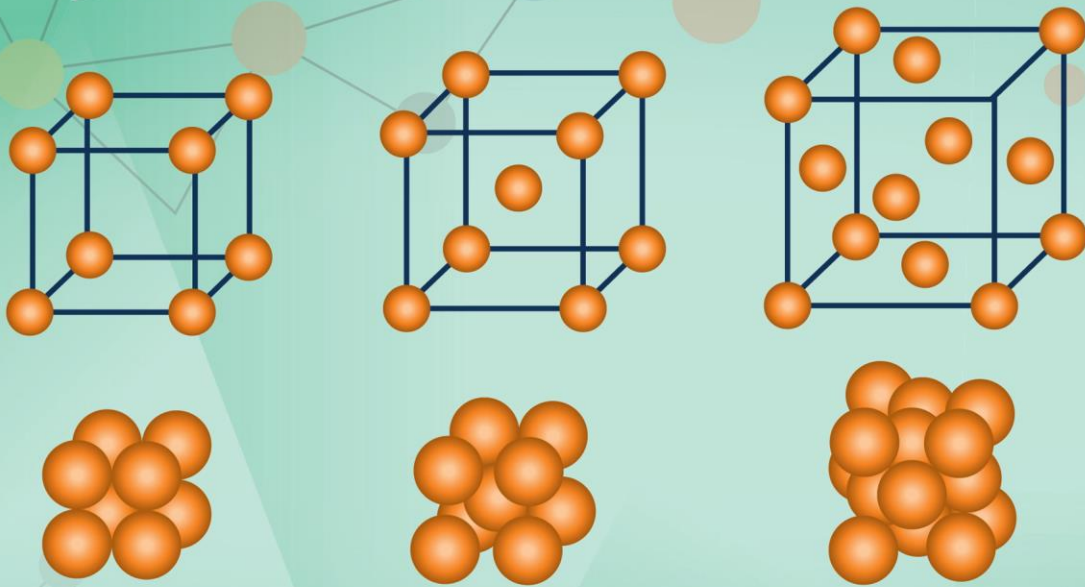


ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี

ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

รายวิชา เคมี2 รหัสวิชา ว32222

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



ชุดที่

สมบัติของของแข็ง

2

ละออ โสภา

ครูศ.2 วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนห้วยน้ำหอมวิทยาการ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต42

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว32222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตามสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ตามหลักสูตร นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดย เรียบเรียงเนื้อหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้อย่างละเอียด จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว32222 มีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดนี้ประกอบด้วยคู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการสอนของครู แผนการจัดการเรียนรู้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 7 ชุด ได้แก่

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 1 เรื่อง สถานะของสาร

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 3 เรื่อง สมบัติของของเหลว

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 4 เรื่อง สมบัติและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 5 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน

และอุณหภูมิของแก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 7 เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับของแข็ง ของเหลว

และแก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการและครูโรงเรียนห้วยน้ำหอมวิทยาคารทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องและผู้ที่มีความช่วยเหลือทุกท่าน ในการจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และขอขอบคุณเจ้าของเอกสาร ตำราต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเอกสารอ้างอิงเป็นอย่างสูง

ละออ โสภา

โรงเรียนห้วยน้ำหอมวิทยาคาร

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
คู่มือนักเรียน	จ
แผนผังแสดงขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน	ช
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมบัติของของแข็ง	1
ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	2
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน	4
แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง สมบัติของของแข็ง	6
บัตรคำสั่ง	11
บัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง	13
บัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเกิดผลึกของกำมะถัน	15
บัตรกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ชนิดของผลึก	20
บัตรเนื้อหาที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง	22
บัตรเนื้อหาที่ 2 เรื่อง ผลึกของของแข็งและของแข็งอสัณฐาน	31
บัตรเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง	42
บัตรฝึกหัดที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง	44
บัตรฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ผลึกของของแข็งและของแข็งอสัณฐาน	46
บัตรฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง	49
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง สมบัติของของแข็ง	50
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	58
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	59
เฉลยแบบบันทึกบัตรกิจกรรม	60
เฉลยบัตรแบบฝึกหัด	65

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน.....	69
----------------------------	----

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสมบัติบางประการของของแข็งบางชนิดที่อยู่ในรูปต่าง ๆ กัน.....	22
2.2 ชนิดและคุณสมบัติบางประการของของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงสถานะของสาร 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส	22
2.2 แสดงการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งผลึก	23
2.3 แสดงการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งอสัณฐาน	23
2.4 แสดงลักษณะผลึกกำมะถันรอมบิก	24
2.5 แสดงลักษณะกำมะถันมอนอคลินิก หรือกำมะถันรูปเข็ม	25
2.6 แสดงลักษณะการเปลี่ยนรูปของผลึกกำมะถัน	25
2.7 แสดงรูปเพชรและแบบจำลองโครงสร้างของเพชร	26
2.8 แสดงแสดงลักษณะโครงสร้างของผงแกรไฟต์	26
2.9 แสดงรูปผลึกฟูลเลอรีนและโครงสร้างבקกี้บอล	27
2.10 แสดงรูปผลึกฟอสฟอรัสขาวและโครงสร้างของผลึกฟอสฟอรัสขาว	27
2.11 แสดงรูปผลึกฟอสฟอรัสแดงและโครงสร้างของฟอสฟอรัสแดง	28
2.12 แสดงรูปผลึกฟอสฟอรัสดำและโครงสร้าง	28
2.13 แสดงแบบจำลองโครงสร้างโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแบบจำลองโครงสร้างควอตซ์ (SiO ₂)	31
2.14 แสดงรูปของผลึกไอออนิก	33
2.15 แสดงผลึกไอออนิกของธาตุชนิดอื่นๆ	34
2.16 แสดงผลึกโมเลกุลของน้ำแข็ง	35
2.17 แสดงการยึดเหนี่ยวด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์	35
2.18 แสดงผลึกของเพชรและโคเวเลนต์ร่างตาข่ายของเพชร	36
2.19 แสดงโครงสร้างของแกรไฟต์	37
2.20 แสดงผลึกโลหะและโครงสร้างผลึก	38
2.21 แสดงผลึกโลหะและโครงสร้างผลึก	39
2.22 แสดงผลึกของของแข็งอสัณฐาน	39
2.23 แสดงผลึกของควอร์ตและแก้วที่เป็นของแข็งอสัณฐาน	40
2.24 แสดงโครงสร้างผลึกของควอร์ตและแก้ว	40
2.25 แสดงการหลอมเหลวของน้ำแข็ง	42

คู่มือนักเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 32222

หน่วยการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 32222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง ใช้เวลาเรียน 3 ชั่วโมง มีส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้
2. แบบทดสอบก่อนเรียน
3. บัตรคำชี้แจง
4. บัตรคำสั่ง
5. บัตรกิจกรรม
6. บัตรเนื้อหา
7. บัตรเฉลยบัตรกิจกรรม
8. บัตรฝึกหัด
9. บัตรเฉลยบัตรฝึกหัด
10. แบบทดสอบก่อน – หลังเรียน
11. เฉลยแบบทดสอบก่อน – หลังเรียน
12. แบบบันทึกคะแนนประจำกลุ่ม
13. การประเมินผล

13.1 คะแนนแบบบันทึกบัตรกิจกรรม

13.2 คะแนนแบบทดสอบก่อน – หลังเรียน

ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

1. ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้
2. บัตรคำสั่ง
3. บัตรกิจกรรม
 - บัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

- บัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเกิดผลึกของของแข็ง
- บัตรกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ชนิดของผลึก

บัตรเนื้อหา

- บัตรเนื้อหาที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง
- บัตรเนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเกิดผลึกของของแข็ง
- บัตรเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

บัตรฝึกหัด

- บัตรฝึกหัดที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง
- บัตรฝึกหัดที่ 2 เรื่อง การเกิดผลึกของของแข็ง
- บัตรฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

4. แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง
5. กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง
6. แบบบันทึกคะแนนประจำกลุ่ม ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

แผนผังแสดงขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

ศึกษาคำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียด



ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้



ทำแบบทดสอบก่อนเรียน



ทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม



อ่านบัตรเนื้อหาอย่างละเอียดรอบคอบ



ตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยกิจกรรม



ทำกิจกรรมตามบัตรฝึกหัด



ตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยบัตรฝึกหัด



ทำแบบทดสอบหลังเรียน



จบหน่วยการเรียนรู้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 32222
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 32222

หน่วยการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏเป็นรูปต่าง ๆ ได้
3. ทำการทดลองรวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลองเพื่อศึกษารูปผลึกของกำมะถัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้
2. นักเรียนจำแนกสมบัติบางประการของของแข็งและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งได้
3. นักเรียนบอกเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏอยู่ในรูปต่างกันได้
4. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษารูปผลึกของกำมะถันได้
5. นักเรียนอธิบายสมบัติที่สำคัญของผลึกของของแข็งแต่ละประเภทได้
6. นักเรียนระบุชนิดของผลึกของของแข็งจากสารที่เป็นตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

7. นักเรียนบอกความแตกต่างระหว่างของแข็งที่เป็นรูปผลึกกับของแข็งอสัณฐานได้
8. นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะของของแข็งโดยการหลอมเหลวและการระเหิด

คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 32222

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง สามารถสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ ในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้นักเรียนจะต้องศึกษา และปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดด้วยตนเอง สามารถปรึกษากัน หรือช่วยเหลือกันในกลุ่มได้ นักเรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเองและผู้อื่นโดยห้ามเปิดดูเฉลยก่อน เพราะจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสคิดวิเคราะห์

การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว32222 หน่วยการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง ให้นักเรียนศึกษาปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาคำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เข้าใจ
2. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้วยความซื่อสัตย์
3. ศึกษารายละเอียดของบัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหาและบัตรฝึกหัด ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง
4. ปฏิบัติกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม และบัตรฝึกหัดทีละขั้นตอนอย่างรอบคอบ ชักถามและอภิปรายอย่างเต็มความสามารถ รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความรับผิดชอบ ไม่ก่อกวนและชักชวนเพื่อนให้ปฏิบัติไม่เหมาะสม
5. ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจและปฏิบัติตามคำชี้แจงอย่างเคร่งครัด หากมีข้อสงสัยให้ชักถามครูผู้สอนจนเข้าใจ
6. การปฏิบัติกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรมการเรียนรู้ควรทำให้เสร็จสิ้นทันตามกำหนดเวลา
7. ประเมินผลด้วยตนเองโดยตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรม และบัตรเฉลยบัตรฝึกหัด ให้คะแนนตนเองด้วยความซื่อสัตย์ ถ้านักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ให้กลับไปศึกษาบัตรเนื้อหาและทำบัตรกิจกรรม บัตรฝึกหัดใหม่จนมีคะแนนผ่านเกณฑ์การประเมิน
8. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยความซื่อสัตย์

9. ประธานกลุ่มรับบัตรเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียนจากครู แล้วเฉลยให้สมาชิกตรวจให้คะแนนข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน โดยเปลี่ยนกันตรวจภายในกลุ่ม

10. เลขานุการกลุ่มรวบรวมคะแนนและจดบันทึกคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในบัตรกิจกรรม บัตรฝึกหัด และแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน ลงในแบบบันทึกคะแนนของสมาชิกกลุ่ม

11. เก็บวัสดุอุปกรณ์และชุดกิจกรรมการเรียนรู้คืนครูเมื่อปฏิบัติกิจกรรมเสร็จสิ้น แล้วทำความสะอาดสถานที่ให้เรียบร้อย

การประเมินผลการเรียน

1. การประเมินด้านความรู้ โดยใช้

1.1 แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

1.2 แบบบันทึกบัตรกิจกรรม

1.3 บัตรฝึกหัด

2. การประเมินผลระหว่างเรียน โดยใช้

2.1 แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน

2.2 แบบประเมินพฤติกรรมด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

2.3 แบบประเมินพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน

แบบทดสอบก่อนเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

คำชี้แจง

1. นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงใน กระดาษคำตอบที่แจกให้
2. แบบทดสอบมี 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 15 นาที

1. ข้อใดเป็นสมบัติของของแข็ง

- ก. ของแข็งทุกชนิดนำไฟฟ้าได้
- ข. ของแข็งต่างชนิดกันอาจจะมีรูปผลึกต่างกันหรือเหมือนกันก็ได้
- ค. โมเลกุลของของแข็งจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าของเหลวและแก๊ส
- ง. ของแข็งมีรูปร่างแน่นอนและปริมาตรคงที่ ส่วนของเหลวและแก๊สมีรูปร่างไม่แน่นอนและปริมาตรไม่คงที่

2. ความแตกต่างของสิ่งใดที่ทำให้กำมะถันมีผลึกสองแบบ

- ก. จำนวนอะตอม
- ข. พลังงานจลน์
- ค. การจัดเรียงโมเลกุล
- ง. จำนวนโมเลกุล

3. กำมะถันรวมบิกและมอนอคลินิกต่างก็มีสูตรโมเลกุล S_8 แต่แตกต่างกันเพราะเหตุใด

- ก. รูปผลึกต่างกัน
- ข. จุดหลอมเหลวต่างกัน
- ค. ความหนาแน่นต่างกัน
- ง. การจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน

4. ข้อใดเป็นเหตุที่ทำให้ธาตุดีบุกมีหลายรูปและสมบัติแตกต่างกัน

- ก. อะตอมของดีบุกมีจำนวนนิวตรอนต่างกัน
- ข. มีการจัดเรียงอะตอมหรือจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน

- ค. โมเลกุลของดีบุกมีจำนวนอะตอมไม่เท่ากัน
 - ง. มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนภายในอะตอมต่างกัน
5. ข้อใด เป็นของแข็งที่ไม่มีรูปผลึก
- ก. ขวดพลาสติก สารส้ม
 - ข. ยางรถยนต์ กามะถัน
 - ค. พลาสติก เครื่องแก้ว
 - ง. แก้ว แก้ว เครื่องแก้ว
6. ของแข็งอสัณฐานมีสมบัติแตกต่างจากของแข็งที่มีรูปผลึกอย่างไร
- ก. มีจุดหลอมเหลวคงที่
 - ข. เมื่อหลอมเหลวจะไหลได้
 - ค. มีการจัดเรียงอนุภาคเป็นระเบียบ
 - ง. ไม่สามารถหาจุดหลอมเหลวที่แน่นอนได้
7. ผลึกของแข็งชนิดหนึ่งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำจะนำไฟฟ้าได้ มีลักษณะแข็งและเปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ผลึกของแข็งดังกล่าวเป็นผลึกของแข็งประเภทใด
- ก. ผลึกโลหะ
 - ข. ผลึกไอออนิก
 - ค. ผลึกโมเลกุล
 - ง. ผลึกโควาเลนต์ร่างตาข่าย
8. ใส่ดินสอและเพชรเป็นไปตามข้อใด
- ก. รูปของคาร์บอน
 - ข. ไอโซโทปของธาตุคาร์บอน
 - ค. ธาตุต่างชนิดกัน
 - ง. สารประกอบต่างชนิดกันของธาตุคาร์บอน
9. สมบัติในข้อใด **ไม่ใช่** สมบัติของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก
- ก. มีจุดหลอมเหลวที่ชัดเจนและคงที่
 - ข. มีโครงสร้างทางเรขาคณิตที่แน่นอน
 - ค. เมื่ออุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลวจะเปลี่ยนเป็นของเหลวทันที
 - ง. เมื่อแตกหรือหักจะได้ชิ้นส่วนที่มีลักษณะไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต

10. สารที่เกิดการระเหิดได้ทุกสาร คือข้อใด

- ก. กำมะถัน การบูร
- ข. พิมเสน แอมโมเนีย
- ค. เกลือแกง ไอโอดีน
- ง. แนนฟาสน์ คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว 32222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง สมบัติของของแข็ง	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น ม. 5 กลุ่มที่.....

