

## เคมี บทที่ 6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

## ตอนที่ 1 ความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

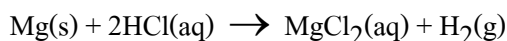
ในปฏิกิริยาเคมี สารตั้งต้น  $\rightarrow$  ผลิตภัณฑ์

(ลดลง) (เพิ่มขึ้น)

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

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

## ตัวอย่างการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



ปฏิกิริยานี้สามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้หลายวิธี ได้แก่

1. วัดมวลของแมกนีเซียมที่ลดลงต่อเวลา (หน่วยเป็นกรัมต่อวินาที)
2. วัดความเข้มข้นของ HCl ที่ลดลงต่อเวลา (หน่วยเป็นโมลต่อลิตรต่อวินาที)
3. วัดความเข้มข้นของ  $\text{MgCl}_2$  ที่เกิดขึ้นต่อเวลา (หน่วยเป็นโมลต่อลิตรต่อวินาที)
4. วัดปริมาตรของก๊าซ  $\text{H}_2$  ที่เกิดขึ้นต่อเวลา (หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที)

แต่วิธีที่สะดวกที่สุดคือ วัดปริมาตรของก๊าซ  $\text{H}_2$  ที่เกิดขึ้นต่อเวลา ทำได้โดยการนำก๊าซที่เกิดขึ้นเข้าสู่อุปกรณ์วัดปริมาตร

## อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย หมายถึง อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือ ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นปฏิกิริยาจนถึงสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยาหรือสิ้นสุดการทดลองในหนึ่งหน่วยเวลามีได้ค่าเดียว

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย =  $\frac{\text{ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ต้นจนจบช่วงนั้น}}{\text{เวลาที่ใช้ไปในช่วงนั้น}}$

1. สมมุติปฏิกิริยา  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$  กำหนดจำนวนโมลสาร C ที่เกิดเป็นดังตาราง

เวลา(วินาที)	0	1	2	3	4	5
จำนวน โมลสาร C	0	5	10	13	14	15

จงหาอัตราการเกิดสาร C โดยเฉลี่ย

(3 โมล/วินาที)

วิธีทำ

2. สมมุติปฏิกิริยา  $A + B \rightarrow C$  กำหนดจำนวนโมลสาร C ที่เกิดเป็นดังตาราง

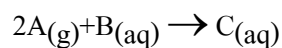
เวลา(วินาที)	0	1	2	3	4	5
จำนวนโมลสาร A	20	13	8	5	3	2

จงหาอัตราการลดสาร A ช่วงเวลา 2 ถึง 4 วินาที

(-2.5 โมล/วินาที)

วิธีทำ

3. จากการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง A กับ B ตามสมการ



เวลา (วินาที)	5	10	15	20	25	30
ความเข้มข้น C (mol/dm <sup>3</sup> )	10	15	20	23	25	26

จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย

ก. ช่วงเวลา 5 ถึง 10 วินาที

ข. ช่วงเวลา 25 ถึง 30 วินาที

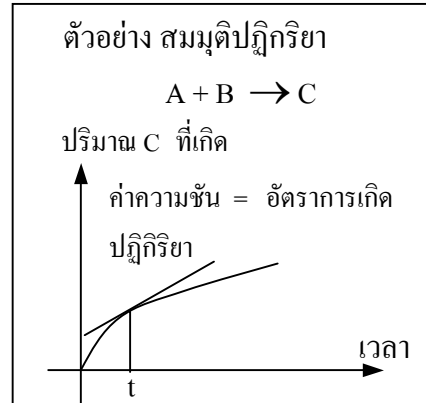
วิธีทำ

( ก. 1 mol/dm<sup>3</sup> .วินาที ข. 0.2 mol/dm<sup>3</sup> .วินาที)

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง หมายถึง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้มีได้หลายค่า ที่เวลาต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน คือ ตอนเริ่มต้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่ามาก เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงตามลำดับ เพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง

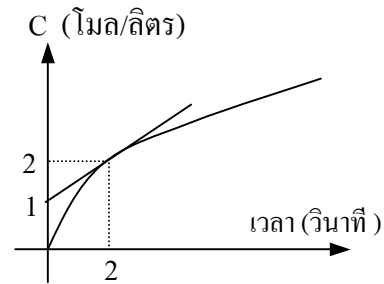
อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิด ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หาได้โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนกราฟ (ให้ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงเป็นแกนตั้ง เวลาเป็นแกนนอน) เมื่อต้องการทราบอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาใดก็ให้ลากเส้นสัมผัสกราฟตรงจุดนั้น แล้วหาค่าความชัน (Slope) ของเส้นสัมผัส

ค่าความชัน จะเท่ากับ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลานั้น



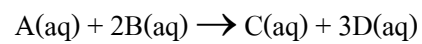
4. จากปฏิกิริยา  $A + B \rightarrow C$  เมื่อนำความเข้มข้นของ C ที่เกิดมาเขียนกราฟเทียบกับเวลาได้ดังรูป จงหาอัตราการเกิดสาร C ณ จุดวินาทีที่ 2 (0.5 โมล/ลิตร.วินาที)

วิธีทำ



## อัตราการผลิต อัตราการเกิดของสารใดๆ

สมมุติสมการ



จะเห็นได้ว่า

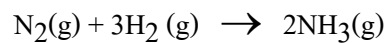
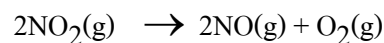
เมื่อ A ลดลง 1 โมล B จะลดลง 2 โมล C เกิดขึ้น 1 โมล และ D เกิดขึ้น 3 โมล

ดังนั้น โมล A ที่ลด =  $\frac{1}{2}$  โมล B ที่ลด = โมล C ที่เกิด =  $\frac{1}{3}$  โมล D ที่เกิด

$$\frac{\text{โมล A ที่ลด}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{1}{2} \frac{\text{โมล B ที่ลด}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{\text{โมล C ที่เกิด}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{1}{3} \frac{\text{โมล D ที่เกิด}}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

$$\text{อัตราการลด A} = \frac{1}{2} \text{อัตราการลด B} = \text{อัตราการเกิด C} = \frac{1}{3} \text{อัตราการเกิด D}$$

