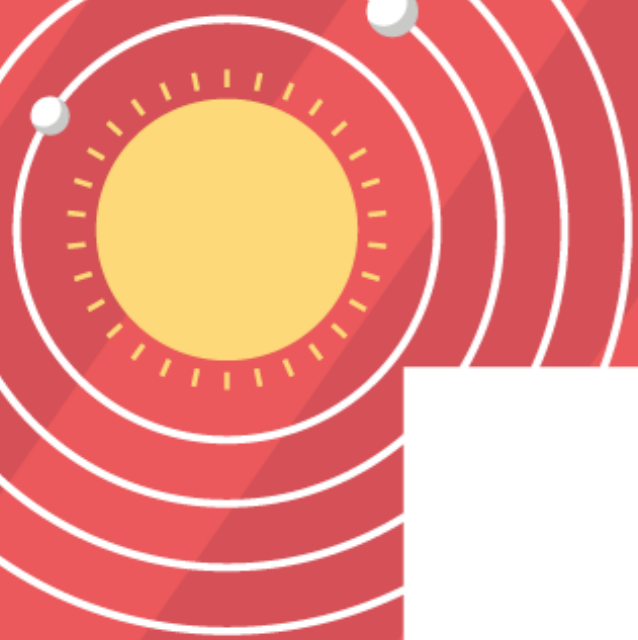


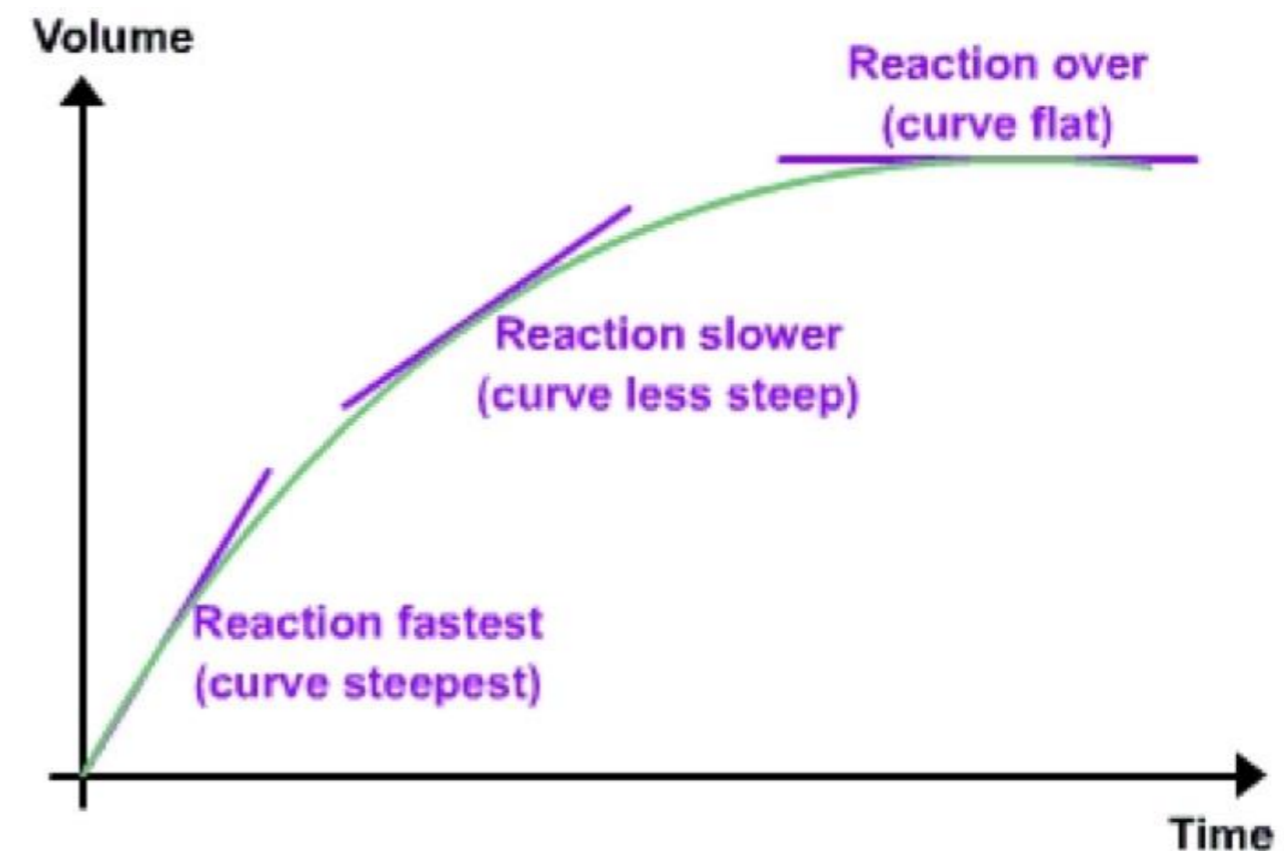
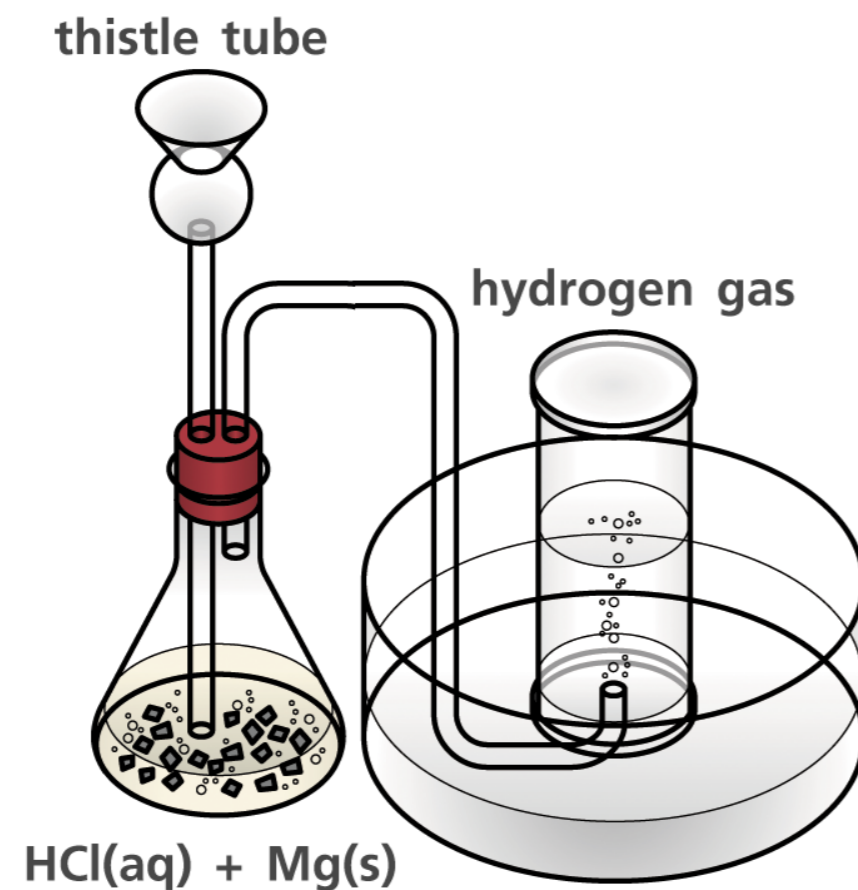
**การเกิดปฏิกิริยาเคมี
และปัจจัยที่มีผลต่อ
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จลนศาสตร์เคมี (Chemical Kinetics) หรือเรียกอีกชื่อว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยา (Rate of Chemical Reaction) คือ สาขาหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความเร็วหรืออัตราเร็วที่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ความรู้เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยามีประโยชน์ในการออกแบบยา การควบคุมมลพิษ และในการแปรรูปอาหาร



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เราจึงเขียนความสัมพันธ์ของสารตั้งต้นที่กำลังลดลงและสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

$$\frac{\text{การเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนไป}} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนไป}}$$

$$r = -\frac{\Delta [\text{reactant}]}{\Delta t} = \frac{\Delta [\text{product}]}{\Delta t}$$

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การหาอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย หากจากสารตัวใดก็ได้ โดยใช้สูตรดังนี้



$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร} \quad -\frac{\Delta A}{\Delta t} \quad -\frac{\Delta B}{\Delta t} \quad +\frac{\Delta C}{\Delta t} \quad +\frac{\Delta D}{\Delta t}$$

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} \quad -\frac{\Delta A}{\Delta t} \quad -\frac{1}{3}\frac{\Delta B}{\Delta t} \quad +\frac{1}{2}\frac{\Delta C}{\Delta t} \quad +\frac{1}{4}\frac{\Delta D}{\Delta t}$$