คำสั่ง นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

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

เกณฑ์การให้คะแนน

1 คะแนน ตอบคำถามถูกต้อง

คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน			ผลการประเมิน	
คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ค่าร้อยละ ระดับคุณภาพ

90 - 100% ดีเยี่ยม

80 - 89% ดีมาก

70 - 79%	ดี
60 - 69%	ปานกลาง
50 - 59%	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	ต้องปรับปรุง
(เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80)	

บัตรคำสั่ง

หน่วยการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของของแข็ง

สำหรับประธานกลุ่ม

1. แต่ละกลุ่มเลือกประธานกลุ่ม และเลขานุการกลุ่ม

หน้าที่ของประธานกลุ่ม

- รับบัตรต่าง ๆ ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ไปแจกสมาชิกในกลุ่ม
- ควบคุมกิจกรรมให้เป็นไปตามคำชี้แจง กระตุ้นให้สมาชิกร่วมกิจกรรม

หน้าที่ของเลขานุการกลุ่ม

- รวบรวมคะแนน และจดบันทึกคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้จากแบบบันทึกบัตรกิจกรรม บัตรฝึกหัดและแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียน ลงในแบบบันทึกคะแนนของสมาชิกกลุ่ม

2. ให้ประธานกลุ่มมอบหมายหน้าที่ให้แก่สมาชิกในกลุ่ม ดังนี้

- 2.1 ผู้อ่าน ทำหน้าที่อ่านคำชี้แจง และอ่านคำถามในบัตรกิจกรรม และบัตรฝึกหัดให้สมาชิกในกลุ่มฟัง ประธานกลุ่มแนะนำให้สมาชิกทุกคนเป็นผู้ฟัง และร่วมอภิปราย
- 2.2 ผู้จดบันทึก ทำหน้าที่จดบันทึกการอภิปรายของกลุ่มลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรม และบัตรฝึกหัด
- 2.3 ผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน ทำหน้าที่เป็นตัวแทนกลุ่มออกนำเสนอผลการอภิปรายที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3. ประธานกลุ่มรับบัตรกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 แบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 1 , 2 และ 3 จากครู มอบให้ผู้อ่านทำการอ่าน คำชี้แจงในบัตรกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มช่วยกันปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้สมาชิกที่ทำหน้าที่จดบันทึก ทำการจดบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่สำคัญ ๆ ลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 1 ,2 และ 3 ไว้เพื่อการอภิปราย

4. ประธานกลุ่มรับบัตรเนื้อหาที่ 1,2 และ 3 จากครู แล้วแจกให้สมาชิกในกลุ่มทุกคน คนละ 1 ชุด ให้สมาชิกทุกคนร่วมอภิปราย แล้วตรวจสอบความถูกต้องของแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 ที่บันทึกว่าถูกต้องตรงตามเนื้อหาในบัตรเนื้อหาหรือไม่ ถ้าผิดแก้ไขให้ถูกต้อง จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3
5. ประธานกลุ่มรับบัตรฝึกหัดที่ 1, 2 และ 3 จากครู มอบให้ผู้อ่าน ทำการอ่านคำชี้แจง และอ่านคำถามในบัตรฝึกหัด จากนั้นให้สมาชิกในกลุ่มระดมความคิดช่วยกันทำบัตรฝึกหัด โดยตรวจคำตอบจากบัตรเฉลยบัตรฝึกหัดที่ 1, 2 และ 3
6. เมื่อหมดเวลาเรียนเก็บอุปกรณ์ส่งคืนครูให้ถูกต้องครบถ้วนเรียบร้อย โดยประธานเป็นผู้นำมาส่งคืนครู

บัตรกิจกรรมที่ 1

เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

คำชี้แจง

1. ผู้อ่าน อ่านขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมให้สมาชิกภายในกลุ่มฟัง สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่มและช่วยกันปฏิบัติกิจกรรมในบัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การจัดเรียงอนุภาคของสาร
2. สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันอภิปรายผลการปฏิบัติกิจกรรม และตอบคำถามลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 1 โดยให้สมาชิกที่ทำหน้าที่เป็นผู้จัดบันทึก จัดบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่สำคัญ ๆ ลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 1 ไว้เพื่ออภิปราย และนำแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 ส่งครู เมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้
2. นักเรียนจำแนกสมบัติบางประการของของแข็งและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งได้

คำชี้แจงในการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนอ่านและศึกษาเนื้อหาเรื่องผลึกของของแข็ง ร่วมกันระดมความคิดในกลุ่ม แล้วสรุปเขียนเป็นผังความคิด เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง ลงในกระดาษ แล้วนำผลงานมานำเสนอ แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน (10 คะแนน)

บัตรกิจกรรมที่ 1

เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น ม. 5

- สมาชิก 1.....ประธานกลุ่ม
2.....ผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน
3.....ผู้อ่าน
4.....ผู้จดบันทึก
5.....กรรมการ
6.....เลขานุการกลุ่ม

1. จากกิจกรรมจงเขียนผังความคิด สรุป เรื่องสมบัติบางประการของของแข็ง ลงในกรอบที่กำหนดให้

บัตรกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การเกิดผลึกของกำมะถัน

คำชี้แจง

1. ประธานกลุ่มออกมารับบัตรกิจกรรม และแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเกิดผลึกของกำมะถัน จากครู มอบหมายให้ผู้อ่าน อ่านขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมให้สมาชิกภายในกลุ่มฟัง สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่มและช่วยกันปฏิบัติกิจกรรมในบัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเกิดผลึกของกำมะถัน

2. สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันอภิปรายผลการปฏิบัติกิจกรรม และตอบคำถามลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 1 โดยให้สมาชิกที่ทำหน้าที่เป็นผู้จดบันทึก ทำการจดบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่สำคัญ ๆ ลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 2 ไว้เพื่ออภิปราย และนำแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 ส่งครู เมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การศึกษาการเกิดผลึกกำมะถัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนบอกเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏอยู่ในรูปต่างกันได้
2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษารูปผลึกของกำมะถันได้

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. กำมะถัน
2. โทลูอีน

อุปกรณ์

- | | |
|-------------------------------------|--------|
| 1. หลอดทดลองขนาดกลาง | 1 หลอด |
| 2. จุกยางสำหรับปิดหลอดทดลองขนาดกลาง | 1 อัน |
| 3. เทอร์โมมิเตอร์ | 1 อัน |
| 4. ที่จับหลอดทดลอง | 1 อัน |
| 5. ปีกเกอร์ขนาด 250 cm ³ | 1 ใบ |

- | | |
|---------------------------------|-------|
| 6. กระจกนาฬิกา | 1 อัน |
| 7. ตะเกียงแอลกอฮอล์พ้อมที่ก้นลม | 1 ชุด |
| 8. แท่งแก้วคน | 1 อัน |

วิธีการทดลอง

1. ใส่กำมะถัน 0.5 กรัม ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ แล้วเติมโทลูอินลงไป 10 cm³
2. นำหลอดทดลองในข้อ 1 วางในบีกเกอร์ที่มีน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 75 °C ใช้แท่งแก้วคนจนกำมะถันละลายหมด
3. ใช้จุกปิดหลอดทดลองและตั้งทิ้งไว้ในบีกเกอร์ต่อไปเพื่อให้สารละลายเย็นลงอย่างช้าๆ จนเท่ากับอุณหภูมิห้อง สังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. เทสารที่เกิดขึ้นในข้อ 3 ลงในกระจกนาฬิกา ตั้งทิ้งไว้ สังเกตรูปร่างผลึกของสาร
5. ทำการทดลองตามข้อ 1,2 แล้วแช่หลอดทดลองในน้ำเย็น อุณหภูมิ 5 °C สังเกตการเปลี่ยนแปลง

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การเกิดผลึกของกำมะถัน

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น ม. 5

สมาชิก 1.....ประธานกลุ่ม
2.....ผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน
3.....ผู้อ่าน
4.....ผู้จัดบันทึก
5.....กรรมการ
6.....เลขานุการกลุ่ม

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ภาพแสดงวิธีทดลอง (2 คะแนน)



บันทึกผลการทดลอง (3 คะแนน)

การสังเกต	ลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น
ผลึกที่เกิดระหว่างแช่อยู่ในบีกเกอร์ ที่มีน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 75 °C	
ผลึกที่เกิดจากการระเหยแห้งบน กระจกนาฬิกา	
ผลึกที่เกิดระหว่างแช่หลอดทดลอง ในน้ำเย็น อุณหภูมิ 5 °C	

คำถามท้ายกิจกรรม (5 คะแนน)

1. ลักษณะที่ปรากฏของกำมะถันก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
.....
.....
2. ลักษณะของผลึกกำมะถัน ในหลอดทดลองที่ปล่อยให้ค่อยๆ เย็นลง เป็นอย่างไร
.....
.....
3. ลักษณะของผลึกกำมะถัน ในหลอดทดลองในน้ำเย็น 5 °C เป็นอย่างไร
.....
.....
4. เมื่อเทสารละลายในกระจกนาฬิกาแล้วทิ้งให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ลักษณะของผลึกที่
สังเกตเป็นอย่างไร
.....
.....

5. จากผลการทดลองได้ผลึกกำมะถันกี่รูป

.....

.....

สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

บัตรกิจกรรมที่ 3

เรื่อง ชนิดของผลึก

คำชี้แจง

1. ผู้อ่าน อ่านขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมให้สมาชิกภายในกลุ่มฟัง สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่มและช่วยกันปฏิบัติกิจกรรมในบัตรกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ชนิดของผลึก
2. สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันอภิปรายผลการปฏิบัติกิจกรรม และตอบคำถามลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 3 โดยให้สมาชิกที่ทำหน้าที่เป็นผู้จัดบันทึก จัดบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่สำคัญ ๆ ลงในแบบบันทึกบัตรกิจกรรมที่ 3 ไว้เพื่ออภิปราย และนำแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 ส่งครู เมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ชนิดของผลึก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้
2. นักเรียนจำแนกสมบัติบางประการของของแข็งและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งได้
3. นักเรียนบอกเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏอยู่ในรูปต่างกันได้
4. ระบุชนิดของผลึกของของแข็งจากสารที่เป็นตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
5. นักเรียนบอกความแตกต่างระหว่างของแข็งที่เป็นรูปผลึกกับของแข็งอสัณฐานได้

คำชี้แจงในการทำกิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันระดมความคิดในกลุ่ม แล้วตอบคำถาม เรื่องชนิดของผลึก
(10 คะแนน)

บัตรกิจกรรมที่ 3

เรื่อง ชนิดของผลึก

ชื่อ.....ชั้นเลขที่.....

1. จากกิจกรรมจงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงระบุว่าของแข็งที่กำหนดให้ต่อไปนี้ เป็นผลึกประเภทใด (2 คะแนน)

ก. ไทเทเนียม เป็นผลึกประเภท.....

ข. ลิเทียมฟลูออไรด์ เป็นผลึกประเภท.....