## 5. การรวมตัวของไนโตรเจน และ ไฮโดรเจน เป็นดังสมการ

ถ้าอัตราการลดของ  $N_2$  เท่ากับ  $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$ ก) จงหาอัตราการเกิดของ  $NH_3(g)$ ข) จงหาอัตราการลดของ  $H_2(g)$ วิธีทำ $(3.0 \times 10^{-2}, 4.5 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s})$ 6(En 39) ก๊าซ  $NO_2$  สลายตัวตามสมการถ้าอัตราการสลายตัวของ  $NO_2(g)$  เท่ากับ  $4.4 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$  อัตราการเกิด  $O_2(g)$ จะเป็นเท่าใดในหน่วย  $\text{mol/dm}^3 \cdot \text{s}$ 

(ข้อ 2)

1.  $1.1 \times 10^{-5}$ 2.  $2.2 \times 10^{-5}$ 3.  $4.4 \times 10^{-5}$ 4.  $8.8 \times 10^{-5}$ วิธีทำ

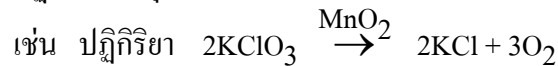


**3. อุณหภูมิ**

ถ้าอุณหภูมิสูง ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น ปกติแล้วถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิขึ้น  $10^{\circ}\text{C}$  อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่ม 2 – 3 เท่า

**4. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) คือ สารที่**

1. ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา
2. ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น
3. เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดต้องได้ ค่ะตะลิสต์กลับคืนมา



ปกติจะเกิดช้ามาก แต่ถ้าเราเติม  $\text{MnO}_2$  เข้าไปด้วย จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้วได้  $\text{MnO}_2$  กลับคืนมา (แต่อาจเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพ)

(ปัจจัยที่ 1 ถึง 4 นั้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น แต่ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดจะมีปริมาณเท่าเดิม)

**5. ความเข้มข้นของสารละลาย**

กรณีที่สารตั้งต้นเป็นสารละลาย เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น มักจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นด้วย และกรณีเช่นนี้ถือว่า ปริมาณสารตั้งต้นมีมากขึ้น จะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย

9. พื้นที่ผิวมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นที่มีสถานะ .....

10. Enzyme ในร่างกายถือเป็น Catalyte เพราะ

1. .... 2. .... 3. ....

11. พื้นที่ผิว อุณหภูมิสารตั้งต้น และ catalyst ช่วยทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น แต่ไม่เพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ เพราะ .....

แต่หากความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากขึ้น จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น และยังทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะ.....

12. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ

ก. ความเข้มข้นของสารละลาย ความกดดันตัวเร่งปฏิกิริยา พันธะโควาเลนต์

ข. พันธะโควาเลนต์ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลาย ความดัน

ค. อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลาย พื้นที่ผิว ตัวเร่งปฏิกิริยา

ง. อุณหภูมิ พันธะโควาเลนต์ พื้นที่ผิวตัวเร่งปฏิกิริยา

(ข้อ ค)

**ตอบ**

13(มข 41) ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหินปูนที่มากเกินพอกับกรด HCl ที่มี ความเข้มข้น  $0.1 \text{ mol/dm}^3$  ปริมาณ  $20 \text{ cm}^3$  ที่  $20^\circ \text{C}$  ถ้าเปลี่ยนความเข้มข้นของกรด เป็น  $0.5 \text{ mol/dm}^3$  ในปริมาณ และอุณหภูมิเท่าเดิม ข้อความใดถูกต้องที่สุด

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ แต่ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และผลิตภัณฑ์คงเดิม
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และผลิตภัณฑ์มากขึ้น
4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์คงเดิม (ข้อ 3)

**ตอบ**

14. ใส่แท่งโลหะสังกะสีรูปทรงกลม  $1 \text{ cm}^3$  ลงในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น  $0.1$  โมล/ลิตร  $20 \text{ cm}^3$  แล้วเขย่าเบาๆ ถ้าเพิ่มสิ่งต่อไปนี้ เป็นสองเท่า อะไรจะทำให้อัตราเร็วของการเกิด ก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มมากที่สุด

- |                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| ก. พื้นที่ผิวของ Zn | ข. ปริมาตรของ Zn              |
| ค. ปริมาตรของ HCl   | ง. ความเข้มข้นของ HCl (ข้อ ก) |

**ตอบ**

15. มีปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับก๊าซชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ถ้าต้องการทำ ให้อัตราของการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น จะต้องทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอะไร

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| ก. ลดความดันของก๊าซ   | ข. ลดอุณหภูมิลง                   |
| ค. ลดขนาดของของแข็งลง | ง. รักษาความกดดันให้คงที่ (ข้อ ค) |

**ตอบ**

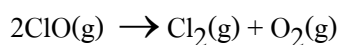
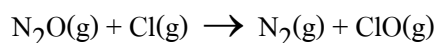
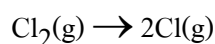
16. ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปมักต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็ว ดังนั้นเวลาทำการ ทดลองจึงมักจะทำอย่างไร

- |                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| ก. อุณหภูมิร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ | ข. ใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง    |
| ค. ใช้วิธีคนอย่างสม่ำเสมอ         | ง. ใช้วิธีการทั้ง ก, ข และ ค (ข้อ ง) |

**ตอบ**

17(มข 34 , มข 40) ปฏิกิริยาการสลายตัวของ  $N_2O$  ในสภาวะที่มีก๊าซคลอรีนอยู่ด้วย

มีกลไกดังนี้



ตัวแคตตาลิซิสในปฏิกิริยานี้คือ

1.  $Cl_2(g)$
2.  $Cl(g)$
3.  $ClO(g)$
4.  $O_2(g)$  (ข้อ 1)

**ตอบ**

18(En 36) ปฏิกิริยา  $A(s) + B(aq) \rightarrow C(aq) + D(g)$  เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใด

1. ลดขนาดของ A เพิ่มความเข้มข้นของ B ลดอุณหภูมิ
2. ลดปริมาณของ D เพิ่มความเข้มข้นของ B ลดอุณหภูมิ
3. เพิ่มขนาดของ A ลดความดัน เพิ่มอุณหภูมิ
4. ลดขนาดของ A เดิมตัวเร่งปฏิกิริยา เพิ่มอุณหภูมิ (ข้อ 4)

**ตอบ**

19(En 37) ปฏิกิริยา  $A(aq) + B(aq) \rightarrow C(aq) + D(aq)$  เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ข้อใดผิด

1. ถ้าลดอุณหภูมิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง
2. ถ้าเติมตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น
3. ถ้าเติม A อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น
4. ถ้าเติม C อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง (ข้อ 4)

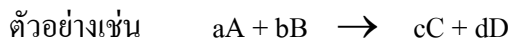
**ตอบ**

20(มข 38) ปัจจัยใดต่อไปนี้ มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง

- ก. การเพิ่มปริมาณสารตั้งต้น
  - ข. การลดอุณหภูมิและความดัน
  - ค. การเติมเอนไซม์
  - ง. การใช้สารในลักษณะที่เป็นก้อนแทนสารที่เป็นผง
1. ก และ ข
  2. ก และ ง
  3. ก และ ข
  4. ข และ ง (ข้อ 4)

### ตอนที่ 3 กฎอัตรา

โดยทั่วไปแล้วอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้น ยกกำลังด้วยจำนวนจริงใดๆ



$$v \propto [A]^m [B]^n$$

$$v = k[A]^m [B]^n$$

สมการนี้เรียก กฎอัตรา (Rate Law) หรือ สมการอัตรา (Rate equation)

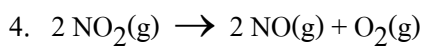
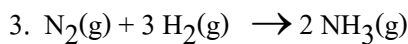
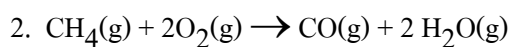
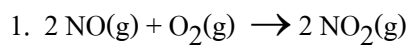
และ  $v$  คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา  $k$  คือ ค่าคงที่ของอัตราที่อุณหภูมิหนึ่งๆ  
 $[A]$  และ  $[B]$  คือ ความเข้มข้นของ A และ B ตามลำดับ

$m$  และ  $n$  คือ ค่าคงที่อาจเป็นจำนวนเต็มเป็นศูนย์ก็ได้ หรือเป็นเศษส่วนก็ได้และเป็น  
 ค่าตัวเลข  $m + n$  เรียกว่า อันดับของอัตรา

\* หมายเหตุ\*  $m$  และ  $n$  ไม่ใช่สัมประสิทธิ์ของธาตุนั้นๆ ในสมการเคมี

แต่  $m$  และ  $n$  เป็นค่าซึ่งได้จากการทดลอง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

21. จงเขียนกฎอัตราของปฏิกิริยาต่อไปนี้



วิธีทำ

22. จาก  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  ซึ่งเกิดที่  $25^\circ\text{C}$  มีข้อมูลดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1	ความเข้มข้น เริ่มต้นของ NO ( $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )	ความเข้มข้น เริ่มต้นของ $\text{O}_2$ ( $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )	อัตราการเกิด $\text{NO}_2$ ( $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )
1	1	1	7
2	1	2	14
3	1	3	21
4	2	3	84

จงหา 1. ค่า m                      2. ค่า n                      3. กฎอัตรา                      4. k

5. หากใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของ  $\text{NO} = 4 \text{ mol/Lit}$      $\text{O}_2 = 15 \text{ mol/Lit}$

จงคำนวณหาอัตราการเกิด  $\text{NO}_2$

(1. 2      2. 1      3.  $v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]^1$       4. 7      5. 1680)

วิธีทำ

**\*โปรดทราบว่า\***

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (v) นั้นอาจขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นของสารทุกตัวในปฏิกิริยา หรือขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่ง หรือ ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นเลยก็ได้

23. **คำชี้แจง** ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ประกอบการตอบคำถาม 2 ข้อถัดไป

ปฏิกิริยา  $A + B \rightarrow C$  มีผลการทดลองดังนี้

การทดลองที่	ความเข้มข้น (โมลต่อลิตร)		อัตราความเร็วของปฏิกิริยา (โมลต่อลิตรต่อวินาที)
	A	B	
1	0.010	0.010	2.0
2	0.010	0.020	4.0
3	0.030	0.020	12.0

กำหนดให้  $V =$  อัตราความเร็วของปฏิกิริยา

$k =$  ค่าคงที่

$[A] =$  ความเข้มข้นของ A

และ  $[B] =$  ความเข้มข้นของ B

อัตราความเร็วของปฏิกิริยานี้เขียนได้เป็น

ก.  $V = k[A]$

ข.  $V = k[B]$

ค.  $V = k[A][B]^2$

ง.  $V = k[A][B]$

(ข้อ ง)

**วิธีทำ**

24. ค่าคงที่  $k$  ของปฏิกิริยาเป็นเท่าใด (ค่าคงที่ในหน่วยลิตรต่อโมลต่อวินาที)

ก.  $2.0 \times 10^6$

ข.  $2.0 \times 10^4$

ค.  $2.0 \times 10^2$

ง. 20

(ข้อ ข)

วิธีทำ

25. ปฏิกิริยา  $A + B \rightarrow C + D$  ได้ผลการทดลองดังนี้

[A] mol dm <sup>-3</sup>	[B] mol dm <sup>-3</sup>	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (mol dm <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> )
1	1	5
2	1	20
1	2	40

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นตามข้อใด

ก.  $V = k[A]$

ข.  $V = k[B]$

ค.  $V = k[A][B]^2$

ง.  $V = k[A]^2[B]^3$

(ข้อ ง)

วิธีทำ

26. ปฏิกิริยา  $A + B \rightarrow C + D$  ได้ผลการทดลองดังนี้

[A] mol dm <sup>-3</sup>	[B] mol dm <sup>-3</sup>	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (mol dm <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> )
1	1	4
2	1	8
1	3	12

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นตามข้อใด

ก.  $V = k[A]$

ข.  $V = k[A][B]$

ค.  $V = k[A][B]^2$

ง.  $V = k[A]^2[B]^3$

(ข้อ ข)

วิธีทำ

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

[A] mol dm <sup>-3</sup>	[B] mol dm <sup>-3</sup>	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (mol dm <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> )
0.1	0.1	x
0.2	0.1	2x
0.1	0.2	4x

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นตามข้อใด

1.  $[A][B]$

2.  $[A]^2[B]^2$

3.  $[A]^2[B]$

4.  $[A][B]^2$

(ข้อ 4)

วิธีทำ

28(En 33) ผลการทดลองสำหรับปฏิกิริยา  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g})$  เป็นดังนี้

[NO] ( $\text{mol dm}^{-3}$ )	[H <sub>2</sub> ] ( $\text{mol dm}^{-3}$ )	อัตราเร็วของปฏิกิริยา ( $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$ )
1.00	1.00	$3.5 \times 10^{-3}$
1.00	2.00	$7.0 \times 10^{-3}$
2.00	1.00	$14.0 \times 10^{-3}$

อัตราเร็วของปฏิกิริยาเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นตามข้อใด

1. [NO] [H<sub>2</sub>]      2. [NO]<sup>2</sup> [H<sub>2</sub>]      3. [NO]<sup>2</sup> [H<sub>2</sub>]<sup>2</sup>      4. [2NO] [H<sub>2</sub>] (ข้อ 2)

