



วิชาเคมี : อัตราการเกิดปฏิกิริยา (2)

อัตราการเกิดปฏิกิริยา 2

ทฤษฎีการชนกันของโมเลกุล

“ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ เมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นเข้ามาชนกัน”

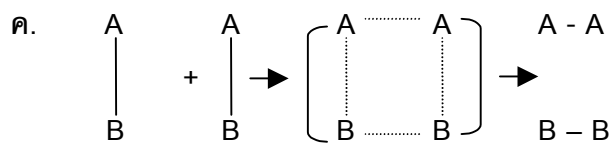
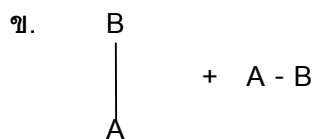
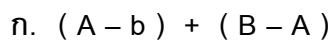
ถ้าอนุภาคของสารไม่เกิดการชนกัน ปฏิกิริยาจะไม่เกิดขึ้น

ถ้าอนุภาคของสารไม่เกิดการชนกัน อาจเกิดหรือไม่เกิดปฏิกิริยาก็ได้

ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหรืออิทธิพล 2 ประการ

1. ทิศทางในการชนที่เหมาะสม การจัดเรียงตัวของโมเลกุล ขณะเคลื่อนที่เข้าชนกันมีความสำคัญมาก

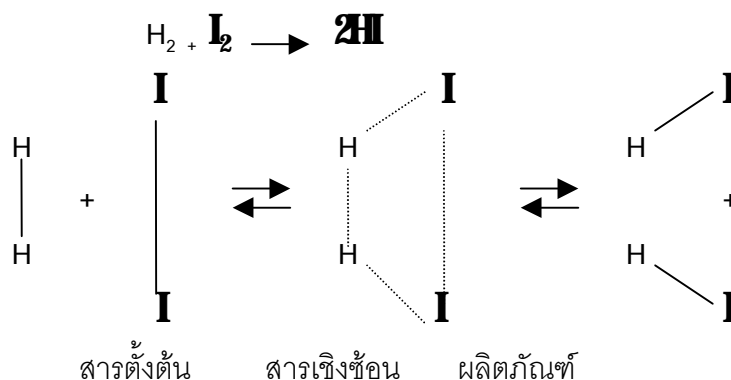
ซึ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยา $2AB \rightarrow A_2 + B_2$ ทิศทางโมเลกุลอาจเป็นได้ คือ



2. พลังงานก่อกัมมันต์หรือพลังงานกระตุ้น (เดิม Activation energy, E_a)

เมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นเข้าชนกัน จะมีการถ่ายเทพลังงานระหว่างอนุภาคเกิดขึ้น ซึ่งทำให้มีการสลายพันธะเคมีที่มีอยู่เดิมพร้อม ๆ กับการสร้างพันธะเคมีใหม่เกิดขึ้น เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น

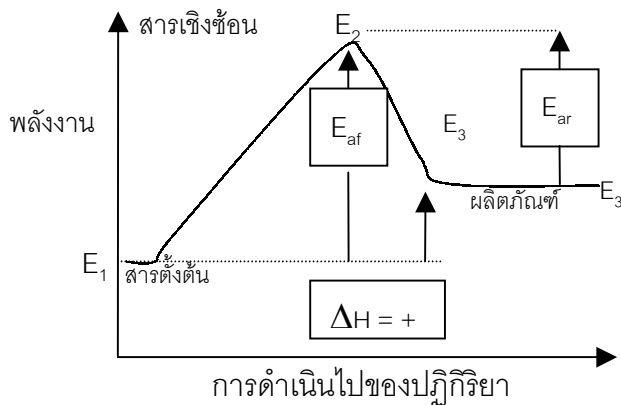
ตัวอย่างปฏิกิริยา



พลังงานที่ทำให้เกิดเป็นสารเชิงซ้อนก็คือ E_a (พลังงานก่อกัมมันต์ หรือพลังงานกระตุ้น)

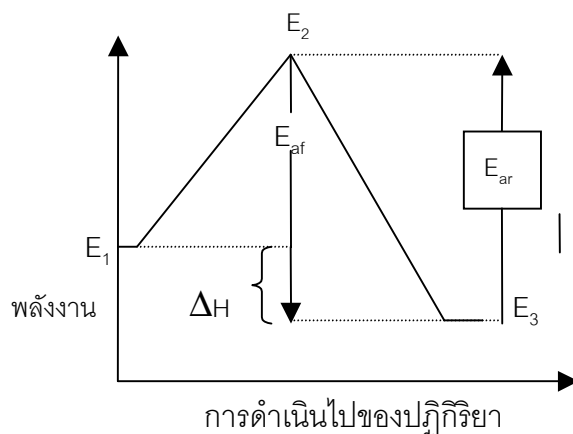
กราฟพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

