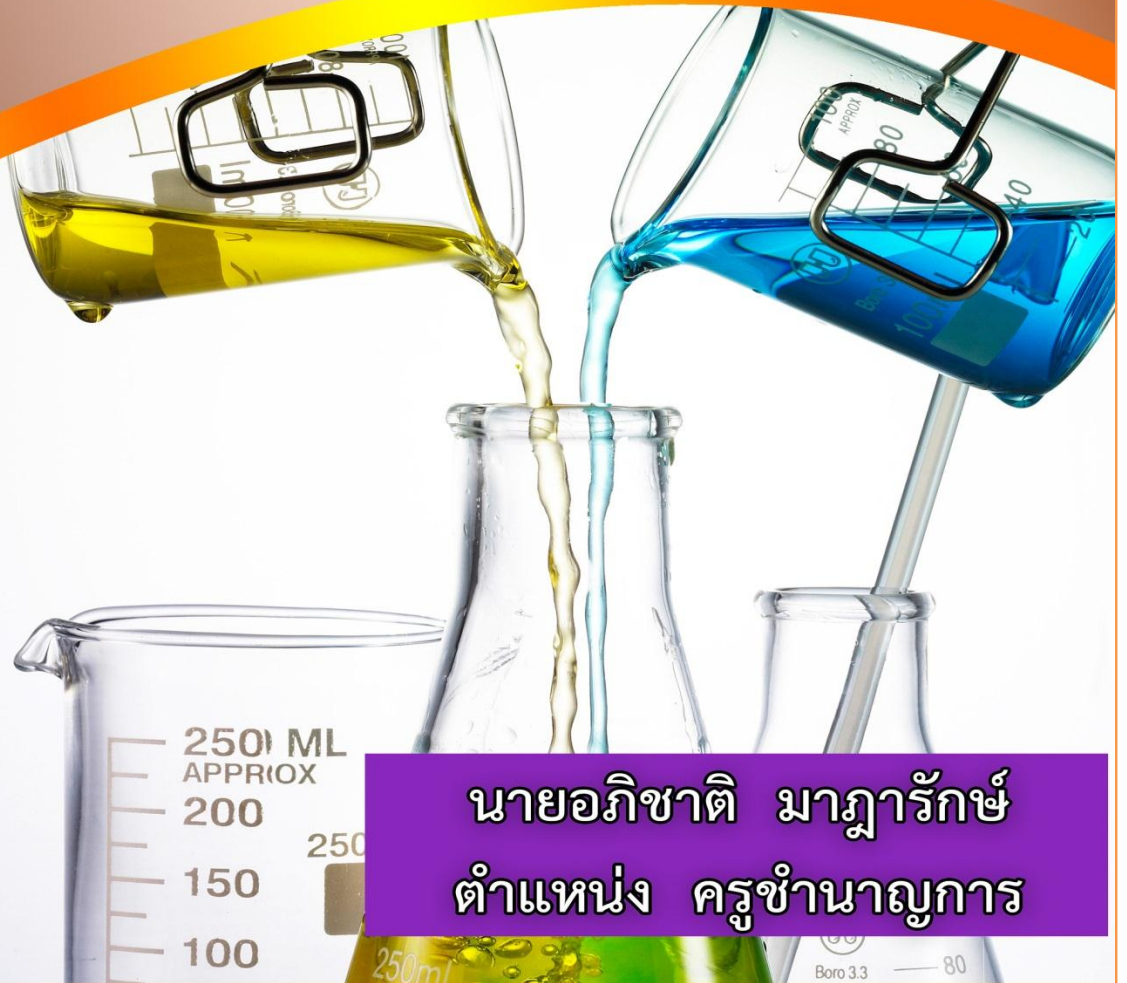


ชุดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

ชุดที่ 4

พลังงานกับการละลาย



นายอภิชาติ มาภรณ์รักษ์
ตำแหน่ง ครูชำนาญการ

โรงเรียนธาตุพนม

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22

สังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ว 21101 หน่วยการเรียนรู้ สารรอบตัว ที่จัดทำขึ้นมานี้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีจำนวน 7 ชุด ดังนี้

- ชุดที่ 1 เรื่อง การจำแนกสารรอบตัว
- ชุดที่ 2 เรื่อง การจำแนกสารโดยใช้ขนาดอนุภาคของสารเป็นเกณฑ์
- ชุดที่ 3 เรื่อง สารละลายและการเตรียมสารละลาย
- ชุดที่ 4 เรื่อง พลังงานกับการละลาย
- ชุดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร
- ชุดที่ 6 เรื่อง สมบัติความเป็นกรด – เบสของสาร
- ชุดที่ 7 เรื่อง ค่า pH ของสารละลาย

หวังว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา 21101 หน่วยการเรียนรู้ สารรอบตัว เล่มนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนการสอนของครูและนักเรียน

อภิชาติ มาภารักษ์

ครูชำนาญการ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	1
สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	2
สาระสำคัญ/จุดประสงค์การเรียนรู้	3
แบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 4	4
กระดาษคำตอบประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4 แบบทดสอบก่อนเรียน	7
ขั้นสร้างความสนใจประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4	8
ขั้นสำรวจและค้นหาประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4	9
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4	11
ขั้นขยายความรู้ประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4	12
ใบความรู้ เรื่องพลังงานกับการละลาย	12
ขั้นประเมินผลประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4	21
แบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 4	21
กระดาษคำตอบประจำชุดการเรียนรู้ที่ 4 แบบทดสอบหลังเรียน	24
เฉลยกิจกรรมชุดที่ 4	25
บรรณานุกรม	30

