

| | | | |
|--|-----------------------------|------------------------|---------|
| | แผนการสอน | รหัสรายวิชา 01-440-308 | |
| | ระบบและโครงสร้างผลึกของโลหะ | บทเรียนที่ | 23 |
| | | เวลา | 75 นาที |

- จุดประสงค์** 231 บอกประเภทของผลึกของสารทุกชนิด
 232 จัดประเภทของผลึกโลหะ
 233 ระบุรายละเอียดของผลึกโลหะ

โครงผลึกและเซลล์หน่วย

เนื่องจากโครงสร้างของโลหะประกอบด้วยผลึกที่มีแบบเหมือนกันเรียงต่อเนื่องกัน ถ้าเราเชื่อมระยะระหว่างอะตอมทั้งหลายใน 3 มิติ เราเรียกโครงข่ายนี้ว่า space lattice พิจารณา space lattice ที่มีปริมาตรน้อยที่สุดเรียกว่า หน่วยเซลล์ (unit cell) ดังนั้น ในการศึกษาผลึกทั้งก้อน จึงใช้หน่วยเซลล์เป็นตัวแทนของผลึกได้

การอธิบายหน่วยเซลล์ทำได้ดังนี้

a, b และ c เป็นความยาวของ

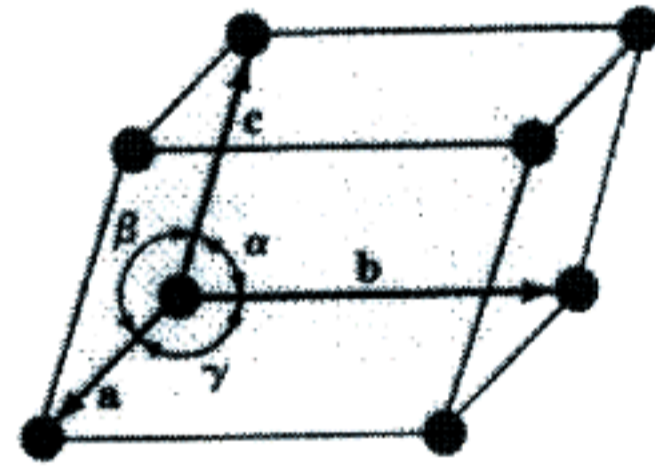
unit cell แต่ละด้าน

(Lattice constant, latic vector)