ก) ปฏิกิริยาคูดความร้อน เพราะ ΔH เป็น บวก



- จากกราฟ E_1 = พลังงานของสารตั้งต้น
 E_2 = พลังงานของสารเชิงซ้อน
 E_3 = พลังงานของผลิตภัณฑ์
 E_{af} = พลังงานก่อกัมมันต์ไปข้างหน้า (พลังงานกระตุ้นไปข้างหน้า)
 E_{ar} = พลังงานก่อกัมมันต์ย้อนกลับ

ข) ปฏิกิริยาคายความร้อน เพราะ ΔH เป็น ลบ

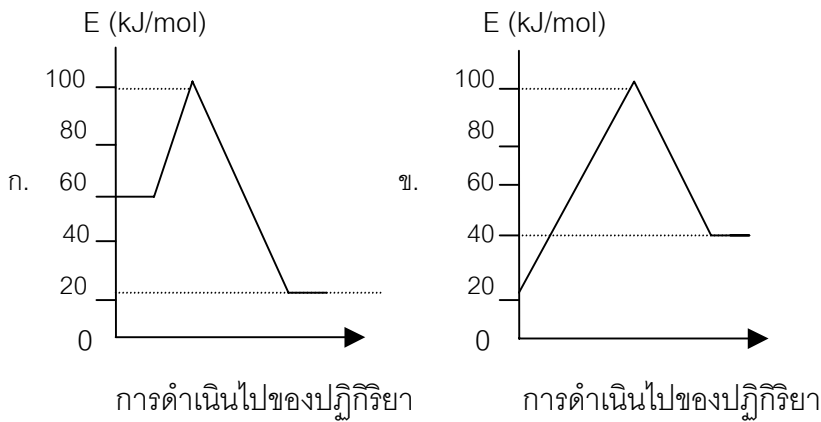


- ΔH = พลังงานของปฏิกิริยา
 ΔH = $E_{af} - E_{ar}$
 ΔH = $E_3 - E_1$
 ΔH = + เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน
 ΔH = - เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน



ตัวอย่างข้อสอบ

1. จากกราฟระหว่างพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยา (ก), (ข) เป็นดังแสดง

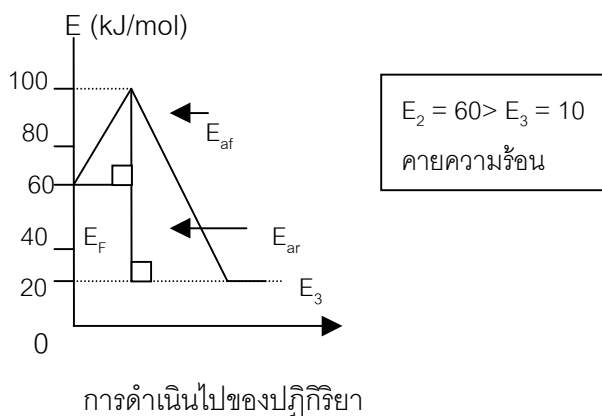


ข้อความที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาทั้งสองนี้ ข้อใดผิด

- ก. ปฏิกิริยา (ก) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ส่วนปฏิกิริยา (ข) เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน
- ข. พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา (ก) จะเป็นครึ่งหนึ่งของพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา (ข)
- ค. ผลิตรกณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยา (ก) จะเสถียรกว่า ผลิตรกณฑ์ที่ได้จาก ปฏิกิริยา (ข)
- ง. กราฟทั้งสองนี้ไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราของปฏิกิริยาเลย

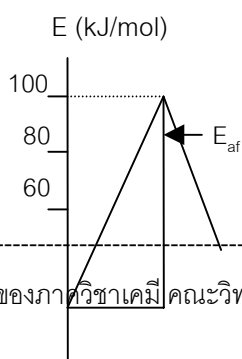
เหตุผล กราฟระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา เพราะเป็นกราฟของอัตรา การเกิดปฏิกิริยา

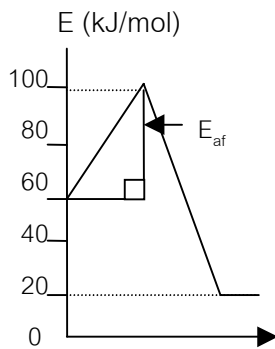
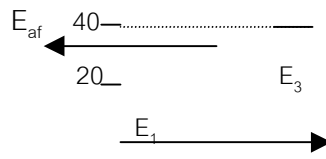
ข้อ ก. ถูกเพราะ