วิธีทำ

29. ข้อมูลต่อไปนี้ได้จากการทดลองสำหรับปฏิกิริยา  $2\text{A} + \text{B} + 3\text{C} \rightarrow 3\text{D}$  ที่อุณหภูมิ 25<sup>o</sup> C

ความเข้มข้นเริ่มต้น( $\text{mol.dm}^{-3}$ )			อัตราเริ่มต้นของปฏิกิริยา ( $\text{mol.dm}^{-3}\text{s}^{-1}$ )
(A)	(B)	(C)	
0.1	0.1	0.1	0.3
0.2	0.1	0.1	0.6
0.2	0.2	0.1	1.2
0.2	0.2	0.2	1.2

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของสารใดบ้าง

(A, B เท่านั้น)

วิธีทำ



31. ตามทฤษฎีการชน (Collision Theory) ปฏิกิริยาเคมี จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อ

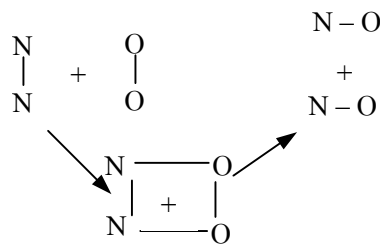
1. ....
2. ....

32. ตามทฤษฎีการชน (Collision Theory) ปฏิกิริยาเคมี จะเกิดได้เร็วหรือช้า จะขึ้นกับ

1. ....
2. ....

**ทฤษฎีที่ 2 ทฤษฎีสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น (Activated Complex Theory)**

ตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยา  $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$



**ขั้นที่ 1** เมื่อโมเลกุลของ  $N_2$  และ  $O_2$  เข้าใกล้กันทำให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะถูกกระทบกระเทือน พันธะของสารตั้งต้นจะอ่อนลงและยืดยาวกว่าเดิม

**ขั้นที่ 2** มีพันธะใหม่อย่างอ่อนๆ กับคู่อะตอมที่เหมาะสม กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนใหม่ซึ่งมีพลังงานในตัวสูงมาก เรียก สารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น (Activated Complex)

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

33. จงอธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยา  $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

ขั้น 1 .....

.....

ขั้น 2 .....

.....

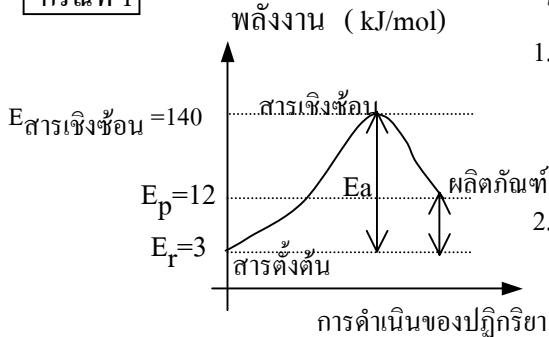
ขั้น 3 .....

.....

### พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

ในสภาวะทรานซิชันนั้น สารเชิงซ้อนมีพลังงานสูงมาก สูงกว่าสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากเขียนกราฟแสดงพลังงานแล้วอาจเขียนได้เป็นเช่นนี้

#### กรณีที่ 1



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

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

ในกรณีนี้ จะเห็นว่า

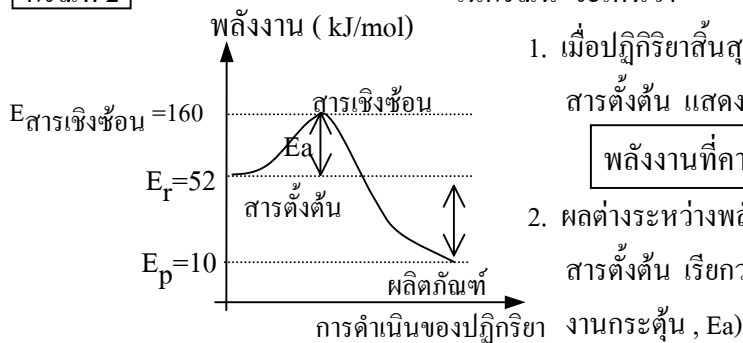
1. เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด ผลิตภัณฑ์พลังงานมากกว่าสารตั้งต้น แสดงว่า เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน

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

2. ผลต่างระหว่างพลังงานของสารเชิงซ้อน กับสารตั้งต้น เรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์ (พลังงานกระตุ้น,  $E_a$ ) ถ้าสารเชิงซ้อนมีพลังงานมากกว่านี้ก็จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ถ้ามีพลังงานน้อยกว่าก็จะย้อนกลับเป็นสารตั้งต้น

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

#### กรณีที่ 2



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

$$E_a = 160 - 52 = 108 \text{ kJ/mol}$$

ในกรณีนี้ จะเห็นว่า

1. เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด ผลิตภัณฑ์พลังงานน้อยกว่าสารตั้งต้น แสดงว่า เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน

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

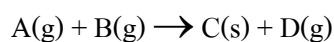
2. ผลต่างระหว่างพลังงานของสารเชิงซ้อน กับสารตั้งต้น เรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์ (พลังงานกระตุ้น,  $E_a$ )

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

สำคัญมาก ปฏิกิริยาใด มีพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) น้อยปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็ว

หากพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) มากปฏิกิริยานี้จะเกิดช้า

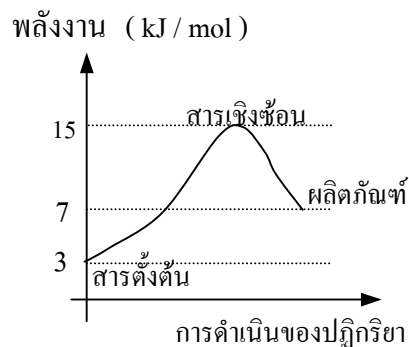
## 34. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา



มีลักษณะตามกราฟ พลังงานก่อกัมมันต์ และ

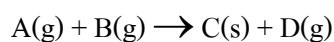
พลังงานที่ดูดหรือคาย มีค่าเท่าใด

1. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol  
และ จุดพลังงาน = 7 kJ/mol
2. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol  
และ จุดพลังงาน = 4 kJ/mol
3. พลังงานก่อกัมมันต์ = 15 kJ/mol และ จุดพลังงาน = 4 kJ/mol
4. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol และ คายพลังงาน = 4 kJ/mol (ข้อ 2.)