คำชี้แจง

1. นักเรียนอ่านคำชี้แจงให้เข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ โดยเรียนรู้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในชุดการเรียนรู้
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ในเวลา 10 นาที
3. นักเรียนศึกษาเนื้อหา ทำกิจกรรม และแบบฝึกหัดจากชุดการเรียนรู้ที่ครูแจกให้ด้วยความตั้งใจ และด้วยความซื่อสัตย์

ห้ามเปิดดูเฉลยก่อน

4. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ในเวลา 10 นาที
5. นักเรียนแลกเปลี่ยนกันตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
6. นักเรียนแจ้งผลการเรียนให้ครูเก็บคะแนน
7. เก็บชุดการเรียนรู้ส่งคืนคุณครู



สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 3 :สารและสมบัติของสาร

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

มฐ.ว 3.2 ม.1/2 ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติ มวล และพลังงานของสารเมื่อสารเปลี่ยนสถานะ และเกิดการละลาย

เอกสารแนบ

สาระสำคัญ / จุดประสงค์การเรียนรู้

สาระสำคัญ

การละลายของสารจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 โมเลกุลของน้ำจะดึงดูดกับโมเลกุลของสารให้หลุดออกจากโครงร่างผลึก ซึ่งต้องใช้พลังงานปริมาณหนึ่ง เรียกพลังงานนี้ว่า “พลังงานโครงร่างผลึก”

ขั้นที่ 2 เมื่อไอออนของสารแต่ละชนิดที่หลุดออกจากโครงร่างผลึก จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำ โดยโมเลกุลของน้ำจะหันด้านที่มีขั้วตรงข้ามเข้าหา เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำ และจะคายพลังงานออกมาปริมาณหนึ่ง เรียกว่า “พลังงานไฮเดรชัน”

พลังงานของการละลาย คือ ผลต่างของพลังงานความร้อนที่ระบบดูดเข้าไปในขั้นที่ 1 กับพลังงานความร้อนที่ระบบคายออกมาในขั้นที่ 2

ถ้าหลังการละลายอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แสดงว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบคายความร้อน
ถ้าหลังการละลายอุณหภูมิลดลง แสดงว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกหลักการเปลี่ยนแปลงสมบัติของมวลได้
2. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานของสาร เมื่อสารเปลี่ยนสถานะได้
3. อธิบายขั้นตอนการเกิดการละลายได้
4. อธิบายความแตกต่างของการละลายแบบดูดความร้อนและการละลายแบบคายความร้อน ได้

แบบทดสอบก่อนเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (×) ทับตัวอักษรที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด
เพียงคำตอบเดียว กำหนดเวลา 10 นาที

1. จงพิจารณาข้อความใด ไม่ ถูกต้อง
 - ก. การละลายมีการถ่ายโอนพลังงานทิศทางเดียว
 - ข. ปฏิริยาคายความร้อน เป็นปฏิริยาที่ให้พลังงาน
 - ค. การเปลี่ยนสถานะมีการถ่ายโอนพลังงานทิศทางเดียว
 - ง. หลังจากเกิดปฏิริยาเคมี พลังงานของสารอาจเพิ่มขึ้นจากเดิมหรือลดลงจากเดิมก็ได้
2. เต็มโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ลงในน้ำ 50 กรัม อุณหภูมิ 25 °C ถ้าหลังการละลายมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 55 °C การละลายครั้งนี้คายพลังงานกี่แคลอรี
 - ก. 300 แคลอรี
 - ข. 900 แคลอรี
 - ค. 1,500 แคลอรี
 - ง. 1,800 แคลอรี
3. โพแทสเซียมไนเตรต เมื่อละลายน้ำแล้ว อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจัดเป็น
การละลายประเภทใด
 - ก. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท ดูดความร้อน
 - ข. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท คายความร้อน
 - ค. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท ดูดความร้อน
 - ง. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท คายความร้อน
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อละลายน้ำแล้ว อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจัดเป็น
การละลายประเภทใด
 - ก. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท ดูดความร้อน
 - ข. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท คายความร้อน
 - ค. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท ดูดความร้อน
 - ง. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท คายความร้อน

5. เติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 10 กรัม ลงในน้ำ 20 กรัม ถ้าอุณหภูมิของสารละลายลดลง 10°C การละลายครั้งนี้ดูดพลังงานกี่แคลอรี
- ก. 100 แคลอรี
 - ข. 200 แคลอรี
 - ค. 300 แคลอรี
 - ง. 500 แคลอรี
6. ข้อใด จัดเป็น **พลังงานโครงสร้างผลึก**
- ก. ต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
 - ข. ต้องคายพลังงานออกมาเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
 - ค. อนุภาคของแข็งจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของเหลว
 - ง. อนุภาคของเหลวจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของแข็ง
7. ข้อใด จัดเป็น **พลังงานไฮเดรชัน**
- ก. ต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
 - ข. ต้องคายพลังงานออกมาเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
 - ค. อนุภาคของเหลวจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของแข็ง
 - ง. อนุภาคของแข็งจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของเหลว
8. สารในสถานะใดมีพลังงานสูงสุดและสารในสถานะใดมีพลังงานต่ำสุด ตามลำดับ
- ก. ของแข็ง และ ของเหลว
 - ข. ของเหลว และ แก๊ส
 - ค. แก๊ส และ ของแข็ง
 - ง. ของแข็ง และ แก๊ส
9. ถ้าน้ำ อุณหภูมิ 28°C เปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทใด ทำให้พลังงานของระบบเพิ่มขึ้นหรือลดลง
- ก. ดูด พลังงาน และ ลดลง
 - ข. คาย พลังงาน และ ลดลง
 - ค. ดูด พลังงาน และ เพิ่มขึ้น
 - ง. คาย พลังงาน และ เพิ่มขึ้น

10. ของแข็งเปลี่ยนสถานะกลายเป็นแก๊สมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทใด ทำให้พลังงานของระบบเพิ่มขึ้นหรือลดลง

- ก. ดูด พลังงาน และ ลดลง
- ข. คาย พลังงาน และ ลดลง
- ค. ดูด พลังงาน และ เพิ่มขึ้น
- ง. คาย พลังงาน และ เพิ่มขึ้น

เอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการ

กระต่ายคำตอบประจำชุดการเรียนรู้
ชุดที่ 4 เรื่อง พลังงานกับการละลาย
แบบทดสอบก่อนเรียน

กระต่ายคำตอบ				
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
รวมคะแนนที่ได้				



ชื่อ - สกุลเลขที่.....ชั้น.....



