



### มาตรฐานการเรียนรู้

#### สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

#### สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน



### ผลการเรียนรู้

1. อธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้



### จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายสมบัติบางประการของของแข็งได้
2. อธิบายการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งได้

#### ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

1. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้
  - ทดลองเตรียมผลึกกำมะถันได้
2. การคิดวิเคราะห์
  - จำแนกสมบัติบางประการของของแข็งและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งได้
3. กระบวนการกลุ่ม
  - มีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์





### ด้านเจตคติ/คุณลักษณะ (A)

มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มีความรับผิดชอบ และมุ่งมั่นในการทำงาน



#### สาระการเรียนรู้

- สมบัติของของแข็ง
- การจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง



#### สาระสำคัญ

อนุภาคของของแข็ง จะมีรูปร่างที่แน่นอนไม่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ มีปริมาตรคงที่ ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ไม่สามารถไหลได้ในภาวะปกติ เนื่องจากอนุภาคของของแข็งอยู่ชิดกันมาก การจัดเรียงอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน



#### เวลาที่ใช้

3 ชั่วโมง





คำชี้แจง นักเรียนศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชุดที่ 1 เรื่อง สมบัติและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง จำนวน 10 ข้อ
2. เลือกประธานกลุ่มเพื่อเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ และเลขานุการกลุ่มเพื่อบันทึกข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ
3. ศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชุดที่ 1 เรื่อง สมบัติและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ซึ่งประกอบด้วยเอกสาร ดังนี้
 

3.1 บัตรเนื้อหาที่ 1.1	คนละ	1	ชุด
3.2 บัตรกิจกรรมที่ 1.1	คนละ	1	ชุด
3.3 บัตรเนื้อหาที่ 1.2	คนละ	1	ชุด
3.4 บัตรกิจกรรมที่ 1.2	คนละ	1	ชุด
3.5 บัตรกิจกรรมที่ 1.3	คนละ	1	ชุด
3.6 บัตรกิจกรรมที่ 1.4	คนละ	1	ชุด
4. นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชุดที่ 1 เรื่อง สมบัติและการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง
5. นักเรียนประเมินตนเองด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์





แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน



คำชี้แจง

1. ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบ
2. เวลาที่ใช้ในการทำ 10 นาที
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้

\*\*\*\*\*

1. “ของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรคงที่” สามารถอธิบายด้วยเหตุผลในข้อใด
  - ก. โมเลกุลของของแข็งไม่มีพลังงานจลน์
  - ข. โมเลกุลของของแข็งเคลื่อนที่ไม่ได้แต่สั่นสะเทือนได้
  - ค. โมเลกุลเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบจนไม่มีช่องว่างระหว่างโมเลกุล
  - ง. ที่ภาวะปกติจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าพลังงานจลน์ของโมเลกุล
2. ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของของแข็งได้ถูกต้อง
  - ก. ของแข็งระเหิดได้เมื่อให้อยู่ในภาชนะที่เปิดฝาเท่านั้น
  - ข. ของแข็งเมื่ออยู่ยอดเขาจะหลอมเหลวยากกว่าเมื่ออยู่เชิงเขา
  - ค. ของแข็งรูปร่างแน่นอน แต่มีปริมาตรเปลี่ยนแปลงตามความดัน
  - ง. ความดันไอของของแข็งที่ระเหิดได้ที่ภาวะสมดุลไดนามิกจะมีค่าสูงสุด
3. คาร์บอนที่อยู่ในรูปของแกรไฟต์ และเพชร ทั้งสองเกิดจากอะไร
 

ก. มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลต่างกัน	ข. มีการจัดเรียงอะตอมต่างกัน
ค. มีขนาดโมเลกุลต่างกัน	ง. มีจำนวนอะตอมในโมเลกุลต่างกัน
4. ฟอสฟอรัส ชนิดใดที่ทำให้เป็นโรคขากรรไกรผุ
 

ก. ฟอสฟอรัสขาว	ข. ฟอสฟอรัสแดง
ค. ฟอสฟอรัสดำ	ง. ทั้ง ก และ ข





5. การในพิจารณาปรากฏการณ์ต่อไปนี้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำในบีกเกอร์ แล้วบีกเกอร์ร้อนขึ้น
2. การระเบิดของดินปืน
3. การละลายสาร A ลงในบีกเกอร์ที่มีสาร B อยู่ แล้วทิ้งไว้มีไอน้ำมาเกาะข้างบีกเกอร์

ข้อใดเป็นปรากฏการณ์ที่คายความร้อน

ก. 1. เท่านั้น

ข. 1. และ 2.

ค. 2. และ 3.

ง. 1. และ 3.

6. การเตรียมผลึกกำมะถันในห้องปฏิบัติการ ได้ผลสรุปดังนี้

1. จะเตรียมกำมะถันได้ เฉพาะกำมะถันมอนอกลิคเท่านั้น
2. กำมะถันรอมบิกจะอยู่ตัว ณ อุณหภูมิห้อง
3. กำมะถันมอนอกลิคจะอยู่ตัว ณ อุณหภูมิสูงกว่า 96 องศา
4. ผงกำมะถันต้องนำไปละลายในตัวทำละลายโทลูอีน แล้วให้ความร้อนประมาณ 75 องศา จากนั้นปล่อยให้เย็นเพื่อให้กำมะถันตกผลึก

ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. ข้อ 1, 2 และ 3

ข. ข้อ 1 และ 4

ค. ข้อ 2, 3 และ 4

ง. ถูกต้องทุกข้อ

7. ข้อมูลเกี่ยวข้องกับแกรไฟต์ สรุปได้ผลดังนี้

1. เป็นของแข็งสีดำ
2. นำไฟฟ้าได้
3. ผิวเป็นมันวาวเล็กน้อยและลื่น จึงใช้เป็นส่วนผสมในสารหล่อลื่น

ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. เฉพาะข้อ 3

ข. ข้อ 1 และ 2

ค. ข้อ 1 และ 3

ง. ถูกต้องทุกข้อ





8. ความแตกต่างของสิ่งใดที่ทำให้กำมะถันมีผลึกสองแบบ

ก. จำนวนอะตอม

ข. การจัดเรียงโมเลกุล

ค. พลังงานจลน์

ง. จำนวนโมเลกุล

9. เมื่อนำของแข็งไปหลอมเหลว พลังงานจะถูกดูดเข้าไปเพื่อสิ่งใด

ก. ลดพลังงานจลน์ของระบบ

ข. ทำให้ปริมาตรของของแข็งเพิ่มขึ้น

ค. ทำให้มีลักษณะเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน

ง. ทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงกว่าแรงดึงดูดระหว่างกัน

10. ที่อุณหภูมิห้อง ( $25^{\circ}\text{C}$ ) สารใดอยู่ในสถานะของแข็ง

สาร	จุดหลอมเหลว ( $^{\circ}\text{C}$ )	จุดเดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )
A	-80	-35
B	27	90
C	15	70
D	113	440

ก. B , C , D

ข. A , C

ค. B , D

ง. D





กระดาษคำตอบ



ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

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

ผลการสอบก่อนเรียน

จำนวน 10 ข้อ ได้ 10 คะแนน

ได้







### บัตรเนื้อหาที่ 1.1



**สาร หรือ สสาร** หมายถึง สิ่งที่มีมวล ต้องการที่อยู่และสัมผัสได้ เช่น ทองคำ น้ำ และอากาศ

**สมบัติของสาร** หมายถึง สมบัติประจำตัวของสาร มีทั้งสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะภายนอกที่สังเกตได้ง่าย เช่น รูปร่าง สี กลิ่น สถานะ การละลาย จุดเดือด ฯลฯ และ สมบัติทางเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี เช่น การเผาไหม้ ฯลฯ



### สถานะของสาร

โดยทั่วไป สารแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

**ของแข็ง** หมายถึง สารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมาก ทำให้อนุภาคอยู่ใกล้ชิดกัน ดังนั้นจึงมีรูปร่างและปริมาตรของมันเป็นเอง โดยไม่เปลี่ยนไปตามรูปร่างของภาชนะที่บรรจุ เช่น เหล็ก แก้วแข็ง และด่างทับทิม เป็นต้น

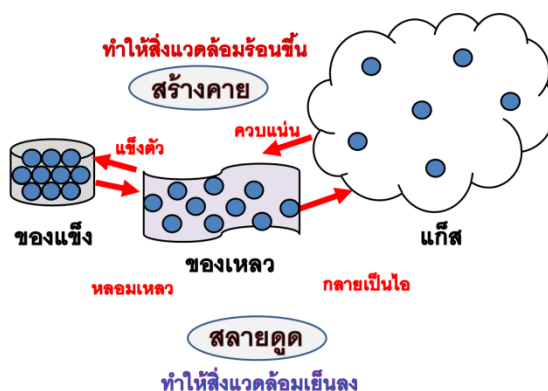
**ของเหลว** หมายถึง สารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็ง ทำให้อนุภาคไม่ได้ยึดติดกันอย่างของแข็ง จึงมีปริมาตรที่แน่นอน แต่มีรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของภาชนะที่บรรจุ เช่น น้ำ เบนซีน และปรอท เป็นต้น

**ก๊าซ** หมายถึง สารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมาก ทำให้อนุภาคฟุ้งกระจายจนเต็มภาชนะที่บรรจุตลอดเวลา ดังนั้นก๊าซจึงมีปริมาตรและรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของภาชนะที่บรรจุ เช่น ก๊าซไนออน ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคลอรีน เป็นต้น

ที่อุณหภูมิห้อง สารต่าง ๆ อาจจะมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารนั้น ๆ สารต่างชนิดกันอาจมีสถานะต่างกันหรือเหมือนกันก็ได้ โดยทั่วไปสถานะของสารจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน สามารถทำให้สารต่าง ๆ มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้โดยใช้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม เช่น ถ้าใช้อุณหภูมิสูง ๆ และความดันต่ำ ๆ สารมักจะอยู่ในสถานะก๊าซ แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ และความดันสูง ๆ สารมักจะอยู่ในสถานะของเหลว และของแข็ง







ภาพที่ 1.1 การเปลี่ยนสถานะของสารโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงพลังงาน



### ของแข็ง

เนื่องจากของแข็งจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมาก (มากกว่าของเหลวและแก๊ส) ทำให้อนุภาคของของแข็งอยู่ชิดกันมากเคลื่อนไหวน้อยได้ ด้วยเหตุนี้ของแข็งมีรูปร่างที่แน่นอน นอกจากนี้ของแข็งยังมีความหนาแน่น จุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงอีกด้วย



### สมบัติของของแข็ง

สมบัติโดยทั่วไปของของแข็งมีดังนี้

1. ของแข็งมีรูปร่างคงที่แน่นอนไม่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ อนุภาคภายในของแข็ง เคลื่อนที่ไม่ได้ แต่มีการสั่นสะเทือนตลอดเวลา
2. ของแข็งไม่สามารถบีบอัดให้มีปริมาตรเล็กลงได้อีก เพราะอนุภาคภายในของ ของแข็งอยู่ชิดกันอยู่แล้ว ถ้าเราใช้แรงบีบอัดมากของแข็งบางชนิดก็จะแตกหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ
3. สารหนึ่ง ๆ เมื่อเป็นของแข็งจะมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สและของเหลว (ยกเว้น สารบางชนิด เช่น น้ำแข็ง มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ)
4. ของแข็งที่เป็นโลหะสามารถดึงออกเป็นเส้น หรือตีแผ่เป็นแผ่นได้
5. ของแข็งบางชนิดเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี เช่น ทองแดง ทองคำ สังกะสีและโลหะอื่น ๆ บางชนิดเป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน บางชนิดเป็นฉนวน เช่น กำมะถัน พลาสติก
6. ของแข็งที่บริสุทธิ์จะมีจุดหลอมเหลวคงที่ เมื่อความดันคงที่





7. ของแข็งบางชนิดสามารถระเหิดได้ เช่น แนนฟาไลน์ (ลูกเหม็น)
8. ปริมาตรของของแข็งค่อนข้างคงที่ การเปลี่ยนแปลงความดัน จึงเกือบจะไม่มีผล ต่อการเปลี่ยนปริมาตรของของแข็ง สำหรับอนุภาคของแข็งน้อยเช่นเดียวกัน แต่ เมื่อของแข็งได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว เนื่องจากการสั่นสะเทือนของอนุภาค และ จะหดตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง แต่การขยายตัวและหดตัวมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับของเหลวและแก๊ส
9. ของแข็งเมื่อได้รับพลังงานความร้อนสูงมากพอ จะหลอมเหลวกลายเป็น ของเหลวได้
10. ของแข็งบางชนิดสามารถจัดเรียงตัวเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตที่แน่นอนได้ เรียกว่า ผลึก บางชนิดอาจจะมีผลึกได้หลายแบบและบางชนิดไม่สามารถมีผลึกได้ เรียกว่า ของแข็งอสัณฐาน (Amorphous solid)





