

## บทที่ 10

### สมดุลและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เรื่องสมดุลและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นเนื้อหาวิชาเคมีที่ค่อนข้างจะเป็นนามธรรม เข้าใจได้ยากผู้สอนควรยกตัวอย่างประกอบการสอนเพื่อเสริมความรู้ความเข้าใจในการเรียนการสอน รายละเอียดเนื้อหาเหล่านี้เป็นสาระที่อยู่ในหนังสือเรียนและคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเล่ม 3 และ 4 ตามลำดับ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2549 และ 2547 ตามลำดับ)

#### สมดุลเคมี

สารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจะเกิดได้หลายลักษณะ เช่น การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ในกรณีที่เกิดปฏิกิริยา ถ้าสารตั้งต้นเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดแสดงว่าปฏิกิริยาดำเนินไปในทิศทางเดียว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แต่ในบางปฏิกิริยาผลิตภัณฑ์สามารถเปลี่ยนกลับเป็นสารตั้งต้นได้ เราจะเรียกปฏิกิริยาที่สามารถเกิดไปข้างหน้าและย้อนกลับได้ว่า ปฏิกิริยาผันกลับได้ การแสดงปฏิกิริยาผันกลับได้จะใช้เครื่องหมายลูกศร 2 อัน ( $\rightleftharpoons$ ) แทนการผันกลับ ดังนี้



การที่สารตั้งต้น A และ B ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ C และ D เรียกว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้า ส่วนสารผลิตภัณฑ์ C และ D ทำปฏิกิริยากันแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสารตั้งต้น A และ B เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับ ปฏิกิริยาที่มีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้า และย้อนกลับอยู่ในสมการเดียวกันเรียกปฏิกิริยาผันกลับได้

ภาวะสมดุล หมายถึง ภาวะที่ระบบเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และปฏิกิริยาย้อนกลับด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน และมีสมบัติของระบบคงที่

สมดุลไดนามิก หมายถึง สมดุลของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า และย้อนกลับด้วยอัตราเร็วที่เท่ากันเกิดต่อเนื่องกันตลอดเวลา

การเกิดภาวะสมดุลระบบต้องเป็นระบบปิด และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ โดยมีอัตราเร็วที่เท่ากันเกิดต่อเนื่องกันตลอดเวลา ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่ ณ อุณหภูมินั้นๆ

ค่าคงที่สมดุล (แทนด้วยค่า K) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ต่อความเข้มข้นของสารตั้งต้น ณ ภาวะสมดุล

ถ้าสาร A จำนวน a โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับสาร B จำนวน b โมล จะได้สาร C จำนวน c โมล และสาร D จำนวน d โมล เมื่อเกิดภาวะสมดุลสามารถเขียนสมการเคมีแทนได้ดังนี้



จากสมการนี้สามารถเขียนค่าคงที่สมดุลของสารในปฏิกิริยาเคมี ณ อุณหภูมิหนึ่งได้ดังนี้

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

จากสมการข้างต้นค่าคงที่สมดุลบอกให้ทราบถึงปริมาณของสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยา ณ ภาวะสมดุล

ประเภทของสมดุล มี 2 ประเภท ดังนี้

1. สมดุลเอกพันธ์ คือ ภาวะสมดุลที่เกิดในปฏิกิริยาที่มีสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์อยู่ในวัฏภาคเดียวกันทั้งหมด

2. สมดุลวิวิธพันธ์ คือ ภาวะสมดุลที่เกิดในปฏิกิริยาที่สารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์มีวัฏภาคต่างกัน

ในปฏิกิริยาที่มีสารเป็นของเหลวบริสุทธิ์ หรือ ของแข็งบริสุทธิ์ ให้ถือว่าสารบริสุทธิ์มีความเข้มข้นคงที่ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาจึงไม่ต้องเขียนสารเหล่านี้ในอัตราส่วน และไม่นิยมใส่หน่วยของค่าคงที่สมดุล ในปฏิกิริยาเดียวกันผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไปข้างหน้า กับค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย้อนกลับมีค่าเท่ากับ 1

$$K_1 \cdot K_2 = 1$$

$K_1$  ,  $K_2$  คือ ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ ตามลำดับ

