

ตอนที่ 2
การทดลองปฏิบัติการเคมี

การทดลองที่ 1

เรื่อง ธาตุและตารางธาตุ (Elements and Periodic table)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ
2. สมบัติของธาตุกับการจัดเรียงตัวของธาตุในตารางธาตุ
3. ชื่อ, สัญลักษณ์ และน้ำหนัก อะตอมของธาตุ
4. ความสัมพันธ์ของธาตุในหมู่เดียวกันและในคาบเดียวกัน
5. ในการทำนายว่าธาตุใหม่ ๆ ที่จะค้นพบจะมีสมบัติเป็นอย่างไร
6. การรวมตัวของธาตุต่าง ๆ ในตารางธาตุ จะได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นอย่างไร

ตารางธาตุ (Periodic Table)

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

PERIODS	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*		
	IA	IIA	IIIA	IVB	VB	VI B	VII B	VIII	B	II B	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0		
1	1.008 H 1 hydrogen																4.0026 He 2 helium	
2	6.941 Li 3 lithium	9.012 Be 4 beryllium									10.811 B 5 boron	12.011 C 6 carbon	14.007 N 7 nitrogen	16.005 O 8 oxygen	18.998 F 9 fluorine	20.179 Ne 10 neon		
3	22.990 Na 11 sodium	24.305 Mg 12 magnesium				TRANSITION ELEMENTS						26.982 Al 13 aluminum	28.086 Si 14 silicon	30.974 P 15 phosphorus	32.06 S 16 sulfur	35.453 Cl 17 chlorine	39.948 Ar 18 argon	
4	39.098 K 19 potassium	40.08 Ca 20 calcium	44.956 Sc 21 scandium	47.88 Ti 22 titanium	50.942 V 23 vanadium	51.996 Cr 24 chromium	54.938 Mn 25 manganese	55.847 Fe 26 iron	58.933 Co 27 cobalt	58.71 Ni 28 nickel	63.546 Cu 29 copper	65.37 Zn 30 zinc	69.72 Ga 31 gallium	72.59 Ge 32 germanium	74.922 As 33 arsenic	78.96 Se 34 selenium	79.904 Br 35 bromine	83.80 Kr 36 krypton
5	85.468 Rb 37 rubidium	87.62 Sr 38 strontium	88.906 Y 39 yttrium	91.22 Zr 40 zirconium	92.906 Nb 41 niobium	95.94 Mo 42 molybdenum	98.906 Tc 43 technetium	101.07 Ru 44 ruthenium	101.07 Rh 45 rhodium	106.4 Pd 46 palladium	107.868 Ag 47 silver	112.41 Cd 48 cadmium	114.82 In 49 indium	118.69 Sn 50 tin	121.76 Sb 51 antimony	127.60 Te 52 tellurium	127.60 I 53 iodine	131.29 Xe 54 xenon
6	137.327 Cs 55 cesium	137.33 Ba 56 barium	138.905 La 57 lanthanum	175.10 Hf 72 hafnium	180.948 Ta 73 tantalum	181.85 W 74 tungsten	186.2 Re 75 rhenium	186.2 Os 76 osmium	192.22 Ir 77 iridium	195.09 Pt 78 platinum	197.02 Au 79 gold	200.59 Hg 80 mercury	204.37 Tl 81 thallium	207.2 Pb 82 lead	208.98 Bi 83 bismuth	208.98 Po 84 polonium	210.0 At 85 astatine	222.0 Rn 86 radon
7	223.019 Fr 87 francium	226.025 Ra 88 radium	227.03 Ac 89 actinium	238.03 U 92 uranium	238.03 Np 93 neptunium	238.03 Pu 94 plutonium	238.03 Am 95 americium	238.03 Cm 96 curium	238.03 Bk 97 berkelium	238.03 Cf 98 californium	238.03 Es 99 einsteinium	238.03 Fm 100 fermium	238.03 Md 101 mendelevium	238.03 No 102 nobelium	238.03 Lr 103 lawrencium			

* Lanthanides	140.12 Ce 58 cerium	140.908 Pr 59 praseodymium	144.24 Nd 60 neodymium	145 Pm 61 promethium	150.4 Sm 62 samarium	151.96 Eu 63 europium	157.25 Gd 64 gadolinium	168.935 Tb 65 terbium	168.935 Dy 66 dysprosium	168.935 Ho 67 holmium	173.04 Er 68 erbium	173.04 Tm 69 thulium	173.04 Yb 70 ytterbium	174.967 Lu 71 lutetium
** Actinides	232.037 Th 90 thorium	231.037 Pa 91 protactinium	238.0289 U 92 uranium	237.048 Np 93 neptunium	238.0289 Pu 94 plutonium	238.0289 Am 95 americium	238.0289 Cm 96 curium	238.0289 Bk 97 berkelium	238.0289 Cf 98 californium	238.0289 Es 99 einsteinium	238.0289 Fm 100 fermium	238.0289 Md 101 mendelevium	238.0289 No 102 nobelium	238.0289 Lr 103 lawrencium

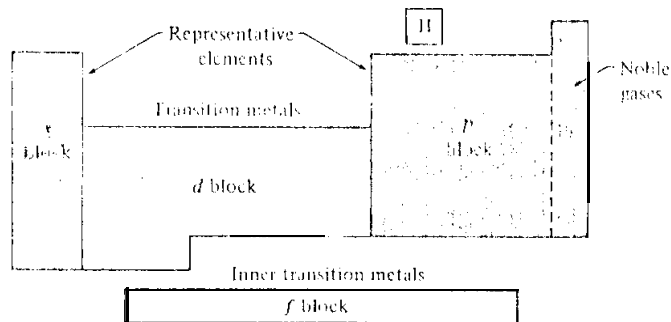
metals; metalloids; nonmetals; noble gases

Numbers below the symbol of the element indicate the atomic number, relative mass, above the symbol of the element indicate the assigned relative atomic mass. The number in parentheses indicates the mass number of the isotope with the longest half-life. [] indicates not sufficiently observed to name.

- 1.008 — atomic mass
- H — symbol
- 1 — atomic number
- hydrogen — name


ตารางธาตุ (Periodic table)

จากการค้นพบธาตุจำนวนมาก เพื่อความสะดวกในการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ จึงได้รวบรวมธาตุต่าง ๆ เป็นหมวดหมู่ ในปัจจุบันได้จัดแบ่งธาตุตามแนวความคิดของ Mendeleev แต่เรียงธาตุตามเลขอะตอม (Atomic Number) ซึ่งเป็นไปตามกฎพีริออดิก (Periodic Law) จะแบ่งธาตุออกเป็นคาบ (periods) และหมู่ (groups) ถ้าจัดเรียงธาตุตามแนวนอนตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ เรียกว่า คาบ มีทั้งหมด 7 คาบ และตามแนวแกนนั่ง เรียกว่า หมู่ แบ่งออกเป็น หมู่ A 8 หมู่ และหมู่ B 8 หมู่ X เรียกหมู่ธาตุรีเฟอเรนซ์ (Representative Elements) ได้แก่ธาตุใน s และ p blocks ระหว่างหมู่ IIA และ IIIA เป็นธาตุในหมู่ B เรียกหมู่ธาตุทรานซิชัน (Transition Elements) ได้แก่ธาตุใน d block สำหรับธาตุ 2 แถวล่างสุดของตารางธาตุ ในคาบที่ 6 เรียกว่า อนุกรมแลนทาไนด์ (Lanthanide Series) และในคาบที่ 7 เรียกว่า อนุกรมแอกทิไนด์ (Actinide Series) ได้แก่ธาตุใน f block



ในตารางธาตุจะมีเส้นคั่นบันไดแยกความเป็นโลหะและอโลหะ โดยธาตุที่ติดอยู่กับ
เส้นนี้จะมีสมบัติกึ่งโลหะและอโลหะ เรียกว่า เมทัลลอยด์ (Metalloids)

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At

 = กึ่งโลหะ

ความสัมพันธ์ของธาตุในหมู่ (group)

1. จะมีจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน และมีจำนวนเท่ากับเลขหมู่
2. จะมีจำนวนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (shell) ไม่เท่ากัน จะเพิ่มจากบนลงล่างของตารางธาตุ

ความสัมพันธ์ของธาตุในคาบ (period)

1. จะมีจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอน (อิเล็กตรอนวงนอกสุด) เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาของตารางธาตุ ยกเว้นธาตุทรานซิชัน
2. จะมีจำนวนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (shell) เท่ากัน เท่ากับเลขที่ของคาบ