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



$$r = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt}$$

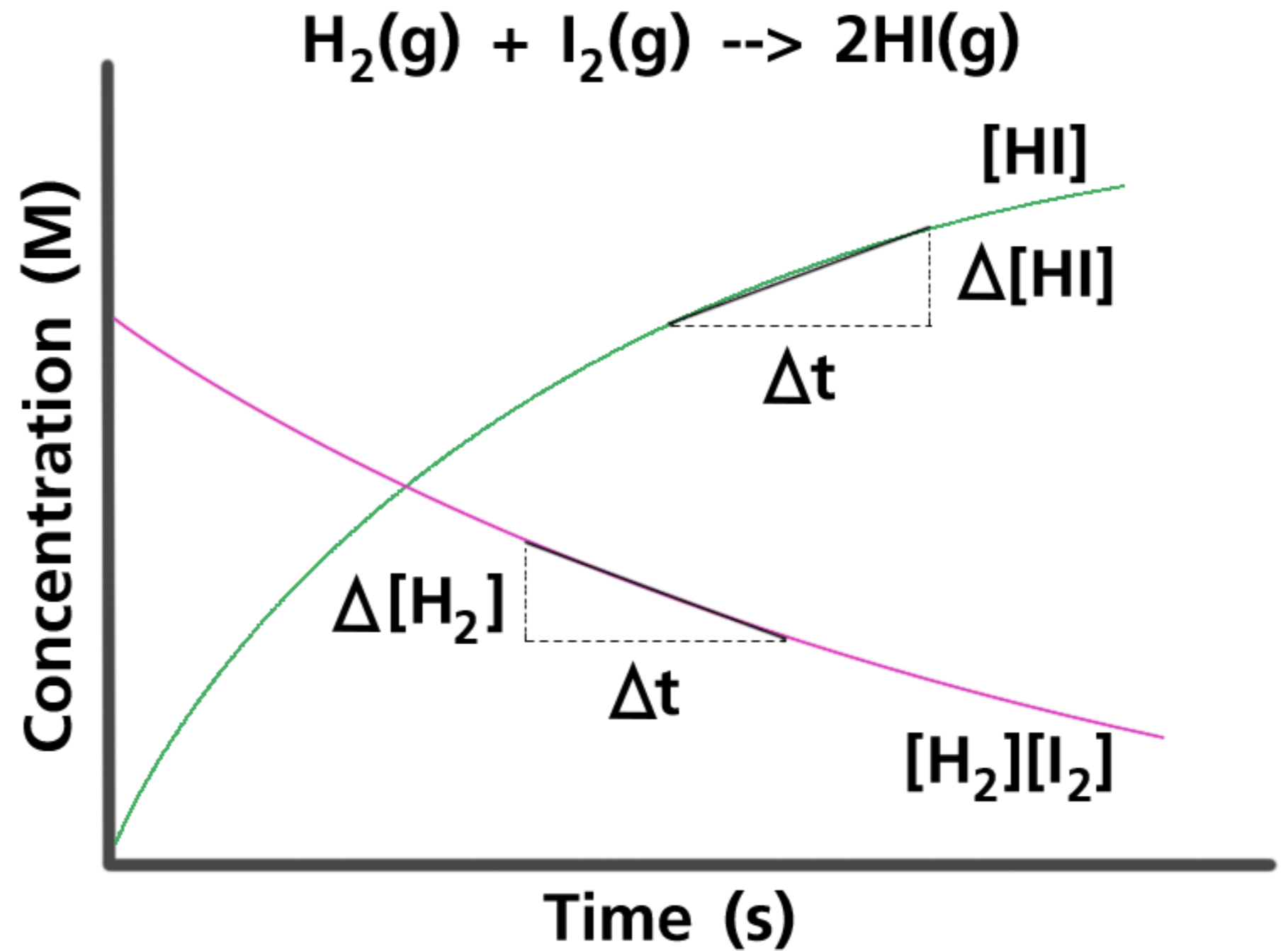
โดยที่ a b c และ d คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometric coefficients)

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

หาค่า rate

โดยอาศัยข้อมูลจากกราฟ



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิดในสมการต่อไปนี้ $A + 2B \rightarrow 3C + 4D$

เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากมากไปน้อยได้ดังนี้ _____

Ex1. แก๊ส NO_2 สลายตัวตามสมการ $2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$

ถ้าอัตราการสลายตัวของ $NO_2 (g)$ เท่ากับ $4.4 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot s$ อัตราการเกิด $O_2(g)$ จะเป็นเท่าใดในหน่วย $\text{mol/dm}^3 \cdot s$

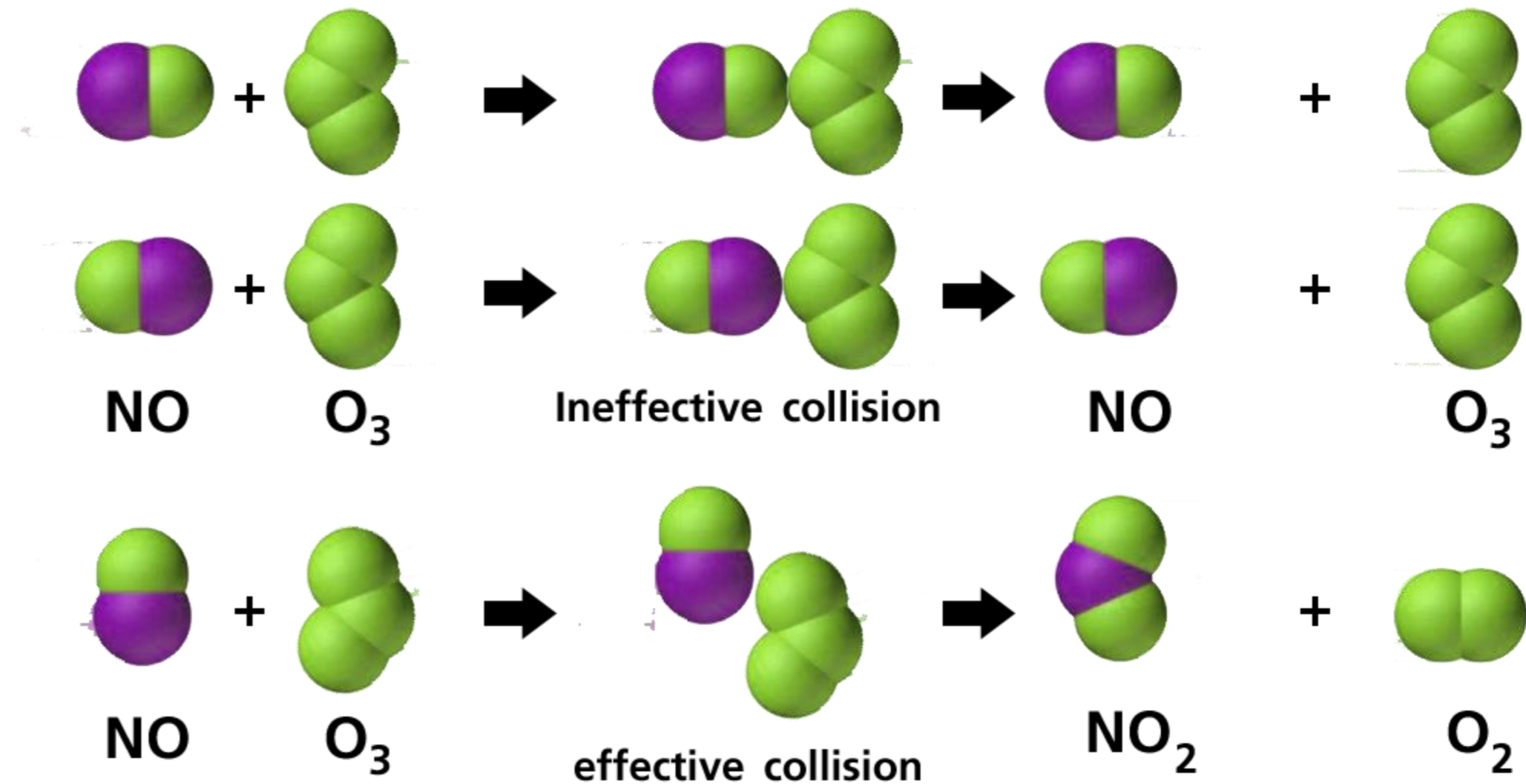
การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แนวคิดของการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้อย่างไร นักวิทยาศาสตร์พยายามหาคำอธิบาย ในการอธิบายนี้จะใช้ทฤษฎี