ข้อ ก. ถูกเพราะ

$E_1 = 20 > E_3 = 40$
ดูดความร้อน





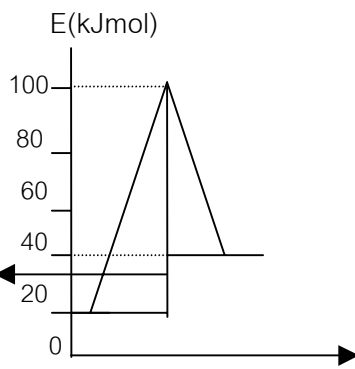
ข้อ ข. ถูกเพราะ

$$E_{af} = 100 - 60 = 40$$

การดำเนินไปของปฏิกิริยา

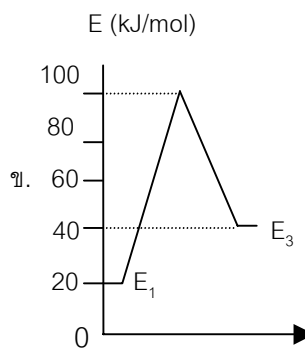
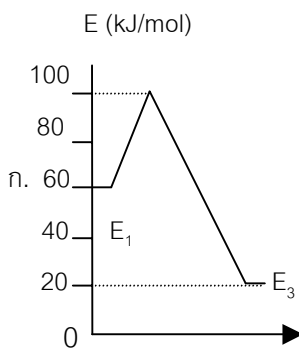
ข้อ 2 ถูกเพราะ

$$E_{af} = 100 - 20 = 80$$



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

เหตุผล ข้อ ค. ถูกเพราะ E_3 ของ (ก) มีค่า $<$ E_3 ของ (ข)



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

2. ถ้าปฏิกิริยา $A + B \rightarrow C + D$ เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อนและมี $\Delta H = +30 \text{ kJ/mol}$ ปฏิกิริยานี้จะมีพลังงานกระตุ้น E_a เป็นเท่าใด

$\Delta H =$



ก. -30 kJ/ mol

ข. น้อย

กว่า $+30 \text{ kJ/ mol}$

ค. มากกว่า $+30 \text{ kJ/ mol}$

ง. อาจ

มากกว่า $+30 \text{ kJ/ mol}$ หรือน้อยกว่า 30 kJ/ mol และสามารถหาได้จาก
การทดลองเท่านั้น

$$\begin{aligned} \text{เพราะ } \Delta H &= E_{\text{ผลิตภัณฑ์}} - E_{\text{สารตั้งต้น}} \\ &= E_{\text{af}} - E_{\text{ar}} \end{aligned}$$

E_a ต้องหาจากการทดลอง

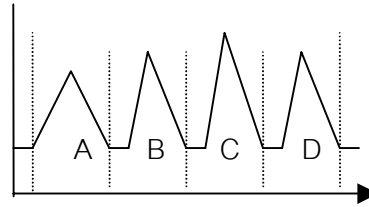
3. จากรูปข้างล่างนี้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาถูกควบคุมโดยปฏิกิริยาอย่างช้าใด

ก. ขั้น C และ D

ข. ขั้น B และ C

ค. ขั้น C เท่านั้น

ง. ขั้น D เท่านั้น

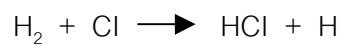


เพราะ ถ้าปฏิกิริยาเกิดหลายขั้นตอน ขั้นตอนที่มี E_a มากที่สุด

จะเป็นขั้น

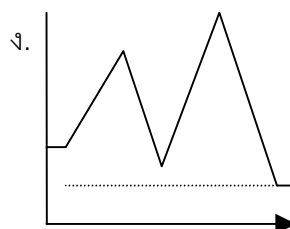
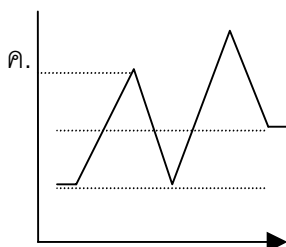
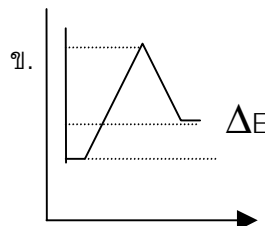
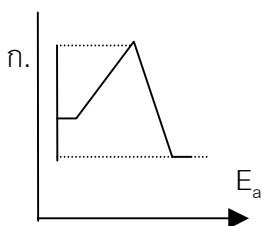
ควบคุมการเกิดปฏิกิริยา

4. ข้อใดเป็นไดแกรมแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานสำหรับปฏิกิริยา



$$E = 1.2 \text{ kJ/ mol}$$

$$E = 6 \text{ kcal}$$





เพราะ โจทย์ให้ปฏิกิริยา 1 ขั้นตอนกราฟ จะมี 1 กราฟโอกาสถูก ก. หรือ ข.

