



New ~~สรุปเข้ม~~

MAA

เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม

ใหม่

ตรงตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551

ม.5



เสกสรรค์ ศิริวัฒน์วิบูลย์

ปวีณา วรรณักษ์เสรี

 IMAC EDUCATION

New สรุปใหม่

เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5

- สรุปเนื้อหาสาระสำคัญวิชาเคมี ม.5
- ฝึกฝนและพัฒนาวิธีคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ
- แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ พร้อมเฉลยละเอียด สามารถใช้ประเมินผลได้ด้วยตนเอง
- ดัชนีท้ายเล่มช่วยในการสืบค้นข้อมูล เป็นการเพิ่มทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้
- เหมาะสำหรับเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่สนามสอบและเป็นพื้นฐานการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น



ภาพจากปก : สารชนิดเดียวกันเมื่อนำมาทดสอบปฏิกิริยกรด-เบสอาจได้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน

เสกสรรค์ ศิริวัฒนวิบูลย์
ปวีณา วรรักษ์เสรี

New สรุปเข้ม

เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

เสกสรรค์ ศิริวิฒนวิบูลย์.

New สรุปเข้มเคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5--กรุงเทพฯ : แม็ค, 2552.
232 หน้า.

1. เคมี. 2. เคมี--ข้อสอบและเฉลย. I. ปวีณา วรรัชเสรี, ผู้แต่งร่วม.

II. ชื่อเรื่อง

540

ISBN 978-974-412-571-2

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

MAC PRESS CO., LTD.

ผู้เขียน : เสกสรรค์ ศิริวิฒนวิบูลย์ และ ปวีณา วรรัชเสรี

สงวนลิขสิทธิ์ : พฤษภาคม 2552

ราคาจำหน่าย : 95 บาท

การสั่งซื้อ : ส่งธนาคัติสั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว 10310 ในนาม บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028

E-mail : macpress@MACeducation.com

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด จำปาทอง พรินติ้ง

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

คำนำ

หนังสือคู่มือ New สรุปเข้มเคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5 เล่มนี้ นำเสนอเนื้อหาตามกรอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วย สรุปเนื้อหาที่เป็นสาระสำคัญในแต่ละเรื่องและแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้พร้อมเฉลยละเอียด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาทำความเข้าใจเนื้อหาในแต่ละเรื่องด้วยตนเอง ฝึกทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถใช้ประเมินผลตนเองในท้ายหน่วยการเรียนรู้ นอกจากนี้มีแบบทดสอบพร้อมเฉลยละเอียดท้ายเล่มเพื่อให้ผู้เรียนได้เพิ่มทักษะในการเรียนรู้ สร้างความเข้าใจและความมั่นใจให้มากยิ่งขึ้นก่อนเข้าสู่สนามสอบจริงและเป็นพื้นฐานการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือคู่มือชุด New สรุปเข้ม ชุดนี้จะเป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียนและผู้สนใจทั่วไปเป็นอย่างดี

บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

สารบัญ

● หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1-27
ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
- การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย	3
- การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง	4
- การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง	5
แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	6
พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	7
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	7
- ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	8
- พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	10
- อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	11
- ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี	12
แบบฝึกหัดหน่วยการเรียนรู้ที่ 1	16
● หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สมดุลเคมี	28-53
การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	29
การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดภาวะสมดุล	29
สมดุลในปฏิกิริยาเคมี	30
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่างๆ ณ ภาวะสมดุล	33

ค่าคงที่สมดุล	35
- ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี	36
- การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล	38
ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล	40
- การเปลี่ยนความเข้มข้น	40
- การเปลี่ยนความดัน	42
- การเปลี่ยนอุณหภูมิ	42
- การเติมตัวเร่งปฏิกิริยา	44
หลักของเลอชาเตอลิเ	45
- การใช้หลักของเลอชาเตอลิเในอุตสาหกรรม	45
- สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	46
แบบฝึกหัดหน่วยการเรียนรู้ที่ 2	47
● หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กรด-เบส	54-97
อิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) และ นอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte)	54
- ชนิดของอิเล็กโทรไลต์	55
กรด (acid)	56
เบส (base)	63
ทฤษฎีกรด-เบส	67
กรดธาตุคู่ (binary acid) และ กรดออกโซ (oxo acid)	70
การแตกตัวของน้ำและค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ	72
pH, pOH, pK_a , pK_b และ pK_w	74
อินดิเคเตอร์ (indicator)	76
เกลือ (salt)	79
ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (hydrolysis reaction)	81
สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution)	84
การไทเทรตปฏิกิริยากรด-เบส	87
แบบฝึกหัดหน่วยการเรียนรู้ที่ 3	91

● หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ไฟฟ้าเคมี

98-139

การดุลสมการรีดอกซ์	100
- การดุลปฏิกิริยารีดอกซ์โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน	100
- การดุลปฏิกิริยารีดอกซ์โดยอาศัยสองครึ่งปฏิกิริยา	101
เซลล์ไฟฟ้าเคมี (electrochemical cell)	104
เซลล์กัลวานิก (galvanic cell)	104
- ประเภทของเซลล์กัลวานิก	108
- ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ (E°)	111
เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell)	115
- การนำกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสมาใช้ประโยชน์	116
- การผุกร่อนของโลหะ (corrosion process)	124
ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี	127
แบบฝึกหัดหน่วยการเรียนรู้ที่ 4	130

● หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม 140-182

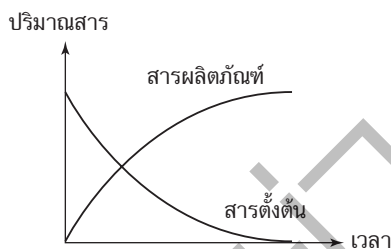
อุตสาหกรรมแร่โลหะ	140
- ทองแดง (copper)	142
- สังกะสี (zinc) และ แคดเมียม (cadmium)	144
- ดีบุก (tin)	147
- ทังสเตน (tungsten)	148
- พลวง (antimony)	149
- แทนทาลัม (tantalum) และ นีโอเบียม (niobium)	150
- เซอร์โคเนียม (zirconium)	152
อุตสาหกรรมแร่รัตนชาติ	154
- เพชร (diamond)	155
อุตสาหกรรมเซรามิก แก้ว และปูนซีเมนต์	157
- เซรามิก	157

- แก้ว	160
- ปูนซีเมนต์	162
อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับโซเดียมคลอไรด์	164
- การผลิตเกลือสมุทร	164
- การผลิตเกลือสินเธาว์	165
- การผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคลอรีน	167
- การผลิตโซดาแอช (soda ash)	169
- การผลิตสารฟอกขาว	171
อุตสาหกรรมปุ๋ย	173
แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5	176
แบบทดสอบชุดที่ 1	183
แบบทดสอบชุดที่ 2	187
เฉลย	192
ดัชนี	221





การศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา กลไกการเกิดปฏิกิริยา ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ตลอดจนพลังงานที่เกี่ยวข้องกับความเร็วในการเกิดปฏิกิริยา



เมื่อนำสารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยากันแล้วปล่อยทิ้งไว้ สารตั้งต้นในตอนเริ่มต้นจะมีปริมาณหรือความเข้มข้นที่สูง แต่สารผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณหรือความเข้มข้นเป็นศูนย์ หลังจากเวลาผ่านไปสารตั้งต้นจะมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ จนเท่ากับศูนย์ในที่สุด ส่วนสารผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนคงที่ในที่สุดเมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุด

ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยา (Rate of reaction : R) เป็นการศึกษาปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงนั้น โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} \\ &= \frac{\text{ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไป}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลง}} \\ &= \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{เวลา}} \\ &= \frac{\text{ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{เวลา}} \end{aligned}$$

การที่ปฏิกิริยาแต่ละชนิดมีลักษณะของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยาหรือลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกต่างกันอาจเป็นตะกอนของสารแก๊สหรือความเข้มของสีที่เปลี่ยนไปเราจึงต้องใช้การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาด้วยวิธีที่