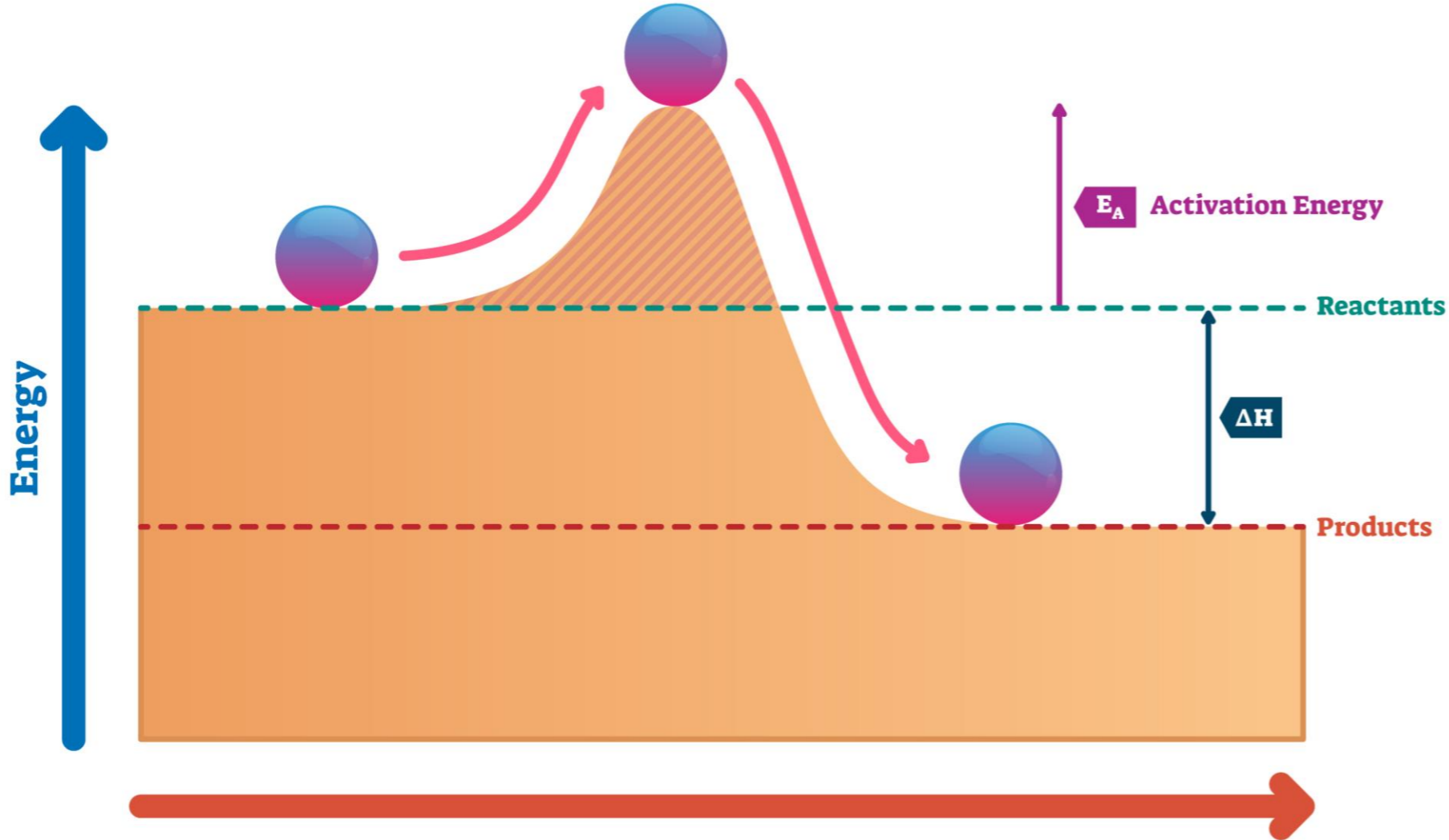
2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีการชน (Collision Theory) และ ทฤษฎีทรานซิชันสเตต (Transition State Theory)

ทฤษฎีการชน (Collision theory)

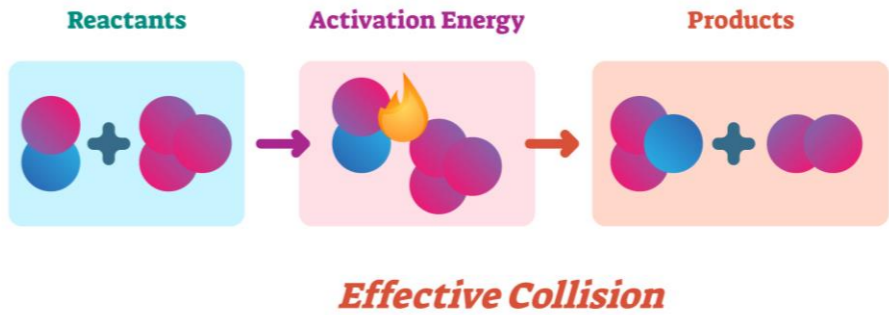


การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



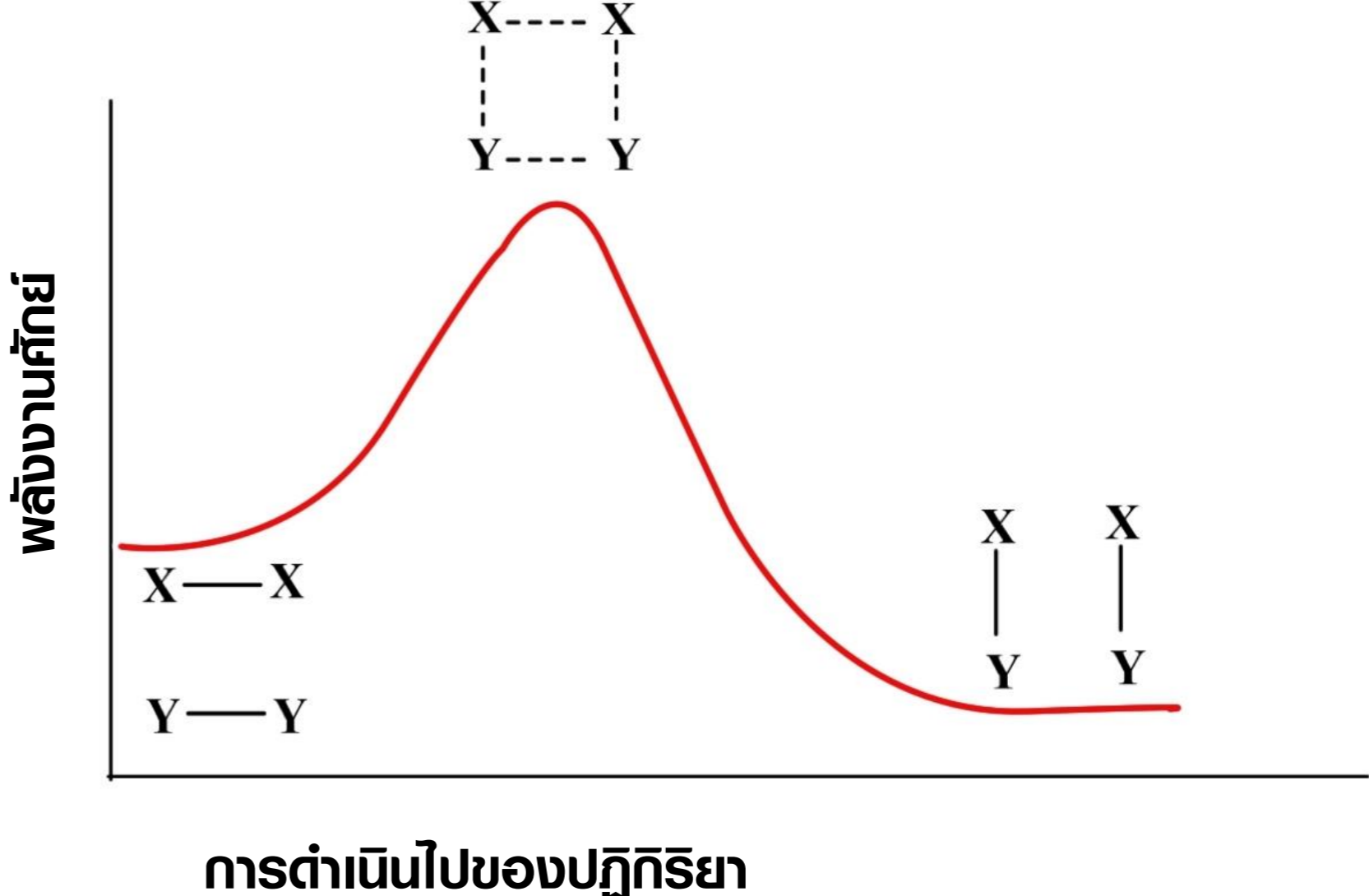
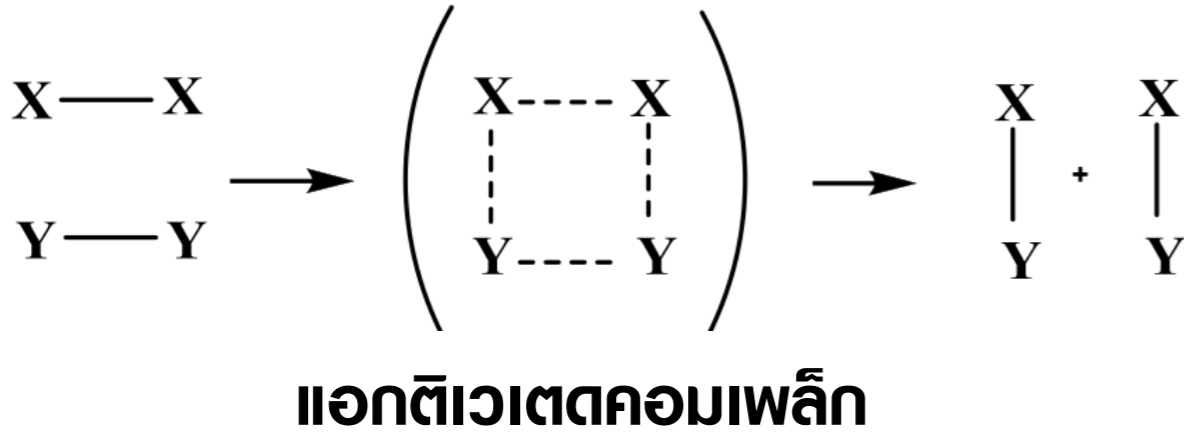
- Activation Energy Examples:
- 🔥 Flame
 - ⚡ Spark
 - ☢ Radiation
 - 🔥 High Temperature



