คู่มือแม็ค

GOAL

เคมี
พื้นฐานและเพิ่มเติม
ม.5

ตัวอย่าง

หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดับเบิ้ล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ

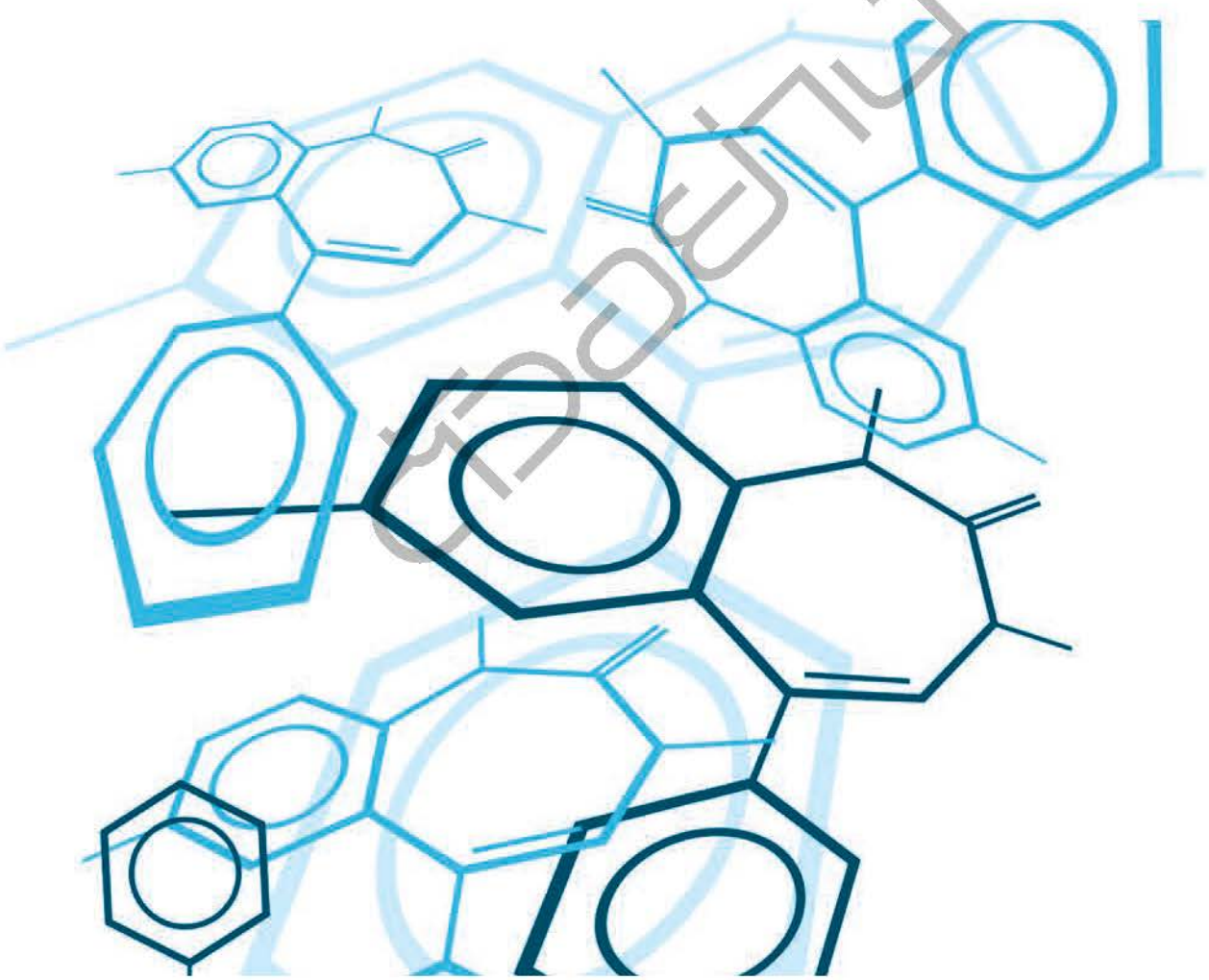
● รศ. ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์
● รศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์

MACEDUCATION

GOAL

เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5

- เน้นเทคนิค เพื่อพิชิตโจทย์คำถามและสร้างความเข้าใจ พร้อมนำไปประยุกต์ใช้
- เหมาะสำหรับเตรียมตัวสอบเก็บคะแนน กลางภาค และปลายภาค
- เพิ่มทักษะการเรียนรู้เคมี เพื่อเตรียมพร้อมในการสอบ O-NET



รศ. ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ รศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์

GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์.
GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5.--กรุงเทพฯ : แม็คเอ็ดดูเคชั่น, 2558.
392 หน้า. --(GOAL).

1. เคมี--การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา). I. คณิตา ตังคณานุรักษ์, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.

540.76
ISBN 978-616-274-592-8

ตัวอย่าง

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

MAC | MACEDUCATION

ผู้เขียน : รศ. ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ รศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์
สงวนลิขสิทธิ์ : มิถุนายน 2558
ราคาจำหน่าย : 190 บาท
การสั่งซื้อ : ส่งธนาณัติสั่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว 10310** ในนาม **บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด**
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028
www.MACeducation.com
พิมพ์ที่ : บริษัท พี.เอ็น.เค แอนด์ สกายพริ้นติ้งส์ จำกัด

(ลงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดับเบิ้ล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ

คำนำ

หนังสือคู่มือ **ชุด GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.ปลาย** ของบริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด มีเนื้อหาตรงตามมาตรฐานและตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เคมี) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ใช้เป็นคู่มือประกอบการเรียนรายวิชาเคมีนอกเวลาเรียนปกติ หนังสือคู่มือชุดนี้มีทั้งหมด 3 เล่ม ดังนี้

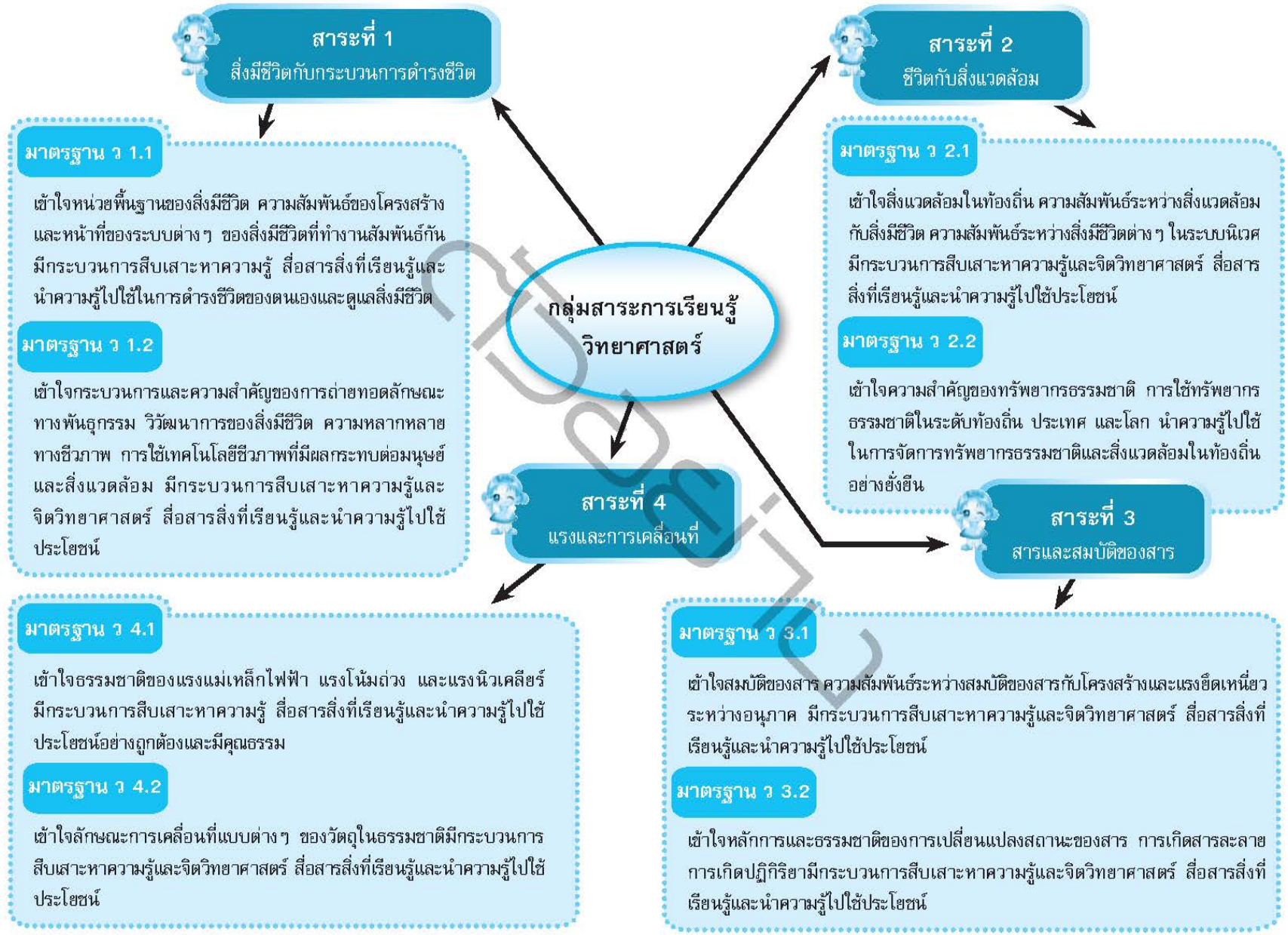
1. **หนังสือคู่มือ GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4**
2. **หนังสือคู่มือ GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5**
3. **หนังสือคู่มือ GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6**

