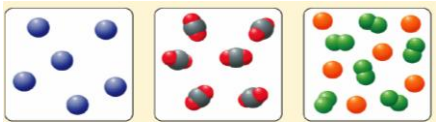
บทที่ 1 โครงสร้างอะตอม (Atomic Structure)

1.1. ตารางธาตุ

ตารางธาตุ หมายถึง ตารางที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมา เพื่อแบ่งธาตุที่มีสมบัติเหมือนกันออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายแก่การศึกษา โดยแบ่งธาตุทั้งหมดออกเป็นหมู่และคาบ



ธาตุที่อยู่ใน **แนวดิ่ง**เดียวกัน เรียกว่า อยู่ใน.....เดียวกัน

ธาตุที่อยู่ใน **แนวนอน**เดียวกัน เรียกว่า อยู่ใน.....เดียวกัน

ตารางธาตุของเดอเบอไรเนอร์

การจัดตารางธาตุนั้น เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2360 (ค.ศ. 1817) โดย **โยฮันน์ เดอเบอไรเนอร์** (Johaun Dobereiner) นักเคมีชาวเยอรมัน ได้นำธาตุต่าง ๆ ที่พบในขณะนั้นมาจัดเรียงเป็นตารางธาตุ โดยนำธาตุต่าง ๆ ที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันมาจัดไว้ในหมู่เดียวกัน หมู่ละ 3 ธาตุ เรียงตาม.....จากน้อยไปมากในแต่ละหมู่ มวลอะตอมของธาตุที่อยู่กลางจะเป็นค่าเฉลี่ยของมวลอะตอมของธาตุที่เหลืออีก 2 อะตอม เรียกว่า ..... (law of triads หรือ Dobereine' s law of triads)

ตาราง มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุบางกลุ่มตามกฎชุดสาม

IA												IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1 H 1.01	IIA																2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.8	6 C 12.0	7 N 14.0	8 O 16.0	9 F 19.0	10 Ne 20.2
11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 40.0
19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.9	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
37 Rb 85.5	38 Sr 87.6	39 Y 88.9	40 Zr 91.2	41 Nb 92.9	42 Mo 95.9	43 Tc (99)	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57 La 139	72 Mf 179	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (233)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (264)	108 Hs (265)	109 Mt (268)	110 (269)	111 (272)	112 (277)		114 (285)		116 (289)		

จะเห็นได้ว่ามวลอะตอมเฉลี่ย มีค่าใกล้เคียงกับมวลอะตอมของธาตุกลาง อย่างไรก็ตาม เมื่อนำกฎดังกล่าวไปใช้กับธาตุกลุ่มอื่นที่มีสมบัติคล้ายคลึงกัน ปรากฏว่าไม่มีผลเท่าที่ควร มวลอะตอมของธาตุกลางไม่เท่ากับค่าเฉลี่ยของมวลอะตอมของธาตุที่เหลือ กฎชุดสามของเดอเบอไรเนอร์จึงไม่เป็นที่ยอมรับกันในเวลาต่อมา

ตารางธาตุของนิวแลนด์

ในปี พ.ศ. 2407 (ค.ศ. 1864) **จอห์น นิวแลนด์** (John Newlands) นักเคมีชาวอังกฤษได้พบว่าเมื่อนำธาตุต่าง ๆ มาเรียงลำดับตามมวลอะตอมจากน้อยไปหามาก ให้เป็นแถวตามแนวนอน สมบัติของธาตุจะมีลักษณะคล้ายกันเป็นช่วง ๆซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นทุก ๆ ของธาตุที่ 8 เช่น ถ้าเริ่มต้น Li แล้วเรียงไปถึงธาตุที่ 8 จะตรงกับ Na ซึ่ง Li และ Na มีสมบัติต่าง ๆ คล้ายคลึงกัน

H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe

รูป ตัวอย่างการจัดตารางธาตุของนิวแลนด์

(John Newlands)

เรียกกฎการจัดตารางธาตุของนิวแลนด์ว่า law of octaves หรือ Newlands' law of octaves

กฎนี้ไม่เป็นที่ยอมรับกัน เนื่องจาก.....

.....

ตารางธาตุของเมนเดเลเอฟ

(Julius Meyer)

(Dimitri Mendelejev)

ในระหว่างปี พ.ศ. 2412 – 2413 (ค.ศ. 1269 – 1270) **ยูลิอุสไมเออร์** นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน**และดิมิทรี เมนเดเลเอฟ** นักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซียได้พบในเวลาใกล้เคียงกัน ว่าสมบัติต่างๆ ของธาตุมีส่วนสัมพันธ์กับมวลอะตอมของธาตุกล่าวคือ

“ ถ้าเรียงลำดับธาตุตามมวลอะตอมจากน้อยไปหามาก จะพบว่าธาตุต่าง ๆ จะมีสมบัติคล้ายคลึงกันเป็นช่วง ๆ ”

เมเดเลเอฟได้ตั้งเป็นกฎเรียกว่า **“กฎ.....”** หรือ กฎตารางธาตุ (Periodic law) และพิมพ์เผยแพร่ในปี พ.ศ. 2412 ก่อนที่ไมเออร์จะพิมพ์เผยแพร่ครั้งหนึ่ง ดังนั้น เพื่อเป็นเกียรติแก่เมนเดเลเอฟ จึงเรียกตารางนี้ว่า **“ตารางพีริออดิกของเมนเดเลเอฟ”** หรือ**ตารางธาตุของเมนเดเลเอฟ** (Mendelejev’ s periodic table)

รูป ตารางพิริออดิกของเมนเดเลเอฟ

ช่องว่างที่เว้นไว้คือตำแหน่งของธาตุที่ยังไม่พบในสมัยนั้น เนื่องจากตำแหน่งของธาตุในตารางธาตุสัมพันธ์กับสมบัติของธาตุ ทำให้เมนเดเลเอฟสามารถทำนายสมบัติของธาตุไว้ล่วงหน้าได้ด้วย โดยการศึกษาสมบัติเกี่ยวกับจุดหลอมเหลว จุดเดือด ความถ่วงจำเพาะ และความร้อนจำเพาะ รวมทั้งสมบัติเกี่ยวกับสารประกอบคลอไรด์ และออกไซด์

ตารางธาตุของเฮนรี โมสลีย์

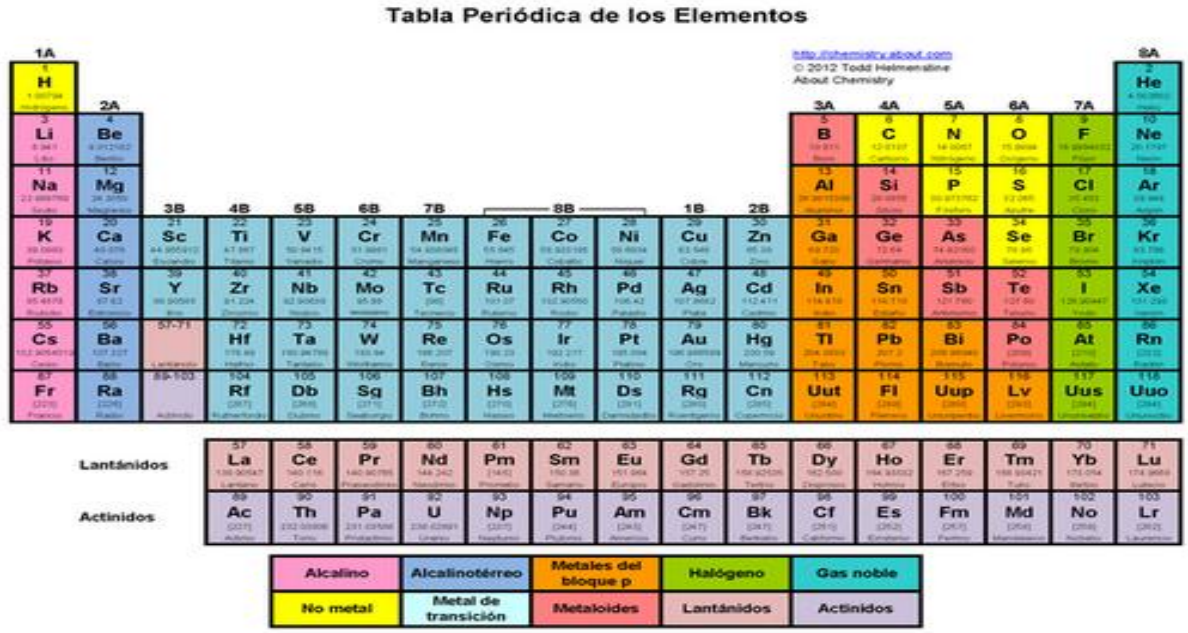
(Henry Moseley)

เฮนรี โมสลีย์ (Henry Moseley) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้แก้ไขตารางธาตุของเมนเดเลเอฟให้ถูกต้องขึ้น โดยการพบว่าเลขอะตอม หรือจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุมีความสัมพันธ์กับสมบัติของธาตุมากกว่ามวลอะตอม ทำให้สอดคล้องกับกฎพีริออดิกมากกว่าสามารถสร้างตารางธาตุได้โดยไม่ต้องสลับที่ธาตุบางธาตุเหมือนกรณีการจัดเรียงตามมวลอะตอมประมาณปี พ.ศ. 2456 (ค.ศ. 1913) โมสลีย์ จึงเสนอตารางธาตุใหม่โดยเรียงตามเลขอะตอมจากน้อยไปหามาก และจัดธาตุที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันให้อยู่ในหมู่เดียวกัน และกำหนดกฎตารางธาตุขึ้นใหม่เป็น

“ สมบัติต่าง ๆ ของธาตุในตารางธาตุขึ้นอยู่กับเลขอะตอมของธาตุ ”

ตารางธาตุในปัจจุบัน

เนื่องจากปัจจุบันนักเคมีพบว่า การจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุมีส่วนสัมพันธ์กับสมบัติต่าง ๆ ของธาตุ กล่าวคือ ถ้าเรียงลำดับธาตุตามเลขอะตอมจากน้อยไปหามาก จะพบว่าธาตุที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันเป็นช่วง ๆ ตามลักษณะของการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุนั้น ดังนั้นในปัจจุบันจึงจัดตารางธาตุโดย**เรียงตามเลขอะตอมจากน้อยไปมาก** ดังในรูป



จากตารางธาตุ แบ่งธาตุในแนวตั้งออกเป็น.....แถวหรือ.....หมู่ โดยธาตุทั้งหมด แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือกลุ่ม A และ B กลุ่ม A มี 8 หมู่ คือหมู่ IA ถึง VIIIA เรียก ธาตุกลุ่ม A ว่า .....
ส่วนกลุ่ม B มี 8 หมู่เช่นเดียวกัน คือ หมู่ IB ถึง VIIIB เรียกธาตุกลุ่ม B ว่า .....

ธาตุในแต่ละหมู่ ของกลุ่ม A ถ้ามีสมบัติคล้ายกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะหมู่ เช่น

* ธาตุหมู่ IA เรียกว่า ..... (alkali metal) ได้แก่ .....
* ธาตุหมู่ IIA เรียกว่า ..... (alkaline earth) ได้แก่ .....
* ธาตุหมู่ VIIA เรียกว่า ..... (halogen) ได้แก่ .....
* ธาตุหมู่ที่ VIIIA เรียกว่า ..... (Inert gas) ได้แก่ .....

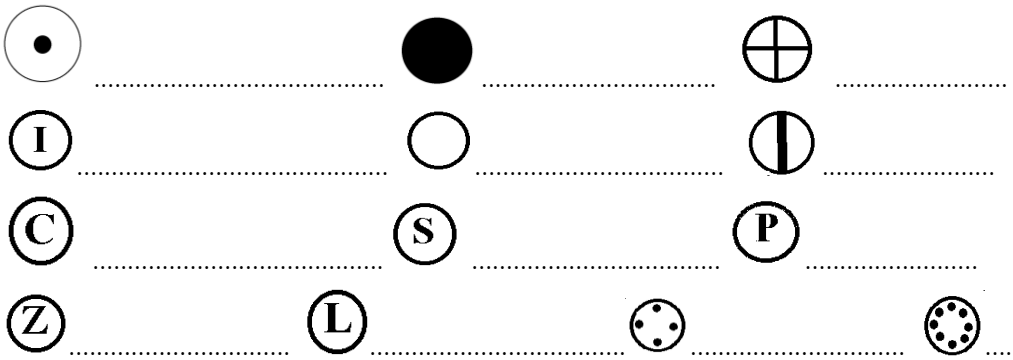
รวมทั้งหมดในตารางธาตุ เป็นก๊าซ ..... ธาตุ คือ .....
เป็นของเหลว ..... ธาตุ คือ .....ที่เหลือเป็นของแข็ง

สำหรับ 2 แถวล่างเลขอะตอม 58 – 71 เป็นธาตุกลุ่มย่อยที่แยกมาจากหมู่ IIIB คาบที่ 6 เรียกว่า.....
และ 90 – 103 เป็นธาตุกลุ่มย่อยที่แยกมาจากหมู่ IIIB ในคาบที่ 7 เรียก ว่า .....