α เป็นมุมระหว่าง b & c

β เป็นมุมระหว่าง a & c

γ เป็นมุมระหว่าง a & b



ภาพ แสดง space lattice

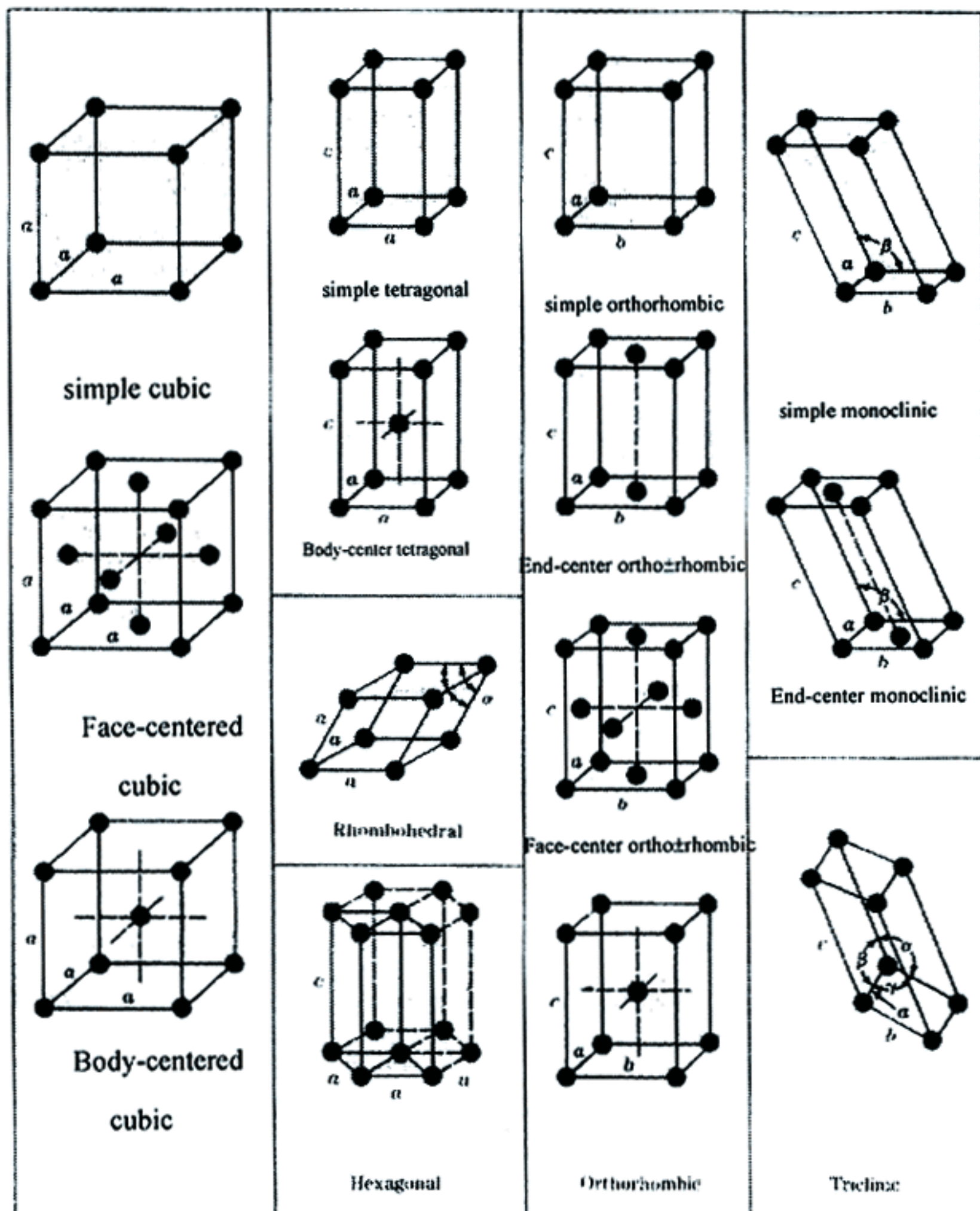
อาศัยด้านและมุมดังกล่าวเป็นตัวกำหนด สามารถแบ่ง space lattice ออกเป็น 7 กลุ่มย่อย ๆ ดังนี้

1. **Cubic system** มีด้านทั้งสามยาวเท่ากัน ($a=b=c$) มุมทั้งสามตั้งฉากซึ่งกันและกัน ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) เช่น ทองแดง เหล็ก สารส้ม
2. **Tetragonal system** มีด้านยาวเท่ากันเพียง 2 ด้าน ($a = b \neq c$) ด้านทั้งสามตั้งฉากซึ่งกันและกัน ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) เช่น ดีบุก SnO_2 , TiO_2 , NiSO_4
3. **Orthorhombic system** ด้านทั้งสามยาวไม่เท่ากัน ($a \neq b \neq c$) แต่ยังคงตั้งฉากซึ่งกันและกัน ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) เช่น กำมะถันรอมบิก ไอโอดีน
4. **Monoclinic system** ด้านทั้งสามยาวไม่เท่ากัน ($a \neq b \neq c$) มีด้านสองด้านตั้งฉากกันแต่อีกด้านหนึ่งไม่ตั้งฉาก ($\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$) เช่น เกลือซึด ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) กำมะถันโมโนคลินิก, KClO_3

5. **Triclinic system** ด้านทั้งสามยาวไม่เท่ากัน ($a \neq b \neq c$) ไม่มีด้านคู่ไหนตั้งฉากซึ่งกันและกันเลย เช่น K, จุนลี ($\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$)

6. **Rhombohedral system** ด้านทั้งสามยาวเท่ากัน ($a = b = c$) มุมทั้งสามเท่ากันแต่ไม่เท่ากับ 90 องศา ($\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$) เช่น พลวง สารหนู บิสมัท

7. **Hexagonal system** ด้านทั้งสองด้านยาวเท่ากัน และตั้งฉากกับด้านที่เหลือ ($a=b \neq c$) มุมระหว่างด้านที่เท่ากันมีค่า 120 องศา ($\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$) เช่น สังกะสี แมกเนเซียม