สมบัติของธาตุในตารางธาตุ

สมบัติทางเคมีและกายภาพของธาตุในตารางธาตุ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น จะสัมพันธ์กับการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุ ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกันเป็นช่วง ๆ สมบัติเหล่านี้ ได้แก่ ขนาดของอะตอม (Size) พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy) อิเล็กตรอนแอฟฟินิตี (Electron Affinity) อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity) จุดหลอมเหลว (Melting point) จุดเดือด (Boiling point) ความเป็นโลหะ-อโลหะ เป็นต้น

1. ขนาดของอะตอมและไอออน

<u>ขนาดของอะตอม,</u>	<u>ในหมู่เดียวกัน</u>	เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น ขนาดของอะตอมจะใหญ่ขึ้น (เนื่องจากจำนวนระดับพลังงานเพิ่มขึ้น แม้แรงดึงดูดจากประจุบวกเพิ่มขึ้นแต่มีผลน้อย)
	<u>ในคาบเดียวกัน</u>	ขนาดของอะตอมจะเล็กลงจากซ้ายไปขวา (เนื่องจากจำนวนระดับของพลังงานเท่ากัน แต่ประจุบวกที่นิวเคลียสเพิ่มขึ้นแรงดึงดูดก็มากขึ้น)
<u>ขนาดไอออน,</u>	<u>ไอออนบวก</u>	ขนาดของไอออนบวกของธาตุเดียวกัน จะมีขนาดเล็กกว่าอะตอมที่เป็นกลาง (เพราะว่าจำนวนอิเล็กตรอนลดลงแต่จำนวนโปรตรอนคงเดิม ทำให้แรงดึงดูดเพิ่มขึ้น)
	<u>ในหมู่เดียวกัน</u>	ขนาดของไอออนบวกจะมีขนาดใหญ่จากบนลงล่าง
	<u>ในคาบเดียวกัน</u>	ขนาดของไอออนบวกจะมีขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา
	<u>ไอออนลบ</u>	ขนาดของไอออนลบ จะมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมที่เป็นกลาง (เพราะว่าจำนวนโปรตรอนคงเดิม แต่จำนวนอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น แรงดึงดูดน้อยลง)

ในหมเดียวกัน ขนาดของไอออนลบ จะมีขนาดใหญ่ขึ้นจากบน
ลงล่าง

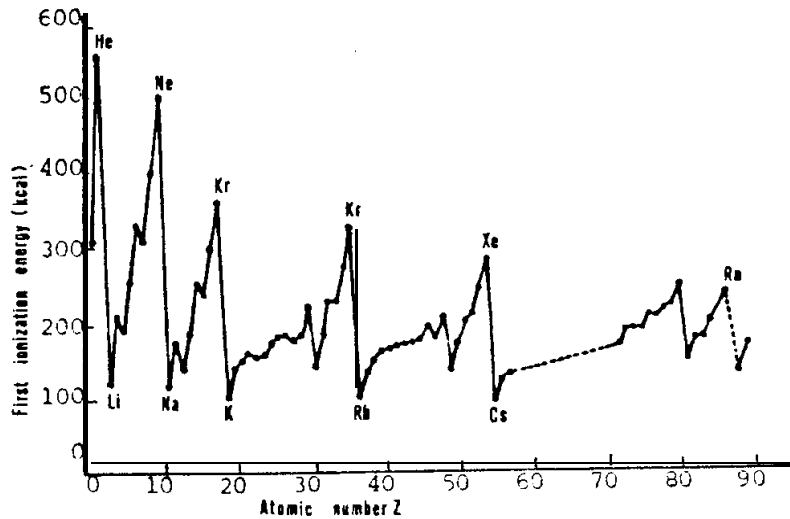
ในคาบเดียวกัน ขนาดของไอออนลบจะมีขนาดเล็กลงจากซ้าย
ไปขวา

ในกรณีที่ไอออนมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน เช่น O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} ต่างก็มี
จำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 10 ตัว ขนาดของไอออนจะขึ้นกับจำนวนโปรตอนที่
นิวเคลียส)

2. พลังงานไอออไนเซชัน

หมายถึง พลังงานที่ต้องใช้ในการดึงอิเล็กตรอน 1 ตัว ใน
ระดับพลังงานนอกสุด ซึ่งจะเป็นอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงสุด ให้หลุดออกจากอะตอม
ซึ่งค่าของพลังงานที่ใช้จะขึ้นอยู่กับ ประจุไฟฟ้าที่นิวเคลียส, ขนาดของอะตอม ค่า
พลังงานไอออไนเซชัน จะบอกให้ทราบว่า ธาตุต่าง ๆ จะมีความว่องไวในปฏิกิริยา
เพียงใด ธาตุใดมีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ ก็จะเป็นธาตุที่ว่องไว

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไอออไนเซชันขั้นที่ 1 กับเลขอะตอม



1 กิโลคาลอรี = 1 กิโลจูล

ในหมู่เดียวกัน

พลังงานไอออไนเซชัน มีค่าลดลงจากบนลงล่าง (เพราะว่าจำนวนระดับพลังงานมีมากขึ้น อิเล็กตรอนตัวนอกสุดถูกดึงดูดโดยประจุบวกที่นิวเคลียสน้อยลง อิเล็กตรอนจึงหลุดไถ่่างาย)

ในคาบเดียวกัน

พลังงานไอออไนเซชัน จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา (เพราะว่าขนาดของอะตอมเล็กลงตามลำดับ อิเล็กตรอนที่วงนอกสุดถูกดึงดูดโดยประจุบวกที่นิวเคลียสมากกว่า)

3. ค่าอิเล็กตรอนอัมฟินีตี

คือพลังงานที่คายออกมาเมื่ออะตอมรับอิเล็กตรอน แล้วกลายเป็นไอออนลบ เป็นค่าที่บอกความสามารถในการยึดอิเล็กตรอนของอะตอม อะตอมของธาตุใดมีค่าพลังงานนี้สูง ก็จะกลายเป็นไอออนลบได้ง่าย

ในหมู่เดียวกัน

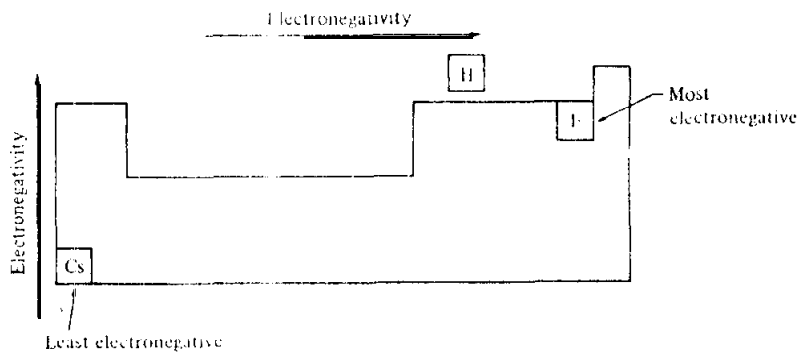
ค่าอิเล็กตรอนอัมฟินีตีจะมีค่าลดลงจากบนลงล่าง (เพราะจำนวนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น ขนาดของอะตอมใหญ่ขึ้น แรงดึงดูดจากนิวเคลียสต่ออิเล็กตรอนวงนอกสุดหรืออิเล็กตรอนที่จะเข้าไปมีน้อยลง

ในคาบเดียวกัน

ค่าอิเล็กตรอนอัมฟินีตีจะเพิ่มจากซ้ายไปขวา (เพราะขนาดของอะตอมมีขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา โปรตรอนที่นิวเคลียสจึงดึงดูดอิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่ได้ดี

4. ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

หมายถึง ความสามารถในการที่อะตอมของธาตุในสารประกอบจะดึงอิเล็กตรอนคู่ที่เกิดพันธะเข้าหาอะตอมได้ดีเพียงใด



ในหมู่เดียวกัน

ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีจะลดลงจากบนลงล่าง
(เพราะขนาดของอะตอมใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง)

ในคาบเดียวกัน

ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีจะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา
(เพราะขนาดของอะตอมเล็กลงจากซ้ายไปขวา)

5. ความเป็นโลหะและอโลหะของธาตุ

ในหมู่เดียวกัน

ความเป็นโลหะของธาตุจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่างหรือความเป็น
อโลหะของธาตุจะลดลงจากบนลงล่าง

ในคาบเดียวกัน

ความเป็นโลหะของธาตุจะลดลงจากซ้ายไปขวา หรือ ความ
เป็นอโลหะของธาตุจะเพิ่มจากซ้ายไปขวา

สำหรับธาตุเฉื่อย คือ ธาตุในหมู่ VIII A มี 6 ตัว คือ

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn เป็นอะตอมเดี่ยว ๆ เพราะอะตอม

มีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตัว ยกเว้น He

สมบัติบางประการของธาตุเฉื่อย ดังตาราง

สมบัติของธาตุ	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
เลขอะตอม	2	10	18	36	54	86
รัศมีอะตอม (pm)	93	112	154	169	190	220
จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	-268.9	-246	-185.8	-152	-108.0	-61.8
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	-269.7	-248.6	-189.4	-157.3	-111.9	-71
พลังงานไอออไนเซชัน ขั้นที่ 1 (kJ/mole)	2397	2087	1527	1357	1177	1043
ความหนาแน่น (gm/cm^3)	0.126	1.20	1.40	2.6	3.06	4.4

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการเคมี เรื่อง ธาตุและตารางธาตุ วันที่ทำการทดลอง.....
ชื่อผู้ทำการทดลอง..... รหัส..... เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมงาน..... รหัส..... เลขที่.....
 กลุ่มที่..... section

 อาจารย์ผู้ควบคุม 1
 2.
 3.