แตกต่างกันไป เช่น

- $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ วัดจากการเปลี่ยนความดัน
- $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$ วัดจากการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบส
- $\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$ วัดจากความเข้มของสีที่ลดลงของ I_2
- $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Br}_2(\ell) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$ วัดจากความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

R = อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

t = เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

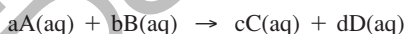
$[\]$ = ความเข้มข้นของสารในหน่วยโมลต่อลิตร (mol/L)

$\frac{d[\]}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นต่อเวลา

$\frac{\Delta A}{\Delta t}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร A ต่อเวลา

การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งเกิดจากสารสมมติตามสมการที่ดุลแล้วดังนี้



เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป สารตั้งต้นคือ A และ B จะมีปริมาณลดลง แต่สารผลิตภัณฑ์คือ C และ D จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น จากสมการดังกล่าวเราสามารถเขียนสมการแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

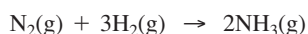
$$R = \frac{1}{a} \times \frac{d[\text{A}]}{dt} = \frac{1}{b} \times \frac{d[\text{B}]}{dt} = \frac{1}{c} \times \frac{d[\text{C}]}{dt} = \frac{1}{d} \times \frac{d[\text{D}]}{dt}$$

$$R = \frac{1}{a} \times \frac{\Delta[\text{A}]}{\Delta t} = \frac{1}{b} \times \frac{\Delta[\text{B}]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \times \frac{\Delta[\text{C}]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \times \frac{\Delta[\text{D}]}{\Delta t}$$

$$\text{หรือ } R = \frac{R_{\text{A}}}{a} = \frac{R_{\text{B}}}{b} = \frac{R_{\text{C}}}{c} = \frac{R_{\text{D}}}{d}$$

ตัวอย่างที่ 1 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แอมโมเนียจากแก๊สไนโตรเจนและแก๊สไฮโดรเจน ถ้าอัตราการลดลงของ H_2 เท่ากับ 3.6×10^{-2} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-วินาที อัตราการเกิดของแอมโมเนียและอัตราของปฏิกิริยามีค่าเท่าไร

วิธีทำ



$$R = R_{\text{N}_2} = \frac{R_{\text{H}_2}}{3} = \frac{R_{\text{NH}_3}}{2}$$

$$\frac{R_{\text{NH}_3}}{2} = \frac{R_{\text{H}_2}}{3}$$

$$R_{\text{NH}_3} = \frac{2}{3} R_{\text{H}_2}$$

$$= \frac{2}{3} \times 3.6 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$$



$$\begin{aligned}
 &= 2.4 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s} \\
 R &= \frac{R_{\text{H}_2}}{3} \\
 &= \frac{3.6 \times 10^{-2}}{3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s} \\
 &= 1.2 \times 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการเกิดแอมโมเนียมีค่า 2.4×10^{-2} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-วินาที และอัตราของปฏิกิริยามีค่า 1.2×10^{-2} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-วินาที

ตอบ



★ การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย

การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย เป็นการหาปริมาณสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดต่อเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด หรือหาจากสมการ

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

ตัวอย่างที่ 2 จากสมการ $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ การสลายตัวของ N_2O_5 มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเป็นไปตามข้อมูลในตาราง

เวลา (min)	ความเข้มข้นของ NOCl (mol/dm^3)
0	5.0
500	3.5
1000	2.5
1500	1.8
2000	1.2

จงคำนวณหาอัตราการสลายตัวเฉลี่ยของ N_2O_5

$$\begin{aligned}
 \text{วิธีทำ} \quad \text{อัตราการสลายตัวเฉลี่ยของ } \text{N}_2\text{O}_5 &= \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_{\text{เริ่มต้น}} - [\text{N}_2\text{O}_5]_{\text{สุดท้าย}}}{\text{เวลาที่ใช้}} \\
 &= \frac{(5.0 - 1.2) \text{ mol/dm}^3}{(2000 - 0) \text{ s}} \\
 &= \frac{3.8 \text{ mol/dm}^3}{2000 \text{ s}} \\
 &= 1.9 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการสลายตัวของ N_2O_5 มีค่าเท่ากับ 1.9×10^{-3} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-วินาที

ตอบ



การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เป็นการหาปริมาณสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งต่อเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงนั้น

ตัวอย่างที่ 3 ปฏิกิริยา $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ดังนี้

เวลา (s)	ความเข้มข้น (mol/dm^3)		
	N_2O_5	NO_2	O_2
0	0.0200	0.0000	0.0000
100	0.0169	0.0063	0.0016
200	0.0142	0.0115	0.0029
300	0.0120	0.0160	0.0040
400	0.0101	0.0197	0.0049
500	0.0086	0.0229	0.0057
600	0.0072	0.0256	0.0064

จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200–300 วินาที

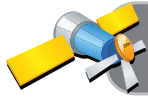
วิธีทำ

$$R = \frac{1}{2} R_{\text{N}_2\text{O}_5} = \frac{1}{4} R_{\text{NO}_2} = R_{\text{O}_2}$$

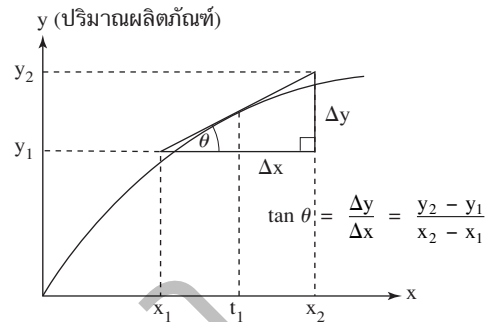
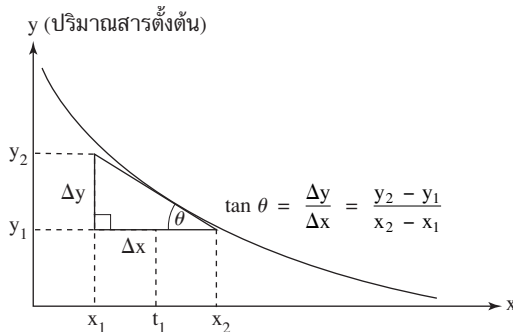
อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200–300 วินาที

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times R_{\text{N}_2\text{O}_5} \text{ ในช่วง 200–300 วินาที} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{(0.0142 - 0.0120) \text{ mol}/\text{dm}^3}{(300 - 200) \text{ s}} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{2.2 \times 10^{-3} \text{ mol}/\text{dm}^3}{100} \\ &= 1.1 \times 10^{-5} \text{ mol}/\text{dm}^3 \cdot \text{s} \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200–300 วินาที มีค่าเท่ากับ 1.1×10^{-5} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-วินาที **ตอบ**



* การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง



การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลาใดๆ ทำได้โดยวิธีการต่อไปนี้

1. นำความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์มาเขียนกราฟให้ครบถ้วน
2. ลากเส้นตรงจากจุดเวลาที่โจทย์ถามหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยลากให้ขนานกับแกน y หรือตั้งฉากกับแกน x

จนไปสัมผัสกับกราฟที่เราเขียนขึ้น ณ จุดใดๆ

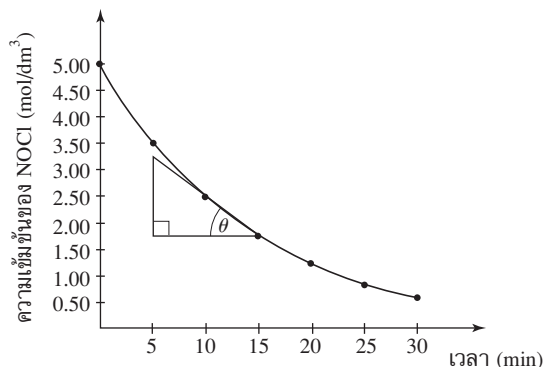
3. ลากเส้นตรงให้สัมผัสจุดบนเส้นกราฟนั้นจริงๆ
4. หาความชันกราฟ ณ จุดสัมผัสนั้น ($\tan \theta$) โดยสร้างสามเหลี่ยมมุมฉากดังรูป
5. คำนวณค่า $\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