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาธาตุหมู่ IIIA ไปทางขวามือ จะพบเส้นหนักหรือเส้นทึบเป็นแบบขั้นบันได เส้นหนักนี้จะเป็นเส้นแบ่งกลุ่มธาตุโลหะและอโลหะ กล่าวคือ ธาตุทางขวาของเส้นขั้นบันไดจะเป็นอโลหะ ธาตุทางซ้ายมือของเส้นขั้นบันไดจะเป็นโลหะ ธาตุที่อยู่ชิดกับเส้นขั้นบันได เป็นธาตุ..... ซึ่งมีทั้งสมบัติของโลหะและอโลหะ
เช่น .....

สัญลักษณ์และการเรียกชื่อธาตุ

ในช่วงแรก ๆ ยังมีธาตุที่ค้นพบไม่มากนัก จึงใช้รูปภาพแทนสัญลักษณ์ของธาตุ โดย **จอห์น ดอลตัน** (John Dalton) นักเคมีชาวอังกฤษเป็นคนแรกที่กำหนดสัญลักษณ์ของธาตุ โดยใช้รูปภาพดังนี้



(John Dalton)

สัญลักษณ์ของธาตุ

ในศตวรรษที่ 19 **โจนส์ จาคอบ เบอร์ซีเลียส** นักเคมีชาวสวีเดน ได้เสนอให้ใช้ตัวอักษร แทนชื่อธาตุ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันจนถึงปัจจุบัน

สัญลักษณ์ของธาตุ หมายถึง อักษรย่อที่ใช้เขียนแทนชื่อธาตุทั้งหลายในตารางธาตุ

หลักการทั่ว ๆ ไปในการเขียนสัญลักษณ์ของชื่อธาตุดังนี้

1.ใช้ตัวอักษรตัวแรกของชื่อธาตุในภาษาอังกฤษหรือภาษาละติน แทนสัญลักษณ์ของธาตุ โดยเขียนด้วยภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่

2.ถ้าอักษรตัวแรกของชื่อธาตุซ้ำกัน ก็เพิ่มอักษรตัวถัดไปตัวใดตัวหนึ่งและเขียนด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็ก

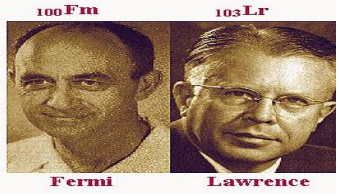
ตัวอย่างเช่น

* ธาตุคาร์บอน (Carbon) ใช้สัญลักษณ์ C
* ธาตุแคลเซียม (Calcium) อักษรตัวแรกซ้ำกับธาตุคาร์บอน จึงเพิ่มอักษรตัวที่ 2 คือ a เข้าไปโดยเขียน เป็นตัวพิมพ์เล็ก สัญลักษณ์ของธาตุแคลเซียมจึงเป็น Ca
* ธาตุแคดเมียม (Cadmium) อักษรตัวแรกซ้ำกับธาตุคาร์บอน อักษรตัวที่ 2 ซ้ำกับธาตุแคลเซียม ดังนั้นจึงใช้อักษรตัวที่ 3 คู่กับอักษร ตัวแรก สัญลักษณ์ของธาตุแคดเมียมจึงเป็น Cd

การตั้งชื่อธาตุใหม่

การที่คณะนักวิทยาศาสตร์ต่างคณะตั้งชื่อแตกต่างกัน ทำให้เกิดความสับสน International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) จึงได้กำหนดระบบการตั้งชื่อขึ้นใหม่ โดยใช้กับชื่อธาตุที่มีเลขอะตอมเกิน 100 ขึ้นไป ทั้งนี้ให้ตั้งชื่อธาตุโดยระบุเลขอะตอมเป็นภาษาละติน แล้วลงท้ายด้วย –ium ระบบการนับเลขในภาษาละตินเป็นดังนี้

0 = nil (นิล)		1 = un (อุน)	
2 = bi (ไบ)		3 = tri (ไตร)	
4 = quad (ควอด)		5 = pent (เพนท์)	
6 = hex (เฮกซ์)		7 = sept (เซปท์)	
8 = oct (ออกตฺ)		9 = enn (เอนน์)	



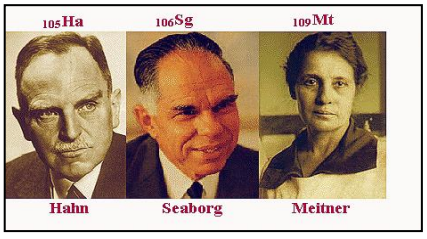
เช่น 112 เรียกว่า Ununbium สัญลักษณ์ คือ Uub

113 เรียกว่า ..... สัญลักษณ์ คือ .....

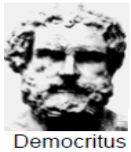
114 เรียกว่า ..... สัญลักษณ์ คือ .....

115 เรียกว่า ..... สัญลักษณ์ คือ .....

116 เรียกว่า ..... สัญลักษณ์ คือ .....



1.2. แบบจำลองอะตอม


Democritus

-Democritus thought matter could not be divided indefinitely.

Aristotle

-Aristotle modified an earlier theory that matter was made of four "elements": earth, fire, water, air. Aristotle was wrong. However, his theory persisted for 2000 years.

อะตอมมาจากภาษากรีก ว่า " **atomos** " ซึ่งแปลว่า " .....”หมายความว่า อะตอม คือ .....

แนวความคิดดังกล่าวนี้ได้จากนักปราชญ์ชาวกรีก ชื่อ **ดิโมคริตุส** (Demokritos)

นักวิทยาศาสตร์ที่เสนอแบบจำลองเป็นคนแรก คือ **จอห์น ดอลตัน** (Jhon Dalton) โดยเสนอในปี พ.ศ. 2346 คือ

(Jhon Dalton)

1.สารแต่ละชนิดประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ เรียกว่า ..... ซึ่งแบ่งแยกไม่ได้

2.อะตอมจะทำให้เกิดใหม่หรือสูญหายไปไม่ได้

3.อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกันและแตกต่างจากอะตอมของธาตุอื่น

4.สารประกอบเกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมของธาตุต่างชนิดกันด้วยอัตราส่วนของจำนวนอะตอมคงที่เป็นเลขลงตัวน้อย ๆ

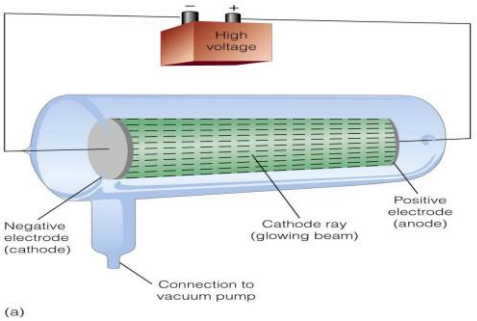
5.โมเลกุลของสารประกอบชนิดเดียวกันย่อยมีสมบัติเหมือนกัน และแตกต่างจากโมเลกุลของสารประกอบอื่น ๆ

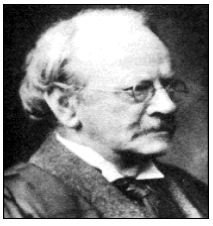
(แบบจำลองอะตอม)

การนำไฟฟ้าของก๊าซ

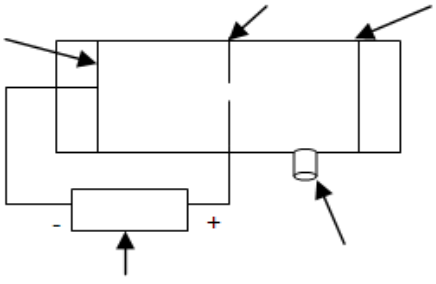
ปกติที่ความดันปกติก๊าซ..... ปรากฏการณ์ที่แสดงว่าก๊าซนำไฟฟ้าได้ เช่น..... ก๊าซจะนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นเมื่อ.....

วิลเลียม ครูกส์ (William Crookes) เป็นผู้สร้างหลอดรังสีแคโทดขึ้นมา **หลอดรังสีแคโทด** เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดลองเกี่ยวกับการนำไฟฟ้า ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงศักย์สูง และหลอดแก้วบรรจุก๊าซซึ่งมีความดันต่ำ ปลายข้างหนึ่งของหลอดแก้วจะมีขั้วไฟฟ้าแอโนด ปลายหนึ่งจะเป็นขั้วแคโทด เมื่อต่อไฟฟ้าให้ครบวงจรดังรูป




(John Thomson)

ทอมสันได้ทดลองเกี่ยวกับหลอดรังสีแคโทดเพิ่มเติมอีกจำนวนมากมาย โดยดัดแปลงลักษณะของหลอดรังสีแคโทดจากเดิมเล็กน้อย ดังรูป

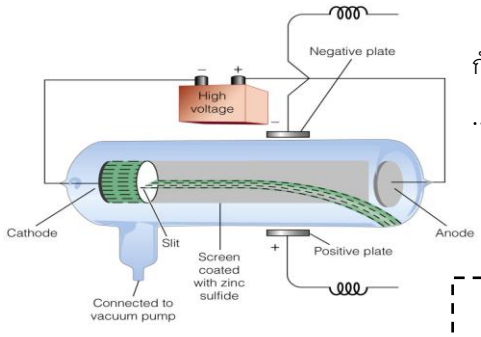


ผลคือ .....

.....

.....

.....



เมื่อเพิ่มขั้วไฟฟ้าเข้าไปอีก 2 ขั้ว โดยให้ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง มีสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับทิศทางของรังสีดังในรูป จากการทดลองพบว่า.....
.....จึงเรียกรังสีนี้ว่า.....

ทอมสันได้ทดลองต่อว่าประจุลบที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากก๊าซในหลอดรังสี หรือเกิดจากขั้วไฟฟ้า โดยหาอัตราส่วนระหว่างประจุต่อมวลของรังสีนั้น

$\frac{e}{m}$ = ... คูลอมบ์/กรัม

e = ประจุของอิเล็กตรอน
m = มวลของอิเล็กตรอน

ผลการทดลอง

การทดลอง	ค่า (e/m) ของอนุภาคลบ	แสดงว่า ประจุลบเกิดจาก
เมื่อเปลี่ยนก๊าซ แต่ขั้วที่ใช้เป็นขั้วเดิม		
เมื่อเปลี่ยนขั้ว แต่ก๊าซที่ใช้เป็นก๊าซเดิม		

สรุปว่า ประจุลบ เกิดจาก.....

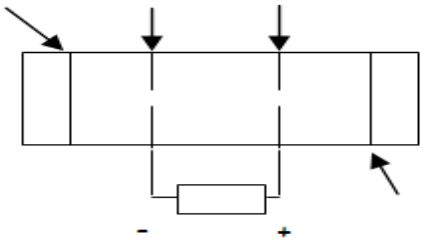
จากการทดลอง ทอมสันสรุปว่า ***"อนุภาคลบในรังสีแคโทดจะต้องมีลักษณะเหมือนกัน และอะตอมทุกชนิดย่อมจะมีอนุภาคที่มีประจุลบเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน*** และเรียกอนุภาคลบนี้ว่า " ....."

การค้นพบโปรตอน

สมมติฐาน ..เนื่องจากเชื่อว่าอะตอมเป็นกลางทางไฟฟ้า และการที่พบว่าอะตอมของธาตุทุกชนิดจะต้องประกอบด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ ทำให้นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า น่าจะมีอนุภาคที่มีประจุบวกอยู่ด้วย..

ออยเกน โกลด์สไตน์ (Eugen Goldstein) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับหลอดรังสีแคโทด โดยดัดแปลงเล็กน้อย ดังในรูป

ผลคือ .....
.....
.....
.....
.....



ทดลองเช่นทอมสัน คือ หาค่า $\frac{e}{m}$ ของประจุบวกได้

$\frac{e}{m}$ =.....คูลอมบ์/กรัม (เป็นค่าของอนุภาคบวก)

ผลการทดลอง

การทดลอง	ค่า (e/m) ของอนุภาคบวก	แสดงว่าประจุบวกเกิดจาก
เมื่อเปลี่ยนก๊าซ แต่ขั้วที่ใช้เป็นขั้วเดิม		
เมื่อเปลี่ยนขั้ว แต่ก๊าซที่ใช้เป็นก๊าซเดิม		

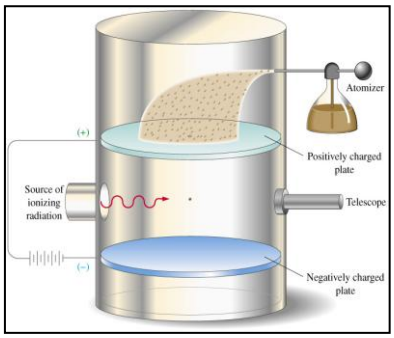
สรุปว่า ประจุบวกเกิดจาก.....ต่อมาพบว่า ถ้าทำการทดลองโดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนนั้นจะได้อนุภาคบวกที่มีจำนวนประจุเท่ากับประจุของอิเล็กตรอนและเรียกอนุภาคบวกที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจน ว่า " ....."