## วิธีทำ

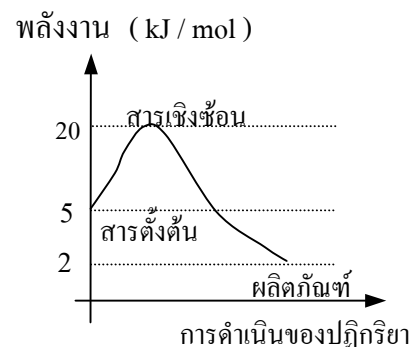
## 35. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา



มีลักษณะตามกราฟ พลังงานก่อกัมมันต์ และ

พลังงานที่ดูดหรือคาย มีค่าเท่าใด

1. พลังงานก่อกัมมันต์ = 20 kJ/mol  
และ จุดพลังงาน = 2 kJ/mol
2. พลังงานก่อกัมมันต์ = 20 kJ/mol และ จุดพลังงาน = 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.)

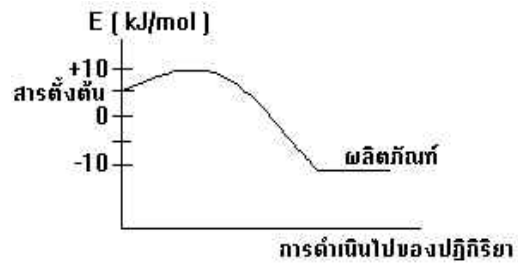


## วิธีทำ

36(En 32) กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

งานของปฏิกิริยา  $A(g) + B(g) \rightarrow C(s)$

มีลักษณะดังนี้ ข้อใดถูกต้อง (ข้อ 2)

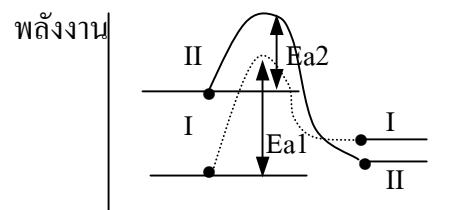


1. ปฏิกิริยาคูดความร้อน = 15 kJ/mol พลังงานสารตั้งต้น = 10 kJ/mol
2. ปฏิกิริยาคายความร้อน = 15 kJ/mol พลังงานสารตั้งต้น = 5 kJ/mol
3. ปฏิกิริยาคูดความร้อน = 20 kJ/mol พลังงานผลิตภัณฑ์ = -15 kJ/mol
4. ปฏิกิริยาคายความร้อน = 20 kJ/mol พลังงานผลิตภัณฑ์ = -20 kJ/mol

วิธีทำ

37(En 43/2) พิจารณารูปต่อไปนี้การเปรียบเทียบพลังงานก่อกัมมันต์ และการบอกชนิดของปฏิกิริยา I และปฏิกิริยา II ในข้อใดถูกต้อง (ข้อ 2)

เปรียบเทียบพลังงานก่อกัมมันต์ และการบอกชนิดของปฏิกิริยา I และปฏิกิริยา II ในข้อใดถูกต้อง (ข้อ 2)



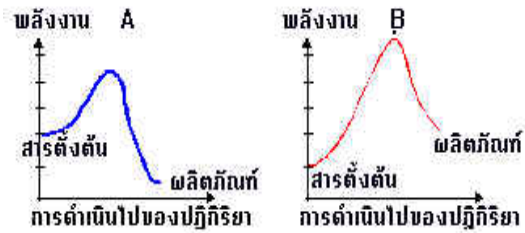
พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาคูดความร้อน	การดำเนินไปของปฏิกิริยา ปฏิกิริยาคายความร้อน
1. I = II	I	II
2. I > II	I	II
3. I < II	II	I
4. I = II	II	I

วิธีทำ

38(En 37) ข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยา A และปฏิกิริยา B จากกราฟนี้ ข้อใดถูกต้อง

1. อัตราของปฏิกิริยา A เร็วกว่าอัตราของปฏิกิริยา B เพราะปฏิกิริยา A เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน
2. อัตราของปฏิกิริยา B เร็วกว่าอัตราของปฏิกิริยา A เพราะปฏิกิริยา B เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน
3. อัตราของปฏิกิริยา A เร็วกว่าอัตราของปฏิกิริยา B เพราะพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา A น้อยกว่าของปฏิกิริยา B
4. อัตราของปฏิกิริยา B เร็วกว่าอัตราของปฏิกิริยา A เพราะพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา B สูงกว่าของปฏิกิริยา A

(ข้อ 3)



### วิธีทำ

#### พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

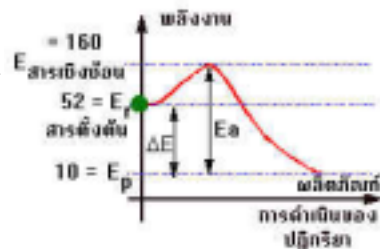
การคิดพลังงานสำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับ ให้ใช้เส้นกราฟเดิม แต่ให้มองย้อนจากผลิตภัณฑ์มาเป็นสารตั้งต้น

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

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

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

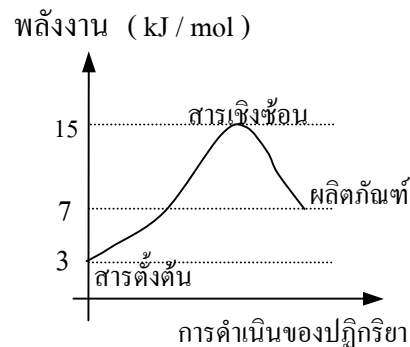
$$E_a = 160 - 10 = 150 \text{ kJ}$$



39. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา  $A(g) + B(g) \rightarrow C(s) + D(g)$

มีลักษณะตามกราฟ สำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับ พลังงานก่อกัมมันต์ และ พลังงานที่ดูดหรือ คาย มีค่าเท่าใด

1. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol  
และ คูดพลังงาน = 7 kJ/mol
2. พลังงานก่อกัมมันต์ = 12 kJ/mol  
และ คูดพลังงาน = 4 kJ/mol



3. พลังงานก่อกัมมันต์ = 8 kJ/mol และ จุดพลังงาน = 4 kJ/mol

4. พลังงานก่อกัมมันต์ = 8 kJ/mol และ คายพลังงาน = 4 kJ/mol (ข้อ 4.)