ค่า $\tan \theta$ ณ จุดสัมผัสบนกราฟที่ได้คืออัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดเวลาที่โจทย์ถาม

ตัวอย่างที่ 4 ในการสลายตัวของ NOCl ที่ 50 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารดังนี้

เวลา (min)	ความเข้มข้นของ NOCl (mol/dm ³)
0	5.00
5	3.50
10	2.50
15	1.80
20	1.20
25	0.90
30	0.60

จากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของ NOCl จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ NOCl ที่เวลา 10 นาที อัตราในช่วง 5-10 นาที และ 10-15 นาที ในหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-นาที



$$\begin{aligned}\tan \theta &= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(3.25 - 1.75) \text{ mol/dm}^3}{(15 - 5) \text{ min}} \\&= \frac{1.5 \text{ mol/dm}^3}{10 \text{ min}} \\&= 0.15 \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{min}\end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาของ NOCl ที่เวลา 10 นาที มีค่าเท่ากับ 0.15 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร-นาที **ตอบ**

แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การที่สารเคมีใดจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกันได้อนุภาค (อาจเป็นโมเลกุล อะตอม หรือไอออน) ของสารต้องมีการชนกันหรือสัมผัสกัน เมื่ออนุภาคเกิดการชนกัน ถ้ามีพลังงานที่สูงพอจะทำให้พันธะที่มีอยู่ในสารเดิมแตกออกหรือขาดออกจากกันพร้อมๆ กับการสร้างพันธะของสารใหม่เกิดขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่า การชนกันระหว่างอนุภาคของสารทุกครั้งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ทุกครั้ง เพราะถ้าเป็นเช่นนั้นปฏิกิริยาทั้งหลายจะเกิดได้ทันทีอย่างรวดเร็ว เช่น ปฏิกิริยาการระเบิด แต่การชนกันนั้นมีเพียงน้อยครั้งที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ โดยทั่วไปปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ

1. อนุภาคของสารตั้งต้นมีการชนกันในทิศทางที่เหมาะสม
2. อนุภาคของสารที่เข้ามาชนกันต้องมีพลังงานจลน์ที่สูงพอที่จะทำให้สารตั้งต้นเปลี่ยนเป็นสารเชิงซ้อนที่มีพลังงานสูง

พว (activated complex) ที่เกิดการสลายพันธะที่มีอยู่เดิมแล้วเกิดการสร้างพันธะใหม่กลายเป็นผลิตภัณฑ์

พลังงานก่อกัมมันต์ (activation energy : E_a) เดิมเรียกว่า พลังงานกระตุ้น คือพลังงานต่ำที่สุดที่อนุภาคของสารตั้งต้นจะต้องมีเพื่อให้ชนกันแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาได้

ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดได้เร็วหรือช้าเพียงใดจะขึ้นอยู่กับพลังงานก่อกัมมันต์หรือค่า E_a ดังนี้

- ปฏิกิริยาใดมีพลังงานก่อกัมมันต์สูง จะเกิดปฏิกิริยาได้ยาก หรือเกิดได้ช้า
- ปฏิกิริยาใดมีพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำ จะเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย หรือเกิดได้เร็ว

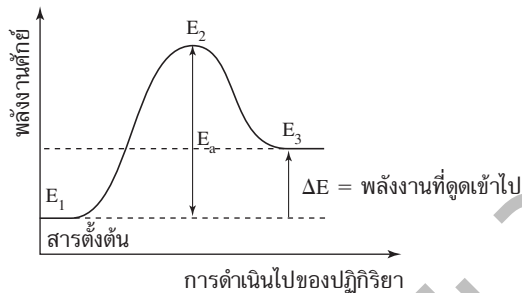


พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี



เมื่อพิจารณาในแง่ของพลังงานของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลง เราสามารถแบ่งปฏิกิริยาออกเป็น 2 ประเภท คือ