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

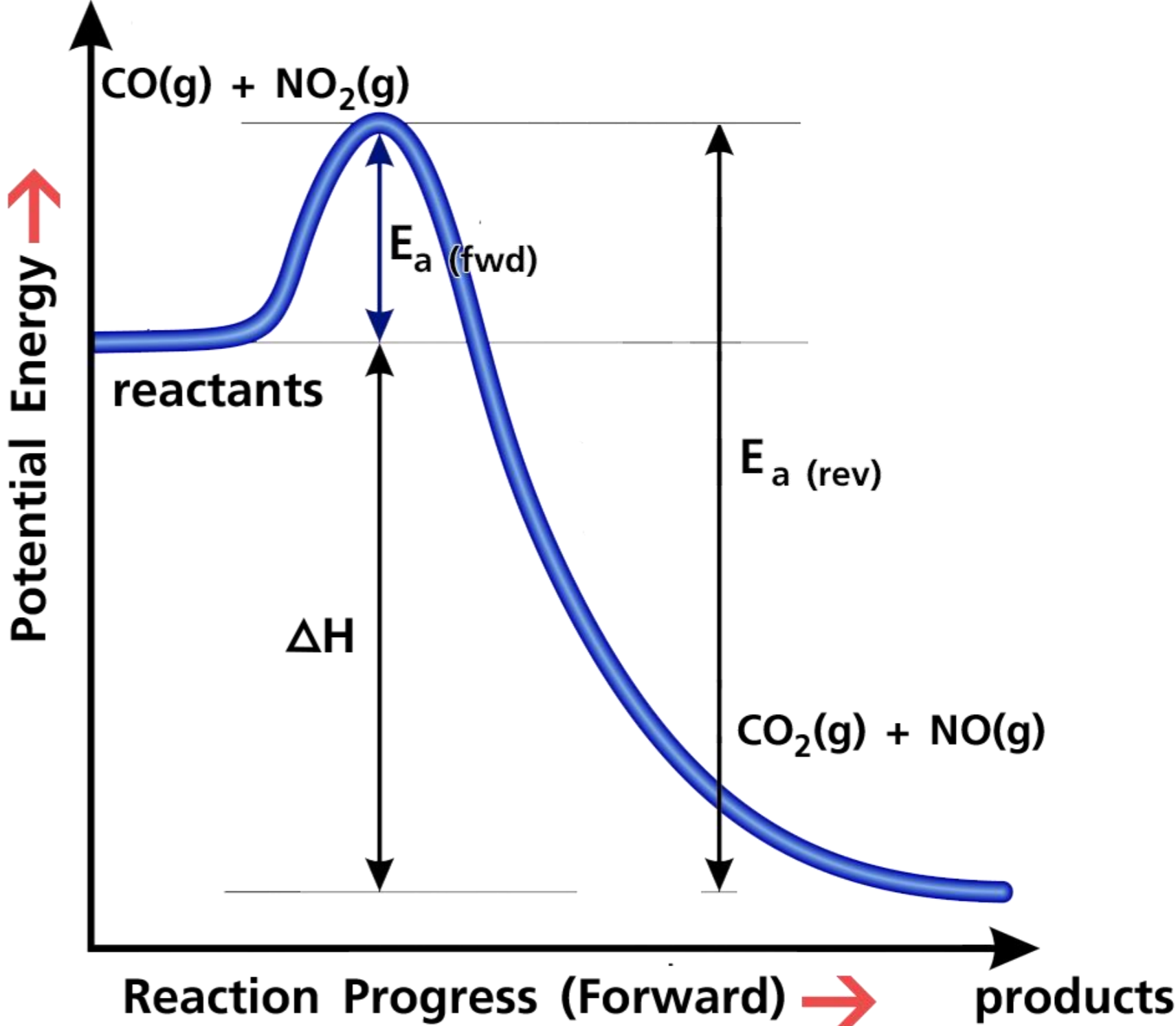
ทฤษฎีแอคติเวตคอมเพล็กซ์ หรือ ทฤษฎีทรานซิชันสเตต (Transition State Theory)



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ทฤษฎีแอคติเวตคอมเพลกซ์
หรือ ทฤษฎีทรานซิชันสเตต
(Transition State Theory)



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

พลังงานก่อกัมมันต์ (Activated Energy; E_a)



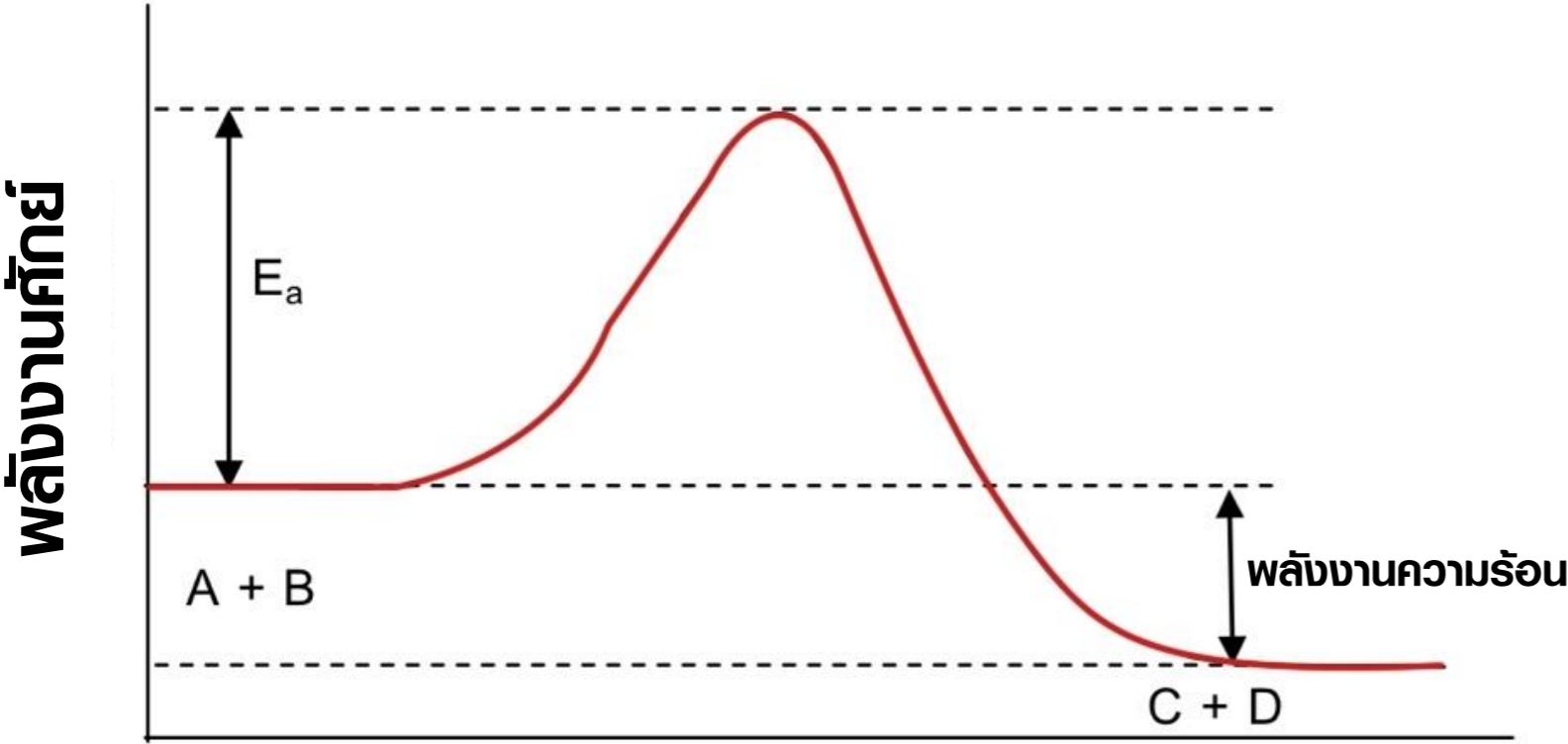
จากภาพคนที่จะเดินข้ามภูเขาได้จะต้องแบ็งแรงมากเปรียบเสมือนอนุภาคของสารที่มีพลังงานสูง ดังนั้นจำนวนคนที่จะข้ามภูเขาได้ภายในเวลาที่กำหนดจึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- (1) จำนวนคนที่แบ็งแรงหรือพลังงานมาก
- (2) ความสูงภูเขา เมื่อพลังงานก่อกัมมันต์มีค่าน้อย อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าเร็ว