เนื่องจากปฏิกิริยาเดียวกันสามารถเขียนสมการที่ดุลแล้วได้มากกว่า 1 สมการ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาจึงอาจแตกต่างกันได้ ถ้าตัวเลขที่ใช้ในการดุลสมการแตกต่างกัน ดังนั้นถ้าต้องการระบุค่าคงที่สมดุล จะต้องเขียนสมการของปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลด้วยเสมอ

สำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากปฏิกิริยาย่อยหลาย ๆ ขั้น ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยารวมจะมีค่าเท่ากับผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยในแต่ละขั้น

$$K_{\text{รวม}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

$K_1, K_2, K_n$  คือ ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยในแต่ละขั้น

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา เป็น อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์กับสารตั้งต้น ณ ภาวะสมดุลที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ถ้าค่าคงที่สมดุลมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์มากกว่าสารตั้งต้น แต่ถ้าค่าคงที่สมดุลมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์น้อยกว่าสารตั้งต้น โดยค่าคงที่สมดุลจะไม่สามารถบอกได้ว่าปฏิกิริยานั้น ๆ เกิดขึ้นเร็วหรือช้า นั่นคือถ้าเราทราบค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิหนึ่ง จะคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์หรือสารตั้งต้น ณ ภาวะสมดุลนั้นได้

ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบ มีดังนี้

1. ความเข้มข้น การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบ โดยจะทำให้ภาวะสมดุลของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล

2. ความดัน การเปลี่ยนแปลงความดันจะมีผลต่อภาวะสมดุลของระบบที่เป็นแก๊สเท่านั้น โดยระบบที่เป็นแก๊สนั้นต้องมีจำนวนโมลของสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน จึงจะทำให้ภาวะสมดุลของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล

3. อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบ จะมีผลให้ภาวะสมดุลของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมีจะคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง แต่ถ้าเปลี่ยนอุณหภูมิต่ำกว่านี้ก็จะเปลี่ยนแปลงด้วย โดยจะเปลี่ยนในลักษณะที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับว่าระบบเป็นปฏิกิริยาเคมีประเภทใด สำหรับปฏิกิริยาคายความร้อน การลดอุณหภูมิจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น ค่าคงที่สมดุลจึงสูงขึ้น ส่วนปฏิกิริยาดูดความร้อนการลดอุณหภูมิจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้อยลง ค่าคงที่สมดุลจึงต่ำลง

ภาวะสมดุลของระบบสามารถถูกรบกวนได้ โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร, ความดัน และอุณหภูมิ เมื่อระบบที่เคยอยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะมีผลต่อภาวะสมดุลของระบบ โดยระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่จะลดผลของการรบกวนนั้น เพื่อปรับให้ระบบกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง ข้อสรุปนี้ถูกคิดขึ้นโดยองรี – ลุย เลอชาเตอลิเอร์ จึงเรียกว่า **หลักของเลอชาเตอลิเอร์**

หลักของเลอชาเตอลิเอร์ สามารถใช้ทำนายทิศทางการดำเนินไปของปฏิกิริยาได้ว่าจะดำเนินไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ เพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ เมื่อมีการรบกวนภาวะสมดุลของระบบ จึงเป็นหลักการที่มีประโยชน์ เพราะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

หลักการในโรงงานอุตสาหกรรม จะมุ่งเน้นการผลิตสารให้ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากในเวลาที่น้อยและมีการลงทุนที่ต่ำ จึงต้องใช้หลักของเลอชาเตอลิเอประกอบการพิจารณาให้ได้ผลิตภัณฑ์มากๆ เช่น การผลิตแก๊สแอมโมเนีย ด้วยกระบวนการฮาเบอร์ จะใช้หลักของเลอชาเตอลิเอควบคู่กับความรู้เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากโดยลงทุนเพียงเล็กน้อย

กระบวนการฮาเบอร์ เป็นการผลิตแก๊สแอมโมเนียในอุตสาหกรรม โดยให้แก๊ส  $N_2$  และ  $H_2$  ทำปฏิกิริยากันที่อุณหภูมิและความดันสูง โดยมีเหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