จากผลการทดลอง ทั้งของทอมสัน และโกลด์สไตน์ ทำให้ทอมสันได้ข้อมูลเกี่ยวกับอะตอมมากขึ้น จึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมดังนี้ ".....
.....
..... "

(Plum pudding)

การหาค่าประจุของอิเล็กตรอน

โรเบิร์ต แอนดรูส์ มิลลิแกน (Robert Andrews Millikan) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา ได้ทำการทดลองหาค่าประจุของอิเล็กตรอน โดยใช้การทดลองที่เรียกว่า **"Oil drop experiment "**



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จะเห็นว่า ค่าที่ได้ คือ $3.2x10^{-19}$ C , $4.8x10^{-19}$ C , $6.4x10^{-19}$ C ค่าที่ได้จะเป็นจำนวนเท่าของเลขจำนวนหนึ่งเสมอ คือ ..... **การคำนวณหามวลของอิเล็กตรอน**

.....

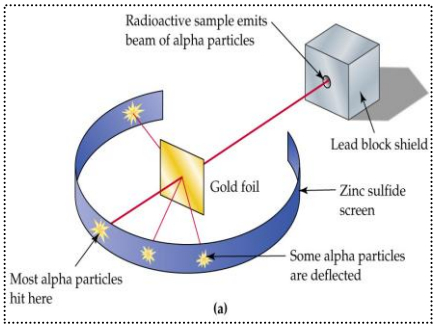
.....

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าอิเล็กตรอน จำนวน 5 กรัม ให้นักเรียนหาว่ามีจำนวนอิเล็กตรอนเท่าใด

วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 2 ถ้าอิเล็กตรอน จำนวน 1.5 e^- อิเล็กตรอนจะมีมวลเท่าใด

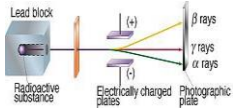
วิธีทำ



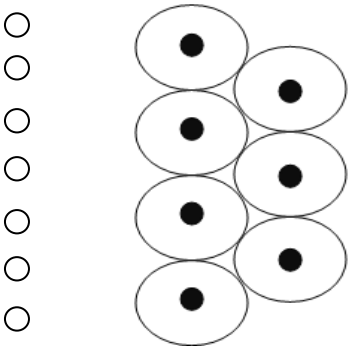
(รูปการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด)

แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

พ.ศ. 2454 **รัทเทอร์ฟอร์ด** ได้ทำการทดลองในประเภทอังกฤษร่วมกับ **ฮันส์ ไกเกอร์ และเออร์เนส์ มาร์สเดน** ศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟา เมื่อยิงอนุภาคแอลฟาซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี เข้าไปที่แผ่นทองคำบาง ๆ



Alpha particles Gold foil



– การที่อนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่เคลื่อนที่ผ่านอะตอมของทองคำเป็นแนวเส้นตรง แสดงว่าภายในอะตอม.....

.....

– อนุภาคแอลฟาบางส่วนเบี่ยงเบน แสดงว่าภายในอะตอม.....

.....

– อนุภาคแอลฟาบางส่วนสะท้อนกลับ แสดงว่าภายในอะตอม.....

.....

รัทเทอร์ฟอร์ดจึงคิดว่า อนุภาคส่วนที่มารวมกันเป็นกลุ่มก้อนจึงน่าจะเป็นอนุภาคของโปรตอน ดังนั้น เพื่อที่จะอธิบายผลการทดลอง รัทเทอร์ฟอร์ดจึงเสนอแบบจำลองแบบใหม่ เรียกว่า **แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด** กล่าวว่า

" อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสซึ่งก็คือโปรตอนที่รวมกันอยู่ตรงกลางของอะตอม และมีอิเล็กตรอนวิ่งวนอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส นิวเคลียสมีขนาดเล็กแต่มีมวลมากและมีประจุบวก ส่วนอิเล็กตรอนจะมีมวลน้อยและมีประจุลบ จำนวนอิเล็กตรอนจะเท่ากับจำนวนโปรตอน "

เพิ่มเติม การศึกษาจากแบบจำลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ถ้าเปลี่ยนอนุภาคที่ยิงหรือเปลี่ยนเป้า ผลจะเป็นอย่างไร

1.ถ้าใช้อนุภาคแอลฟา ยิงเข้าไปยังอะตอมของธาตุอื่นๆ ผลคือ
2.ถ้าใช้นิวตรอน ยิงเข้าไปยังแผ่นทองคำบางๆ ผลคือ
3.ถ้าใช้อนุภาคอิเล็กตรอน ยิงเข้าไปยังแบบจำลองอะตอมของทอมสัน ผลคือ
4.ถ้าใช้อนุภาคแอลฟา ยิงเข้าไปยังแบบจำลองอะตอมของทอมสัน ผลคือ
5.ถ้าใช้นิวตรอน ยิงเข้าไปยังแบบจำลองอะตอมของทอมสัน ผลคือ

1.3.อนุภาคมูลฐานของอะตอม

ทอมสันได้ทำการทดลองเพื่อศึกษามวลของอนุภาคบวกที่ได้จากหลอดรังสีแคโทด ซึ่งบรรจุก๊าซนีออน พบว่า

.....

.....

เฟรเดอริก ซอดดี ได้ให้แนวคิดสนับสนุนข้อเสนอของรัทเทอร์ฟอร์ดที่ว่า.....

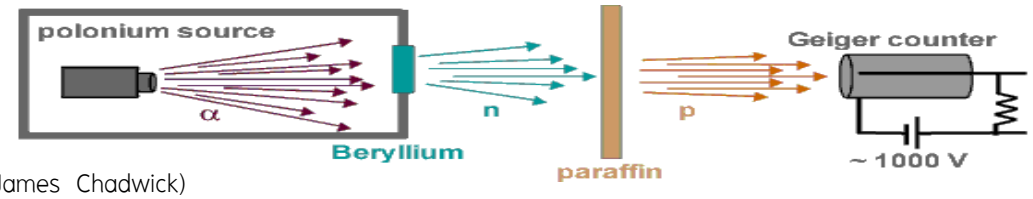
.....

.....

.....

พ.ศ. 2475 **เจมส์ แชดวิก** (James Chadwick) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังธาตุชนิดต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือที่ละเอียดถูกต้องยิ่งขึ้น และพิสูจน์ได้ว่าภายในนิวเคลียสจะมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นกลางทางไฟฟ้าอยู่ด้วย และเรียกอนุภาคนั้นว่า " ..... " ใช้สัญลักษณ์.....

(James Chadwick)



จากการค้นพบนิวตรอน ทำให้ทราบว่าภายในอะตอมจะประกอบด้วยอนุภาค 3 ชนิด คือ **<u>อิเล็กตรอน โปรตอน และ นิวตรอน</u>** โดยเรียกอนุภาคทั้ง 3 ชนิด ว่าเป็น **<u>อนุภาคมูลฐานของอะตอม</u>** ดังนั้นแบบจำลองอะตอมจึงเป็นดังนี้

" อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนรวมกันอยู่ตรงกลางของอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีจำนวนเท่ากับโปรตอนวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส"

ตารางอนุภาคมูลฐานของอะตอม

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล(กิโลกรัม)	มวลเปรียบเทียบกับ e^-	ประจุไฟฟ้า (คูลอมบ์)	ชนิดประจุไฟฟ้า
โปรตอน					
นิวตรอน					
อิเล็กตรอน					

<u>เพิ่มเติม</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.4.เลขอะตอม เลขมวล และไอโซโทป

เลขอะตอม (Atomic number) ใช้สัญลักษณ์ **Z** หมายถึง .....

เลขมวล (Mass number) ใช้สัญลักษณ์เป็น A หมายถึง .....

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ (Nuclear symbol) เป็นสิ่งที่ใช้เขียนแทนโครงสร้างของอะตอม โดยบอกรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนอนุภาคมูลฐานของอะตอม วิธีการเขียนตามข้อตกลงสากลคือ เขียนเลขอะตอมไว้มุมล่างซ้าย และเลขมวลไว้มุมบนซ้ายของสัญลักษณ์ของธาตุ เขียนเป็นสูตรทั่ว ๆ ไปดังนี้

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ $= {}^{Z}_{A}X$

X คือ สัญลักษณ์ของธาตุ
Z คือ เลขมวล
A คือ เลขอะตอม

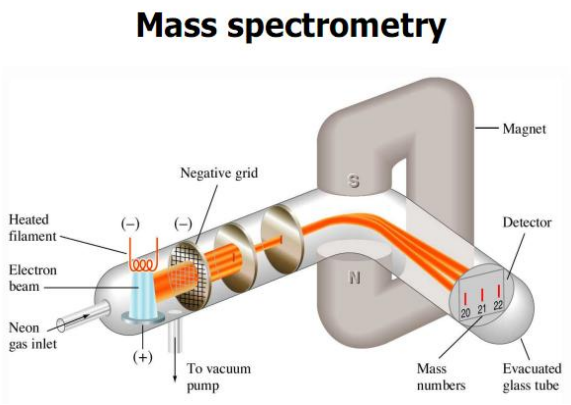
ตัวอย่างที่ 3 จงคำนวณจำนวนอิเล็กตรอน,โปรตอนและนิวตรอน ของธาตุที่กำหนดให้

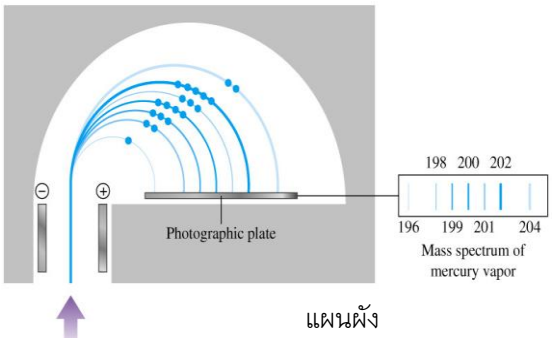
วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 4 จงคำนวณจำนวนอิเล็กตรอน,โปรตอนและนิวตรอน ของกลุ่มไอออน ที่กำหนดให้

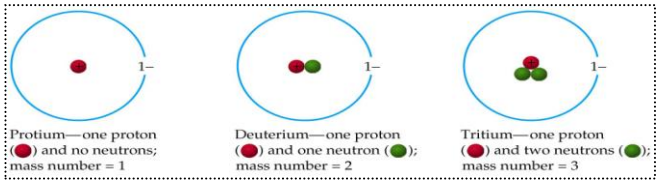
วิธีทำ

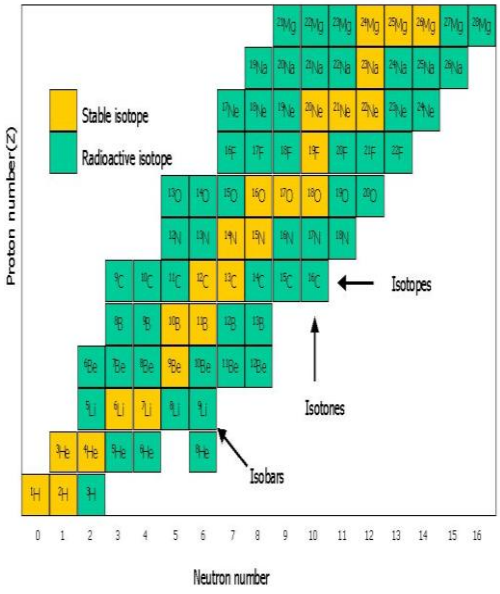
ไอโซโทป (Isotope) หมายถึง .....





แผนผัง แสดงหลักการของเครื่อง Mass Spectrometer





.....

.....

ประโยชน์ของไอโซโทป ในด้านต่าง ๆ เช่น

.....

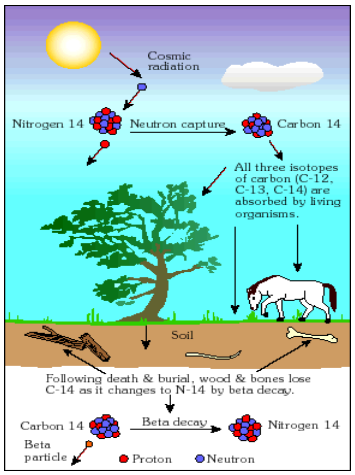
.....

.....

.....

.....

ไอโซบาร์ (Isobar) หมายถึง .....



ไอโซโทน (Isotone) หมายถึง .....

ไอโซอิเล็กโทรนิก (Isoelectronic) หมายถึง.....

