

ตอนที่ 2
การทดลองปฏิบัติการเคมี

การทดลองที่ 1

ตรวจสอบ ธาตุและตารางธาตุ (Elements and Periodic table)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ
2. สมบติของธาตุกับการจัดเรียงตัวของธาตุในตารางธาตุ
3. ชื่อ, สัญลักษณ์ และน้ำหนัก อะตอมของธาตุ
4. ความสัมพันธ์ของธาตุในหมู่เดียวกันและในครอบเดียวกัน
5. ในการทำนายว่าธาตุใหม่ ๆ ที่จะค้นพบจะมีสมบติเป็นอย่างไร
6. การรวมตัวของธาตุต่าง ๆ ในตารางธาตุ จะได้สารประกอบที่มีคุณสมบติเป็นอย่างไร

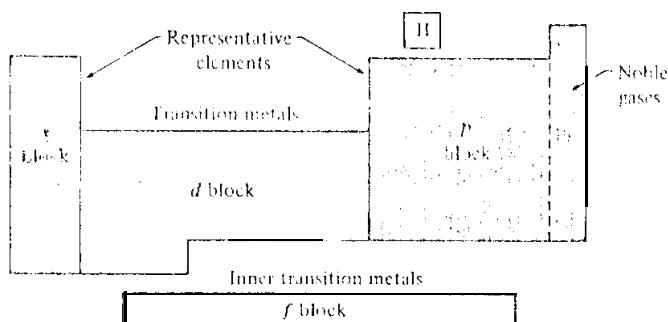
ตารางธาตุ (Periodic Table)

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS																			halogens		noble gases																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	alkali metals		alkaline earth metals					B+	I+	II+	III+	IV+	V+	VI+	VII+	halogens																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
maximum positive ox. no.	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7 ⁺		8 ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
maximum negative ox. no.	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PERIODS	IA	IIA	IIIA	IVB	Vb	VIb	VIIb		GROUPS	VIII	B	IIb	IIIa	IVa	Va	Via	VIIa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	H 1 Hydrogen								TRANSITION	ELEMENTS												He 2 helium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	Li 3 lithium	Be 4 beryllium							Transition	Elements												He 2 helium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	Na 11 potassium	Mg 12 magnesium							Transition	Elements												He 2 helium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4	K 19 potassium	Ca 20 calcium	Sc 21 scandium	Ti 22 titanium	V 23 chromium	Cr 24 chromium	Mn 25 manganese	Fe 26 iron	Co 27 cobalt	Ni 28 nickel	Cu 29 copper	Zn 30 zinc	Ga 31 gallium	Ge 32 germanium	As 33 arsenic	P 34 phosphorus	Si 14 silicon	Al 13 aluminum	Li 7 lithium	Be 8 beryllium	He 3 helium	He 3 helium	He 3 helium	He 3 helium	He 3 helium	He 3 helium	He 3 helium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	Rb 37 rubidium	Sr 38 strontium	Y 39 yttrium	La 40 lanthanum	Lu 41 lutetium	Sc 42 scandium	Tb 43 thulium	Ho 44 holmium	Er 45 erbium	Dy 46 dysprosium	Tm 47 thulium	Yb 48 ytterbium	Lu 49 lutetium	Pr 50 praseodimium	Nd 51 neodymium	Eu 52 europium	Gd 53 gadolinium	Tb 54 thulium	Dy 55 dysprosium	Ho 56 holmium	Er 57 erbium	Tm 58 ytterbium	Yb 59 lutetium	Lu 60 neptunium	Lu 61 neptunium	Lu 62 neptunium	Lu 63 neptunium	Lu 64 neptunium	Lu 65 neptunium	Lu 66 neptunium	Lu 67 neptunium	Lu 68 neptunium	Lu 69 neptunium	Lu 70 neptunium	Lu 71 neptunium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
6	Cs 55 cesium	Fr 56 francium	*La 57 lanthanum	Hf 72 hafnium	Ta 73 tantalum	W 74 tungsten	Re 75 rhenium	Os 76 osmium	Ir 77 iridium	Pt 78 platinum	Os 79 osmium	Au 80 gold	Hg 81 mercury	Ag 82 silver	Pd 83 palladium	Sn 84 tin	In 85 indium	Bi 86 bismuth	Te 87 tellurium	Te 88 tellurium	Te 89 tellurium	Te 90 thorium	Te 91 protactinium	Te 92 thorium	Te 93 protactinium	Te 94 thorium	Te 95 protactinium	Te 96 thorium	Te 97 protactinium	Te 98 thorium	Te 99 protactinium	Te 100 thorium	Te 101 protactinium	Te 102 thorium	Te 103 protactinium	Te 104 thorium	Te 105 protactinium	Te 106 thorium	Te 107 protactinium	Te 108 thorium	Te 109 protactinium	Te 110 thorium	Te 111 protactinium	Te 112 thorium	Te 113 protactinium	Te 114 thorium	Te 115 protactinium	Te 116 thorium	Te 117 protactinium	Te 118 thorium	Te 119 protactinium	Te 120 thorium	Te 121 protactinium	Te 122 thorium	Te 123 protactinium	Te 124 thorium	Te 125 protactinium	Te 126 thorium	Te 127 protactinium	Te 128 thorium	Te 129 protactinium	Te 130 thorium	Te 131 protactinium	Te 132 thorium	Te 133 protactinium	Te 134 thorium	Te 135 protactinium	Te 136 thorium	Te 137 protactinium	Te 138 thorium	Te 139 protactinium	Te 140 thorium	Te 141 protactinium	Te 142 thorium	Te 143 protactinium	Te 144 thorium	Te 145 protactinium	Te 146 thorium	Te 147 protactinium	Te 148 thorium	Te 149 protactinium	Te 150 thorium	Te 151 protactinium	Te 152 thorium	Te 153 protactinium	Te 154 thorium	Te 155 protactinium	Te 156 thorium	Te 157 protactinium	Te 158 thorium	Te 159 protactinium	Te 160 thorium	Te 161 protactinium	Te 162 thorium	Te 163 protactinium	Te 164 thorium	Te 165 protactinium	Te 166 thorium	Te 167 protactinium	Te 168 thorium	Te 169 protactinium	Te 170 thorium	Te 171 protactinium	Te 172 thorium	Te 173 protactinium	Te 174 thorium	Te 175 protactinium	Te 176 thorium	Te 177 protactinium	Te 178 thorium	Te 179 protactinium	Te 180 thorium	Te 181 protactinium	Te 182 thorium	Te 183 protactinium	Te 184 thorium	Te 185 protactinium	Te 186 thorium	Te 187 protactinium	Te 188 thorium	Te 189 protactinium	Te 190 thorium	Te 191 protactinium	Te 192 thorium	Te 193 protactinium	Te 194 thorium	Te 195 protactinium	Te 196 thorium	Te 197 protactinium	Te 198 thorium	Te 199 protactinium	Te 200 thorium	Te 201 protactinium	Te 202 thorium	Te 203 protactinium	Te 204 thorium	Te 205 protactinium	Te 206 thorium	Te 207 protactinium	Te 208 thorium	Te 209 protactinium	Te 210 thorium	Te 211 protactinium	Te 212 thorium	Te 213 protactinium	Te 214 thorium	Te 215 protactinium	Te 216 thorium	Te 217 protactinium	Te 218 thorium	Te 219 protactinium	Te 220 thorium	Te 221 protactinium	Te 222 thorium	Te 223 protactinium	Te 224 thorium	Te 225 protactinium	Te 226 thorium	Te 227 protactinium	Te 228 thorium	Te 229 protactinium	Te 230 thorium	Te 231 protactinium	Te 232 thorium	Te 233 protactinium	Te 234 thorium	Te 235 protactinium	Te 236 thorium	Te 237 protactinium	Te 238 thorium	Te 239 protactinium	Te 240 thorium	Te 241 protactinium	Te 242 thorium	Te 243 protactinium	Te 244 thorium	Te 245 protactinium	Te 246 thorium	Te 247 protactinium	Te 248 thorium	Te 249 protactinium	Te 250 thorium	Te 251 protactinium	Te 252 thorium	Te 253 protactinium	Te 254 thorium	Te 255 protactinium	Te 256 thorium	Te 257 protactinium	Te 258 thorium	Te 259 protactinium	Te 260 thorium	Te 261 protactinium	Te 262 thorium	Te 263 protactinium	Te 264 thorium	Te 265 protactinium	Te 266 thorium	Te 267 protactinium	Te 268 thorium	Te 269 protactinium	Te 270 thorium	Te 271 protactinium	Te 272 thorium	Te 273 protactinium	Te 274 thorium	Te 275 protactinium	Te 276 thorium	Te 277 protactinium	Te 278 thorium	Te 279 protactinium	Te 280 thorium	Te 281 protactinium	Te 282 thorium	Te 283 protactinium	Te 284 thorium	Te 285 protactinium	Te 286 thorium	Te 287 protactinium	Te 288 thorium	Te 289 protactinium	Te 290 thorium	Te 291 protactinium	Te 292 thorium	Te 293 protactinium	Te 294 thorium	Te 295 protactinium	Te 296 thorium	Te 297 protactinium	Te 298 thorium	Te 299 protactinium	Te 300 thorium	Te 301 protactinium	Te 302 thorium	Te 303 protactinium	Te 304 thorium	Te 305 protactinium	Te 306 thorium	Te 307 protactinium	Te 308 thorium	Te 309 protactinium	Te 310 thorium	Te 311 protactinium	Te 312 thorium	Te 313 protactinium	Te 314 thorium	Te 315 protactinium	Te 316 thorium	Te 317 protactinium	Te 318 thorium	Te 319 protactinium	Te 320 thorium	Te 321 protactinium	Te 322 thorium	Te 323 protactinium	Te 324 thorium	Te 325 protactinium	Te 326 thorium	Te 327 protactinium	Te 328 thorium	Te 329 protactinium	Te 330 thorium	Te 331 protactinium	Te 332 thorium	Te 333 protactinium	Te 334 thorium	Te 335 protactinium	Te 336 thorium	Te 337 protactinium	Te 338 thorium	Te 339 protactinium	Te 340 thorium	Te 341 protactinium	Te 342 thorium	Te 343 protactinium	Te 344 thorium	Te 345 protactinium	Te 346 thorium	Te 347 protactinium	Te 348 thorium	Te 349 protactinium	Te 350 thorium	Te 351 protactinium	Te 352 thorium	Te 353 protactinium	Te 354 thorium	Te 355 protactinium	Te 356 thorium	Te 357 protactinium	Te 358 thorium	Te 359 protactinium	Te 360 thorium	Te 361 protactinium	Te 362 thorium	Te 363 protactinium	Te 364 thorium	Te 365 protactinium	Te 366 thorium	Te 367 protactinium	Te 368 thorium	Te 369 protactinium	Te 370 thorium	Te 371 protactinium	Te 372 thorium	Te 373 protactinium	Te 374 thorium	Te 375 protactinium	Te 376 thorium	Te 377 protactinium	Te 378 thorium	Te 379 protactinium	Te 380 thorium	Te 381 protactinium	Te 382 thorium	Te 383 protactinium	Te 384 thorium	Te 385 protactinium	Te 386 thorium	Te 387 protactinium	Te 388 thorium	Te 389 protactinium	Te 390 thorium	Te 391 protactinium	Te 392 thorium	Te 393 protactinium	Te 394 thorium	Te 395 protactinium	Te 396 thorium	Te 397 protactinium	Te 398 thorium	Te 399 protactinium	Te 400 thorium	Te 401 protactinium	Te 402 thorium	Te 403 protactinium	Te 404 thorium	Te 405 protactinium	Te 406 thorium	Te 407 protactinium	Te 408 thorium	Te 409 protactinium	Te 410 thorium	Te 411 protactinium	Te 412 thorium	Te 413 protactinium	Te 414 thorium	Te 415 protactinium	Te 416 thorium	Te 417 protactinium	Te 418 thorium	Te 419 protactinium	Te 420 thorium	Te 421 protactinium	Te 422 thorium	Te 423 protactinium	Te 424 thorium	Te 425 protactinium	Te 426 thorium	Te 427 protactinium	Te 428 thorium	Te 429 protactinium	Te 430 thorium	Te 431 protactinium	Te 432 thorium	Te 433 protactinium	Te 434 thorium	Te 435 protactinium	Te 436 thorium	Te 437 protactinium	Te 438 thorium	Te 439 protactinium	Te 440 thorium	Te 441 protactinium	Te 442 thorium	Te 443 protactinium	Te 444 thorium	Te 445 protactinium	Te 446 thorium	Te 447 protactinium	Te 448 thorium	Te 449 protactinium	Te 450 thorium	Te 451 protactinium	Te 452 thorium	Te 453 protactinium	Te 454 thorium	Te 455 protactinium	Te 456 thorium	Te 457 protactinium	Te 458 thorium	Te 459 protactinium	Te 460 thorium	Te 461 protactinium	Te 462 thorium	Te 463 protactinium	Te 464 thorium	Te 465 protactinium	Te 466 thorium	Te 467 protactinium	Te 468 thorium	Te 469 protactinium	Te 470 thorium	Te 471 protactinium	Te 472 thorium	Te 473 protactinium	Te 474 thorium	Te 475 protactinium	Te 476 thorium	Te 477 protactinium	Te 478 thorium	Te 479 protactinium	Te 480 thorium	Te 481 protactinium	Te 482 thorium	Te 483 protactinium	Te 484 thorium	Te 485 protactinium	Te 486 thorium	Te 487 protactinium	Te 488 thorium	Te 489 protactinium	Te 490 thorium	Te 491 protactinium	Te 492 thorium	Te 493 protactinium	Te 494 thorium	Te 495 protactinium	Te 496 thorium	Te 497 protactinium	Te 498 thorium	Te 499 protactinium	Te 500 thorium	Te 501 protactinium	Te 502 thorium	Te 503 protactinium	Te 504 thorium	Te 505 protactinium	Te 506 thorium	Te 507 protactinium	Te 508 thorium	Te 509 protactinium	Te 510 thorium	Te 511 protactinium	Te 512 thorium	Te 513 protactinium	Te 514 thorium	Te 515 protactinium	Te 516 thorium	Te 517 protactinium	Te 518 thorium	Te 519 protactinium	Te 520 thorium	Te 521 protactinium	Te 522 thorium	Te 523 protactinium	Te 524 thorium	Te 525 protactinium	Te 526 thorium	Te 527 protactinium	Te 528 thorium	Te 529 protactinium	Te 530 thorium	Te 531 protactinium	Te 532 thorium	Te 533 protactinium	Te 534 thorium	Te 535 protactinium	Te 536 thorium	Te 537 protactinium	Te 538 thorium	Te 539 protactinium	Te 540 thorium	Te 541 protactinium	Te 542 thorium	Te 543 protactinium	Te 544 thorium	Te 545 protactinium	Te 546 thorium	Te 547 protactinium	Te 548 thorium	Te 549 protactinium	Te 550 thorium	Te 551 protactinium	Te 552 thorium	Te 553 protactinium	Te 554 thorium	Te 555 protactinium	Te 556 thorium	Te 557 protactinium	Te 558 thorium	Te 559 protactinium	Te 560 thorium	Te 561 protactinium	Te 562 thorium	Te 563 protactinium	Te 564 thorium	Te 565 protactinium	Te 566 thorium	Te 567 protactinium	Te 568 thorium	Te 569 protactinium	Te 570 thorium	Te 571 protactinium	Te 572 thorium	Te 573 protactinium	Te 574 thorium	Te 575 protactinium	Te 576 thorium	Te 577 protactinium	Te 578 thorium	Te 579 protactinium	Te 580 thorium	Te 581 protactinium	Te 582 thorium	Te 583 protactinium	Te 584 thorium	Te 585 protactinium	Te 586 thorium	Te 587 protactinium	Te 588 thorium	Te 589 protactinium	Te 590 thorium	Te 591 protactinium	Te 592 thorium	Te 593 protactinium	Te 594 thorium	Te 595 protactinium	Te 596 thorium	Te 597 protactinium	Te 598 thorium	Te 599 protactinium	Te 600 thorium	Te 601 protactinium	Te 602 thorium	Te 603 protactinium	Te 604 thorium	Te 605 protactinium	Te 606 thorium	Te 607 protactinium	Te 608 thorium	Te 609 protactinium	Te 610 thorium	Te 611 protactinium	Te 612 thorium	Te 613 protactinium	Te 614 thorium	Te 615 protactinium	Te 616 thorium	Te 617 protactinium	Te 618 thorium	Te 619 protactinium	Te 620 thorium	Te 621 protactinium	Te 622 thorium	Te 623 protactinium	Te

ตารางธาตุ (Periodic table)

จากการคณพธาตุจำนวนมาก เพื่อความสะดวกในการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ จึงได้รวบรวมธาตุต่าง ๆ เป็นหมวดหมู่ ในปัจจุบันได้จัดแบ่งธาตุตามแนวความคิดของ Mendeleev และเรียงธาตุตามเลขอะตอม (Atomic Number)

ซึ่งเป็นไปตามกฎพิริอคิด (Periodic Law) จะแบ่งธาตุออกเป็นช่วง (periods) และหมู่ (groups) ถ้าจัดเรียงธาตุตามแนวโน้มตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ เรียกว่า 群 มีทั้งหมด 7 群 และตามแนวแกนตั้ง เรียกว่า หมู่ แบ่งออกเป็น หมู่ A 8 หมู่และหมู่ B 8 หมู่ X เรียกหมู่ธาตุรีพรีเซนต์เทิฟ (Representative Elements) ได้แก่ธาตุใน s และ p blocks ระหว่างหมู่ IIA และ IIIA เป็นธาตุในหมู่ B เรียกหมู่ธาตุทรานзиชัน (Transition Elements) ได้แก่ธาตุใน d block ส่วนรับธาตุ 2 แผ่นกลางสุดของตารางธาตุ ใน群ที่ 6 เรียกว่า อนุกรมแลนทาไนด์ (Lanthanide Series) และใน群ที่ 7 เรียกว่า อนุกรรmonakid (Actinide Series) ได้แก่ธาตุใน f block



ในตารางธาตุจะมีเส้นคันบันไดแยกความเป็นโลหะและ非โลหะ โดยธาตุที่ติดอยู่กับเส้นนี้จะมีสมบัติของโลหะและ非โลหะ เรียกว่า เมตัลโลอิด (Metallioids)

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	

 = กําโลหะ

ความสัมพันธ์ของธาตุในหมู่ (group)

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

ความสัมพันธ์ของธาตุในคาบ (period)

1. จะมีจำนวนวัวเลนซ์อิเล็กตรอน (อิเล็กตรอนวงนอกสุด) เพิ่มจาก
ข่ายไปขวากองตารางธาตุ ยกเว้นธาตุทรานซิชัน
2. จะมีจำนวนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (shell) เท่ากัน
เท่ากับเลขที่ของคาบ

สมบัติของธาตุในตารางธาตุ

สมบัติทางเคมีและกายภาพของธาตุในตารางธาตุ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตาม
เลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น จะสัมพันธ์กับการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุ
ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกันเป็นช่วง ๆ สมบัติเหล่านี้ ได้แก่ ขนาดของอะตอม (Size)
พลังงานไอโอดอนเชิงขั้น (Ionization Energy) อิเล็กตรอนอฟฟินิตี้
(Electron Affinity) อิเล็กโทรเนกาติวิตี้ (Electronegativity)
จุดหลอมเหลว (Melting point) จุดเดือด (Boiling point) ความ
เป็นโลหะ-อโลหะ เป็นตน

1. ขนาดของอะตอมและไอออน

<u>ขนาดของอะตอม,</u>	<u>ในหมู่เดียวกัน</u>	เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น ขนาดของอะตอมจะใหญ่ขึ้น (เนื่องจากจำนวนระดับพลังงานเพิ่มขึ้น แม้แรงดึงดูดจากประจุบวกเพิ่มขึ้นแต่ไม่พออย)
	<u>ในความเดียวกัน</u>	ขนาดของอะตอมจะเล็กลงจากซ้ายไปขวา (เนื่องจากจำนวนระดับของพลังงานเท่ากัน แม้ประจุบวกที่นิวเคลียสเพิ่มขึ้นแรงดึงดูดมากขึ้น)
<u>ขนาดไอออน,</u>	<u>ไอออนบวก</u>	ขนาดของไอออนบวกของธาตุเดียวกัน จะมีขนาดเล็กกว่าอะตอมที่เป็นกลาง (เพราะว่าจำนวนอิเล็กตรอนลดลงแต่จำนวนโปรตอนคงเดิม ทำให้แรงดึงดูดเพิ่มขึ้น)
	<u>ในหมู่เดียวกัน</u>	ขนาดของไอออนบวกจะมีขนาดใหญ่จากบนลงล่าง
	<u>ในความเดียวกัน</u>	ขนาดของไอออนบวกจะมีขนาดใหญ่จากซ้ายไปขวา
	<u>ไอออนลบ</u>	ขนาดของไอออนลบ จะมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมที่เป็นกลาง (เพราะว่าจำนวนโปรตอนคงเดิม แต่จำนวนอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น แรงดึงดูดน้อยลง)

ในหมู่เดียวกัน ขนาดของไอออนลบ จะมีขนาดใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง

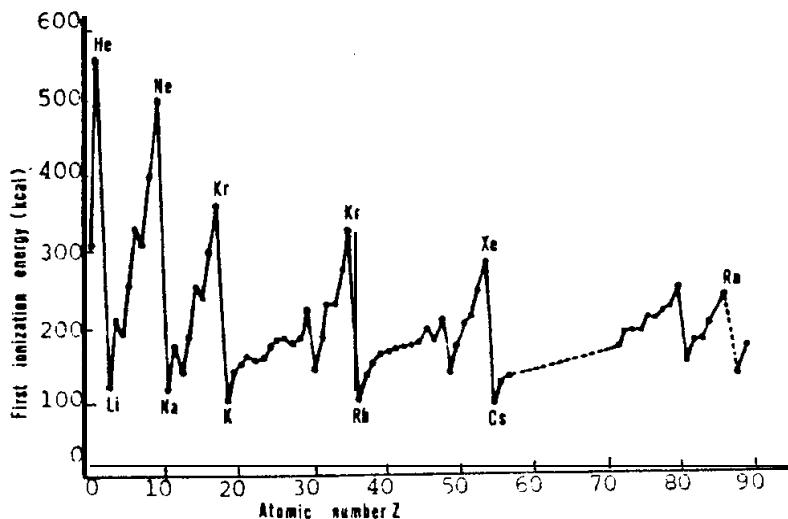
ในความเดียวกัน ขนาดของไอออนลบจะมีขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา

ในกรณีที่ไอออนมีจำนวนคงต่อหน้ากัน เช่น O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} ต่างก็มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน 10 ตัว ขนาดของไอออนจะขึ้นกับจำนวนโปรตرونที่นิวเคลียส)

2. พลังงานไอօนในเชื้อ

หมายถึง พลังงานที่ต้องใช้ในการดึงอิเล็กตรอน 1 ตัว ในระดับพัฒนาของสุค ซึ่งจะเป็นอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงสุด ให้หลุดออกจากอะตอม ซึ่งค่าของพลังงานที่ใช้จะขึ้นอยู่กับ ประจุไฟฟ้าที่นิวเคลียส, ขนาดของอะตอม ค่าพลังงานไอօนในเชื้อ จะบอกให้ทราบว่า ธาตุดัง ๆ จะมีความ望วิวัฒน์ในปฏิกิริยาเพียงใด ธาตุใดมีค่าพลังงานไอօนในเชื้อต่ำ ก็จะเป็นธาตุที่วงศิริ

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไออ่อนในเชิงขั้นที่ 1 กับเลขอะตอม



$$1 \text{ กิโลแคลอรี} = 1 \text{ กิโลจูล}$$

ในหมู่เดียวกัน

พลังงานไออ่อนในเชิง มีค่าลดลงจากบนลงล่าง (เพราะว่าจำนวนระดับพลังงานมีมากขึ้น อิเล็กตรอนตัวนอกสุดถูกดึงดูดโดยประจุบวกที่นิวเคลียส้อยลง อิเล็กตรอนจึงหลุดได้ง่าย)

ในความเดียวกัน

พลังงานไออ่อนในเชิง จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา (เพราะว่าขนาดของอะตอมเล็กลงตามลำดับ อิเล็กตรอนที่วงนอกสุดถูกดึงดูดโดยประจุบวกที่นิวเคลียสมากกว่า)

3. ค่าอิเล็กตรอนอพพนธ์

คือพลังงานที่คายออกมานៅอะตอมรับอิเล็กตรอน แล้วถ้ายเป็นไออ่อนลบ เป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถในการยึดอิเล็กตรอนของอะตอม อะตอมของธาตุใดมีค่าพลังงานนี้สูง ก็จะถูกยึดเป็นไออ่อนลบได้มาก

ในหมู่เดียวกัน

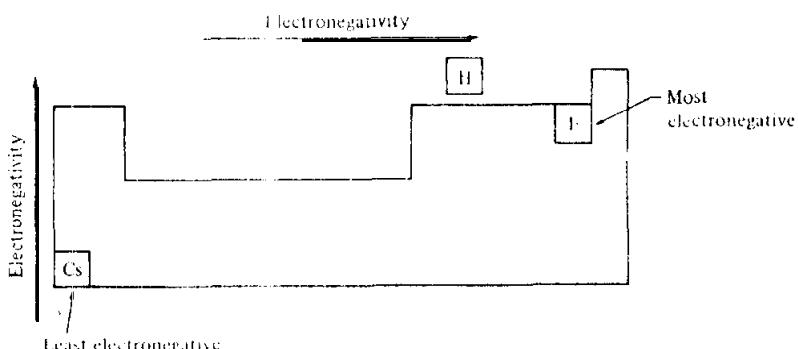
ค่าอิเล็กตรอนอพพนธ์จะมีค่าลดลงจากบนลงล่าง (เพราะจำนวนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น ขนาดของอะตอมใหญ่ขึ้น แรงดึงดูดจากนิวเคลียสต่ออิเล็กตรอนนั้นก็จะน้อยลง) หรือ อิเล็กตรอนที่จะเข้าไปมีน้อยลง

ในการเดียวกัน

ค่าอิเล็กตรอนอพพนธ์จะเพิ่มจากซ้ายไปขวา (เพราะขนาดของอะตอมมีขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา โปรดทราบที่นิวเคลียสสิ่งตั้งดูอิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่ได้ดี)

4. ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี้

หมายถึง ความสามารถในการหักอะตอมของธาตุในสารประกอบจะหักอิเล็กตรอนคู่ที่เกิดพันธะเข้าหาอะตอมได้ดีเพียงใด



<u>ในหมู่เดียวกัน</u>	ค่าอิเล็กโตรเนก้าตีวีที่จะลดลงจากบนลงล่าง (เพราะขนาดของอะตอมใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง)
<u>ในความเดียวกัน</u>	ค่าอิเล็กโตรเนก้าตีวีที่จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา (เพราะขนาดของอะตอมเล็กลงจากซ้ายไปขวา)

5. ความเป็นโลหะและไม่เป็นโลหะของธาตุ

<u>ในหมู่เดียวกัน</u>	ความเป็นโลหะของธาตุจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่างหรือความเป็นไม่เป็นโลหะของธาตุจะลดลงจากบนลงล่าง
<u>ในความเดียวกัน</u>	ความเป็นโลหะของธาตุจะลดลงจากซ้ายไปขวา หรือ ความเป็นไม่เป็นโลหะของธาตุจะเพิ่มจากซ้ายไปขวา สำหรับธาตุเจือย คือ ธาตุในหมู่ VIII A มี 6 ตัว คือ He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn เป็นอะตอมเดียว ๆ เพราะอะตอมมีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบร 8 ตัว ยกเว้น He

สมบัติทางประการของธาตุเอนโธม ดังตาราง

สมบัติของธาตุ	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
เลขอะตอม	2	10	18	36	54	86
รัศมีอะตอม (pm)	93	112	154	169	190	220
อุณหภูมิ (-°C)	-268.9	-246	-185.8	-152	-108.0	-61.8
จุดหลอมเหลว (-°C)	-269.7	-248.6	-189.4	-157.3	-111.9	-71
ผลิตงานไอโซโนในเข็มขัน ชนิด 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 ไอล็อก ในเขี้ยวนและค่าอิเล็กตรอนอพพินิตีต่ำ จะมีค่าอิเล็ก-
- โตรเนก้าติวีตีเป็นอย่างไร (อธิบาย)

.....*

.....*

.....

.....

2. จงเขียนลูกศรแสดงคงแหนวน์ ของสมบัติค่าง ๆ ของธาตุที่กำหนดให้ลงในตาราง
ด้านไปนี้

2. 1	ธาตุ	พลังงานไอออกอินเซชัน	รัศมีของอะตอม	จุดเดือด	จุดหลอมเหลว
	He				
	Ne				
	Ar				
	Kr				
	Xe				
	Rn				

2. 2	ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไอออกอินเซชัน	อิเล็กโทรเนกติกวิตี้	รัศมีอะตอม
	Li					
	Na					
	K					
	Rb					
	CS					

2. 3	ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไอออกอินเซชัน	อิเล็กโทรเนกติกวิตี้	รัศมีอะตอม
	Be					
	Mg					
	Ca					
	Sr					
	Ba					
	Ra					

2.4	ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไออกอในเข็มัน	อิเล็กโทร เนก้าทีวีตี	รัศมีอ่องตอน
	F					
	Cl					
	Br					
	I					

2.5	ธาตุ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด	พลังงานไออกอในเข็มัน	อิเล็กโทร เนก้าทีวีตี	รัศมีอ่องตอน
	O					
	S					
	Se					
	Te					
	Po					

3. ธาตุ X เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ไม่ทำปฏิกิริยากับบัน้ำหรือกรด สามารถรวมกับออกซิเจนเป็นออกไซด์ละลายน้ำได้คือเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง ธาตุ X ควรจะอยู่ในหมู่ใดของตารางธาตุ เพราะเหตุใด
-
-
-
-

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

ธาตุ Y ควรอยู่ในหมู่ใดของตารางธาตุ และมีสมบัติอย่างไร

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

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

ไออ่อนของอะตอมใดมีขนาดเล็กที่สุด 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
กลาบที่ 2	A	B	C	D	E	F	G	H
กลาบที่ 3	I	J	K	L	M	N	O	P

7.1 สารประกอบระหว่าง K กับ F ควรมีสูตรเป็นอย่างไร

.....
7.2 ธาตุ J กับธาตุ G รวมตัวกัน สูตรเคมีของสารประกอบคือ

.....
7.3 ธาตุตัวใดบ้างที่มีสมบัติเป็นโลหะ และตัวใดเป็นอโลหะ

โลหะ :

อโลหะ :

การทดลองที่ 2

เรื่อง โครงสร้างผลึก (Crystal Structure)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การจัดระบบของผลึกเบื้องต้น
2. ความแตกต่างของชนิดโครงสร้างของผลึก
3. การจัดโครงสร้างผลึกแบบทึบที่สุด คือ แบบ ccp และ hcp
4. การคำนวณหาปริมาตรห้องก้นที่และห่วงในหน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกแต่ละแบบ
5. การหาจำนวนโคออดิเนชันมเบอร์ของธาตุ
6. โครงสร้างผลึกของเกลือแร่

โครงสร้างผลึก (Crystal Structure)

ในสารประกอบที่เป็นของแข็ง อนุภาคจะอยู่กันอย่างมีระเบียบและแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลก็มีค่ามาก ซึ่งจะแตกต่างไปจากแกสและของเหลวในสารประกอบของแข็งซึ่งมีความแข็งและมีรูปทรงทางเรขาคณิตที่แน่นอน เรียกว่า Crystalline Solids การจัดเรียงตัวของโครงสร้างภายในของของแข็ง หรือผลึกของสารต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน ทำให้สารต่าง ๆ มีสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็ง-ความ佩ราะ การละลาย การนำไฟฟ้า การหักเหของแสงฯลฯ แตกต่างกันไป ในลักษณะของผลึก เราจะมาพิจารณาในเหตุของหน่วยเซลล์ (Unit Cell) ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของผลึก จะใช้เป็นตัวแทน แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของอนุภาคในผลึกนั้น ๆ โดยแต่ละหน่วยจะเหมือนกันหมด เมื่อเราคำนวณมาต่อ กันใน 3 มิติ จะได้ผลึกของสารนั้น

ในการจัดระบบของผลึก จะอาศัยมุนระบะห่วงแกนและความยาวของแกน หรือค่านของหน่วยเซลล์ ซึ่งจะอยู่ตามแกน 3 แกน (x , y , z) ซึ่งตั้งจากกัน และมุนจะเกิดจากค่านของหน่วยเซลล์มาบรรจบกัน เป็นมุนของโครงผลึก ในการเกิดเป็นโครงผลึก (Crystal lattices) อนุภาคจะมีโอกาสบรรจุในหน่วยเซลล์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ทำให้เกิดโครงสร้างโครงผลึกมากมายหลายแบบดังนี้

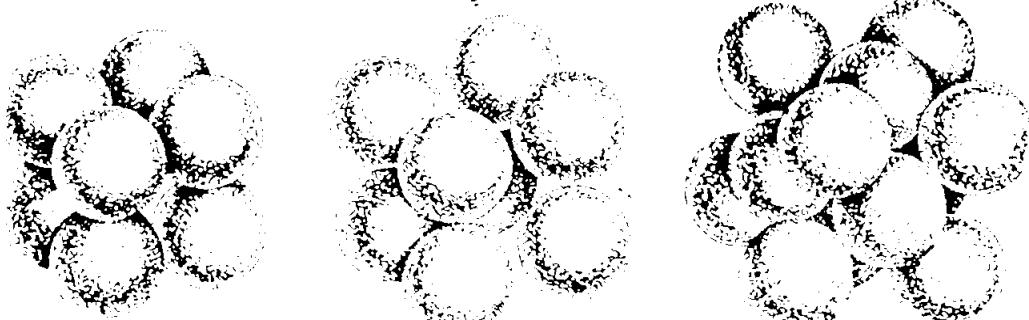
1. simple lattice จะมีอนุภาคอยู่เฉพาะตรงมุนของหน่วยเซลล์
2. body-centered lattice จะมีอนุภาคอยู่ที่มุนของหน่วยเซลล์ และมีอนุภาคอีกหนึ่งอยู่ที่ศูนย์กลางของหน่วยเซลล์
3. face-centered lattice จะมีอนุภาคอยู่ที่มุนของหน่วยเซลล์และมีอนุภาคอยู่กึ่งกลางของหน่วยเซลล์
4. end-centered lattice จะมีอนุภาคอยู่ที่มุนและอยู่กึ่งกลางของด้านเพียง 2 ด้านที่อยู่ตรงข้าม

ผลึกที่มีลักษณะภายนอกเป็นรูปลูกบาศก์ (cubic), เตตราหีดรอยน (tetrahedral) และออยกตระหีดรอยน (octahedral) หง�数คนดีกว่าอยู่ในระบบลูกบาศก์ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างแบบอื่น ๆ อีกมากมาย ที่นำมาใช้อธิบายโครงสร้างผลึกของอะตอม แต่จะยุบยกมา กันนี้

สิ่งสำคัญที่จะบอกความแตกต่างชนิดโครงสร้างของผลึก ก็คือ ประสิทธิภาพในการบรรจุจำนวนอะตอมลงในหน่วยเซลล์ ปริมาตรที่ลูกครอบครองหรือปริมาตรที่ว่าง (void volume) ที่เหลือจะเป็นการวัดประสิทธิภาพในการบรรจุ (packing efficiency) ซึ่งสามารถคำนวณจากการเดิมอนุภาคกับค่าปริมาตรที่ว่าง โดยปริมาตรที่ลูกครอบครองจะคำนวณได้จากปริมาตรของลูกปิงปองที่ใช้แทนอะตอม ปริมาตรหง�数ของหน่วยเซลล์ (รวมของส่วนที่ลูกครอบครองโดยอะตอมและที่ว่าง) ได้จากการคำนวณหาปริมาตรของรูปลูกบาศก์

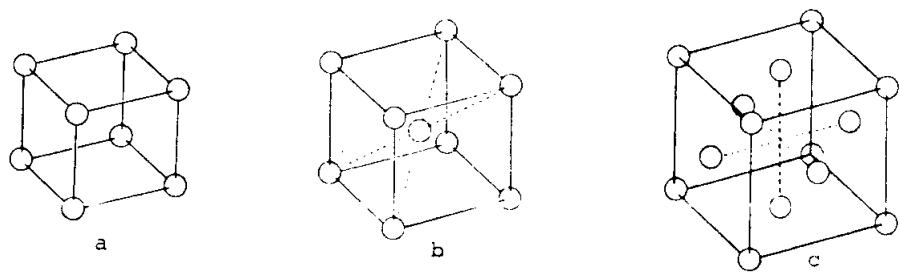
ในการทดลองนี้ เราจะศึกษาเฉพาะพากโครงผลึก ซึ่งมีการจัดเรียงโครงสร้างทางเรขาคณิตแบบง่าย ๆ ดังรูป

Cubic Crystal Lattices

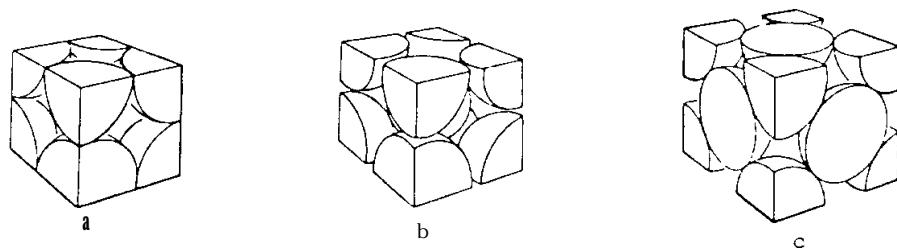


a. Simple cubic b. Body-centered cubic c. Face-centered cubic

รูปที่ 3.1 หน่วยเซลล์ที่แสดงรูปทรงทางเรขาคณิต



รูปที่ 3.2 หน่วยเซลล์ที่แสดงในโครงสร้างรูปลูกบาศก์
แสดงตำแหน่งของลูกปิงปองตามจุดต่าง ๆ



รูปที่ 3.3 หน่วยเซลล์ที่แสดงการบรรจุอะตอมที่แห้งริบในหน่วยเซลล์

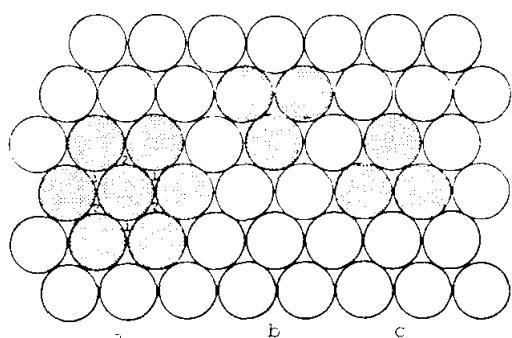
การเรียงตัวของลูกปิงปอง (แทนอะตอม) ในรูปที่ 3.1 สามารถแสดงให้เห็นได้ง่ายและชัดเจนขึ้นในรูปที่ 3.2 ในรูป 3.3 แสดงหน่วยเซลล์ที่แท้จริง ซึ่งในธรรมชาติจะไม่มี (เศษส่วนของอะตอมที่อยู่ตรงมุม, ด้าน หรือ ผิวนานของหน่วยเซลล์ แสดงในหน่วยเซลล์)

เราจะเริ่มศึกษาที่ simple cubic structure ในโครงสร้างแบบนี้จะมีห่วงมาก มีจำนวนอนุภาคอยู่ ตัวอย่างธาตุที่มีการจัดตัวแบบ body-centered cubic structure เช่น แบเรียม (Ba), ซีเซียม (Cs), โคโรเมียม (Cr), เหล็ก (Fe), โซเดียม (Na) และ ส่วนใหญ่จะเป็นธาตุหมู่ IA ส่วนธาตุที่มีการจัดเรียงตัวแบบ face-centered cubic structure เช่น อะลูมิเนียม (Al), แคลเซียม (Ca), คوبเบอร์ (Cu) ทอง (Au), ตะกั่ว (Pb), เงิน (Ag) และฯ

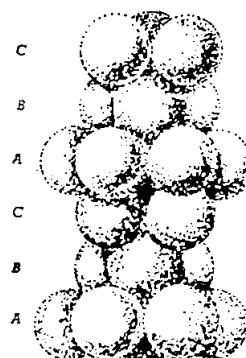
ในโครงสร้างลูกปิงปอง ประสิทธิภาพของการบรรจุอนุภาคใน face-centered cubic จะมากกว่า body-centered cubic และมากกว่า simple cubic structure สำหรับเหมือน "closet packing" หมายถึงการที่จะจัดเรียงอนุภาค (ในกรณีคือลูกปิงปอง) ลงในที่ว่างในหน่วยเซลล์อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือมีจำนวนอนุภาคที่จะอยู่ชิดกันได้มากที่สุดของแต่ละอนุภาคที่อยู่ในโครงสร้างของหน่วยเซลล์ซึ่ง เรียกว่า โภอคิเนชันนัมเบอร์ (co-ordination number) ในการจัดเรียงตัวของอนุภาคในโครงสร้างแบบ closet packing ของพากโครงสร้างแบบสามัญ มี 2 แบบ คือ

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

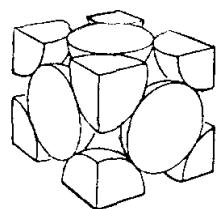
ตั้งแสดงในรูป 3-4 และ 3-5



{ Layer A } { Layer B } { Layer C }
(darkened) (darkened) (darkened)

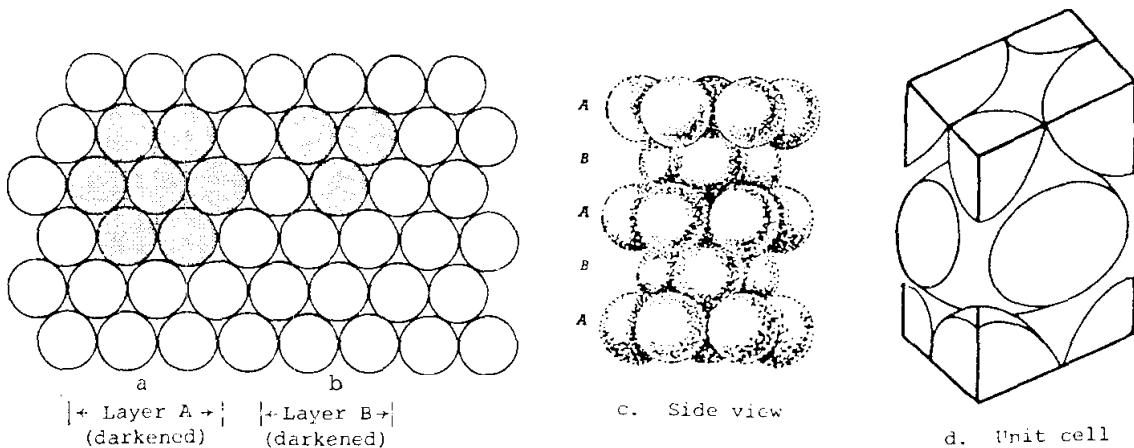


d. Side view



e. Unit cell

รูปที่ 3-4 Cubic closest packing (ccp)



รูปที่ 3-5 Hexagonal close packed (hcp)

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

ใน ccp พิจารณาจากรูป 3-4

จะวางลูกปิงปองในชั้น B ในทรงของทรีโธ (hole) หมายเลข 1

ในชั้น A และชั้น C โดยลูกปิงปองในชั้นนี้จะอยู่บนรูหมายเลข 2 ของชั้น A จะได้โครงสร้างที่มีการจัดเรียงคังนี้ ABCABCABC...

(คังรูป)

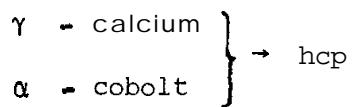
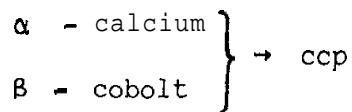
ใน hcp

พิจารณาจากรูป 3-5

จะประกอบด้วย 2 ขั้น คือ ขั้น A และขั้น B โดยลูกปิงปองใน
ขั้น B จะวางบนรูหมายเลข 1 ของขั้น A จะໄດ້ໂຄງສරັງທີ່ມີການ
ຈັດເຮືອງຕົ້ນນີ້ ABABAB..... (ດັ່ງຮູບ)

ຊື່ເຮົາສາມາດຈະເປີ່ມການຈັດເຮືອງຕົ້ນຂອງລູກປິ່ງປອງໃນໂຄງສරັງ
hcp ໄປເປີ່ມຢັນ ccp ໄດ້ໃນຫຼອນປົງປັບປຸງ

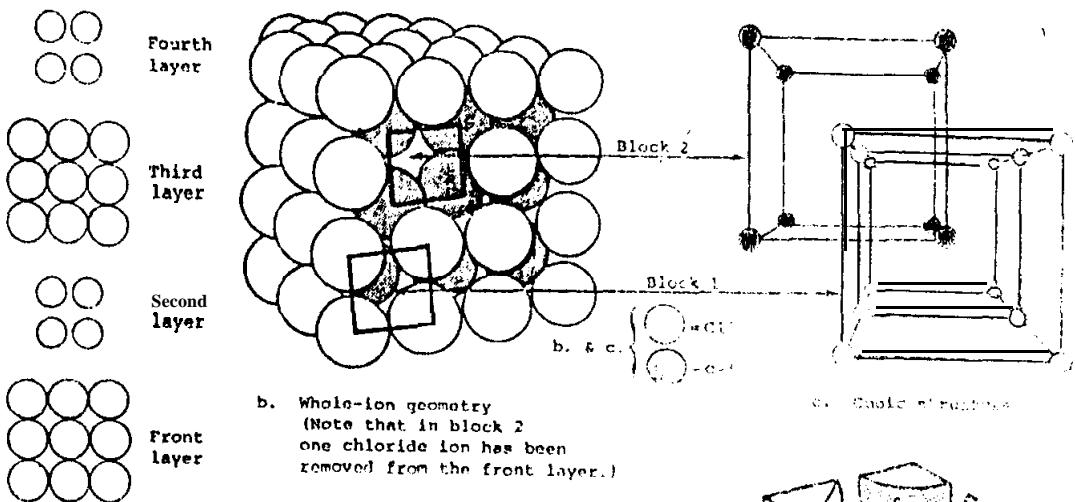
ສໍາຮັບໃນການຈັດໂຄງສරັງແນບທີ່ສຸດ ແນບອື່ນ ๆ ໃນຫຼອນປົງປັບປຸງການ
ອາຈຈະຈັດເປັນແນບ ABACABAC..... ທີ່ເປີ່ມຢັນເປັນຕຳແໜ່ງອື່ນ ๆ ຕ້ວອຍໆ
ທາງທີ່ມີການຈັດເຮືອງຕົ້ນແນບ hcp ເຊັ່ນ ແມຣີເລີ້ມ (Be), ແຄດເມີ່ຍມ (Cd),
ໂຄບອລຕ໌ (Co), ແມກນີ້ເຂີ່ຍມ (Mg), ທີ່ຫາເນີ້ຍມ (Ti) ແລະ ສັງກະລີ້ (Zn)
ແຕ່ໂດຍຫົວໆ ໄປ ການຈັດເຮືອງຕົ້ນອາຈມີມາກວ່າ 1 ແນບ ຊຶ່ງການນອກຄວາມແຕກຕາງ
ຈະໃຫ້ອັກໜຽກຮູບແນນ ອື່ນ α , β ເຊັ່ນ



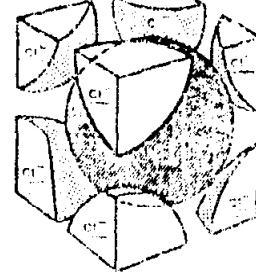
ผลึกของเกลืออนิทรีย์อย่างง่าย ๆ

จากการจัดเรียงตัวของ ไอออนบวก (positive ion) และไอออนลบ (negative ion) สลับกันในโครงสร้าง ซึ่งจะจัดให้มีระยะระหว่างไอออนที่มีประจุตรงข้ามกันที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดแรงคึ่งดูดมากที่สุดและมีการป้องกัน (shield) ของประจุที่เมื่อนกันมากที่สุด การจัดเรียงตัวของไอออนเหล่านี้โดยการพิจารณาในแรงดึงดูด แรงดึงพล็อกก์เพื่อให้โครงสร้างที่เสถียรที่สุด ในโครงสร้างพล็อกของธาตุแต่ละอะตอมจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกันเนื่องจากมีขนาดเท่ากัน ส่วนในสารประกอบ ไอออนิก (ionic compound) ขนาดของไอออนบวกโดยทั่วไปมักจะเล็กกว่าขนาดของไอออนลบ ถ้าหากว่าขนาดต่างกันเพียงเล็กน้อย แบบของโครงสร้างพล็อกก์จะไม่แตกต่างจากที่กล่าวมา แต่ถ้ามีขนาดของไอออนแตกต่างกันมาก ไอออนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะครอบครองปริมาตรในที่ว่างมาก ซึ่งจะมีผลต่อแบบของโครงสร้าง (lattice pattern) ที่ไอออนที่มีขนาดเล็กกว่าจะเข้าไปอยู่ในที่ว่างระหว่างอะตอมที่มีขนาดใหญ่ เพราะว่าอะตอมไม่ได้มีขนาดเดียวกันและไม่ได้อยู่ในลักษณะที่ใกล้กันที่สุด เพราะฉะนั้นในกรณีสารประกอบของเกลือไอออนิก จึงไม่นิยมกล่าวในเหมือน closet packing.

ลองพิจารณาในกรณี Cs^+ ion ซึ่งมีรัศมีของไอออนเท่ากับ 0.169 nm และ Cl^- ion ซึ่งมีรัศมีของไอออนเท่ากับ 0.181 nm จะเห็นว่ารัศมีของไอออนมีความต่างกัน 0.012 nm โครงสร้างของ CsCl ที่ได้ดังแสดงในรูป 3-6 จะแสดงรายละเอียดของโครงสร้าง CsCl ออกเป็น 3 แบบดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับโมเดลของ body-centered cubic (แทรมิง ๆ และไม่ใช่ bcc)



a. Layers of ions
(Note that layers 2 and 4 are hidden except at block 2 where a chloride ion has been removed.)



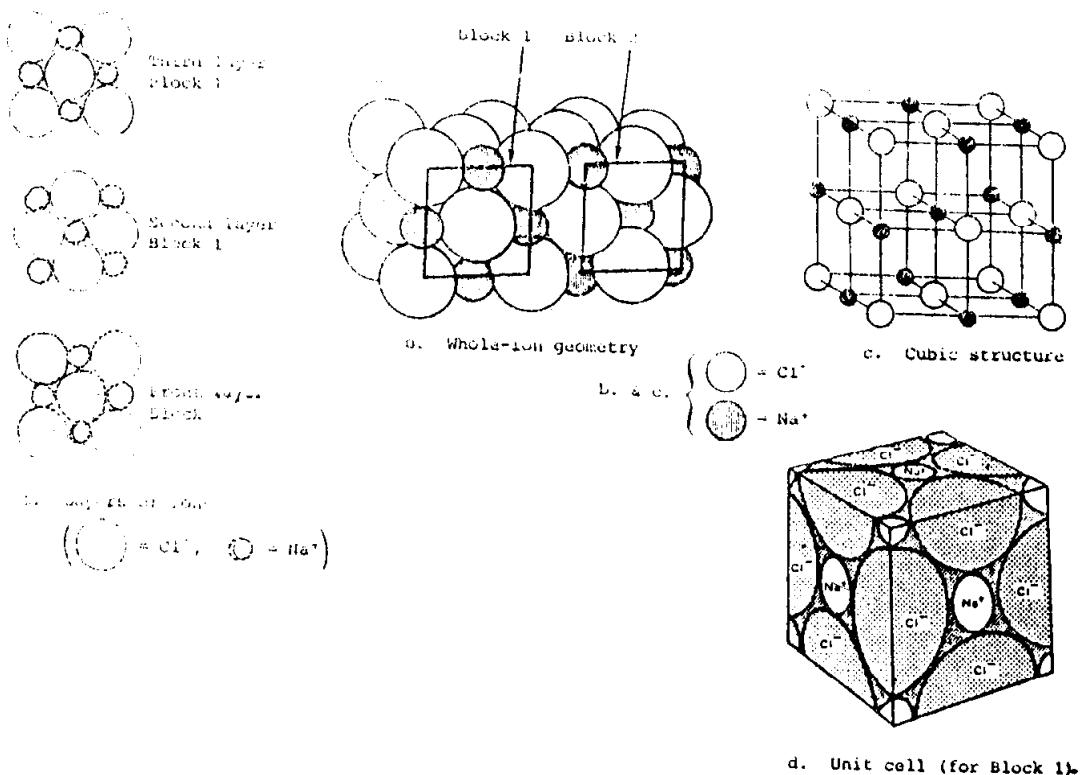
d. Unit cell (for block 1)

3-6 Cesium Chloride ionic lattice

เพรัวว่าไออุนหอยค้ำแนงทรงกลางแทกตางไปจากไออุนหอยทรงมุน แต่เเม้หนวยเชลลแบบลูกบาศก์ ชึ่งแสดงในรูป (Block 1) ชึ่งจะอยูชั้นหนา (front layer) ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 สามารถเปรียบเทียบกับ body-centered cubic โดยมี Cl^- ไออุนที่มุนและ Cs^+ ไออุนอยูทรงกลาง สำหรับหนวยเชลใน block 2 จะอยูในชั้นที่ 2, 3 และ 4 ของไออุนคลาย body-centered cubic แต่สลับกันโดยจะมี Cs^+ ไออุนอยูที่มุนและทรงกลางเป็น Cl^- ไออุน โดยแต่ละหนวยเชลจะมีโคลอเดินชั้นนัมเบอร์เทากัน 8 และมือตราช่วงของ $\text{Cs} : \text{Cl} = 1:1$

พิจารณา Li^+ ไออุน ($r = 0.060 \text{ nm}$) และ Na^+ ไออุน ($r = 0.095 \text{ nm}$) เทียบกับ Cl^- ไออุน ($r = 0.181 \text{ nm}$) ชึ่งจะเห็นวามีค่าแทกตางกันมากในโครงผลึกของ LiCl Cl^- ไออุนที่มีขนาดใหญกว่าจะจัดโครงผลึกแบบ face-centered cubic lattice โดยมี Li^+ ไออุนที่มีขนาดเล็กกว่าจะเข้าไปอยูในรูปโครงผลึกได้ ส่วน Na^+ ไออุน ชึ่งมีขนาดใหญกว่าจะไม่สามารถเข้าไปอยูในที่ว่างของโครงผลึกของ Cl^- ไออุนได้ ดังนั้นโครงผลึกของ Cl^- ไออุน ดังรูป (3-7) block 1 จะมีการขยายตัวเล็กน้อย เพราะฉะนั้นถ้าเลือก block 2 เป็นแบบของหนวยเชลล จะมี Na^+ ไออุนจัดโครงผลึกเป็นแบบ face-centered cubic lattice ในการจะเลือกว่าจะเป็นแบบ block 1 หรือ block 2 จะถูกกำหนดโดยไออุนที่อยูทรงมุน, ขอบหรือผิวน้ำของจุดกึ่งกลางของโครงผลึกในหนวยเชล ในเกลือจริง ๆ จะมีห้องสองโครงผลึกอยู่รวมกันแหรอกันอยู ดังนั้นจะมี Na^+ ไออุนอยูด้วยจาก Cl^- ion ในแต่ละจุดในโครงผลึกของเกลือ ในโครงสร้างรวม แต่ Na^+ ไออุน จะมี Cl^- ไออุน 6 ตัวอยูใกล้ชิดที่สุด และ Cl^- ไออุนก็จะมี Na^+ ไออุน 6 ตัวเช่นเดียวกัน ดังนั้น

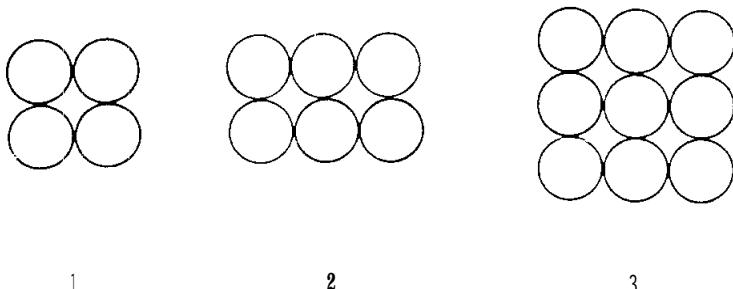
โภคอดีนเน้นมเนอร์ของ Na^+ , Cl^- เท่ากับ 6 โดยอัตราส่วนของ Na^+ : $\text{Cl}^- = 1:1$
 โครงสร้างแบบ NaCl จะใช้เป็นแม่แบบของโครงผลึกแบบง่าย จะพบมากในสาร
 ประกอบการ์ไนน์, คลอไรค์, พลูอิโอไรค์, ไฮไครน์ และออกไซด์



รูปที่ 3-7 Sodium Chloride ionic lattice

การทดลอง 1. Simple Cubic Lattice

ในการทดลองนี้ เราจะใช้ลูกปิงปองเป็นแบบจำลองของอนุภาค (อะตอม และไอโอดิน) โดยนำลูกปิงปองมาติดกันเป็นแพดังรูป



รูป 3-8 ขั้นตอนอะตอมใน simple cubic lattice

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

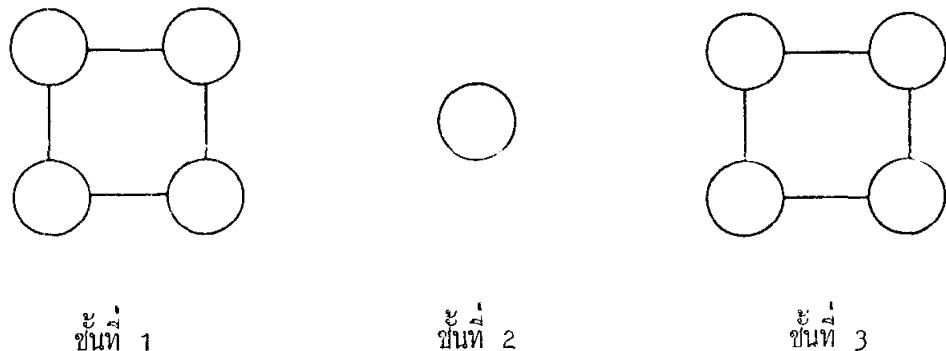
เราจะได้รูปลูกบาศก์ที่ประกอบด้วย 8 หน่วยเชลล์ (ใช้ลูกปิงปองหงหงด 27 ลูก)

- พิจารณาในหนึ่งหน่วยเชลล์ ให้วัดความยาวจากจุดกึ่งกลางของลูกปิงปองไปยังจุดกึ่งกลางของลูกปิงปองที่ติดกัน บันทึกผลการทดลอง (สมมุติยาว a วัดในเทอมของรัศมีทรงกลม, r)
(จะใช้รัศมี = r แทน เนื่องจากอะตอมแต่ละชนิด จะมีรัศมีของโครงสร้างอะตอมแตกต่างกัน)

2. คำนวณหาปริมาตรหง�数ของหน่วยเซลล์ในเทอมของ r
3. พิจารณาห้องโมเดล ถูกปิงปองที่อยู่สูก็ถูกดึงกลางของลูกปิงปองหง 27 ลูก บันทึกเศษส่วน (fraction) ของลูกปิงปองที่วางอยู่ในสภาพแวดล้อมด้วยลูกปิงปอง 8 ลูก
4. ในสังเกตว่า ลูกปิงปองแต่ละลูกที่อยู่ตรงมุมของหน่วยเซลล์รูปลูกบาศก์ จะมีเศษส่วนของลูกปิงปองเท่ากับเศษส่วนของลูกปิงปองที่อยู่ในหน่วยเซลล์ ตามว่า จะมีลูกปิงปองกี่ลูกที่มีลักษณะเช่นเดียวกันนี้ใน simple cubic unit cell
5. คำนวณและบันทึกปริมาตรของลูกปิงปองในหน่วยเซลล์ในเทอมของรัศมี, r โดยใช้สูตร $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
6. คำนวณหาปริมาตรของห้วง (Void Volume) โดยใช้ปริมาตรหง�数ของลูกปิงปอง ในเทอมของรัศมี
7. คำนวณหาเบอร์ เช่นที่ของปริมาตรหงูกรอบกรองโดยลูกปิงปองและห้วงในหน่วยเซลล์ (แสดงการคำนวณ)
8. บอกจำนวนโคลออดีเนชันเนอร์ของธาตุที่จัดเรียงตัวแบบ simple cubic lattice
9. บันทึกขอ้อมูลลงในตารางบันทึกผล

2. Body-centered cubic lattice

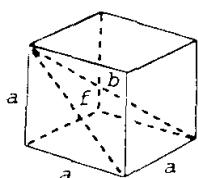
จัดเรียงลูกปิงปองดังรูป โดยให้มีที่ว่างระหว่างลูกปิงปอง



รูปที่ 3-9 ขั้นของอะตอมใน body-centered cubic lattice

เดิมลูกปิงปอง 1 ลูกลงบนขั้นที่ 1 และวางขั้นที่ 3 ให้ลูกปิงปองแต่ละลูกตรงกับลูกปิงปองในขั้นที่ 1 จะสังเกตเห็นว่า ลูกปิงปองจะสัมผัสกันตามเส้นทางแนวนอน การหาความยาวของด้านของลูกบาศก์ จะใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและข้อมูลจากเส้นทางแนวนอนของรูปลูกบาศก์

(ในตัวอย่างการคำนวณข้างล่าง ระยะทางที่ทำการวัด จะเป็นการวัดระหว่างจุดกึ่งกลางของปิงปองแต่ละลูก)



พิจารณาลูกบาศก์ ซึ่งมีความยาวของด้านเท่ากับ a เส้นทางแนวนอนของแต่ละด้าน

เท่ากับ b และ เส้นทางยาวมุมของรูปลูกบาศก์เท่ากับ f
 ความสัมพันธ์ของในนี้ได้จากทฤษฎีของ Pythagorean
 พิจารณาในรูปสามเหลี่ยม bfa

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

พิจารณาในรูปสามเหลี่ยม faa

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

แทนค่าสมการที่ 2 ลงในสมการที่

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

1. คำนวณและบันทึกความยาวของเส้นทางยาวมุม, b ในเทอมของรัศมี, r
2. จากความสัมพันธ์ $b^2 = 3a^2$ ให้คำนวณและบันทึกความยาวของค้าน, a ในเทอมของรัศมี, r
3. คำนวณและบันทึกปริมาตรห้องหมกของหน่วยเชลล์ในเทอมของรัศมี, r
4. คำนวณและบันทึกจำนวนลูกปิงปองที่มีในหนึ่งหน่วยเชลล์
 (ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 ตอน 1 และใช้โน้ตเดล 3-3 (b))
5. คำนวณและบันทึกปริมาตรห้องหมกของลูกปิงปองจากข้อ 4
6. คำนวณและบันทึกปริมาตรห้วง (Void Volume) ในเทอมของรัศมี, r
7. คำนวณเปอร์เซนต์ของปริมาตรห้องหมกของด้วยลูกปิงปอง และห้วงในหน่วยเชลล์

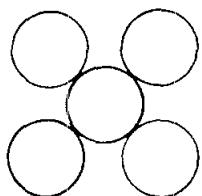
8. โครงดินเน้นนัมเบอร์ของอนุภาคแต่ละตัวที่มีโครงผลึกแบบ

body-centered cubic lattice

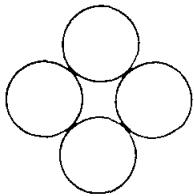
9. บันทึกผลลัพธ์ในตาราง 3.10

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

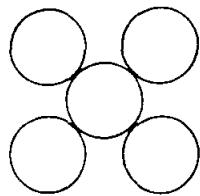
จัดเรียงชั้นของอนุภาคค้างรูป



ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3

รูปที่ 3-10 แสดงชั้นของอนุภาคใน face-centered cubic lattice

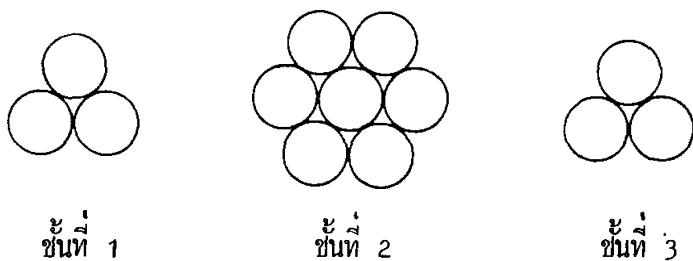
วางชั้นที่ 2 ลงบนชั้นที่ 1 โดยให้ตำแหน่งของวงกลางอยู่ตรงกับลูกปิงปองที่อยู่ตรงกลางในชั้นที่ 1 และจะทำให้ลูกปิงปองทั้ง 4 ลูก ในชั้นที่ 2 จะอยู่ระหว่างลูกปิงปองแต่ละลูกในชั้นที่ 1 วางชั้นที่ 3 ให้ตรงกับชั้นที่ 1

1. คำนวณและบันทึกปริมาตรห้องทรงดodecahedron ในเทอมของรัศมี, r
2. คำนวณและบันทึกจำนวนลูกปิงปองที่บรรจุในทรงหนวยเชลล์

3. คำนวณและบันทึกปริมาตรของลูกปิงปองจากข้อ 2
4. คำนวณและบันทึกปริมาตรที่ว่าง (void volume) ในหน่วยเซลล์ในเทอมของรัศมี, r
5. คำนวณหาเบอร์เซนต์ของปริมาตรที่ถูกครอบครองโดยลูกปิงปอง และที่ว่างในหน่วยเซลล์
6. จำนวนโกรอดีในชั้นมเนียมเบอร์ของแทลล์อะคอมในโครงสร้างแบบนี้
7. บันทึกผลลงในตาราง 3.10

4. Hexagonal Closet Packing (hcp) Lattice

การจัดเรียงตัวของอนุภาคในหน่วยเซลล์เพื่อให้มีโกรอดีในชั้นมเนียมเบอร์สูงสุด เรียกว่า "closet packing"



รูปที่ 3.11 แสดงชั้นแทลล์ห้าใน hexagonal closet packing (hcp)

วางแผนที่ 1 โดยให้จุดยอดของรูปสามเหลี่ยมหันมาทางตัวเรา (ดังรูป) และวางแผนที่ 2 โดยให้ลูกปิงปองตรงกลางอยู่ตรงตำแหน่งรูตรงกลางของแผนที่ 1 ทองแน่ใจว่า ลูกปิงปองแทลล์ลูกในแผนที่ 1 สัมผัสนับลูกปิงปอง 3 ลูกในแผนที่ 2 วางแผนที่ 3 ให้ลูกปิงปอง

แต่ละลูกทรงกับลูกปิงปองในขั้นที่ 1

พิจารณาในโครงสร้าง จะเป็นการจัดตัวแบบ ABABAB..... พิจารณา ในขั้นที่ 1 ลูกปิงปองที่อยู่ตรงกลาง จะสัมผัสกับลูกปิงปองอีก 6 ลูกในขั้นเดียวกัน และสัมผัสอีก 3 ลูก ซึ่งจะอยู่ชั้นบนและชั้นล่างรวมทั้งหมด 12 ลูก ในท่านองเดียวกัน กับผลึกแบบ ccp ถ้าเปรียบเทียบระหว่าง hcp และ ccp จะแตกต่างกันที่การจัดเรียงตัวในขั้นที่ 3

1. โลหะมักนีเซียม (Mg) มีโครงสร้างแบบ hcp จงหาโคออดิเนชันนัมเบอร์ ของ Mg ในการจัดเรียงตัวแบบนี้
2. จงคำนวณเปอร์เซนต์ของปริมาตรที่ว่างในการจัดโครงสร้างแบบ hcp

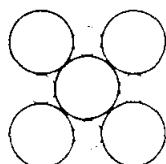
ซองว่างในโครงสร้างเหล่านี้จะมีความสำคัญต่อสมบัติของสาร เป็นอย่างมาก เช่น ถ้ามีการเติมอะตอมของคาร์บอนลงในซองว่างของโครงสร้างแบบ body-centered cubic ของเหล็ก ซึ่งจากขนาดของอะตอมของการบอน จะทำให้โครงสร้างของเหล็กผิดรูปไป ซึ่งจะเพิ่มความแข็งให้กับเหล็ก สารประกอบพวก เช่นกอนคัตเตอร์ และทรานซิสเตอร์ ที่สามารถนำไปใช้ในลักษณะเดียวกัน คือ มีการเติมสารบางอย่างลงไป ทำให้สภาพการนำไฟฟ้าดีขึ้น

3. บันทึกผลลงในตาราง 3.10

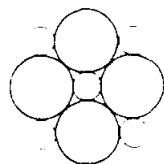
5. โครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

โครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วย

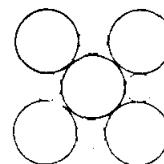
ไอออนบวก : ไอออนลบ ($\text{Na}^+ : \text{Cl}^-$) เท่ากับ $1 : 1$ Na^+ ไอออนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.190 nm และ Cl^- ไอออนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.367 nm ในการเลือกขนาดลูกปิงปองแทนขนาดอะตอมของ Na^+ , Cl^- ไอออนจะใช้ลูกปิงปองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วแทน Na^+ ไอออน และ 2 นิ้วแทน Cl^- ไอออน



ขั้นที่ 1



ขั้นที่ 2



ขั้นที่ 3

รูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนของโซเดียมคลอไรด์

1. เศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ที่มุ่งของหน่วยเซลล์จะมีค่าเท่ากับเท่าไร
2. มีจำนวนไอออนที่อยู่ที่มุ่งเท่าไรในหนึ่งหน่วยเซลล์
3. คำนวณและบันทึกผลรวมของเศษส่วนของไอออนที่อยู่ตรงมุ่งของหน่วยเซลล์
4. คำนวณและบันทึกผลรวมของเศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ตรงกลางที่อยู่ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 3 ของหน่วยเซลล์
5. คำนวณและบันทึกเศษส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ขั้นที่ 2
6. คำนวณและบันทึกส่วนหักทดของ Cl^- ไอออนใน 1 หน่วยเซลล์

7. คำนวณและบันทึกเศษส่วนหา Na^+ ไอออนเขนเดี่ยวกับ Cl^- ไอออน
8. คำนวณหาสูตรอย่างง่ายของโซเดียมคลอไรด์
9. ในผลึกเกลือแกงชิ้นหนัก 58.5 กรัม จะมี Na^+ ไอออนและ Cl^- ไอออนอยู่จำนวนเท่าไร ให้แสดงการคำนวณในการหาน้ำหนักให้

6. การคำนวณหาปริมาตรของห้องท่าง (Void Volume)

ของโลหะตัวอย่างชิ้นตัวอย่างโลหะทองแดง (Cu)

และวัดความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง คำนวณหาปริมาตร

รัศมีของอะตอม Cu ได้จากการศึกษาทาง X-ray

diffraction มีค่าเท่ากับ **0.128 nm**

1. จะใช้ค่ามวลและเลขอะตอมในการคำนวณหาจำนวนอะตอมหงหงมของทองแดงในตัวอย่างทองแดง
2. ใช้จำนวนอะตอมหงหงมในสารตัวอย่างและปริมาตรของหนึ่งอะตอมในการคำนวณหาปริมาตรที่แท้จริงที่ถูกครอบครองโดยอะตอมของทองแดง

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการทดลองเรื่อง วันที่ทำการทดลอง

ชื่อผู้ทำการทดลอง รหัส เลขที่

ชื่อผู้รวมทำการทดลอง รหัส เลขที่

กลุ่มที่ Section

อาจารย์ผู้ควบคุม 1.

2.

3.

บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองและคำนวณ

1. Simple cubic lattice

1. ความยาวของด้านแต่ละด้านของหน่วยเซลล์
2. ปริมาตรห้องหมกของหน่วยเซลล์
3. เศษส่วนของลูกปิงปองต่อ 8 หน่วยเซลล์
4. จำนวนลูกปิงปองต่อหน่วยเซลล์
5. ปริมาตรของลูกปิงปองที่ครอบครองในหน่วยเซลล์
6. ปริมาตรของหัวใจในหน่วยเซลล์
7. (a) การคำนวณหาเปอร์เซนต์ของปริมาตรที่ถูกครอบครอง
-
-

(b) การคำนวณหาเบอร์เซนต์ของปริมาตรที่ว่าง

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

8. จำนวนโคลอคิดเน้นน้ำเบอร์

2. Body-center cubic lattice

1. ความยาวของเส้นทั้งสองมุมของรูปลูกบาศก์
2. ความยาวของด้านและด้านของหน่วยเซลล์
3. ปริมาตรหงหงค์ของหน่วยเซลล์
4. จำนวนลูกปิงปองหงหงค์ของหน่วยเซลล์
5. ปริมาตรของลูกปิงปองหงหงค์ของหน่วยเซลล์
6. ปริมาตรของห้องท่อหน่วยเซลล์
7. (a) การคำนวณหาเบอร์เซนต์ของปริมาตร
ที่ถูกครอบครอง

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

(b) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ว่าง

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

8. จำนวนโโคออดีเนชันนัมเบอร์

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

1. ปริมาตรหง�数ของหน่วยเซลล์
2. จำนวนลูกปิงปองต่อหน่วยเซลล์
3. ปริมาตรของลูกปิงปองต่อหน่วยเซลล์
4. ปริมาตรของห้วงต่อหน่วยเซลล์ a.....
5. (a) แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาตร

ถูกครอบครอง

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

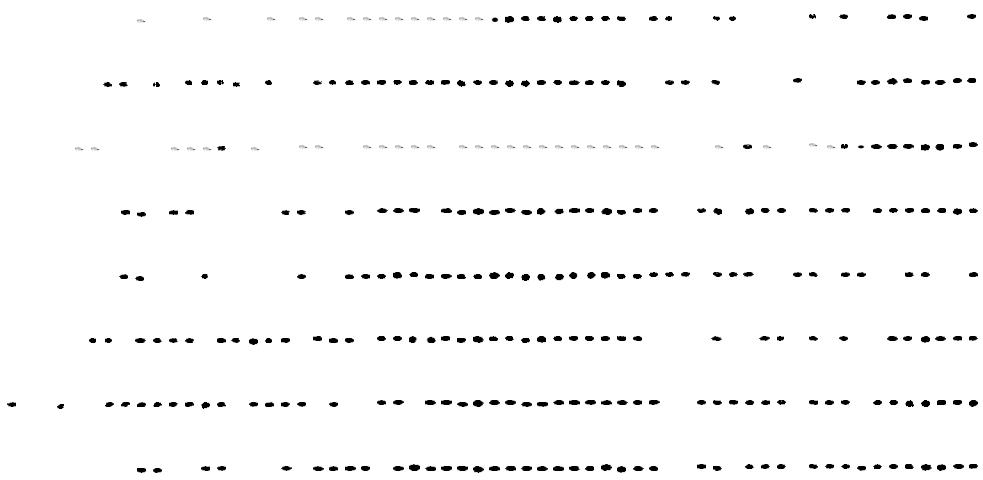
(b) แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของห้วง

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

6. จำนวนโกรอคิเนชันนัมเบอร์

4. Hexagonal closet packing (hcp) lattice

1. จำนวนโกรอคิเนชันนัมเบอร์
2. แสดงการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ที่รวม.....



5. Sodium Chloride Structure

1. เพิ่งส่วนของ Cl^- ไอออนที่อยู่ตรงมุมต่อหนึ่งหน่วยเซลล์
2. จำนวนไอ้อนที่อยู่ตรงมุมต่อหนึ่งหน่วยเซลล์
3. ส่วนของไอ้อนที่อยู่ตรงมุมต่อหนึ่งหน่วย ชั้น
4. ส่วนของไอ้อนที่อยู่ตรงกลางในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3
5. ส่วนของ Cl^- ไอ้อนในชั้นที่ 2 (ตรงกลาง)

6. จำนวน Cl^- ในอ่อนหงหงดออกน้ำยาเซลล์.....
7. (a) ส่วนของ Na^+ ในอ่อนในขั้นที่ 1
- (b) ส่วนของ Na^+ ในอ่อนในขั้นที่ 2
- (c) ส่วนของ Na^+ ในอ่อนในขั้นที่ 3
- (d) ส่วนของ Na^+ ในอ่อนหงหงดออกน้ำยาเซลล์.....
8. สูตรอย่างง่ายของโซเดียมคลอไรด์.....
9. จำนวนไอโอดินของ Na และ Cl ในโซเดียมคลอไรด์หงหง 58.5 กรัม
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Void Volume determination of an actual metal sample

- น้ำหนักของโลหะตัวอย่าง
- ความสูงของโลหะตัวอย่าง
- เส้นผ่าศูนย์กลางของโลหะตัวอย่าง
- ปริมาตรของโลหะตัวอย่าง

1. จำนวนอะตอมทั้งหมดในตัวอย่าง

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

2. ปริมาตรที่ถูกครอบครองโดยอะตอมในตัวอย่าง

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

3. (a) แสดงการคำนวณหาเบอร์เซนต์ของปริมาตรที่ว่าง

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

(b) ค่าทางทฤษฎีของเบอร์เซนต์ที่ว่างของ

face--centered cubic lattice

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของเหลว

ชนิดของเซลล์	ความเยาว์ ของกาน	ปริมาตร ทรงมด	จำนวนของ ลูกปืนทอง	บริมาณ้ำหนัก ต่อกิโลกรัม	%ของร่วมชาต ท่วง	%ของปริมาณ้ำหนัก ของกานเมอร์
Simple Cubic						
Body-centered cubic						
Face-center cubic						
Hexagonal close packed						

หมายเหตุ รายงานผลในห้องทดลอง,

កំណត់វានំ

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