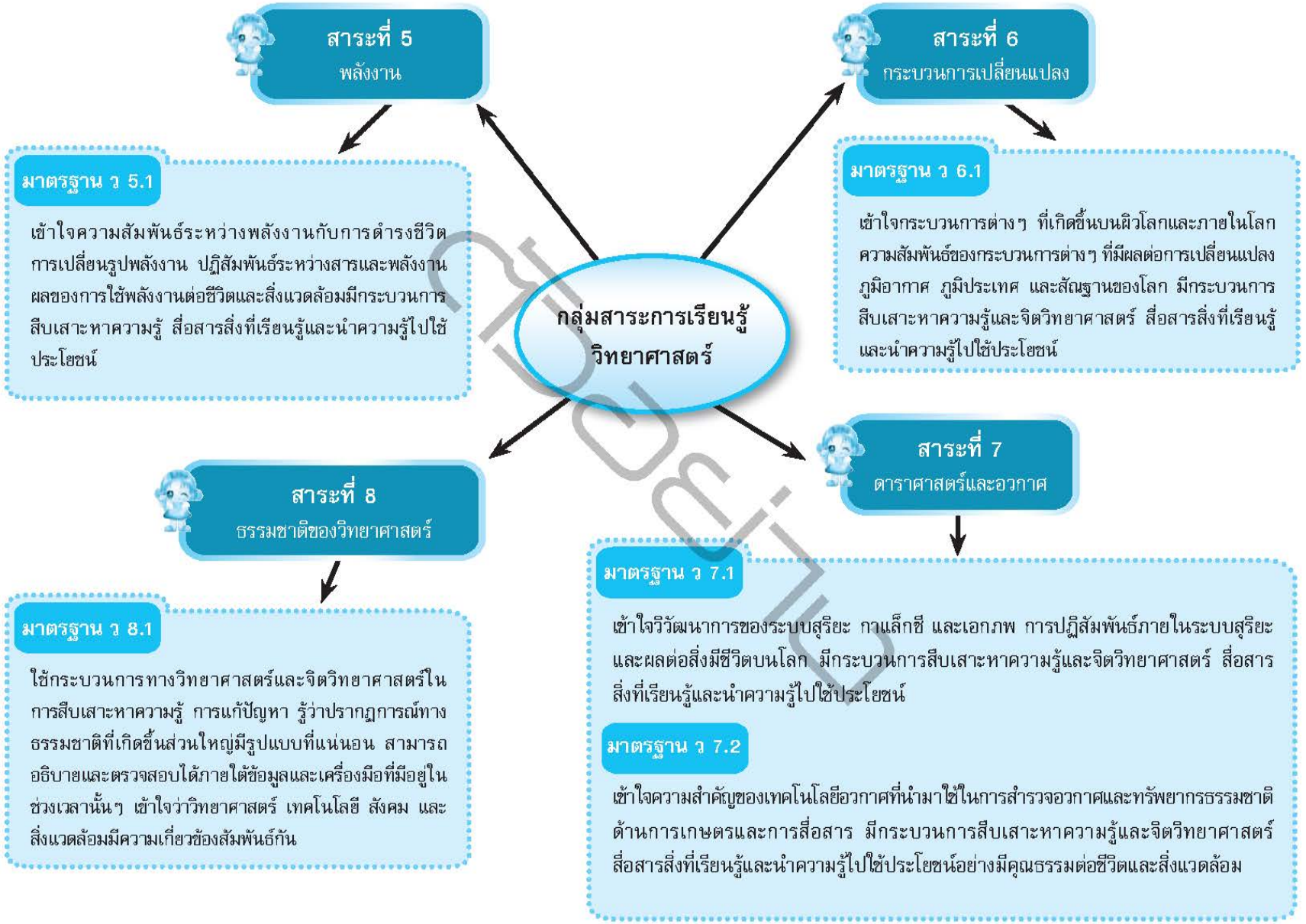
หนังสือคู่มือชุดนี้ แต่ละเล่มประกอบด้วย เนื้อหาโดยสรุปที่มุ่งให้นักเรียนสามารถเรียนรู้หรือทบทวนบทเรียนด้วยตนเองและฝึกทำแบบทดสอบ เน้นสร้างความเข้าใจอย่างง่ายด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น เทคนิคการจำ เทคนิคการวิเคราะห์โจทย์ เทคนิคการสังเกตสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เป็นต้น เพื่อช่วยให้นักเรียนตอบโจทย์คำถามได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นการประเมินผลตนเองในแต่ละเนื้อหา อันเป็นการเพิ่มพูนความเข้าใจและประสบการณ์ สร้างความมั่นใจ และพร้อมที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการสอบได้

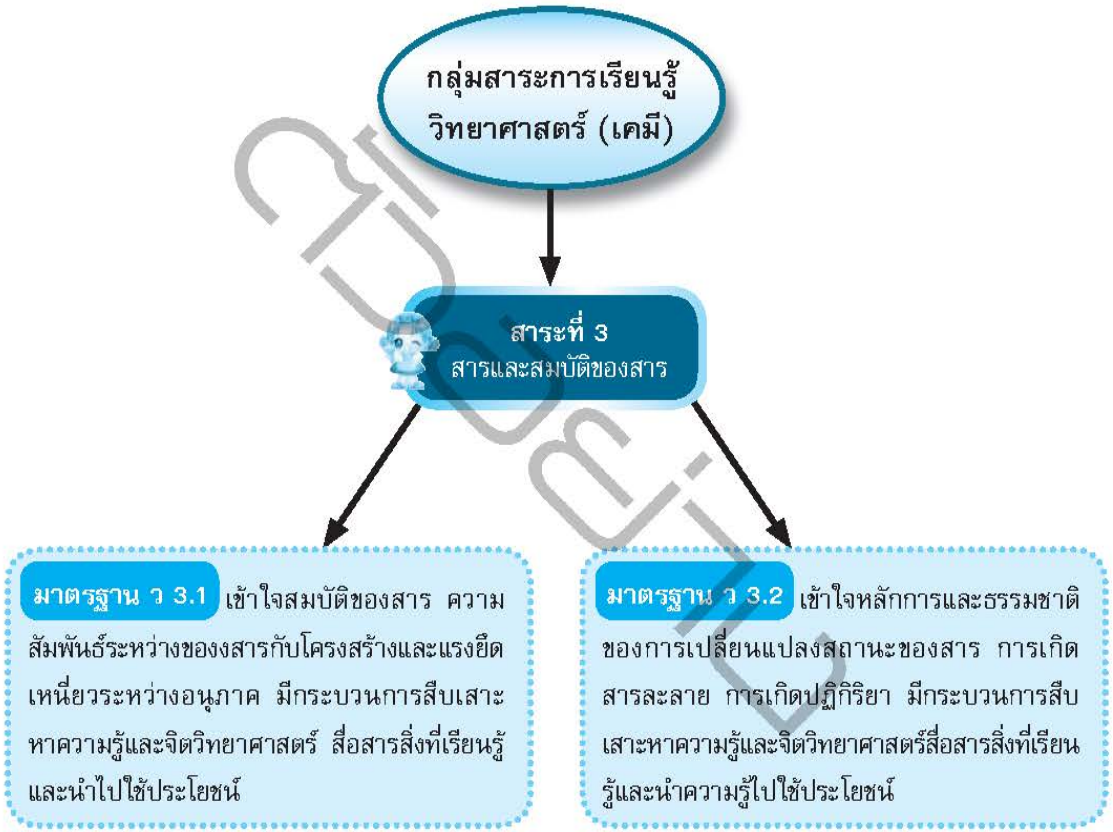
ทั้งนี้ **บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด** หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือคู่มือ ชุด GOAL เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.ปลาย จะอำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้อ่านได้เป็นอย่างดี และหากมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับหนังสือคู่มือชุดนี้ กรุณาติดต่อได้ที่ บริษัท แม็คเอ็ดดูชั่น จำกัด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาหนังสือคู่มือเล่มต่อไปในอนาคต

