mM/s แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ Hb และ CO ขึ้นอย่างละ 2 เท่า พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มเป็น 2.68 mM/s จงคำนวณค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา (0.268)

28(มข 36) ตารางข้อมูลของอัตราการเกิดปฏิกิริยา และ ความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยา



ครั้งที่	[X]	[Y]	อัตรา
1	0.1	0.1	A
2	0.2	0.1	2A
3	0.3	0.2	3A
4	0.1	0.3	A

กราฟในข้อใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาและความเข้มข้นของสารที่สอดคล้องกับข้อมูลข้างบน (ข้อ 4)



ตอนที่ 4 การอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ทฤษฎีที่ 1 ทฤษฎีการชน (Collision Theory)

กล่าวว่า “ ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมตันที่เข้ามาทำปฏิกิริยากันต้องมีการชนเสียก่อน การชนกันอาจไม่เกิดปฏิกิริยาทุกครั้งก็ได้ การชนกันแล้วจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อ

1. อนุภาคชนกันตรงแง่มุมที่เหมาะสม
2. อนุภาคที่ชนกันต้องมีพลังงานมากพอที่จะสลายพันธะเก่า แล้วเกิดพันธะใหม่ได้

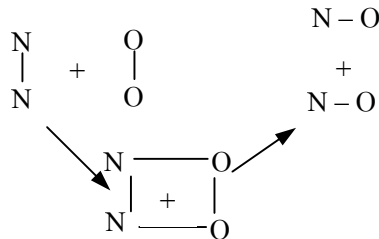
พลังงานน้อยที่สุดที่ชนแล้วเพียงพอจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสำเร็จ เรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์ (พลังงานกระตุ้น Activation Energy)

ตามทฤษฎีนี้ จะเห็นว่า ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ

1. ความถี่บ่อยในการชน
2. เฟอร์เซนต์ของการชนแล้วเกิดปฏิกิริยาสำเร็จ

ทฤษฎีที่ 2 ทฤษฎีสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น (Activated Complex Theory)

ตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยา $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$



ขั้นที่ 1 เมื่อโมเลกุลของ N_2 และ O_2 เข้าใกล้กันทำให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะถูกกระทบ กระเทือน พันธะของสารตั้งต้นจะอ่อนลงและยืดยาวกว่าเดิม

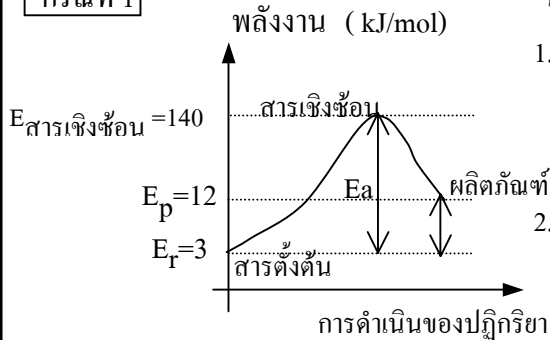
ขั้นที่ 2 มีพันธะใหม่อย่างอ่อนๆ กับคู่อะตอมที่เหมาะสม กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ใหม่ซึ่งมีพลังงานในตัวสูงมาก เรียก สารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น (Activated Complex)

ขั้นที่ 3 สารนี้ไม่เสถียร เรียกภาวะเช่นนี้ว่า Transition state สารนี้อาจเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ($N-O$) หรือ ย้อนกลับไปเป็นสารตั้งต้นอย่างเดิม (N_2 และ O_2) ก็ได้

พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

ในสถานะทรานซิชันนั้น สารเชิงซ้อนมีพลังงานสูงมาก สูงกว่าสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากเขียนกราฟแสดงพลังงานแล้วอาจเขียนได้เป็นเช่นนี้

กรณีที่ 1



$$\Delta E = 12 - 3 = 9 \text{ kJ/mol}$$

$$E_a = 140 - 3 = 137 \text{ kJ/mol}$$

ในกรณีนี้ จะเห็นว่า

1. เมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุด ผลิตภัณฑ์พลังงานมากกว่า สารตั้งต้น แสดงว่า เป็นปฏิกิริยาคูดพลังงาน

$$\text{พลังงานที่ดูด} (\Delta E) = E_p - E_r$$

2. ผลต่างระหว่างพลังงานของสารเชิงซ้อน กับ สารตั้งต้น เรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์ (พลังงานกระตุ้น, E_a) ถ้าสารเชิงซ้อนมีพลังงานมากกว่านี้ก็จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ถ้ามีพลังงานน้อยกว่าก็จะย้อนกลับเป็นสารตั้งต้น

$$\text{พลังงานก่อกัมมันต์} (E_a) = E_{\text{สารเชิงซ้อน}} - E_{\text{สารตั้งต้น}}$$

กรณีที่ 2 ในกรณีนี้ จะเห็นว่า

1. เมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุด ผลิตภัณฑ์พลังงานน้อยกว่าสารตั้งต้น แสดงว่าเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน

พลังงานที่คาย (ΔE) = $E_p - E_r$

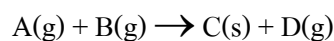
2. ผลต่างระหว่างพลังงานของสารเชิงซ้อน กับสารตั้งต้น เรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์ (พลังงานกระตุ้น, E_a)

$\Delta E = 10 - 52 = -42 \text{ kJ/mol}$
 $E_a = 160 - 52 = 108 \text{ kJ/mol}$

พลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) = $E_{\text{สารเชิงซ้อน}} - E_{\text{สารตั้งต้น}}$

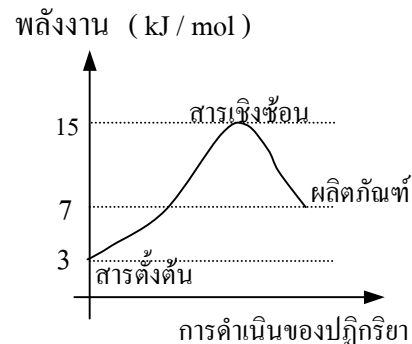
สำคัญมาก ปฏิกิริยาใด มีพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) น้อยปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็ว
 หากพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) มากปฏิกิริยานี้จะเกิดช้า

29. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา

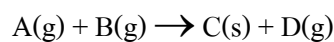


มีลักษณะตามกราฟ พลังงานก่อกัมมันต์ และพลังงานที่ดูดหรือ คาย มีค่าเท่าใด

- พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol และ ดูดพลังงาน = 7 kJ/mol
- พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol และ ดูดพลังงาน = 4 kJ/mol
- พลังงานก่อกัมมันต์ = 15 kJ/mol และ ดูดพลังงาน = 4 kJ/mol
- พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol และ คายพลังงาน = 4 kJ/mol (ข้อ 2.)

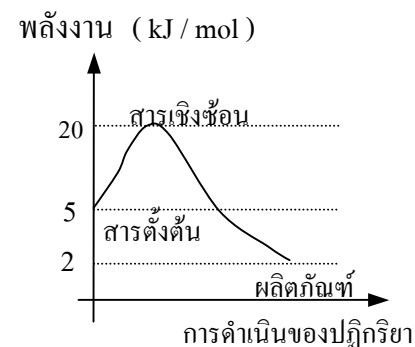


30. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา



มีลักษณะตามกราฟ พลังงานก่อกัมมันต์ และพลังงานที่ดูดหรือ คาย มีค่าเท่าใด

- พลังงานก่อกัมมันต์ = 20 kJ/mol และ ดูดพลังงาน = 2 kJ/mol



2. พลังงานก่อกัมมันต์ = 20 kJ/mol และ ดูดพลังงาน = 3 kJ/mol
 3. พลังงานก่อกัมมันต์ = 15 kJ/mol และ คายพลังงาน = 2 kJ/mol
 4. พลังงานก่อกัมมันต์ = 15 kJ/mol และ คายพลังงาน = 3 kJ/mol (ข้อ 4.)

พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

การคิดพลังงานสำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับ ให้ใช้เส้นกราฟเดิม แต่ให้มองย้อนจากผลิตภัณฑ์มาเป็นสารตั้งต้น

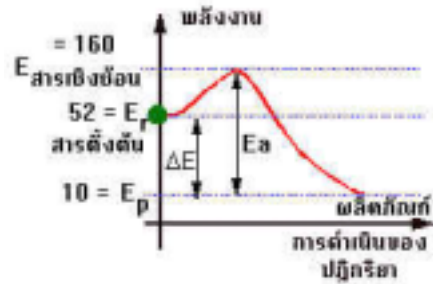
ตัวอย่าง

พลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) = $E_{\text{สารเชิงซ้อน}} - E_{\text{ผลิตภัณฑ์}}$

พลังงานที่ดูด (ΔE) = $E_r - E_p$

$$\Delta E = 52 - 10 = 42 \text{ kJ/mol}$$

$$E_a = 160 - 10 = 150 \text{ kJ}$$



- 31(มข 40) ถ้าปฏิกิริยา $3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}_3(\text{g})$ เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน 140 kJ/mol มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) เท่ากับ 420 kJ ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับหน่วย kJ คือ
- 140
 - 280
 - 420
 - 660 (ข้อ 2)

- 32(มข 36) พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา $\text{A} + \text{B} \rightarrow 2\text{C}$ คือ 250 kJ/mol และ

พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา $2\text{C} \rightarrow \text{A} + \text{B}$ คือ 220 kJ/mol

ดังนั้นปฏิกิริยาของ $\text{A} + \text{B} \rightarrow 2\text{C}$ เป็นปฏิกิริยา

1. ดูดความร้อน 30 kJ/mol
2. คายความร้อน 30 kJ/mol
3. ดูดความร้อน 250 kJ/mol
4. คายความร้อน 250 kJ/mol (ข้อ 1)

- 33(มข 45) พิจารณาข้อมูลจากการทดลองดังนี้

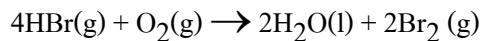
ปฏิกิริยา	พลังงานกระตุ้น (cal/mol)	ค่าพลังงานที่ดูดหรือคายเมื่อเกิดผลิตภัณฑ์ (cal/mol)
A	150	38, คาย
B	200	38, ดูด
C	110	95, คาย

ปฏิกิริยาใดที่เกิดย้อนกลับช้าที่สุด

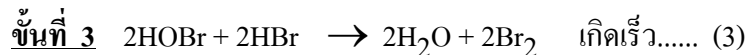
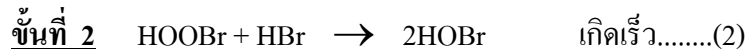
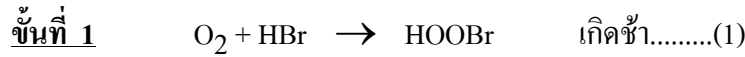
1. A
2. B
3. C
4. ข้อมูลไม่เพียงพอ (ข้อ 3)

กลไกของปฏิกิริยา

ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของบางปฏิกิริยา เช่น

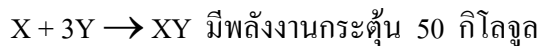
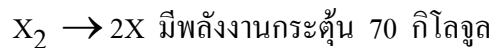
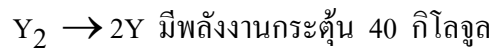


การที่จะให้ HBr 4 โมเลกุล กับ O₂ 1 โมเลกุลชนกันพร้อมๆ กันนั้น เป็นเรื่องที่ยากมาก ในธรรมชาตินั้น ปฏิกิริยานี้จะเกิดจากการชนกันของโมเลกุลทีละคู่ ตามขั้นตอนดังนี้

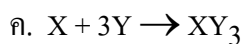
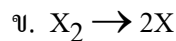
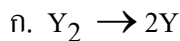


ผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นซึ่งไม่ใช่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย เรียก อินเทอร์มีเดียต (Intermediate) สารเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาแล้วเปลี่ยนเป็นสารอื่นต่อไป และในกรณีที่ปฏิกิริยามีหลายขั้นตอน เช่นนี้ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะถูกกำหนด โดยขั้นที่ช้าเพียงขั้นเดียวเท่านั้น

34(มข 33) ปฏิกิริยา $\text{X}_2 + 3\text{Y}_2 \rightarrow 2\text{XY}_3$ มีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาดังนี้



ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนใดเป็นสำคัญ



ง. บอกไม่ได้ข้อมูลไม่เพียงพอ (ข้อ ข)

35. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ของปฏิกิริยาต่อไปนี้ พลังงานก่อกัมมันต์ และพลังงานที่ดูดหรือคาย มีค่า

1. พลังงานก่อกัมมันต์ = 15 kJ/mol

และ ดูดพลังงาน = 2 kJ/mol

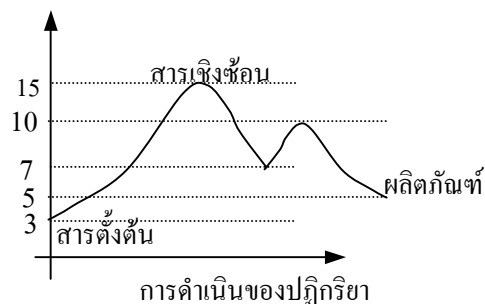
2. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol

และ ดูดพลังงาน = 2 kJ/mol

3. พลังงานก่อกัมมันต์ = 15 kJ/mol และ คายพลังงาน = 4 kJ/mol

4. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol และ คายพลังงาน = 4 kJ/mol (ข้อ 2)

พลังงาน (kJ/mol)



ตอนที่ 5 การอธิบายปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. อธิบายผลของพื้นที่ผิวสารตั้งต้น

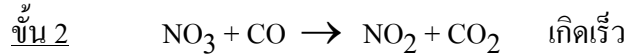
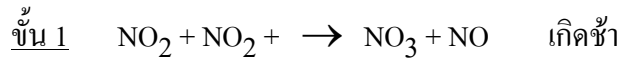
เมื่อสารตั้งต้นมีพื้นที่ผิวมากขึ้นการชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้นจะชนกันบ่อยขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นด้วย

2. อธิบายผลของความเข้มข้น

ถ้าสารตั้งต้นเข้มข้นมากความถี่ในการชนก็มีมาก ย่อมทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วแต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอาจไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นบางตัวก็ได้



ปฏิกิริยานี้เกิด 2 ขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้



แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับขั้นที่เกิดช้าเท่านั้น ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นกับความเข้มข้นของ NO_2 เท่านั้น ไม่เกี่ยวกับความเข้มข้นของ CO เลย

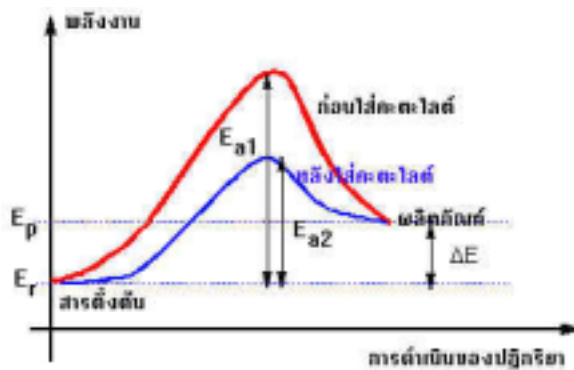
3. อธิบายผลของอุณหภูมิ

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น 10°C จะทำให้

- 1) ความถี่บ่อยในการชนเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น 1%
- 2) จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานในการชนสูงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสำเร็จจะเพิ่มขึ้นเป็น 200 – 300% จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

4. อธิบายผลของตัวเร่งปฏิกิริยา

คะตะลิสต์ จะช่วยลดพลังงานกระตุ้นลงจึงทำให้จำนวนอนุภาคที่มีพลังงานเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น