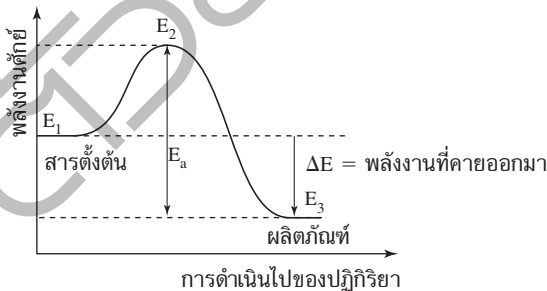
1. ปฏิกิริยาดูดพลังงาน (endothermic reaction)



ลักษณะของปฏิกิริยาดูดพลังงาน

- ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานสูงกว่าสารตั้งต้น
- ΔE หรือพลังงานของปฏิกิริยามีค่าเป็นบวก เพราะ $\Delta E = E_3 - E_1 = +E$
- ปฏิกิริยาอาจเกิดได้เร็วหรือช้าก็ได้เพราะ E_a ของแต่ละปฏิกิริยามีค่าน้อยไม่เท่ากัน
- สารตั้งต้นมีความเสถียรมากกว่าผลิตภัณฑ์ เพราะสารตั้งต้นมีพลังงานศักย์ต่ำกว่า

2. ปฏิกิริยาคายพลังงาน (exothermic reaction)



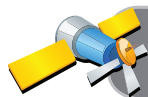
ลักษณะของปฏิกิริยาคายพลังงาน

- ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานต่ำกว่าสารตั้งต้น
- ΔE หรือพลังงานของปฏิกิริยามีค่าเป็นลบ เพราะ $\Delta E = E_3 - E_1 = -E$
- ปฏิกิริยาอาจเกิดได้เร็วหรือช้าก็ได้เพราะ E_a ของแต่ละปฏิกิริยามีค่าน้อยไม่เท่ากัน
- สารผลิตภัณฑ์มีความเสถียรมากกว่าสารตั้งต้น เพราะผลิตภัณฑ์มีพลังงานศักย์ต่ำกว่า

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ ธรรมชาติของสารตั้งต้น ความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ และตัวเร่งหรือตัวหน่วงปฏิกิริยา



ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ศึกษาโดยการทดลองจากการผสมสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้าด้วยกัน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



โดยอาจเขียนเป็นสมการไอออนิกได้เป็น

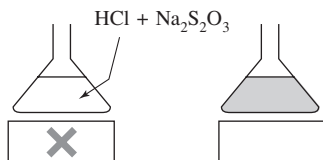


ตอนที่ 1 ใช้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้นต่างกันทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นคงที่

สารที่เติม \n การทดลอง	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	ขวดที่ 4	ขวดที่ 5
สารละลาย HCl เข้มข้น 3 mol/dm^3	10 cm^3	10 cm^3	10 cm^3	10 cm^3	10 cm^3
สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เข้มข้น 3 mol/dm^3	10 cm^3	8 cm^3	6 cm^3	4 cm^3	2 cm^3
น้ำกลั่น	0 cm^3	2 cm^3	4 cm^3	6 cm^3	8 cm^3
ปริมาตรสารละลายผสม	20 cm^3	20 cm^3	20 cm^3	20 cm^3	20 cm^3

สารที่เติม \n การทดลอง	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	ขวดที่ 4	ขวดที่ 5
เวลาที่ใช้เกิดปฏิกิริยา	น้อย				มาก
อัตราการเกิดปฏิกิริยา	สูง				ต่ำ

เราสามารถติดตามอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยสังเกตจากกัมมันตาคอลลอยด์ที่ขาวขุ่นว่าจะบดบังเครื่องหมายกากบาทที่อยู่บนกระดาษโดยใช้เวลานานน้อยเท่าใด



ขวดรูปชมพู่ใดใช้เวลาน้อยในการมองไม่เห็นเครื่องหมายกากบาทแสดงว่าปฏิกิริยาเกิดเร็ว (อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง)
ถ้าใช้เวลานานแสดงว่าปฏิกิริยาเกิดช้า (อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่ำ)



$$\therefore \text{อัตรา} \propto \frac{1}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

$$\text{เพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยา} = \frac{\text{ปริมาณของกำมะถันที่เกิดขึ้น}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