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

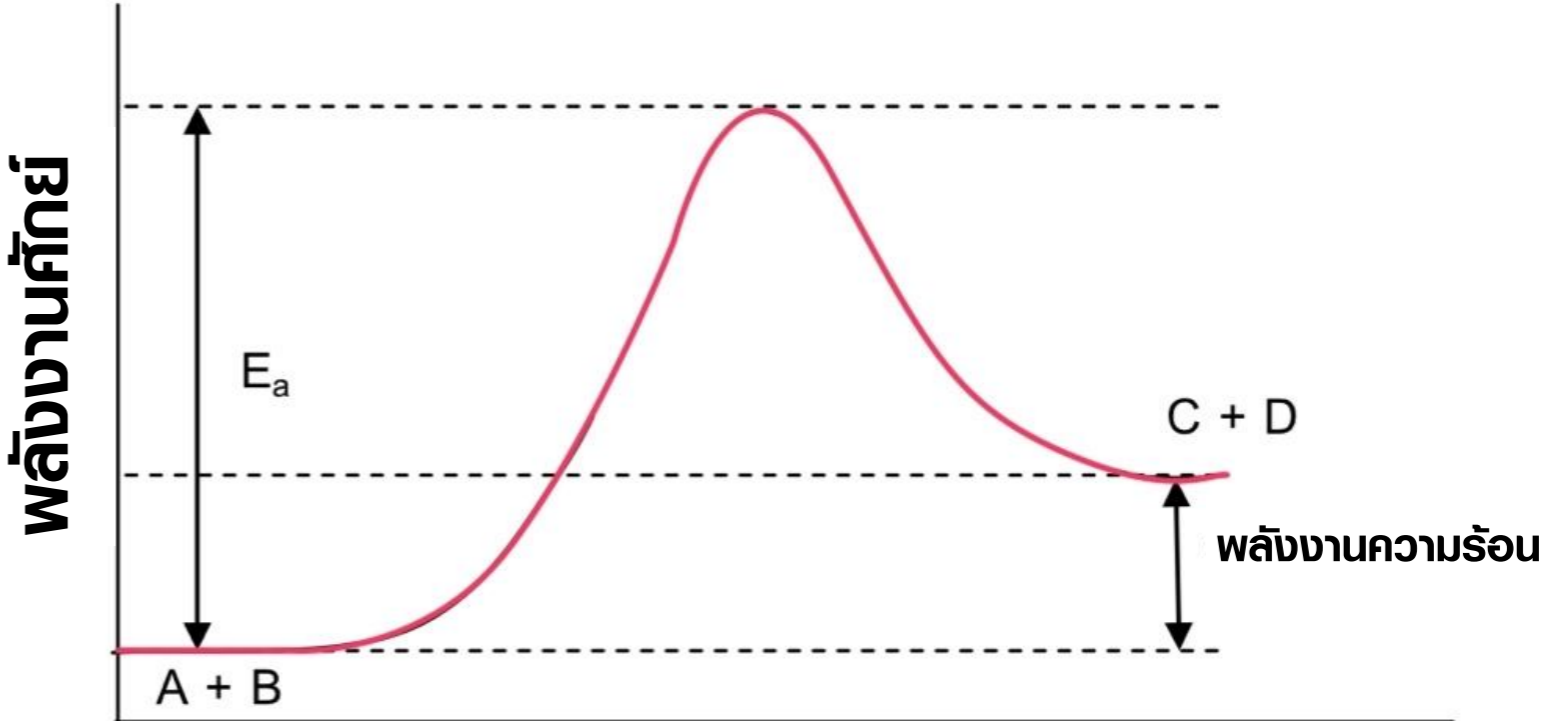
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

A



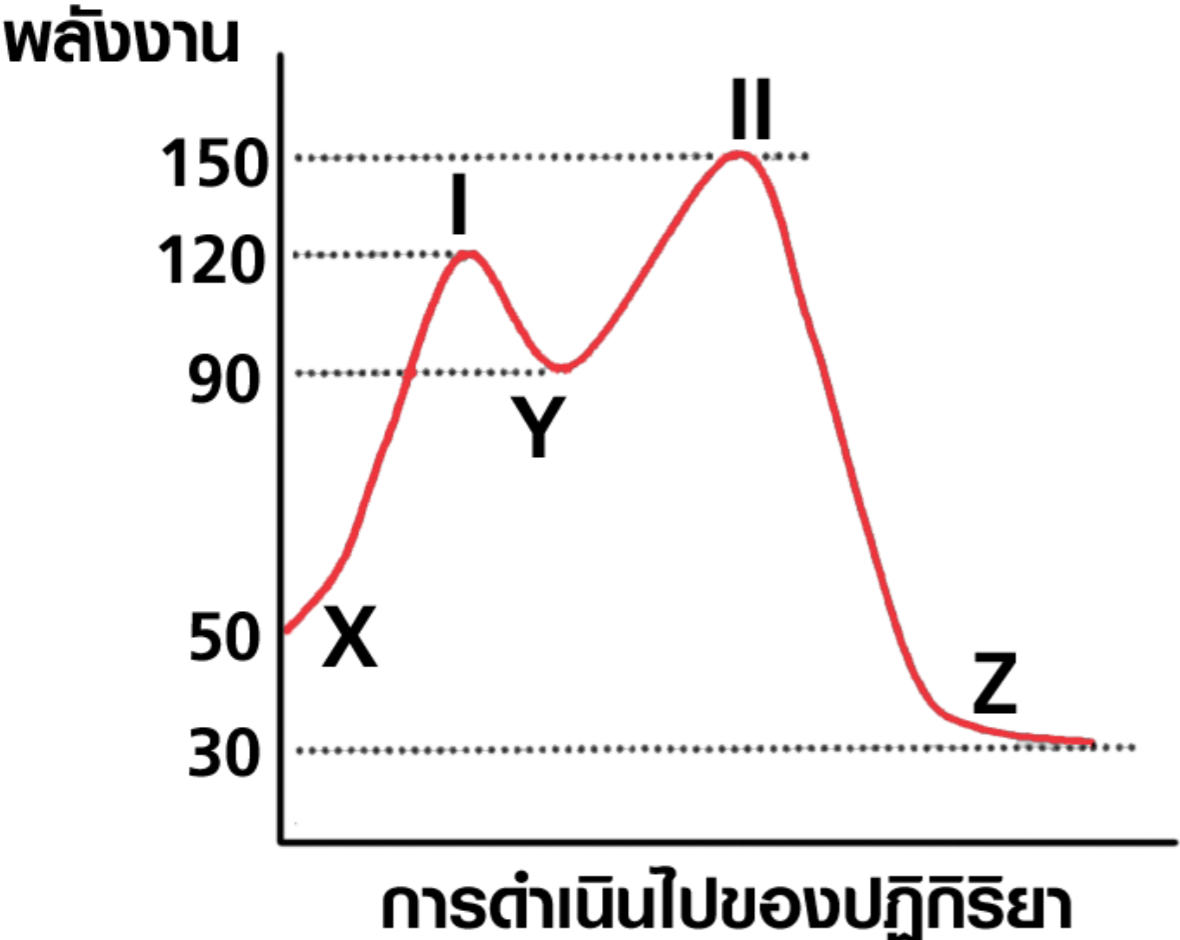
การดำเนินไปของปฏิกิริยา

B

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี



1. จากปฏิกิริยาไปข้างหน้า ชั้นที่ 1 มีค่า $E_a = \dots\dots\dots$
2. จากปฏิกิริยาย้อนกลับ ชั้นที่ 2 มีค่า $E_a = \dots\dots\dots$
3. ชั้นที่ควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาไปข้างหน้าคือ ชั้นที่
และขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อนเท่าใด
.....
4. ปฏิกิริยานี้ดูดหรือคายความร้อนเท่าใด
5. ปฏิกิริยาย้อนกลับมีพลังงานกระตุ้นเท่าใด.....

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้แก่

- 1.1 ธรรมชาติของสารตั้งต้น (reaction)**
- 1.2 ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์**
- 1.3 พื้นที่ผิว**
- 1.4 อุณหภูมิ**
- 1.5 ตัวเร่งปฏิกิริยา**
- 1.6 ความดัน**

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ความเข้มข้น อุณหภูมิ ตัวเร่ง (คะตะเลส) กับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

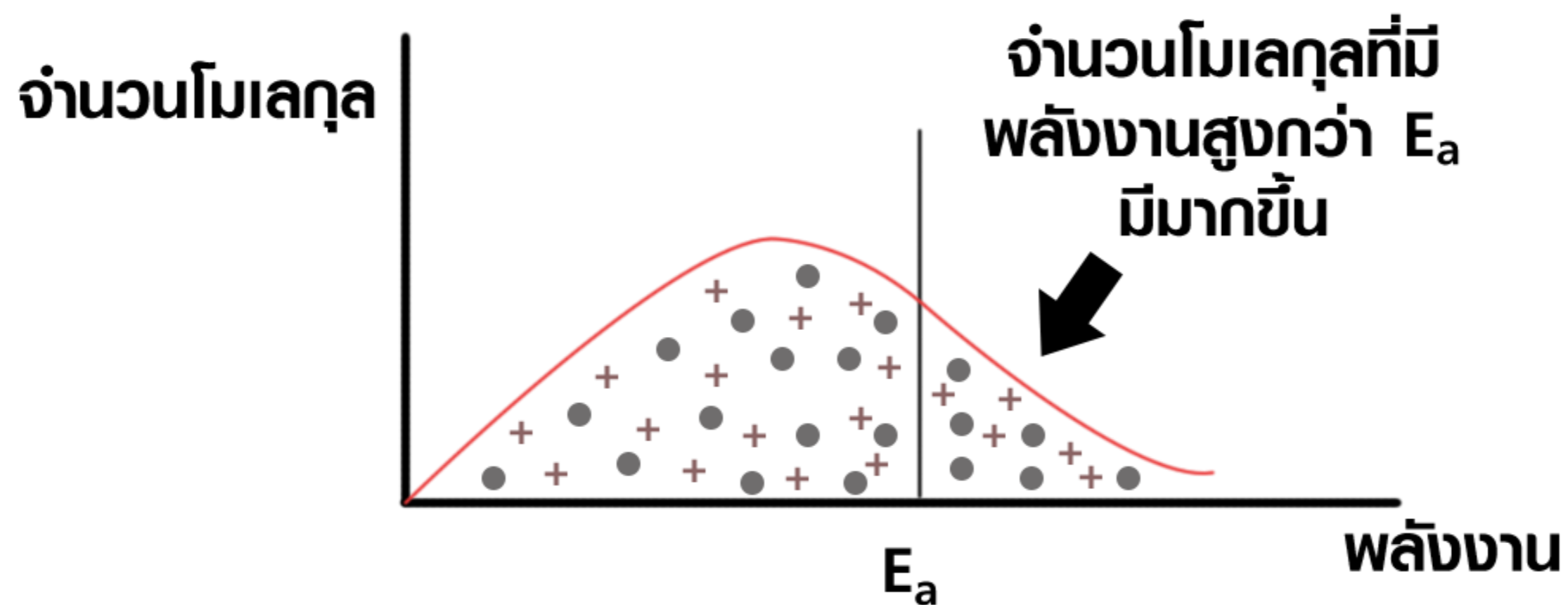
ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นอยู่กับ

1. โมเลกุลชนกันแล้วมีพลังงานสูงมีมากขึ้น
2. E_a ต่ำลง

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ความเข้มข้นกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

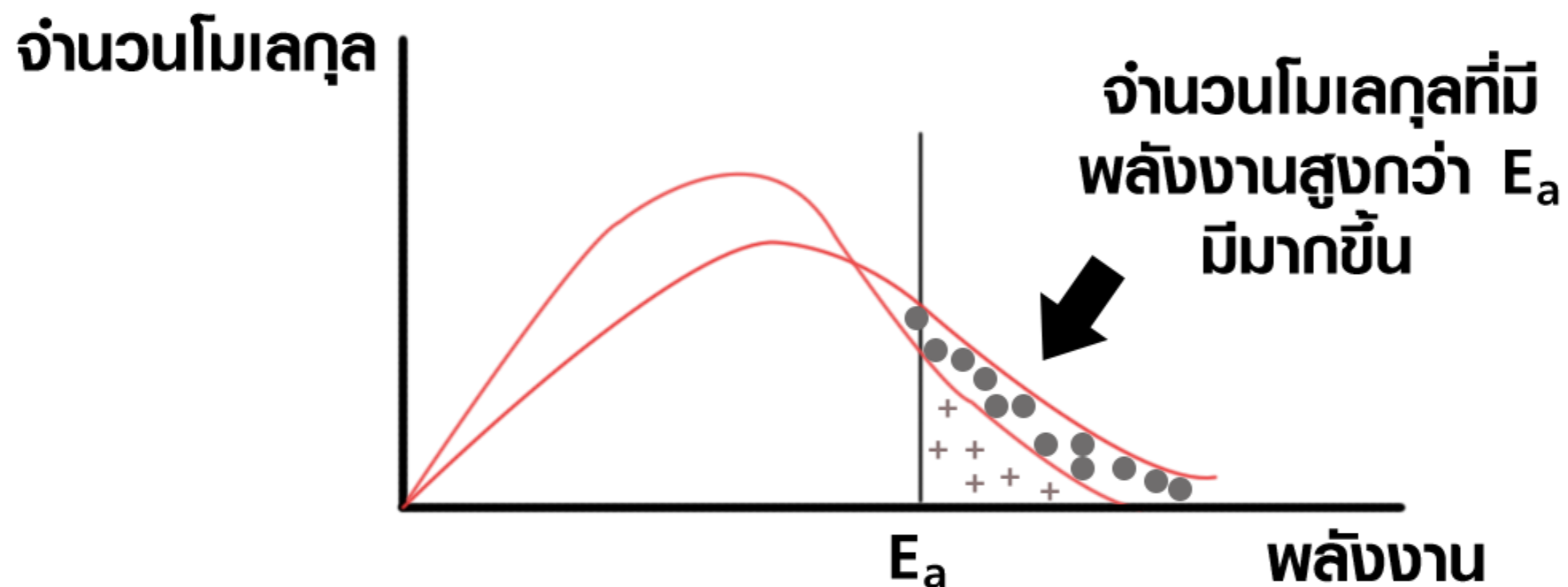
การเพิ่มความเข้มข้นทำให้จำนวนโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น และโมเลกุลที่มีพลังงานสูงก็มีเพิ่มมากด้วย ดังรูป



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. อุณหภูมิกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

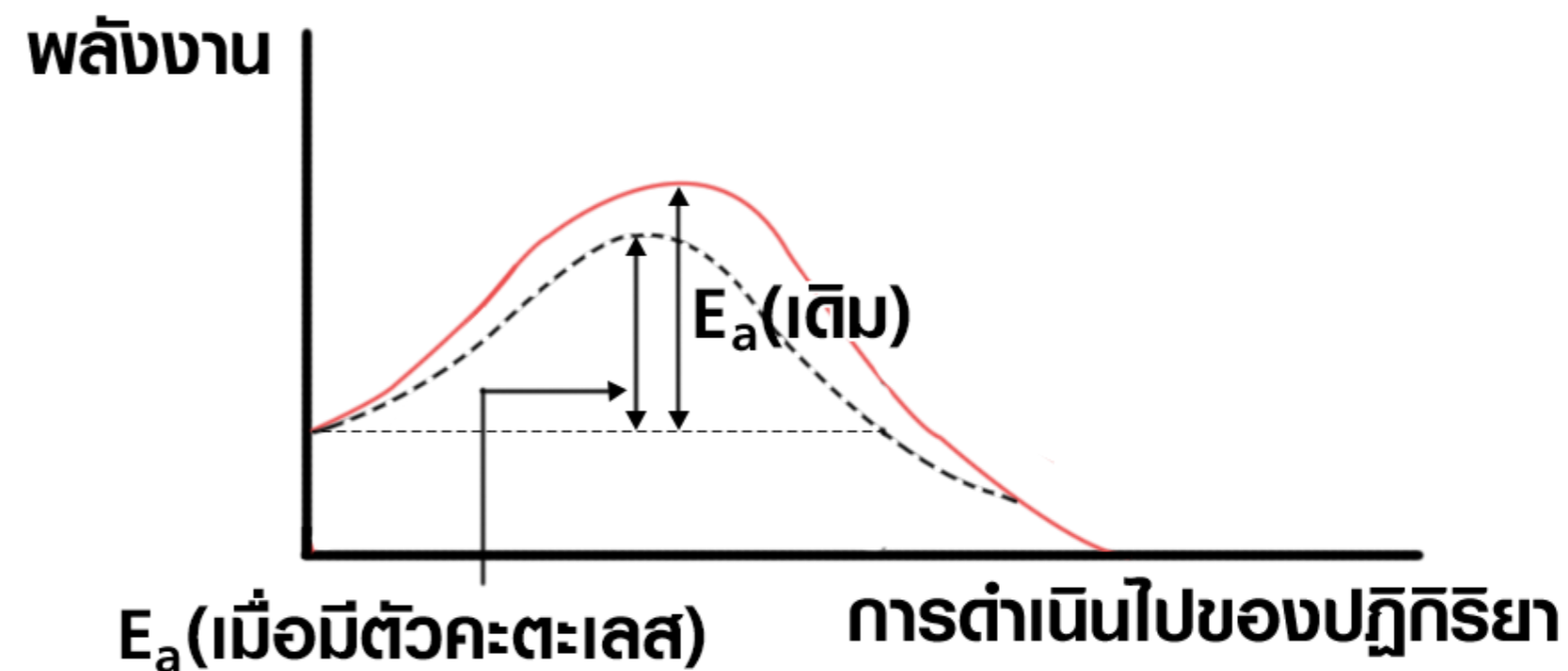
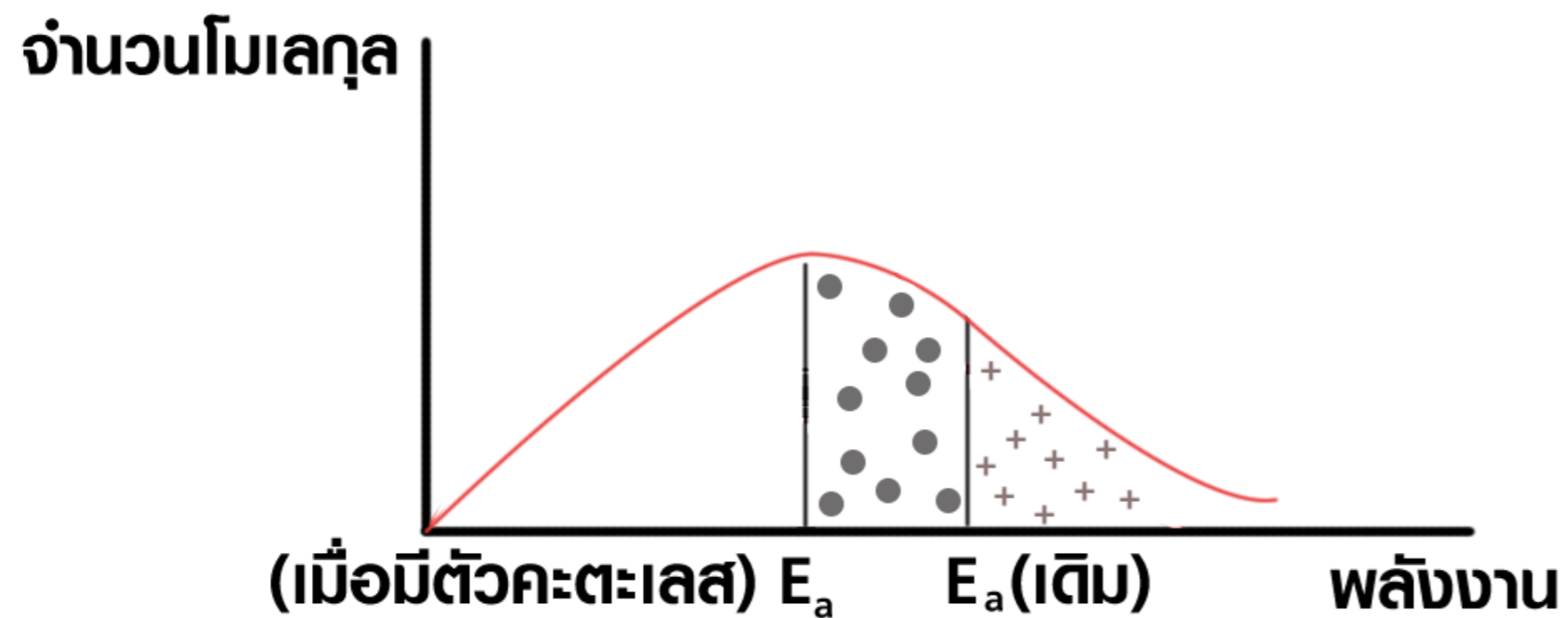
การเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงขึ้น โมเลกุลวิ่งชนกันเร็วขึ้น
พลังงานจลน์ของโมเลกุลสูงขึ้น ตักรูป



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. คะตะเลสกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

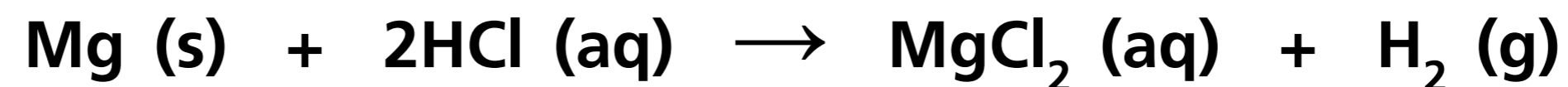
การเพิ่มตัวเร่ง ตัวเร่งทำให้โมเลกุลวิ่งชนถูกทิศทางมากขึ้น



การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาจากข้อมูลในตาราง

ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ



เวลา (s)	ความเข้มข้นของ HCl (mol/dm ³)
0	1.80
50	1.65
100	1.50
150	1.30
200	1.00
250	0.85

สามารถวัดความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในระหว่างเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

EX1. จงคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ HCl

EX2. จงคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วง 150-200 วินาที



การเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมี (chemical reaction)

หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดสารใหม่ มีสมบัติต่างจากสารเดิม โดยเรียกสารก่อนการเปลี่ยนแปลงว่า สารตั้งต้น (reactant) และสารที่เกิดใหม่ว่า ผลิตภัณฑ์ (product)

ข้อสังเกตเมื่อมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น

1. เกิดฟองแก๊ส
2. เกิดตะกอน
3. เกิดกรดหรือเบส
4. มีการเปลี่ยนสีของสาร
5. ความดันเปลี่ยนแปลง

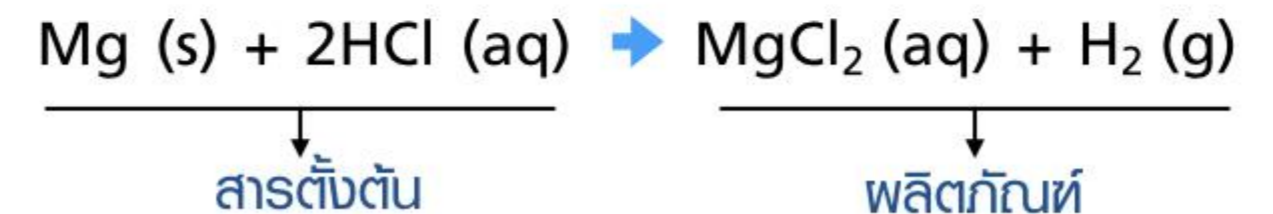
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาเปลี่ยนไป โดยมีหน่วยความเข้มข้นของสารเป็น mol/dm^3

อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร

$$\text{อัตราการลดลงของสารตั้งต้น} = \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่เปลี่ยนแปลงไป}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

$$\text{อัตราการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์} = \frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไป}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

ตัวอย่างสมการเคมี





การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี(ต่อ)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

$$-\frac{\Delta[Mg]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[HCl]}{\Delta t}$$