1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)



คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม วัดปริมาตรน้ำ 20 cm^3 ลงบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 แล้วให้นักเรียนเติมโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) หรือดินประสิว ลงในน้ำ จำนวน 1 ช้อนเบอร์ 1 จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้



การเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ที่มา : http://www.envi.cmru.ac.th/instrument/chapter1_t3.html

1. โพแทสเซียมไนเตรต มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

2. การที่โพแทสเซียมไนเตรต ละลาย มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือไม่ อย่างไร

.....

.....



2.ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)



คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสารเมื่อเกิดการละลาย

จุดประสงค์การทดลอง

1. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดให้ได้
2. เพื่อศึกษาว่าสารใดละลายแล้วเป็นการดูดพลังงานหรือคายพลังงาน

ปัญหาในการทดลองนี้ คือ สารต่างชนิดกันเมื่อละลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร

สมมติฐานการทดลอง คือ

ตัวแปรต้น คือ.....

ตัวแปรตาม คือ.....

ตัวแปรควบคุม คือ.....

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
สารเคมี	
1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	1 ช้อนเบอร์ 1
2. โพแทสเซียมไนเตรต (KNO ₃)	1 ช้อนเบอร์ 1
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	1 ช้อนเบอร์ 1
อุปกรณ์	
ปิ๊กเกอร์ขนาด 50 cm ³	3 อัน
ช้อนตักสารเบอร์ 1	3 อัน
เทอร์มอมิเตอร์	3 อัน
แท่งแก้วคนสาร	3 แท่ง

วิธีการทดลอง

1. รินน้ำกลั่น 20 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 แล้วใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ สังเกตและบันทึกผล
2. ค่อยๆ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 ช้อนเบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ตามข้อ 1 ใช้แท่งแก้วคนสารให้ละลาย แล้วใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำหลังเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ สังเกตบันทึกผล
3. ทำซ้ำข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็น โพแทสเซียมไนเตรต และโซเดียมคลอไรด์

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สาร	อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิของสารละลาย ($^{\circ}\text{C}$)
1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)		
2. โพแทสเซียมไนเตรต (KNO ₃)		
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)		



3.ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)



คำชี้แจง จากข้อมูลผลการทดลอง เรื่อง การละลายของสารในตัวทำละลายที่ต่างกัน
ให้นักเรียนเติมข้อความลงในช่องว่างต่อไปนี้ เพื่อให้ได้ประโยคที่ถูกต้องและสมบูรณ์

คำถามท้ายการทดลอง เกี่ยวกับศึกษาการละลายของสารในตัวทำละลายที่ต่างกัน

1. อุณหภูมิของน้ำมีค่าเท่ากับ..... $^{\circ}\text{C}$
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อละลายน้ำแล้ว สารละลายที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ..... $^{\circ}\text{C}$
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำแล้ว พบว่าแสดงว่าเป็น
การละลายประเภท.....
3. โพแทสเซียมไนเตรต เมื่อละลายน้ำแล้ว สารละลายที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ..... $^{\circ}\text{C}$
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำแล้ว พบว่า
แสดงว่าเป็นการละลายประเภท.....
4. โซเดียมคลอไรด์ เมื่อละลายน้ำแล้ว สารละลายที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ..... $^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเมื่อ
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำแล้ว พบว่าแสดงว่าเป็นการละลาย
ประเภท.....

สรุปผลการทดลอง



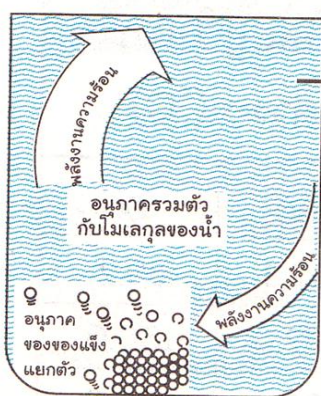
4. ขยายความรู้ (Elaboration)



ใบความรู้เรื่อง พลังงานกับการละลาย

จากการตรวจสอบสมบัติและองค์ประกอบของสารละลาย พบว่า สารละลายประกอบด้วย ตัวละลาย และตัวทำละลาย ในขณะที่สารเกิดการละลาย ตัวละลายที่เป็นของแข็งจะแยกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ แล้วยึดเหนี่ยวกับอนุภาคของตัวทำละลาย กระบวนการนี้เกี่ยวกับตัวทำละลาย แสดงว่าการละลายของสารนี้ คายพลังงานออกมา สารละลายจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จัดเป็น การละลายประเภทคายความร้อน

ในทางกลับกัน ถ้าพลังงานที่ใช้ทำตัวละลายแยกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ มีค่ามากกว่าพลังงานที่คายออกมาขณะที่ตัวละลายยึดเหนี่ยวกับตัวทำละลาย แสดงว่าการละลายของสารนี้ดูดพลังงาน สารละลายจะมีอุณหภูมิต่ำลง จัดเป็น การละลายประเภทดูดความร้อน ดังภาพ 4.2 และ 4.3



อุณหภูมิสูงขึ้น



อุณหภูมิต่ำลง

ภาพ 4.2 การเปลี่ยนแปลงพลังงาน
ขณะเกิดการละลายประเภทคายความร้อน
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี, 2551 : 69

