การทดลองที่ 8
โครงสร้างผลึก
(Crystal structure)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์
2. เพื่อฝึกทักษะการจัดเรียงอนุภาคอะตอมในโครงผลึก

หลักการ

ของแข็งสามารถจำแนกตามลักษณะของการจัดเรียงตัวของอนุภาคองค์ประกอบ (โมเลกุล อะตอม หรือไอออน) ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

1) ของแข็งอสัณฐาน (amorphous solid) มีลักษณะสำคัญคือการจัดเรียงตัวของอนุภาคองค์ประกอบไม่มีระเบียบแบบแผนที่แน่นอน เช่นแก้ว ไม้ ยาง ขี้ผึ้ง พลาสติกบางชนิด เป็นต้น

2) ของแข็งผลึก (crystalline solid) มีลักษณะสำคัญคือการจัดเรียงตัวของอนุภาคองค์ประกอบมีระเบียบแบบแผนที่แน่นอนทางเรขาคณิตในสามมิติมีด้านตัดกันเป็นเหลี่ยมมีมุมเฉพาะตัว แน่นอน ทำให้ผลึกของแข็งมีรูปทรงทางเลขาคณิตแตกต่างกันไปซึ่งเป็นผลทำให้สมบัติทางภาพแตกต่างกันด้วย เช่น การนำไฟฟ้า ดรรชนีหักเห จุดหลอมเหลว ความแข็ง ความเปราะ เป็นต้น

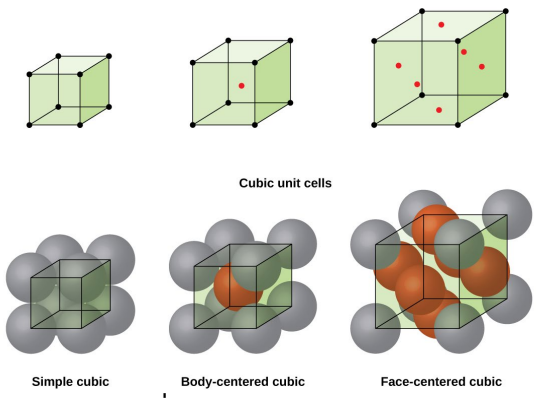
ในการศึกษาโครงสร้างของผลึก จะใช้จุดแสดงตำแหน่งของอนุภาคเหล่านั้นอนุภาคที่อยู่ตามจุดแต่ละจุดเรียกว่าอนุภาคหน่วย ในการศึกษาการจัดเรียงอนุภาคในผลึกนี้จะใช้ลูกปิงปองแทนตำแหน่งของอนุภาคหน่วยในผลึกในทิศทางต่าง ๆ โครงสร้างของอนุภาคนี้เรียกว่าโครงผลึก (crystal lattice) ส่วนที่ซ้ำกันตลอดทั้งผลึกจะเป็นส่วนที่เล็กที่สุด ซึ่งจะใช้ตัวแทนแสดงรูปแบบการจัดเรียงของอนุภาคในผลึกนั้น เรียกว่าเซลล์หน่วย (unit cell) โดยแต่ละเซลล์หน่วยจะเหมือนกัน เมื่อนำเซลล์หน่วยต่าง ๆ มาต่อเข้าด้วยกัน โดยต่อลูกปิงปองต่าง ๆ ในเซลล์หน่วยสามมิติจะได้ผลึกของสาร

เซลล์หน่วยมีด้วยกันหลายชนิดแต่ในการทดลองนี้จะศึกษาเฉพาะระบบผลึกลูกบาศก์ซึ่งได้แก่

1) แบบลูกบาศก์ธรรมดา (simple cubic) มีอนุภาคอยู่เฉพาะตรงมุมของเซลล์หน่วย

2) แบบลูกบาศก์กลางตัว (body-centered cubic) มีอนุภาคอยู่ที่มุมของเซลล์หน่วยและมีอีกหนึ่งอนุภาคอยู่ที่ตรงกลางของเซลล์หน่วย

3) แบบลูกบาศก์กลางหน้า (face-centered cubic) มีอนุภาคอยู่ที่มุมของเซลล์หน่วยและมีอีกหนึ่งอนุภาคอยู่ด้านหน้าแต่ละด้านทั้ง 6 ด้าน