1. อะตอมที่มีค่าพลังงาน ไอออไนเซชันและค่าอิเล็กตรอนอัพพิ้นิตีต่ำ จะมีค่าอิเล็ก-
โตรเนกาตีวิตีเป็นอย่างไร (อธิบาย)
.....*.....
.....**.....
.....
.....

2. จงเขียนลูกศรแสดงแนวโน้ม ของสมบัติต่าง ๆ ของธาตุที่กำหนดให้ลงในตาราง
ต่อไปนี้

2.1	ธาตุ	พลังงานไอออไนเซชัน	รัศมีของอะตอม	จุดเดือด	จุดหลอมเหลว
	He				
	Ne				
	Ar				
	Kr				
	Xe				
	Rn				

2.2	ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไอออไนเซชัน	อิเล็กโตรเนกาติวิตี	รัศมีอะตอม
	Li					
	Na					
	K					
	Rb					
	CS					

2.3	ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไอออไนเซชัน	อิเล็กโตรเนกาติวิตี	รัศมีอะตอม
	Be					
	Mg					
	Ca					
	Sr					
	Ba					
	Ra					

2.4 ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไอออไนเซชัน	อิเล็กโตรเนกาติวิตี	รัศมีอะตอม
F					
Cl					
Br					
I					

2.5 ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไอออไนเซชัน	อิเล็กโตรเนกาติวิตี	รัศมีอะตอม
O					
S					
Se					
Te					
Po					

3. ธาตุ X เป็นของแข็งที่อ่อนนุ่มหึ่ง ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหรือกรด สามารถรวมกับออกซิเจนเป็นออกไซด์ละลายน้ำได้ดี เปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง ธาตุ X ควรจะอยู่ในหมู่ใดของตารางธาตุ เพราะเหตุใด

.....

4. ธาตุ Y มีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอน ดังนี้ 2, 8, 18, 7

ธาตุ Y ควรอยู่ในหมู่ใดของตารางธาตุ และมีสมบัติอย่างไร

.....

5. จากอะตอมของธาตุที่กำหนดให้ดังนี้ Li, Be, N, O, F

ไอออนของอะตอมใดมีขนาดเล็กที่สุด เพราะอะไร

.....

6. ธาตุ A, B, C และ D มีเลขอะตอม 19, 35, 37 และ 53 ตามลำดับ

ธาตุใดเป็นโลหะ ธาตุใดเป็นอโลหะ

.....

7. จากสิ่งที่กำหนดให้ จงตอบคำถาม

หมู่	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
คาบที่ 2	A	B	C	D	E	F	G	H
คาบที่ 3	I	J	K	L	M	N	O	P

7.1 สารประกอบระหว่าง K กับ F ควรมีสสูตรเป็นอย่างไร

.....

7.2 ธาตุ J กับธาตุ G รวมตัวกัน สูตรเคมีของสารประกอบคือ

.....

7.3 ธาตุตัวใดบ้างที่มีสมบัติเป็นโลหะ และตัวใดเป็นอโลหะ

โลหะ :

อโลหะ :

การทดลองที่ 2

เรื่อง โครงสร้างผลึก (Crystal Structure)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การจัดระบบของผลึกเบื้องต้น
2. ความแตกต่างของชนิดโครงสร้างของผลึก
3. การจัดโครงสร้างผลึกแบบที่พบที่สุด คือ แบบ ccp และ hcp
4. การคำนวณหาปริมาตรที่ถูกแทนที่และที่ว่างในหน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกแต่ละแบบ
5. การหาจำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์ของธาตุ
6. โครงสร้างผลึกของเกลือแกง

โครงสร้างผลึก (Crystal Structure)

ในสารประกอบที่เป็นของแข็ง อนุภาคจะอยู่กันอย่างมีระเบียบและแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลก็มีค่ามาก ซึ่งจะแตกต่างไปจากแก๊สและของเหลวในสารประกอบของแข็งซึ่งมีความแข็งและมีรูปทรงทางเรขาคณิตที่แน่นอน เรียกว่า Crystalline Solids การจัดเรียงตัวของโครงสร้างภายในของของแข็ง หรือผลึกของสารต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน ทำให้สารต่าง ๆ มีสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็ง-ความเปราะ การละลาย การนำไฟฟ้า การหักเหของแสง ฯลฯ แตกต่างกันไป ในลักษณะของผลึก เราจะมาพิจารณาในเทอมของหน่วยเซลล์ (Unit Cell) ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของผลึก จะใช้เป็นตัวแทน แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของอนุภาคในผลึกนั้น ๆ โดยแต่ละหน่วยจะเหมือนกันหมด เมื่อนำหน่วยเซลล์นี้มาต่อกันใน 3 มิติ จะได้ผลึกของสารนั้น

ในการจัดระบบของผลึก จะอาศัยมุมระหว่างแกนและความยาวของแกน หรือด้านของหน่วยเซลล์ ซึ่งจะอยู่ตามแกน 3 แกน (x, y, z) ซึ่งตั้งฉากกัน และมุมจะเกิดจากด้านของหน่วยเซลล์มาบรรจบกัน เป็นมุมของโครงผลึก ในการเกิดเป็นโครงผลึก (Crystal lattices) อนุภาคจะมีโอกาสบรรจุในหน่วยเซลล์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ทำให้เกิดโครงสร้างโครงผลึกมากมายหลายแบบดังนี้

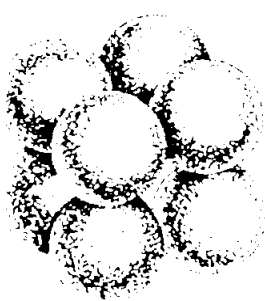
1. simple lattice จะมีอนุภาคอยู่เฉพาะตรงมุมของหน่วยเซลล์
2. body-centered lattice จะมีอนุภาคอยู่ที่มุมของหน่วยเซลล์ และมีอนุภาคอีกหนึ่งอยู่ที่ศูนย์กลางของหน่วยเซลล์
3. face-centered lattice จะมีอนุภาคอยู่ที่มุมของหน่วยเซลล์ และมีอนุภาคอยู่กึ่งกลางของด้านทั้งหกของหน่วยเซลล์
4. end-centered lattice จะมีอนุภาคอยู่ที่มุมและอยู่กึ่งกลางของด้านเพียง 2 ด้านที่อยู่ตรงข้าม

ผลึกที่มีลักษณะภายนอกเป็นรูปลูกบาศก์ (cubic), เตตระฮีดรอน (tetrahedral) และออกทระฮีดรอน (octahedral) ทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระบบลูกบาศก์ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างแบบอื่น ๆ อีกมากมาย ที่นำมาใช้อธิบายโครงสร้างผลึกของอะตอม แต่จะยุ่งยากมากขึ้น

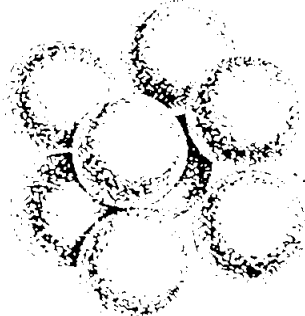
สิ่งสำคัญที่จะบอกความแตกต่างชนิดโครงสร้างของผลึก ก็คือ ประสิทธิภาพในการบรรจุจำนวนอะตอมลงในหน่วยเซลล์ ปริมาตรที่ถูกครอบครองหรือปริมาตรที่ว่าง (void volume) ที่เหลือจะเป็นการวัดประสิทธิภาพในการบรรจุ (packing efficiency) ซึ่งสามารถคำนวณจากการเติมอนุภาคกับค่าปริมาตรที่ว่าง โดยปริมาตรที่ถูกครอบครองจะคำนวณได้จากปริมาตรของลูกบึงปองที่ใช้แทนอะตอม ปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์ (ผลรวมของส่วนที่ถูกครอบครองโดยอะตอมและที่ว่าง) ได้จากการคำนวณหาปริมาตรของรูปลูกบาศก์