ตัวอย่างที่ 5

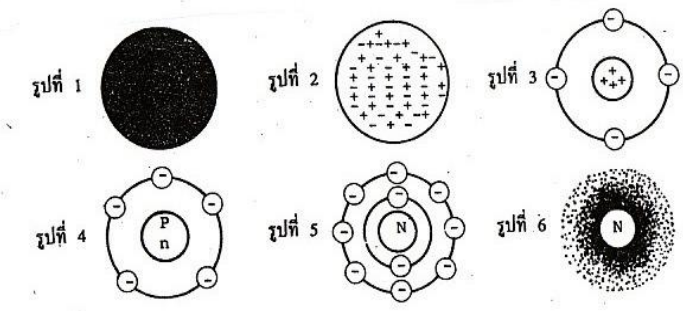
จากธาตุที่กำหนดให้ต่อไปนี้

$^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$, $^{14}_{6}C$, $^{10}_{5}B$, $^{11}_{5}B$, $^{14}_{7}N$, $^{15}_{7}N$, $^{16}_{8}O$

ไอโซโทป ไอโซบาร์ ไอโซโทน

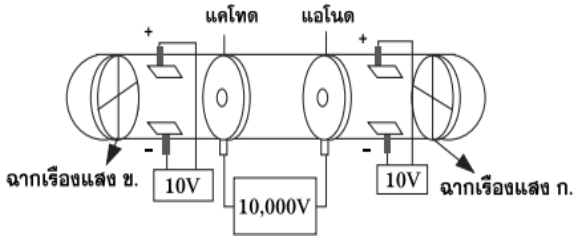
แนวข้อสอบ

คำชี้แจง รูปต่อไปนี้เป็นรูปแสดงแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ ให้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับประกอบการตอบคำถาม ข้อ 1 – 3 (ENT)



1. แบบจำลองของดอลตัน ตรงกับรูปใด
   1. รูปที่ 1 2. รูปที่ 2
   3. รูปที่ 3 4. รูปที่ 6
2. แบบจำลองของทอมสัน ตรงกับรูปใด
   1. รูปที่ 1 2. รูปที่ 2
   3. รูปที่ 3 4. รูปที่ 4
3. แบบจำลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ตรงกับรูปใด
   1. รูปที่ 2 2. รูปที่ 3 3. รูปที่ 4 4. รูปที่ 5
4. ในการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ไกเกอร์ และมาร์สเดน พบว่าเมื่อยิงอนุภาคอัลฟาไปยังแผ่นทองคำบางๆ ปรากฏว่าอนุภาคส่วนใหญ่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทะลุแผ่นทองคำไป อนุภาคส่วนหนึ่งทะลุผ่านไปแต่เบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรง และมีส่วนที่สะท้อนกลับ ถ้าแบบ จำลองของทอมสันถูกต้อง การทดลองเช่นเดียวกันนี้ควรได้ผล อย่างไร (ENT)
   1. ได้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ไกเกอร์ มาร์สเดน
   2. อนุภาคส่วนใหญ่จะถูกดูดหายไปในแผ่นทองคำ
   3. อนุภาคส่วนที่ถูกสะท้อนกลับมามากกว่าในการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ไกเกอร์ และมาร์เดน
   4. อนุภาคทั้งหมดจะถูกสะท้อนกลับ
5. X และ Y เป็นอะตอมของธาตุซึ่งเป็นไอโซโทปกัน ถ้า X มีจำนวนนิวตรอนนิวเคลียส เท่ากับ b และ Y มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน a มีเลขมวลเท่า c เลขมวลของ x และจำนวนนิวตรอนของ Y มีค่าเท่ากับข้อใด (ENT)
   1. a + b และ c – a 2. a + b และ a – c 3. a – b และ a + c 4. a – b และ c – a
6. จงพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้
   1. ธาตุ X มีอิเล็กตรอนเท่ากับ 21 และเลขมวลเท่ากับ 45 จะมีจำนวนอิเล็กตรอนของ $_{24}Cr^{3+}$
   2. $^{68}_{33}As^{2-}$ มีจำนวนนิวตรอนเท่ากับจำนวนนิวตรอนเป็น $^{68}_{35}Br^{-}$
   3. ไอโซโทปของ $_{17}Cl$ ชนิดหนึ่งมีเลขมวลเท่ากับ 37 จะมีจำนวนโปรตอนเท่ากับธาตุที่มีเลขอะตอม 17
   4. $_{20}Ca^{2+}$ มีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่า $_{19}K^{+}$

   ข้อใดถูกต้อง (ENT)
   1. 1 และ 2 2. 2 แล 4 3. 1 และ 3 4. 3 และ 4
7. ถ้าทำการทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทดที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษและจัดอุปกรณ์ดังนี้



   ผลการทดลองต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (ENT)
   1. เกิดจุดสว่างตรงจุดกึ่งกลางของฉากเรืองแสง ก
   2. เกิดจุดสว่างเหนือจุดกึ่งกลางของฉากเรืองแสง ก
   3. เกิดจุดสว่างตรงจุดกึ่งกลางของฉากเรืองแสง ข
   4. เกิดจุดสว่างเหนือจุดกึ่งกลางของฉากเรืองแสง ข
8. การทดลองของทอมสันเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของก๊าซพบว่า e/m ของอนุภาคที่ปล่อยออกมาจากแคโทดมีค่าเท่ากับ 1.7×10^{8} คูลอมบ์ต่อกรัม และจากการทดลองหาค่าประจุของอนุภาคนี้โดยมิลลิแกน พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ อนุภาคนี้จำนวน 10^{30} อนุภาคมีมวลเท่าไร (ENT)
   1. 1.7×10^{38} กรัม 2. 1060 กรัม
   3. 1.03×10^{57} กรัม 4. 941 กรัม

แบบจำลองอะตอมของโบร์

นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสอยู่ในลักษณะใด โดย แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

.....

.....

สมมติฐานที่โบว์ตั้งคือ.....

.....

.....

1.5.สเปกตรัม (spectrum)

สเปกตรัม หมายถึง อนุกรมของแถบสีหรือ หรือเส้นที่ได้จากการผ่านพลังงานรังสีเข้าไปในสเปกโตรสโคป ซึ่งทำให้พลังงานรังสีแยกออกเป็นแถบหรือเป็นเส้นที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ เรียงลำดับกันไป แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

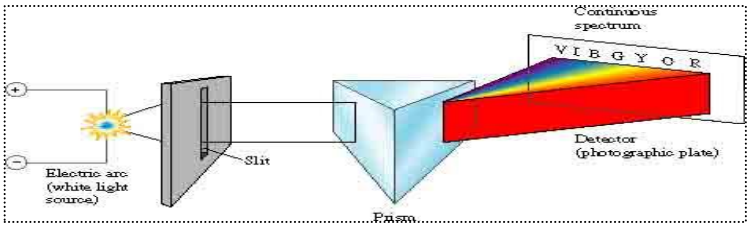
1.สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง(Continuous spectrum) คือ

.....

.....

.....

.....



2.สเปกตรัมแบบไม่ต่อเนื่อง(Discontinuous spectrum) คือ

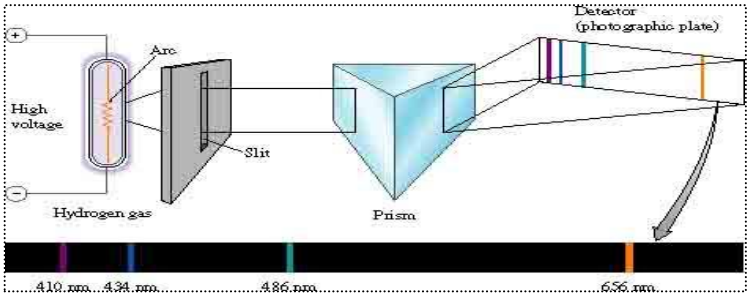
.....

.....

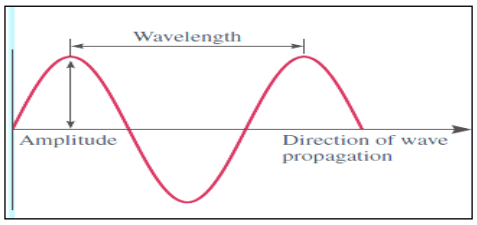
.....

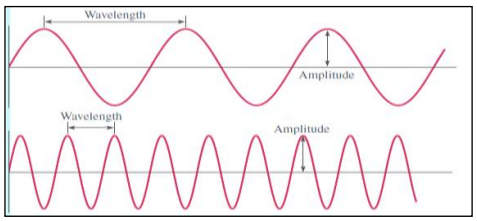
.....

.....



องค์ประกอบของคลื่น





ความยาวคลื่น (Wavelength) ใช้สัญลักษณ์เป็น λ (อ่านว่า แลมบ์ดา) หมายถึง

.....

.....

.....

ความถี่ของคลื่น ใช้สัญลักษณ์เป็น ν (อ่านว่า นิว) หมายถึง

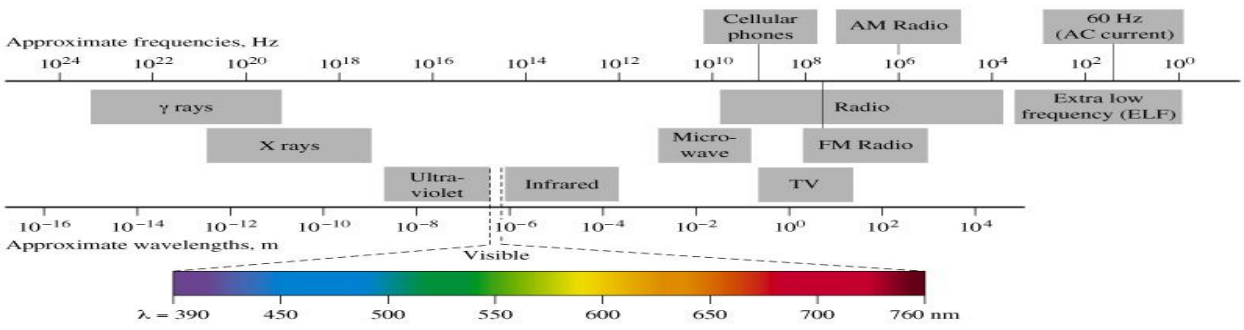
.....

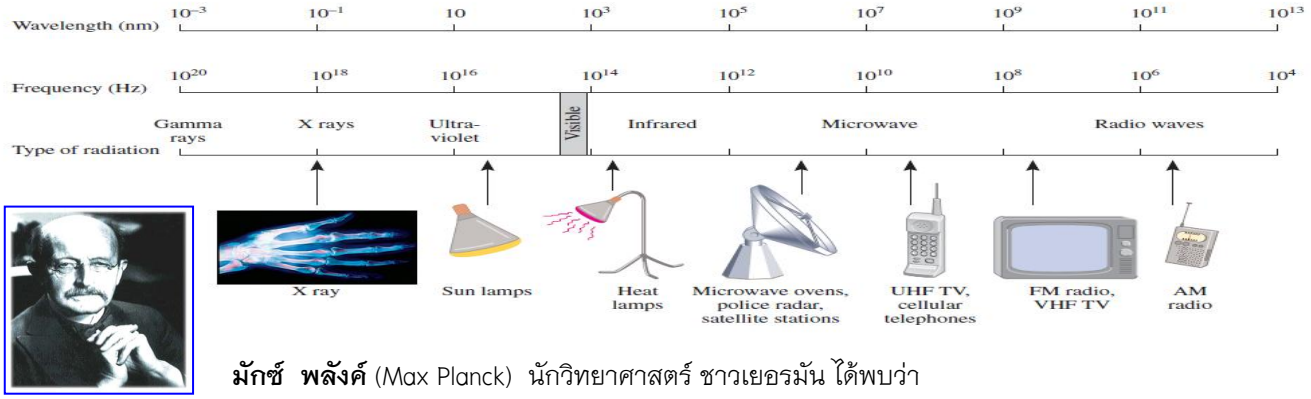
.....

.....

แอมปลิจูด (Amplitude) คือ .....

โดยจะศึกษาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่น.....





มักซ์ พลังค์ (Max Planck) นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน ได้พบว่า

วัตถุทุกชนิดไม่วาจะรอนหรือเย็นจะมีการแผรังสีคลื่นแมเหล็กไฟฟาออกมา โดยทั่วไปเราเขาใจวาวัตถุรอนเทานั้นที่จะแผรังสีคลื่นแมเหล็กไฟฟาออกมา เพราะเรามักจะพบคลื่นแสงแผออกมาจากวัตถุที่รอนเชนแสงจากดวงอาทิตยแสงจากการเผาถานไมหรือแสงจากไสหลอดทังสเตน เปนตน แตความเปนจริงแลวัตถุที่เย็นก็มีการแผรังสีคลื่นแมเหล็กไฟฟาออกมาเชนกัน

" **พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่นนั้น** " **คือ**

$$E \propto \upsilon$$

$$E = h\upsilon$$ เรียกว่า " กฎของพลังค์ "

เมื่อ E = พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (หน่วยเป็น จูล)

h = ค่าคงที่ของพลังค์ (Plank ' constant) = 6.625×10^{-34} Js

υ = ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Hz หรือ s^{-1})

ความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กับความถี่ คือ $C = \lambda\upsilon$

$\upsilon = \frac{c}{\lambda}$ C = ความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสุญญากาศ = 3.0×10^{8} ms^{-1}

ดังนั้น $E = h\upsilon = h\frac{c}{\lambda}$

สีของสเปกตรัม	ความยาวคลื่น (nm)	ความถี่คลื่น (Hz)	พลังงาน (J)
ม่วง	380 – 420	7.89×10^{14} – 7.14×10^{14}	5.23×10^{-19} – 4.73×10^{-19}
คราม	420 – 460	7.14×10^{14} – 6.52×10^{14}	4.73×10^{-19} – 4.32×10^{-19}
น้ำเงิน	460 – 490	6.52×10^{14} – 6.12×10^{14}	4.32×10^{-19} – 4.06×10^{-19}
เขียว	490 – 580	6.12×10^{14} – 5.17×10^{14}	4.06×10^{-19} – 3.43×10^{-19}
เหลือง	580 – 590	5.17×10^{14} – 5.08×10^{14}	3.43×10^{-19} – 3.37×10^{-19}
ส้ม	590 – 650	5.08×10^{14} – 4.62×10^{14}	3.37×10^{-19} – 3.06×10^{-19}
แดง	650 – 700	4.62×10^{14} – 4.29×10^{14}	3.06×10^{-19} – 2.84×10^{-19}

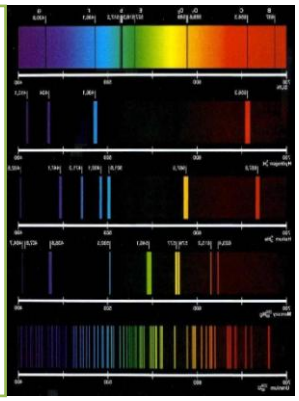
เพิ่มเติม แสงสี.....จะมีความยาวคลื่นสั้นที่สุด แต่มีความถี่.....