### วิธีทำ

40. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา  $A(g) + B(g) \rightarrow C(s) + D(g)$

มีลักษณะตามกราฟ สำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับ พลังงานก่อกัมมันต์ และ พลังงานที่ดูดหรือคาย มีค่าเท่าใด

1. พลังงานก่อกัมมันต์ = 20 kJ/mol

และ จุดพลังงาน = 2 kJ/mol

2. พลังงานก่อกัมมันต์ = 20 kJ/mol

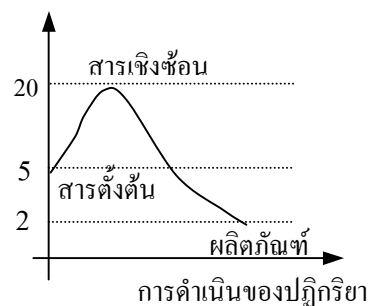
และ จุดพลังงาน = 3 kJ/mol

3. พลังงานก่อกัมมันต์ = 18 kJ/mol

และ จุดพลังงาน = 3 kJ/mol

4. พลังงานก่อกัมมันต์ = 18 kJ/mol และ คายพลังงาน = 3 kJ/mol (ข้อ 3.)

พลังงาน (kJ/mol)

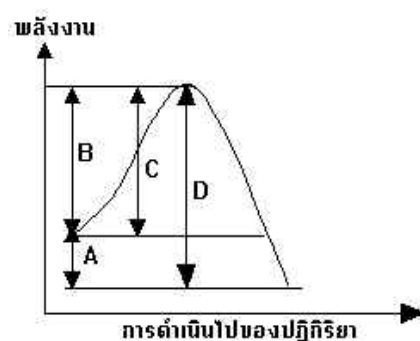


### วิธีทำ

41. จากกราฟที่กำหนดนี้ ช่วงใดที่แสดงถึงพลังงานก่อกัมมันต์ สำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับที่ดูดความร้อน

ก. A      ข. B      ค. C      ง. D (ข้อ ง)

### วิธีทำ



42(มข 40) ถ้าปฏิกิริยา  $3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}_3(\text{g})$  เป็นปฏิกิริยาคูดพลังงาน 140 kJ/mol มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) เท่ากับ 420 kJ ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับในหน่วย kJ คือ

1. 140                      2. 280                      3. 420                      4. 680                      (ข้อ 2)

วิธีทำ

43(มข 32) ปฏิกิริยา  $3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}_3(\text{g})$  คูดพลังงาน 150 kJ/mol และมีพลังงานกระตุ้นสำหรับปฏิกิริยาไปข้างหน้า ( $E_a$ ) เป็น 400 kJ จงหาค่าพลังงานกระตุ้นสำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับในหน่วย kJ

(250 kJ)

วิธีทำ

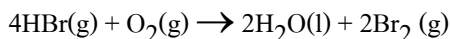
44. ปฏิกิริยาย้อนกลับของ  $X \leftrightarrow Y$  มีพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาไปข้างหน้า 100 kJ/mol มีพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาย้อนกลับ 75 kJ/mol ปฏิกิริยา  $X \leftrightarrow Y$  เป็นปฏิกิริยา

- ก. คายความร้อน 25 kJ/mol                      ข. คายความร้อน 175 kJ/mol  
ค. ดูดความร้อน 25 kJ/mol                      ง. ดูดความร้อน 175 kJ/mol                      (ข้อ ค)

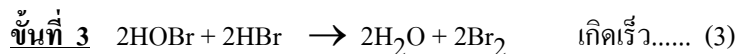
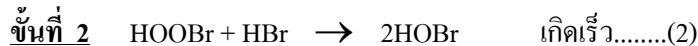
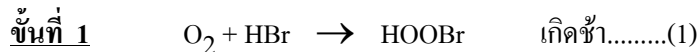
วิธีทำ

## กลไกของปฏิกิริยา

ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของบางปฏิกิริยา เช่น



การที่จะให้ HBr 4 โมเลกุล กับ O<sub>2</sub> 1 โมเลกุลชนกันพร้อมๆ กันนั้น เป็นเรื่องที่ยากมาก แต่ในธรรมชาติจริงๆ นั้น ปฏิกิริยานี้จะเกิดจากการชนกันของโมเลกุลทีละคู่ ตามขั้นตอนดังนี้



ผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นซึ่งไม่ใช่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย เรียก อินเทอร์มีเดียต (Intermediate) สาร

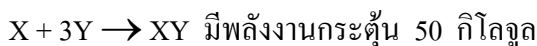
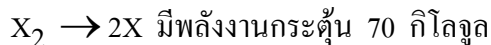
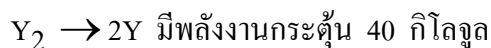
เหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาแล้วเปลี่ยนเป็นสารอื่นต่อไป

ในกรณีที่ปฏิกิริยามีหลายขั้นตอนเช่นนี้ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะถูกกำหนด โดยขั้นที่ช้าเพียงขั้นเดียวเท่านั้น

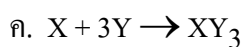
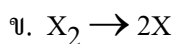
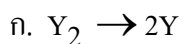
45. ตามทฤษฎีการชนกันของโมเลกุล ข้อใดเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราเร็วของปฏิกิริยารวม
- ก. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยที่ดำเนินไปช้าที่สุด      ข. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยที่ดำเนินไปเร็วที่สุด
- ค. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยขั้นแรก                      ง. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยขั้นสุดท้าย      (ข้อ ก)

ตอบ

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



ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนใดเป็นสำคัญ



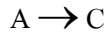
ง. บอกไม่ได้ข้อมูลไม่เพียงพอ

(ข้อ ข)