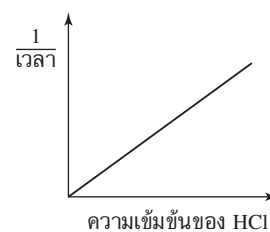
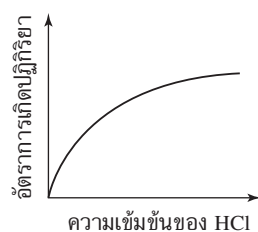
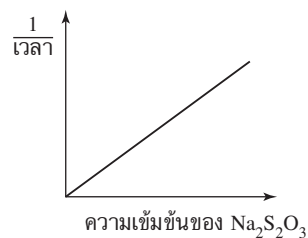
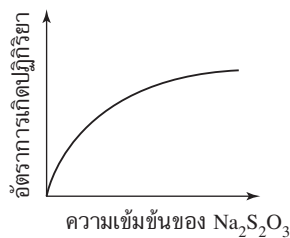
ตอนที่ 2 ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นต่างกันทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้นคงที่

สารที่เติม / การทดลอง	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	ขวดที่ 4	ขวดที่ 5
สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เข้มข้น 0.3 mol/dm^3	10 cm^3	10 cm^3	10 cm^3	10 cm^3	10 cm^3
สารละลาย HCl เข้มข้น 0.3 mol/dm^3	10 cm^3	8 cm^3	6 cm^3	4 cm^3	2 cm^3
น้ำกลั่น	0 cm^3	2 cm^3	4 cm^3	6 cm^3	8 cm^3
ปริมาตรสารละลายผสม	20 cm^3	20 cm^3	20 cm^3	20 cm^3	20 cm^3
เวลาที่ใช้เกิดปฏิกิริยา	น้อย $\longrightarrow$ มาก				
อัตราการเกิดปฏิกิริยา	สูง $\longrightarrow$ ต่ำ				

ในการทดลองตอนที่ 1 ขวดทดลองใดมีการเติมน้ำมากแต่เติมสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ลงไปน้อย แสดงว่าความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ในสารละลายจะน้อย จะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยามาก ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าน้อย

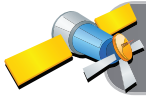
ในการทดลองตอนที่ 2 ขวดทดลองใดมีการเติมน้ำมาก แต่เติมสารละลาย HCl ลงไปน้อย แสดงว่าความเข้มข้นของ HCl ในสารละลายจะน้อย จะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยามาก ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าน้อย

จากผลการทดลองทั้งสองตอนดังกล่าวจึงสามารถเขียนกราฟแสดงผลการทดลองได้เป็น





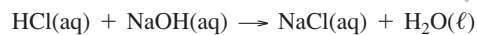
ในช่วงต้นของปฏิกิริยาอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีมาก เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นและค่อยๆ ลดลงจนไม่เพิ่มอีกต่อไป สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นเป็นการเพิ่มโอกาสในการชนกันของอนุภาคของสารตั้งต้น เพราะระยะห่างระหว่างอนุภาคของสารตั้งต้นลดลง ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสูง นั่นคือใช้เวลาในการเกิดน้อย



พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ

1. **ปฏิกิริยาเนื้อเดียว (homogeneous reaction)** คือ ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้หมด มักเกิดจากการผสมสารละลายชนิดต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น การผสมสารละลายกรดเข้ากับสารละลายเบส



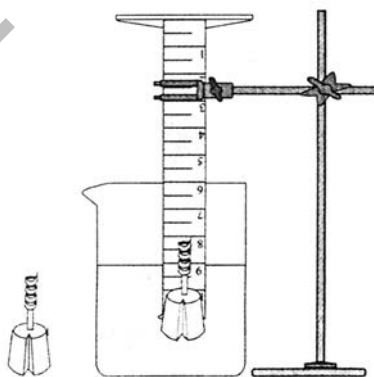
2. **ปฏิกิริยาเนื้อผสม (heterogeneous reaction)** หรือ **ปฏิกิริยาต่างเนื้อ** คือ ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน มักเกิดจากการผสมสารตั้งต้นที่มีสถานะต่างกันเข้าด้วยกัน เช่น



จากการทดลองศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเกิดปฏิกิริยาตามสมการดังนี้

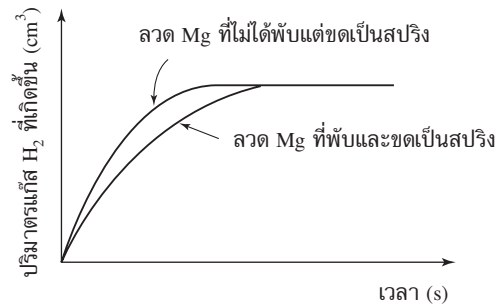


โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.2 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ในกระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จนเต็ม ทำปฏิกิริยากับลวดแมกนีเซียมที่ขัดสะอาดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร พร้อมทั้งอุปกรณ์อื่นและจัดอุปกรณ์ดังรูป แล้ววัดปริมาตรแก๊สที่เกิดจากปฏิกิริยา พร้อมทั้งจับเวลาเมื่อของเหลวในกระบอกตวงอยู่ที่ขีดแรก และทุกระยะที่ของเหลวลดลง 1 เซนติเมตร หลังการทดลองเสร็จสิ้นให้ทำการทดลองอีกครั้ง โดยทำการทดลองเหมือนเดิมทุกประการ แต่ใช้ลวดแมกนีเซียมที่พับจนเหลือความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร แล้วบันทึกผลการทดลองเหมือนเดิม



รูปแสดงการจัดอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาปฏิกิริยาระหว่าง
โลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

จากผลการทดลองพบว่า การทดลองที่ใช้ลวดแมกนีเซียมซึ่งมีการพับจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่สูงกว่า เพราะมีพื้นที่ผิวมากกว่า การที่มีพื้นที่ผิวมากกว่าจะทำให้อนุภาคของสารตั้งต้นมีโอกาสชนกันได้มากกว่า ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วกว่า



ในการทำงานเดียวกัน ถ้านำ CaCO_3 (หินปูน) ที่เป็นก้อนและเป็นผงมาทำปฏิกิริยากับสารละลายกรด HCl เปรียบเทียบกัน ปฏิกิริยาที่ใช้ CaCO_3 ผงจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่า เกิดได้เร็วกว่าเพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับกรด HCl มากกว่า



อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากการทดลองศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดออกซาลิก ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) กับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) ที่อุณหภูมิต่างๆ

การทดลองที่ 1 สารละลาย $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ เข้มข้น 0.05 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร + สารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 5 หยด + สารละลาย KMnO_4 เข้มข้น 0.005 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 10 หยด เขย่าและจับเวลาตั้งแต่เติมสารละลาย KMnO_4 ลงไปจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี

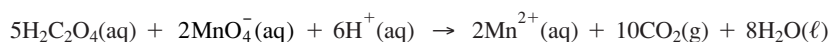
การทดลองที่ 2 ทำเหมือนการทดลองที่ 1 แต่ต้องผสมสารละลาย $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ กับ H_2SO_4 แล้วนำไปแช่น้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 3 และ 4 ทำการทดลองเหมือนการทดลองที่ 2 แต่ใช้น้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 40 องศาเซลเซียส และ 20 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (s)
20	320
40	50
60	20

ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ



จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงของ MnO_4^- ไปเป็นสีชมพูอ่อนของ Mn^{2+} (แมงกานีส (II) ไอออน) แต่ถ้าสารละลายเจือจางมากสารละลายที่เกิดปฏิกิริยาจะไม่มีสี จากผลการทดลองในตารางถ้าอุณหภูมิที่ใช้ทดลองยิ่งสูง เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะยิ่งน้อย แสดงว่ามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง โดยดูจากสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือไม่มีสีอย่างรวดเร็วการทดลองที่เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเพราะจะทำให้จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นที่มีพลังงานจลน์มากกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์มีมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้อนุภาคของสารตั้งต้นเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น การชนบ่อยครั้งขึ้นและชนกันแรงขึ้น

แนะนำหนังสือดี



NEW สรุปเข้ม
เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5



1532519100



สัญลักษณ์แห่งคุณภาพทางวิชาการ



9 789744 125712

ราคา 95 บาท