แสงสี.....จะมีความยาวคลื่นยาวที่สุด แต่มีความถี่.....

Light with large l (small n) has a small E

Light with a short l (large n) has a large E

นักเรียนลองนึกถึงปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัวเกี่ยวกับสเปกตรัม



ตัวอย่างที่ 6 ให้นักเรียนคำนวณความถี่ของคลื่นและพลังงานของแสงสีแดงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 4.2×10^{-5} m

วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 7 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ 5.5×10^{3} Hz จะมีพลังงานและความยาวคลื่นเท่าใด

วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 8 พลังงานไอออนไนเซชัน Li^{2+} มีค่า 1.961×10^{-17} จูล จะมีความยาวช่วงคลื่นกี่ nm

วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 9 เส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจน 2 เส้น คือเส้นสีม่วงมีความยาวคลื่น 410 nm และเส้นสีน้ำเงินมีความยาวคลื่น 434 nm จะมีพลังงานต่างกันเท่าใด

1. 1.58×10^{-19} J
2. 4.58×10^{-19} J
3. 2.7×10^{-20} J
4. 4.85×10^{-19} J

วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 10 ธาตุชนิดหนึ่งเมื่อนำไปเผาไฟ จะเกิดเส้นสเปกตรัมหลายเส้น จากการทดลองพบว่าเส้นสเปกตรัมเส้นหนึ่งมีพลังงาน 4.0×10^{-19} J สเปกตรัมเส้นดังกล่าวจะมีความยาวและความถี่คลื่นเป็นเท่าใด และมีสีอะไร

วิธีทำ

โจทย์สู่อาเซียน **PROBLEM:** Calculate the energy of 1.00 mol of photons of red light.

$l = 700$ nm $n = 4.29 \times 10^{14}$ sec^{-1}

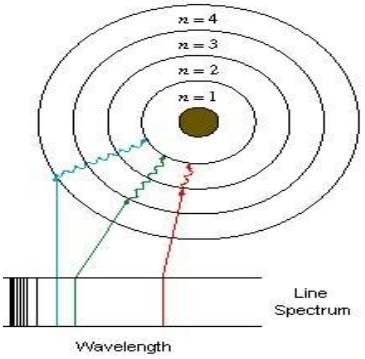
$E = h \bullet n$

$= (6.63 \times 10^{-34}\ J \bullet s)(4.29 \times 10^{14}\ sec^{-1}) = 2.85 \times 10^{-19}$ J per photon

E per mol $= (2.85 \times 10^{-19}\ J/ph)(6.02 \times 10^{23}\ ph/mol) = 171.6$ kJ/mol

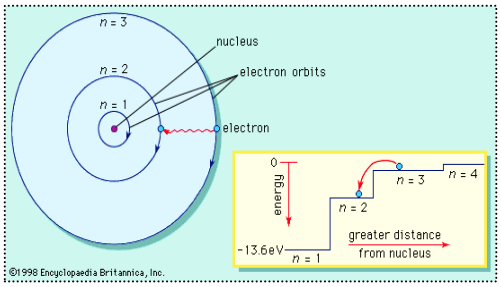
1.5.1.เส้นสเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย

การศึกษาสีของเปลวไฟที่เกิดขึ้นจากการเผาสาร มักจะเห็นเพียงสีเดียวซึ่งเป็นสีที่เห็นเด่นชัดที่สุด แต่ถ้าใช้สเปกโตรสโคป ซึ่งเป็นเครื่องมือแยกสีตามความถี่ของแสง จะเห็นเป็นเส้นที่มีสีต่าง ๆ กันหลายเส้นซึ่งเรียกว่า **<u>เส้นสเปกตรัม</u>** แต่อย่างไรก็ตามเส้นสเปกตรัมที่เด่นชัดมีความเข้มของสีมากที่สุด จะเป็นสีเดียวกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า



ตาราง สีของเปลวไฟที่เกิดจากการเผาสารเมื่อดูด้วยตาเปล่าและใช้เส้นสเปกโตรสโคป

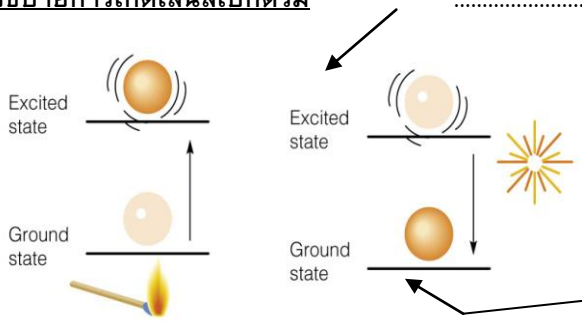
สารประกอบ	สีของเปลวไฟ เมื่อดูด้วยตาเปล่า	สีของเส้นสเปกตรัม ที่เด่นชัดที่สุด
$BaCl_2$	เขียวอมเหลือง	เขียว
$BaCO_3$	เขียวอมเหลือง	เขียว
$CaCl_2$	แดงอิฐ	แดงเข้ม
$CaSO_4$	แดงอิฐ	แดงเข้ม



สรุป.....

.....

<u>การอธิบายการเกิดเส้นสเปกตรัม</u> .....

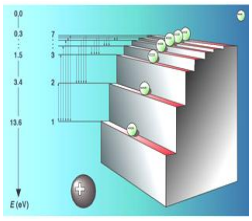


ถ้าให้ ΔE = พลังงานที่อิเล็กตรอนคายออกหรือได้รับเข้าไป

$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$

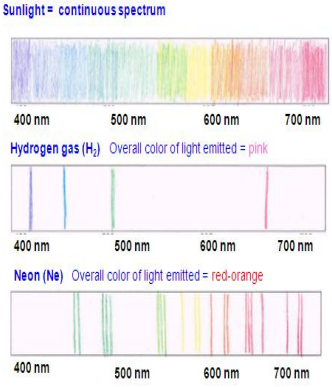
$= h\frac{c}{\lambda}$

.....



ตาราง ความยาวคลื่นและพลังงานของเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจน

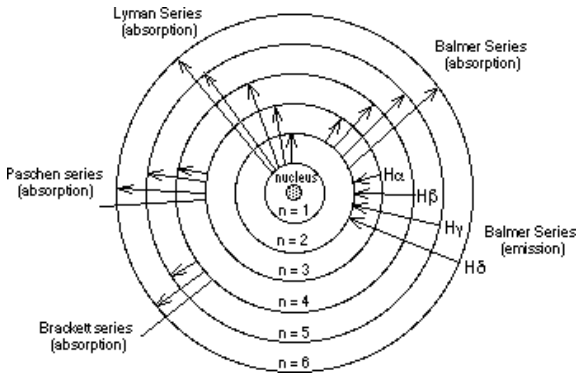
สีของสเปกตรัม	ความยาวคลื่น (nm)	พลังงาน (kJ)	ผลต่างระหว่างพลังงานของเส้นสเปกตรัมที่อยู่ถัดกัน(kJ)
สีม่วง	410	4.84×10^{-22}	2.7×10^{-23}
สีน้ำเงิน	434	4.57×10^{-22}	4.9×10^{-23}
สีน้ำทะเล	486	4.08×10^{-22}	10.6×10^{-23}
สีแดง	656	3.02×10^{-22}	

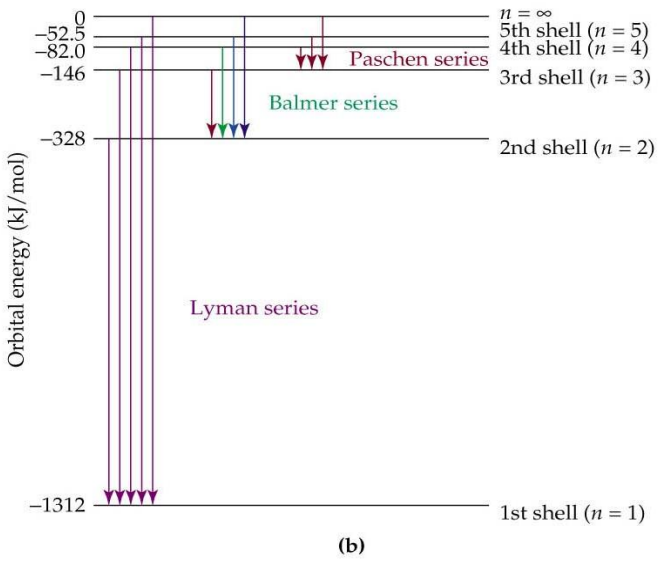


การที่ไฮโดรเจนมีเส้นสเปกตรัมให้เห็นถึง 4 เส้น แสดงว่าภายในอะตอมจะต้องไม่ได้มีเพียง 2 ระดับพลังงานเท่านั้น แต่คงจะต้องมีมากกว่านี้ และการที่ความยาวคลื่นไม่ได้ต่อเนื่องกัน แสดงว่าระดับพลังงานในอะตอมควรจะเป็นช่วงไม่ต่อเนื่องกัน ระดับพลังงานในอะตอมของไฮโดรเจนจะต้องมีระดับที่ 3 , 4 , ... ต่อ ๆ ไป ซึ่งจัดเป็นชั้น ๆ การที่มีระดับพลังงานหลายระดับ แต่ละระดับมีค่าพลังงานคงที่ทำให้ผลต่างระหว่างระดับพลังงานคู่หนึ่ง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน แต่เป็นค่าคงที่ เช่น $\Delta E = E_2 - E_1$ หรือ $\Delta E = E_3 - E_1$ เป็นต้น

<u>สรุป</u> 1. ยิ่งระดับพลังงานสูงขึ้น ความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานยิ่งน้อยลง นั่นคือ ระดับพลังงานยิ่งสูงยิ่งอยู่ชิดกันมาก

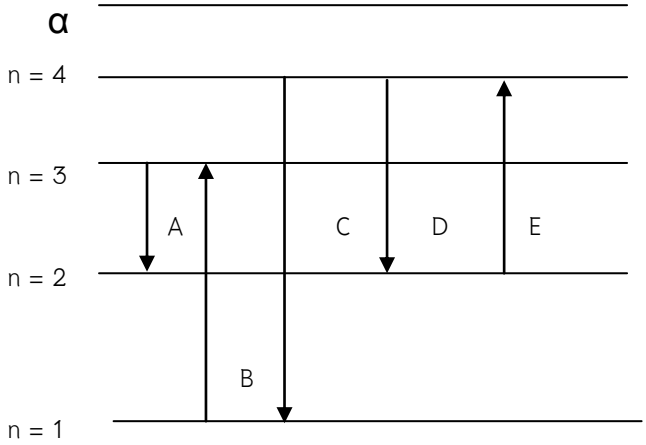
2. Electron ที่อยู่ระดับพลังงานต่ำ จะเสถียรกว่า electron ที่มีระดับพลังงานสูง แสดงว่า electron ที่อยู่ใกล้นิวเคลียสจะมีพลังงานน้อยกว่า electron ที่อยู่ไกลนิวเคลียส





<u>เพิ่มเติม</u> การคิดจำนวนเส้นสเปกตรัม

โจทย์เพิ่มเติม จงพิจารณาการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ดังรูป แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



<u>เพิ่มเติม แบบจำลองอะตอม</u>
<u>ของ Summer field</u>

1. การกระโดดของอิเล็กตรอนช่วงใด ที่พลังงานถูกดูดไว้มากที่สุด คือ .....
2. ถ้าสเปกตรัมที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่ตามองเห็นได้ ควรจะมีเส้นสเปกตรัมสีต่างๆที่ปรากฏให้เห็นกี่เส้น .....
3. เส้นสเปกตรัมเส้นใด ควรจะมีพลังงานสูงที่สุด คือ .....
4. สเปกตรัมที่มีความยาวคลื่น ยาวที่สุด คือ.....
5. เรียงลำดับสเปกตรัมที่มีความถี่มากไปน้อย.....
6. ถ้า อิเล็กตรอน จาก n = 3 ไป n = 1 จะมีพลังงาน.....กว่า จาก จาก n = 4 ไป n = 2

โจทย์ประยุกต์

การให้พลังงานแก่อิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจน พบว่า อิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนระดับพลังงานขึ้นไปสู่สถานะกระตุ้นที่ 6 หลังจากปล่อยให้อิเล็กตรอนคายพลังงาน พบว่าได้เส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน 15 เส้น จากข้อมูลข้างต้น

ข้อใดถูก (A –Net)

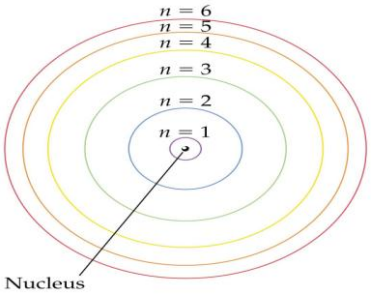
1. เส้นสเปกตรัมทั้ง 15 เส้น จะอยู่ในช่วงคลื่นอินฟาเรด
2. เส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด จะได้จากการเปลี่ยนระดับพลังงานจาก n = 6 ไป n = 1
3. เส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่นยาวที่สุด จะได้จากการเปลี่ยนระดับพลังงานจาก n = 2 ไป n = 1
4. การเปลี่ยนระดับพลังงานจาก n = 6 ไป n = 4 จะคายพลังงาน = การเปลี่ยนระดับพลังงานจาก n = 3 ไป n = 1

แบบจำลองอะตอมของนีลส์ โบร์

ปี พ.ศ.2428 – 2505 **นีลส์ โบร์** (Neils Bohr) นักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์ก นำเสนอแบบจำลองอะตอม ดังนี้

.....