ในการทดลองนี้ เราจะศึกษาเฉพาะพวกโครงผลึก ซึ่งมีการจัดเรียงโครงสร้างทางเรขาคณิตแบบง่าย ๆ ดังรูป

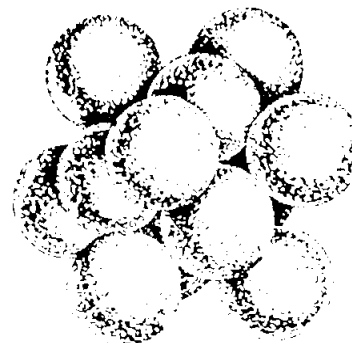
Cubic Crystal Lattices



a. Simple cubic

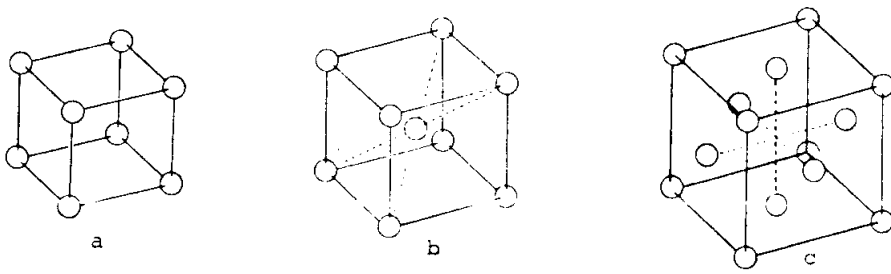


b. Body-centered cubic

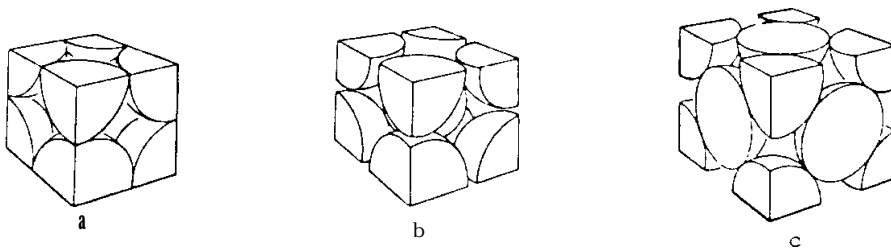


c. Face-centered cubic

รูปที่ 3.1 หน่วยเซลล์ที่แสดงรูปทรงทางเรขาคณิต



รูปที่ 3.2 หน่วยเซลล์ที่แสดงในโครงสร้างรูปลูกบาศก์ แสดงตำแหน่งของลูกบิ๊งตามจุดต่าง ๆ



รูปที่ 3.3 หน่วยเซลล์ที่แสดงการบรรจุอะตอมที่แท้จริงในหน่วยเซลล์

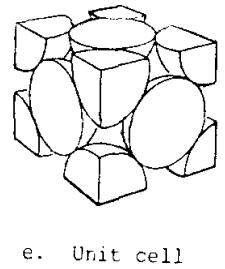
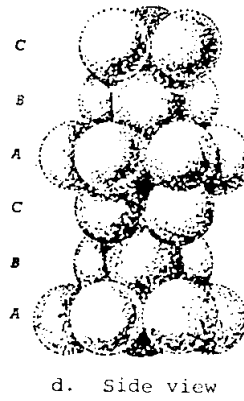
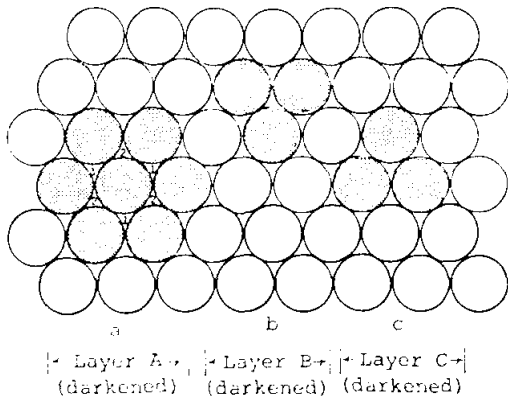
การเรียงตัวของลูกบิ่บอง (แทนอะตอม) ในรูปที่ 3.1 สามารถแสดงให้เห็นได้งายและชัดเจนขึ้นในรูปที่ 3.2 ในรูป 3.3 แสดงหน่วยเซลล์ที่แท้จริง ซึ่งในธรรมชาติจะไม่มี (เศษส่วนของอะตอมที่อยู่ตรงมุม, ด้าน หรือ ผิวหน้าของหน่วยเซลล์ แสดงในหนึ่งหน่วยเซลล์)

เราจะเริ่มศึกษาที่ simple cubic structure ในโครงสร้างแบบนี้จะมีที่ว่างมาก มีจำนวนอนุภาคน้อย ตัวอย่างธาตุที่มีการจัดตัวแบบ body-centered cubic structure เช่น แบเรียม (Ba), ซีเซียม (Cs), โครเมียม (Cr), เหล็ก (Fe), โซเดียม (Na) ฯลฯ ส่วนใหญ่จะเป็นธาตุหมู่ IA ส่วนธาตุที่มีการจัดเรียงตัวแบบ face-centered cubic structure เช่น อะลูมิเนียม (Al), แคลเซียม (Ca), ทองแดง (Cu) ทอง (Au), ตะกั่ว (Pb), เงิน (Ag) ฯลฯ

ในโครงสร้างผลึกรูปลูกบาศก์ ประสิทธิภาพของการบรรจุอนุภาคใน face-centered cubic จะมากกว่า body-centered cubic มากกว่า simple cubic structure สำหรับเทอม "closet packing" หมายถึงการที่จะจัดเรียงอนุภาค (ในกรณีนี้คือลูกบิ่บอง) ลงในที่ว่างในหน่วยเซลล์อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือมีจำนวนอนุภาคที่อยู่ชิดกันได้มากที่สุดของแต่ละอนุภาคที่อยู่ในโครงสร้างผลึกของหน่วยเซลล์ซึ่ง เรียกว่า โคออดิเนชันนัมเบอร์ (co-ordination number) ในการจัดเรียงตัวของอนุภาคในโครงสร้างผลึกแบบ closet packing ของพวกโครงสร้างผลึกแบบสามัญ มี 2 แบบ คือ

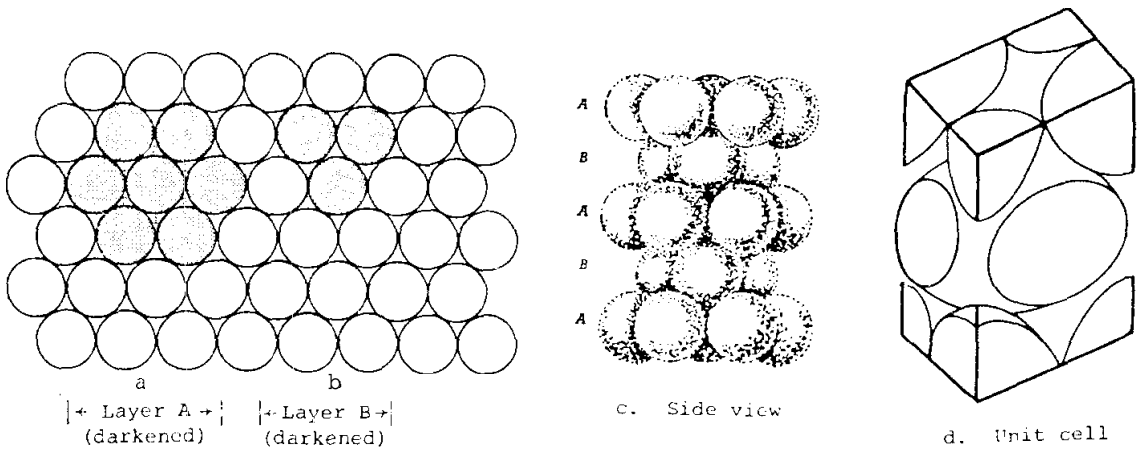
1. Cubic closet packing (ccp)
2. Hexagonal closet packing (hcp)

จัดแสดงในรูป 3-4 และ 3-5



e. Unit cell

รูปที่ 3-4 Cubic closet packing (ccp)



รูปที่ 3-5 Hexagonal closet packing (hcp)

โดยแบ่งการพิจารณาอย่างเป็นระนาบหรือชั้น (layer) คือ A, B, C ซึ่งในแต่ละชั้น จะประกอบด้วยลูกบิ๊งปองที่เหมือนกัน