หลักของสมดุลเคมีสามารถใช้อธิบายได้ทั้งกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ หรือสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดอาการไอพอกเซีย การเกิดหินงอกหินย้อย เป็นต้น

**หมายเหตุ** ไอพอกเซีย เป็นอาการที่เกิดจากการที่มีออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อของร่างกายไม่เพียงพอทำให้ปวดศีรษะคลื่นไส้ และอ่อนเพลีย ถ้าเป็นรุนแรงอาจถึงตายได้

## อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเกิดปฏิกิริยาเคมีในธรรมชาติหรือชีวิตประจำวันมีมาก และ เกิดเร็วช้าแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะสารตั้งต้นแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันอีกทั้งภาวะที่ปฏิกิริยามีความเหมาะสมมากน้อย ไม่เท่ากัน ขณะที่เกิดปฏิกิริยา ปริมาณสารในระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสารตั้งต้นจะปริมาณลดลงเรื่อยๆ และ ผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น เราจะทราบว่ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วหรือช้าได้ โดยพิจารณาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลง (ใช้สัญลักษณ์เป็นเครื่องหมายลบ) หรือปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น (ใช้สัญลักษณ์เป็นเครื่องหมายบวก) ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งจะวัดเป็นวินาทีหรือวัน ก็ได้แล้วแต่ว่าจะเกิดปฏิกิริยาเร็วหรือช้า เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$A + B \rightarrow C$$

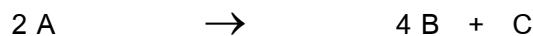
$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่เปลี่ยนไป}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}} = \frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลง}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

ในกรณีที่พิจารณาที่ความเข้มข้นของสาร A และ B จะมีความเข้มข้นลด ขณะที่ C ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้น ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยาข้างต้น เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย เพราะศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารภายในช่วงเวลาที่กำหนดให้ เราสามารถหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่จุดใดจุดหนึ่งได้ เรียกว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง ทำได้โดย ลากเส้นสัมผัสผ่านจุดที่ต้องการหา ในกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารกับเวลา ค่าความชันของเส้นสัมผัสที่ลากผ่านจุดที่ต้องการหา คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จากเส้นกราฟที่แสดงให้ทราบถึง การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารในช่วงเวลาต่างๆ ถ้าเส้นกราฟมีความชันมาก แสดงว่าปฏิกิริยาในช่วงเวลานั้นเกิดเร็ว แต่ถ้ากราฟในช่วงนั้นมีความชันน้อย แสดงว่าเกิดช้า

ในสมการเคมีที่ดุลสมการแล้ว การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารต่างๆจะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณเป็นโมลของสารแต่ละชนิดหารด้วยสัมประสิทธิ์แสดงจำนวนโมล ของสารนั้นๆ ตัวอย่างเช่น



$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

การเกิดปฏิกิริยาเคมีใดๆ อนุภาคของสารตั้งต้นต้องมีการชนกันโดยทิศทางของการชนต้องเหมาะสม และมีพลังงานการชนกันอย่างน้อยที่สุดเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) จึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ ซึ่งในแต่ละปฏิกิริยาจะมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์มากน้อยไม่เท่ากัน ปฏิกิริยาเคมีหนึ่งๆ จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยต่อไปนี้คือ

1. จำนวนอนุภาคที่มีพลังงานสูง (ถ้ามีมากจะเกิดได้เร็ว อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง)
2. ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา (ถ้ามีค่าต่ำจะเกิดได้เร็ว อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง)

การเกิดปฏิกิริยาในอีกแนวคิดหนึ่งอธิบายได้ว่า อนุภาคของสารตั้งต้นที่ชนกันจะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกัมมันต์ ก่อนที่จะกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ สารเชิงซ้อนกัมมันต์ เป็นสารที่อยู่ในสภาวะไม่เสถียรเพราะมีพลังงานสูงมากเราเรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะแทรนซิชัน ค่าพลังงานของสภาวะแทรนซิชันจะมีค่าประมาณพลังงานก่อกัมมันต์ เพราะเป็นพลังงานอย่างน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้