.....

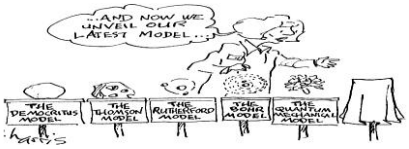


(รูป แบบจำลองอะตอมของโบร์)

แบบจำลองอะตอมของนิลส์ โบร์ ทำให้เห็นมโนภาพเกี่ยวกับการจัดอิเล็กตรอนภายในอะตอมรอบ ๆนิวเคลียส ซึ่งเปรียบเสมือนกับระบบสุริยจักรวาลที่มีดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางและมีดาวเคราะห์โคจรอยู่รอบ ๆ นอกจากนี้ โบร์ยังได้กำหนดสัญลักษณ์สำหรับพลังงานชั้นต่าง ๆ ไว้ด้วย โดยให้ระดับพลังงานที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุดเป็นชั้น K และชั้นถัด ๆ ไปเป็นชั้น L , M , N , ...ซึ่งในปัจจุบันเรียกระดับพลังงานที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุดว่าระดับพลังงาน n = 1 และระดับถัดออกไปเป็น n = 2 , n = 3 , ตามลำดับ

แบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e}\left[\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}\right]+V(x,y,z)\psi=E\psi$$



Erwin Shroedinger

(1887 - 1961)

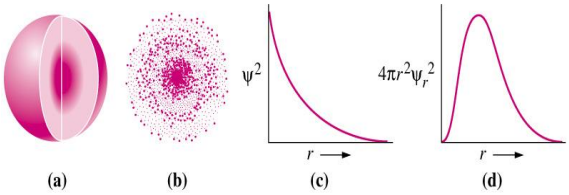
แบบจำลองอะตอมของโบร์ ใช้อธิบายเกี่ยวกับเส้นสเปกตรัมของธาตุไฮโดรเจนได้ดี แต่ไม่สามารถอธิบายเส้น สเปกตรัมของอะตอมที่มีหลายอิเล็กตรอนได้ จึงได้มีการศึกษาเพิ่มเติมทางกลศาสตร์ควอนตัม แล้วสร้างสมการสำหรับใช้คำนวณโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ ขึ้นมา จนได้แบบจำลองใหม่ ที่เรียกว่า **แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก** คือ

.....

.....

.....

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสอาจเป็นรูปทรงกลมหรือรูปอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับระดับพลังงานของอิเล็กตรอน แต่ผลรวมของกลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนทุกระดับพลังงาน จะเป็นรูปดังภาพ



แนวข้อสอบ

1. ข้อใดแสดงความแตกต่างระหว่างแบบจำลองอะตอมของทอมสันกับรัทเทอร์ฟอร์ด (ENT)

1. ชนิดของอนุภาคในอะตอม
2. จำนวนอนุภาคในอะตอม
3. ขนาดของอนุภาคในอะตอม
4. ตำแหน่งของประจุไฟฟ้าของอนุภาคในอะตอม

2. เมื่อนำสารประกอบของโลหะบางชนิดมาเผาไฟ จะเห็นเปลวไฟเป็นสีต่างๆ บางชนิดให้สีเหลือง บางชนิดให้สีเขียว ฯลฯ ข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว ข้อใดถูกต้อง(ENT)

1. สารประกอบต่างชนิดกัน จะให้เปลวไฟต่างสีกันเสมอ
2. สีของเปลวไฟมีความสัมพันธ์กับสีของสารประกอบนั้น
3. สีของเปลวไฟที่เห็นนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานของธาตุ ซึ่งมีหลายระดับและช่วงห่างเท่าๆกัน
4. ธาตุชนิดหนึ่งอาจให้สเปกตรัมมากกว่าหนึ่งเส้น แต่จะเห็นรวมเป็นแสงสีหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของธาตุ

3.จากข้อเสนอเกี่ยวกับระดับพลังงานของอิเล็กตรอน และแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ทำให้ข้อสรุปใดเป็นไปได้ถูกต้องที่สุด

1. ขอบเขตที่แน่นอนของอะตอม คือบริเวณที่มีหมอกทึบที่สุด
2. อิเล็กตรอนของระดับพลังงานใดก็จะคงอยู่ในระดับพลังงานของตนตลอดเวลา
3. โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนทั้งหมดในบริเวณที่มีหมอกทึบมีมาก
4. โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนกลุ่มหนึ่งซึ่งมีช่วงระดับพลังงานใกล้เคียงกันในบริเวณหนึ่งมีมากกว่าในบริเวณอื่น

1.6.การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

สูตร การจัดเรียงจำนวน e = $2n^2$ (กำหนด n = ระดับพลังงานของ e)

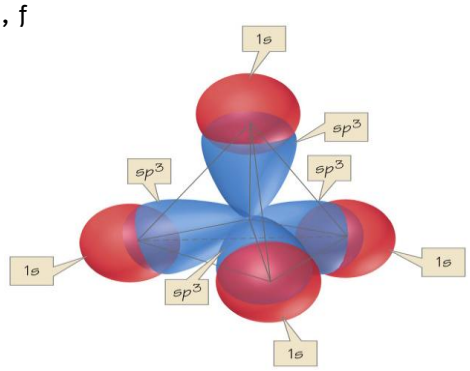
ในการจัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก ทำให้แต่ละระดับพลังงานมีจำนวนอิเล็กตรอนมาก จึงเกิดปัญหาว่าอิเล็กตรอนเหล่านั้นอยู่ในระดับพลังงานเดียวกันได้อย่างไร ทำไมจึงไม่ผลักกัน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับระดับพลังงานย่อยเพื่อกระจายอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานหลัก เข้าสู่ระดับพลังงานย่อย โดยอาศัยรูปแบบโคจรของอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียสเป็นเกณฑ์ในการแบ่งอิเล็กตรอนเป็นกลุ่มย่อย ๆ และเรียกรูปแบบวงโคจรนี้ว่า **ออร์บิทัล** (Orbital) โดย 1 ออร์บิทัล จะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกิน 2 อิเล็กตรอน ระดับพลังงานย่อยมี 4 ระดับ คือ **s , p, d , f**

S (sharp) มี .....ออร์บิทัล บรรจุ e ได้สูงสุด .....e

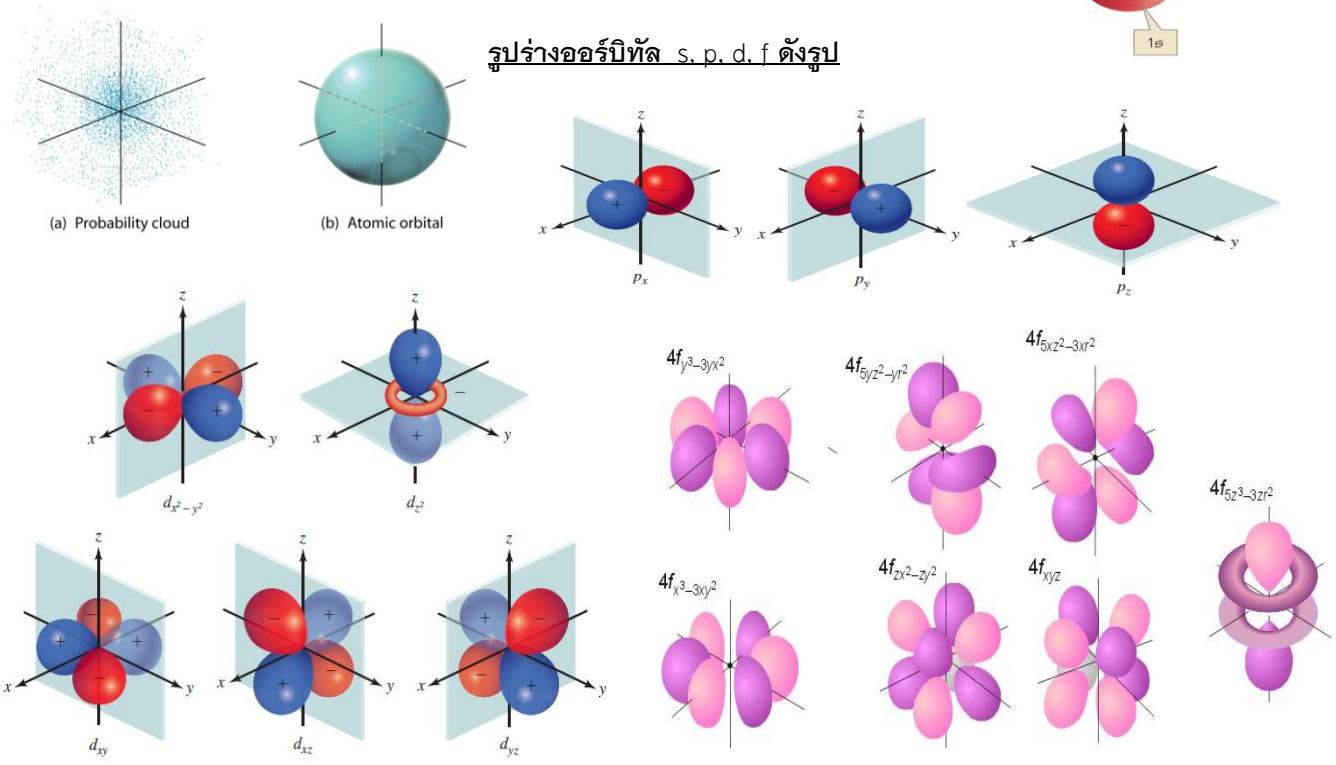
P (principal) มี .....ออร์บิทัล บรรจุ e ได้สูงสุด .....e

d (diffuse) มี .....ออร์บิทัล บรรจุ e ได้สูงสุด ..... e

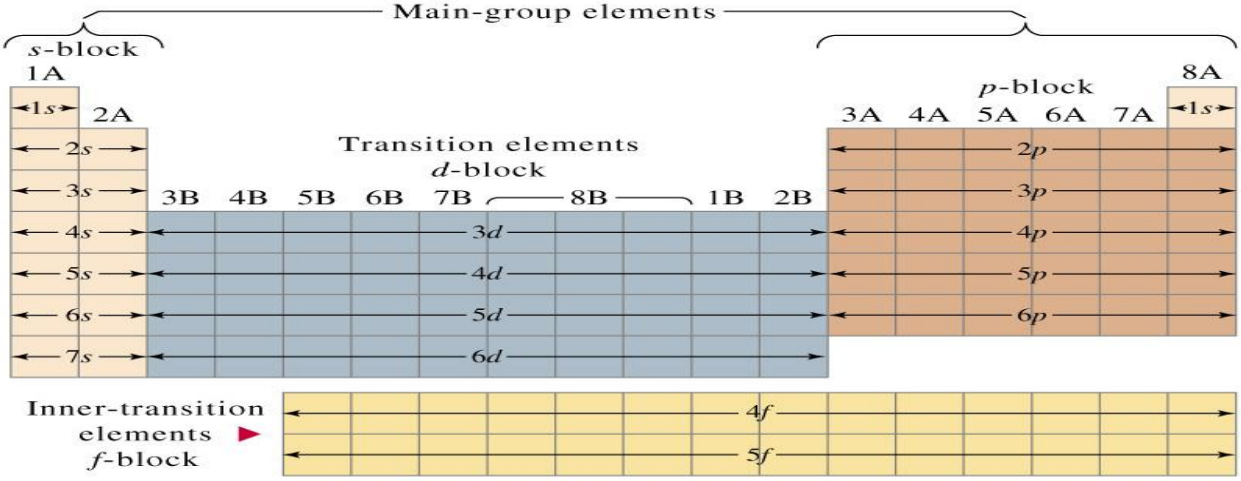
f (fundamental)มี .....ออร์บิทัล บรรจุ e ได้สูงสุด ..... e



รูปร่างออร์บิทัล s, p, d, f **ดังรูป**



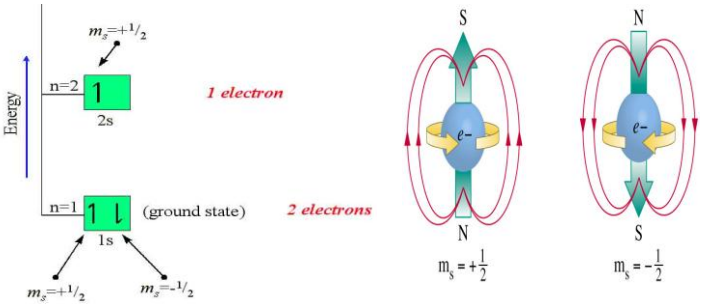
(ระดับพลังงานย่อย จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในระดับพลังงานย่อยและในแต่ละระดับพลังงาน)