เพราะ E มีค่าเป็นบวก

∴ กราฟแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาชนิดดูด

ความร้อน $E_{\text{ผลิตภัณฑ์}} < E_{\text{สารตั้งต้น}}$

ใช้ข้อมูลเหล่านั้นประกอบการตอบคำถามข้อ 5, 6

ปฏิกิริยา	E_a (k.cal)	(ΔE k cal)
A	75	-20
B	65	-10
C	80	+20
D	40	-10

5. ปฏิกิริยาใดเกิดปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด ภายใต้สภาวะเดียวกัน

ก. A ข. B ค. C ง. D

วิธีคิด เพราะ ปฏิกิริยาที่เกิดเร็วที่สุด ต้องมีค่า E_a ต่ำที่สุด

6. ปฏิกิริยาใดเกิดปฏิกิริยาได้ช้าที่สุด ภายใต้สภาวะเดียวกัน

ก. A ข. B ค. C ง. D

วิธีคิด เพราะ ปฏิกิริยาที่เกิดช้าที่สุด ต้องมีค่า E_a มากที่สุด

เพราะ โจทย์ให้

ปฏิกิริยา 1 ขั้นตอนกราฟ จะมี 1 กราฟโอกาสถูก ก. หรือ ข.

วิธีคิด เพราะ ปฏิกิริยาที่เกิดช้าที่สุด ต้องมีค่า E_a มากที่สุด

7. คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับอธิบายว่า เมื่ออุณหภูมิของระบบสูงขึ้นเล็กน้อย

อัตราการเกิดปฏิกิริยามักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วคือข้อใด

ก. จำนวนครั้งของการชนเพิ่มขึ้น

ข. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลเพิ่มขึ้น

ค. สัดส่วนของโมเลกุลที่มีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับพลังงาน กระตุ้นมากขึ้น

ง. พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น

วิธีคิด เพราะ ระบบใดที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะมีจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงาน

เท่ากับ E_a หรือมากกว่า E_a อยู่มาก โอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น



วิธีคิด จากโจทย์ อุณหภูมิเพิ่มทีละ 10°C เวลาลดลง 2 เท่า

\therefore ถ้าอุณหภูมิลดทีละ 10°C เวลาที่จะเพิ่มเป็น 2 เท่า

อุณหภูมิ	20	30	40	50
เวลา	200	100	50	25

10. ตารางต่อไปนี แสดงผลการทดลองของปฏิกิริยาระหว่าง $A + B \rightarrow$ ผลิตภัณฑ์

ที่อุณหภูมิ 25°C สรุปผลการทดลองในข้อใดที่ไม่เป็นไปตามวิธีวิทยาศาสตร์

[A] (mol/l)	[B] (mol/l)	อัตราเฉลี่ยการเกิดผลิตภัณฑ์ (mol/l.s)
0.001	0.001	1.000
0.002	0.001	2.000
0.003	0.001	3.000
0.004	0.001	4.000

ก. อัตราการเกิดผลิตภัณฑ์จะขึ้นกับความเข้มข้นของ A

ข. อัตราการเกิดผลิตภัณฑ์จะไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของ B เลย

ค. ความเข้มข้นของ A จะลดลงหากไม่มีการปรับให้เท่ากับ 0.01 M

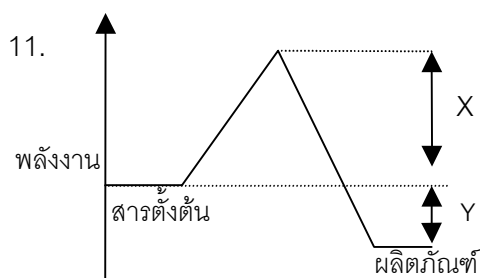
ง. ถ้าจะหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์กับ ความเข้มข้นของ B

จะต้องทำการทดลองอีกชุดหนึ่ง โดยให้ ความเข้มข้นของ A คงที่แต่เปลี่ยนแปลง

แปลงความเข้มข้นของ A คงที่แต่เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ B

วิธีคิด จากโจทย์ [A] เปลี่ยน แต่ [B] คงที่ เพื่อให้ได้ผลการทดลองถูกต้อง

มากที่สุด จะต้องทำการทดลองให้ [B] เปลี่ยน และ [A] คงที่



กราฟข้างบนแสดงปฏิกิริยา ข้อใดถูก



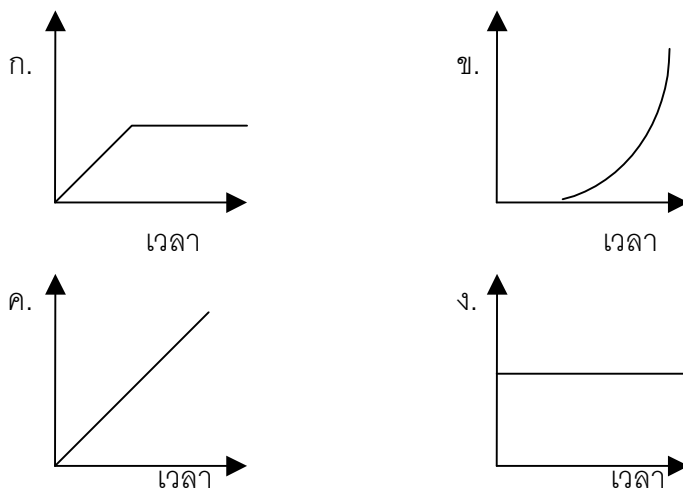


- ก. พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาย้อนกลับ = $(X + Y)$
- ข. ปฏิกิริยาย้อนกลับคายพลังงาน = X
- ค. ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน
- ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า = อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