ภาพ 4.3 การเปลี่ยนแปลงพลังงาน
ขณะเกิดการละลายประเภทดูดความร้อน
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี, 2551 : 69

การละลายของของเหลวหรือแก๊สในตัวทำละลายชนิดต่างๆ เกิดขึ้นได้ในทำนองเดียวกัน การละลายของสารแต่ละชนิดจะเป็นการละลายของสารประเภทดูดหรือคายความร้อนซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสาร ดังตาราง 4.1

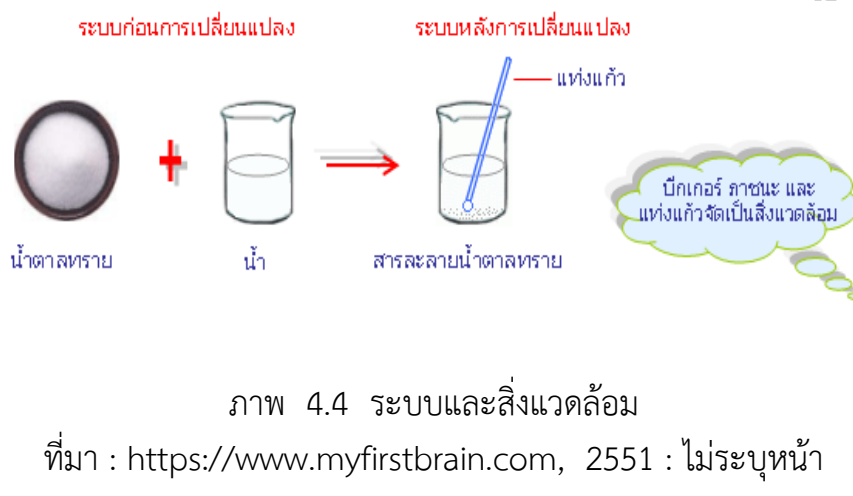
ตาราง 4.1 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนในการละลายของสารบางชนิด

สาร	อุณหภูมิน้ำ (°C)	อุณหภูมิสารละลาย (°C)	ประเภทของการละลาย
แอมโมเนียมไนเตรต	28	19	ดูดความร้อน
โซเดียมไฮดรอกไซด์	28	53	คายความร้อน
โซเดียมไนเตรต	28	22	ดูดความร้อน
โซเดียมคลอไรด์	28	26	ดูดความร้อน

สภาพการละลายได้ หมายถึงความสามารถในการละลายได้ของตัวทำละลาย ซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวละลายและตัวทำละลายแล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอื่นๆ อีก ได้แก่ อุณหภูมิ และความดัน เช่น สภาพการละลายของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ 100 กรัมณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 36.0 กรัม แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส สภาพการละลายจะเปลี่ยนไปคือ ละลายได้เพิ่มขึ้นเป็น 37.3 กรัม ส่วนการละลายของแก๊สจะละลายได้มากขึ้นถ้าอุณหภูมิลดลงและความดันเพิ่มมากขึ้น เช่น การละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำอัดลม สารต่างๆ ที่พบในชีวิตประจำวันมีสมบัติเฉพาะหลายประการ การที่สมบัติของสารแตกต่างไปจากเดิมซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือจากการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เมื่อสารเกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงใดๆ ก็ตามจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ต้อง การศึกษา เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการศึกษานั้นๆ

ระบบ หมายถึง สิ่งที่อยู่ภายในขอบเขตที่ต้องการศึกษา การกำหนดองค์ประกอบของระบบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการศึกษา ซึ่งต้องกำหนดหรือระบุให้ชัดเจน ดังภาพ 4.3

สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่อยู่นอกขอบเขตที่ต้องการศึกษา ตัวอย่างการกำหนดองค์ประกอบของระบบ เช่น การศึกษาการละลายของน้ำตาลทรายในน้ำ ดังภาพ 4.4



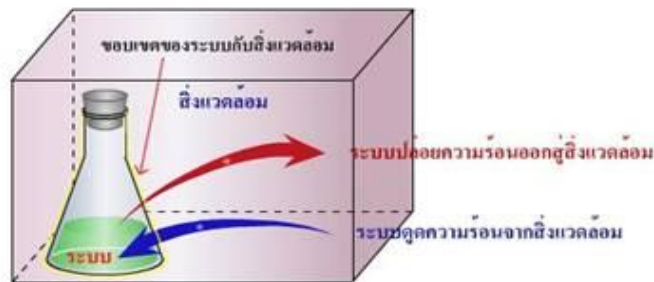
การเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบมี 2 ประเภท คือ

1. การเปลี่ยนแปลงประเภทคายความร้อนหรือประเภทคายพลังงาน คือ

การเปลี่ยนแปลงที่ระบบคายพลังงานให้แก่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากระบบมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม จึงถ่ายเทพลังงานจากระบบไปสู่สิ่งแวดล้อม เช่น การละลายของโซดาไฟในน้ำ อุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้น จึงถ่ายเทพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้อุณหภูมิของระบบลดลงจนอุณหภูมิของระบบเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ดังภาพ 4.5

2. การเปลี่ยนแปลงประเภทดูดความร้อนหรือประเภทดูดพลังงาน คือ

การเปลี่ยนแปลงที่ระบบดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม เนื่องจากระบบมีอุณหภูมิต่ำกว่าสิ่งแวดล้อม ระบบจะปรับตัวโดยดูดพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ เพื่อให้อุณหภูมิของระบบเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เช่น การละลายของโซเดียมไนเตรด ในน้ำ อุณหภูมิของสารละลายต่ำลง จึงดูดพลังงานเข้าสู่ระบบ เพื่อให้อุณหภูมิของระบบสูงขึ้นจนอุณหภูมิของระบบเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม



ภาพ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบ
ที่มา : <http://nakhamwit.ac.th> ไม่ระบุหน้า

พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของระบบ

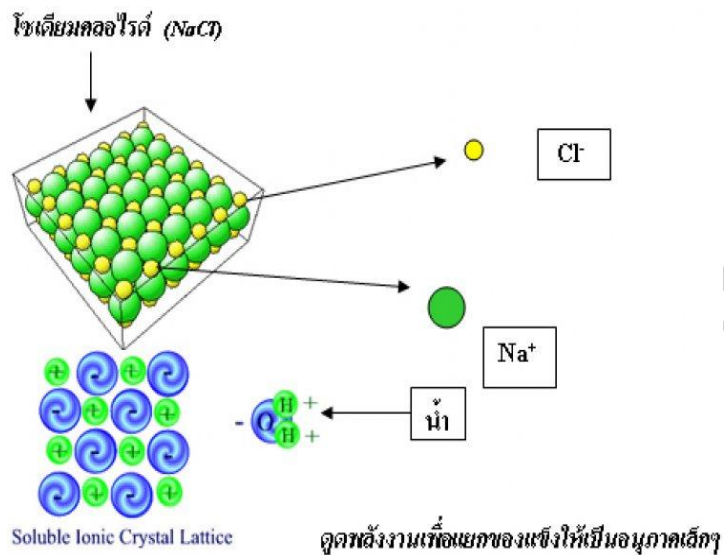
การเปลี่ยนแปลงของสารมี 3 ลักษณะ คือ การเปลี่ยนสถานะ การละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยการเปลี่ยนแปลงของสารจะเกี่ยวข้องกับพลังงานดังต่อไปนี้

1. พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะสารมี 3 ลักษณะ คือ ของแข็ง , ของเหลว และ แก๊ส

เมื่อสารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือของเหลวเป็นแก๊ส หรือของแข็งเป็นแก๊สจะต้องดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ถ้าสารเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลว หรือของเหลวเป็นของแข็ง หรือแก๊สเป็นของแข็งจะต้องคายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมขณะที่สาร เปลี่ยนสถานะ อุณหภูมิของสารจะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะดูดความร้อนตลอดเวลา เพราะความร้อนถูกใช้ในการเปลี่ยนสถานะ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะเรียกว่า " ความร้อนแฝง " ความร้อนแฝงจะมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับสถานะของสาร

2. พลังงานกับการละลาย ในการละลายเกิดจากสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่เกิดปฏิกิริยา

เมื่อสารเกิดการละลายจะเกี่ยวข้องกับพลังงานทุกชั้น การละลายมี 2 ขั้นตอน ดังนี้
ก. อนุภาคของแข็งแยกตัวออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของแข็งมีจำนวนมากมายอยู่รวมกันโดยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน การแยกอนุภาคของแข็งออกจากเป็นอนุภาคเล็กๆ ต้องใช้พลังงาน (ดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม) พลังงานนี้เรียกว่า " พลังงานแลตทิซ " (Lattice Energy) ดังภาพ 4.6

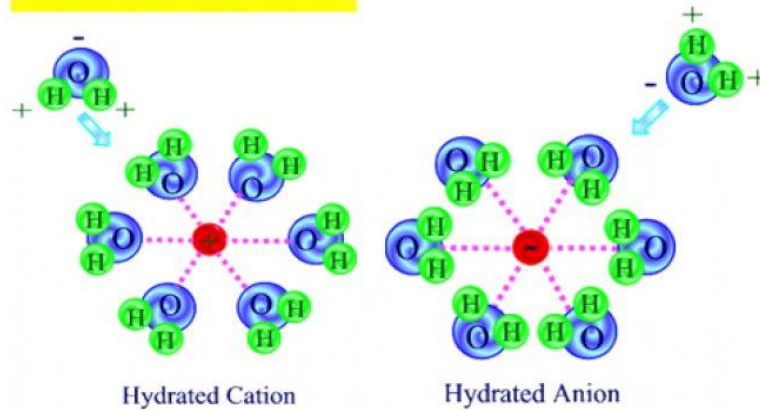


ภาพ 4.6 การแยกตัวออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ของเกลือแกง
ที่มา : <http://e-chemistry.tripod.com> ไม่ระบุหน้า

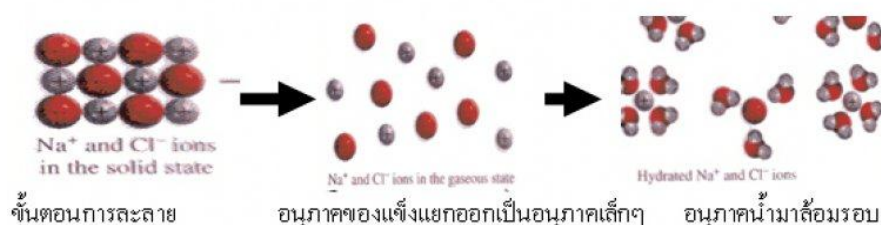
ข. อนุภาคเล็กๆ ของของแข็งรวมตัวกับอนุภาคของเหลว

เมื่อของแข็งแยกตัวออกเป็นอนุภาคเล็กๆ แล้ว อนุภาคเล็กๆ เหล่านี้จะกระจายแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของเหลว ทำให้อนุภาคเล็กๆ สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับอนุภาคของเหลว การสร้างแรงยึดเหนี่ยวจะเกิดการคายพลังงานซึ่งพลังงานนี้เรียกว่า " พลังงานโซลเวชัน " **Solvation Energy**) ถ้าของเหลวที่เป็นตัวทำละลายคือ น้ำ พลังงานนี้เรียกว่า " พลังงานไฮเดรชัน " **(Hydration Energy** ดังภาพ 4.7