ภาพ แสดง space lattice แบบต่าง ๆ

การจัดลักษณะหน่วยเซลล์ทั้ง 7 แบบ เป็นการจัดแบบกว้าง ๆ โดยดูจากโครงภายนอกที่จริงพบว่าภายในหน่วยเซลล์ของผลึกยังมีอะตอมไปอยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆ ทำให้เกิดแบบของหน่วยเซลล์ที่ย่อย ๆ ออกไปอีก ตำแหน่งของอะตอมทำให้แบ่งลักษณะของหน่วยเซลล์ได้อีก 3 แบบดังนี้

1. **Body Center Cubic (b.c.c)** มีอะตอมที่ตรงมุมของหน่วยเซลล์ กับมีอะตอมอีกตัวหนึ่งที่จุดศูนย์กลางของหน่วยเซลล์

2. **Face Center Cubic (f.c.c)** มีอะตอมที่มุมของหน่วยเซลล์และมีอะตอมอยู่ที่กึ่งกลางของด้านทั้งหกของหน่วยเซลล์

3. **End Center Cubic (e.c.c)** มีอะตอมที่มุมของหน่วยเซลล์ และมีอะตอมอยู่ที่กึ่งกลางของด้านตรงข้ามกันคู่ใดคู่หนึ่ง

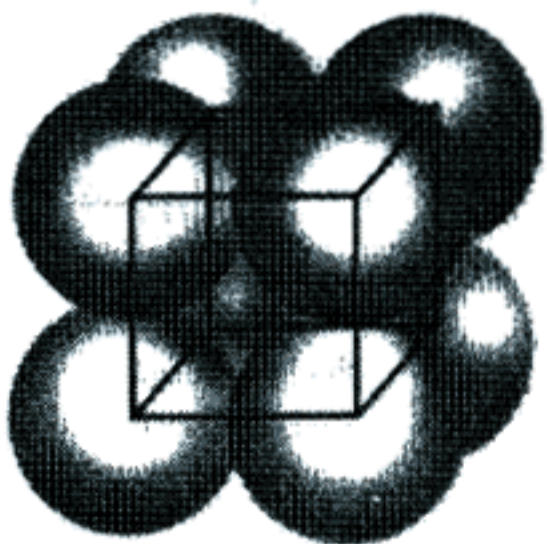
บราวเวียส (Bravias) ได้แบ่งโครงสร้างของหน่วยเซลล์ ซอยย่อยออกเป็น 14 แบบ ดังนี้

| ระบบผลึก | แบบโครงสร้าง | จำนวน |
|-----------------|---------------------------------|-------|
| 1. Cubic | simple, f.c.c, b.c.c | 3 |
| 2. Tetragonal | simple, b.c.c | 2 |
| 3. Orthorhombic | simple, b.c.c, f.c.c, e.c.c. | 4 |
| 4. Monoclinic | simple, b.c.c | 2 |
| 5. Triclinic | simple | 1 |
| 6. Rhombohedral | simple | 1 |
| 7. Hexagonal | simple | 1 |

นับว่าเป็นความโชคดีที่โลหะส่วนมากมีผลึก 3 แบบ คือ b.c.c, f.c.c และ c.p.h (Close packed hexagonal)

รายละเอียดของผลึกโลหะ

เราจะพิจารณาสมบัติแต่ละแบบดังนี้



ภาพ ผลึกแบบ Simple cubic

1. **Simple Cubic** เป็นผลึกที่มีลักษณะง่ายที่สุด การจัดอะตอมภายในผลึกเป็นการจัดที่พยายามทำให้อะตอมมีความแน่นมากที่สุด ใน 1 หน่วยเซลล์แบบนี้จึงมีจำนวนอะตอมได้ 1 อะตอมเท่านั้นจากภาพจะเห็นว่าที่มุมแต่ละมุมมีอะตอมอยู่เพียง 1/8 ของ ทรงกลม (เพราะที่เหลือะตอมนำไปใช้กับหน่วยเซลล์ข้างเคียง)

$$\text{รวมจำนวนอะตอม} = (1/8) \times 8 = 1 \text{ atom}$$

ให้ลูกบาศก์นี้มีความยาวด้านละ a หน่วย ถ้าคิดว่าอะตอมโลหะเป็นทรงกลมแข็ง รัศมีของอะตอมจะเป็น $a/2$ ถ้าต้องการทราบอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของอะตอมทั้งหมดต่อปริมาตรของหน่วยเซลล์เรียกอัตราส่วนนี้ว่า p.f. (Packing Factor)