บัตรกิจกรรมที่ 1.1



คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ เรื่อง ของแข็งและสมบัติของของแข็ง





### บัตรเนื้อหา ที่ 1.2



### ลักษณะของของแข็ง

ของแข็ง (solid) เป็นสถานะของสสารที่มีลักษณะแตกต่างจากแก๊สหรือของเหลว คือ มีรูปร่างที่แน่นอน ไม่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ เนื่องจากอนุภาคของของแข็งมีพลังงานจลน์น้อยมาก ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ เพียงแค่สั่นสะเทือนอยู่กับที่ การแพร่ของของแข็งเกิดขึ้นช้ามากเมื่อเทียบกับแก๊สหรือของเหลว นอกจากนี้อนุภาคในของแข็งจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลหรือไอออนที่สูงกว่าในของเหลวหรือแก๊ส ทำให้อนุภาคเหล่านี้อยู่ชิดกัน ทำให้มีความหนาแน่นสูงและแข็งมากกว่าของเหลวและแก๊ส เมื่อถูกบีบอัดจะไม่ทำให้ปริมาตรเปลี่ยนแปลงหรือถ้าเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

โดยทั่วไปของแข็งแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ของแข็งที่มีลักษณะเป็นผลึก (crystalline solid) เป็นของแข็งที่มีพื้นผิวที่ทำมุมกันด้วยค่าที่แน่นอน ซึ่งแสดงถึงการจัดเรียงเป็นระเบียบของอนุภาคของของแข็ง ผลึกที่มีขนาดใหญ่เมื่อทำให้เล็กลงก็ยังคงรักษาลักษณะรูปผลึกเดิมอยู่ สารบางอย่างอาจมีรูปผลึกได้หลายแบบซึ่งเราจะเรียกว่าปรากฏการณ์อัญรูป (polymorphism) เช่น เพชร แกรไฟต์ สารบางชนิดอาจจะมีรูปร่างผลึกที่เหมือนกันได้ ซึ่งจะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ภาวะรูปร่างเหมือน (isomorphism) เช่น NaCl, KCl, RbBr และ CaS นอกจากนี้ ผลึกยังมีสมบัติที่เรียกว่า anisotropy อันได้แก่ความแข็งแรงทนทานทางกล ทัศนหักเห และการนำไฟฟ้า ถ้าวัดในทิศทางที่ต่างกันค่าที่ได้จะไม่เท่ากัน

2. ของแข็งอสัณฐาน (amorphous solid) หรือของแข็งที่ไม่มีรูปผลึก อนุภาคเรียงตัวไม่เป็นระเบียบเช่น แก้ว โพลีเมอร์ ยางธรรมชาติ ฯลฯ มีสมบัติต่างๆ ไปคล้ายผลึก แตกต่างกันไปที่ไม่มีรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน ดังนั้นจึงมีสมบัติที่เรียกว่า isotropy คือ ค่าทัศนหักเห การนำไฟฟ้า และคุณสมบัติอื่นๆ จะเหมือนกันหมดทุกทิศทาง นอกจากนี้ของแข็งอสัณฐานจะมีจุดหลอมเหลวไม่เด่นชัด เมื่อได้รับความร้อนจะค่อยๆ อ่อนตัวจนกระทั่งไหลได้ อุณหภูมิที่ของแข็งชนิดนี้หลอมตัวจึงอยู่ในช่วงที่ยาว ต่างจากผลึกซึ่งจะมีจุดหลอมเหลวที่เด่นชัดและอุณหภูมิที่ของแข็งชนิดนี้หลอมตัวอยู่ในช่วงที่แคบ





### การจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง

ของแข็งส่วนมากจะมีการจัดเรียงอนุภาค ( อะตอม โมเลกุล หรือไอออน ) อย่างเป็นระเบียบแบบแผนได้ โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกเรียกว่าของแข็งผลึก ( Crystalline solid ) ของแข็งที่มีอนุภาคชนิดเดียวกัน แต่หากมีการจัดเรียงตัวต่างกัน จะมีสมบัติบางประการต่างกันด้วย ดังเช่นตัวอย่างต่อไปนี้

#### โครงสร้างของคาร์บอน

อะตอมของคาร์บอนสามารถจัดเรียงตัวเป็นผลึกได้หลายแบบ ได้แก่

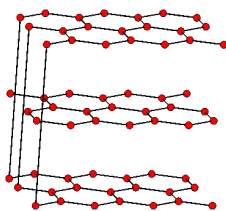
1. เพชร โครงสร้างของเพชรนั้น อะตอมคาร์บอน 1 อะตอม จะเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมคาร์บอนข้างๆ 4 อะตอม คาร์บอนแต่ละอะตอมจะถูกยึดไว้เคลื่อนที่ไม่ได้ เพชรจึงมีความแข็งแต่เปราะ ไม่นำไฟฟ้าเพราะเวเลนส์อิเล็กตรอนของคาร์บอนเกิดพันธะโคเวเลนต์หมด ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระเหลืออยู่ ใช้ทำหัวเจาะหรือตัดวัสดุอื่น



ภาพที่ 1.2 โครงสร้างของเพชร

ที่มา : <http://www.thaigoodview.com/node/62973>

2. แกรไฟต์ โครงสร้างแกรไฟต์ อะตอมคาร์บอน 1 อะตอม เกิดพันธะโคเวเลนต์กับคาร์บอนอะตอมรอบๆ 3 อะตอม ในลักษณะ 2 มิติสานกันเป็นแผ่น โครงร่างผลึกซ้อนกันเป็นแผ่นๆ แกรไฟต์จึงเปราะบาง แตกออกเป็นแผ่นได้ และอิเล็กตรอนที่เหลือ 1 ตัว จะวิ่งอยู่ระหว่างแผ่นส่งผลให้แกรไฟต์สามารถนำไฟฟ้าได้ในแนวระหว่างแผ่นนี้ ใช้ใส่ดินสอหรือเป็นส่วนผสมในสารหล่อลื่น



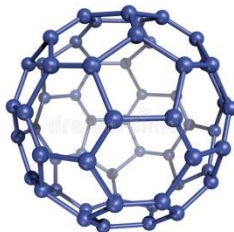
ภาพที่ 1.3 โครงสร้างของแกรไฟต์

ที่มา : <http://thn25061-chem4.blogspot.com>





3. ฟูลเลอรีน ในโมเลกุลที่เล็กที่สุดของฟูลเลอรีนจะประกอบด้วยอะตอมคาร์บอน 60 อะตอม ( $C_{60}$ ) ดังรูป ส่วนมากนำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในจรวดเพราะการเผาไหม้  $C_{60}$  ให้พลังงานมากกว่าน้ำมัน



ภาพที่ 1.4 โครงสร้างของฟูลเลอรีน

ที่มา : <https://www.dreamstime.com>

### โครงสร้างของกำมะถัน

หนึ่งโมเลกุลของกำมะถันประกอบด้วย 8 อะตอม ต่อกันเป็นวง และเมื่อโมเลกุลเหล่านี้เกิดการเรียงตัวจะเกิดเป็นผลึกได้ 2 แบบ ได้แก่

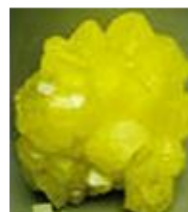
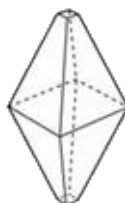
1. กำมะถันมอนอคลินิก พวกนี้โมเลกุลจะเรียงตัวกันดังรูป มีผลึกเป็นแท่งยาวคล้ายเข็ม จะอยู่ตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า  $96^{\circ}C$



ภาพที่ 1.5 โครงสร้างกำมะถันมอนอคลินิก

ที่มา : <http://sciencenuan.blogspot.com/>

2. กำมะถัน ромบิก พวกนี้โมเลกุลจะเรียงตัวกันดังรูป มีผลึกเป็นเหลี่ยมคล้ายขนมเปียกปูน อยู่ตัวที่อุณหภูมิห้องในธรรมชาติพบกำมะถัน ромบิกมากกว่า



ภาพที่ 1.6 โครงสร้างกำมะถัน ромบิก

ที่มา : <http://sciencenuan.blogspot.com/>



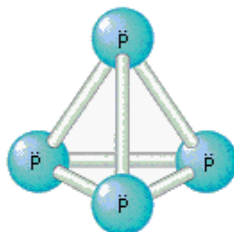




## โครงสร้างของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสจะมี 3 รูป คือ

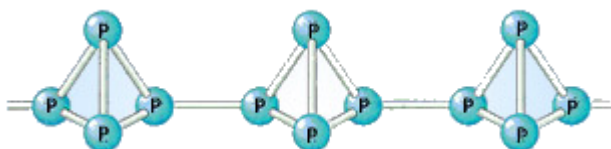
1. ฟอสฟอรัสขาว โมเลกุลหนึ่งๆ จะประกอบด้วย 4 อะตอมดังรูป เป็นก้อนสีขาวนํมคล้ายขี้ผึ้ง ถูกตัดไฟได้จึงทำลูกระเบิด



ภาพที่ 1.7 โครงสร้างฟอสฟอรัสขาว

ที่มา :<https://chemistry.stackexchange.com/>

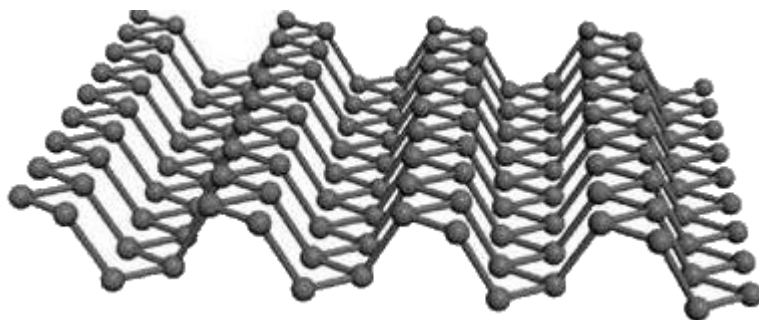
2. ฟอสฟอรัสแดง โมเลกุลมีลักษณะเป็นสายโซ่ เสถียรมากกว่าฟอสฟอรัสขาว ลักษณะเป็นผงสีแดง ใช้ทำหัวไม้ขีดไฟ



ภาพที่ 1.8 โครงสร้างฟอสฟอรัสแดง

ที่มา :<https://chemistry.stackexchange.com/>

3. ฟอสฟอรัสดำ มีลักษณะเป็นโครงร่างผลึกตาข่าย ลักษณะเป็นเกล็ดแข็งสีดำ นำไฟฟ้าได้เล็กน้อย



ภาพที่ 1.9 โครงสร้างฟอสฟอรัสดำ

ที่มา :<https://chemistry.stackexchange.com/>







บัตรกิจกรรมที่ 1.2



การทดลอง เรื่อง การศึกษารูปของผลึกกำมะถัน

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อเตรียมผลึกกำมะถันมอนอคลินิกและกำมะถันรอมบิกได้
2. บอกลักษณะของผลึกกำมะถันมอนอคลินิกและกำมะถันรอมบิกได้

วิธีการทดลอง

1. ใส่ผงกำมะถัน 1 g ในหลอดทดลองขนาดกลาง และเติมโทลูอินลงไป 5 cm<sup>3</sup>
2. อุ่นสารในข้อ 1 ในปีกเกอร์น้ำร้อนที่อุณหภูมิ ประมาณ 75° C ใช้แท่งแก้วคนจนกำมะถัน ละลายหมด
3. ลดอุณหภูมิของสารละลาย ข้อ 2 อย่างช้า ๆ จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ขณะที่ลดอุณหภูมิยังคงแช่สารละลายอยู่ในปีกเกอร์น้ำร้อน สังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. เทสารจากข้อ 3 ทั้งหมดลงบนกระจกนาฬิกาแล้วนำไปวางในที่อากาศถ่ายเทได้ดี โทลูอินจะระเหยอย่างรวดเร็วสังเกตลักษณะของกำมะถันที่เกิดขึ้น





วันที่ทำการทดลอง .....

## สมาชิกในกลุ่ม

1.....ประธานกลุ่ม

2.....

3.....

---

5.....เลขานการกลุ่ม

**วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี**

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.





### วิธีการทดลอง (ที่เข้าใจง่าย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### บันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### สรุปและอภิปรายผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1. ลักษณะที่ปรากฏของกำมะถันก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2. จากผลการทดลองได้ผลึกกำมะถันกี่รูป

.....

.....

3. ถ้าในการทดลองไม่มีสารละลายโทลูอินเราสามารถนำสารชนิดใดมาใช้เป็นตัวทำละลายแทนได้บ้าง

จงอธิบาย

.....

.....

.....





## บัตรกิจกรรมที่ 1.3



คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงยกตัวอย่างของแข็งอสัณฐานที่พบในชีวิตประจำวัน 2 ชนิด และอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงเป็น ของแข็งอสัณฐาน

.....

.....

.....

.....

2. จงเปรียบเทียบลักษณะระหว่างของแข็งอสัณฐานและของแข็งผลึก

.....

.....

.....

.....

3. ของแข็งส่วนมากมีการจัดเรียงตัวของอนุภาค (อะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน) อย่างมีระเบียบแบบแผนได้ โครงสร้างที่เป็นผลึกเราเรียกว่าอะไร พร้อมยกตัวอย่างผลึกของแข็งที่รู้จัก

.....

.....

.....

.....





คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมสมบัติของสารให้ถูกต้อง

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| ..... 1. แกรไฟต์           | ก. แข็งแต่เปราะ ไม่นำไฟฟ้า                        |
| ..... 2. ฟูลเลอร์รีน       | ข. ผลึกคล้ายขนมเปียกปูน                           |
| ..... 3. เพชร              | ค. ดัดไฟได้ สามารถนำไปทำตุ๊กกระเบิด               |
| ..... 4. กำมะถันมอนอคลินิก | ง. สีดำ เปราะ นำไฟฟ้า                             |
| ..... 5. กำมะถันรอมบิก     | จ. อะตอมคาร์บอน 60 อะตอม ( $C_{60}$ )             |
| ..... 6. ฟอสฟอรัสขาว       | ฉ. ผลึกแท่งยาว คล้ายเข็ม                          |
| ..... 7. ฟอสฟอรัสดำ        | ช. โครงสร้างผลึกตาข่าย เกิดสีดำนำไฟฟ้าได้เล็กน้อย |
| ..... 8. ฟอสฟอรัสแดง       | ซ. ลักษณะเป็นสายโซ่ ใช้ทำหัวไม้ขีด                |





แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน



คำชี้แจง

1. ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบ
2. เวลาที่ใช้ในการทำ 10 นาที
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้

\*\*\*\*\*

1.คาร์บอนที่อยู่ในรูปของแกรไฟต์ ฟลูเลอริน และเพชร ทั้งสองเกิดจากอะไร

- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ก. มีขนาดโมเลกุลต่างกัน         | ข. มีการจัดเรียงอะตอมต่างกัน         |
| ค. มีจำนวนอะตอมในโมเลกุลต่างกัน | ง. มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลต่างกัน |

2.ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของของแข็งได้ถูกต้อง

- ก. ของแข็งระเหิดได้เมื่อให้อยู่ในภาชนะที่เปิดฝาเท่านั้น
- ข. ของแข็งเมื่ออยู่ยอดเขาจะหลอมเหลวยากกว่าเมื่ออยู่เชิงเขา
- ค. ของแข็งรูปร่างแน่นอน แต่มีปริมาตรเปลี่ยนแปลงตามความดัน
- ง. ความดันไอของของแข็งที่ระเหิดได้ที่ภาวะสมดุลไดนามิกจะมีค่าสูงสุด

3. การเตรียมผลึกกำมะถันในห้องปฏิบัติการ ได้ผลสรุปดังนี้

1. กำมะถันรอมบิกจะอยู่ตัว ณ อุณหภูมิห้อง
2. จะเตรียมกำมะถันได้ เฉพาะกำมะถันมอนอคลินิกเท่านั้น
3. ผงกำมะถันต้องนำไปละลายในตัวทำละลายโทลูอิน แล้วให้ความร้อนประมาณ 75 องศา
4. กำมะถันมอนอคลินิกจะอยู่ตัว ณ อุณหภูมิสูงกว่า 96 องศา