ใน ccp พิจารณาจากรูป 3-4

จะวางลูกบิ๊งปองในชั้น B ให้ตรงช่องหรือรู (hole) หมายเลข 1 ในชั้น A และวางชั้น C โดยลูกบิ๊งปองในชั้นนี้จะอยู่บนรูหมายเลข 2 ของชั้น A จะได้โครงสร้างที่มีการจัดเรียงดังนี้ ABCABCABC... (คังรูป)

ใน hcp

พิจารณาจากรูป 3-5

จะประกอบด้วย 2 ชั้น คือ ชั้น A และชั้น B โดยลูกบิ๋งองในชั้น B จะวางบนรูหมายเลข 1 ของชั้น A จะได้โครงสร้างที่มีการจัดเรียงดังนี้ ABABAB..... (ดังรูป)

ซึ่งเราสามารถจะเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของลูกบิ๋งองในโครงสร้าง hcp ไปเปลี่ยน ccp ได้ในห้องปฏิบัติการ

สำหรับในการจัดโครงสร้างแบบที่ที่สุด แบบอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการ อาจจัดเป็นแบบ ABACABAC..... หรือเปลี่ยนเป็นตำแหน่งอื่น ๆ ตัวอย่างธาตุที่มีการจัดเรียงตัวแบบ hcp เช่น แบริเลียม (Be), แคดเมียม (Cd), โคบอลต์ (Co), แมกนีเซียม (Mg), ทิทาเนียม (Ti) และสังกะสี (Zn) แต่โดยทั่วไป การจัดเรียงตัวอาจมีมากกว่า 1 แบบ ซึ่งการบอกความแตกต่างจะใช้อักษรกรีกแทน คือ α , β เช่น

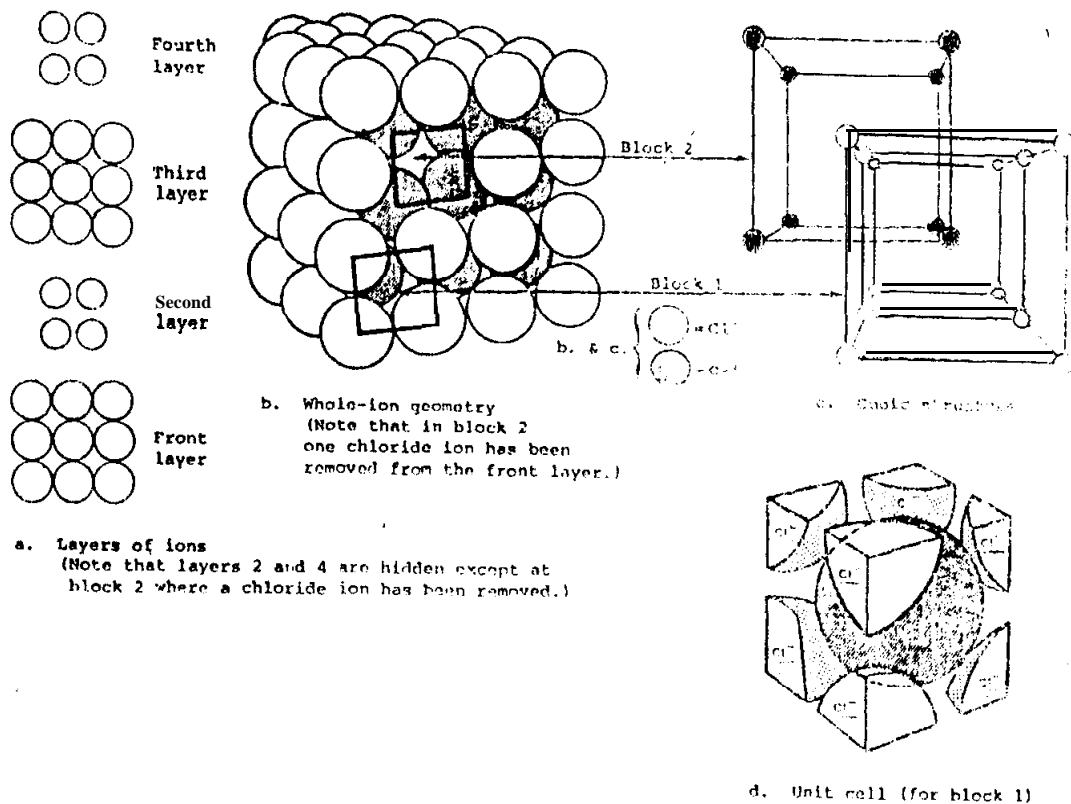
α - calcium }
 β - cobolt } → ccp

γ - calcium }
 α - cobolt } → hcp

ผลึกของเกลืออนินทรีย์อย่างง่าย ๆ

ได้จากการจัดเรียงตัวของ ไอออนบวก (positive ion) และไอออนลบ (negative ion) สลับกันในโครงผลึก ซึ่งจะจัดให้มีระยะระหว่างไอออนที่มีประจุตรงข้ามน้อยที่สุด ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดแรงดึงดูดมากที่สุดและมีการบัง (shield) ของประจุที่เหมือนกันมากที่สุด ในการจัดเรียงตัวของไอออนเหล่านี้โดยการพิจารณาในแง่แรงดึงดูด และแรงผลึกก็เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เสถียรที่สุดในโครงสร้างผลึกของธาตุแต่ละอะตอมจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกันเนื่องจากมีขนาดเท่ากัน ส่วนในสารประกอบ ไอออนิก (ionic compound) ขนาดของไอออนบวกโดยทั่วไปมักจะเล็กกว่าขนาดของไอออนลบ ถ้าหากว่าขนาดต่างกันเพียงเล็กน้อย แบบของโครงผลึกก็จะไม่แตกต่างจากที่กล่าวมา แต่ถ้ามีขนาดของไอออนแตกต่างกันมาก ไอออนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะครอบครองปริมาตรในที่ว่างมาก ซึ่งจะมีผลต่อแบบของโครงผลึก (lattice pattern) ที่ไอออนที่มีขนาดเล็กกว่าจะเข้าไปอยู่ในที่ว่างระหว่างอะตอมที่มีขนาดใหญ่ เพราะว่าอะตอมไม่ได้มีขนาดเดียวกันและไม่ได้อยู่ในลักษณะที่ใกล้เคียงกันที่สุด เพราะฉะนั้นในกรณีสารประกอบของเกลือไอออนิก จึงไม่นิยมกล่าวในเทอม closet packing.

ลองพิจารณาในกรณี Cs^+ ion ซึ่งมีรัศมีของไอออนเท่ากับ 0.169 nm และ Cl^- ion ซึ่งมีรัศมีไอออนเท่ากับ 0.181 nm จะเห็นว่ามีรัศมีของไอออนมีค่าใกล้เคียงกัน \therefore โครงผลึกของ CsCl ที่ได้ ดังแสดงในรูป 3-6 จะแสดงรายละเอียดของโครงผลึก CsCl ออกเป็น 3 แบบดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับโมเดลของ body-centered cubic (แต่จริง ๆ แล้วไม่ใช่ bcc)

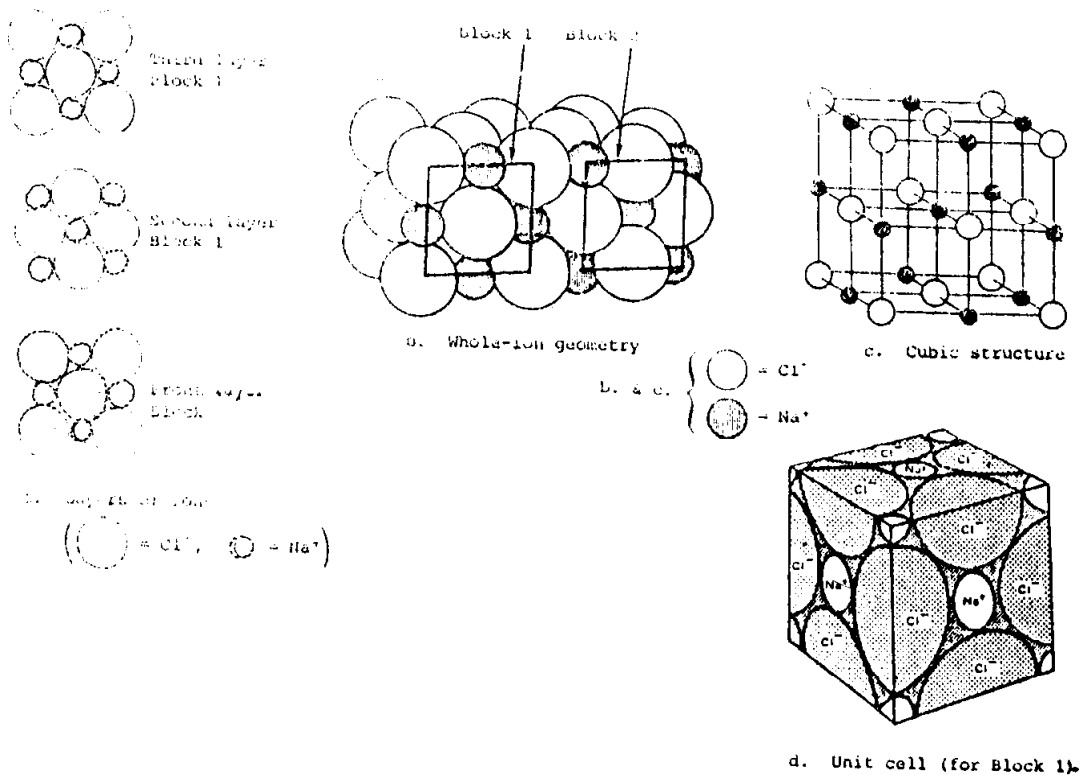


3-6 Cesium Chloride ionic lattice

เพราะว่าไอออนที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางแตกต่างไปจากไอออนที่อยู่ตรงมุม แต่ก็มีหน่วยเซลล์แบบลูกบาศก์ ซึ่งแสดงในรูป (Block 1) ซึ่งจะอยู่ชั้นหน้า (front layer) ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 สามารถเปรียบเทียบกับ body-centered cubic โดยมี Cl^- ไอออนที่มุมและ Cs^+ ไอออนอยู่ตรงกลาง สำหรับหน่วยเซลล์ใน block 2 จะอยู่ในชั้นที่ 2, 3 และ 4 ของไอออนคล้าย body-centered cubic แต่สลับกัน โดยจะมี Cs^+ ไอออนอยู่ที่มุมและตรงกลางเป็น Cl^- ไอออน โดยแต่ละหน่วยเซลล์ จะมีโคออดิเนชันัมเบอร์เท่ากับ 8 และมีอัตราส่วนของ $\text{Cs} : \text{Cl} = 1:1$

พิจารณา Li^+ ไอออน ($r = 0.060 \text{ nm}$) และ Na^+ ไอออน ($r = 0.095 \text{ nm}$) เทียบกับ Cl^- ไอออน ($r = 0.181 \text{ nm}$) ซึ่งจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันมากในโครงสร้างของ LiCl Cl^- ไอออนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะจัดโครงสร้างผลึกแบบ face-centered cubic lattice โดยมี Li^+ ไอออนที่มีขนาดเล็กกว่าจะเข้าไปอยู่ในรูปร่างผลึกได้ ส่วน Na^+ ไอออน ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าจะไม่สามารถเข้าไปอยู่ในที่ว่างของโครงสร้างของ Cl^- ไอออนได้ ดังนั้นโครงสร้างของ Cl^- ไอออน ดังรูป (3-7) block 1 จะมีการขยายตัวเล็กน้อย เพราะฉะนั้นถ้าเลือก block 2 เป็นแบบของหน่วยเซลล์ จะมี Na^+ ไอออนจัดโครงสร้างผลึกเป็นแบบ face-centered cubic lattice ในการจะเลือกกว่าจะเป็นแบบ block 1 หรือ block 2 จะถูกกำหนดโดยไอออนที่อยู่ตรงมุม, ขอบหรือผิวหน้าของจุดกึ่งกลางของโครงสร้างผลึกในหน่วยเซลล์ ในเกลือจริง ๆ จะมีทั้งสองโครงสร้างผลึกอยู่รวมกันแทรกกันอยู่ ดังนั้นจะมี Na^+ ไอออนอยู่ถัดจาก Cl^- ion ในแต่ละจุดในโครงสร้างของเกลือ ในโครงสร้างรวม แต่ละ Na^+ ไอออน จะมี Cl^- ไอออน 6 ตัวอยู่ใกล้ซิกที่สุด และ Cl^- ไอออนก็จะมี Na^+ ไอออน 6 ตัวเช่นเดียวกัน ดังนั้น

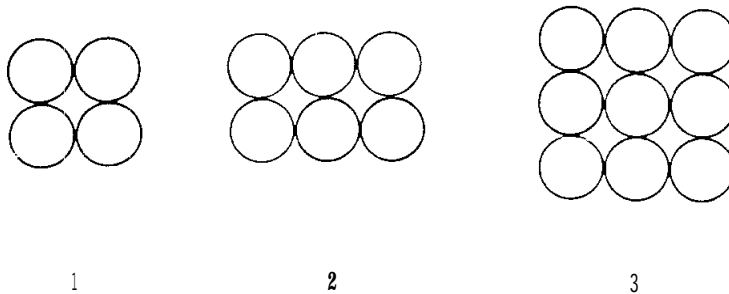
โคออดิเนชันัมเบอร์ของ Na^+ , Cl^- เท่ากับ 6 โดยอัตราส่วนของ $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 1 : 1$
 โครงสร้างแบบ NaCl จะใช้เป็นแม่แบบของโครงผลึกแบบง่าย จะพบมากในสาร
 ประกอบคาร์ไบน์, คลอไรต์, ฟลูออไรต์, ไฮไดรน์ และออกไซด์



รูปที่ 3-7 Sodium Chloride ionic lattice

การทดลอง 1. Simple Cubic Lattice

ในการทดลองนี้ เราจะใช้ลูกปิงปองเป็นแบบจำลองของอนุภาค (อะตอม และไอออน) โดยนำลูกปิงปองมาติดกันเป็นแพดังรูป



รูป 3-8 ชั้นของอะตอมใน simple cubic lattice

วางลูกปิงปอง 4 ลูก (รูป 1) บนลูกปิงปองอีก 4 ลูก จะมี 2 ชั้นเหมือนกันในหน่วยเซลล์จริง ๆ จะมีขนาดเล็กกว่านี้มาก (เปรียบเทียบกับรูป 3-3(a)) เติมลูกปิงปองอีก 4 ลูกเพื่อขยายโมเดลนี้ออกทางแกน x เติมลูกปิงปองอีก 6 ลูก (รูป 2) เพื่อขยายโมเดลตามแกน y และเติมลูกปิงปองอีก 9 ลูก (รูป 3) เพื่อขยายโมเดลตามแกน z

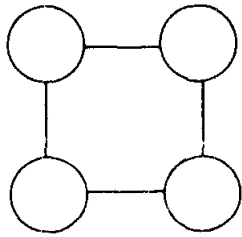
เราจะได้รูปลูกบาศก์ที่ประกอบด้วย 8 หน่วยเซลล์ (ใช้ลูกปิงปองทั้งหมด 27 ลูก)

1. พิจารณาในหนึ่งหน่วยเซลล์ ให้วัดความยาวจากจุดกึ่งกลางของลูกปิงปองไปยังจุดกึ่งกลางของลูกปิงปองที่ติดกัน บันทึกผลการทดลอง (สมมุติยาว a วัดในเทอมของรัศมีทรงกลม, r) (จะใช้รัศมี $= r$ แทน เนื่องจากอะตอมแต่ละชนิด จะมีรัศมีของโครงสร้างอะตอมแตกต่างกัน)

2. กำหนดหาปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์ในเทอมของ r
3. พิจารณาทั้งโมเดล คุลูกิงปองที่อยู่จุดกึ่งกลางของคุลูกิงปองทั้ง 27 ลูก บันทึกเศษส่วน (fraction) ของคุลูกิงปองที่วางอยู่ในสภาพแวดล้อมด้วยคุลูกิงปอง 8 ลูก
4. ให้สังเกตว่า คุลูกิงปองแต่ละลูกที่อยู่ตรงมุมของหน่วยเซลล์รูปลูกบาศก์ จะมีเศษส่วนของคุลูกิงปองเท่ากับเศษส่วนของคุลูกิงปองที่อยู่ในหน่วยเซลล์ ถามว่า จะมีคุลูกิงปองกี่ลูกที่มีลักษณะเช่นเดียวกันนี้ใน simple cubic unit cell
5. กำหนดและบันทึกปริมาตรของคุลูกิงปองในหน่วยเซลล์ในเทอมของรัศมี, r โดยใช้สูตร $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
6. กำหนดหาปริมาตรของที่ว่าง (Void Volume) โดยใช้ปริมาตรทั้งหมดลบด้วยปริมาตรของคุลูกิงปอง ในเทอมของรัศมี
7. กำหนดหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ถูกครอบครองโดยคุลูกิงปองและที่ว่างในหน่วยเซลล์ (แสดงการคำนวณ)
8. บอกจำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์ของธาตุที่จัดเรียงตัวแบบ simple cubic lattice
9. บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกผล

2. Body-centered cubic lattice

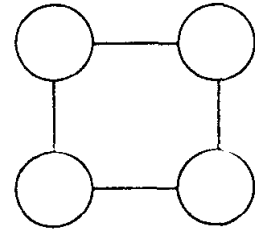
จัดเรียงลูกบิ๊งปองคังรูป โดยให้มีที่ว่างระหว่างลูกบิ๊งปอง



ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2

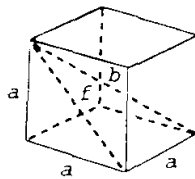


ชั้นที่ 3

รูปที่ 3-9 ชั้นของอะตอมใน body-centered cubic lattice

เติมลูกบิ๊งปอง 1 ลูกลงบนชั้นที่ 1 แล้ววางชั้นที่ 3 ให้ลูกบิ๊งปองแต่ละลูกตรงกับลูกบิ๊งปองในชั้นที่ 1 จะสังเกตเห็นว่า ลูกบิ๊งปองจะสัมผัสกันตามเส้นทะแยงมุม การหาความยาวของด้านของลูกบาศก์ จะใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและข้อมูลจากเส้นทะแยงมุมของรูปลูกบาศก์

(ในตัวอย่างการคำนวณข้างล่าง ระยะทางที่ทำกรวัด จะเป็นการวัดระหว่างจุดกึ่งกลางของบิ๊งปองแต่ละลูก)



พิจารณารูปลูกบาศก์ ซึ่งมีความยาวของด้านเท่ากับ a เส้นทะแยงมุมของแต่ละด้าน

เท่ากับ b และ เส้นทแยงมุมของรูปลูกบาศก์เท่ากับ f
ความสัมพันธ์ต่อไปนี้ได้จากทฤษฎีของ Pythagorean

พิจารณาในรูปสามเหลี่ยม bfa

$$\text{จะได้ } b^2 = f^2 + a^2 \quad \dots\dots\dots 1$$

พิจารณาในรูปสามเหลี่ยม faa

$$\text{จะได้ } f^2 = a^2 + a^2 \quad \dots\dots\dots 2$$

แทนค่าสมการที่ 2 ลงในสมการที่ 1

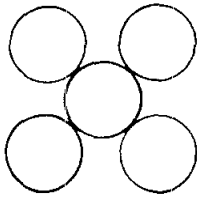
$$\begin{aligned} b^2 &= a^2 + a^2 + a^2 \\ &= 3a^2 \end{aligned}$$

1. คำนวณและบันทึกความยาวของเส้นทแยงมุม, b ในเทอมของรัศมี, r
2. จากความสัมพันธ์ $b^2 = 3a^2$ ให้คำนวณและบันทึกค่าความยาวของด้าน, a ในเทอมของรัศมี, r
3. คำนวณและบันทึกปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์ในเทอมของรัศมี, r
4. คำนวณและบันทึกจำนวนลูกบิงปองที่มีในหนึ่งหน่วยเซลล์
(ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 ตอน 1 และใช้โมเดล 3-3 (b))
5. คำนวณและบันทึกปริมาตรทั้งหมดของลูกบิงปองจากข้อ 4
6. คำนวณและบันทึกปริมาตรที่ว่าง (Void Volume) ในเทอมของรัศมี, r
7. คำนวณเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ถูกครอบครองด้วยลูกบิงปอง และที่ว่างในหน่วยเซลล์

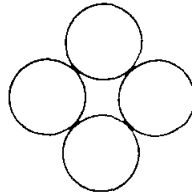
8. โคออดิเนชันนัมเบอร์ของอนุภาคแต่ละตัวที่มีโครงผลึกแบบ body-centered cubic lattice
9. บันทึกผลลงในตาราง 3.10

3. Face-centered Cubic lattice (Cubic close packing, ccp)

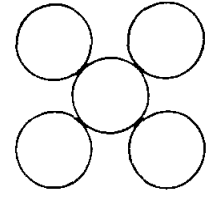
จัดเรียงชั้นของอนุภาคทรงรูป



ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3

รูปที่ 3-10 แสดงชั้นของอนุภาคใน face-centered cubic lattice

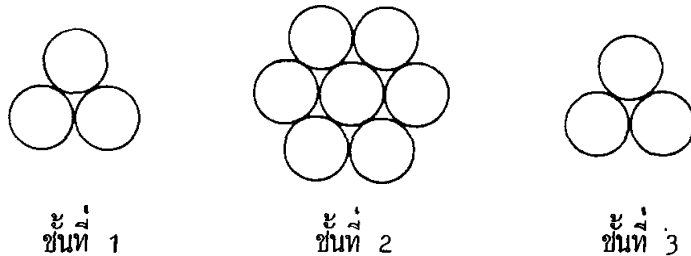
วางชั้นที่ 2 ลงบนชั้นที่ 1 โดยให้ตำแหน่งช่องว่างตรงกลางอยู่ตรงกับลูกปิงปองที่อยู่ตรงกลางในชั้นที่ 1 แล้วจะทำให้ลูกปิงปองทั้ง 4 ลูก ในชั้นที่ 2 จะอยู่ระหว่างลูกปิงปองแต่ละลูกในชั้นที่ 1 วางชั้นที่ 3 ให้ตรงกับชั้นที่ 1

1. กำหนดและบันทึกปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์ในเทอมของรัศมี, r
2. กำหนดและบันทึกจำนวนลูกปิงปองที่บรรจุในหนึ่งหน่วยเซลล์

3. คำนวณและบันทึกปริมาตรของลูกบิ่บองจากข้อ 2
4. คำนวณและบันทึกปริมาตรที่ว่าง (Void Volume) ในหน่วยเซลล์ในเทอมของรัศมี, r
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ถูกครอบครองโดยลูกบิ่บอง และที่ว่างในหนึ่งหน่วยเซลล์
6. จำนวนโคออดิเนชันนัมเบอร์ของแต่ละอะตอมในโครงผลึกแบบนี้
7. บันทึกผลลงในตาราง 3.10

4. Hexagonal Closet Packing (hcp) Lattice

การจัดเรียงตัวของอนุภาคในหน่วยเซลล์เพื่อให้มีโคออดิเนชัน-
นัมเบอร์สูงสุด เรียกว่า "closet packing"



รูปที่ 3.11 แสดงชั้นแต่ละชั้นใน hexagonal closet packing (hcp)

วางชั้นที่ 1 โดยให้จุดยอดของรูปสามเหลี่ยมหันมาทางตัวเรา (ดังรูป) แล้ววางชั้นที่ 2 โดยให้ลูกบิ่บองตรงกลางอยู่ตรงตำแหน่งรูตรงกลางของชั้นที่ 1 ต้องแน่ใจว่า ลูกบิ่บองแต่ละลูกในชั้นที่ 1 สัมผัสกับลูกบิ่บอง 3 ลูกในชั้นที่ 2 วางชั้นที่ 3 ให้ลูกบิ่บอง

แต่ละลูกตรงกับลูกบิงปองในชั้นที่ 1

พิจารณาในโครงผลึก จะเป็นการจัดตัวแบบ ABABAB..... พิจารณา
ในชั้นที่ 1 ลูกบิงปองที่อยู่ตรงกลาง จะสัมผัสกับลูกบิงปองอีก 6 ลูกในชั้นเดียวกัน
และสัมผัสอีก 3 ลูก ซึ่งจะอยู่ชั้นบนและชั้นล่างรวมทั้งหมด 12 ลูก ในทำนองเดียวกัน
กับผลึกแบบ ccp ถ้าเปรียบเทียบระหว่าง hcp และ ccp จะแตกต่างกันที่การจัด
เรียงตัวในชั้นที่ 3

1. โลหะแมกนีเซียม (Mg) มีโครงผลึกแบบ hcp จงหาโคออดิเนชันนัมเบอร์
ของ Mg ในการจัดเรียงตัวแบบนี้
2. จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ว่างในการจัดโครงผลึกแบบ hcp

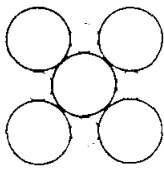
ช่องว่างในโครงสร้างเหล่านี้จะมีความสำคัญต่อสมบัติของสารเป็นอย่างมาก เช่น ถ้ามีการเติมอะตอมของคาร์บอนลงในช่องว่างของโครงสร้างแบบ
body-centered cubic ของเหล็ก ซึ่งจากขนาดของอะตอมของคาร์บอน จะทำให้
โครงสร้างของเหล็กผิดรูปไป ซึ่งจะเพิ่มความแข็งให้กับเหล็ก สารประกอบพวก
เคมีคอนคักเตอร์ และทรานซิสเตอร์ ก็สามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน คือ มี
การเติมสารบางอย่างลงไป ทำให้สภาพการนำไฟฟ้าดีขึ้น