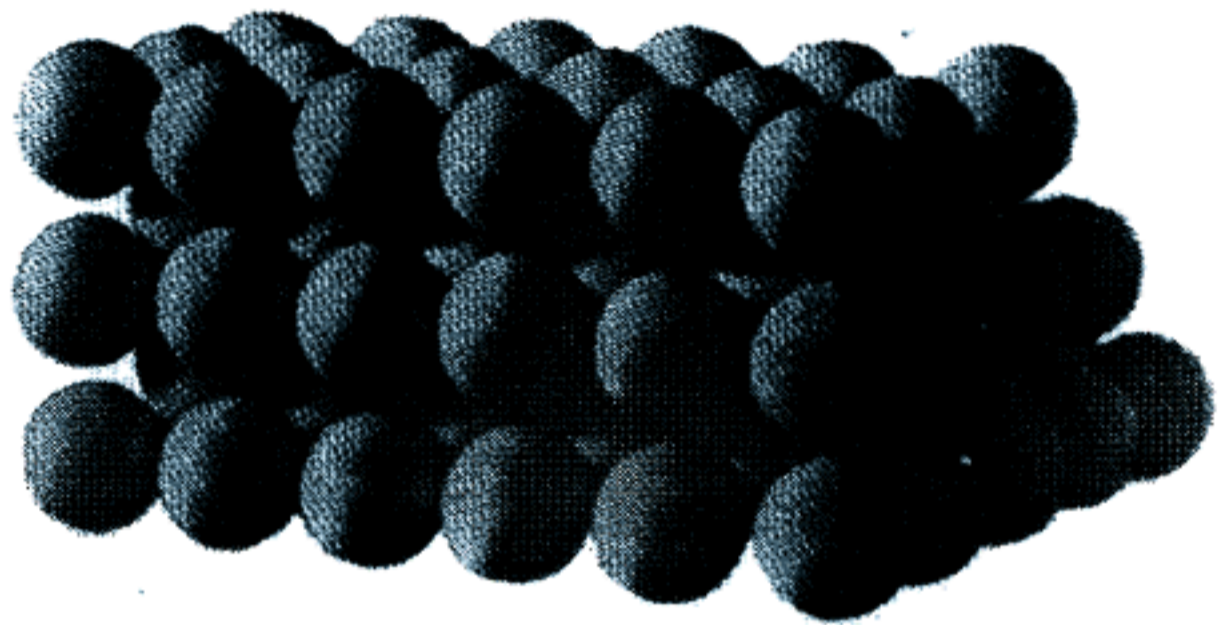
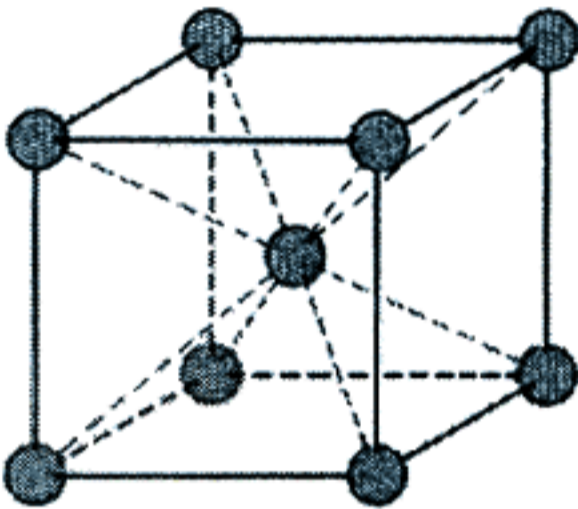
$$\text{ปริมาตรของอะตอม 1 อะตอม} = \frac{4\pi(a)^3}{3(2)^3}$$