อนุภาคของแข็ง Na^+ , Cl^- รวมตัวกับอนุภาคของน้ำ ภายหลังงาน



ขั้นตอนการละลาย



ขั้นตอนการละลาย

อนุภาคของแข็งแยกออกเป็นอนุภาคเล็กๆ

อนุภาคน้ำมาล้อมรอบ

ภาพ 4.7 อนุภาคของแข็งรวมกับอนุภาคของของเหลว
ที่มา : <http://e-chemistry.tripod.com> ไม่ระบุหน้า

ผลการละลายน้ำของสารมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบใดจะต้องพิจารณา
จากพลังงานแลตทิซ และพลังงานไฮเดรชัน ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อน เมื่อพลังงานแลตทิซมากกว่าพลังงานไฮเดรชัน เช่น การละลายน้ำของโพแทสเซียมไนเตรต
2. การเปลี่ยนแปลงแบบคายความร้อน เมื่อพลังงานไฮเดรชันมากกว่าพลังงานแลตทิซ เช่น การละลายน้ำของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตาราง 4.2 แสดงค่าพลังงานโครงร่างผลึกและพลังงานไฮเดรชันของสารบางชนิด

สาร	ค่าพลังงาน โครงร่างผลึก (kJ/mol)	ค่าพลังงาน ไฮเดรชัน (kJ/mol)	ค่าพลังงานของ สารละลาย (kJ/mol)
NaCl	+766	-770	-4
KCl	+690	-686	+4
NaBr	+728	-741	-13
KBr	+665	-657	+8

เครื่องหมาย + แสดงถึงการละลายแบบดูดความร้อน

เครื่องหมาย - แสดงถึงการละลายแบบคายความร้อน

การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการละลายคำนวณได้จากสูตร

$$Q = ms\Delta t$$

Q = ปริมาณความร้อนของสารละลาย (แคลอรี, cal)

m = มวลของตัวทำละลาย (กรัม, g)

s = ความจุความร้อนจำเพาะของตัวทำละลาย (แคลอรี/กรัม $\times$ องศาเซลเซียส, Cal/g $^{\circ}\text{C}$)

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ($^{\circ}\text{C}$)

ตัวอย่าง เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม ลงในน้ำ 30 กรัม อุณหภูมิ 35°C ถ้าหลังการละลายมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 65°C การละลายครั้งนี้ดูดหรือคายพลังงานกี่แคลอรี

วิธีทำ จาก $Q = ms\Delta t$

$$Q = 30 \times 1 \times (65 - 35)$$

$$Q = 30 \times 1 \times 30$$

$$Q = 900 \text{ แคลอรี}$$

ตอบ การละลายครั้งนี้คายพลังงาน 900 แคลอรี

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ ชุดที่ 4 เรื่อง พลังงานกับการละลาย ร่วมกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วนำเสนอวิธีการหน้าชั้นเรียน

เติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 5 กรัม ลงในน้ำ 25 กรัม ถ้าอุณหภูมิของสารละลายลดลง 4°C การละลายครั้งนี้ดูดหรือคายพลังงานกี่แคลอรี

ตอนที่ 2 จงเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ใช้แท่งแก้วคนสารผสมสารละลาย A กับสารละลาย B ลงในปิกเกอร์ ทำให้เกิดตะกอนสีขาวในก้นปิกเกอร์ สิ่งที่จัดเป็นระบบคือ สิ่งที่เป็
สิ่งแวดล้อมคือ
2. ใช้ไม้ขีดจุดเทียนไข แล้วใช้ครอบแก้วครอบเทียนไขไว้ สิ่งที่จัดเป็นระบบ คือ
3. เมื่อเติมสาร X ลงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 30°C ใช้แท่งแก้วคนให้ละลาย วัดอุณหภูมิของสารละลายได้ 38°C การละลายของสาร X เป็นการละลายประเภท.....
และสารละลายมีพลังงานสูงหรือต่ำกว่าพลังงานของสาร X ก่อนการละลาย.....

ให้พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 4-5

เมื่อนำสาร A, B, C และ D ไปละลายในน้ำ วัดอุณหภูมิของน้ำและสารละลาย ได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

สารมวล 5 g	อุณหภูมิของน้ำ ปริมาตร 10 cm ³	อุณหภูมิของ สารละลาย (°C)
A	28	31
B	28	23
C	28	28
D	28	34

4. การละลายของสารใดบ้างเป็นการละลายประเภทดูดพลังงาน.....

.....

5. การละลายของสารใดบ้างเป็นการละลายประเภทคายพลังงาน.....

ตอนที่ 2 ให้แสดงวิธีทำ

1. นำน้ำอุณหภูมิ 30 °C มา 25 กรัม เติมสาร A ลงในน้ำทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง เป็น 20 °C การละลายครั้งนี้เป็นการละลายแบบดูดหรือคายพลังงานกี่แคลอรี

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

2. เติมสาร A 2 กรัม ลงในน้ำ 20 กรัม อุณหภูมิเดิมของน้ำ 25 °C ถ้าการละลายครั้งนี้ คายพลังงานความร้อนออกมา 200 แคลอรี อุณหภูมิสุดท้ายของสารละลายเป็นเท่าไร

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



5.ชั้นประเมินผล (Evaluation)



แบบทดสอบหลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (×) ทับตัวอักษรที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียว กำหนดเวลา 10 นาที