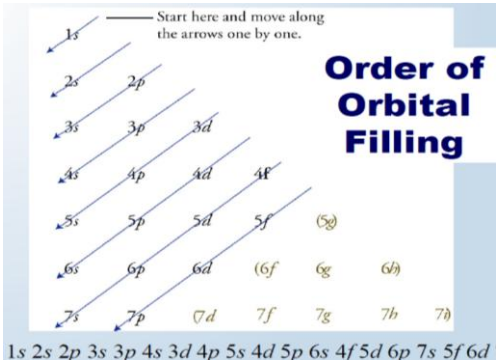
หลักการสำคัญในการบรรจุอิเล็กตรอน

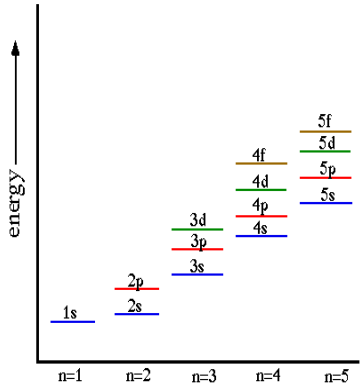
1. **หลักการกีดกันของเพาลี** ในการบรรจุอิเล็กตรอน คือ ในแต่ละออร์บิทัลจะบรรจุอิเล็กตรอนได้อย่างมากที่สุด 2 ตัว (มีสปินต่างกัน)

- ใช้เครื่องหมาย ↑ แทน อิเล็กตรอนที่มีสปินขึ้น (spin up)
- ใช้เครื่องหมาย ↓ แทน อิเล็กตรอนที่มีสปินลง (spin dow
- ใช้เครื่องหมาย 1 แทน อิเล็กตรอนเดี่ยวในออร์บิทัล
- ใช้เครื่องหมาย ↑↓ แทน อิเล็กตรอนคู่ในออร์บิทัล



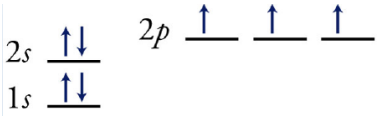
2.**หลักของเอาฟบาว** บรรจุอิเล็กตรอนใน ออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานต่ำสุดที่ยังว่างก่อน (เรียง ลำดับออร์บิทัลตามลูกศรในรูปข้างล่าง) จนครบจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมดในอะตอมนั้น การจัดเรียงแบบนี้จะทำให้อะตอมมีสถานะเสถียรที่สุดเพราะพลังงานรวมทั้งหมดของอะตอมมีค่าต่ำสุด

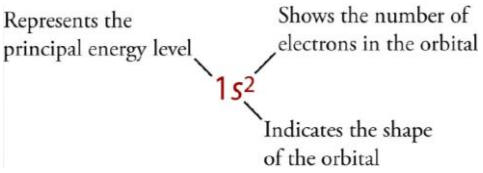




3.**หลักของฮุนด์** คือ " การบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานเท่ากัน จะบรรจุในลักษณะที่ทำให้มีอิเล็กตรอนเดี่ยวมากที่สุด "

$_{7}N$ = 2 , 5





4. การบรรจุอิเล็กตรอนที่ทุกๆออร์บิทัล มีระดับพลังงานเป็น **degenerate** (ระดับพลังงานเท่ากัน) ทุกออร์บิทัลอาจมีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม (2 อิเล็กตรอนต่อ 1 ออร์บิทัล) หรือมีอิเล็กตรอนอยู่เพียงครึ่งเดียว (1 อิเล็กตรอนต่อ 1 ออร์บิทัล) เช่น

Ne : $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ เรียกว่า .....Filled configuration

N : $1s^2$, $2s^2$, $2p^3$ ↑↓ ↑↓ 1 1 1 เรียกว่า .....Half- Filled configuration

เพิ่มเติม การบรรจุอิเล็กตรอนแบบต่างๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 11 ให้นักเรียนฝึกใช้หลัก s p d f notation ในการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุที่กำหนดให้

1. $_{11}Na$
2. $_{35}Br$
3. $_{24}Cr$
4. $_{29}Cu$

ตัวอย่างที่ 12 นักเรียนลองฝึกเขียน Orbital diagram ของธาตุที่กำหนดให้

1. $_{6}C$
2. $_{8}O$
3. $_{10}Ne$
4. $_{11}Na$
5. $_{13}Al$
6. $_{14}Si$
7. $_{17}Cl$
8. $_{18}Ar$
9. $_{19}K$
10. $_{20}Ca$

ตัวอย่างที่ 13 จงเขียน electron configuration ของกำมะถัน ที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 16 โดยใช้ s p d f notation , Orbital diagram และ Noble gas core abbreviated electron configuration

วิธีทำ s p d f notation =

Orbital diagram =

Noble gas core abbreviated electron configuration =

Summary of Allowed Combinations of Quantum Numbers

n	l	m_l	subshell	Number of orbitals in the subshell	Number of electrons need to fill subshell	Total number of elcetrons in subshell
1	0	0	1s	1	1	2
2	0	0	2s	1	2	8
	1	-1, 0, +1	2p	3	6	
3	0	0	3s	1	2	18
	1	-1, 0, +1	3p	3	6	
	2	-2, -1, 0, +1, +2	3d	5	10	
4	0	0	4s	1	2	32
	1	-1, 0, +1	4p	3	6	
	2	-2, -1, 0, +1, +2	4d	5	10	
	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	4f	7	14	

เพิ่มเติม Quantum Number

1. เลขควอนตัมหลัก (The principal quantum number) *n*

n = 1, 2, 3, 4, ...∞

ค่าของ n บอกระดับชั้นพลังงานหลัก (shell) ที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่

2. เลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม (The angular momentum quantum number) l

ค่าของ *l* บอกระดับพลังงานย่อย(subshell) ซึ่งบ่งบอกถึง รูปร่าง ของออร์บิตัล

ค่าของ l จะขึ้นกับค่า n คือมีค่า 0, 1, 2, 3, ... n−1

3. เลขควอนตัมแม่เหล็ก (The magnetic quantum number) m_l

ค่าของ m_l แสดงการวางตัว (orientation) ของออร์บิตัลที่มีระดับพลังงานเท่ากัน (degeneracy)

m_l จะขึ้นกับค่า l คือมีค่า +l, ..., 0, ... −l จำนวน (2l + 1) ค่า

แนวข้อสอบ

1. ธาตุ M มีระดับพลังงาน (ที่อิเล็กตรอนบรรจุอยู่) 4 ระดับ มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 ถ้าธาตุ M มีมวลเท่ากับ 40 ข้อสรุปต่อไปนี้ใดถูกต้อง (ENT)

1. ธาตุ M มีอิเล็กตรอน 20 ตัว
2. ธาตุ M มีนิวตรอน 20 ตัว
3. สัญลักษณ์เคลียร์คือ $^{40}_{20}M$
4. ถูกต้องทั้ง 1 , 2 และ 3

2. ธาตุใดต่อไปนี้จะมีอิเล็กตรอน 4 อิเล็กตรอน ในระดับพลังงานที่ 4

1. $_{6}C$ 2. $_{32}Ge$ 3. $_{36}Kr$ 4. $_{26}Fe$

4. พิจารณาอะตอมและไอออนต่อไปนี้ (A-Net '50)

$_{25}A^{2+}$ $_{15}B$ $_{16}C^{2-}$ $_{44}D$ อะตอมหรือไอออนใดมีจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวมากที่สุด

1. A^{2+} 2. B 3. C^{2-} 4. D

5. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูก (PAT 2)

1. ออร์บิทัลชนิด d จะเริ่มมีในระดับพลังงาน n=3
2. ระดับพลังงานย่อย f ในระดับพลังงาน n=3 มีจำนวน 7 ออร์บิทัล
3. ในระดับพลังงาน n=3 มีจำนวนออร์บิทัลทั้งหมด 9 ออร์บิทัล
4. ในระดับพลังงาน n=4 มีจำนวนพลังงานย่อย 4 ระดับ

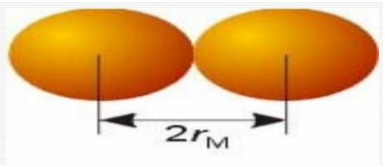
1.7. สมบัติของธาตุในตารางธาตุ

1.7.1. ขนาดอะตอม

จากแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก อะตอมมีขอบเขตที่ไม่แน่นอน ระยะระหว่างนิวเคลียสถึงผิวอะตอมมีค่าไม่คงที่ ทำให้หาขนาดของอะตอมที่แท้จริงไม่ได้ จากแบบจำลองของอะตอมตามทฤษฎีของโบร์ อิเล็กตรอนในไฮโดรเจนอะตอมอาจมีพลังงานได้หลายค่า ขนาดอะตอมของไฮโดรเจนจึงขึ้นอยู่กับว่าอิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานใด ถ้าอยู่ในระดับพลังงานสูง จะอยู่ห่างจากนิวเคลียสมาก ขนาดอะตอมจะใหญ่ และถ้าอยู่ในระดับพลังงานต่ำ จะอยู่ใกล้นิวเคลียส ขนาดอะตอมจะเล็ก ดังนั้นจึงทำให้หาขนาดของอะตอมที่แท้จริงไม่ได้

ในทางปฏิบัตินิยมบอกขนาดอะตอมด้วยรัศมีอะตอม โดยพิจารณาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของโมเลกุลอะตอมคู่ หรือ อะตอม 2 อะตอมที่อยู่ชิดกัน โดยแบ่งรัศมีอะตอมเป็น 3 ประเภท

1.รัศมีโลหะ (metallic radii) เนื่องจากโลหะมีการจัดเรียงอะตอมแบบชิดกัน รัศมีอะตอมโลหะจึงหาได้จากความยาวพันธะโลหะหารด้วย 2 หรือระยะระหว่างนิวเคลียสของโลหะ 2 อะตอมหารด้วย 2

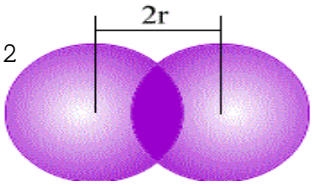


(รูป รัศมีอะตอมของโลหะ)

2.รัศมีโคเวเลนซ์ (covalent radii) ได้จากความยาวของพันธะโคเวเลนซ์หารด้วย 2 หรือ ระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอม 2 อะตอมที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนซ์หารด้วย 2

เช่น ความยาวพันธะของ Cl – Cl = 198 พิโคเมตร (pm)

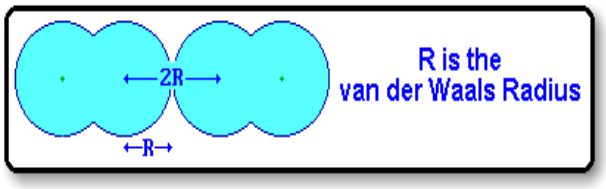
เพราะฉะนั้น รัศมีโคเวเลนต์ของ Cl = 198/2 = 99 พิโคเมตร



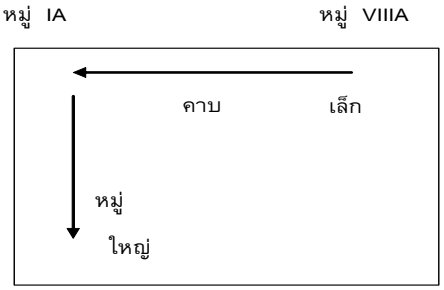
(รูป รัศมีโคเวเลนซ์)

3. รัศมีวันเดอร์วาลส์ (van der wall radii) ได้จากความยาวระหว่างนิวเคลียสของอโลหะ 2 อะตอม ที่ไม่เกิดพันธะกันหารด้วย 2

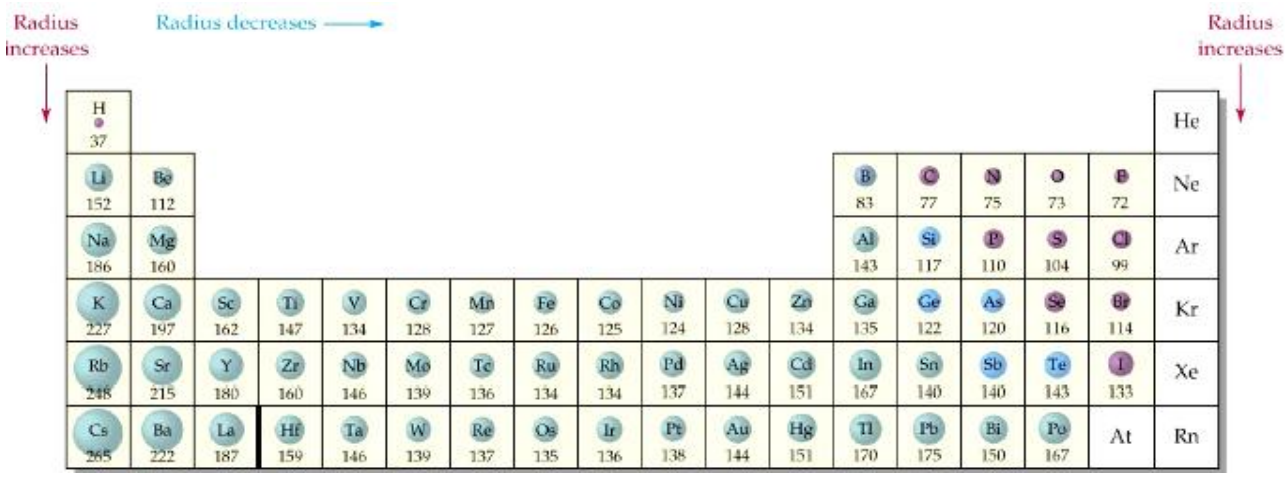
เช่น รัศมีวันเดอร์วาลส์ของ Cl = 155 พิโกเมตร