$$\text{ปริมาตรของหน่วยเซลล์} = a^3$$

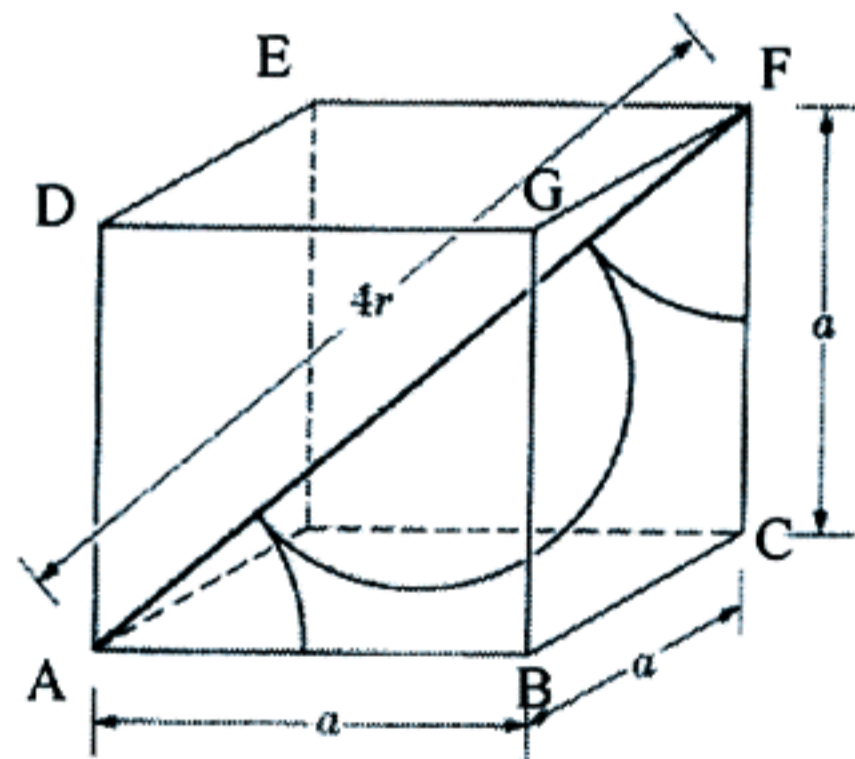
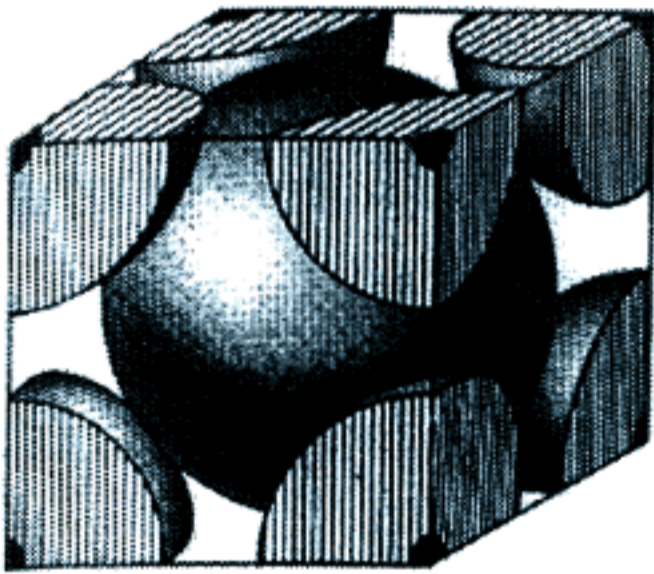
$$\text{p.f.} = \frac{\text{ปริมาตรของอะตอม}}{\text{ปริมาตรของหน่วยเซลล์}} = \frac{\pi}{6} = 0.52$$

จะเห็นว่าที่ว่างภายในลูกบาศก์มีค่านานั้นคือ การจัดตัวแบบนี้ทำให้หน่วยเซลล์ไม่แน่น โลหะจึงไม่จับตัวเป็นผลึกแบบ simple cubic

2. **Body Center Cubic** การจัดเรียงอะตอมแบบนี้จะมีอะตอมอยู่ที่มุมทั้งแปดและที่ศูนย์กลางลูกบาศก์ 1 อะตอม หน่วยเซลล์แบบ b.c.c จึงมีจำนวนอะตอม = 2