สารตั้งต้นที่ลดลง

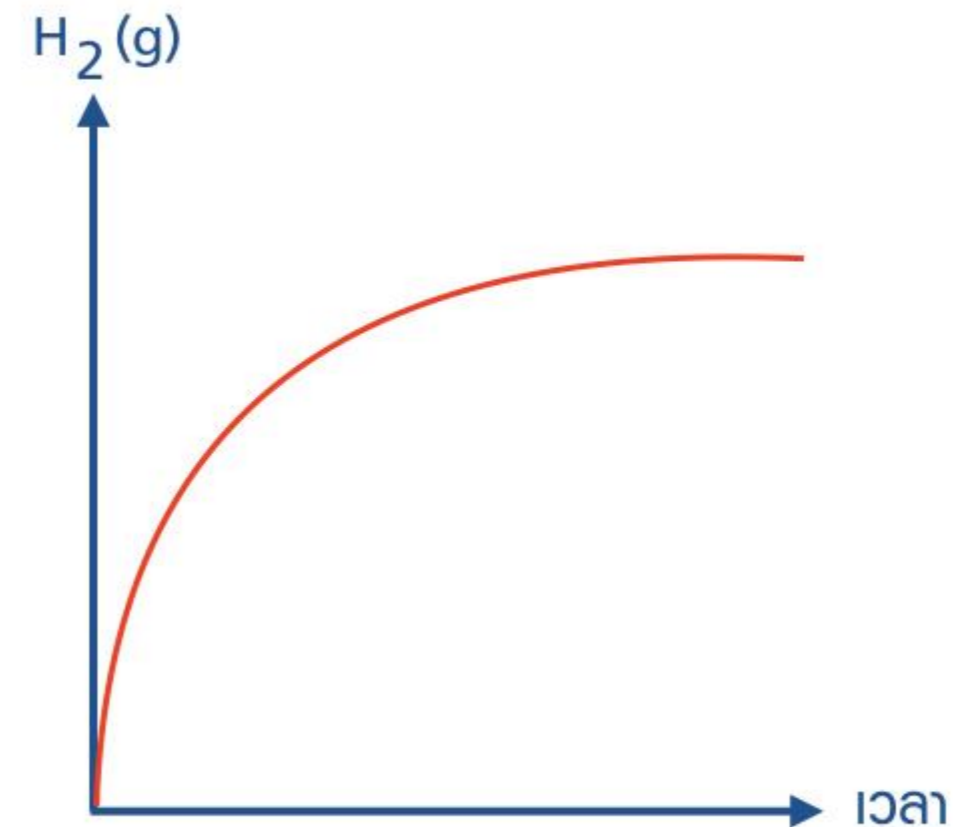
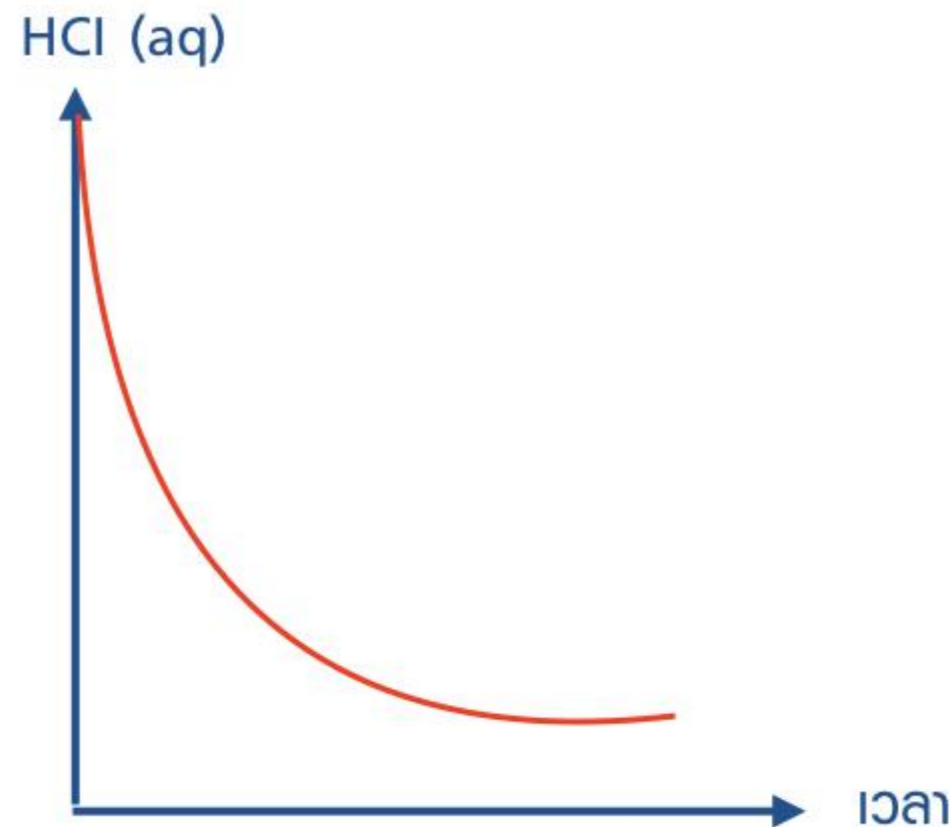
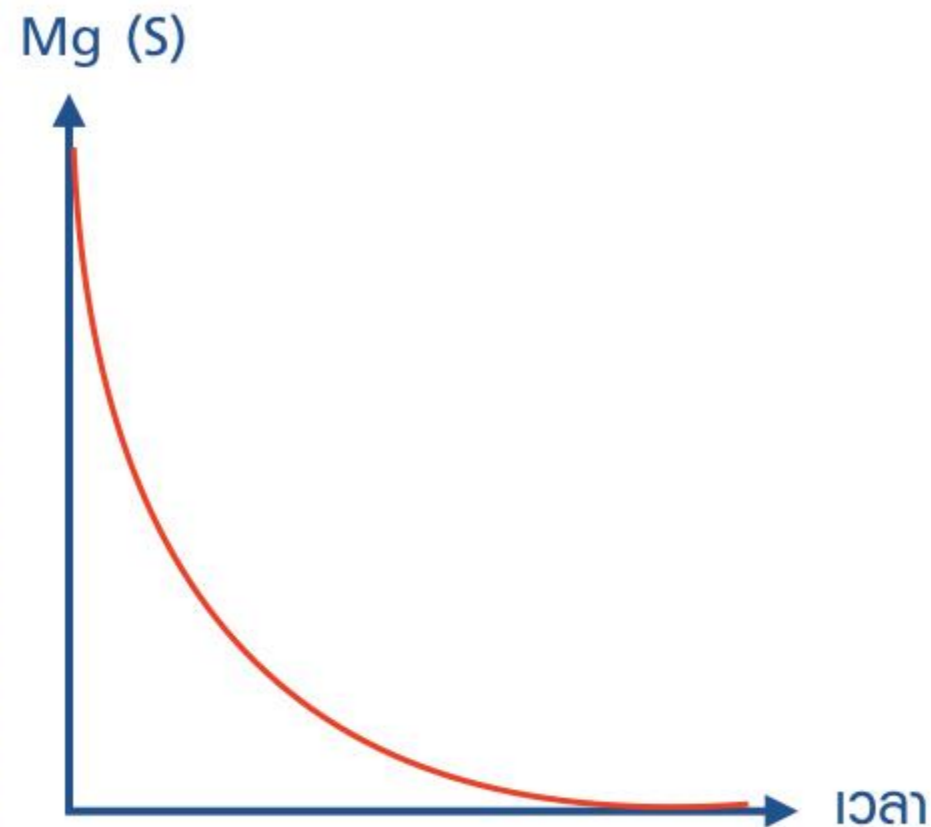
$$\frac{\Delta[MgCl_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$$

ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งต้นทั้งหมด หรือสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ต่อเวลาทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยา

อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งต้น หรือสารผลิตภัณฑ์ ต่อเวลา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งหรือ ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลา





การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี(ต่อ)

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

ความเข้มข้น ↑ การเกิดปฏิกิริยา ↑
ความเข้มข้น ↓ การเกิดปฏิกิริยา ↓

2. พื้นที่ผิวสัมผัส

พื้นที่ผิวสัมผัส ↑ การเกิดปฏิกิริยา ↑
พื้นที่ผิวสัมผัส ↓ การเกิดปฏิกิริยา ↓

3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิ ↑ การเกิดปฏิกิริยา ↑
อุณหภูมิ ↓ การเกิดปฏิกิริยา ↓

4. ความดัน

ความดัน ↑ การเกิดปฏิกิริยา ↑
ความดัน ↓ การเกิดปฏิกิริยา ↓

5. ตัวเร่งปฏิกิริยา/ตัวยับยั้งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยา E_a ↓ การเกิดปฏิกิริยา ↑
ตัวยับยั้งปฏิกิริยา E_a ↑ การเกิดปฏิกิริยา ↓

6. ธรรมชาติของสาร

เช่น แก๊สทำปฏิกิริยากับแก๊สได้เร็วกว่า
แก๊สทำปฏิกิริยากับสารที่มีสถานะต่างกัน