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

ตัวอย่าง


กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
สาระที่ 1
สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต
มาตรฐาน ว 1.1
เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต
มาตรฐาน ว 1.2
เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
สาระที่ 2
ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม
มาตรฐาน ว 2.1
เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
มาตรฐาน ว 2.2
เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน
สาระที่ 3
สารและสมบัติของสาร
มาตรฐาน ว 3.1
เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
มาตรฐาน ว 3.2
เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยามีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
สาระที่ 4
แรงและการเคลื่อนที่
มาตรฐาน ว 4.1
เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม
มาตรฐาน ว 4.2
เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์


กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
สาระที่ 5
พลังงาน
มาตรฐาน ว 5.1
เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
สาระที่ 6
กระบวนการเปลี่ยนแปลง
มาตรฐาน ว 6.1
เข้าใจกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
สาระที่ 8
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
มาตรฐาน ว 8.1
ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน
สาระที่ 7
ดาราศาสตร์และอวกาศ
มาตรฐาน ว 7.1
เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี และเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
มาตรฐาน ว 7.2
เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม


กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ (เคมี)
สาระที่ 3
สารและสมบัติของสาร
มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์
มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.1)

- การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1
- แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี 5
- ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 11

แบบทดสอบ 17

เฉลย 49

บทที่ 2 สมดุลเคมี 76

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2)

- ค่าคงที่สมดุลเคมี 78
- ปัจจัยที่มีผลต่อระบบที่ภาวะสมดุล 82

แบบทดสอบ 90

เฉลย 117

บทที่ 3 กรด-เบส 149

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2)

- ทฤษฎีกรด-เบส 149
- การแตกตัวของกรดและเบส 151
- เกลือ 158
- สารละลายบัฟเฟอร์ 162

แบบทดสอบ 167

เฉลย 187

ตัวอย่าง

บทที่ 4 ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี 227

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2)

- การดุลสมการรีดอกซ์ 228
- เซลล์ไฟฟ้าเคมี 230

แบบทดสอบ 239

เฉลย 265

บทที่ 5 ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม 295

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2)

- อุตสาหกรรมแร่ 295
- แร่รัตนชาติ 303
- เซรามิก 307
- ซีเมนต์ 308
- อุตสาหกรรมการผลิตแก้ว 311
- อุตสาหกรรมการผลิตโซดาไฟ แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคลอรีน 313
- อุตสาหกรรมการผลิตโซดาแอช 316
- อุตสาหกรรมการผลิตสารฟอกขาว 317
- อุตสาหกรรมปุ๋ย 319

แบบทดสอบ 324

เฉลย 356

แบบทดสอบชุดที่ 1 360

เฉลยแบบทดสอบชุดที่ 1 365

แบบทดสอบชุดที่ 2 371

เฉลยแบบทดสอบชุดที่ 2 380

ตัวอย่าง

บทที่ 1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

กำหนดปฏิกิริยาเคมีที่ดุลแล้ว

$$aA + bB \longrightarrow xC + yD$$

สามารถเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาในเชิงพีชคณิตได้ดังนี้

$$r = -\frac{r_A}{a} = -\frac{r_B}{b} = +\frac{r_C}{x} = +\frac{r_D}{y}$$

เครื่องหมาย “−” แทน การลดลง

เครื่องหมาย “+” แทน การเพิ่มขึ้น

มีความหมายดังนี้

อัตราการเกิดปฏิกิริยา $= \frac{1}{a}$ ของอัตราการลดลงของสาร A

$= \frac{1}{b}$ ของอัตราการลดลงของสาร B

$= \frac{1}{x}$ ของอัตราการเพิ่มขึ้นของสาร C

$= \frac{1}{y}$ ของอัตราการเพิ่มขึ้นของสาร D

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

$r = k[A]^m[B]^n$ เรียกว่า **กฎอัตรา**

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

m, n คือ อันดับปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับสาร A และสาร B ตามลำดับ อันดับรวมของปฏิกิริยา คือ (m+n) ค่า m, n จะต้องหาจากผลการทดลองเท่านั้น

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 $xA + yB \longrightarrow zZ$

การทดลองที่	[A] (M)	[B] (M)	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้น (M/s)
1	a	e	r_1
2	a	d	r_2
3	c	d	r_3

วิธีคิด ให้สมการกฎอัตราเขียนเป็น $r = k[A]^m[B]^n$

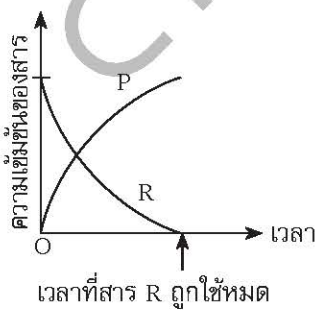
การทดลองที่ 1 และ 2 มี [A] คงที่

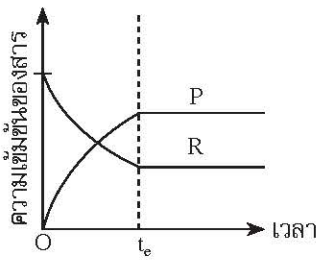
$$\left[\frac{e}{d}\right]^n = \frac{r_1}{r_2} \text{ หรือ } n = \frac{\log\frac{r_1}{r_2}}{\log\frac{[e]}{[d]}}$$

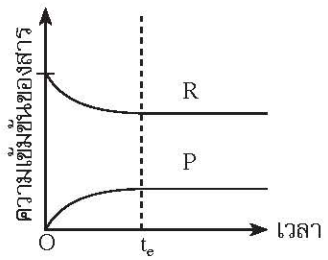
การทดลองที่ 2 และ 3 มี [B] คงที่

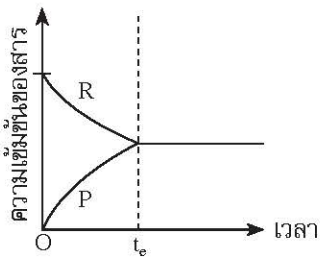
$$\left[\frac{a}{c}\right]^m = \frac{r_2}{r_3} \text{ หรือ } m = \frac{\log\frac{r_2}{r_3}}{\log\frac{[a]}{[c]}}$$

เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณสารตั้งต้น (reactant) ลดลง และปริมาณผลิตภัณฑ์ (product) เพิ่มขึ้น เช่น $R \longrightarrow P$ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของสารได้ดังนี้





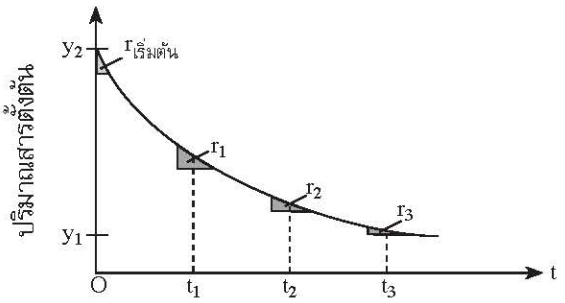




t_e เป็นเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล

การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ได้จากการทดลองโดยเขียนกราฟจากผลการทดลอง

- แกนตั้ง แทนปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง หรือปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น
- แกนนอน แทนเวลา (t)