เพราะ อ่านกราฟและสมการที่กำหนดให้ จะได้ว่า

1. เป็นกราฟอัตราเร็ว (พลังงานกับเวลา)
2. จากจุดยอดของกราฟ ลากเส้นตั้งฉากกับเส้นระดับจาก $E_{\text{สารตั้งต้น}}$ จะได้ว่า X คือ E_{af}
3. $E_{\text{สารตั้งต้น}} > E_{\text{ผลิตภัณฑ์}}$ แสดงว่า ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน
4. R ของปฏิกิริยา = $-R_{\text{CO}} = -R_{\text{NO}_2} = +R_{\text{NO}} = +R_{\text{CO}_2}$

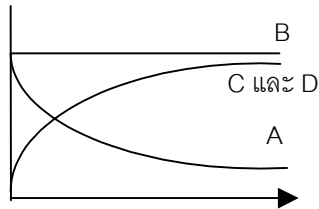
12. สำหรับปฏิกิริยา $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$ ซึ่งเกิดขึ้นในระบบปิด อัตราการสลายตัวของ H_2O_2 วัดปริมาตรของก๊าซ O_2 ที่เกิดขึ้นเปลี่ยนไป



เพราะ โจทย์บอกปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในระบบปิด แสดงว่าปฏิกิริยานี้ ย้อนกลับหรือผันกลับได้



13. สาร C และ D เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมสาร A และ B เข้าด้วยกัน แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร A, B, C และ D เมื่อปฏิกิริยาได้ ดำเนินไป เขียนได้ดังนี้



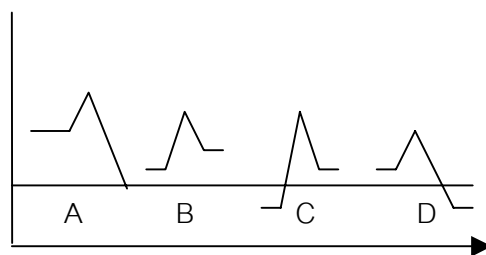
จากกราฟผลสรุปที่ได้คือข้อใด

- B ไม่เกิดปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์เลยและเมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดลงไม่มี A เหลืออยู่เลยคงเหลือแต่ C และ D
- B ไม่เกิดปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์เลยและเมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดลงคงเหลือ A เล็กน้อยส่วนใหญ่จะเป็น C และ D
- เช่นเดียวกับ ข. แต่ต้องทำการทดลองเพิ่มเติม
- เช่นเดียวกับ ข. แต่ต้องทำการทดลองเพิ่มเติม เพื่อทดสอบว่า B เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยาหรือไม่

โจทย์ให้ปฏิกิริยาเคมี $A + B \rightarrow C + D$

หลัก สารตั้งต้น ต้องลดลง ผลิตภัณฑ์ ต้องเพิ่มขึ้น

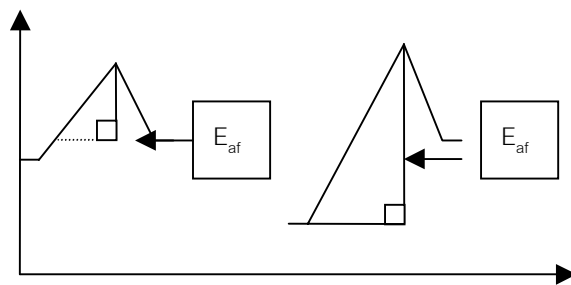
14. จากกราฟ A, B, C, D ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโมเลกุลขณะเกิดปฏิกิริยา ข้อสรุปใดถูกต้อง



- รูป A และ D แสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาคูดพลังงาน
- รูป B และ C แสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาคายพลังงาน
- ถ้าทำการทดลองให้ได้กราฟ B ก่อน แล้วนำกราฟ B และ C มาเขียนบนสเกลเดิม แต่เริ่มจากจุดเดียวกัน กราฟที่ได้จะเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อนชนิดที่มีตัวขัดขวางปฏิกิริยา



ง. ถ้าทำการทดลองให้ได้กราฟ D ก่อน แล้วนำกราฟ D และ A มาเขียนบนสเกลเดิม แต่เริ่มจากจุดเดียวกัน กราฟที่ได้จะเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนชนิดที่มีคะตะไลต์
 จากรูป A และ D ชนิดเดียวกันคือ $E_{\text{สารตั้งต้น}} > E_{\text{ผลิตภัณฑ์}}$ จึงเป็นกราฟ อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาชนิดคายความร้อน
 จากรูป B และ C ชนิดเดียวกัน คือ $E_{\text{สารตั้งต้น}} < E_{\text{ผลิตภัณฑ์}}$
 จึงกราฟ อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาชนิดดูดความร้อน
 ข้อ ก. และ ข้อ ข. จึงผิด



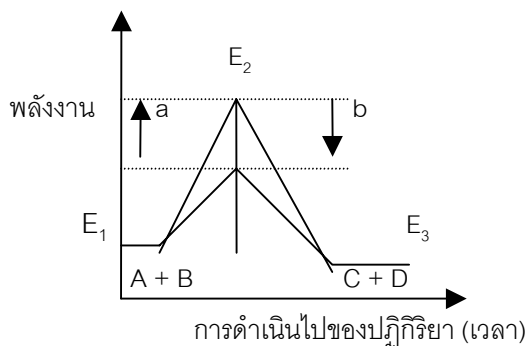
ตามข้อ ค.