ภาพ ผลึกแบบ b.c.c



ให้ r เป็นรัศมีของอะตอม r จะยาวเป็น $a/2$ เหมือนกับ cubic ไม่ได้ เมื่อพิจารณาตามแนวทะแยงมุมของลูกบาศก์ เส้น AF ยาวเท่ากับ $4r$

$$\begin{aligned} AF &= \sqrt{AC^2 + CF^2} \\ &= \sqrt{(\sqrt{2}a)^2 + a^2} = \sqrt{3}a \end{aligned}$$

ดังนั้น รัศมีของอะตอมจึงเป็น

$$\begin{aligned} 4r &= \sqrt{3}a \\ r &= \sqrt{3}a/4 \end{aligned}$$

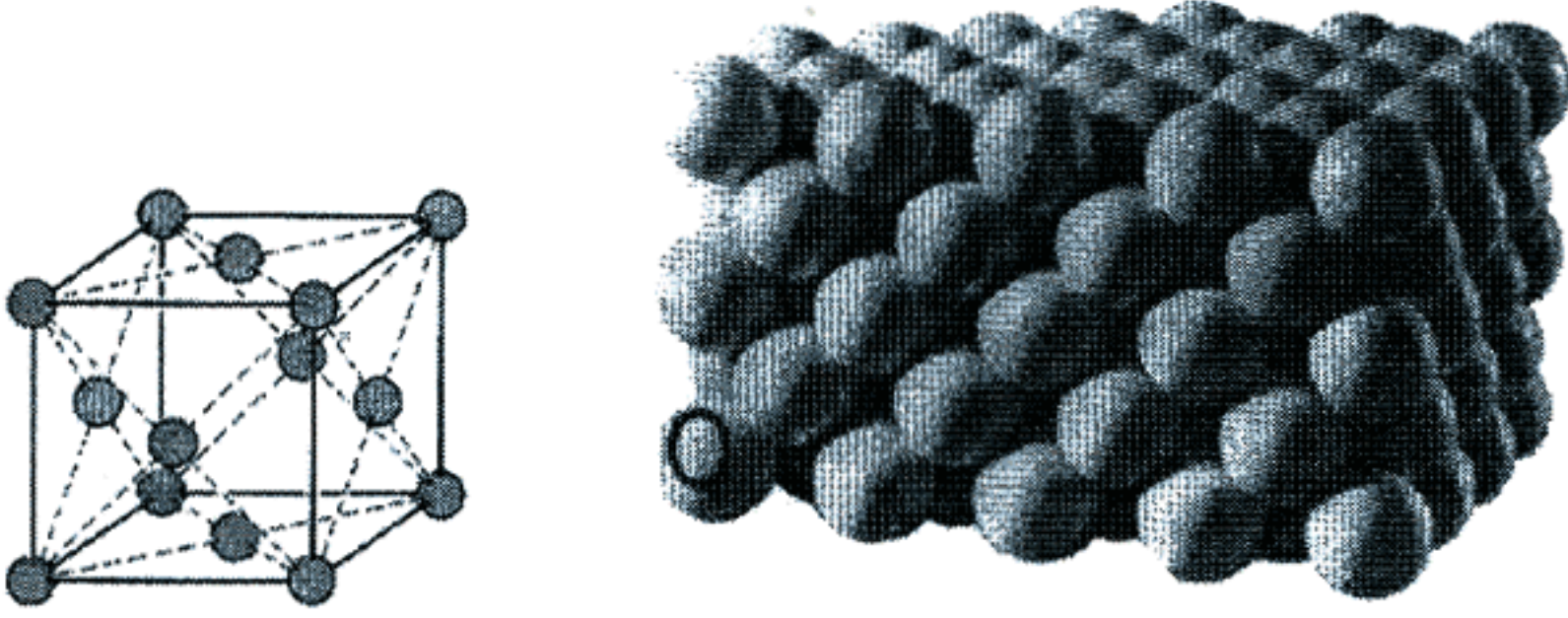
p.f. ของหน่วยเซลล์แบบนี้จะได้

$$= \frac{\left(\frac{4}{3}\right)\pi\left(\sqrt{3}\frac{a}{4}\right)^3 \times 2}{a^3}$$