2. จงบอกประเภทของผลึก ชนิดของอนุภาคภายในผลึก พันธะหรือแรงยึดเหนี่ยว

สมบัติทั่วไปของของแข็งต่อไปนี้ (8 คะแนน)

ก. น้ำตาล

ข. ซิลิคอนคาร์ไบด์

สารตัวอย่าง	ประเภทของ ผลึก	ชนิดของอนุภาค ภายในผลึก	พันธะ หรือแรงยึดเหนี่ยว	สมบัติทั่วไป
ก. น้ำตาล				
ข. ซิลิคอน คาร์ไบด์				

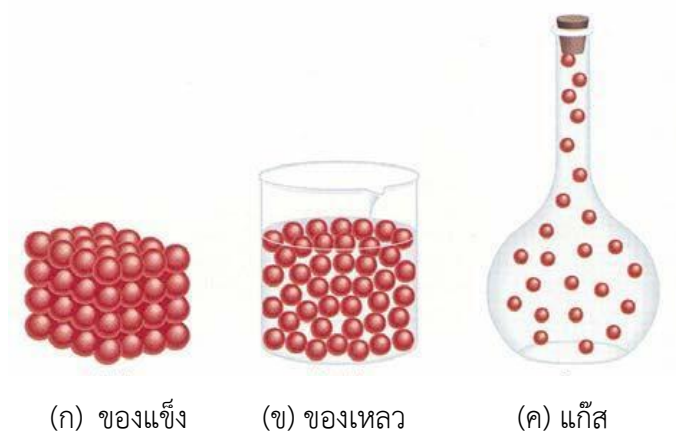
บัตรเนื้อหาที่ 1

เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

ของแข็ง

สมบัติทั่วไปของของแข็ง

1. มีรูปร่างคงที่แน่นอนและไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ
2. ของแข็งไม่สามารถไหลได้
3. ของแข็งไม่สามารถบีบอัดได้อีก
4. หดและขยายตัวได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(ปริมาตรคงที่ที่อุณหภูมิและความดันคงที่)
5. สารเดียวกันในสถานะของแข็งจะมีความหนาแน่นมากกว่าของเหลวและแก๊ส(ยกเว้นบางชนิด เช่นน้ำ)
6. ของแข็งโลหะสามารถดึงออกเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นได้
7. ของแข็งบางชนิดเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
8. ของแข็งบางชนิดสามารถระเหิดได้



ภาพที่ 2.1 แสดงสถานะของสาร 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

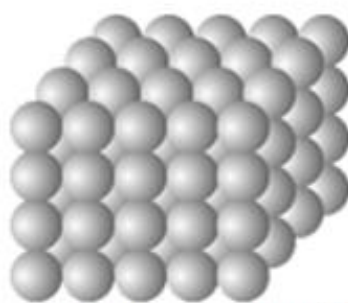
ที่มา : <https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2560)

การจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง

การจัดเรียงอนุภาคในของแข็งแบ่งตามลักษณะการจัดเรียงอนุภาคของสารได้ 2 ชนิด คือ

1. **ของแข็งผลึก(Crystalline solid)** คือ ของแข็งที่มีโครงสร้างประกอบด้วยอนุภาคเรียงกันอยู่อย่างมีระเบียบแบบแผน

- อนุภาคเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบแบบแผนทางเรขาคณิตเป็นสามมิติ เรียกว่า Crystal lattice หรือ Space lattice
- ผิวหน้าเรียบ มุมระหว่างผิวหน้ามีค่าแน่นอน
- มีจุดหลอมเหลวแน่นอน
- มีสมบัติไม่เหมือนกันทุกทิศทาง (Anisotropic Substance)



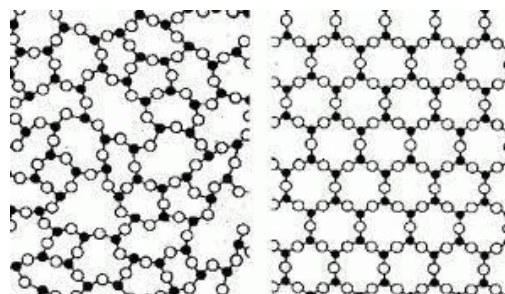
การจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง

ภาพที่ 2.2 แสดงการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งผลึก

ที่มา : [http://www : b5321600520/generalchemistry/solid-1.html](http://www.b5321600520/generalchemistry/solid-1.html) (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

2. **ของแข็งอสัณฐาน (Amorphous solid)** คือ ของแข็งที่อนุภาคปะปนกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ไม่มีรูปร่างที่แน่นอน ผิวหน้าไม่เรียบ และมุมมีค่าต่างกัน ช่วงการหลอมเหลวกว้าง มีสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง เช่น ยาง พลาสติก ขี้ผึ้ง แก้ว

ของแข็งบางชนิด เช่น กำมะถัน คาร์บอน ฟอสฟอรัส ประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวแต่สามารถมีได้หลายรูปโครงสร้าง โดยสมบัติบางประการแตกต่างกัน



ภาพที่ 2.3 แสดงการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งอสัณฐาน

ที่มา : วีระวุธ ศิริบุญ, 2553 : 2

ผลึกของกำมะถัน

โมเลกุลของกำมะถันประกอบด้วยกำมะถัน 8 อะตอม ต่อกันเป็นวง โดยอะตอม 1, 3, 5, 7 อยู่ในระนาบหนึ่งเหนืออะตอม 2, 4, 6, 8 ซึ่งอยู่อีกระนาบหนึ่ง แบบจำลองโมเลกุลของ กำมะถัน แสดงได้โดยใช้ลูกทรงกลม 8 ลูกต่อกัน **แบบจำลองบอกแต่เพียงลักษณะและทิศทาง ที่แต่ละอะตอม จัดตัวเองเท่านั้น แต่ไม่ได้บอกว่า กำมะถันอะตอม อยู่ห่างกันเท่าไร**

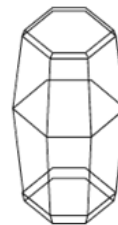
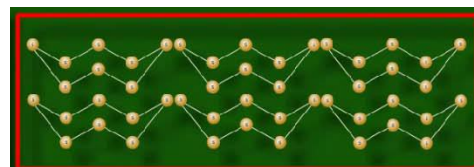
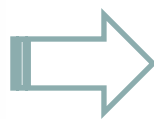
การเปลี่ยนแปลงของกำมะถันเมื่อได้รับความร้อน

เมื่อเทกำมะถันเดือดลงในน้ำ จะได้กำมะถันเหนียว มีลักษณะยืดหยุ่นได้ เพราะกำมะถันเหนียวมีโมเลกุลลักษณะเป็นสาย ซึ่งมีความยาวไม่เท่ากันปนกันอยู่

ผลึกของกำมะถันมีดังนี้



กำมะถัน rombik (Rhombic Sulphur) มีลักษณะเป็นเหลี่ยมคล้ายสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ในธรรมชาติจะพบกำมะถัน rombik เป็นส่วนใหญ่ เป็นรูปที่เสถียรที่สุด เนื่องจากคงตัวที่อุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิต่ำกว่า ละลายได้ดีใน คาร์บอนไดซัลไฟด์ เบนซีน โทลูอีน และน้ำมันสนที่ร้อน ไม่ละลายน้ำ

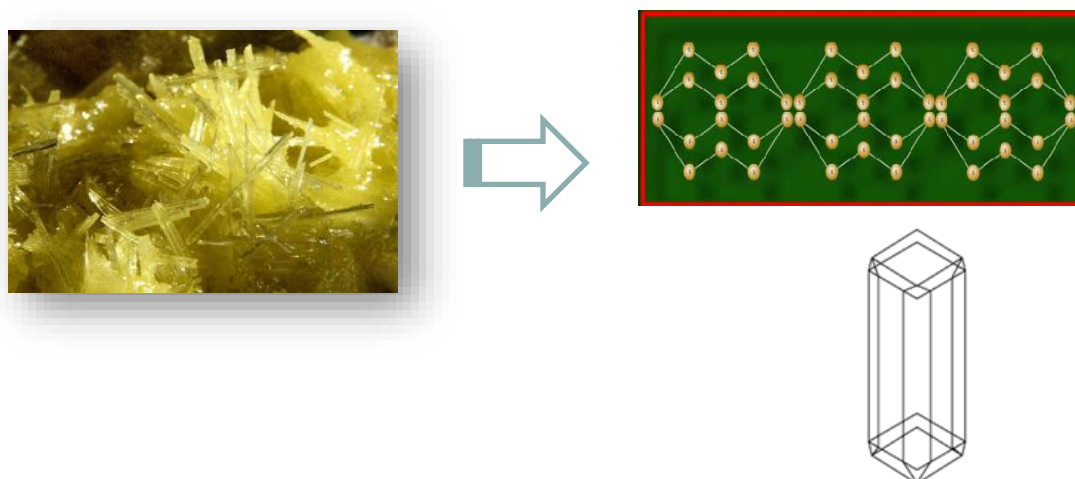


ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะผลึกกำมะถัน rombik

ที่มา : <https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22

มีนาคม 2560)

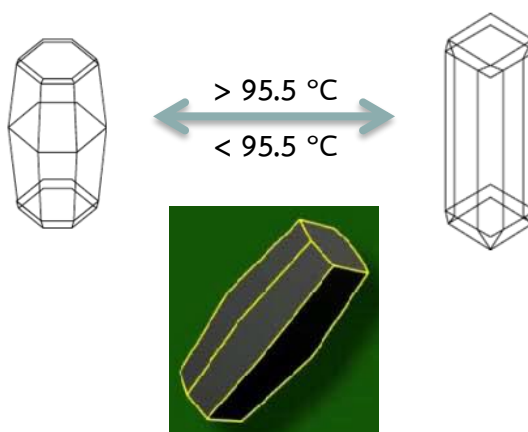
กำมะถันมอนอคลินิก (Monoclinic Sulphur) มีสถานะเป็นของแข็งรูปผลึกเป็นรูปเข็ม ผลึกนี้จะอยู่ตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 95.5°C ดังนั้นจึงไม่อยู่ตัวที่ภาวะปกติ การเปลี่ยนรูปของผลึกกำมะถันสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาระหว่างกำมะถัน rombik และกำมะถันมอนอคลินิก เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่า 95.5°C เรียกอุณหภูมินี้ว่า Transition Temperature



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะกำมะถันมอนอคลินิก หรือกำมะถันรูปเข็ม

ที่มา : <https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

กำมะถันทั้งสองรูปนี้ สามารถเปลี่ยนรูปไปมาได้ คือ จะอยู่ในรูปกำมะถัน rombik ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 95.5°C และจะอยู่ในรูปกำมะถันมอนอคลินิกเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 95.5°C



ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะการเปลี่ยนรูปของผลึกกำมะถัน

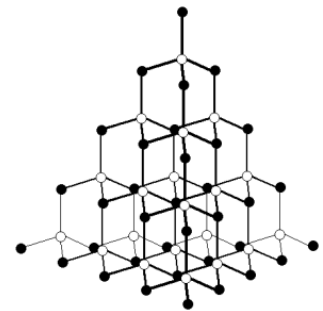
ที่มา : <https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

จากรูปที่ 2.6 การที่ผลึกกำมะถันมีรูปร่างแตกต่างกัน เนื่องจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลกำมะถันแตกต่างกัน ดังรูปที่แสดงนี้ จะสังเกตได้ว่าโมเลกุลกำมะถันในผลึกมอนอคลินิก มีการจัดเรียงตัวชิดและอัดแน่นกันน้อยกว่ากำมะถัน rombik ทำให้ผลึกกำมะถัน rombik มีความหนาแน่นมากกว่ากำมะถันมอนอคลินิกเล็กน้อย

คาร์บอน

เป็นอโลหะ มีหลายรูปได้แก่ เพชร แกรไฟต์ และฟูลเลอรีน เกิดขึ้นเนื่องจากอะตอมคาร์บอนมีการจัดเรียงตัวต่างกัน

เพชร เป็นโครงผลึกทรงตาข่าย ที่อะตอมของคาร์บอนแต่ละอะตอมเกิดพันธะโคเวเลนต์กับคาร์บอนอะตอมอื่นอีก 4 อะตอม เป็นรูปทรงสี่หน้าแบบต่อเนื่อง ทำให้คาร์บอนแต่ละอะตอมถูกยึดเหนี่ยวไวแน่นเคลื่อนที่ไม่ได้ ดังนั้นเพชรจึงมีความแข็งมากแต่เปราะ และไม่นำไฟฟ้า เพราะแต่ละอะตอมของคาร์บอนในเพชรใช้อิเล็กตรอนวงนอกในการยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันจนหมดไม่มีอิเล็กตรอนอิสระเหลือเลย



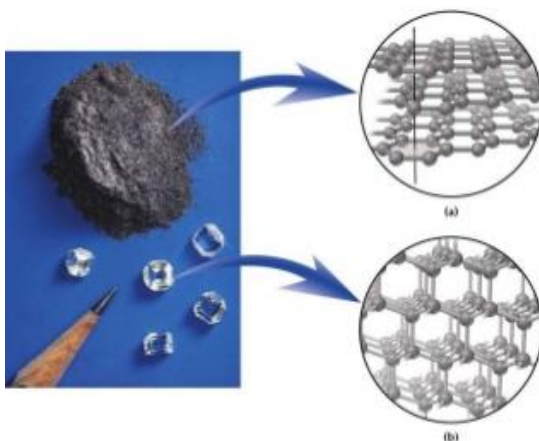
เพชร

แบบจำลองโครงสร้างของเพชร

ภาพที่ 2.7 เพชรและแบบจำลองโครงสร้างของเพชร

ที่มา : วีระวุธ ศิริบุญ, 2553 : 3

แกรไฟต์ เป็นผงหรือแผ่นสีดำ มีโครงสร้างเป็นชั้นๆ ซึ่งในแต่ละชั้น อะตอมของคาร์บอนแต่

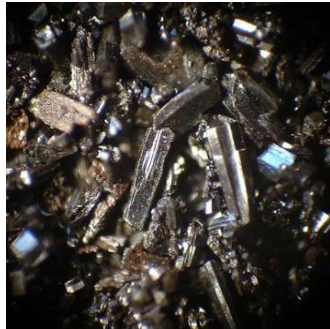


ละอะตอมจะเกิดพันธะโคเวเลนต์กับคาร์บอนอื่น 3 อะตอม เป็นโครงร่างตาข่าย 2 มิติ ระหว่างชั้นก็มีแรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงยึดเหนี่ยว ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่ค่อยแข็งแรง จึงทำให้ผลึกของแกรไฟต์อ่อนไม่แข็งเหมือนเพชร แต่สามารถนำไฟฟ้าได้

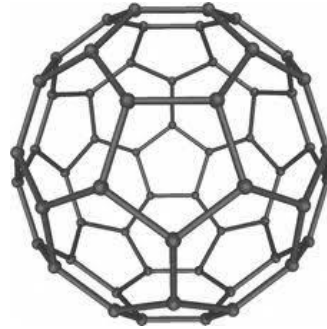
ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะโครงสร้างของผงแกรไฟต์

ที่มา : สุนทร พรจำเริญ, 2557 : 11

ฟูลเลอรีน มีโครงสร้างเหมือนตะกร้อหรือฟุตบอล เรียกว่า บักกี้บอล(Buckyball) โมเลกุลเล็กสุดประกอบด้วยคาร์บอน 60 อะตอม(C 60) ประกอบด้วยรูปห้าเหลี่ยม 12 รูป และรูปหกเหลี่ยม 20 รูป อะตอมคาร์บอนอยู่ตำแหน่งของมุมของรูปเหลี่ยมเหล่านั้น ไม่นำไฟฟ้า



ฟูลเลอรีน



บักกี้บอล

ภาพที่ 2.9 แสดงรูปผลึกฟูลเลอรีนและโครงสร้างบักกี้บอล

ที่มา : วีระวุธ ศิริบุญย์, 2553 : 3

ฟอสฟอรัส

เป็นอโลหะ มี 3 รูปที่สำคัญ คือฟอสฟอรัสขาว ฟอสฟอรัสแดง ฟอสฟอรัสดำ

ฟอสฟอรัสขาว(เหลือง)ประกอบด้วยฟอสฟอรัส(P) 4 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น P_4 เป็น

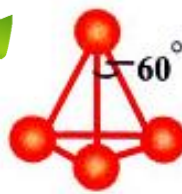
ของแข็งสีขาว จุดหลอมเหลว $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดเดือด $280\text{ }^{\circ}\text{C}$

ความหนาแน่น 1.82 g/cm^3 ไม่นำไฟฟ้า ละลายน้ำได้น้อย

ละลายใน CS_2 ลูกติดไฟในอากาศที่

$35\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นพิษ ทำปฏิกิริยากับเบส

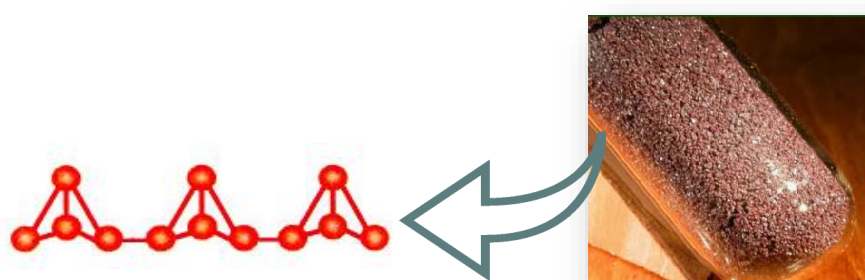
เป็นส่วนประกอบของระเบิด



ภาพที่ 2.10 แสดงรูปผลึกฟอสฟอรัสขาวและโครงสร้างของผลึกฟอสฟอรัสขาว

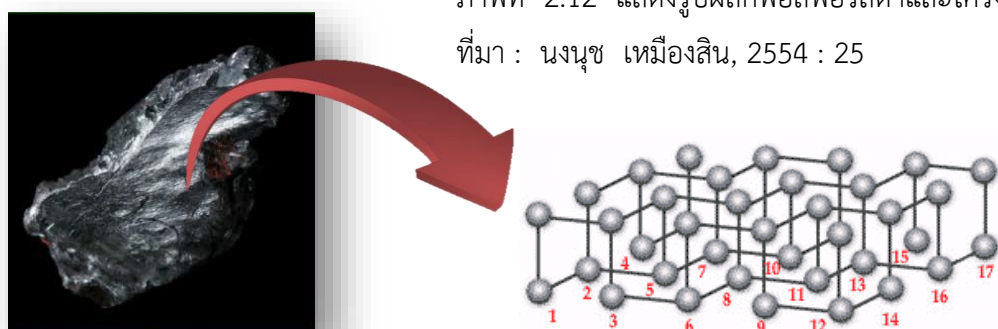
ที่มา : นงนุช เหมืองสิน, 2554 : 24

ฟอสฟอรัสแดง โมเลกุลมีโครงสร้างเป็นสายยาวคล้ายลูกโซ่(ฟอสฟอรัสขาวต่อกัน) เป็นของแข็งสีแดง จุดหลอมเหลว 590°C ที่ความดัน 43 บรรยากาศ จุดเดือด 417°C เกิดการระเหิด ความหนาแน่น 2.34 g/cm^3 ไม่นำไฟฟ้า ไม่ละลายในน้ำและ CS_2 ไม่ลุกติดไฟในอากาศ ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือเบส ใช้ทำหัวไม้ขีดไฟ



ภาพที่ 2.11 แสดงรูปผลึกฟอสฟอรัสแดงและโครงสร้างของฟอสฟอรัสแดง
ที่มา : นงนุช เหมือนสิน, 2554 : 24

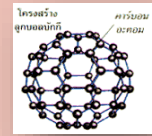
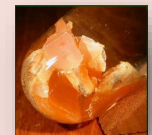
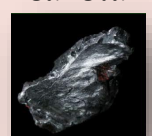
ฟอสฟอรัสดำ มีโครงสร้างแบบโครงผลึกร่างตาข่าย เป็นของแข็งสีดำ นำไฟฟ้าได้เล็กน้อย อุณหภูมิสูงจะนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น



ภาพที่ 2.12 แสดงรูปผลึกฟอสฟอรัสดำและโครงสร้าง
ที่มา : นงนุช เหมือนสิน, 2554 : 25

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติบางประการของของแข็งบางชนิดที่อยู่ในรูปต่าง ๆ กัน

ชื่อธาตุ	รูปของของแข็ง	ลักษณะภายนอก	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	สภาพนำไฟฟ้า
กำมะถัน	รอมบิก 	ผลึกรูปเหลี่ยม สีเหลือง	112.80	444.67	2.07	ไม่นำ

	มอนอคลินิก 	ผลึกรูปเข็ม สีเหลือง	119	444.67	1.96	ไม่นำ
คาร์บอน	แกรไฟต์ 	ผงหรือแผ่นสีดำ	3727	3642	2.25	นำ
	เพชร 	ผลึกรูปเหลี่ยม ไม่มีสี	สูงกว่า 3550	4827	3.51	ไม่นำ
	ฟูลเลอรีน 	ผงสีดำ	-	-	-	ไม่นำ
ฟอสฟอรัส	ฟอสฟอรัสขาว 	ก้อนสีขาว	44	280	1.82	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสแดง 	ผงสีแดง	590	417	2.34	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสดำ 	เกล็ดสีแดง	-	-	2.70	นำ

ที่มา : <https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

การนำรูปของของแข็งไปใช้ประโยชน์

การที่เราพบธาตุบางชนิดปรากฏอยู่ได้หลายรูป และแต่ละรูปมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากการจัดเรียงอะตอมหรือโมเลกุลแตกต่างกัน จากเนื้อหาข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

ธาตุบางธาตุในสถานะของแข็งมีการจัดเรียงอนุภาคภายในโครงสร้างแตกต่างกัน ทำให้ธาตุเหล่านั้นมีรูปของของแข็งได้หลายรูปและมีสมบัติแตกต่างกัน

สมบัติที่ต่างกันทำให้สามารถนำธาตุไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ธาตุคาร์บอน ในรูปของแกรไฟต์ เป็นของแข็งสีดำ ผิวเป็นมันวาว เล็กน้อยและลื่น จึงนิยมนำแกรไฟต์มาใช้ทำไส้ดินสอ และส่วนผสมในสารหล่อลื่น



ส่วนคาร์บอนในรูปของเพชรซึ่งมีความแข็งมาก นิยมนำมาใช้ทำหัวเจาะหรืออุปกรณ์ตัดวัตถุอื่น ๆ



ธาตุฟอสฟอรัสในรูปฟอสฟอรัสขาว มีสีขาว นิ่มคล้ายขี้ผึ้ง ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสามารถลุกไหม้ได้เองในอากาศ จึงใช้ประโยชน์ในการทำลูกระเบิดหรือระเบิดเพลิง

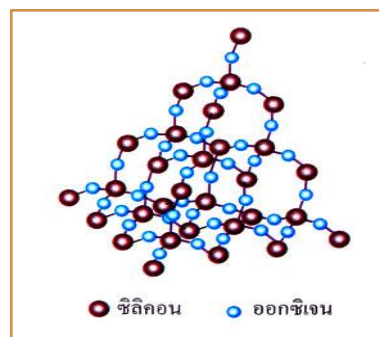
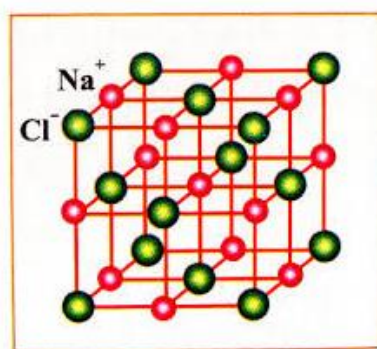
ฟอสฟอรัสแดงมีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ ที่เสถียรมากกว่า ฟอสฟอรัสขาว จึงใช้ทำไม้ขีดไฟ



บัตรเนื้อหาที่ 2

เรื่อง ผลึกของของแข็งและของแข็งอสัณฐาน

ผลึก เป็นของแข็งที่มีรูปร่างเฉพาะตัว มีเหลี่ยม มีมุม และผิวหน้าเรียบ ของแข็งที่เป็นผลึก มีลักษณะที่สำคัญคือ มีการจัดเรียงอนุภาคภายในอย่างมีระเบียบในสามมิติ แต่ละอนุภาคยึดเหนี่ยวด้วยแรงชนิดต่าง ๆ มีโครงสร้างทางเรขาคณิตที่แน่นอนดังรูป ของแข็งบริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวที่ชัดเจนและคงที่ นั่นคือเมื่ออุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลวสารประเภทนี้จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวทันที



ภาพที่ 2.13 แสดงแบบจำลองโครงสร้างโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแบบจำลองโครงสร้างควอตซ์ (SiO_2)

ที่มา : http://www.thn24351chemical.blogspot.com/2016/08/blog-post_82.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

ถ้าใช้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคภายในผลึกเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งของแข็งในรูปผลึกได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. ผลึกโมเลกุล (Molecular crystal) เป็นผลึกที่เกิดจากโมเลกุลโคเวเลนต์
2. ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย (Network covalent crystal) เป็นผลึกที่เกิดจากสารประกอบโคเวเลนต์แบบโครงผลึกร่างตาข่าย
3. ผลึกโลหะ (Metallic crystal) เป็นผลึกที่เกิดจากพันธะโลหะ
4. ผลึกไอออนิก (Ionic crystal) เป็นผลึกที่เกิดจากสารประกอบไอออนิก

ตารางที่ 2.2 ชนิดและคุณสมบัติบางประการของของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก

สมบัติเชิงกลของผลึก	ลักษณะเฉพาะ			
	ชนิดของอนุภาคภายในผลึก	ชนิดของพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค	สมบัติทั่วไป	ตัวอย่างของของแข็ง
ผลึกโมเลกุล ^๑	โมเลกุลหรืออะตอม	โมเลกุลมีขั้ว – แรงดึงดูดระหว่างขั้ว – พันธะไฮโดรเจน โมเลกุลไม่มีขั้วหรืออะตอม – แรงลอนดอน	– อ่อนหรือแข็งปานกลาง เพราะไม่มาก – จุดหลอมเหลวต่ำ – ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า	โมเลกุลมีขั้ว – น้ำแข็ง – แอมโมเนีย โมเลกุลไม่มีขั้ว น้ำแข็งแห้ง ^{๑๑} เนฟทาลิน ^{๑๑} กำมะถัน ไอโอดีน ^{๑๑}
ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย	อะตอม	พันธะโคเวเลนต์	– แข็ง – จุดหลอมเหลวสูง – ส่วนใหญ่ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า	– เพชร – แกรไฟต์** – คาร์บอน
ผลึกโลหะ	อะตอม	พันธะโลหะ	– แข็ง – จุดหลอมเหลวสูง – นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี	แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง โซเดียม เงิน
ผลึกไอออนิก	ไอออน	พันธะไอออนิก	– แข็งเปราะ – จุดหลอมเหลวสูง – ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า	– โซเดียมคลอไรด์ในรูปของผลึก – โซเดียมคลอไรด์ – แมกนีเซียมออกไซด์ – แคลเซียมฟลูออไรด์

^๑ รวมทั้งผลึกที่ประกอบด้วยอะตอมเดี่ยว เช่น นิออน^{๑๑} สามารถเกิดระเหิดได้ที่อุณหภูมิห้อง

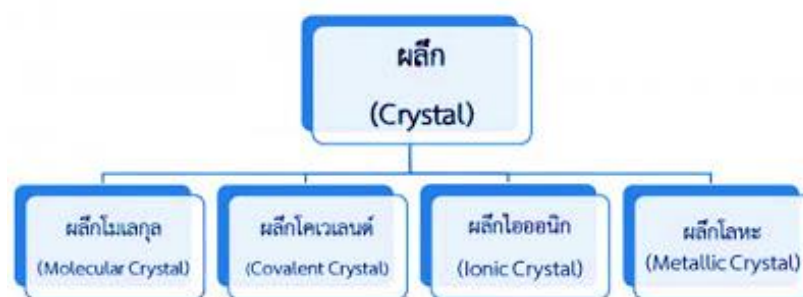
* นำความร้อนได้ดี

** นำไฟฟ้าได้ดี

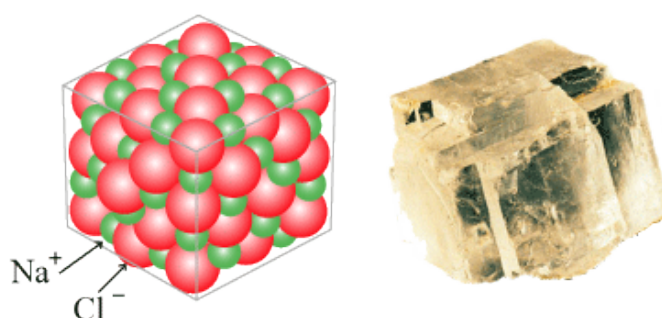
ที่มา : <http://www.pirun.kps.ku.ac.th> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

คุณสมบัติของแข็งที่เป็นผลึก

ผลึกประกอบจากการเรียงตัวของอะตอม ไอออน หรือโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบสม่ำเสมอในสามมิติ และยึดกันอยู่ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคชนิดต่าง ๆ เราจำแนกผลึกออกได้เป็น 4 ชนิด ตามชนิดของอนุภาคองค์ประกอบและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ดังนี้



1. **ผลึกไอออนิก (Ionic crystal)** ผลึกไอออนิกประกอบด้วยไอออนบวกกับไอออนลบที่มีขนาดไอออนแตกต่างกันและยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า หรือพันธะไอออนิก



ภาพที่ 2.14 แสดงรูปของผลึกไอออนิก

ที่มา: <http://110.164.64.200/ftp/st28266/ionic.html/page14.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

ตัวอย่างของผลึกไอออนิกที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ ผลึกของเกลือแกง ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ผลึกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ถ้าลองขยายภาพจนถึงระดับโมเลกุล จะพบว่ามีโซเดียมไอออนซึ่งแทนด้วยทรงกลมสีชมพู และคลอไรด์ไอออนซึ่งแทนด้วยทรงกลมสีเขียว โซเดียมไอออนจะอยู่สลับกันกับคลอไรด์ไอออนเป็นแถว ๆ ทั้งสามมิติ มีลักษณะคล้ายตาข่าย หากพิจารณาที่แต่ละไอออน เช่น พิจารณาโซเดียมไอออน แต่ละโซเดียม

ไอออนจะมีคลอไรด์ไอออนล้อมรอบอยู่ทุกไอออน หรือพิจารณาโซเดียมไอออนก็เป็นในลักษณะเดียวกัน

ผลึกไอออนิกชนิดอื่น เช่น ผลึกโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) ผลึกซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) ผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ก็เกิดในลักษณะเดียวกับผลึกโซเดียมคลอไรด์และผลึกซีเซียมคลอไรด์ แต่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับจำนวนไอออนและจำนวนประจุที่ทำให้เกิดโครงสร้างต่างกัน ดังนั้นผลึกไอออนิกจึงประกอบไปด้วยไอออนบวกและไอออนลบต่อเนื่องกัน ไม่อยู่ในรูปโมเลกุลเดี่ยว

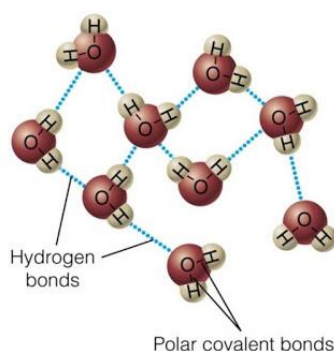


ภาพที่ 2.15 แสดงผลึกไอออนิกของธาตุชนิดอื่นๆ

ที่มา : นงนุช เหมืองสิน, 2554 : 33

สมบัติทั่วไปของผลึกไอออนิก คือ แข็งและเปราะ มีจุดหลอมเหลวสูง เนื่องจากต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการแยกไอออนออกจากกัน ขณะที่อยู่ในสถานะของแข็งจะไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากไอออนไม่เคลื่อนที่ แต่เมื่อทำให้หลอมเหลวหรือละลายน้ำจะทำให้ไอออนเคลื่อนที่ จึงนำไฟฟ้าได้

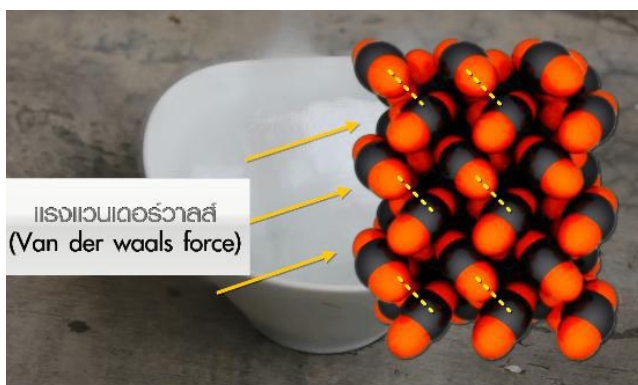
2. ผลึกโมเลกุล (Molecular crystal) คือผลึกของสารประกอบโคเวเลนต์ที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิด แรงแวนเดอร์วาลส์ และ/หรือ พันธะไฮโดรเจน ผลึกโมเลกุลแบ่งเป็นสองประเภท ตามสภาพขั้วของโมเลกุล นั่นคือ ผลึกโมเลกุลไม่มีขั้ว และผลึกโมเลกุลมีขั้ว



ภาพที่ 2.16 แสดงผลึกโมเลกุลของน้ำแข็ง

ที่มา : http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1721 (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

ผลึกของโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว เช่น น้ำแข็งแห้ง ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พันธะระหว่าง คาร์บอนกับออกซิเจนเป็นพันธะโคเวเลนต์มีขั้ว แต่ขั้วของทั้งสองพันธะหักล้างกัน ดังนั้นโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เมื่อโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ หลาย ๆ โมเลกุลมาเรียงกัน แต่ละโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถยึดเหนี่ยวกันโดยหันด้านที่มีขั้วต่างกันเข้าหากันดังภาพ เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล นั่นคือ แรงแวนเดอร์วาลส์ เมื่อโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์มาจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบแบบสามมิติ ในทิศทางที่เหมาะสม และเกิดแรง



ยึดเหนี่ยวระหว่างกัน จนได้เป็นโครงสร้างผลึกของคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในภาพ จะเห็นว่าแต่ละโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ชนิดแรงลอนดอน เนื่องจากแรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

ภาพที่ 2.17 แสดงการยึดเหนี่ยวด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์

ที่มา : นงนุช เหมืองสิน, 2554 : 21

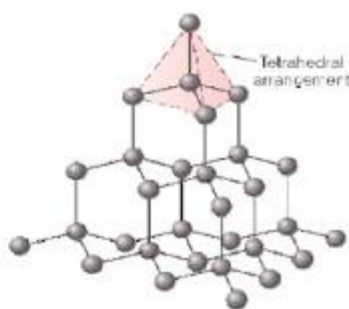
อย่างอ่อน เมื่อได้รับพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำลายแรงยึดเหนี่ยวนี้ได้ เกิดการเปลี่ยนสถานะอย่างรวดเร็ว จากของแข็งกลายเป็นแก๊ส โดยไม่เห็นสถานะของของเหลว เรียกการ

เปลี่ยนแปลงนี้ว่า การระเหิด ของแข็งที่อยู่ในรูปผลึกโมเลกุลไม่มีขั้ว เช่น แนพทาซีนหรือลูกเหม็น และไอโอดีน ก็สามารถระเหิดได้

ผลึกของโมเลกุลมีขั้ว อนุภาคของแข็งในผลึกโมเลกุลมีขั้วจะยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างขั้ว หรือในกรณีที่มีไฮโดรเจนอะตอมต่อกับธาตุที่มีอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างขั้วแบบพันธะไฮโดรเจนด้วย ตัวอย่างเช่น น้ำตาลทราย เมื่อน้ำตาลทรายละลาย ๆ โมเลกุลมาเรียงตัวกัน โมเลกุลน้ำตาลจะจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบที่มีแบบแผนแน่นอน ในสามมิติโมเลกุลน้ำตาลแต่ละโมเลกุล ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยจะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างไฮโดรเจนตรงตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลโมเลกุลหนึ่งกับออกซิเจนของน้ำตาลโมเลกุลข้างเคียง

สมบัติทั่วไปของ ของแข็งที่เป็นผลึกโมเลกุลโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะค่อนข้างอ่อนหรือแข็งปานกลาง มีจุดหลอมเหลวต่ำ ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า

3. ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย (Covalent crystal) อนุภาคของผลึกประเภทนี้จะเป็นอะตอม มีการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ ตัวอย่างที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เช่น ผลึกเพชร เพชร มีอะตอมของคาร์บอนที่สร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของคาร์บอนอื่น ๆ อีกสี่อะตอม เช่น ถ้าพิจารณาคาร์บอนอะตอมสีแดง จะเห็นว่าคาร์บอนอะตอมสีแดงนี้เกิดพันธะโคเวเลนต์กับคาร์บอนอะตอมข้างเคียงอีกสี่อะตอม จัดเรียงตัวอยู่ในรูปของทรงสี่หน้าต่อเนื่องกันเกิดเป็นร่างแหคล้ายตาข่าย

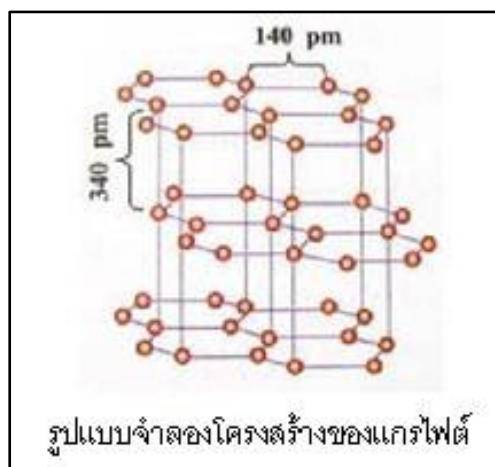


ขนาดใหญ่เรียกว่าโครงผลึกร่างตาข่าย (Network covalent solid) ทำให้เพชรมีความแข็งแกร่ง และมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 3550

ภาพที่ 2.18 แสดงผลึกของเพชรและโคเวเลนต์ร่างตาข่ายของเพชร

ที่มา : <http://www.ponglearning.com/?p=1473> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

อีกตัวอย่างหนึ่งของผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย คือ แกรไฟต์ (Graphite) ซึ่งอะตอมของคาร์บอนจัดเรียงตัวเป็นวงหกเหลี่ยม มีโครงสร้างเป็นชั้น ๆ ภายในชั้นเดียวกันคาร์บอนแต่ละอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมข้างเคียงอีก 3 อะตอม



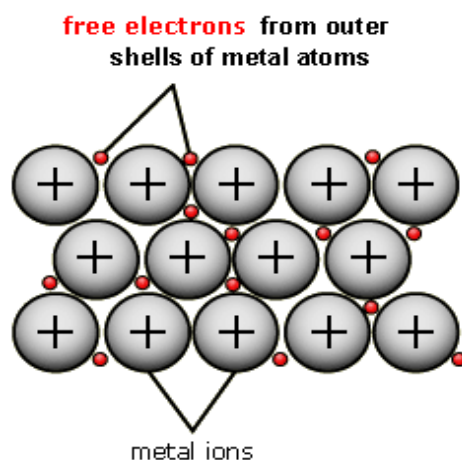
ภาพที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของแกรไฟต์

ที่มา : <http://thn25061-chem4.blogspot.com/2017/07/2.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

แกรไฟต์มีสมบัตินำไฟฟ้าได้ดี เพราะว่า ในโครงผลึกของแกรไฟต์ คาร์บอนอะตอมมี เวเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว แต่ละอะตอมจะสร้างพันธะกับคาร์บอน 3 อะตอมที่อยู่ใกล้เคียงกัน จึงมีอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ไปทั่วภายในชั้น 1 อิเล็กตรอน แกรไฟต์จึงนำไฟฟ้าได้ดีเฉพาะในทิศทางที่ขนานกับชั้นเท่านั้น

จากการที่คาร์บอนอะตอมในแต่ละชั้นของแกรไฟต์อยู่ห่างกัน 340 พิโกเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าความยาวพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอน แสดงว่าคาร์บอนอะตอมระหว่างชั้น ไม่ได้สร้างพันธะโคเวเลนต์กัน แต่ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ที่ไม่แข็งแรง ดังนั้น แกรไฟต์จึงเลื่อนไถลไปตามชั้นได้ง่าย ทำให้มีสมบัติในการหล่อลื่นได้ดี เราจึงนำแกรไฟต์ทำเป็นไส้ดินสอดำ หรือทำเป็นสารหล่อลื่นก็ได้

4. ผลึกโลหะ (Metallic crystal) ผลึกโลหะประกอบด้วยอะตอมที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะที่แข็งแรงมาก เนื่องจากโลหะมีพลังงานไอออไนเซชันต่ำ จึงมีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย เกิดเป็นไอออนบวกจัดเรียงตัวกันเป็นผลึกและถูกล้อมรอบด้วยกลุ่มอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ หรือทะเลอิเล็กตรอน เราจึงสามารถอธิบายลักษณะและสมบัติต่าง ๆ ของผลึกโลหะได้โดยใช้แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนของผลึกโลหะนั้นแสดงในรูป ซึ่งทรงกลมสีเทา คือ ไอออนบวกของโลหะ ทรงกลมสีแดงที่เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา คือ อิเล็กตรอน จะพบว่าไอออนบวกถูกล้อมรอบด้วยกลุ่มอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ หรือทะเลอิเล็กตรอน ทำให้ผลึกโลหะมีสมบัตินำไฟฟ้าได้



ภาพที่ 2.20 แสดงผลึกโลหะและโครงสร้างผลึก

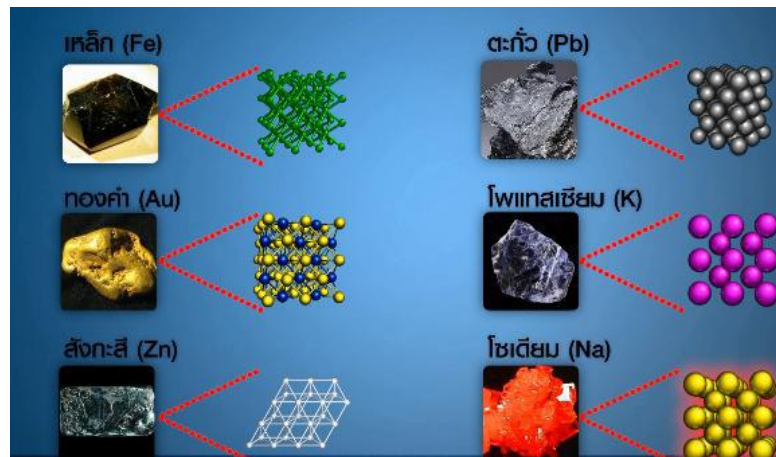
ที่มา : <https://kruannchemistry.wordpress.com> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

สมบัติอีกประการหนึ่งของผลึกโลหะ คือ โลหะมีความแข็งและเหนียว สามารถบิดงอหรือตีเป็นแผ่นได้โดยไม่แตกหรือหักออกจากกัน เนื่องจากขนาดของอะตอมอาจเคลื่อนที่บนระนาบอื่น ๆ ได้ง่าย เช่น แผ่นทองแดง และแผ่นทองคำเปลว นอกจากนี้ผิวหน้าของผลึกโลหะยังมีความมันวาว