เขียนกราฟซ้อนกัน กราฟ B ก่อน ซ้อนด้วยกราฟ C ให้ดูค่า E_{af}

จะได้ว่า E_{af} ของ B < E_{af} ของ C

แสดงว่ามีการใส่คะตะไลต์ชนิดหนึ่ง จึงทำให้ปฏิกิริยาช้าลง (E_a เพิ่มขึ้น)

หลัก การพิจารณา กราฟอัตรา การเกิดปฏิกิริยาชนิดที่มีคะตะไลต์



(a) E_2 เพิ่ม = E_{af} เพิ่ม

แสดงว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายพลังงานชนิดที่มีคะตะไลต์

ชนิดหน่วงปฏิกิริยา

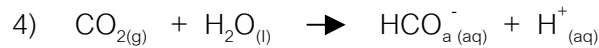
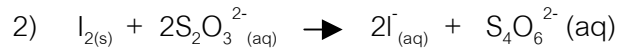
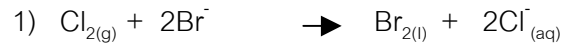
(b) E_2 ลด = E_{af} ลด

แสดงว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายพลังงานชนิดที่มีคะตะไลต์

ชนิดเร่งปฏิกิริยา



15. ถ้าต้องการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา 1 ถึง 4 ดังวิธีถึง D



A วัดการเปลี่ยนความดัน B วัดการเปลี่ยน pH

C คูสีที่หายไป D คูสีที่เพิ่มขึ้น

คำตอบข้อใดเรียงลำดับวิธีที่จะใช้ปฏิกิริยา 1 ถึง 4 ใ้ถูกต้อง

ก. D, C, A, B

ข. D, A, C, B

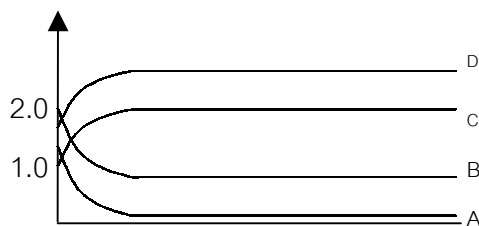
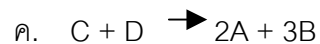
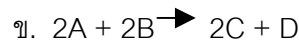
ค. D, C, B, A

ง. D, B, A, C

เพราะ คูข้อ 4 ก่อน เพราะ H^+ แทนกรด, กรด - วัดด้วยค่า pH (B) โอกาส ถูก ก. และ ข.

คูข้อ 3 สารทุกชนิดเป็นก๊าซ วัดการเปลี่ยนแปลงความดัน (A)

16. จากกราฟแสดงปริมาณสารกับเวลา สมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นควรเป็นข้อใด



เหตุผล กราฟมีสเกล ต้องอ่านปริมาณสารที่ใช้ปฏิกิริยาและผลิตภัณฑ์ได้ ปฏิบัติเคมี ต้องมี สารตั้งต้น ลดลง ได้สารใหม่ เพิ่มขึ้น