จากนั้นปล่อยให้เย็นเพื่อให้กำมะถันตกผลึก

ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| ก. ข้อ 1 2 และ 3 | ข. ข้อ 1 และ 4   |
| ค. ข้อ 2,3 และ 4 | ง. ถูกต้องทุกข้อ |







4. “ของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรคงที่” สามารถอธิบายด้วยเหตุผลในข้อใด

- ก. โมเลกุลของของแข็งไม่มีพลังงานจลน์
- ข. โมเลกุลของของแข็งเคลื่อนที่ไม่ได้แต่สั่นสะเทือนได้
- ค. โมเลกุลเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบจนไม่มีช่องว่างระหว่างโมเลกุล
- ง. ที่ภาวะปกติจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าพลังงานจลน์ของโมเลกุล

5. ฟอสฟอรัส ชนิดใดที่ทำให้เป็นโรคขากรรไกรผุ

- ก. ฟอสฟอรัสขาว
- ข. ฟอสฟอรัสแดง
- ค. ฟอสฟอรัสดำ
- ง. ทั้ง ก และ ข

6. เมื่อนำของแข็งไปหลอมเหลว พลังงานจะถูกดูดเข้าไปเพื่อสิ่งใด

- ก. ลดพลังงานจลน์ของระบบ
- ข. ทำให้ปริมาตรของของแข็งเพิ่มขึ้น
- ค. ทำให้มีลักษณะเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน
- ง. ทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงกว่าแรงดึงดูดระหว่างกัน

7. ข้อมูลเกี่ยวข้องกับแกรไฟต์ สรุปได้ผลดังนี้

- 1. เป็นของแข็งสีดำ
  - 2. นำไฟฟ้าได้
  - 3. ผิวเป็นมันวาวเล็กน้อยและลื่น จึงใช้เป็นส่วนผสมในสารหล่อลื่น
- ข้อใดสรุปถูกต้อง

- ก. เฉพาะข้อ 3
- ข. ข้อ 1 และ 2
- ค. ข้อ 1 และ 3
- ง. ถูกต้องทุกข้อ





8. การในพิจารณาปรากฏการณ์ต่อไปนี้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำในบีกเกอร์ แล้วบีกเกอร์ร้อนขึ้น
2. การระเบิดของดินปืน
3. การละลายสาร A ลงในบีกเกอร์ที่มีสาร B อยู่ แล้วทิ้งไว้มีไอน้ำมาเกาะข้างบีกเกอร์

ข้อใดเป็นปรากฏการณ์ที่คายความร้อน

ก. 1. เท่านั้น

ข. 1. และ 2.

ค. 2. และ 3.

ง. 1. และ 3.

9. ที่อุณหภูมิห้อง ( $25^{\circ}\text{C}$ ) สารใดอยู่ในสถานะของแข็ง

สาร	จุดหลอมเหลว ( $^{\circ}\text{C}$ )	จุดเดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )
A	-80	-35
B	27	90
C	15	70
D	113	440

ก. B , C , D

ข. A , C

ค. B , D

ง. D

10. ความแตกต่างของสิ่งใดที่ทำให้กำมะถันมีผลึกสองแบบ

ก. จำนวนอะตอม

ข. การจัดเรียงโมเลกุล

ค. พลังงานจลน์

ง. จำนวนโมเลกุล





กระดาษคำตอบ



ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

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

ผลการสอบก่อนเรียน

จำนวน 10 ข้อ เต็ม 10 คะแนน

ได้





เสกสรร ศิริวัฒนวิบูลย์. คู่มือเคมี เล่ม 2 ม.4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์SCIENCE CENTER, 2553

วีระชาติ สวนไพรินทร์. คู่มือเตรียมสอบ เคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 ม.4-6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ภูมิบัณฑิต.2554

สมพงษ์ จันทรโพธิ์ศรี. High School Chemistry เคมี ม. 4-6 เล่ม 2. กรุงเทพฯ : ไฮเฮ็ดพับลิชชิง, 2554.

นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์. คู่มือเคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ : แม็ก, 2547

.....หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์  
คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

.....คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์  
คุรุสภาลาดพร้าว, 2546