จากการสะท้อนแสง เนื่องจากโลหะสามารถดูดกลืน และคายพลังงานได้ในช่วงความยาวคลื่นที่ต่อเนื่องกัน สมบัติอีกประการหนึ่งของผลึกโลหะคือมีจุดหลอมเหลวสูง และจะแตกต่างกันไปตามความแข็งแรงของพันธะโลหะ เช่น เหล็ก และทองคำมีการจัดเรียงตัวของอะตอมที่เป็นระเบียบและอยู่ชิดกันมากกว่าสังกะสี จึงมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าสังกะสี อย่างไรก็ตามผลึกโลหะทั้งหมดอาจมีสมบัติไม่สอดคล้องทุก

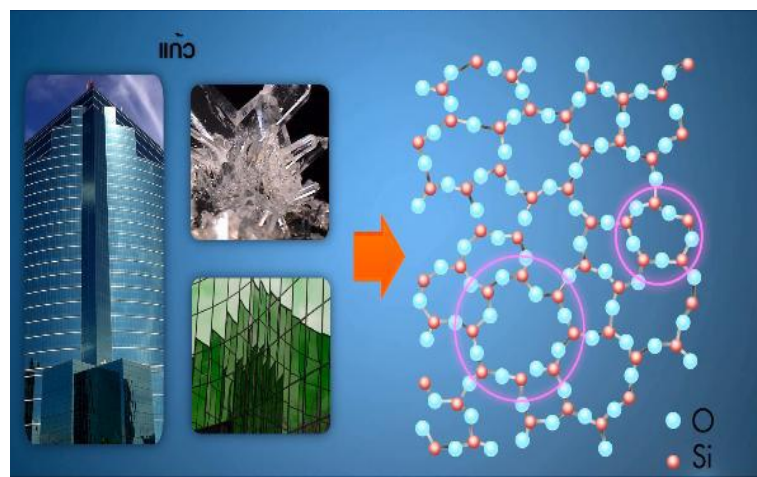
ประการดังที่กล่าวมาแล้ว เช่น ตะกั่ว นำไฟฟ้าได้ไม่ดี โพลีเอทิลีน โซเดียม ค่อนข้างอ่อนและจุดหลอมเหลวต่ำ



ภาพที่ 2.21 แสดงผลึกโลหะและโครงสร้างผลึก

ที่มา : นงนุช เหมือนสิน, 2554 : 40

ของแข็งที่ไม่มีรูปผลึก เรียกว่า ของแข็งอสัณฐาน (amorphous solid) ซึ่งมีสมบัติทั่ว ๆ ไป คล้ายผลึก แตกต่างกันที่ไม่มีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน เช่น แก้ว มีลักษณะแวววาวใส คล้ายเพชร แต่หากพิจารณาโครงสร้างโมเลกุลภายในแก้ว จะพบว่ามีโครงสร้างโมเลกุลซึ่งประกอบด้วยซิลิคอน (Si) และออกซิเจน (O) โดยมีออกซิเจนคั่นอยู่ระหว่างอะตอมของซิลิคอนแต่ละคู่ แต่จำนวนอะตอมของออกซิเจนที่คั่นระหว่างซิลิคอนในแต่ละวงจะไม่เท่ากัน จึงทำให้ไม่มีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน



ภาพที่ 2.22 แสดงผลึกของของแข็งอสัณฐาน

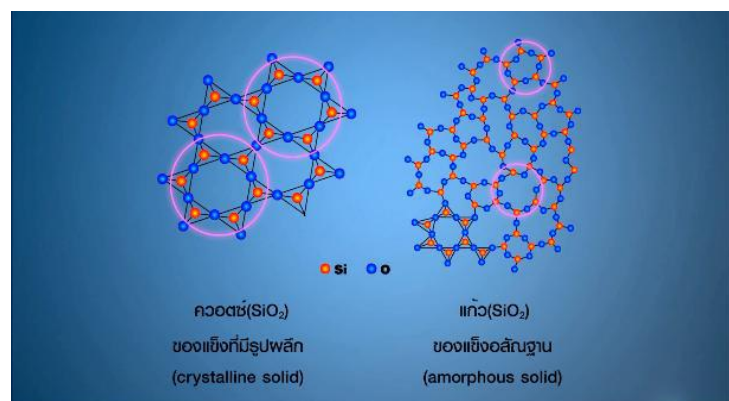
ที่มา : นงนุช เหมือนสิน, 2554: 43

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างควอตซ์ซึ่งเป็นผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่ายและแก้วซึ่งเป็นของแข็งอสัณฐานจะพบว่ามีสูตรทางเคมีเหมือนกัน คือ ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)



ภาพที่ 2.23 แสดงผลึกของควอตซ์และแก้วที่เป็นของแข็งออสัญฐาน
ที่มา : นงนุช เหมือนสิน, 2554 : 44

แต่ควอตซ์มีออกซิเจนที่คั่นอยู่ระหว่างอะตอมของซิลิคอนแต่ละคู่ในแต่ละวงจำนวนเท่ากัน จึงมีโครงสร้างของโมเลกุลที่เป็นระเบียบ เรียกว่า ของแข็งอสัญฐาน หรือ ของแข็งที่มีรูปผลึก (crystalline solid) ส่วนแก้วมีออกซิเจนที่คั่นอยู่ระหว่างอะตอมของซิลิคอนแต่ละคู่ในแต่ละวงจำนวนไม่เท่ากัน จึงมีการจัดเรียงอนุภาคที่ไม่ค่อยเป็นระเบียบ เรียกว่า ของแข็งอสัญฐาน หรือ ของแข็งที่ไม่มีรูปผลึก (amorphous solid) จากลักษณะโครงสร้างที่เป็นระเบียบกว่าของควอตซ์จึงทำให้ควอตซ์มีความแข็งแรงมากกว่าแก้ว



ภาพที่ 2.24 แสดงโครงสร้างผลึกของควอตซ์และแก้ว
ที่มา : นงนุช เหมือนสิน, 2554 : 45

ตัวอย่างถัดมาของของแข็งอสัณฐาน คือ ยาง เช่น แผ่นยาง ยางที่ใช้ทำรองเท้า ยางรถยนต์ ยางรัดของ ซึ่งยางเหล่านี้เป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจน มีความยืดหยุ่นสูง และมีการจัดเรียงอนุภาคที่ไม่เป็นระเบียบ นอกจากตัวอย่างข้างต้น ของแข็งอสัณฐานยังได้แก่ ขี้ผึ้ง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ของแข็งอสัณฐานมีการจัดเรียงอนุภาคไม่เป็นระเบียบ ขาดความมีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน และเมื่อแตกหักจะได้ชิ้นส่วนที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ลักษณะที่สำคัญของแข็งอสัณฐานคือมีสมบัติบางประการ เช่น ดัชนีหักเห การนำไฟฟ้าเหมือนกันทุกทิศทาง เรียกว่า สมบัติไอโซโทรปิก (isotropic property) ซึ่งต่างจากของแข็งที่มีรูปผลึกซึ่งมีสมบัติต่างกันในทุกทิศทางที่ต่างกัน เรียกว่า สมบัติแอนไอโซโทรปิก (anisotropic property)

บัตรเนื้อหาที่ 3

เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

การหลอมเหลว (melting)

เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ทำให้อนุภาคมีการสั่นมากขึ้น และมีการถ่ายโอนพลังงานให้แก่อนุภาคข้างเคียงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งบางอนุภาคของของแข็งมีพลังงานสูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค อนุภาคของของแข็งจึงเริ่มเคลื่อนที่และอยู่ห่างกันมากขึ้น ของแข็งจึงเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า **การหลอมเหลว (melting)** และเรียกอุณหภูมิในขณะที่ยของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่ความดันหนึ่ง บรรยายว่า **จุดหลอมเหลว (melting point)**



ภาพที่ 2.25 แสดงการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

ที่มา : <http://vichakarn.triamudom.ac.th/comtech/studentproject/final54/cheme343/Solid> (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

ปัจจัยที่มีผลต่อจุดหลอมเหลวของของแข็ง

ความดันบรรยากาศ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจุดหลอมเหลว คือ ความดันบรรยากาศสูงจุด

หลอมเหลวสูง ความดันบรรยากาศต่ำจุดหลอมเหลวต่ำ ชนิดของของแข็ง คือของแข็งที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงจุดหลอมเหลวจะสูงกว่า ของแข็งที่มีแรงยึดเหนี่ยวอนุภาคต่ำ เช่น โซเดียมคลอไรด์(พันธะไอออนิก) มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า กากะถัน (แรงลอนดอน)

การระเหิด (Sublimation)

การระเหิดของสารเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับสารชนิดที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วน้อยมาก และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals forces) อย่างอ่อน เช่น แรงลอนดอน (London forces) เมื่ออนุภาคของสารได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเพียงเล็กน้อย จะทำให้อนุภาคของสารนั้นแยกออกจากผลึก โดยเฉพาะอนุภาคที่อยู่บริเวณผิวหน้าของผลึกจะหลุดออกและเคลื่อนที่เป็นอิสระ ได้ง่าย เช่น การระเหิดของไอโอดีน การระเหิดของแนฟทาลิน การบูร เมนทอล เป็นต้น



(ซ้าย) ภาพแนฟทาลิน



(ขวา) การระเหิดของน้ำแข็งแห้ง

ภาพที่ 2.26 แสดงการระเหิดของของแข็ง

ที่มา : <http://vichakarn.triamudom.ac.th/comtech/studentproject/final54>

/cheme343/Solid (สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560)

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหิดของของแข็ง

1. อุณหภูมิ ณ อุณหภูมิสูงของแข็งระเหิดได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ
2. พื้นที่ผิวของของแข็ง ของแข็งที่มีพื้นที่ผิวหน้ามากจะระเหิดได้ดีกว่า ของแข็งที่มีพื้นที่ผิวน้อย
3. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ของแข็งใดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยจะระเหิดได้ง่าย แต่ถ้ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากขึ้นจะระเหิดได้ช้า

บัตรฝึกหัดที่ 1

เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้
2. นักเรียนจำแนกสมบัติบางประการของของแข็งและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งได้

คำชี้แจง นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและศึกษาจากบัตรเนื้อหาโดยนักเรียนอ่านคำอธิบายด้านล่าง แล้วหาคำศัพท์ภาษาอังกฤษมาเติมให้ถูกต้อง (10 คะแนน)

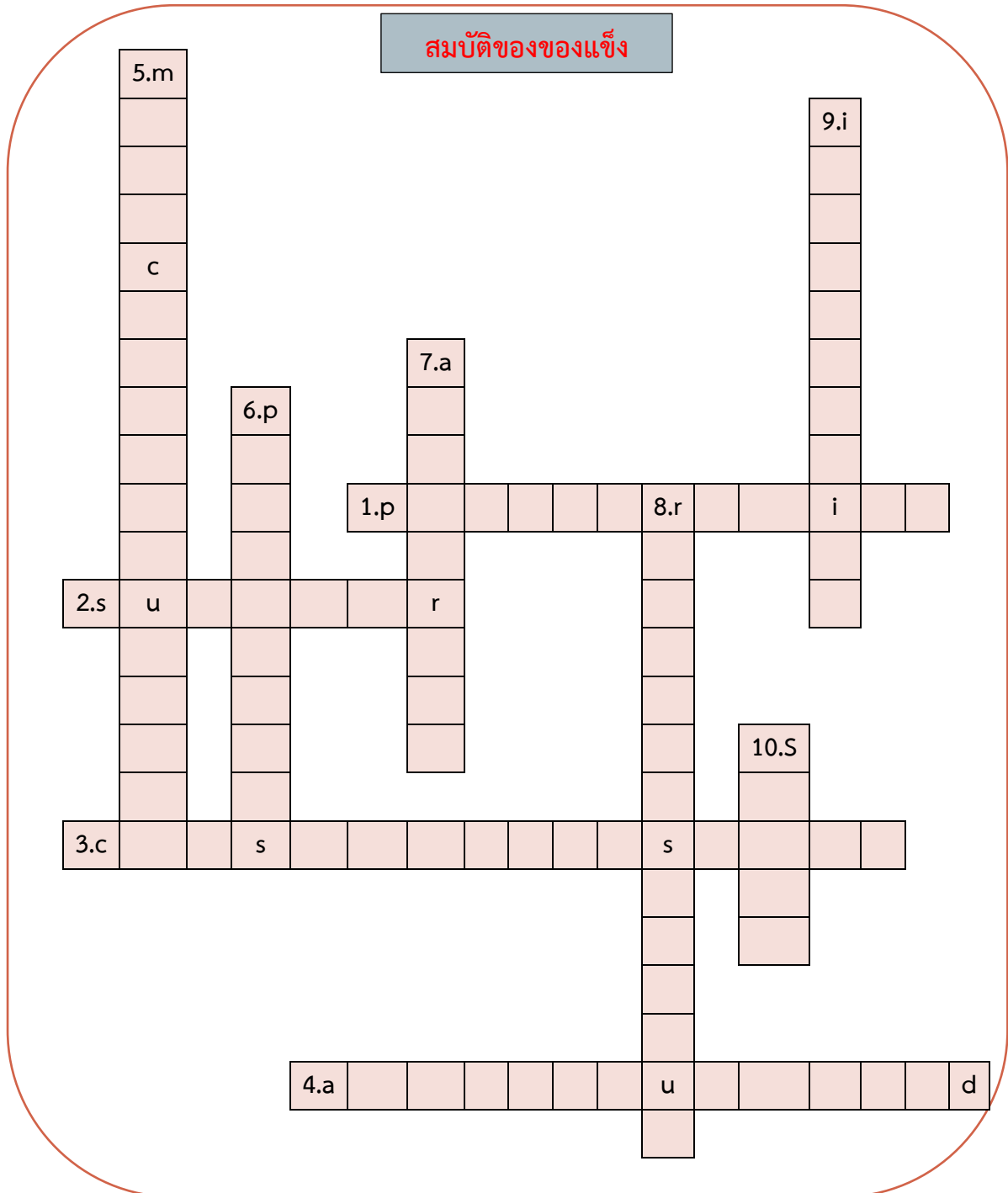
แถวแนวนอน

1. เป็นชื่อของแข็งมีผลึกได้หลายแบบและใช้ในปัจจุบัน
2. มีสูตรโมเลกุล S_8 มีสถานะเป็นของแข็ง เป็นอโลหะ
3. ของแข็งที่มีรูปผลึก
4. ของแข็งที่ไม่มีรูปผลึก

แถวแนวตั้ง

5. ผลึกกัมมะถันรูปแท่งคล้ายเข็ม โปร่งใส สีเหลือง
6. มีสูตรโมเลกุล P_4 มีสถานะเป็นของแข็ง เป็นอโลหะ
7. เป็นชื่อเรียกธาตุชนิดเดียวกันแต่มีการจัดโครงสร้างผลึกต่างกันเป็นคำที่ใช้ในอดีต
8. ผลึกกัมมะถันรูปเกล็ดคล้ายขนม เปียกปูน โปร่งใส
9. ของแข็งต่างชนิดกัน แต่มีรูปผลึกเหมือนกัน
10. เป็นสารที่มีรูปร่างแน่นอนปริมาตรคงที่ อนุภาคอยู่ชิดกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวมาก

คำชี้แจง นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและศึกษาจากบัตรเนื้อหาโดยนักเรียน
อ่านคำอธิบายด้านล่าง แล้วหาคำศัพท์ภาษาอังกฤษมาเติมให้ถูกต้อง (10 คะแนน)



บัตรฝึกหัดที่ 2

เรื่อง ผลึกของของแข็งและของแข็งอสัณฐาน

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนบอกเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏอยู่ในรูปต่างกันได้
2. จำแนกประเภทของผลึกของของแข็งโดยใช้ชนิดของพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเป็นเกณฑ์ได้
3. อธิบายสมบัติที่สำคัญของผลึกของของแข็งแต่ละประเภทได้
4. ระบุชนิดของผลึกของของแข็งจากสารที่เป็นตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
5. นักเรียนบอกความแตกต่างระหว่างของแข็งที่เป็นรูปผลึกกับของแข็งอสัณฐานได้

1. จากตารางจงตอบคำถามพร้อมอธิบายให้ถูกต้อง (10 คะแนน)

ชื่อธาตุ	รูปร่าง ๆ ของธาตุ	ลักษณะภายนอก	จุดหลอม เหลว	จุดเดือด	ความ หนาแน่น	การนำ ไฟฟ้า
คาร์บอน		เป็นผงหรือแผ่นสีดำ	3652	4827	2.25	นำ
		ผลึกรูปเหลี่ยม	> 3550	-	3.51	ไม่นำ
ฟอสฟอรัส			44	280	1.82	ไม่นำ
		เป็นผงสีแดง	590	-	2.34	ไม่นำ
		เป็นเกร็ดสีดำ	610	-	2.699	ไม่นำ
กำมะถัน		ผลึกรูปเหลี่ยมสี เหลือง	113	445	2.07	ไม่นำ
		ผลึกรูปเข็มสีเหลือง	119	445	2.07	ไม่นำ

3. จงยกตัวอย่างของแข็งอสัณฐานที่พบในชีวิตประจำวัน 2 ชนิด และอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นของแข็งอสัณฐาน (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บัตรฝึกหัดที่ 3

เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะของของแข็งโดยการหลอมเหลวและการระเหิด

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในบัตรเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง แล้วบันทึกสาระสำคัญในประเด็นต่อไปนี้

- 1) การหลอมเหลว หมายถึง

.....

.....

.....

.....

.....

- 2) การระเหิด หมายถึง

.....

.....

.....

.....

.....

- 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหิดของของแข็ง คือ

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว32222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง สมบัติของของแข็ง	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

คำชี้แจง

- นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงใน กระจดาษ คำตอบที่แจกให้
- แบบทดสอบมี 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 15 นาที

-
- ข้อใดเป็นเหตุที่ทำให้ธาตุดีบุกมีหลายรูปและสมบัติแตกต่างกัน
 - อะตอมของดีบุกมีจำนวนนิวตรอนต่างกัน
 - โมเลกุลของดีบุกมีจำนวนอะตอมไม่เท่ากัน
 - มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนภายในอะตอมต่างกัน
 - มีการจัดเรียงอะตอมหรือจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน
 - ผลึกของแข็งชนิดหนึ่งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำจะนำไฟฟ้าได้ มีลักษณะแข็งและเปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ผลึกของแข็งดังกล่าวเป็นผลึกของแข็งประเภทใด
 - ผลึกโลหะ
 - ผลึกไอออนิก
 - ผลึกโมเลกุล
 - ผลึกโควาเลนต์ร่างตาข่าย
 - สมบัติในข้อใดไม่ใช่ สมบัติของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก
 - มีจุดหลอมเหลวที่ชัดเจนและคงที่
 - มีโครงสร้างทางเรขาคณิตที่แน่นอน
 - เมื่ออุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลวจะเปลี่ยนเป็นของเหลวทันที
 - เมื่อแตกหรือหักจะได้ชิ้นส่วนที่มีลักษณะไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต

4. ของแข็งอัญฐานมีสมบัติแตกต่างจากของแข็งที่มีรูปผลึกอย่างไร
 - ก. มีจุดหลอมเหลวคงที่
 - ข. เมื่อหลอมเหลวจะไหลได้
 - ค. มีการจัดเรียงอนุภาคเป็นระเบียบ
 - ง. ไม่สามารถหาจุดหลอมเหลวที่แน่นอนได้
5. ข้อใดเป็นสมบัติของของแข็ง
 - ก. ของแข็งทุกชนิดนำไฟฟ้าได้
 - ข. ของแข็งต่างชนิดกันอาจจะมีรูปผลึกต่างกันหรือเหมือนกันก็ได้
 - ค. โมเลกุลของของแข็งจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าของเหลวและแก๊ส
 - ง. ของแข็งมีรูปร่างแน่นอนและปริมาตรคงที่ ส่วนของเหลวและแก๊สมีรูปร่างไม่แน่นอนและปริมาตรไม่คงที่
6. กามะถันรอมบิกและมอนอคลินิกต่างก็มีสูตรโมเลกุล S_8 แต่แตกต่างกันเพราะเหตุใด
 - ก. รูปผลึกต่างกัน
 - ข. จุดหลอมเหลวต่างกัน
 - ค. ความหนาแน่นต่างกัน
 - ง. การจัดเรียงโมเลกุลต่างกัน
7. ข้อใด เป็นของแข็งที่ไม่มีรูปผลึก
 - ก. ขวดพลาสติก สารส้ม
 - ข. ยางรถยนต์ กามะถัน
 - ค. พลาสติก เครื่องแก้ว
 - ง. เกลือแกง เครื่องแก้ว
8. ความแตกต่างของสิ่งใดที่ทำให้กามะถันมีผลึกสองแบบ
 - ก. จำนวนอะตอม
 - ข. พลังงานจลน์
 - ค. การจัดเรียงโมเลกุล
 - ง. จำนวนโมเลกุล
9. ไล่ดินสอและเพชรเป็นไปตามข้อใด
 - ก. รูปของคาร์บอน
 - ข. ไอโซโทปของธาตุคาร์บอน
 - ค. ธาตุต่างชนิดกัน

ง. สารประกอบต่างชนิดกันของธาตุคาร์บอน

10. สารที่เกิดการระเหิดได้ทุกสาร คือข้อใด

ก. กำมะถัน การบูร

ข. พิมเสน แอมโมเนีย

ค. เกลือแกง ไอโอดีน

ง. แนฟทาลีน คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว32222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง สมบัติของของแข็ง	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น ม. 5 กลุ่มที่.....

คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

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

เกณฑ์การให้คะแนน

1 คะแนน ตอบคำถามถูกต้อง

คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน			ผลการประเมิน	
คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ค่าร้อยละ ระดับคุณภาพ

90 - 100% ดีเยี่ยม

80 - 89% ดีมาก

70 - 79%	ดี
60 - 69%	ปานกลาง
50 - 59%	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	ต้องปรับปรุง
(เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80)	

ใบบันทึกคะแนนที่ 2 แบบบันทึกคะแนนของสมาชิกกลุ่ม
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 สมบัติของของแข็ง

กลุ่มที่.....ชั้น ม. 5

เลขที่	ชื่อ - สกุล	คะแนน				
		ก่อนเรียน (10)	แบบบันทึก ปฏิบัติการที่ 1	บัตรฝึกหัดที่ 1 (10)	คะแนนรวมในกิจกรรม (20)	หลังเรียน (10)

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(.....)

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน
(.....)

บรรณานุกรม

- นงนุช เหมือนสิน. (2554). **คู่มือการใช้สื่อการสอนวิชาเคมี ตอน รูปของของแข็ง**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงนุช เหมือนสิน. (2554). **คู่มือการใช้สื่อการสอนวิชาเคมี ตอน ผลึกของแข็งและของแข็ง**
ออสถฐาน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระวุธ ศิริบุญ. (2553). **เอกสารประกอบการสอนเคมี**. โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย.
- ศรีลักษณ์ ผลวัฒน์. (2553). **หนังสือเรียนรายวิชา เคมี 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1**.
กรุงเทพฯ : แม็ค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). **หนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม**
เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- _____. (2556). **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6**.
พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สำราญ พฤษสุนทร. (2555). **คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.4-6**. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์
พ.ศ. พัฒนา.
- สุคนธ์ ลินธพานนท์. (2551). **นวัตกรรมการสอน**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : 9119
เทคนิคพรินต์.
- สุนทร พรจำเริญ. (2557). **เอกสารประกอบการสอนเคมี**. โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์.
- สุธาทิพย์ ศิริไพศาลพัฒน์. (2551). **เคมีทั่วไป 1**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถานะของสาร 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
<https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228>. (28 มีนาคม 2560)
- แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
<http://www.b5321600520/generalchemistry/solid-1.html> (22 มีนาคม 2560)
- ลักษณะของผลึกกำมะถันรวมบิก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
<https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (22 มีนาคม 2560)
- ลักษณะกำมะถันมอนอคลินิก หรือกำมะถันรูปเข็ม.(ออนไลน์). แหล่งที่มา :
<https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (22 มีนาคม 2560)
- การเปลี่ยนรูปของผลึกกำมะถัน.(ออนไลน์). แหล่งที่มา :
<https://www.slideshare.net/Songsak1/ss-52586228> (22 มีนาคม 2560)
- แบบจำลองโครงสร้างโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแบบจำลองโครงสร้างควอตซ์(SiO₂).

(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://thn24351chemical.blogspot.com/2016/08/blog-post_82.html (22 มีนาคม 2560)

ชนิดและคุณสมบัติบางประการของของแข็งที่อยู่ในรูปผลึก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.pirun.kps.ku.ac.th> (22 มีนาคม 2560)

รูปของผลึกไอออนิก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://110.164.64.200/ftp/st28266/ionic.html/page14.html> (22 มีนาคม 2560)

ผลึกโมเลกุลของน้ำแข็ง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1721 (22 มีนาคม 2560)

ผลึกของเพชรและโคเวเลนต์ร่างตาข่ายของเพชร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.ponglearning.com/?p=1473> (22 มีนาคม 2560)

การหลอมเหลวของน้ำแข็ง และการระเหิดของของแข็ง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://vichakarn.triamudom.ac.th/comtech/studentproject/final54/cheme343/Solid> (22 มีนาคม 2560)

ภาคผนวก

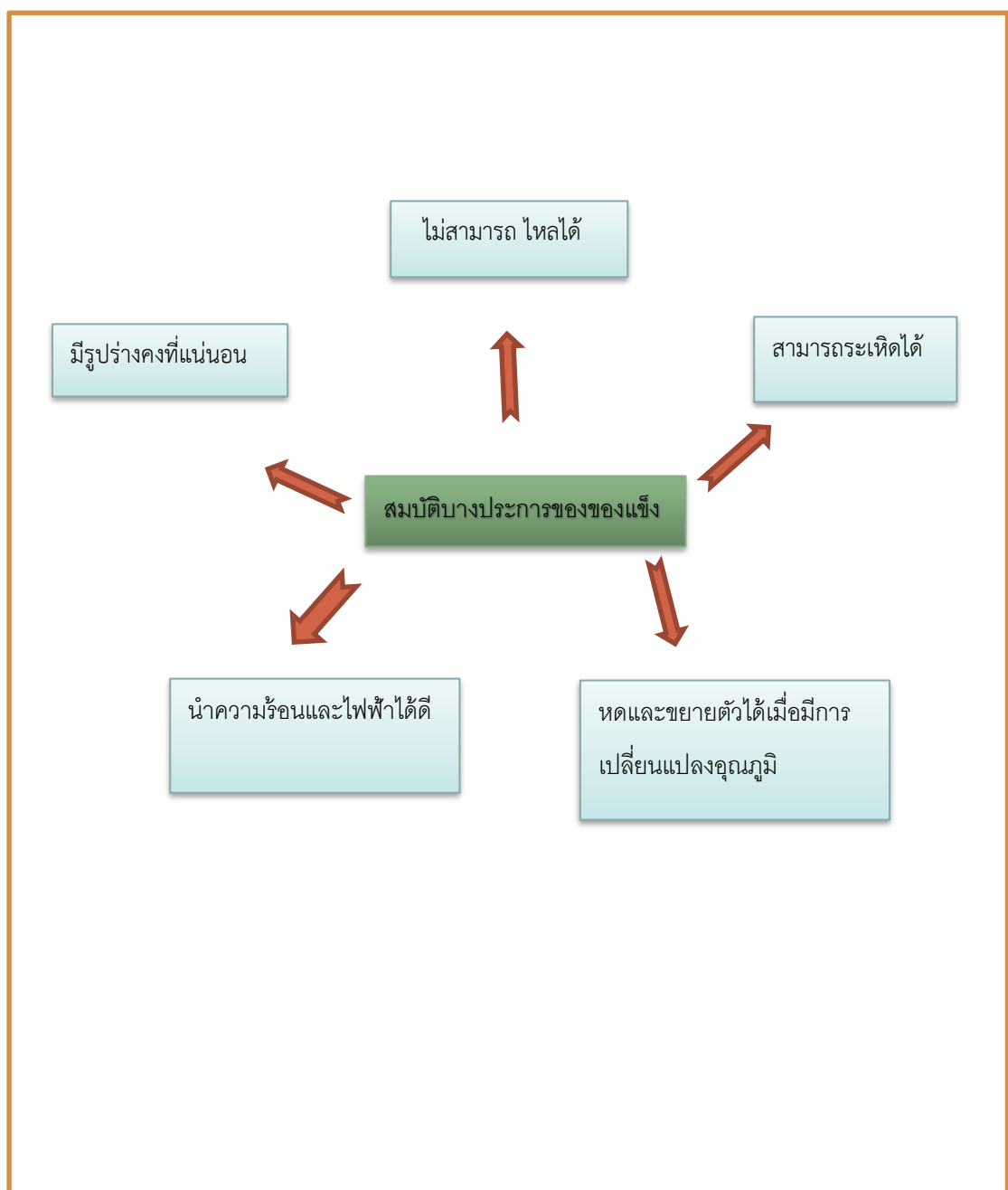
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน		
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว 32222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง สมบัติของของแข็ง	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

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

เฉลยบัตรบันทึกกิจกรรมที่ 1

เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง

1. จากกิจกรรมจกวาดภาพสรุปเขียนผังความคิด เรื่องสมบัติบางประการของของแข็ง ลงในกรอบที่กำหนดให้



เฉลยบัตรบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ศึกษาการเกิดผลึกของกำมะถัน

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

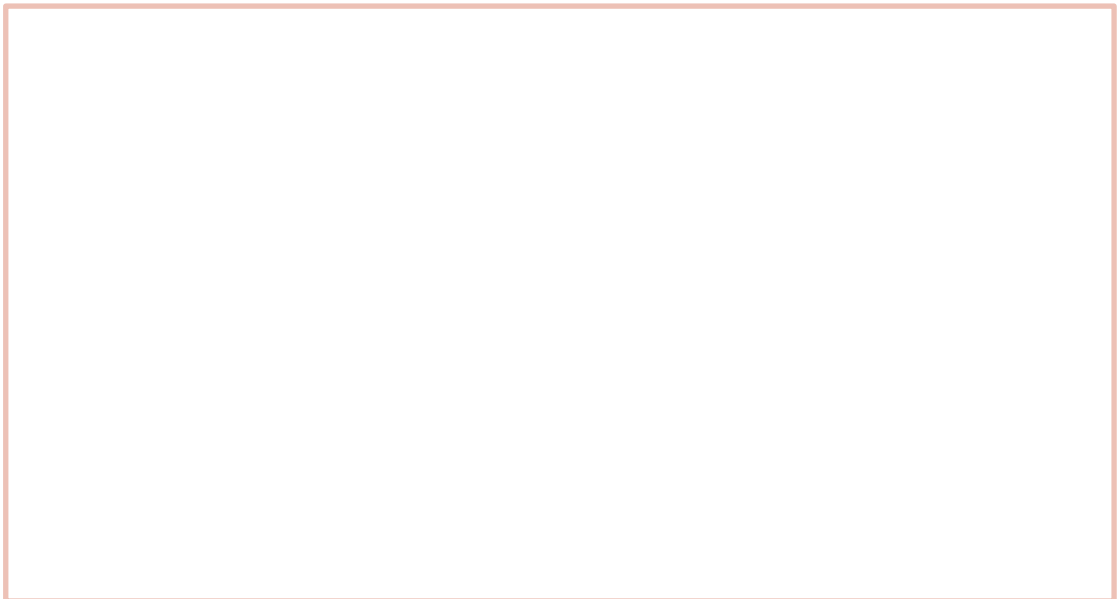
.....

.....

.....

.....

ภาพแสดงวิธีทดลอง (2 คะแนน)



บันทึกผลการทดลอง (3 คะแนน)

การสังเกต	ลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น
ระหว่างแช่อยู่ในปิกเกอร์ที่มีน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 75 °C	ได้ผลึกที่มีลักษณะคล้ายรูปเข็ม
ระเหยแห้งบนกระจกนาฬิกา	ได้ผลึกที่มีลักษณะคล้ายรูปเข็มและผลึกที่มีลักษณะคล้าย สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
ระหว่างแช่หลอดทดลองในน้ำเย็น อุณหภูมิ 5 °C	ได้ผลึกมีลักษณะแหลมคล้ายรูปเข็ม

คำถามท้ายกิจกรรม (5 คะแนน)

5. ลักษณะที่ปรากฏของกำมะถันก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แตกต่างกัน

6. ลักษณะของผลึกกำมะถัน ในหลอดทดลองที่ปล่อยให้ค่อยๆ เย็นลง เป็นอย่างไร

ผลึกมีลักษณะเป็นเหลี่ยมขนาดใหญ่

7. ลักษณะของผลึกกำมะถัน ในหลอดทดลองที่ในน้ำเย็น 5 °C เป็นอย่างไร

ผลึกมีลักษณะแหลมคล้ายเข็ม

8. เมื่อเทสารละลายในกระจกนาฬิกาแล้วทิ้งให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ลักษณะของผลึกที่
สังเกตเป็นอย่างไร

เกิดมีผลึกทั้งสองแบบเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน คือ มีทั้งผลึกรูปเหลี่ยมและผลึกรูป
เข็ม

5. จากผลการทดลองได้ผลึกกำมะถันกี่รูป

2 รูป

สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

.....จากการทดลองการศึกษารูปผลึกกำมะถันจะเห็นได้ว่าในระหว่างผสมผงกำมะถันกับโพลีเอthin ให้เป็นสารละลายแล้วนำไปแช่ในอุณหภูมิประมาณ 75°C และค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงจนเท่ากับ อุณหภูมิห้องแล้วเทลงในกระจกนาฬิกา จะทำให้เกิดผลึกขึ้นทั้ง 2 รูป. รูปที่มีลักษณะคล้ายรูปเข็ม เรียกว่ากำมะถันมอนอคลินิก. รูปที่มีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เรียกว่ากำมะถันรอมบิก ซึ่งจากการทดลองสามารถเตรียมผลึกกำมะถันได้ทั้ง 2 รูป. พร้อมกัน. เพราะได้มีการควบคุมสภาวะ การตกผลึกให้แตกต่างจากธรรมชาติ. ผลึกกำมะถันที่ได้ทั้ง 2 รูป มีสูตรเป็น S_8 เหมือนกัน. คือใน 1 โมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของกำมะถัน 8 อะตอม. แต่มีรูปร่างแตกต่างกัน. เนื่องจากการจัดเรียง ตัวของโมเลกุลกำมะถันแตกต่างกัน. และจากผลการทดลองสังเกตได้ว่ากำมะถันรอมบิกมีการจัดเรียง ตัวชิดและอัดแน่นกว่ากำมะถันมอนอคลินิก. ทำให้กำมะถันรอมบิกมีความหนาแน่นมากกว่ากำมะถัน มอนอคลินิกเล็กน้อย.....

เฉลยบัตรบันทึกกิจกรรมที่ 3

เรื่อง ชนิดของผลึก

1. จากกิจกรรมจงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงระบุว่าของแข็งที่กำหนดให้ต่อไปนี้ เป็นผลึกประเภทใด (2 คะแนน)

ก. ไทเทเนียม เป็นผลึกประเภท.....โลหะ.....

ข. ลิเทียมฟลูออไรด์ เป็นผลึกประเภท.....อโลหะ.....

2. จงบอกประเภทของผลึก ชนิดของอนุภาคภายในผลึก พันธะหรือแรงยึดเหนี่ยว

สมบัติทั่วไปของของแข็งต่อไปนี้ (8 คะแนน)

ก. น้ำตาล

ข. ซิลิคอนคาร์ไบด์

สารตัวอย่าง	ประเภทของผลึก	ชนิดของอนุภาคภายในผลึก	พันธะหรือแรงยึดเหนี่ยว	สมบัติทั่วไป
ก. น้ำตาล	ผลึกโมเลกุล	โมเลกุล	แรงลอนดอน	- เปราะ - จุดหลอมเหลวต่ำ - ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า
ข. ซิลิคอนคาร์ไบด์	ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย	อะตอม	พันธะโคเวเลนต์	- มีความแข็ง - จุดหลอมเหลวสูง - ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า

[illegible]

บัตรเฉลยแบบบันทึกบัตรฝึกหัดที่ 2

เรื่อง ชนิดของผลึก

1. จากตารางจงตอบคำถามพร้อมอธิบายให้ถูกต้อง (10 คะแนน)

ชื่อธาตุ	รูปร่างของธาตุ	ลักษณะภายนอก	จุดหลอม เหลว	จุดเดือด	ความ หนาแน่น	การนำ ไฟฟ้า
คาร์บอน	แกรไฟต์	เป็นผงหรือแผ่นสีดำ	3652	4827	2.25	นำ
	เพชร	ผลึกรูปเหลี่ยม	> 3550	-	3.51	ไม่นำ
ฟอสฟอรัส		เป็นก้อนสีขาวหรือ เหลือง	44	280	1.82	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสขาว					
	ฟอสฟอรัสแดง	เป็นผงสีแดง	590	-	2.34	ไม่นำ
	ฟอสฟอรัสดำ	เป็นเกร็ดสีดำ	610	-	2.699	ไม่นำ
กำมะถัน	รวมบิก	ผลึกรูปเหลี่ยมสี เหลือง	113	445	2.07	ไม่นำ
	มอนอคลินิก	ผลึกรูปเข็มสีเหลือง	119	445	2.07	ไม่นำ

1. จากตาราง กำมะถัน มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ .ความเหมือน คือ จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น และการนำไฟฟ้า.....

.....ความต่าง คือ ลักษณะภายนอก.....

2. จากตาราง ฟอสฟอรัส มีความเหมือนหรือมีความต่างกันอย่างไร

ตอบ..ฟอสฟอรัสขาวกับฟอสฟอรัสแดงไม่นำไฟฟ้าเหมือนกัน นอกนั้นสมบัติต่างๆของ
ฟอสฟอรัสแตกต่างกัน.....

3. สาเหตุที่ทำให้รูปของสารต่างกันเกิดจากอะไร

ตอบ..ลักษณะภายนอกแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดเรียงโมเลกุลที่ต่างกัน จึงทำให้
คุณสมบัติบางประการของธาตุชนิดเดียวกันแตกต่างกัน.....

1. จงบอกความแตกต่างระหว่างของแข็งที่มีรูปผลึกกับของแข็งอสัณฐานได้ (4 คะแนน)

ของแข็งอสัณฐาน (amorphous solid)	ของแข็งรูปผลึก (crystalline solid)
- ไม่มีรูปผลึกทรงเรขาคณิต (การจัดเรียงตัวของอนุภาคไม่เป็นระเบียบ) - มีจุดหลอมเหลวไม่แน่นอน (ไม่หลอมเหลวที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งโดยเฉพาะ) - ค่อย ๆ อ่อนตัวลงเมื่อได้รับความร้อนและเปลี่ยนเป็นของเหลวที่ไหลได้ เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็น - จะค่อย ๆ ขุ่นและแข็งตัวในที่สุด - มีสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง (isotropic) เช่น ดัชนีหักเหจะเท่ากันทุกทิศทาง - ตัวอย่าง เช่น แก้ว ยาง พลาสติก ขี้ผึ้ง ยางมะตอย ดินน้ำมัน	- มีรูปผลึกทรงเรขาคณิต (การจัดเรียงตัวกันของอนุภาคเป็นระเบียบ) - มีผิวมันเรียบ มีมุมแน่นอน - มีจุดหลอมเหลวแน่นอน - มีสมบัติไม่เหมือนกันทุกทิศทาง (anisotropic) - ตัวอย่าง เช่น ผลึกโมเลกุล ผลึกไอออนิก ผลึกโลหะ และผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย - อาศัยชนิดของอนุภาคภายในผลึก และชนิดของพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ในการจำแนกชนิด ของของแข็งรูปผลึก

2. จงยกตัวอย่างของแข็งอสัณฐานที่พบในชีวิตประจำวัน 2 ชนิด และอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นของแข็งอสัณฐาน (2 คะแนน)

แก้ว ยาง เป็นของแข็งอสัณฐาน เพราะการจัดเรียงอนุภาคภายในไม่เป็นระเบียบ ไม่มีรูปผลึก เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวกลายเป็นของเหลวและไหลได้ ไม่ทราบจุดหลอมเหลวที่แน่นอน

บัตรเฉลยแบบบันทึกบัตรฝึกหัดที่ 3

เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในบัตรเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง แล้วบันทึกสาระสำคัญในประเด็นต่อไปนี้

1) การหลอมเหลว หมายถึง

..... การที่ให้ความร้อนแก่ของแข็ง แล้วอนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ทำให้อนุภาคมีการสั่นมากขึ้น และมีการถ่ายโอนพลังงานให้แก่อนุภาคข้างเคียงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งบางอนุภาคของของแข็งมีพลังงานสูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค อนุภาคของของแข็งจึงเริ่มเคลื่อนที่และอยู่ห่างกันมากขึ้น ของแข็งจึงเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

2) การระเหิด หมายถึง

..... เมื่ออนุภาคของสารได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเพียงเล็กน้อย จะทำให้อนุภาคของสารนั้นแยกออกจากผลึก โดยเฉพาะอนุภาคที่อยู่บริเวณผิวหน้าของผลึกจะหลุดออกและเคลื่อนที่เป็นอิสระได้ง่าย

3) ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหิดของของแข็ง คือ

1. อุณหภูมิ ณ อุณหภูมิสูงของแข็งระเหิดได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ
2. พื้นที่ผิวของของแข็ง ของแข็งที่มีพื้นที่ผิวหน้ามากจะระเหิดได้ดีกว่า ของแข็งที่มีพื้นที่ผิวนาน้อย
3. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ของแข็งใดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยจะระเหิดได้ง่าย แต่ถ้ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากขึ้นจะระเหิดได้ช้า

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รหัสวิชา ว32222	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง สมบัติของของแข็ง	จำนวน 10 ข้อ	คะแนน 10 คะแนน

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