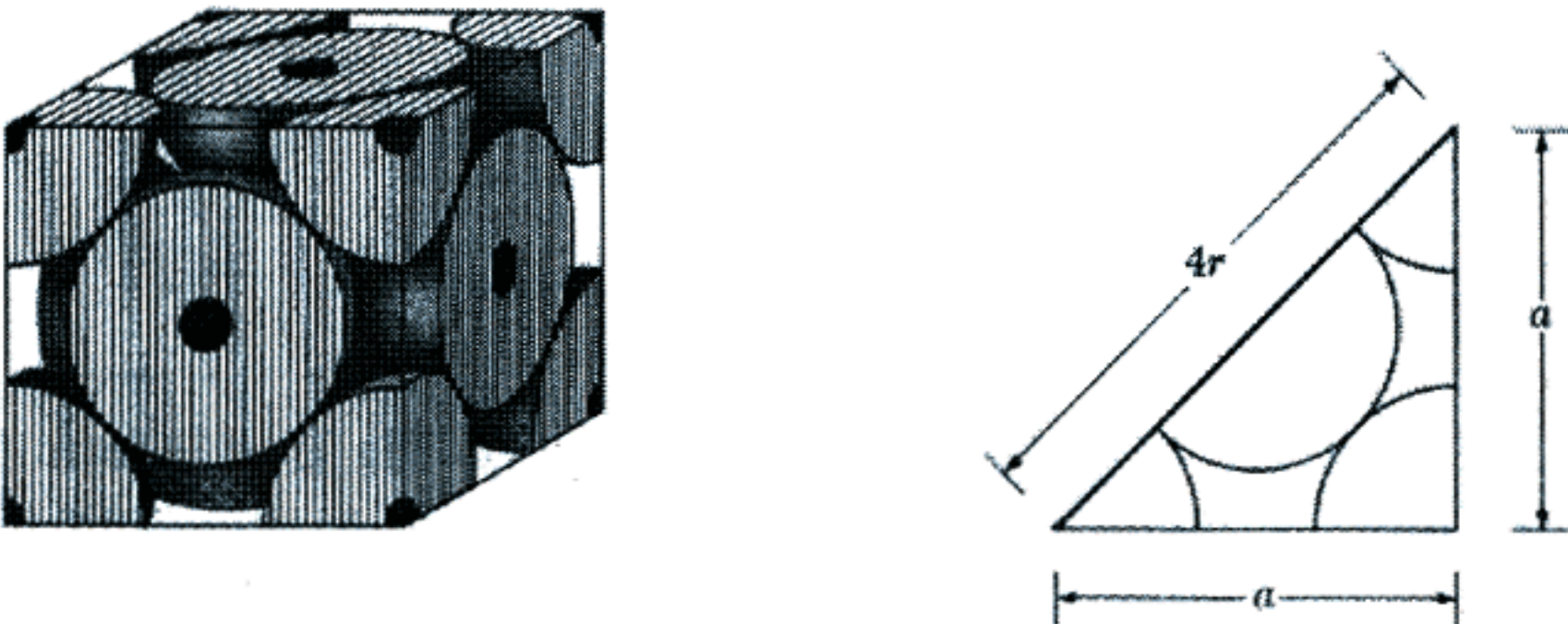
$$= 0.68$$

โลหะที่มีผลึกแบบนี้ ได้แก่ โครเมียม ทังสแตน alpha iron , delta iron, โมลิบดีนัม, แวนาเดียม, และ โซเดียม

3. Face Center Cubic



ภาพ ผลึกแบบ f.c.c.



จำนวนอะตอมของ f.c.c หาได้ดังนี้

- ที่กึ่งกลางของแต่ละหน้า มีครึ่งอะตอม มี 6 หน้า
= $(1/2) \times 6 = 3 \text{ atom}$
- ที่มุมแต่ละมุม มี $(1/8)$ อะตอม จำนวน 8 มุม
= $(1/8) \times 8 = 1 \text{ atom}$