โปรดสังเกตว่า คะตะลิสต์ เพียงแต่ลดพลังงานกระตุ้นเท่านั้นแต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปฏิกิริยาจะดูดหรือคายพลังงาน (ΔE) จำนวนเท่าเดิม

36. จงพิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ ถูก หรือ ผิด

- ___ 1) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลสารตั้งต้นจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น
 ___ 2) ค่ะตะไลต์ทำให้ พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดลง
 ___ 3) เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาจะลดลง
 ___ 4) เมื่อเติมค่ะตะไลต์จะทำให้สารตั้งต้น มีพลังงานจลน์เพิ่มมากขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

37(มข 34) ในปฏิกิริยาคูดความร้อน สารตั้งต้น \rightarrow สารผลิตภัณฑ์

กำหนดให้ความแตกต่างของพลังงานระหว่างสารทั้งสองมีค่าเท่ากับ 20 กิโลจูลต่อโมล และพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยามีค่า 50 กิโลจูลต่อโมล ดังนั้นถ้าเติมค่ะตะไลต์ลงไป ปฏิกิริยาจะมีผลอย่างไร

- ก. ปฏิกิริยาจะคายความร้อนและมีพลังงานกระตุ้นมากกว่าเดิม
 ข. ปฏิกิริยาจะดูดความร้อนและมีพลังงานกระตุ้นเท่าเดิม
 ค. ปฏิกิริยาจะคายความร้อนและมีพลังงานกระตุ้นน้อยกว่าเดิม
 ง. ปฏิกิริยาจะดูดความร้อนเท่าเดิม และมีพลังงานกระตุ้นน้อยกว่าเดิม (ข้อ ง)

38(En 41) ปฏิกิริยา $\text{Zn(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{ZnSO}_4\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ ปฏิกิริยาคายความร้อน ถ้า

ใส่ผงสังกะสีในกรดซัลฟิวริกเจือจางที่ (i) 25 องศาเซลเซียส และ (ii) 35 องศาเซลเซียส

กรณี (ii) จะเกิดผลอย่างไร เมื่อเทียบกับ กรณี (i)

- ก. อนุภาคต่างๆ มีพลังงานจลน์สูงขึ้น
 ข. พลังงานกระตุ้นลดลง
 ค. อนุภาคต่างๆ ชนกันบ่อยครั้งขึ้น
 ง. ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น
 จ. ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยลง

ข้อใดถูกต้อง

1. ก ข และ ค เท่านั้น
 2. ก ค และ ง เท่านั้น
 3. ก ข ค และ ง เท่านั้น
 4. ก ข ค ง และ จ (ข้อ 2)

39(มข 36) ข้อความใดถูกต้องสำหรับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. โมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงกว่าค่าพลังงานกระตุ้น เมื่อชนกันแล้วจะเกิดเป็นผลผลิตทุกครั้ง
 2. บางปฏิกิริยาความเข้มข้นของสารตั้งต้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
 3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ อัตราการชนของโมเลกุลสารตั้งต้น
 4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาคูดความร้อนจะช้าลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ข้อ 2)

40(มข 42) การใช้เหล็กในปฏิกิริยากระบวนการผลิตแอมโมเนียจากก๊าซไนโตรเจน และไฮโดรเจนนั้นสามารถทำให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น เนื่องจากเหตุใด

1. เหล็กช่วยดูดซับก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทางด้านผลิตภัณฑ์มากขึ้น
2. เหล็กช่วยดึงไนโตรเจนเพิ่มเติมจากอากาศเข้ามารวมเกิดปฏิกิริยา
3. เหล็กทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยานี้ต่ำลง
4. เหล็กทำให้อุณหภูมิของระบบสูงขึ้นและเพิ่มความสามารถในการผสมเป็นเนื้อเดียวกันของไนโตรเจนกับไฮโดรเจน

(ข้อ 3)