1. ของแข็งเปลี่ยนสถานะกลายเป็นแก๊สมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทใด ทำให้พลังงานของระบบเพิ่มขึ้นหรือลดลง
 - ก. ดูด พลังงาน และ ลดลง
 - ข. คาย พลังงาน และ ลดลง
 - ค. ดูด พลังงาน และ เพิ่มขึ้น
 - ง. คาย พลังงาน และ เพิ่มขึ้น
2. ถ้าน้ำ อุณหภูมิ 28°C เปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทใด ทำให้พลังงานของระบบเพิ่มขึ้นหรือลดลง
 - ก. ดูด พลังงาน และ ลดลง
 - ข. คาย พลังงาน และ ลดลง
 - ค. ดูด พลังงาน และ เพิ่มขึ้น
 - ง. คาย พลังงาน และ เพิ่มขึ้น
3. จงพิจารณาข้อความใด ไม่ ถูกต้อง
 - ก. การละลายมีการถ่ายโอนพลังงานทิศทางเดียว
 - ข. ปฏิริยาคายความร้อน เป็นปฏิริยาที่ให้พลังงาน
 - ค. การเปลี่ยนสถานะมีการถ่ายโอนพลังงานทิศทางเดียว
 - ง. หลังจากเกิดปฏิริยาเคมี พลังงานของสารอาจเพิ่มขึ้นจากเดิมหรือลดลงจากเดิมก็ได้
4. โปแทสเซียมไนเตรต เมื่อละลายน้ำแล้ว อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจัดเป็น
การละลายประเภทใด
 - ก. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท ดูดความร้อน
 - ข. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท คายความร้อน
 - ค. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท ดูดความร้อน
 - ง. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท คายความร้อน

5. ข้อใด จัดเป็น **พลังงานโครงสร้างผลึก**

- ก. ต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
- ข. ต้องคายพลังงานออกมาเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
- ค. อนุภาคของเหลวจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของแข็ง
- ง. อนุภาคของแข็งจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของเหลว

6. ข้อใด จัดเป็น **พลังงานไฮเดรชัน**

- ก. ต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
- ข. ต้องคายพลังงานออกมาเพื่อแยกของแข็งออกจากกัน
- ค. อนุภาคของเหลวจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของแข็ง
- ง. อนุภาคของแข็งจะกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของของเหลว

7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อละลายน้ำแล้ว อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจัดเป็น
การละลายประเภทใด

- ก. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท ดูดความร้อน
- ข. อุณหภูมิ ลดลง เป็น ประเภท คายความร้อน
- ค. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท ดูดความร้อน
- ง. อุณหภูมิ เพิ่มขึ้น เป็น ประเภท คายความร้อน

8. เติมนโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ลงในน้ำ 50 กรัม อุณหภูมิ 25 °C ถ้าหลังการละลาย
มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 55 °C การละลายครั้งนี้คายพลังงานกี่แคลอรี

- ก. 300 แคลอรี
- ข. 900 แคลอรี
- ค. 1,500 แคลอรี
- ง. 1,800 แคลอรี

9. เติมนแอมโมเนียมคลอไรด์ 10 กรัม ลงในน้ำ 20 กรัม ถ้าอุณหภูมิของสารละลายลดลง
10 °C การละลายครั้งนี้ดูดพลังงานกี่แคลอรี

- ก. 100 แคลอรี
- ข. 200 แคลอรี
- ค. 300 แคลอรี
- ง. 500 แคลอรี

10. สสารในสถานะใดมีพลังงานสูงสุดและสสารในสถานะมีพลังงานต่ำสุด ตามลำดับ

- ก. ของแข็ง และ ของเหลว
- ข. ของเหลว และ แก๊ส
- ค. แก๊ส และ ของแข็ง
- ง. ของแข็ง และ แก๊ส

เอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการ

กระดาษคำตอบประจำชุดการเรียนรู้
ชุดที่ 4 เรื่อง พลังงานกับการละลาย
แบบทดสอบหลังเรียน

กระดาษคำตอบ				
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
รวมคะแนนที่ได้				



ชื่อ - สกุลเลขที่.....ชั้น.....

เฉลยกิจกรรม ชุดที่ 3

1. ขั้นสร้างความสนใจ

แนวคำตอบ

1. เติมโพแทสเซียมไนเตรต มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....ละลาย และเมื่อสัมผัสจะรู้สึกเย็น.....

2. การที่โพแทสเซียมไนเตรต ละลาย มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือไม่ อย่างไร

.....เปลี่ยนแปลง สังเกตจาก เมื่อเทโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป จะละลายและอุณหภูมิของน้ำจะลดลง.....

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

แนวคำตอบ

ปัญหาในการทดลองนี้ คือ สารต่างชนิดกันเมื่อละลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร

สมมติฐานการทดลอง คือ สารต่างชนิดกันเมื่อละลายน้ำอุณหภูมิของสารละลายจะแตกต่างกัน

ตัวแปรต้น คือ สารต่างชนิดกัน

ตัวแปรตาม คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลาย

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณน้ำ, ปริมาณสาร

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สาร	อุณหภูมิของน้ำ (°C)	อุณหภูมิของสารละลาย (°C)
1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	28	35
2. โพแทสเซียมไนเตรต (KNO ₃)	28	22
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	28	28.5

3. แนวตอบขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

คำถามท้ายการทดลอง เกี่ยวกับศึกษาการละลายของสารในตัวทำละลายที่ต่างกัน

1. อุณหภูมิของน้ำมีค่าเท่ากับ 28°C
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อละลายน้ำแล้ว สารละลายที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 35°C ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำแล้ว พบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้น แสดงว่าเป็นการละลายประเภท คายความร้อน
3. โพแทสเซียมไนเตรต เมื่อละลายน้ำแล้ว สารละลายที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 22°C ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำแล้ว พบว่า อุณหภูมิลดลง แสดงว่าเป็นการละลายประเภท ดูดความร้อน
4. โซเดียมคลอไรด์ เมื่อละลายน้ำแล้ว สารละลายที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 28.5°C ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำแล้ว พบว่า อุณหภูมิเท่าเดิม หรือ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