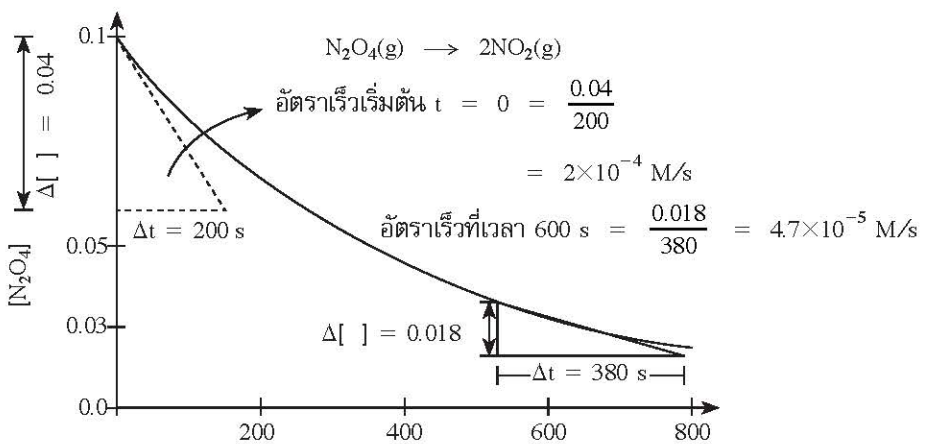


$$r_{เฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาณสุดท้าย} - \text{ปริมาณเริ่มต้น}}{\text{เวลาสุดท้าย} - \text{เวลาเริ่มต้น}}$$

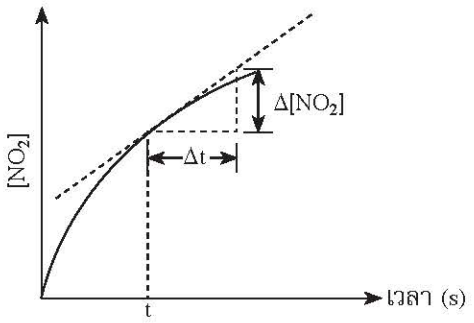
จากกราฟ $r_{เฉลี่ย} = \frac{y_2 - y_1}{t_3 - 0}$

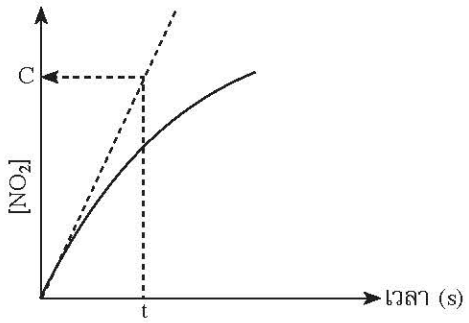
การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาใดเวลาหนึ่งเป็นการหาความชันที่เวลานั้น เช่น r_1, r_2 และ r_3 เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลา t_1, t_2 และ t_3 ตามลำดับ ($r_1 > r_2 > r_3$ เพราะความชันที่เวลา $t_1 > t_2 > t_3$) อัตราเริ่มต้น ก็คือการหาความชันที่เวลา $t = 0$

เช่น



อัตราเร็วเฉลี่ย $= \frac{0.10 - 0.03}{800 - 0} = 8.75\times10^{-5}$ M/s





หาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลา t $= \frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$

หาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้น $= \frac{C}{t}$

ตัวอย่างที่ 2 ปฏิกิริยา $Mg(s)+2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$

บันทึกปริมาตรแก๊ส H_2 เทียบกับเวลา ดังนี้

เวลา (s)	t_1	t_2	t_3	t_4
ปริมาตร H_2 (cm^3)	v_1	v_2	v_3	v_4

$t_1 < t_2 < t_3 < t_4, v_1 < v_2 < v_3 < v_4$ เมื่อ $t_1 \neq 0$ และ $v_1 \neq 0$

วิธีคิด อัตราการเกิด H_2 ในช่วงเวลา t_1 ถึง $t_2 = \frac{(v_2 - v_1)}{t_2 - t_1}$ cm^3/s

อัตราการเกิด H_2 ในช่วง t_2 ถึง $t_4 = \frac{(v_4 - v_2)}{t_4 - t_2}$ cm^3/s

อัตราการเกิด H_2 เฉลี่ย $= \frac{v_4 - 0}{t_4 - 0}$ cm^3/s

ปริมาตร H_2 (cm^3)	1	2	3	4
เวลา (s)	4	6	9	14

อัตราการเกิด H_2 เฉลี่ย $= \frac{4-0}{14-0} = \frac{2}{7}$ cm^3/s

แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

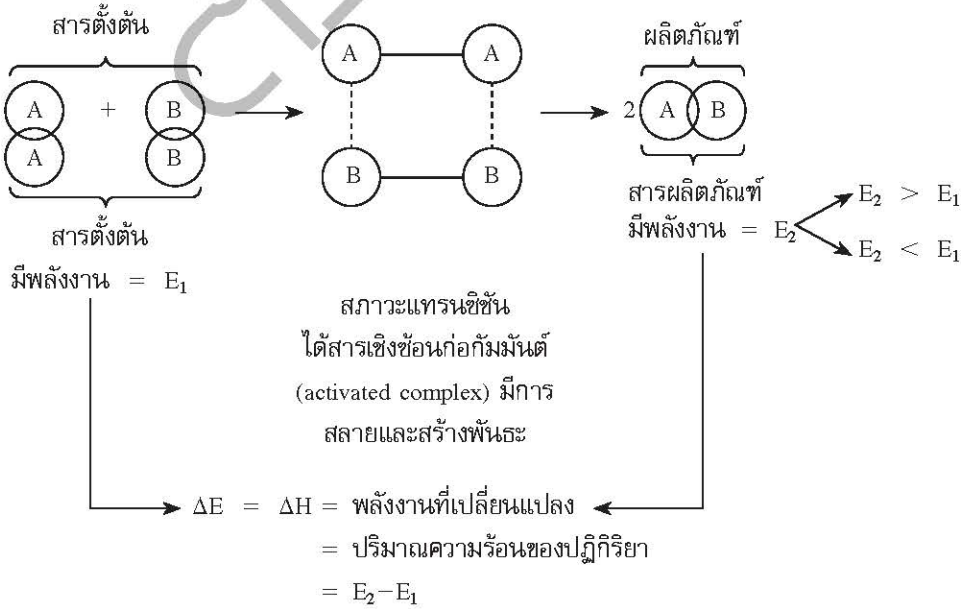
ทฤษฎีการชน (collision theory) คือ แบบจำลองที่ใช้อธิบายว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยปัจจัย 3 ข้อ ดังนี้

1. โมเลกุลของสารตั้งต้นต้องชนกัน
2. ชนกันในทิศทางที่เหมาะสม
3. พลังงานที่ชนกันอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a)

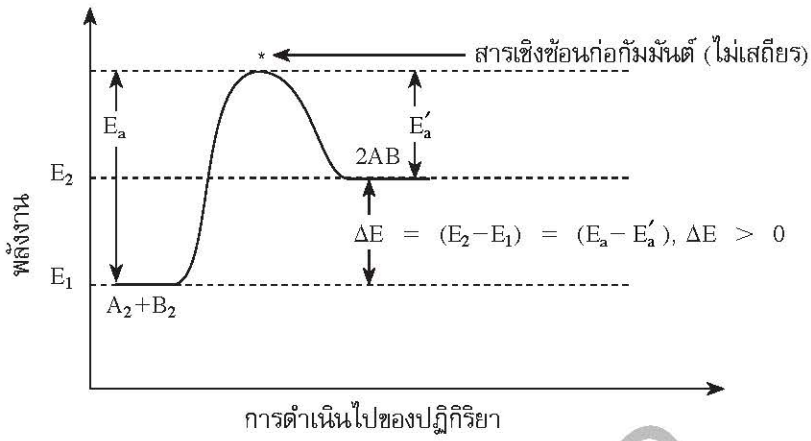
สรุป ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับ

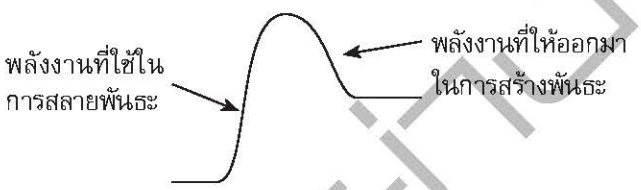
1. ความถี่ของการชนกันของโมเลกุลสารตั้นต้น
2. พลังงานก่อกัมมันต์
3. จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์เท่ากับหรือมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์

พลังงานก่อกัมมันต์ (activation energy : E_a) คือ พลังงานจำนวนน้อยที่สุดที่สารเคมีจะต้องสะสมไว้เพื่อเปลี่ยนสารตั้งต้นไปเป็นสารใหม่ระหว่างที่อนุภาคมีการชนกัน ปฏิกิริยาที่มีค่า E_a ต่ำเกิดง่ายและเร็ว ถ้าค่า E_a สูงเกิดยากและช้า ซึ่งพลังงานก่อกัมมันต์ของสารแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงได้ดังแผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของสารในขณะเกิดปฏิกิริยา



- ถ้าผลิตภัณฑ์มีพลังงาน (E_2) มากกว่าสารตั้งต้น (E_1) $\Delta E > 0$ จัดเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน





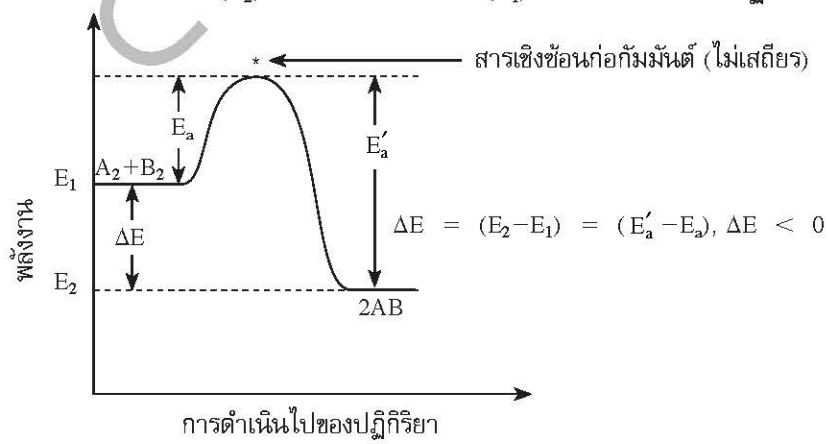
E_a = พลังงานก่อกัมมันต์ไปข้างหน้า

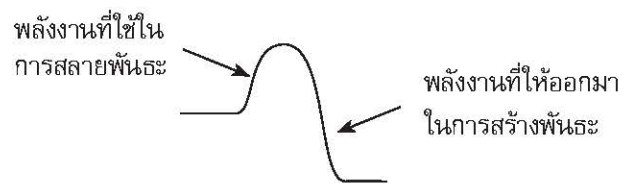
E_a' = พลังงานก่อกัมมันต์ย้อนกลับ

ปฏิกิริยาดูดความร้อน : $E_a > E_a'$

: พลังงานที่ใช้สลายพันธะมากกว่าพลังงานที่คายออกมาในการสร้างพันธะ

- ถ้าผลิตภัณฑ์มีพลังงาน (E_2) น้อยกว่าสารตั้งต้น (E_1) $\Delta E < 0$ จัดเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

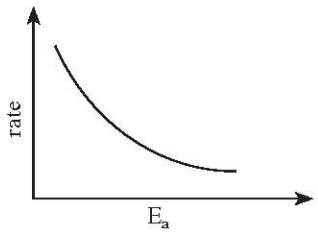


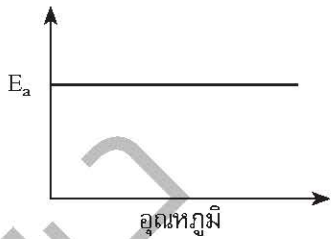


ปฏิกิริยาคายความร้อน : $E_a < E_a'$

: พลังงานที่คายออกมาในการสร้างพันธะมากกว่าพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะ

- อัตราการเกิดปฏิกิริยาแปรผกผันกับค่า $E_a \implies \text{rate} \propto \frac{1}{E_a}$
- E_a ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ





- ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) ขึ้นกับอุณหภูมิตามสมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius equation)

สมการของอาร์เรเนียส

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$$

k = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา

E_a = ค่าพลังงานก่อกัมมันต์หน่วยจูล (J)

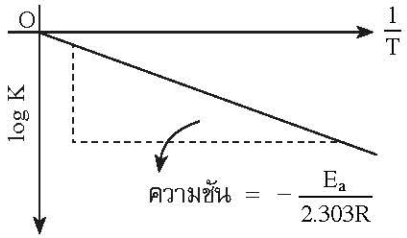
T = อุณหภูมิหน่วยเคลวิน (K)

R = ค่าคงที่ของแก๊ส = 8.31 J/K·mol

A = ค่าคงที่ของอาร์เรเนียส

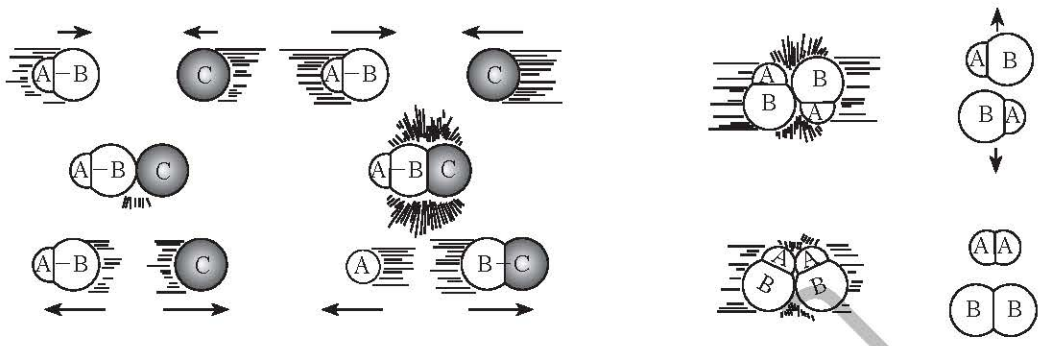
สมการอาร์เรเนียสสามารถคำนวณค่า E_a ได้

$$\log K = \log A - \frac{E_a}{2.303RT} \implies \text{ให้กราฟเส้น}$$



ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น

$AB+C \longrightarrow A+BC$ $\qquad$ $AB+AB \longrightarrow A_2+B_2$



a. $\qquad$ b. $\qquad$ c.

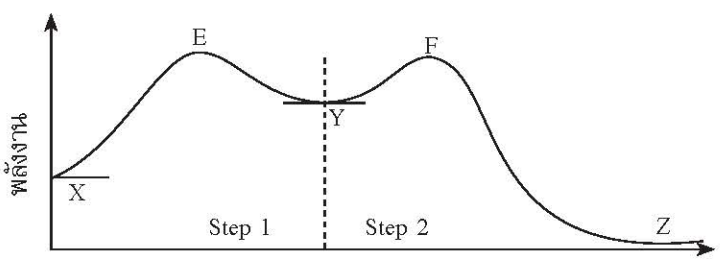
a. โมเลกุลของสารตั้งต้นเคลื่อนที่ด้วยพลังงานจลน์ (E_k) น้อยกว่า E_a จึงไม่เกิดผลิตภัณฑ์

b. โมเลกุลของสารตั้งต้นเคลื่อนที่ด้วยพลังงานจลน์มากกว่าหรือเท่ากับ E_a จึงเกิดเป็นผลิตภัณฑ์

c. รูปบน $AB+AB$ ชนกัน แต่ไม่ถูกทิศทาง จึงไม่ได้ผลิตภัณฑ์ รูปล่าง $AB+AB$ ชนกันถูกทิศทางได้ผลิตภัณฑ์

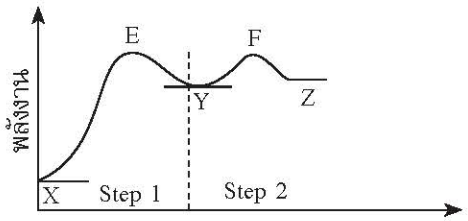
ปฏิกิริยาเคมีที่มีหลายขั้นตอนหรือปฏิกิริยาเคมีที่มีกลไกของปฏิกิริยา (reaction mechanism) มี E_a หลายค่า จะทำให้เกิดสารมัธยันต์ (intermediate) หรือผลิตภัณฑ์ชั่วคราวที่ไม่เสถียรและมีพลังงานมากกว่าผลิตภัณฑ์ กลไกของปฏิกิริยาที่เกิดช้าสุด (E_a มากสุด) จะเป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือขั้นควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate determining step) เช่น

A.



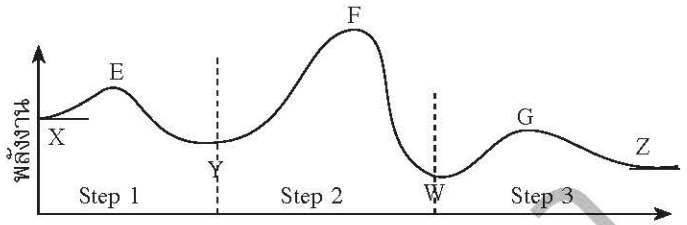
การดำเนินไปของปฏิกิริยา

B.



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

C.



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

- กราฟ A มี 2 ขั้นตอนดังนี้

X $\longrightarrow$ Y, เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนและเกิดช้า

Y $\longrightarrow$ Z, เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและเกิดเร็ว

ปฏิกิริยาสุทธิ : X $\longrightarrow$ Z, เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

สรุป
- E_a ในขั้นที่ 1 มากกว่าขั้นที่ 2
- ขั้นที่ 1 เป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา
- Y เป็นสารมัธยันต์หรือผลิตภัณฑ์ชั่วคราว
- E และ F เป็นสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์

- กราฟ B มี 2 ขั้นตอนดังนี้

X $\longrightarrow$ Y, เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนและเกิดช้า

Y $\longrightarrow$ Z, เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนและเกิดเร็ว

ปฏิกิริยาสุทธิ : X $\longrightarrow$ Z, เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

สรุป
- E_a ในขั้นที่ 1 มากกว่าขั้นที่ 2
- ขั้นที่ 1 เป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา
- Y เป็นสารมัธยันต์หรือผลิตภัณฑ์ชั่วคราว
- E และ F เป็นสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์

- กราฟ C มี 3 ขั้นตอนดังนี้

$X \longrightarrow Y$, เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและเกิดเร็ว

$Y \longrightarrow W$, เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและเกิดช้า

$W \longrightarrow Z$, เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนและเกิดเร็วปานกลาง

ปฏิกิริยาสุทธิ : $X \longrightarrow Z$, เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

สรุป
- E_a ในขั้นที่ 2 > ขั้นที่ 3 > ขั้นที่ 1
- ขั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา
- Y และ W เป็นสารมัธยันต์
- E, F และ G เป็นสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์

การเขียนสมการกฎอัตราจากขั้นตอนการกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา

$$\text{rate} = k[\text{สารตั้งต้น}]^{\text{เลขสัมประสิทธิ์}}$$

ตัวอย่างที่ 3 ปฏิกิริยา $H_2(g)+2ICl(g) \longrightarrow I_2(g)+2HCl(g)$ ประกอบด้วย 2 กลไกปฏิกิริยา คือ

$2ICl(g) \longrightarrow I_2(g)+Cl_2(g)$, เกิดช้า .....(1)

$H_2(g)+Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$, เกิดเร็ว .....(2)

จะได้ว่า ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งสมการกฎอัตรา คือ $\text{rate} = k[ICl]^2$ โดยมี Cl_2 เป็นสารมัธยันต์

ข้อควรทราบ

1. ปฏิกิริยาเนื้อเดียว คือ ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทุกตัวกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน (มีสถานะเหมือนกัน)

เช่น $H_2(g)+Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$

$KCl(aq)+AgNO_3(aq) \longrightarrow AgCl(s)+KNO_3(aq)$

2. ปฏิกิริยาเนื้อผสม คือ ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน (ต่างสถานะกัน)

เช่น $Mg(s)+2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$

$CaCO_3(s)+2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(\ell)+CO_2(g)$

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (↑ แทนเพิ่มขึ้น ↓ แทนลดลง) มีดังนี้

ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

[สารตั้งต้น] ↑ $\Longrightarrow$ จำนวนโมลของสารตั้งต้น ↑

$\Longrightarrow$ ความถี่ของการชนกันของโมเลกุล ↑

$\Longrightarrow$ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ↑

$\Longrightarrow$ E_a คงเดิม

$\Longrightarrow$ จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มี $E_k \geqslant E_a$ คงเดิม

หมายเหตุ สารตั้งต้นบางตัวไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

พื้นที่ผิว (สัมผัส) ของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง

พื้นที่ผิว (สัมผัส) ของสารตั้งต้น ↑ $\Longrightarrow$ ความถี่ของการชนกันของโมเลกุล ↑

$\Longrightarrow$ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ↑

$\Longrightarrow$ E_a คงเดิม

$\Longrightarrow$ จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มี $E_K \geqslant E_a$ คงเดิม

ตัวอย่าง

อุณหภูมิ

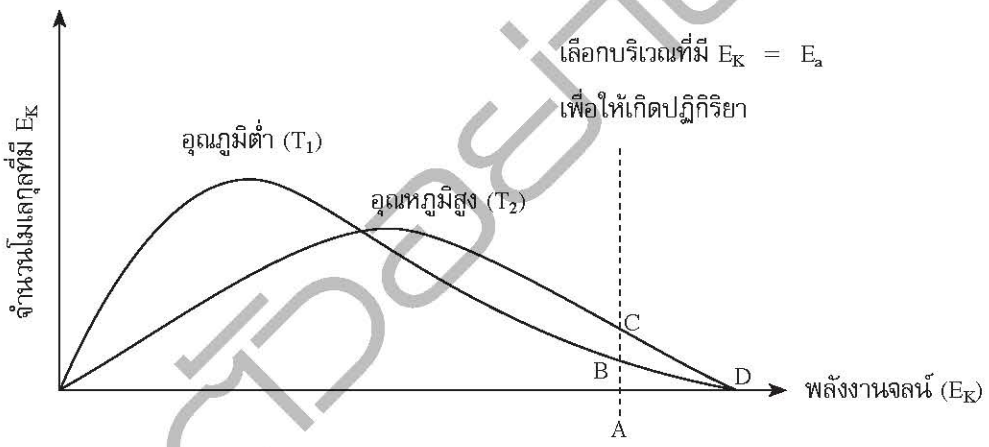
อุณหภูมิ ↑ $\Longrightarrow$ มีผลทำให้จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มี $E_K \geqslant E_a$ ↑

$\Longrightarrow$ ความถี่ของการชนกันของโมเลกุล ↑

$\Longrightarrow$ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ↑

$\Longrightarrow$ E_a คงเดิม

หมายเหตุ ไม่ว่าปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอัตราของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มี $E_K \geqslant E_a$ เพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น อธิบายได้ด้วยกราฟการกระจายพลังงานของโมเลกุลที่มี E_K

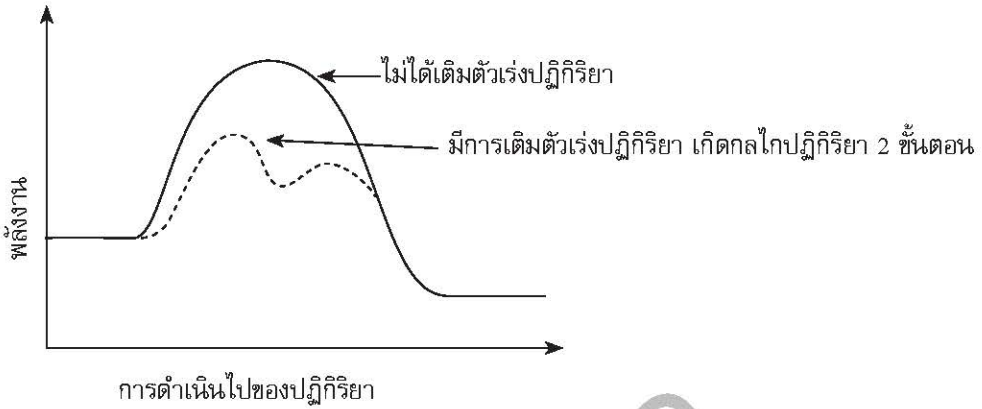


บริเวณที่ E_K ของโมเลกุลสารตั้งต้น = E_a เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก T_1 เป็น T_2 จะได้ว่า

- T_1 มีจำนวนโมเลกุลสารตั้งต้นที่มี $E_K = E_a$ คือบริเวณ ΔABD
- T_2 มีจำนวนโมเลกุลสารตั้งต้นที่มี $E_K = E_a$ คือบริเวณ ΔACD

T_2 มีจำนวนโมเลกุลสารตั้งต้นที่มี $E_K = E_a$ มากกว่า T_1 เท่ากับ ΔBCD มีผลให้มีความถี่ของการชนกันมากที่บริเวณ T_2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มขึ้น

ตัวเร่งปฏิกิริยา

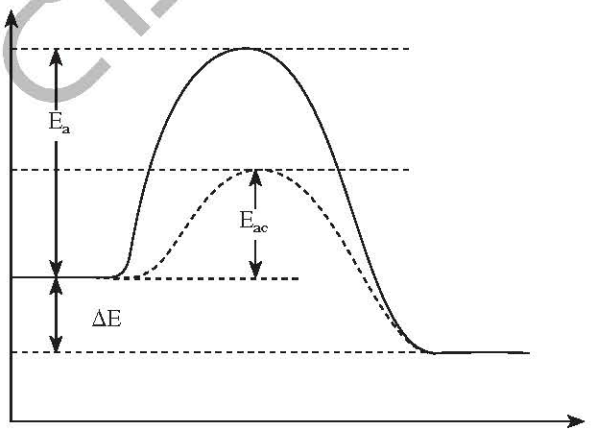


การเติมตัวเร่งปฏิกิริยา $\Longrightarrow$ ทำให้กลไกของปฏิกิริยาเปลี่ยนไป

$\Longrightarrow$ E_a ลดลง

$\Longrightarrow$ จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มี $E_K \geq E_a$ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก E_a ของปฏิกิริยาลดลง ทำให้มีโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มี E_K เท่ากับ E_a เพิ่มมากขึ้น

$\Longrightarrow$ ความถี่ของการชนคงที่ (อุณหภูมิคงที่)



E_a = พลังงานก่อกัมมันต์ที่ไม่ได้เติมตัวเร่งปฏิกิริยา

E_{ac} = พลังงานก่อกัมมันต์ที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีผลต่อพลังงานของสารตั้งต้น (E_1) พลังงานของสารผลิตภัณฑ์ (E_2) และพลังงานการเปลี่ยนแปลง (ΔE)

ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะเปลี่ยนกลับเป็นสารเดิมที่มีสมบัติเหมือนเดิมก่อนที่จะเติมลงไปในปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยามี 3 กลไก ดังนี้

$$I_2(g) \longrightarrow 2I(g)$$

$$N_2O(g)+I(g) \longrightarrow N_2(g)+IO(g)$$

$$2IO(g) \longrightarrow I_2(g)+O_2(g)$$

ปฏิกิริยาสุทธิ: $N_2O(g) \longrightarrow N_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$

$I(g)$ และ $IO(g)$ เป็นสารมัธยันต์

$I_2(g)$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การเพิ่มความดันให้กับสารตั้งต้นที่เป็นแก๊ส

จาก $PV = nRT$

$$P = \frac{n}{V}RT = [\ \ ]RT$$

จะได้ว่าความดันแก๊สแปรตามความเข้มข้นของแก๊ส

$P \uparrow \Longrightarrow$ [แก๊ส] $\uparrow$

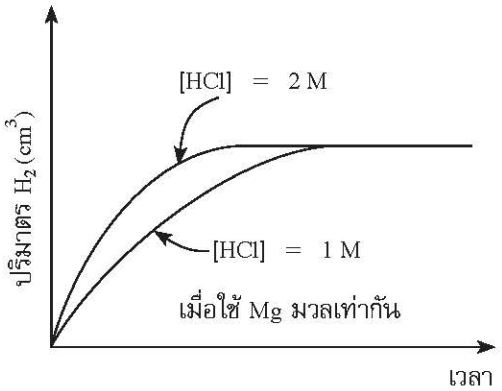
$\Longrightarrow$ จำนวนโมลแก๊ส $\uparrow$

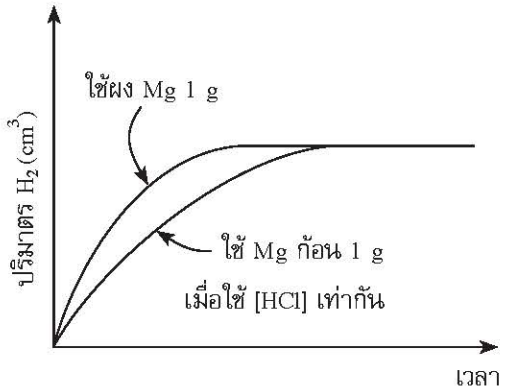
$\Longrightarrow$ ความถี่ในการชนกันของโมเลกุล $\uparrow$

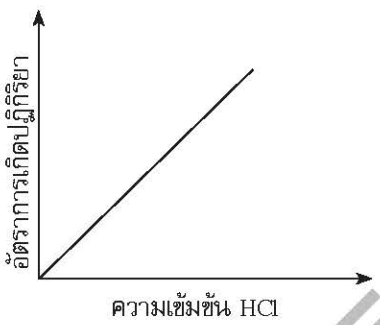
$\Longrightarrow$ อัตราการเกิดปฏิกิริยา $\uparrow$

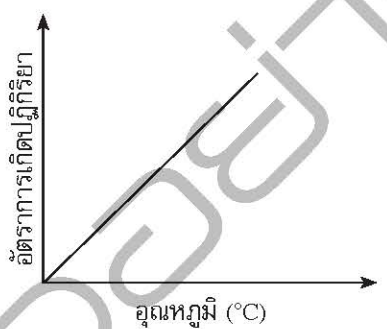
$\Longrightarrow$ E_a คงเดิม

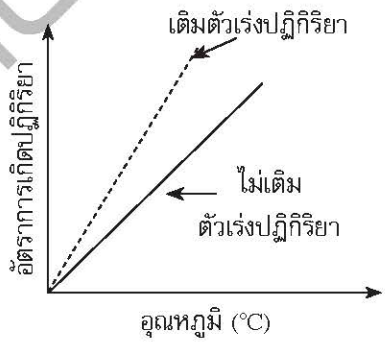
เช่น $Mg(s)+2HCl(g) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$

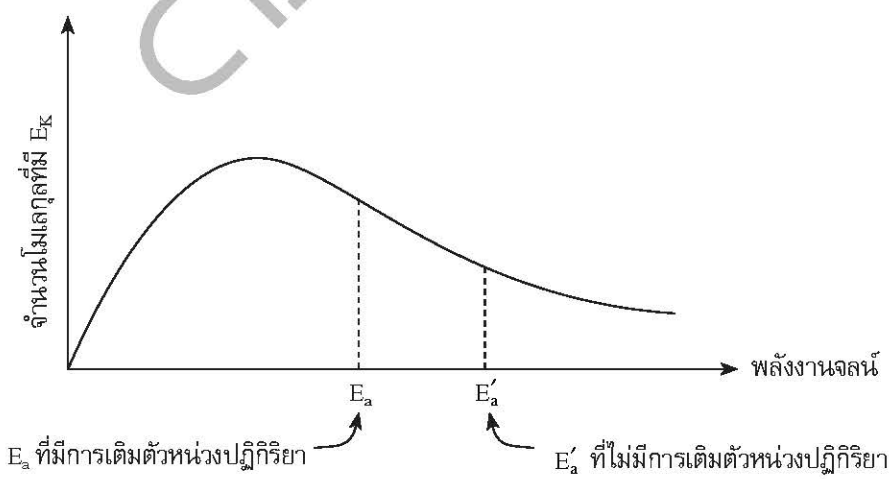








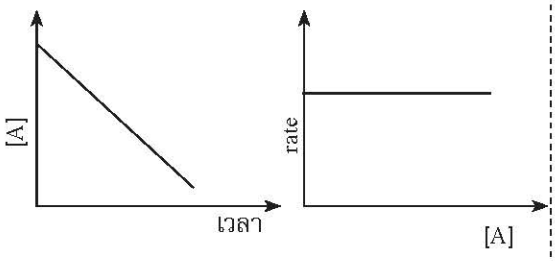




ตัวอย่าง

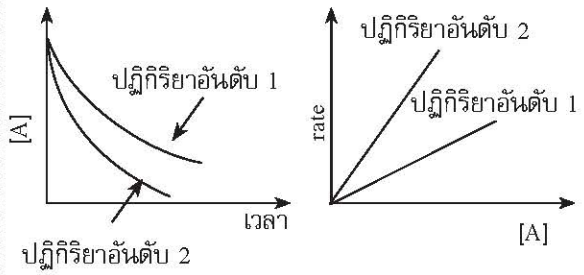
$A \longrightarrow B$: rate $= k[A]^0$

ปฏิกิริยาอันดับ 0



$A \longrightarrow B$: rate $= k[A]^1$, rate $= k[A]^2$

ปฏิกิริยาอันดับ 1 และ 2



ธรรมชาติของสารตั้งต้น

ธรรมชาติของสารตั้งต้นที่ควรทราบ มีดังนี้

- ปฏิกิริยาเคมีที่มีสารตั้งต้นเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ปฏิกิริยาจะเกิดช้า เนื่องจากต้องมีการใช้พลังงานในการสลายพันธะและมีพลังงานที่ให้ออกมาเมื่อมีการสร้างพันธะ
- ปฏิกิริยาเคมีที่มีสารตั้งต้นเป็นของแข็งปฏิกิริยาจะเกิดช้า เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการหลอมเหลวและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส
- ปฏิกิริยาไอออนิกเกิดขึ้นเร็ว เนื่องจากไม่มีการสร้างและสลายพันธะเคมี

ตัวอย่าง

แบบทดสอบ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ปฏิกิริยา R $\longrightarrow$ P ความเข้มข้นเปลี่ยนจาก 0.03 โมลาร์ เป็น 0.02 โมลาร์ ในเวลา 25 นาที อัตราการเกิดปฏิกิริยาในหน่วยโมลาร์ต่อชั่วโมงและโมลาร์ต่อวินาทีมีค่าเท่าไร ตามลำดับ

	M/hr	M/s
1.	0.024	6.7×10^{-6}
2.	0.024	3.3×10^{-6}
3.	0.012	3.3×10^{-6}
4.	0.036	6.7×10^{-6}
5.	0.024	9.9×10^{-6}

2. ปฏิกิริยา $Cl_2+2I^- \longrightarrow I_2+2Cl^-$ เริ่มต้นใช้ไอโอไดด์ไอออน 0.20 โมลาร์ ผ่านไป 20 นาที เหลืออยู่ 0.18 โมลาร์ อัตราการเกิดไอโอดีนเท่ากับกี่โมลาร์ต่อนาที

1. 5×10^{-4}
2. 1×10^{-3}
3. 1.5×10^{-3}
4. 2×10^{-3}
5. 5×10^{-3}

3. ปฏิกิริยา $N_2(g)+3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ ข้อใดแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสมการเคมีได้ถูกต้อง

1. $\text{rate} = -\frac{d[N_2]}{dt} = -\frac{1}{3}\frac{d[H_2]}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d[NH_3]}{dt}$
2. $\text{rate} = -\frac{d[N_2]}{dt} = -3\frac{d[H_2]}{dt} = 2\frac{d[NH_3]}{dt}$
3. $\text{rate} = -\frac{d[N_2]}{dt} = -\frac{1}{3}\frac{d[H_2]}{dt} = 2\frac{d[NH_3]}{dt}$
4. $\text{rate} = -\frac{d[N_2]}{dt} = -\frac{d[H_2]}{dt} = \frac{d[NH_3]}{dt}$
5. $\text{rate} = -\frac{d[N_2]}{dt} = -3\frac{d[H_2]}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d[NH_3]}{dt}$

4. ปฏิกิริยา $A+B \longrightarrow C$ เขียนกฎอัตราได้ คือ rate $= k[A]^n[B]^m$ ถ้าความเข้มข้นของ A เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 เท่า ส่วนความเข้มข้นของ B ลดลงครึ่งหนึ่ง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นกี่เท่าของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มแรกที่ยังไม่ได้เพิ่มและลดความเข้มข้นของ A และ B ตามลำดับ

1. $\left(\frac{1}{2}\right)^{n+m}$
2. $m+n$
3. $n-m$
4. 2^{n-m}
5. $\left(\frac{1}{2}\right)^{n-m}$

5. ปฏิกิริยา $2NO(g)+O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ เขียนสมการกฎอัตราได้ rate $= k[NO]^2[O_2]$ ขณะทำการทดลองปริมาตรของระบบลดลงครึ่งหนึ่งมีผลทำให้ความดันของแก๊สเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาหลังปริมาตรลดลงเป็นกี่เท่าของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ได้ลดปริมาตรลง

1. $\frac{1}{4}$
2. $\frac{1}{8}$
3. 4
4. 8
5. 12

6. ปฏิกิริยา $A+B \longrightarrow D$ จากการทดลองพบว่า
   - เมื่อความเข้มข้นของสาร A เพิ่มขึ้น 2 เท่าจากเดิม อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 2 เท่าด้วย
   - เมื่อความเข้มข้นของสาร B เพิ่มขึ้น 9 เท่าจากเดิม อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจากเดิม 3 เท่า

   อันดับรวมของปฏิกิริยามีค่าเท่าไร

1. 2
2. 3
3. 4
4. $\frac{3}{2}$
5. $\frac{4}{3}$

7. สำหรับปฏิกิริยา $N_2O_5(g) \longrightarrow 2NO_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$ ได้ข้อมูลดังนี้

$$-\frac{d[N_2O_5]}{dt} = k_1[N_2O_5],\ \frac{d[NO_2]}{dt} = k_2[N_2O_5] \text{ และ } \frac{d[O_2]}{dt} = k_3[N_2O_5]$$

ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง k_1, k_2 และ k_3 เป็นไปตามข้อใด

1. $k_1 = k_2 = k_3$
2. $3k_1 = k_2 = 2k_3$
3. $2k_1 = 4k_2 = k_3$
4. $2k_1 = k_2 = 4k_3$
5. $2k_1 = k_2 = 3k_3$

8. ปฏิกิริยา $2A+B_2 \longrightarrow 2AB$ เพื่อหาสมการกฎอัตรา ได้ทำการทดลองมีผลข้อมูลดังตาราง

การทดลองที่	ความเข้มข้น (M)		อัตราการลดลงของ B (M/min)
	[A]	[B]	
1	0.015	0.015	1.8×10^{-3}
2	0.090	0.015	1.08×10^{-2}
3	0.015	0.045	5.4×10^{-3}

สมการกฎอัตราควรเป็นไปตามข้อใด

1. rate = $k[A][B_2]$
2. rate = $k[A]^2[B_2]^2$
3. rate = $k[A][B_2]^2$
4. rate = $k[A]$
5. rate = $k[B_2]$

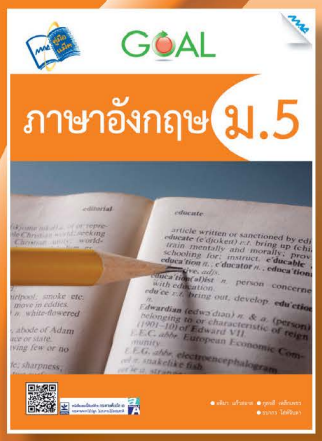
9. ก. $N_2(g)+3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ กำหนดให้ $-\frac{d[N_2]}{dt}$ เท่ากับ 0.02 โมลาร์ต่อวินาที แล้ว $-\frac{d[H_2]}{dt}$ มีค่ากี่โมลาร์ต่อวินาที

ข. สารตั้งต้นทุกตัวมีความเข้มข้นเริ่มต้น 1 โมลาร์ และเขียนกฎอัตราได้เป็น $\text{rate} = k[A]^x[B]^{\frac{1}{y}}[C]^{\frac{x}{y}}$ จะมีอันดับรวมของปฏิกิริยาเป็นเท่าไร

ข้อใดคือคำตอบของข้อ ก และ ข ตามลำดับ

	ข้อ ก	ข้อ ข
1.	0.06	$x+\frac{(1+x)}{y}$
2.	0.02	$x-y+\frac{x}{y}$
3.	0.04	$x+y+\frac{x}{y}$
4.	0.06	$2(x+y)$
5.	0.03	$x+y+\frac{x}{y}$

แนะนำหนังสือดี



ตัวอย่าง

GOAL
เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5
1912503100

MACEDUCATION
www.MACeducation.com

9 786162 745928
ราคา 190 บาท