เริ่มต้น A = 1.0 ลดลงเป็น 0

∴ ใช้ A ไป = 1.0 โมล

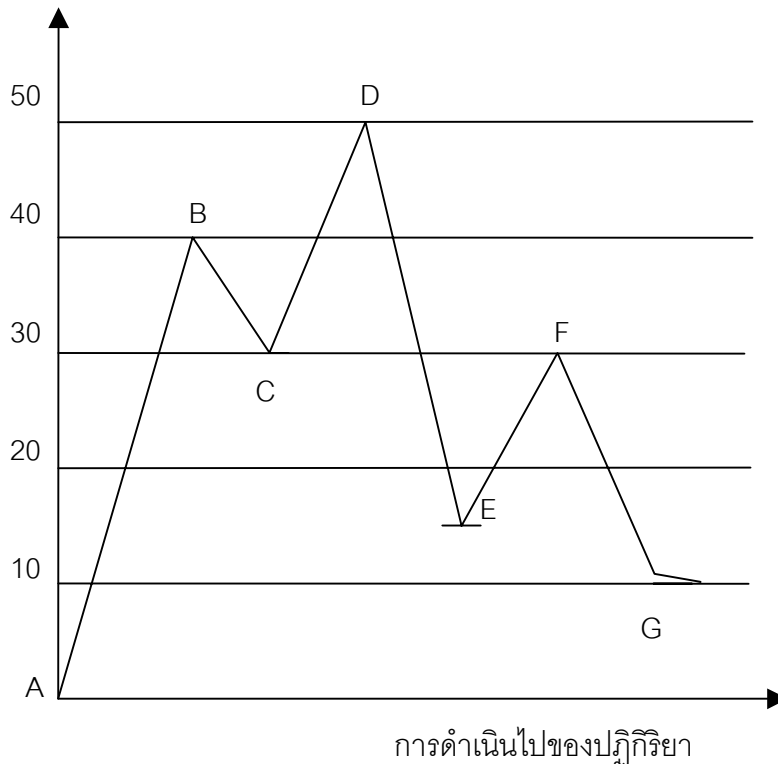
เริ่มต้น B = 2.0 ลดลงเหลือ 0.5

∴ ใช้ B ไป = 2.0 - 0.5 = 1.5 โมล

ใช้ A : B = 1.0 : 1.5 = 2 : 3



17. กราฟแสดงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเป็นดังนี้



จงพิจารณา ข้อใดต่อไปนี้

- จุด B, D และ F เป็นจุดของสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น
- ΔH ของปฏิกิริยา $A \rightarrow G$ มีค่าเท่ากับ $+10 \text{ kJ/mol}$
- E_a ของปฏิกิริยา $A \rightarrow G$ มีค่าเท่ากับ $+50 \text{ kJ/mol}$
- ขั้นตอนที่เกิดเร็วที่สุด คือ $C \rightarrow D$

ข้อใดพิจารณาได้ถูกต้องมากที่สุด

- ก, ข
- ข, ค
- ค, ง
- ก, ง

วิธีคิด จากกราฟบอกได้ว่า ปฏิกิริยาเคมี $A \rightarrow G$ เกิดขึ้นคั่นสามขั้นตอน

คือ $A \rightarrow C$ โดยมี B แสดงพลังงานของสารเชิงซ้อน

$C \rightarrow E$ โดยมี D แสดงพลังงานของสารเชิงซ้อน

$E \rightarrow G$ โดยมี F แสดงพลังงานของสารเชิงซ้อน

ขั้นตอนที่ช้าที่สุดคือ ขั้น $A \rightarrow C$ เพราะมีค่า $E_a = 40 - 0 = 40$

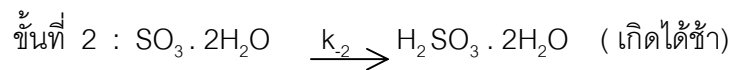
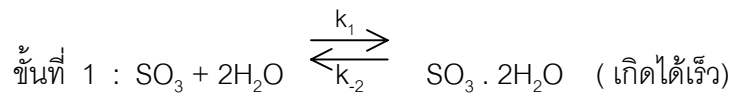
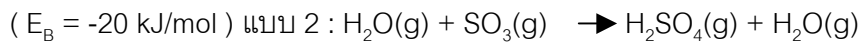
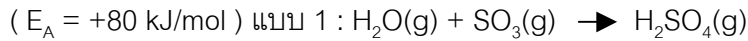
วิธีทำ ข้อ ก ถูก

ข้อ ข ถูก เพราะว่า $\Delta H = E_G - E_A = 10 - 0 = 10$



∴ ข้อ 1 เป็นข้อถูก

18. ศาสตราจารย์โมลินา แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตได้รับรางวัลโนเบล ในปี 1995 ในสาขาเคมีที่เกี่ยวกับเคมีในชั้นบรรยากาศ เขาพบว่าปฏิกิริยาของฝนกรดในบรรยากาศ มีความเป็นไปได้ 2 แบบ คือ



พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. อันดับของปฏิกิริยาแบบ 1 แบบ 2 มีค่าเท่ากัน
- ข. อันดับของปฏิกิริยาแบบ 2 ในขั้นที่เกิดเร็วเป็นขั้นกำหนดอัตรา
- ค. ในปฏิกิริยาแบบ 1 และแบบ 2 การเพิ่มอุณหภูมิจะมีผลทำให้ค่าคงที่ของปฏิกิริยา (k) ไม่เท่ากัน
- ง. ปฏิกิริยาแบบ 2 น่าเชื่อถือที่สุด เพราะการเกิด H_2SO_4 จะเร็วถ้าอยู่ในชั้นบรรยากาศที่สูงกว่าบนพื้นผิวของโลก

ข้อใดถูกต้องมากที่สุด

1. ก , ข. 2. ข , ค 3. ค , ง 4. เฉพาะ ง.