สรุปผลการทดลอง

1. สารที่ละลายน้ำแล้วอุณหภูมิของสารละลายสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำ แสดงว่าเป็น การละลายประเภทคายพลังงาน หรือ คายความร้อน
2. สารที่ละลายน้ำแล้วอุณหภูมิของสารละลายต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำ แสดงว่าเป็น การละลายประเภทดูดพลังงาน หรือ ดูดความร้อน
3. สารที่ละลายน้ำแล้วอุณหภูมิของสารละลายเท่ากับอุณหภูมิของน้ำ แสดงว่า ในขั้นตอนการละลายพลังงานที่ดูดเข้าเท่ากับพลังงานที่คายออก
4. การละลายของสารจะเป็นประเภทดูดหรือคายพลังงานนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด

4. แนวตอบขั้นขยายความรู้

ตอนที่ 1

เติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 5 กรัม ลงในน้ำ 25 กรัม ถ้าอุณหภูมิของสารละลายลดลง 4°C การละลายครั้งนี้ดูดพลังงานกี่แคลอรี

วิธีทำ สูตร $Q = ms\Delta t$

$$Q = 25 \times 1 \times 4$$
$$Q = 100$$

ดังนั้น การละลายครั้งนี้ดูดพลังงาน 100 แคลอรี

ตอนที่ 2 จงเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

แนวคำตอบ

1. ใช้แท่งแก้วคนสารผสมสารละลาย A กับสารละลาย B ลงในปิกเกอร์ ทำให้เกิดตะกอนสีขาวในก้นปิกเกอร์ สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นระบบคือ สาร A และสาร B สิ่งที่เป็นสิ่งแวดล้อมคือ แท่งแก้วคนสาร และ ปิกเกอร์
2. ใช้ไม้ขีดจุดเทียนไข แล้วใช้ครอบแก้วครอบเทียนไขไว้ สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นระบบ คือ เทียนไข และอากาศในครอบแก้ว
3. เมื่อเติมสาร X ลงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 30°C ใช้แท่งแก้วคนให้ละลาย วัดอุณหภูมิของสารละลายได้ 38°C การละลายของสาร X เป็นการละลายประเภท คายพลังงาน และสารละลายมีพลังงานสูงหรือต่ำกว่าพลังงานของสาร X ก่อนการละลาย สารละลายมีพลังงานต่ำกว่าเดิม

ให้พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 4-5

เมื่อนำสาร A, B, C และ D ไปละลายในน้ำ วัดอุณหภูมิของน้ำและสารละลายได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

สารมวล 5 g	อุณหภูมิของน้ำ ปริมาตร 10 cm^3	อุณหภูมิของ สารละลาย ($^{\circ}\text{C}$)
A	28	31
B	28	23
C	28	28
D	28	34

4. การละลายของสารใดบ้างเป็นการละลายประเภทดูดพลังงาน สาร B
5. การละลายของสารใดบ้างเป็นการละลายประเภทคายพลังงาน สาร A, C และ D

ตอนที่ 3 ให้แสดงวิธีทำ

1. วิธีทำ สูตร $Q = ms\Delta t$
 $Q = 25 \times 1 \times (30-20)$
 $Q = 250$

หลังการละลาย อุณหภูมิลดลง

ดังนั้น การละลายครั้งนี้เป็นการละลายแบบดูดพลังงาน 250 cal

2. วิธีทำ สูตร $Q = ms\Delta t$
 $200 = 20 \times 1 \times \Delta t$
 $10 = \Delta t$

เป็นการละลายแบบคายความร้อน

ดังนั้น อุณหภูมิหลังละลายสูงขึ้นเป็น $25 + 10 = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$



เฉลยแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ชุดที่ 4
เรื่อง พลังงานกับการละลาย

ข้อที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1.	ก	ค
2.	ค	ข
3.	ก	ก
4.	ง	ก
5.	ข	ก
6.	ก	ง
7.	ง	ง
8.	ค	ค
9.	ข	ข
10.	ค	ค

ภูมิใจกับคะแนน
ที่ได้ค่ะ



บรรณานุกรม

- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ พร้อมคณะ. หนังสือเรียน สารการเรียนรู้พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ม.1. กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2558.
- ยุพา วรรณศรีพร้อมคณะ. หนังสือเรียน สารการเรียนรู้พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ม.1. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2551.
- วิชาการ, กรม. กระทรวงศึกษาธิการ. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.
- ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ, รัตนภรณ์ อิทธิไพสิฐพันธุ์และสุภาภรณ์ หรินทรนิตย์. สมบัติของสาร
และการจำแนก. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล นิยมวิทยา, 2558.
- _____. สารและการเปลี่ยนแปลง. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล นิยมวิทยา,
2558.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์
พื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2558.
- การเปลี่ยนแปลงพลังงาน เข้าถึงได้จาก [http://www.envi.cmru.ac.th/instrument/
chapter1_t3.html](http://www.envi.cmru.ac.th/instrument/chapter1_t3.html) (สืบค้นเมื่อ วันที่ 5 เมษายน 2560)
- ระบบและสิ่งแวดล้อมเข้าถึงได้จาก <https://www.myfirstbrain.com>
(สืบค้นเมื่อ วันที่ 5 เมษายน 2560)
- เปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบ เข้าถึงได้จาก <http://nakhamwit.ac.th>
(สืบค้นเมื่อ วันที่ 5 เมษายน 2560)
- การแยกตัวออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ของเกลือแกงเข้าถึงได้จาก <http://e-chemistry.tripod.com>
(สืบค้นเมื่อ วันที่ 6 เมษายน 2560)
- อนุภาคของแข็งรวมกับอนุภาคของของเหลว เข้าถึงได้จาก <http://e-chemistry.tripod.com>
(สืบค้นเมื่อ วันที่ 6 เมษายน 2560)

เอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการ