

บทที่ 7

เคมีคำนวณ

สารเคมีที่จะกล่าวในบทนี้ประกอบด้วย 3 เรื่องหลักดังนี้ ปริมาณสัมพันธ์ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นสาระที่อยู่ในหนังสือเรียนและคู่มือครูสาระ การเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเล่ม 2 และ 3 ตามลำดับ (กระทรวงศึกษาธิการ.2546-2547) และ เทคนิคทางเคมี (ประเสริฐ ศรีโพธิ์โรจน์.2539)

ปริมาณสัมพันธ์

เนื่องจากสารต่างๆประกอบด้วยอะตอมหรือโมเลกุลที่มีสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งจะแตกต่าง จากสารอื่นๆ โดยอะตอมหรือโมเลกุลของสารต่างชนิดกันก็จะมีมวลไม่เท่ากัน แต่เนื่องจาก อะตอมมีขนาดเล็กการวัดหามวลอะตอมของธาตุจึงทำได้ยาก ดอลตันจึงเสนอให้ใช้วิธีการ เปรียบเทียบ โดยดอลตันเสนอให้ใช้ธาตุไฮโดรเจนซึ่งมีมวลน้อยที่สุดเป็นธาตุมาตรฐานในการ เปรียบเทียบ ดังนี้

ให้ธาตุไฮโดรเจน 1 อะตอมมีมวล 1 หน่วย ตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลของ ธาตุ 1 อะตอมกับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม เรียกว่ามวลอะตอมของธาตุ

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{\text{มวลของ H 1 อะตอม}}$$

เนื่องจากธาตุออกซิเจนอยู่เป็นอิสระในบรรยากาศและทำปฏิกิริยากับธาตุอื่นได้ง่าย จึง มีผู้เสนอให้ใช้ธาตุออกซิเจนแทนธาตุไฮโดรเจน และเนื่องจากออกซิเจน 1 อะตอมมีมวลเป็น 16 เท่าของไฮโดรเจน จึงได้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{1/16 \text{ มวลของ O 1 อะตอม}}$$

แต่ธาตุในธรรมชาติมีหลายธาตุที่มีหลายไอโซโทป เช่น ธาตุออกซิเจน ธาตุคาร์บอน ฯลฯ ดังนั้นในการคำนวณหามวลอะตอมของธาตุจึงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่ามวลอะตอมและปริมาณ ของแต่ละไอโซโทปที่มีอยู่ในธรรมชาติ ต่อมานักวิทยาศาสตร์ตกลงใช้ธาตุคาร์บอน -12 (^{12}C)

เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบมวล โดยให้ ^{12}C จำนวน 1 อะตอมมีมวล 12 หน่วยมวลอะตอม ดังนั้น 1 หน่วยมวลอะตอมจึงมีค่าเท่ากับ $1/12$ มวลของ ^{12}C จำนวน 1 อะตอมหรือมีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-24} กรัม

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (กรัม)}}{1/12 \text{ มวลของ } ^{12}\text{C 1 อะตอม (กรัม)}} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (กรัม)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ (กรัม)}}$$

หมายเหตุ เนื่องจากมวลอะตอมของธาตุเป็นค่าเปรียบเทียบจึงไม่มีหน่วย

โมเลกุลของสาร หมายถึง อนุภาคขนาดเล็กที่สารสามารถอยู่ได้อย่างอิสระและแสดงสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้นๆได้ สามารถหามวลโมเลกุลของสารได้ 2 วิธี ดังนี้

1. เปรียบเทียบมวลของสารนั้น 1 โมเลกุล กับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม ดังนี้

$$\text{มวลโมเลกุลของสาร A} = \frac{\text{มวลของสาร A 1 โมเลกุล (กรัม)}}{1/12 \text{ มวลของ } ^{12}\text{C 1 อะตอม (กรัม)}} = \frac{\text{มวลของสาร A 1 โมเลกุล (กรัม)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ (กรัม)}}$$

2. กรณีที่ทราบสูตรโมเลกุลของสารประกอบว่า 1 โมเลกุลของสารนั้นประกอบด้วยธาตุใดบ้าง ธาตุละกี่อะตอมสามารถหามวลโมเลกุลได้ โดยหาผลรวมของธาตุเหล่านั้น ซึ่งวิธีนี้จะใช้หาสูตรโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ได้ แต่ถ้าเป็นสารประกอบไอออนิก ซึ่งไม่อยู่ในรูปโมเลกุล สูตรของสารประกอบประเภทนี้เป็นสูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของไอออนที่ประกอบกันเป็นสารเท่านั้น ดังนั้นในการคำนวณหามวลโมเลกุลของสารประกอบไอออนิกจึงหมายถึงการคำนวณหามวลของสูตรเอมพิริคัล หรือมวลสูตร

การบอกปริมาณของสารบอกได้โดยใช้หน่วยต่างๆเช่น มวล , ปริมาตร , โมล , จำนวนอนุภาค เป็นต้น

โมล (mole) ใช้สัญลักษณ์ mol หมายถึง ปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของ ^{12}C ที่มีมวล 12 กรัม

สาร 1 โมล เป็นปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาค 6.02×10^{23} อนุภาค เนื่องจากจำนวน 6.02×10^{23} เรียกว่า เลขอาโวกาโดร ดังนั้น สาร 1 โมลจึงมีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร

เนื่องจากธาตุที่มีจำนวนอะตอม 6.02×10^{23} อะตอม จะมีค่ามวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอม ดังนั้นธาตุใดๆที่มีปริมาณ 6.02×10^{23} อะตอมหรือ 1 โมล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น และในทำนองเดียวกันถ้าสารนั้นเป็นโมเลกุลจะสรุปได้ว่า สารใดๆ 1 โมล หรือ 6.02×10^{23} โมเลกุล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้น

ในกรณีที่เป็นแก๊สจะบอกปริมาณสารในหน่วยของปริมาตร เนื่องจากปริมาตรของแก๊สสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิและความดัน ดังนั้นการบอกปริมาณของแก๊สต้องระบุอุณหภูมิและความดันที่วัดปริมาตรด้วย ในภาวะมาตรฐาน (Standard Temperature and

Pressure ย่อว่า STP) นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดให้มีอุณหภูมิเท่ากับศูนย์องศาเซลเซียส และมีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ

ปริมาณ 1 โมลของแก๊สใดๆมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 22.4 ลิตร ที่ STP จากความสัมพันธ์ข้างต้นแสดงว่าปริมาณสารที่มีหน่วยเป็นโมลสามารถเปลี่ยนปริมาณสารเป็นหน่วยอื่นๆได้ เช่น จำนวนอนุภาค(อะตอม หรือ โมเลกุล) มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP ดังนี้

$$n = \frac{g}{M} = \frac{vd}{M} = \frac{x}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{V \text{ แก๊สที่ STP}}{22.4}$$

n = จำนวนโมลของสาร (mol) g = มวลของสารเป็นกรัม (g)

M = มวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล v = ปริมาตรของสาร (cm^3)

x = จำนวนอนุภาค (จำนวนอะตอมหรือจำนวนโมเลกุล)

V = ปริมาตรของแก๊สที่ STP เท่านั้น (ลิตร) d = ความหนาแน่นของสาร (g/cm^3)

สารละลาย คือ สารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย โดยตัวถูกละลายจะมีเพียง 1 ชนิดหรือมากกว่า 1 ชนิดก็ได้ และแต่ละชนิดไม่จำเป็นต้องมีปริมาณที่เท่ากัน ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นไม่เท่ากัน เราสามารถบอกปริมาณของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลายได้ด้วยค่าความเข้มข้นของสารละลาย ดังนี้ ร้อยละ , ส่วนในล้านส่วน , โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , โมลต่อกิโลกรัมหรือเศษส่วนโมล

การเตรียมสารละลายทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. เตรียมจากสารบริสุทธิ์ โดยนำสารบริสุทธิ์มาละลายในตัวทำละลายโดยตรง
2. นำสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงมาทำให้เป็นสารละลายเจือจาง ซึ่งมีความสัมพันธ์

ระหว่างความเข้มข้นกับปริมาตรของสารละลายเดิมและสารละลายที่เตรียมได้ ดังนี้

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

M_1 = ความเข้มข้นของสารละลายก่อนทำให้เจือจาง (mol/dm^3)

M_2 = ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำให้เจือจาง (mol/dm^3)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายก่อนทำให้เจือจาง (dm^3)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายหลังทำให้เจือจาง (dm^3)

สารละลายมาตรฐาน หมายถึง สารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารละลายให้เจือจางได้

การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ จะต้องชั่งสารให้ถูกต้อง จึงจะได้ความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกต้องแม่นยำ แต่ถ้าสารนั้นชั่งยาก เพราะสารอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือ

ทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นองค์ประกอบในบรรยากาศ การเตรียมความเข้มข้นของสารนี้จะทำได้ โดยนำสารละลายของสารชนิดนี้ที่ทราบปริมาตรแน่นอนมาไทเทรต หรือทำปฏิกิริยากับ สารละลายมาตรฐานอีกชนิดหนึ่ง หรือที่เรียกว่าสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ เมื่อทราบปริมาตร และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายที่เตรียมขึ้นได้ การเตรียมแบบนี้เป็นการเทียบมาตรฐาน เราเรียก สารละลายที่ผ่านการเทียบมาตรฐานว่าสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายอื่นๆที่ไม่ทราบความเข้มข้นได้

สารที่ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิต้องมีสมบัติดังนี้

1. ไม่ทำปฏิกิริยาหรือไม่ดูดซับสารในบรรยากาศ เช่น ไอน้ำ
2. มีความบริสุทธิ์สูง
3. มีมวลโมเลกุลหรือมวลสูตรสูง
4. ละลายในตัวทำละลายได้ดี
5. ไม่เป็นพิษ

สารละลายมีสมบัติแตกต่างจากสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวทำละลายโดยจะมีจุดเดือด จุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวแตกต่างไปจากเดิม สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ถ้ามีความเข้มข้นในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม (โมลล) เท่ากัน จะมีจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งเท่ากัน โดยที่ตัวละลายจะเป็นสารใดก็ได้ แต่ต้องเป็นสารที่ระเหยได้ยาก และไม่สามารถแตกตัวเป็น ไอออน แต่ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นต่างกัน แม้จะมีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่จุดเดือด และจุดหลอมเหลวก็จะไม่เท่ากัน

หมายเหตุ จุดหลอมเหลวและจุดเยือกแข็งของสารแต่ละชนิดเป็นอุณหภูมิเดียวกัน แต่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้าม จึงสามารถใช้เรียกแทนกันได้

ค่าคงที่ของการเพิ่มของจุดเดือด (K_b) เป็นผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม (โมลล) กับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ซึ่งจะมีค่าคงที่

ค่าคงที่ของการลดของจุดเยือกแข็ง (K_f) เป็นผลต่างระหว่างจุดหลอมเหลวของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม (โมลล) กับจุดหลอมเหลวของตัวทำละลายบริสุทธิ์ ซึ่งจะมีค่าคงที่



สมบัติของสารละลายที่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย เรียกว่า สมบัติคอลลิเกทีฟ (Colligative properties) มี 4 ประการ ดังนี้

1. การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด : $\Delta T_b = K_b m$
2. การลดลงของจุดเยือกแข็ง : $\Delta T_f = K_f m$
3. การลดลงของความดันไอ
4. การเกิดความดันออสโมติก

ΔT_b = ผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์

ΔT_f = ผลต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์กับจุดเยือกแข็งของสารละลาย

K_b = ค่าคงที่ของการเพิ่มของจุดเดือด

K_f = ค่าคงที่ของการลดของจุดเยือกแข็ง

m = ความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลต่อกิโลกรัม (โมแลล)

สูตรเคมี หมายถึง กลุ่มสัญลักษณ์ของธาตุที่ใช้เขียนแทนธาตุ และสารประกอบมีหลายชนิด

1. สูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่าย หมายถึง สูตรที่แสดงถึงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

2. สูตรโมเลกุล หมายถึง สูตรที่เขียนแสดงจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่จริงใน 1 โมเลกุลของสาร

3. สูตรโครงสร้าง หมายถึง สูตรที่เขียนเพื่อแสดงการจัดเรียงอะตอมของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่จริงใน 1 โมเลกุลของสารนั้น

การหามวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบในสารประกอบสามารถหาได้โดยใช้สูตรโมเลกุลของสารและมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบ เขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละของธาตุ X ในสารประกอบ} = \frac{\text{มวลของธาตุ X}}{\text{มวลของสารประกอบ}} \times 100$$

X หมายถึง ธาตุที่อยู่ในสารประกอบ

ถ้าเราทราบชนิดของธาตุ มวลเป็นกรัมของธาตุ และมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบ เราสามารถคำนวณหาอัตราส่วนจำนวนโมลของธาตุ เพื่อนำไปเขียนเป็นสูตรเอมพิริคัลได้ และ

สามารถนำสูตรเอมพิริคัล และมวลโมเลกุลของสารมาใช้คำนวณหาสูตรโมเลกุลของสารได้อีกด้วย

สมการเคมี เป็นสมการที่เขียนแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นโดยจะเขียนทั้งสูตรของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ สูตรของสารตั้งต้นจะไว้ทางซ้าย และเขียนลูกศรไว้ตรงกลางโดยให้หัวลูกศรชี้ไปที่ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ทางขวา

การดุลสมการ หมายถึง การนำตัวเลขที่เหมาะสมมาเติมหน้าสัญลักษณ์หรือสูตรของสารที่อยู่ในสมการเคมี ทั้งนี้เพื่อให้จำนวนอะตอมแต่ละธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากัน

ในการเขียนสมการเคมีจะต้องดุลสมการให้ถูกต้องทุกครั้ง เพื่อให้เป็นไปตามกฎทรงมวล แต่ในกรณีที่สมการเคมี 1 สมการสามารถดุลสมการได้มากกว่า 1 สมการ ถ้าตัดสินว่าสมการที่ดุลแล้วสมการใดถูกต้อง ให้พิจารณาจากผลการทดลอง และศึกษาจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้จริง ๆ สมการเคมีที่ดุลแล้วจะแสดงให้เห็นถึง จำนวนโมล , มวล , จำนวนอนุภาค และปริมาตรที่ STP ในกรณีที่สารในปฏิกิริยานั้นมีสถานะเป็นแก๊ส

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมีใด ๆ จะต้องมีการกำหนดขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. ระบบ หมายถึง ส่วนที่อยู่ภายในขอบเขตของการศึกษา ซึ่งจะพิจารณารวมทั้งก่อนการเปลี่ยนแปลง และหลังการเปลี่ยนแปลง การกำหนดระบบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการศึกษา

2. สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งที่อยู่นอกขอบเขตของการศึกษา เช่น ภาชนะ , เครื่องมือวัด ฯลฯ

3. ภาวะของระบบ หมายถึง สมบัติของสารและปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของระบบระบบแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ระบบปิด เป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้เพียงอย่างเดียวแต่มวลจะคงที่

2. ระบบเปิด เป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม

3. ระบบแยกตัวหรือระบบอิสระ เป็นระบบที่ไม่มีการเปลี่ยนทั้งมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม

ลาวัวซิเอ ได้ตั้งกฎทรงมวลขึ้นมีใจความว่า “มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา” กฎนี้จะเกิดกับระบบปิดโดยไม่ขึ้นกับการเปิดหรือปิดภาชนะ

โจเซฟ เพราสต์ได้ตั้งกฎสัดส่วนคงที่ขึ้นมีใจความว่า “อัตราส่วนโดยมวลของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบจะมีค่าคงที่เสมอ”

โซเซฟ-ลุย เก-ลู ชัก ได้ตั้งกฎการรวมปริมาตรของแก๊ส หรือที่เรียกว่ากฎของ เกย์-ลูสแซกขึ้นมีใจความว่า “ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวเลขจำนวนเต็มลงตัวน้อยๆ”

อาโวกาโดร ได้ตั้งกฎของอาโวกาโดรขึ้นมีใจความว่า “แก๊สใดๆที่มีปริมาตรเท่ากันวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน”

กฎของเก-ลู ชัก และกฎของอาโวกาโดร สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการคำนวณหาปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา และใช้คำนวณหาสูตรโมเลกุลของแก๊สได้

เนื่องจากปริมาณของสารแต่ละชนิดในสมการเคมีมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นสมการเคมีที่ดุลแล้ว จึงสามารถใช้คำนวณหามวล จำนวนอนุภาค โมล และปริมาตรของแก๊สที่ STP ได้

สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารอื่น สารนี้จะเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดผลิตภัณฑ์ตามปฏิกิริยาเคมีได้มากที่สุดจำนวนเท่าใด นั่นคือปริมาณผลิตภัณฑ์จะเกิดมากหรือน้อยขึ้นกับสารกำหนดปริมาณนั่นเอง เมื่อพิจารณาสมการเคมีที่ดุลแล้วสามารถคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อทราบสารกำหนดปริมาณ จึงเรียกปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่คำนวณได้จากสมการที่ดุลแล้วว่า **ผลได้ตามทฤษฎี** แต่ในความเป็นจริงหรือการปฏิบัติปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจน้อยกว่าที่คำนวณได้ เพราะเหตุผลหลายๆประการ เช่น การเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ จึงเรียกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองจริงๆว่า **ผลได้จริง** เมื่อเปรียบเทียบผลได้จริงกับผลได้ตามทฤษฎีเป็นร้อยละจะได้ **ผลได้ร้อยละ** ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \frac{\text{ผลได้จริง} \times 100}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}}$$

ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

สารต่างๆที่อยู่รอบตัวเรามีสถานะที่แตกต่างกัน 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

เนื่องจากของแข็งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากกว่าของเหลวและแก๊ส จึงทำ

ให้มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง นอกจากนี้ยังมีรูปร่างที่แน่นอนไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ มีปริมาตรคงที่ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ไม่สามารถไหลได้เพราะอนุภาคอยู่ชิดกันมากมีการจัดเรียงอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน

สารที่เป็นของแข็งมีรูปร่างแตกต่างกันได้แม้แต่สารชนิดเดียวกันก็มีรูปร่างที่ต่างกัน เพราะมีการจัดเรียงอนุภาคที่แตกต่างกัน ทำให้มีหลายรูปและมีสมบัติบางประการแตกต่างกัน เช่น กำมะถันมี 2 รูป คือ กำมะถันรูปเข็มหรือกำมะถันมอนอคลินิกจะอยู่ตัวที่อุณหภูมิสูง และกำมะถันรูปเหลี่ยมหรือกำมะถันรอมบิก ซึ่งจะอยู่ตัวที่อุณหภูมิต่ำ

ของแข็งบริสุทธิ์ที่อยู่ในรูปผลึกจะมีลักษณะสำคัญ คือการจัดเรียงอนุภาคโดยจะมีการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบในสามมิติ มีโครงสร้างทางเรขาคณิตแน่นอนมีจุดหลอมเหลวที่ชัดเจนและคงที่

ของแข็งที่เป็นผลึกแบ่งตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคภายในผลึกได้ 4 ชนิด

1. ผลึกโมเลกุล : แรงแวนเดอร์วาลส์ และ/หรือ พันธะไฮโดรเจนส่วนใหญ่จะมีลักษณะค่อนข้างอ่อนหรือแข็งปานกลาง จุดหลอมเหลวต่ำ ไม่นำไฟฟ้าบางชนิดระเหิดได้ง่าย เช่น แนฟทาลีน

2. ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย : พันธะโคเวเลนต์ มีจุดหลอมเหลวสูงมีความแข็งแรง แต่ความแข็งแรงจะขึ้นกับการจัดเรียงตัวอะตอมภายในโครงผลึกร่างตาข่าย เช่น แกรไฟต์ เพชร

3. ผลึกโลหะ : พันธะโลหะ ส่วนใหญ่จะมีความแข็งแรงเหนียวดีเป็นแผ่นและบิดงอได้ เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง แต่ค่าจุดเดือดและจุดหลอมเหลวจะแตกต่างกันไปตามความแข็งแรงของพันธะโลหะด้วยเช่นกันเช่น เหล็ก ทองแดง

4. ผลึกไอออนิก : พันธะไอออนิกมีลักษณะแข็งแรงและเปราะ จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงในสถานะของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เช่น เกลือแกง

ของแข็งอสัณฐาน หมายถึง ของแข็งที่ไม่มีรูปผลึกทั้งนี้เพราะการจัดเรียงอนุภาคภายในไม่เป็นระเบียบ เมื่อแตกหักจะได้ชิ้นส่วนที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวกลายเป็นของเหลว ส่วนใหญ่หาจุดหลอมเหลวที่แน่นอนไม่ได้ ตัวอย่างของแข็งประเภทนี้ เช่น ยาง พลาสติก แก้ว เป็นต้น

ของแข็งเมื่อได้รับความร้อนพลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้นทำให้อนุภาคสั่นและถ่ายโอนพลังงานให้อนุภาคที่อยู่ข้างเคียง จนทำให้มีพลังงานสูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของแข็งจึงเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว (การหลอมเหลว) หรือ ไอ (การระเหิด)

การหลอมเหลว คือ การที่ของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

จุดหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่ของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่ความดัน 1 บรรยากาศ

การระเหิด คือ การที่ของแข็งเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอโดยไม่ผ่านสถานะของเหลว จะเกิดกับสารเพียงบางชนิดที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วน้อยมาก เช่น แนพทาลิน ไอโอดีน

สารที่มีสถานะเป็นของเหลวจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็ง การจัดเรียงอนุภาคก็เป็นระเบียบน้อยกว่าจึงมีที่ว่างระหว่างอนุภาคเล็กน้อยทำให้เคลื่อนที่ได้แต่ไม่แยกจากกันหรือที่เรียกว่าไหลได้ มีรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ มีปริมาตรคงที่ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าของเหลวสามารถแพร่ได้

แรงตึงผิว คือ แรงที่ดึงผิวของของเหลวเข้ามาภายในเพื่อให้เหลือพื้นที่ผิวของของเหลวน้อยที่สุด ตัวอย่างปรากฏการณ์ที่แสดงว่าของเหลวมีแรงตึงผิว เช่น การรักษารูปทรงของหยดน้ำที่อยู่บนใบไม้ แรงตึงผิวของของเหลวแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน

ความตึงผิว คือ งานที่ใช้ในการขยายพื้นที่ผิวของของเหลว 1 หน่วย ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในของเหลว ถ้ามีแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงมาก ความตึงผิวจะมีค่าสูง นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความตึงผิวด้วยโดยอุณหภูมิต่ำจะทำให้ความตึงผิวลดลง

การระเหย คือ การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ จะเกิดได้เมื่อของเหลวถึงพลังงานส่วนหนึ่งไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะจึงทำให้อุณหภูมิลดลง ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยมีดังนี้ อุณหภูมิ(ถ้าสูงจะระเหยเร็วขึ้น) , พื้นที่ผิวของของเหลว(พื้นที่ผิวมากจะระเหยเร็วขึ้น) ,การที่ของเหลวอยู่ในระบบเปิด(ระบบเปิดจะป้องกันไม่ให้เกิดมาควบแน่นได้อีกจึงระเหยเร็ว) , ความดันบรรยากาศเหนือของเหลว(ถ้ามีมากจะระเหยได้ช้า) และการถ่ายเทของอากาศเหนือของเหลว การคนของเหลว(ถ้ามีการถ่ายเท,กวนสารจะระเหยได้เร็วขึ้น)เนื่องจากการระเหยจะเกิดขึ้นตลอดเวลาแม้อุณหภูมิจึงคงที่ ดังนั้นของเหลวที่อยู่ในภาชนะเปิดจะระเหยได้เร็วเพราะความดันไอของของเหลวมีค่าลดลง แต่ถ้าอยู่ในภาชนะปิดการระเหยจะช้าลงเพราะโมเลกุลของไอจะเพิ่มขึ้นทำให้ความดันไอเหนือของเหลวเพิ่มขึ้นและไอบางส่วนควบแน่นกลายเป็นของเหลวได้อีกจึงทำให้ปริมาณของของเหลวคงเดิม

ความดันไอของของเหลว หมายถึง ความดันของไอเหนือของเหลวขณะที่มีค่าคงที่หรืออยู่ในภาวะสมดุล

ของเหลวแต่ละชนิดจะมีความดันไอไม่เท่ากัน แม้จะมีอุณหภูมิเท่ากันและค่าของความดันไอจะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิโดยอุณหภูมิต่ำความดันไอจะสูงด้วย ของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแข็งแรงน้อย การกลายเป็นไอจะเกิดได้ง่าย ความดันไอจึงสูงแต่จุดเดือดจะต่ำ ส่วนของเหลวที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแข็งแรงมาก การกลายเป็นไอ

จะเกิดยากความดันไอจึงต่ำแต่จุดเดือดจะสูง นั่นคือจุดเดือดของของเหลวมีความสัมพันธ์กับความดันไอของของเหลว

จุดเดือดของของเหลว คือ อุณหภูมิขณะที่ของเหลวมีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศ

จุดเดือดปกติ คือ จุดเดือดของของเหลวที่มีความดัน 1 บรรยากาศ

สารที่มีสถานะแก๊ส เป็นสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมากจึงสามารถแพร่กระจายได้เต็มภาชนะที่บรรจุ รูปร่างและขนาดจึงเป็นไปตามภาชนะที่บรรจุ แก๊สเป็นสารที่มีความหนาแน่นต่ำสามารถบีบอัดได้ง่าย เนื่องจากแก๊สส่วนใหญ่มีสมบัติคล้ายคลึงกัน ในการอธิบายสมบัติของแก๊สจึงใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สในการอธิบาย ได้ดังนี้

1. เนื่องจากแก๊สประกอบด้วยอนุภาคจำนวนมากที่มีขนาดเล็ก จึงถือได้ว่าอนุภาคของแก๊สไม่มีปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของภาชนะที่บรรจุ
2. การที่โมเลกุลของแก๊สอยู่ห่างกันมาก เป็นผลให้แรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างโมเลกุลมีน้อย จึงถือได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน
3. โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอย่างรวดเร็วเป็นอิสระ ด้วยอัตราเร็วคงที่และไม่เป็นระเบียบ เมื่อชนกับโมเลกุลอื่นหรือชนกับผนังของภาชนะจะเกิดการเปลี่ยนทิศทางและอัตราเร็ว
4. เมื่อโมเลกุลของแก๊สเกิดชนกันเองหรือชนกับผนังของภาชนะ จะเกิดการถ่ายโอนพลังงานให้แก่กันและกันได้ แต่พลังงานรวมของระบบก็ยังคงมีค่าคงที่
5. ที่อุณหภูมิเดียวกัน แม้โมเลกุลของแก๊สแต่ละโมเลกุลจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน แต่ค่าพลังงานจลน์เฉลี่ยจะมีค่าเท่ากัน โดยค่าพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวิน

แก๊สอุดมคติเท่านั้นที่จะมีสมบัติเป็นไปตามทฤษฎีจลน์ของแก๊สทุกประการ แต่ถ้าเป็นแก๊สจริงจะมีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สอุดมคติเท่านั้น

การทำแก๊สจริงให้มีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สอุดมคติทำได้โดยทำให้แก๊สอยู่ในภาวะที่มีปริมาตรมาก ความดันต่ำ และอุณหภูมิสูง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความดัน ซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านทำการศึกษาในภาวะต่างๆดังนี้

บอยล์ ได้ตั้งกฎของบอยล์ขึ้นมีใจความว่า “ เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน ” มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ชาร์ล ได้ตั้งกฎของชาร์ลขึ้นมีใจความว่า “ เมื่อมวลและความดันของแก๊สคงที่ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ” มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2 \quad (T(K) = t(^{\circ}C) + 273)$$

เก-ลูซัก ได้ตั้งกฎของ เกย์-ลูซักขึ้นมีใจความว่า “เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ ความดันของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ” มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ เมื่อมวลมีค่าคงที่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้ง อุณหภูมิ, ความดันและปริมาตรไปพร้อม ๆ กัน จึงมีการศึกษาเพื่อรวมกฎทุกกฎเข้าด้วยกัน กลายเป็นกฎรวมแก๊ส ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

จากการศึกษากฎของอาโวกาโดร ที่กล่าวว่า “ ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันแก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน ” แสดงว่าปริมาตรหรือจำนวนโมลของแก๊สมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนอนุภาคและปริมาตรของแก๊ส ทำให้เขียนกฎของอาโวกาโดรได้ว่า “ ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ปริมาตรของแก๊สใดๆจะแปรผันตรงกับจำนวนโมลของแก๊ส ” เขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$V = kn \quad (\text{เมื่อ } k \text{ คือค่าคงที่})$$

เมื่อรวมความสัมพันธ์ของกฎต่างๆเข้าด้วยกันจะได้ว่า ความดัน ปริมาตร จำนวนโมล หรือมวลและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กันตามสมการสถานะของแก๊ส ซึ่งเรียกสมการนี้ว่า กฎแก๊สสมบูรณ์ เขียนได้ดังนี้

$$PV = nRT \quad \text{หรือ} \quad d = MP/RT$$

กฎแก๊สสมบูรณ์ใช้คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆของแก๊สสมบูรณ์ แต่เนื่องจากแก๊สส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามกฎแก๊สสมบูรณ์ การใช้กฎแก๊สสมบูรณ์จึงใช้โดยกำหนดค่าคงที่ของแก๊ส (R) ให้มีปริมาณแก๊ส 1 โมล ที่ภาวะมาตรฐาน (STP) คือ มีความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หรือ 273 เคลวิน และมีปริมาตร 22.4 ลิตร เพราะภาวะนี้แก๊สจริงจะมีสภาพคล้ายแก๊สสมบูรณ์มากที่สุด

P = ความดัน V = ปริมาตร n = จำนวนโมล T = อุณหภูมิเคลวิน

R = ค่าคงที่ของแก๊ส ค่านี้มีหลายค่าขึ้นกับหน่วยที่เกี่ยวข้องกัน เช่น

P มีหน่วยเป็น atm ใช้ R = 0.082058 L.atm.mol⁻¹.K⁻¹

P มีหน่วยเป็น torr ใช้ R = 62.364 L.torr.mol⁻¹.K⁻¹

P มีหน่วยเป็น Pa และ V มีหน่วยเป็น m³ ใช้ R = 8.314 J.mol⁻¹.K⁻¹

P_1, P_2 = ความดัน ใช้หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

V_1, V_2 = ปริมาตร ใช้หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

T_1, T_2 = อุณหภูมิ ใช้หน่วยเคลวิน(K) เท่านั้น

n = จำนวนโมล = มวลเป็นกรัม(g) / มวลโมเลกุล (M)

d = ความหนาแน่นของแก๊ส (กรัม/ปริมาตร) = มวลเป็นกรัม(g) / ปริมาตร(v)

M = มวลโมเลกุล

การแพร่ หมายถึง การที่อนุภาคของสารเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ซึ่งเกิดกับสารได้ทุกสถานะทั้งของแข็ง ของเหลว แก๊ส

การแพร่ของแก๊สจะเกิดได้ง่ายและรวดเร็ว เพราะโมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ได้ง่ายโดยอิสระ โดยการแพร่ของแก๊สแต่ละชนิดจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊สโดยแก๊สที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะแพร่เร็วกว่าแก๊สที่มีมวลโมเลกุลสูงในระยะเวลาที่เท่ากัน การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สนอกจากจะแพร่ได้ตามสภาพปกติแล้วยังสามารถแพร่ผ่านรูเล็กๆได้ด้วย

การแพร่ผ่าน คือ การที่แก๊สที่อยู่ใต้ความดันค่าหนึ่งเกิดการเคลื่อนที่จากภาชนะที่บรรจุอยู่ผ่านรูเล็กๆมากไปอีกภาชนะหนึ่งโดยไม่มีการชนกันของโมเลกุล

โทมัส เกรแฮม พบว่า “ ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันอัตราการแพร่ผ่านของแก๊ส จะแปรผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นของแก๊ส ”

เนื่องจากอัตราการแพร่ผ่านเป็นสัดส่วนระหว่างจำนวนโมลหรือมวลโมเลกุลของแก๊ส ต่อหน่วยเวลา ดังนั้นความหนาแน่นของแก๊สจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลต่อโมลของแก๊ส ได้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมมีใจความว่า “ ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันอัตราการแพร่ผ่านของแก๊สจะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลต่อโมลของแก๊ส ” จากกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมสามารถเปรียบเทียบอัตราการแพร่ผ่านของแก๊ส 2 ชนิดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันได้ จากสูตรต่อไปนี้

$$r_1 / r_2 = \sqrt{M_2 / M_1}$$

เมื่อ r_1, r_2 คือ อัตราการแพร่ผ่านของแก๊สชนิดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

M_1, M_2 คือ มวลต่อโมลของแก๊สชนิดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การแพร่ผ่านของแก๊สจะเร็วหรือช้าขึ้นกับมวลโมเลกุลของแก๊สเช่นเดียวกับการแพร่ของแก๊ส

จากความรู้ในเรื่องสถานะของสารทั้ง 3 สถานะพบว่าของแข็ง ของเหลวและแก๊สมีสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมบางประเภทได้ เช่น การทำน้ำแข็งแห้ง การทำไนโตรเจนเหลว และเทคโนโลยีการสกัดสารโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของของไหล

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเกิดปฏิกิริยาเคมีในธรรมชาติหรือชีวิตประจำวันมีมาก และ เกิดเร็วช้าแตกต่างกันทั้งนี้เพราะสารตั้งต้นแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันอีกทั้งภาวะที่ปฏิกิริยามีความเหมาะสมมากน้อย ไม่เท่ากัน ขณะที่เกิดปฏิกิริยา ปริมาณสารในระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสารตั้งต้นจะปริมาณลดลงเรื่อยๆ และ ผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น เราจะทราบว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วหรือช้าได้ โดยพิจารณาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลง(ใช้สัญลักษณ์เป็นเครื่องหมายลบ) หรือปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น(ใช้สัญลักษณ์เป็นเครื่องหมายบวก) ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งจะวัดเป็นวินาทีหรือวัน ก็แล้วแต่ว่าจะเกิดปฏิกิริยาเร็วหรือช้า เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้



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

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 การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารต่างๆจะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณเป็นโมลของสารแต่ละชนิด หากด้วยสัมประสิทธิ์แสดงจำนวนโมล 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

การเกิดปฏิกิริยาเคมีทุกปฏิกิริยาจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ 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 และมีบางปฏิกิริยาที่

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น 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 ขณะที่สารที่เป็นตัวหน่วงจะเพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วและช้าตามลำดับ ขณะที่สารที่เป็นตัวเร่งหรือตัวหน่วงเข้าร่วมปฏิกิริยา จะเปลี่ยนแปลงสารอื่นชั่วคราว แต่เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลง สารเหล่านี้ก็จะกลับออกมา ดังนั้นในการเติมตัวเร่งหรือตัวหน่วง ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ความยากง่ายในการแยกตัวเร่งหรือตัวหน่วงปฏิกิริยาออกจากสารผลิตภัณฑ์ และราคาของตัวเร่งหรือตัวหน่วงปฏิกิริยา



แบบฝึกหัดท้ายบท

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ ร้อยละ , ส่วนในล้านส่วน , โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร , โมลต่อกิโลกรัมหรือเศษส่วนโมล

.....
.....
.....
.....

2. จงแสดงวิธีคำนวณตามใบงานที่ท่านได้รับ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. จงบอกวิธีหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาขณะใดขณะหนึ่ง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