วิเคราะห์โจทย์ กำหนดสมการให้

วิธีทำ ขั้นเกิดปฏิกิริยาช้า เป็นขั้นกำหนดการเกิดปฏิกิริยาเคมี

∴ ข้อ ข ผิด โอกาสถูก คือ ข้อ 3 และ 4

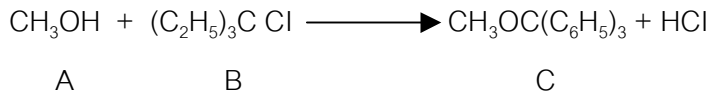
พิจารณาค่า k ซึ่งจะแปรผัน ตามอุณหภูมิ

∴ ข้อ ค ถูก

ดังนั้น คำตอบที่ถูกต้อง คือ ข้อ 3



19. ปฏิกิริยาต่อไปนี้เป็นการศึกษาสารละลายเบนซีนที่มีไฮรดินอยู่ 0.1 M อุณหภูมิ 25°C



จากการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ผลดังนี้

ความเข้มข้นเริ่มต้น			เวลา Δt , min	ความเข้มข้นสุดท้าย [C], M
[A] ₀ , M	[B] ₀ , M	[C] ₀ , M		
0.10	0.05	0.0000	25.0	0.0033
0.10	0.10	0.0000	15.0	0.0039
0.20	0.10	0.0000	7.5	0.0077

จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. ปฏิกิริยานี้เป็นอันดับ 1 เมื่อเทียบกับ A
- ข. ปฏิกิริยานี้เป็นอันดับ 2 เมื่อเทียบกับ B
- ค. ค่าคงที่เฉลี่ยของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ $4.3 \times 10^{-3} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{Mol}^{-2} \cdot \text{S}^{-2}$
- ง. อัตราเริ่มต้นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $0.00026 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1}$

ข้อใดถูกต้อง

1. ก. , ข.
2. ก. , ง.
3. เฉพาะ ค.
4. เฉพาะ ง.

วิเคราะห์โจทย์ กำหนดผลการทดลอง คำตอบกล่าวถึงอันดับ

∴ ต้องใช้สูตร $R = k [A]^x [B]^y$ หาค่าต่าง ๆ

วิธีทำ 1. หา R (อัตราการเกิดปฏิกิริยา) = $\frac{\text{ค่าความเข้มข้นสุดท้ายของสาร}}{\text{เวลา}}$

$$R_1 = \frac{0.0033 \text{ M}}{25 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ Sec}} = 2.2 \times 10^{-6} \text{ M/Sec}$$

$$R_2 = \frac{0.0039 \text{ M}}{15 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ Sec}} = 4.3 \times 10^{-6} \text{ M/Sec}$$

$$R_3 = \frac{0.0077 \text{ M}}{7.5 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ Sec}} = 17.1 \times 10^{-6} \text{ M/Sec}$$



$$2. \text{ สูตร } R = k [\text{CH}_3\text{OH}]^X [(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{CCl}]^Y$$

$$\text{แทนค่า } k (0.1)^X (0.05)^Y = 2.2 \times 10^{-6} \dots (1)$$

$$k (0.1)^X (0.10)^Y = 4.3 \times 10^{-6} \dots (2)$$

$$k (0.20)^X (0.10)^Y = 17.1 \times 10^{-6} \dots (3)$$

หมายเหตุ X, Y เรียกว่า อันดับเทียบกับสาร A และสาร B ตามลำดับต้องหาได้จาก การทดลอง

$$\frac{(2)}{(1)} \quad \frac{k(0.1)^X (0.10)^Y}{k(0.1)^X (0.05)^Y} = \frac{4.3 \times 10^{-6}}{2.2 \times 10^{-6}}$$

$$2^Y = 2 \quad \therefore y = 1 \text{ เทียบสาร B}$$

$$\frac{(3)}{(1)} \quad \frac{k(0.2)^X (0.1)^Y}{k(0.1)^X (0.1)^Y} = \frac{17.1 \times 10^{-6}}{4.3 \times 10^{-6}}$$

$$2^X = 4 = 2^2 \quad \therefore x = 2 \text{ เทียบสาร A}$$

$$\text{จะได้ Rate} = k[\text{CH}_3\text{OH}]^2 [(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{CCl}]^1$$

หาค่า k จากสมการ 1, 2, 3 เป็น k_1, k_2, k_3 ตามลำดับ

$$k_1 \quad \frac{2.2 \times 10^{-6}}{(0.1)^2 (0.05)} = \frac{2.2 \times 10^{-6}}{10^{-2} \times 5 \times 10^{-2}} = 0.44 \times 10^{-2}$$

$$k_2 \quad \frac{4.3 \times 10^{-6}}{(0.1)^2 (0.1)} = \frac{4.3 \times 10^{-6}}{10^{-2} \times 10^{-1}} = 0.43 \times 10^{-2}$$

$$k_3 \quad \frac{17.1 \times 10^{-6}}{(0.2)^2 (0.1)} = \frac{17.1 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2} \times 10^{-1}} = 0.43 \times 10^{-2}$$

$$k \text{ เฉลี่ย} = 4.3 \times 10^{-3} \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ S}^{-1}$$

ตอบ ข้อ 3