วิธีทำ

## พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน

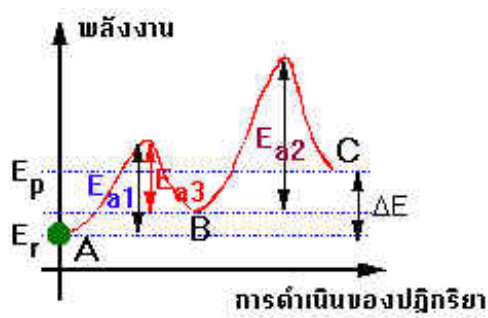
## พิจารณาปฏิกิริยาสมมุติ



ปฏิกิริยานี้เกิด 2 ขั้นตอน

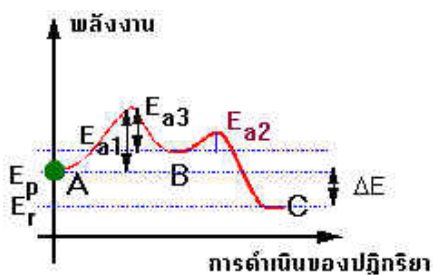
ขั้นที่ 1  $A \rightarrow B$

ขั้นที่ 2  $B \rightarrow C$



## พิจารณากราฟพลังงานนี้

- 1] ปฏิกิริยาจาก  $A \rightarrow B$  เกิดได้เร็วเพราะ พลังงานกระตุ้น  $E_{a1}$  มีค่าน้อยและปฏิกิริยาจาก  $B \rightarrow C$  เกิดได้ช้าเพราะพลังงานกระตุ้น  $E_{a2}$  มีค่ามาก เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นกับขั้นที่เกิดช้าเท่านั้น ดังนั้น หากพิจารณาพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาจึงพิจารณาเฉพาะขั้นที่มีพลังงานกระตุ้นสูงสุดเท่านั้น ในที่นี้คือขั้น  $B \rightarrow C$  จึงใช้พลังงานกระตุ้นขั้นนี้คือ  $E_{a2}$  มาเป็นพลังงานกระตุ้นของทั้งปฏิกิริยา
- 2] เมื่อพิจารณาสารตั้งต้น (A) และ ผลิตภัณฑ์สุดท้าย (C) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ มีพลังงานสูงกว่าสารตั้งต้น ดังนั้นปฏิกิริยานี้จะเป็นปฏิกิริยาชนิด ดูดพลังงาน
- 3] ผลิตภัณฑ์ B ปฏิกิริยาอาจเกิดไปข้างหน้าไปเป็น C ซึ่งต้องใช้พลังงานกระตุ้น  $E_{a2}$  หรือ อาจย้อนกลับไปเป็น A ต้องใช้พลังงานกระตุ้น  $E_{a3}$  แต่เนื่องจากมีค่า  $E_{a3}$  น้อยกว่า ปฏิกิริยาส่วนมากจะย้อนกลับไปเป็น A ส่วนน้อยจะไปข้างหน้าเป็น C



## พิจารณากราฟพลังงานนี้

- 1] ปฏิกิริยาจาก  $A \rightarrow B$  เกิดได้ช้าเพราะ พลังงานกระตุ้น  $E_{a1}$  มีค่ามาก และปฏิกิริยาจาก  $B \rightarrow C$  เกิดได้เร็ว เพราะพลังงานกระตุ้น  $E_{a2}$  มีค่าน้อย เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยา จะขึ้นกับขั้นที่เกิดช้าเท่านั้น ดังนั้น หากพิจารณา พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาจึงพิจารณาเฉพาะขั้นที่มีพลังงานกระตุ้นสูงสุดเท่านั้น ในที่นี้คือขั้น  $A \rightarrow B$  จึง ใช้พลังงานกระตุ้นขั้นนี้คือ  $E_{a1}$  มาเป็นพลังงานกระตุ้นของทั้งปฏิกิริยา
- 2] เมื่อพิจารณาสารตั้งต้น(A) และ ผลิตภัณฑ์สุดท้าย(C) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ มีพลังงานต่ำกว่าสารตั้งต้น ดังนั้นปฏิกิริยานี้จะเป็นปฏิกิริยาชนิด คายพลังงาน

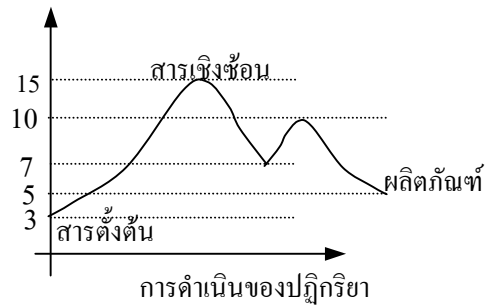
3] ผลิตภัณฑ์ B ปฏิกิริยาอาจเกิดไปข้างหน้าไปเป็น C ซึ่งต้องใช้พลังงานกระตุ้น  $E_{a2}$  หรือ อาจย้อนกลับไปเป็น A ต้องใช้พลังงานกระตุ้น  $E_{a3}$  แต่เนื่องจากมีค่า  $E_{a2}$  น้อยกว่าปฏิกิริยาทั้งหมดจะไปข้างหน้าเป็น C และไม่มีการย้อนกลับ

#### 47. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ของปฏิกิริยาต่อไปนี้ พลังงานก่อกัมมันต์ และ พลังงานที่ดูดหรือคาย 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)

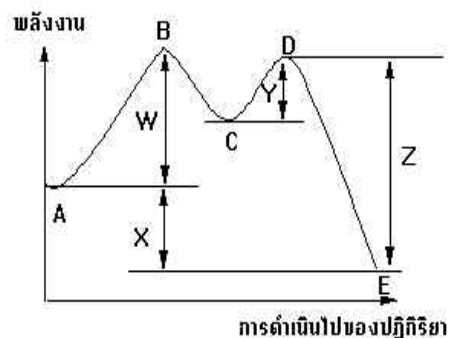


#### วิธีทำ

#### 48. คำชี้แจง ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ประกอบการตอบคำถาม 3 ข้อถัดไป

ปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่ง จากสารเริ่มต้น A เกิดเป็นสารใหม่ E มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามที่แสดงไว้ในรูปด้านข้างนี้ ปฏิกิริยานี้เกิดเป็นขั้นๆ ขั้นที่ช้าที่สุดคือข้อใด

- ก.  $A \rightarrow C$       ข.  $B \rightarrow D$   
ค.  $C \rightarrow D$       ง.  $C \rightarrow E$  (ข้อ ก)



#### วิธีทำ

#### 49. จากข้อที่ผ่านมาปฏิกิริยานี้เป็นแบบอะไร

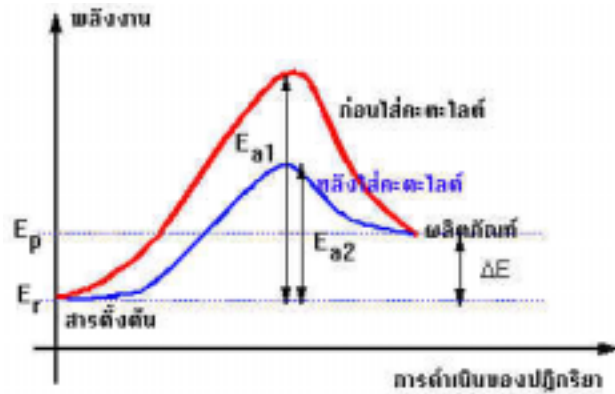
- ก. ดูดความร้อนเท่ากับ  $W - Y$       ข. ดูดความร้อนเท่ากับ  $Z$   
ค. คายความร้อนเท่ากับ  $X$       ง. คายความร้อนเท่ากับ  $Z - X$  (ข้อ ค)