รวมในหนึ่งหน่วยเซลล์มี 4 อะตอม

ให้ r เป็นรัศมีของอะตอม หาความสัมพันธ์ระหว่าง r กับ a จะได้ดังนี้

$$4r = \sqrt{2}a$$

$$r = \frac{\sqrt{2}a}{4}$$

p.f. ของหน่วยเซลล์แบบนี้

$$= \frac{\left(\frac{4}{3}\right)\pi \left(\frac{\sqrt{2}a}{4}\right)^3 \times 4}{a^3}$$

$$= 0.74$$

หน่วยเซลล์แบบ f.c.c อะตอมจะครองเนื้อที่ได้มากที่สุด อะตอมอยู่เบียดกันแน่นที่สุดในบรรดาหน่วยเซลล์แบบลูกบาศก์ทั้งสามแบบ

| วิธีสอนและกิจกรรม | บรรยายและซักถาม | |
|-------------------|-----------------|---------------------------------|
| สื่อการสอน | หนังสืออ้างอิง | 9, 18, 21 |
| | เอกสารประกอบ | เอกสาร โรเนียว |
| | วัสดุโสตทัศน | แผ่นใส และแผ่นภาพ โครงสร้างผลึก |
| งานที่มอบหมาย | แบบฝึกหัด | |
| การวัดผล | ตรวจแบบฝึกหัด | |

| หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ | |
|--------------------------|-------------------------------|
| ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(| ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน) |
| ฟิสิกส์ 2 | กลศาสตร์เวกเตอร์ |
| โลหะวิทยาฟิสิกส์ | เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1 |
| ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(| แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C |
| ฟิสิกส์พิศวง | สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต |
| ทดสอบออนไลน์ | วิดีโอการเรียนการสอน |
| หน้าแรกในอดีต | แผ่นใสการเรียนการสอน |
| เอกสารการสอน PDF | กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ |
| แบบฝึกหัดออนไลน์ | สุดยอดสิ่งประดิษฐ์ |
| การทดลองเสมือน | |
| บทความพิเศษ | ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng) |
| พจนานุกรมฟิสิกส์ | ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์ |
| ธรรมชาติมหัศจรรย์ | สูตรพื้นฐานฟิสิกส์ |
| การทดลองมหัศจรรย์ | ดาราศาสตร์ราชมงคล |
| แบบฝึกหัดกลาง | |
| แบบฝึกหัดโลหะวิทยา | แบบทดสอบ |
| ความรู้รอบตัวทั่วไป | อะไรเอ่ย ? |
| ทดสอบ)เกมเศรษฐี(| คติปริศนา |
| ข้อสอบเอนทรานซ์ | เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์ |
| คำศัพท์ประจำสัปดาห์ | |
| ความรู้รอบตัว | |
| การประดิษฐ์ของโลก | ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์ |
| นักวิทยาศาสตร์เทศ | นักวิทยาศาสตร์ไทย |
| ดาราศาสตร์พิศวง | การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์ |
| การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ | |

|  การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต  | |
|---|---|
| 1. การวัด | 2. เวกเตอร์ |
| 3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ | 4. การเคลื่อนที่บนระนาบ |
| 5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน | 6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน |
| 7. งานและพลังงาน | 8. การดลและโมเมนตัม |
| 9. การหมุน | 10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง |
| 11. การเคลื่อนที่แบบคาบ | 12. ความยืดหยุ่น |
| 13. กลศาสตร์ของไหล | 14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน |
| 15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก | 16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร |
| 17. คลื่น | 18. การสั่น และคลื่นเสียง |
|  การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต  | |
| 1. ไฟฟ้าสถิต | 2. สนามไฟฟ้า |
| 3. ความกว้างของสายฟ้า | 4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน |
| 5. ศักย์ไฟฟ้า | 6. กระแสไฟฟ้า |
| 7. สนามแม่เหล็ก | 8. การเหนี่ยวนำ |
| 9. ไฟฟ้ากระแสสลับ | 10. ทรานซิสเตอร์ |
| 11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ | 12. แสงและการมองเห็น |
| 13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ | 14. กลศาสตร์ควอนตัม |
| 15. โครงสร้างของอะตอม | 16. นิวเคลียร์ |
|  การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต  | |
| 1. จลศาสตร์ (kinematic) | 2. จลพลศาสตร์ (kinetics) |
| 3. งานและโมเมนตัม | 4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง |
| 5. ของไหลกับความร้อน | 6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า |
| 7. แม่เหล็กไฟฟ้า | 8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง |
| 9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์ | |