3. บันทึกผลลงในตาราง 3.10

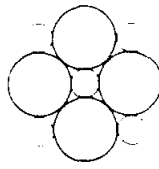
5. โครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

โครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วย

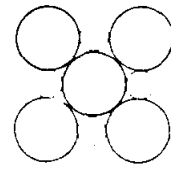
ไอออนบวก : ไอออนลบ ($\text{Na}^+ : \text{Cl}^-$) เท่ากับ 1 : 1 Na^+ ไอออนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.190 nm และ Cl^- ไอออนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.367 nm ในการเลือกขนาดลูกบิ่่งป้องกันขนาดอะตอมของ Na^+ , Cl^- ไอออนจะใช้ลูกบิ่่งป้องกันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิวแทน Na^+ ไอออน และ 2 นิวแทน Cl^- ไอออน



ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3

รูปที่ 3.11 แสดงชั้นแต่ละชั้นของโซเดียมคลอไรด์

1. เศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่มุมของหน่วยเซลล์จะมีค่าเท่ากับเท่าไร
2. มีจำนวนไอออนที่อยู่มุมเท่าไรในหนึ่งหน่วยเซลล์
3. คำนวณและบันทึกผลรวมของเศษส่วนของไอออนที่อยู่ตรงมุมของหน่วยเซลล์
4. คำนวณและบันทึกผลรวมของเศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ตรงกลางที่อยู่ในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 ของหน่วยเซลล์
5. คำนวณและบันทึกเศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ชั้นที่ 2
6. คำนวณและบันทึกส่วนทั้งหมดของ Cl^- ไอออนใน 1 หน่วยเซลล์

7. คำนวณและบันทึกเศษส่วนหา Na^+ ไอออนเช่นเดียวกับ Cl^- ไอออน
8. คำนวณหาสูตรอย่างง่ายของโซเดียมคลอไรด์
9. ในผลึกเกลือแกงซึ่งหนัก 58.5 กรัม จะมี Na^+ ไอออนและ Cl^- ไอออน อยู่จำนวนเท่าไร ให้แสดงการคำนวณในตารางที่กำหนดให้

6. การคำนวณหาปริมาตรของที่ว่าง (Void Volume) ของโลหะตัวอย่างซึ่งตัวอย่างโลหะทองแดง (Cu) และวัดความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง คำนวณหาปริมาตรรัศมีของอะตอม Cu ได้จากการศึกษาทาง x-ray diffraction มีค่าเท่ากับ 0.128 nm

1. จงใช้คามวลและเลขอะตอมในการคำนวณหาจำนวนอะตอมทั้งหมดของทองแดงในตัวอย่างทองแดง
2. ใช้จำนวนอะตอมทั้งหมดในสารตัวอย่างและปริมาตรของหนึ่งอะตอมในการคำนวณหาปริมาตรที่แท้จริงที่ถูกครอบครองโดยอะตอมของทองแดง

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการทดลองเรื่อง.....วันที่ทำการทดลอง.....
ชื่อผู้ทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....
กลุ่มที่..... Section

อาจารย์ผู้ควบคุม

1.
2.
3.

บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองและคำนวณ

1. Simple cubic lattice

1. ความยาวของด้านแต่ละด้านของหน่วยเซลล์.....
2. ปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์.....
3. เศษส่วนของลูกบิ๊งปองต่อ 8 หน่วยเซลล์.....
4. จำนวนลูกบิ๊งปองต่อหน่วยเซลล์.....
5. ปริมาตรของลูกบิ๊งปองที่ครอบครองในหน่วยเซลล์.....
6. ปริมาตรของที่ว่างในหน่วยเซลล์.....
7. (a) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ถูก
ครอบครอง
-
-

(b) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ว่าง

.....

.....

.....

.....

8. จำนวนโคออดิเนชันนัมเบอร์.....

2. Body-center cubic lattice

1. ความยาวของเส้นทะแยงมุมของรูปลูกบาศก์.....
2. ความยาวของคานแต่ละคานของหน่วยเซลล์.....
3. ปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์.....
4. จำนวนลูกบิ่่งปองทั้งหมดต่อหน่วยเซลล์.....
5. ปริมาตรของลูกบิ่่งปองต่อหน่วยเซลล์.....
6. ปริมาตรของที่ว่างต่อหน่วยเซลล์.....
7. (a) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตร
ที่ถูกครอบครอง
.....
.....
.....
.....

(b) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ว่าง

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

8. จำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์

3. Face-centered cubic lattice (cubic close packing)

1. ปริมาตรทั้งหมดของหน่วยเซลล์

2. จำนวนลูกบิ๊งปองต่อหน่วยเซลล์

3. ปริมาตรของลูกบิ๊งปองต่อหน่วยเซลล์

4. ปริมาตรของที่ว่างต่อหน่วยเซลล์ a.....

5. (a) แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตร
ถูกครอบครอง

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

(b) แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของที่ว่าง

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

6. จำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์..... -

4. Hexagonal closet packing (hcp) lattice

1. จำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์

2. แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ที่ว่าง.....

5. Sodium Chloride Structure

1. เศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ตรงมุมตอหนึ่งหน่วยเซลล์

2. จำนวนไอออนที่อยู่ตรงมุมตอหนึ่งหน่วยเซลล์

3. ส่วนของไอออนที่อยู่ตรงมุมตอหนึ่งหน่วย เซลล์

4. ส่วนของไอออนที่อยู่ตรงกลางในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3

5. ส่วนของ Cl^- ไอออนในชั้นที่ 2 (ตรงกลาง)

6. จำนวน Cl^- ไอออนทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยเซลล์.....
7. (a) ส่วนของ Na^+ ไอออนในชั้นที่ 1
- (b) ส่วนของ Na^+ ไอออนในชั้นที่ 2
- (c) ส่วนของ Na^+ ไอออนในชั้นที่ 3
- (d) ส่วนของ Na^+ ไอออนทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยเซลล์.....
8. สูตรอย่างง่ายของโซเดียมคลอไรด์.....
9. จำนวนไอออนของ Na และ Cl ในโซเดียมคลอไรด์ทั้งหมด 58.5 กรัม
-
-
-
-
-

6. Void Volume determination of an actual metal sample

- น้ำหนักของโลหะตัวอย่าง
- ความสูงของโลหะตัวอย่าง
- เส้นผ่านศูนย์กลางของโลหะตัวอย่าง
- ปริมาตรของโลหะตัวอย่าง

1. จำนวนอะตอมทั้งหมดในตัวอย่าง

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

2. ปริมาตรที่ถูกครอบครองโดยอะตอมในตัวอย่าง

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

3. (a) แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ว่าง

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

(b) ค่าทางทฤษฎีของเปอร์เซ็นต์ที่ว่างของ

face--centered cubic lattice

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของผลึก

ชนิดของเซลล์	ความยาว ของด้าน	ปริมาตร ทั้งหมด	จำนวนของ ลูกบิ๊งปอง	ปริมาตรที่ถู ครอบครอง	%ของปริมาตร ที่ถูครอบครอง	%ของปริมาตร ที่ว่าง	โคออดิเน- ชันนัมเบอร์
Simple Cubic							
Body-centered cubic							
face-center cubic							
Hexagonal close packed							

หมายเหตุ รายงานผลในเทอมของรัศมี, r

คำถาม

1. ตะกั่ว, Pb ตกผลึกแบบ face-centered cubic lattice, ความยาวของด้าน ๆ หนึ่ง ของหน่วยเซลล์มีค่าเท่ากับ 4.95 \AA และน้ำหนักอะตอมของตะกั่วเท่ากับ 207.19

- (a) จำนวนอะตอมของตะกั่วในแต่ละหน่วยเซลล์
- (b) รัศมีของอะตอมตะกั่วมีค่าเท่ากับ
- (c) จำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์ของอะตอมตะกั่วที่ศูนย์กลางของหน่วยเซลล์
- (d) จำนวนโคออดิเนชันัมเบอร์ของอะตอมตะกั่วที่มุมของหน่วยเซลล์
- (e) ปริมาตรทั้งหมดของอะตอมตะกั่วในหน่วยเซลล์ (ลบ. ชม.)
-
-
-
-
-
-
- (f) ปริมาตรที่ถูกครอบครองโดยอะตอมของตะกั่ว
-
-
-
-
-

- (g) น้ำหนักของหนึ่งอะตอมของตะกั่ว
.....
.....
- (h) ความหนาแน่นของตะกั่ว (กรัมต่อ ลบ.ซม.)
.....
.....