#### วิธีทำ



#### 4. อธิบายผลของตัวเร่งปฏิกิริยา

คะตะลิสต์ จะช่วยลดพลังงานกระตุ้นลงจึงทำให้จำนวนอนุภาคที่มีพลังงานเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น



**โปรดสังเกตว่า** คะตะลิสต์ เพียงแต่ลดพลังงานกระตุ้นเท่านั้นแต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์เลย ดังนั้น หากเดิมปฏิกิริยา ดูดหรือคายพลังงาน ( $\Delta E$ ) จำนวนเท่าใด ก็จะดูดหรือคายพลังงาน เป็นหากปฏิกิริยาจำนวนเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

51. จงพิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ ถูก หรือ ผิด

- \_\_\_ 1) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลสารตั้งต้นจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น
- \_\_\_ 2) คะตะไลต์ทำให้ พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดลง
- \_\_\_ 3) เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาจะลดลง
- \_\_\_ 4) เมื่อเติมคะตะไลต์จะทำให้สารตั้งต้น มีพลังงานจลน์เพิ่มมากขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

52(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 ถ้าใส่ผงสังกะสีในกรดซัลฟิวริกเจือจางที่ (i) 25 องศาเซลเซียส และ (ii) 35 องศาเซลเซียส กรณี (ii) จะเกิดผลอย่างไร เมื่อเทียบกับ กรณี (i)

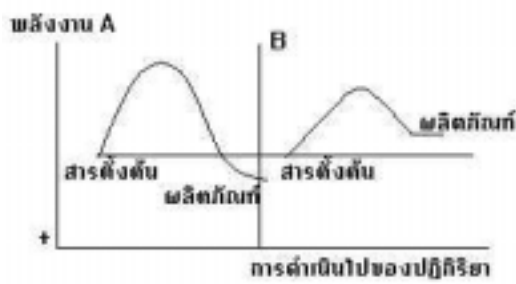
- |  |                            |
|--|----------------------------|
| ก. อนุภาคต่างๆ มีพลังงานจลน์สูงขึ้น      | ข. พลังงานกระตุ้นลดลง      |
| ค. อนุภาคต่างๆ ชนกันบ่อยครั้งขึ้น        | ง. ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น |
| จ. ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยลง |                            |

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) |

ตอบ

53(En 36) ข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยา A และปฏิกิริยา B จากกราฟนี้ ข้อใดถูก



- (ก) ปฏิกิริยา A เกิดยากกว่าปฏิกิริยา B เพราะปฏิกิริยา A มีพลังงานกระตุ้นสูงกว่า  
 (ข) ปฏิกิริยา B เกิดยากกว่าปฏิกิริยา A เพราะปฏิกิริยา B เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน

(ค) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ปฏิกิริยา B เร็วกว่าปฏิกิริยา A

(ง) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ พลังงาน กระตุ้นของทั้งสองปฏิกิริยาจะสูงขึ้นมาก

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

### วิธีทำ

54. ข้อใดเป็นเหตุผลที่ถูกต้องที่สุดเพื่อแสดงว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ข้อ ง)

- ก. โมเลกุลของสารนั้นจะมีการชนกันมากขึ้น      ข. จะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น  
 ค. ทำให้พลังงานกระตุ้นเพิ่มขึ้น      ง. โมเลกุลบางส่วนมีพลังงานสูงเกิดขึ้น

### วิธีทำ

55. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยา เพิ่มขึ้นด้วยเพราะเหตุผลข้อใด(ให้ตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด)

- ก. จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่า พลังงานกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น  
 ข. โมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าพลังงานกระตุ้นชนกันมากขึ้น  
 ค. จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่า พลังงานกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น และมีการชนกันมากขึ้น  
 ง. โมเลกุลทั้งหมดของสารตั้งต้นมีพลังงานสูงกว่าพลังงานกระตุ้นและชนกันมากขึ้น

อย่างถูกต้อง

(ข้อ ค)

### วิธีทำ

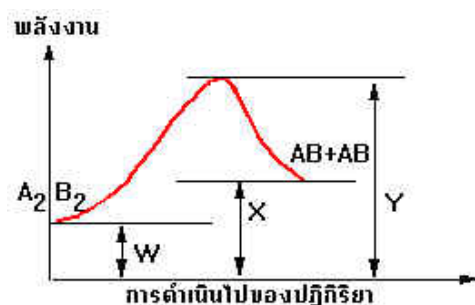
56. พลังงานกระตุ้นสำหรับปฏิกิริยาที่ดำเนิน

จากซ้ายไปขวาคือ

(ข้อ ง)

- ก. W                      ข. X - W  
 ค. Y - X                ง. Y - W

### วิธีทำ



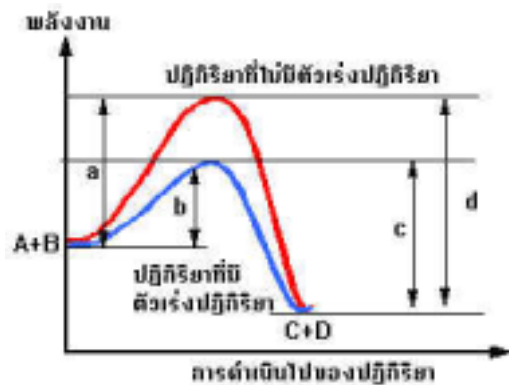
57. จากข้อที่ผ่านมา ถ้าเติมตัวเร่งปฏิกิริยาลงในปฏิกิริยานี้ ส่วนใดจะมีการเปลี่ยนแปลง

- ก. X                      ข. W                      ค. Y - X                      ง. W - X                      (ข้อ ค)

วิธีทำ

58. จากกราฟ สาร A ทำปฏิกิริยากับสาร B ได้สาร C และ สาร D ถ้ามีตัวเร่งปฏิกิริยา จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่ง ปฏิกิริยา คือ

- ก. a                      ข. b  
ค. c                      ง. d                      (ข้อ ง)



วิธีทำ

59. จากข้อที่ผ่านมา เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถลดพลังงานกระตุ้นได้เท่าใด

- ก. a - b                      ข. b - a                      ค. d - c                      ง. c - d                      (ข้อ ก)

วิธีทำ

60. จากข้อที่ผ่านมา พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาย้อนกลับ (reverse reaction) ที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ

- ก. a                      ข. b                      ค. c                      ง. d                      (ข้อ ง)

วิธีทำ