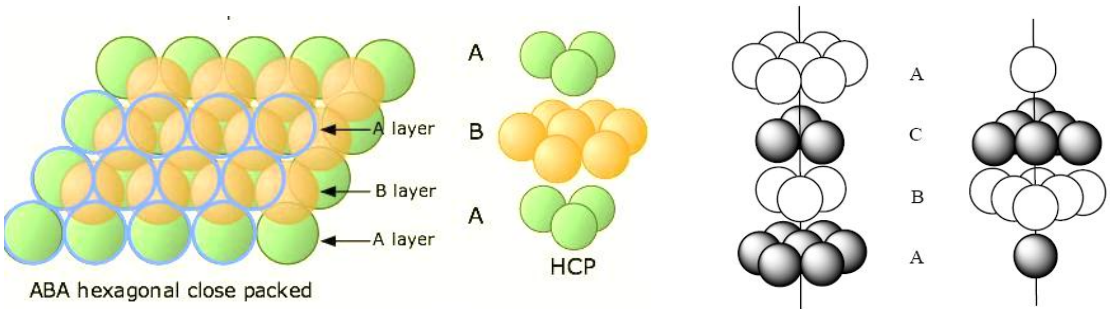


ภาพที่ 8.1 เซลล์หน่วยแบบลูกบาศก์

การจัดเรียงตัวของอนุภาคในโครงผลึกอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้น จะต้องมีปริมาตรที่ว่าง (void volume) เกิดขึ้นน้อยที่สุดในโครงผลึก นั่นคืออนุภาคต้องจัดเรียงในลักษณะที่มีการสัมผัสกันมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างการบรรจุแบบชิดที่สุด (closest-packed pattern) ได้ 2 โครงสร้างคือ

1) โครงสร้างการบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล (hexagonal closest-packed, hcp) เป็นผลึกที่มีการจัดเรียงอนุภาคเป็นแบบ ABAB

2) โครงสร้างการบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์ (cubic closest-packed, ccp) เป็นผลึกที่มีการจัดเรียงอนุภาคเป็นแบบ ABCABC



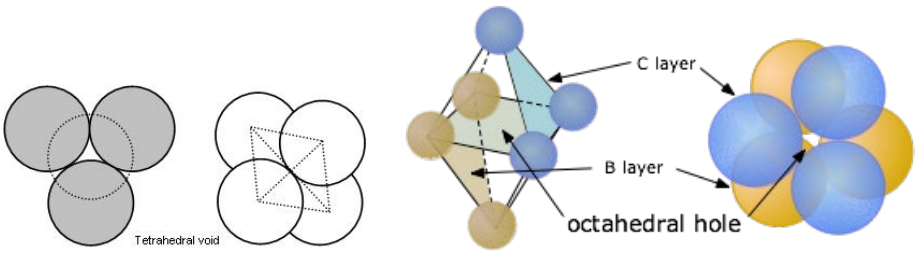
(ก) hcp (ข) ccp

ภาพที่ 8.2 การเรียงอะตอมแบบ hcp และ ccp

ในการจัดเรียงอนุภาคการบรรจุแบบชิดที่สุดของโครงสร้างผลึกทั้ง 2 แบบดังกล่าวทำให้จำนวนอนุภาคที่อยู่ชิดกันมากที่สุดของแต่ละอนุภาคในโครงสร้างผลึกซึ่งเรียกว่าเลขโคออร์ดิเนชัน มีค่าเท่ากับ 12 และการบรรจุแบบชิดที่สุดนี้จะทำให้เกิดช่องว่างให้โครงผลึก 2 แบบคือ

(1) ช่องว่างเททระฮีดรัล (tetrahedral hole) เป็นช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการเรียงทรงกลมสามลูกแบบชิดที่สุดบนระนาบเดียวกัน แล้ววางทรงกลมอีกลูกหนึ่งบนชั้นที่หนึ่ง โดยให้ศูนย์กลางของทรงกลมนี้ทับช่องที่เกิดจากทรงกลมทั้งสามของชั้นที่หนึ่ง ซึ่งถ้าโยงเส้นจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมทั้งสี่จะได้รูปเททระฮีดรัลและช่องว่างที่อยู่ตรงกลางรูปนี้เรียกว่า ช่องว่างเททระฮีดรัล (รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าสี่หน้า)

(2) ช่องว่างออกตะฮีดรัล (octahedral hole) เป็นช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการเรียงทรงกลมสามลูกแบบชิดที่สุดในระนาบเดียวกัน แล้ววางทรงกลมอีกสามลูกแบบชิดที่สุดบนชั้นที่หนึ่ง โดยให้ทรงกลมแต่ละลูกของชั้นที่สองอยู่บนรอยสัมผัสแต่ละแห่งของชั้นหนึ่งและให้ช่องของทั้งสองที่เกิดขึ้นอยู่ในแนวเดียวกัน ซึ่งถ้าโยงเส้นระหว่างจุดศูนย์กลางของทรงกลมทั้งหก จะได้รูปออกตะฮีดรั) และช่องว่างที่อยู่ตรงกลางรูปนี้เรียกว่าช่องว่างออกตะฮีดรัล



ภาพที่ 8.3 ช่องว่างเททระฮีดรัลและออกตะฮีดรัล

อุปกรณ์

1. ลูกปิงปอง
2. กาวร้อน

วิธีการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> โครงสร้างผลึกเซลล์หน่วยแบบลูกบาศก์ ทั้ง 3 แบบ

1) ต่อลูกปิงปองเซลล์หน่วยแบบลูกบาศก์ ทั้ง 3 แบบ
2) วาดรูปเซลล์หน่วยแบบลูกบาศก์ ทั้ง 3 แบบ
3) คำนวณประสิทธิภาพการบรรจุ ทั้ง 3 แบบ

<u>ตอนที่ 2</u> โครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด

1) ต่อลูกปิงปองโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุดแบบเฮกซะโกนัล (hcp)
2) ต่อลูกปิงปองโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุดแบบลูกบาศก์ (ccp)