41(มข 45) พิจารณาการสลายตัวของ $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อนมีผลการเติมตัวเร่งในปฏิกิริยาเป็นดังนี้

ตัวเร่งปฏิกิริยาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

ไม่เติม

ช้าที่สุด

เติม $\text{Cl}_2(\text{g})$

เร็ว

เติมแผ่นทองคำ

เกิดเร็วที่สุด

ข้อใดสรุปข้อถูกต้อง

(ไม่มีข้อถูก)

1. เติม $\text{Cl}_2(\text{g})$ และเพิ่มความดันของ $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ ทำให้พลังงานกระตุ้นลดลง
2. กรณีไม่เติมตัวเร่ง ปฏิกิริยาเกิดช้า เพราะพลังงานกระตุ้นต่ำ
3. อัตราการชนกันของ N_2O มีมากขึ้นในกรณีที่เติมแผ่นทองคำ
4. ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาจะดำเนินไปทางเดียวกันกับการลดปริมาตรของภาชนะลง

42(มข 47) ข้อใดผิด

- ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับจำนวนครั้งของการชนเท่านั้น
- ข. ทิศทางของการชนและพลังงานของการชนเป็นปัจจัยกำหนดการเกิดปฏิกิริยา
- ค. ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีผลต่อกลไกการเกิดปฏิกิริยา
- ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา

1. ก กับ ค
2. ก กับ ง
3. ข กับ ค
4. ข กับ ง

(ข้อ 1)

43(มข 50) ข้อใดอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาได้ถูกต้อง

1. การเติมตัวเร่งจะทำให้อัตราการชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น
2. ในปฏิกิริยาคายความร้อน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ
3. ในปฏิกิริยาคูดความร้อน อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะสูงกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ
4. การเติมแผ่นสังกะสีหรือผงสังกะสีเพื่อเร่งปฏิกิริยา จะทำให้ปฏิกิริยาคูดหรือคายพลังงานเท่ากัน

(ข้อ 4)

44(มข 50) ในปฏิกิริยาต่างๆ ไป ถ้าพลังงานของสารตั้งต้นเท่ากับ E_1 พลังงานของสารเชิงซ้อนกัมมันต์เท่ากับ E_2 และพลังงานของสารผลิตภัณฑ์เท่ากับ E_3 โดย $E_2 > E_3 > E_1$

ข้อใดถูกต้อง

1. ปฏิกิริยามีการคายพลังงานเท่ากับ $E_3 - E_1$
2. การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ E_1 , E_2 และ E_3 ลดลง
3. พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับ $E_2 - E_3$
4. สภาวะที่เกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ เรียกว่า สภาวะทรานสิชัน

(ข้อ 4)

45(มข 35) ในการศึกษาปฏิกิริยา $P \rightarrow Q$

ก. กรณีไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า มี 1 ขั้นตอนใช้พลังงานกระตุ้น E_1 ส่วนปฏิกิริยา

$Q \rightarrow P$ ใช้พลังงานกระตุ้นเป็น E_2 (กำหนดให้ $E_2 > E_1$)

ข. กรณีเมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า มีปฏิกิริยาเป็น 2 ขั้นตอน ($X =$ ตัวเร่งปฏิกิริยา)

$P + X \rightarrow PX$ เกิดช้า ใช้พลังงานกระตุ้น E_3

$PX \rightarrow Q + X$ เกิดเร็ว ใช้พลังงานกระตุ้น E_4

ข้อสรุปของปฏิกิริยานี้คือข้อใด

เป็นปฏิกิริยา	ค่าพลังงาน	เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา พลังงานกระตุ้นลดลงมีค่าเท่ากับ
ก. คูดความร้อน	$E_1 - E_2$	$E_2 - E_3$
ข. คายความร้อน	$E_2 - E_1$	$E_1 - E_3$
ค. คูดความร้อน	$E_2 - E_1$	$E_2 - E_4$
ง. คายความร้อน	$E_1 - E_2$	$E_1 - E_3 - E_4$

(ข้อ ข)