การเกิดปฏิกิริยาเคมีทุกปฏิกิริยาจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องกับด้วยเสมอ เพราะต้องมีการสลาย และสร้างพันธะ ระหว่างอะตอมของสารที่อยู่ในระบบ การพิจารณาว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงาน ให้สังเกตที่ผลิตภัณฑ์ว่ามีพลังงานสูงหรือต่ำกว่าสารตั้งต้น ถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน พลังงานของผลิตภัณฑ์จะสูงกว่าพลังงานของสารตั้งต้น ถ้าเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน พลังงานของผลิตภัณฑ์จะต่ำกว่าพลังงานของสารตั้งต้น ในกรณีที่ปฏิกิริยามีสารเชิงซ้อนกัมมันต์ สารนี้ต้องคายพลังงานออกแล้ว เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ ถ้าสารเชิงซ้อนกัมมันต์คายพลังงานออกมาสูงกว่าพลังงานของสารตั้งต้น ปฏิกิริยานั้นจะเป็นประเภทดูดพลังงาน แต่ถ้าคายออกมาต่ำกว่าพลังงานของสารตั้งต้นจะเป็นประเภทคายพลังงาน

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีดังนี้

1. ความเข้มข้นของสารตั้งต้น การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะทำให้จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นเพิ่ม โอกาสที่อนุภาคจะชนกันและอนุภาคที่มีพลังงานสูงก็มีมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงมีค่าสูงขึ้น แต่ บางปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นเลย เช่น ปฏิกิริยาการกำจัดแอลกอฮอล์ในตับ จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ แม้จะเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากเท่าใดก็ตาม และมีบางปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นทุกตัว ซึ่งเราจะทราบข้อมูลได้จากการทดลอง

2. พื้นที่ผิวของสาร การเพิ่มพื้นที่ผิวของสาร จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงขึ้น เพราะจำนวนอนุภาคของสารในระบบจะเพิ่มขึ้น และจำนวนอนุภาคที่มีพลังงานสูงก็จะมีจำนวนมากขึ้น โอกาสที่อนุภาคชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาจึงสูงขึ้นด้วย

3. อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วขึ้น เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้อนุภาคของสารที่อยู่ในระบบเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูง ทำให้มีโอกาสชนกันมากขึ้น และมีโอกาสชนกันด้วยพลังงานที่สูงมากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงสูง

4. ตัวเร่งหรือตัวหน่วงปฏิกิริยาเป็นสารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นหรือช้าลง แต่เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด สารเหล่านี้จะกลับออกมาตามเดิม

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

ตัวหน่วงปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง

สารที่เป็นตัวเร่งหรือตัวหน่วงปฏิกิริยา จะเข้าไปมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาด้วย โดยสารที่เป็นตัวเร่งจะช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา ขณะที่สารที่เป็นตัวหน่วงจะเพิ่มพลังงาน

ก่อกัมมันต์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วและช้าตามลำดับ ขณะที่สารที่เป็นตัวเร่งหรือตัวหน่วงเข้า  
ร่วมปฏิกิริยา จะเปลี่ยนแปลงสารอื่นชั่วขณะ แต่เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลง สารเหล่านี้ก็จะกลับ  
ออกมา ดังนั้นในการเติมตัวเร่งหรือตัวหน่วง ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ความยากง่ายใน  
การแยกตัวเร่งหรือตัวหน่วงปฏิกิริยาออกจากสารผลิตภัณฑ์ และราคาของตัวเร่งหรือตัวหน่วง  
ปฏิกิริยา

## สรุป

การเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถทำการควบคุมได้เพื่อผลผลิตทางอุตสาหกรรม นอกจากนี้  
ยังสามารถทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้เร็วช้าตามความจำเป็นได้ด้วย

## แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงบอกหลักของเลอชาเตอลิเอร์ พร้อมยกตัวอย่างประกอบ
2. จงบอกปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. เหตุใดเมื่อเติมสารบางชนิดลงไปในปฏิกิริยาเคมีแล้วจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น