(รูป รัศมีวันเดอร์วาลส์)

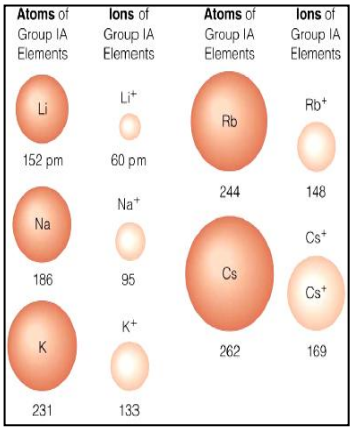


ถ้าพิจารณาธาตุทุกๆ หมู่และทุกๆ คาบในตารางธาตุ อาจแสดงแนวโน้มของ **ขนาดอะตอม** ได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



(รูป แผนภาพแสดงแนวโน้มของขนาดอะตอมในตารางธาตุ)

ขนาดไอออน



1. ไอออนบวก หรือ ไอออนของโลหะ จะมีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับอะตอมเดิม เนื่องจากโลหะเมื่อเสียอิเล็กตรอน กลายเป็นไอออนบวก ระดับพลังงานลดลง ขนาดจึงเล็กลง

เช่น Na 2, 8, 1 มีรัศมีอะตอม 190 pm

Na^+ 2, 8 มีรัศมีไอออน 98 pm

2. ไอออนลบหรือไอออนของอโลหะ จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอะตอมเดิม เนื่องจากอโลหะเมื่อรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามาทำให้แรงดึงดูดระหว่าง อิเล็กตรอนกับนิวเคลียสลดลง ขนาดจึงใหญ่ขึ้น เช่น Cl 2, 8, 7 มีรัศมีอะตอม 99 pm

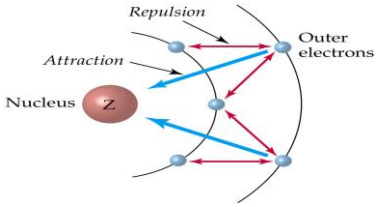
Cl^- 2, 8, 8 มีรัศมีไอออน 181 pm

3. ไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน

เลขอะตอม	6	7	8	9	11	12	13
ไอออน	C^{4-}	N^{3-}	O^{2-}	F^-	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}
จำนวนอิเล็กตรอน	10	10	10	10	10	10	10
รัศมีไอออน (pm)	260	171	140	136	98	65	45

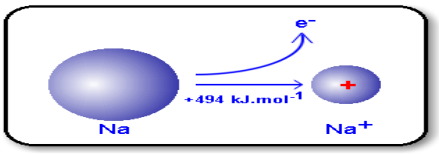
จากตาราง จะเห็นได้ว่า ขนาดของไอออนที่มี 10 อิเล็กตรอนเท่ากัน เรียงลำดับจากเล็กไปหาใหญ่ คือ

ตอบ .....



<u>สรุป</u> สำหรับไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน
- ไอออนที่มีประจุลบมากที่สุด จะมีขนาด.....
- ไอออนที่มีประจุบวกมากที่สุด จะมีขนาด.....

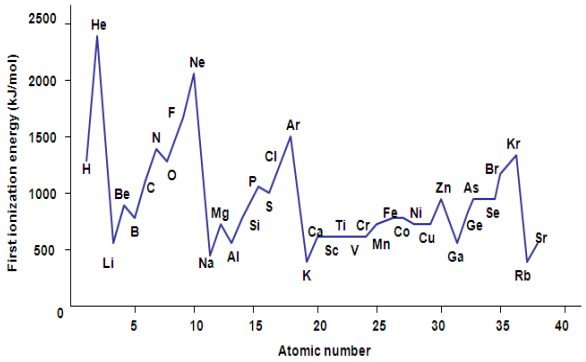
1.7.2.พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization



พลังงานไอออไนเซชัน หมายถึง .....

.....

เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้ $X(g) + IE \rightarrow X^+(g) + e^-$, **IE คือ พลังงานไอออไนเซชัน**



.....

.....

.....

.....

.....

สรุป ⟹ อะตอมใดมีขนาดเล็ก จะทำให้ดึง e- ออกยาก ⟹ IE.....

⟹ อะตอมใดมีขนาดใหญ่ จะทำให้ดึง e- ออกง่าย ⟹ IE.....

เพิ่มเติม

*** **คำถามทบทวน** พลังงานไอออไนเซชัน 6 ลำดับของคาร์บอนมีค่าดังนี้ 1.093 , 2.359 , 4.627 , 6.229 ,37.838 , 47.285 เหตุใดพลังงานไอออไนเซชันที่ 4 จึงมีค่าต่างจากพลังงานไอออไนเซชันที่ 5 มาก

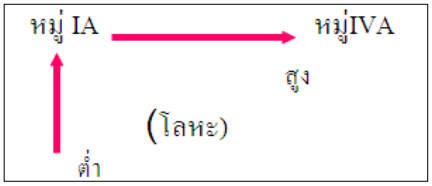
ตอบ.....

1.7.3. ความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับตารางธาตุ

การเปลี่ยนแปลงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของธาตุต่างๆ ในตารางธาตุตามหมู่และคาบซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ธาตุในหมู่เดียวกัน

1.1. โลหะในหมู่เดียวกัน คือ หมู่ IA , IIA, และ IIIA

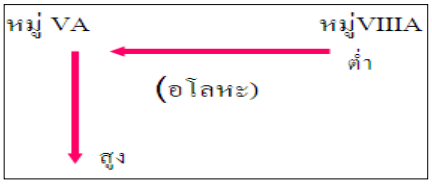


" จุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีแนวโน้ม.....

เมื่อเลขอะตอม....."

เนื่องจากความแข็งแรงของพันธะโลหะลดลง เพราะมีขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น

1.2. อโลหะในหมู่เดียวกัน คือ หมู่ VIA , VIIA, และ VIIIA



" จุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีแนวโน้ม.....

เมื่อเลขอะตอม....."

เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลคือ.....

.....

2. ธาตุในคาบเดียวกัน

2.1. โลหะในคาบเดียวกัน คือ โลหะในหมู่ IA , IIA, และ IIIA ในคาบต่างๆ

"จุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีแนวโน้ม.....เมื่อเลขอะตอม....."

เนื่องจากมีพันธะโลหะที่แข็งแรงมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอะตอมมีขนาดเล็กลงและมีจำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น

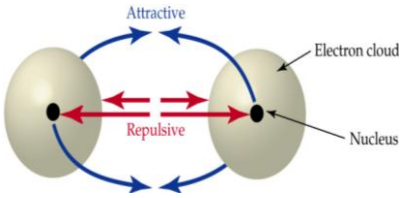
2.2. อโลหะในคาบเดียวกัน คือ อโลหะ หมู่ VA, VIA , VIIA, และ VIIIA

"จุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีแนวโน้ม.....เมื่อเลขอะตอม....."

เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลคือ แรงวันเดอร์วาลส์มีค่า..... เพราะขนาดของโมเลกุลเล็กลง

ข้อควรจำ โดยเฉพาะก๊าซเฉื่อยเป็นก๊าซประเภทโมเลกุลเดี่ยว และมีขนาดเล็ก มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือด.....

1.7.3.อิเล็กโทรเนกาติวิตี (Electronegativity)



อิเล็กโทรเนกาติวิตี คือ .....

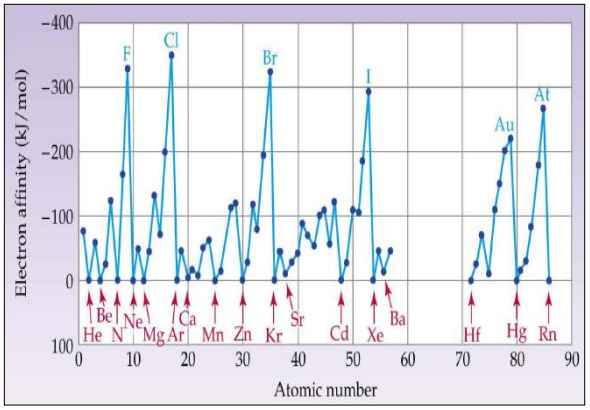
.....

.....

ธาตุที่มี EN สูงกว่าจะแสดงอำนาจไฟฟ้า..... ส่วนธาตุที่มี EN ต่ำกว่า จะแสดงอำนาจไฟฟ้า.....

ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กโทรเนกาติวิตีกับตารางธาตุ

1 H 2.1																	2 He –
3 Li 1.0	4 Be 1.5											5 B 2.0	6 C 2.5	7 N 3.0	8 O 3.5	9 F 4.0	10 Ne –
11 Na 0.9	12 Mg 1.2											13 Al 1.5	14 Si 1.8	15 P 2.1	16 S 2.5	17 Cl 3.0	18 Ar –
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.3	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.6	25 Mn 1.5	26 Fe 1.8	27 Co 1.8	28 Ni 1.8	29 Cu 1.9	30 Zn 1.6	31 Ga 1.6	32 Ge 1.8	33 As 2.0	34 Se 2.4	35 Br 2.8	36 Kr –
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.4	41 Nb 1.6	42 Mo 1.8	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.2	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.7	50 Sn 1.8	51 Sb 1.9	52 Te 2.1	53 I 2.5	54 Xe –
55 Cs 0.7	56 Ba 0.9	57–71 La–Lu 1.1–1.2	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2	86 Rn –
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89–102 Ac–No 1.1–1.7															



(รูป แสดงค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุต่างๆ ในตารางธาตุ)

สรุปเพิ่มเติม

-ธาตุในหมู่เดียวกัน

.....

-ธาตุในคาบเดียวกัน

.....

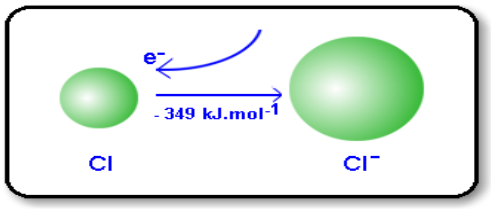
1.7.5.อิเล็กตรอนอัฟฟินิตี (Electron

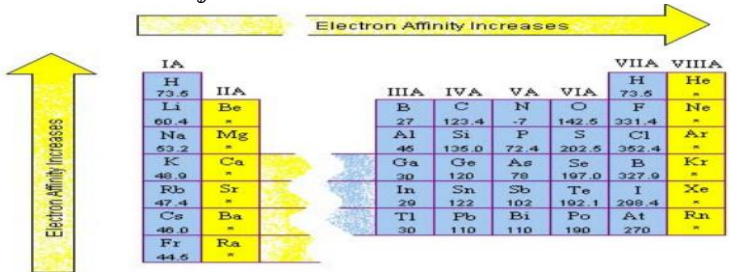
อิเล็กตรอนอัฟฟินิตี (electron affinity) หมายถึง .....

.....สัญลักษณ์ คือ .....

เขียนเป็นสมการ ดังนี้ $X(g) + e^- \rightarrow X^-(g)$ **+ พลังงาน , พลังงาน คือ พลังงานอิเล็กตรอนอัฟฟินิตี**

หน่วยจะเหมือนกับพลังงานไอออไนเซชันคือ kJ/mol หรือ หน่วยที่ใหญ่กว่า MJ/mol และหน่วยที่เล็กกว่าคือ eV





เพิ่มเติม

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 14 ก ข ค ง จ ฉ ช ซ เป็นธาตุในคาบเดียวกันเรียงจากหมู่ 1A ถึงหมู่ 8A นักเรียนฝึกตอบคำถาม ดังนี้

1. ธาตุใดมีพลังงานไอออนเซชันสูงที่สุด คือ .....
2. ขนาดอะตอมจากเล็กไปใหญ่เรียงได้อย่างไร .....
3. ธาตุใดมีสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนสูงที่สุด คือ .....

ตัวอย่างที่ 15 A B C D E เป็นธาตุในหมู่เดียวกันเรียงจากบนลงล่าง นักเรียนฝึกตอบคำถาม ดังนี้

1. ลำดับจุดเดือด – จุดหลอมเหลวในกรณีเป็นโลหะเรียงได้อย่างไร

.....

2. ลำดับจุดเดือด – จุดหลอมเหลวในกรณีเป็นอโลหะเรียงได้อย่างไร

.....

3. ธาตุใดมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงที่สุด คือ .....
4. ธาตุใดมีพลังงานไอออนเซชันต่ำที่สุด คือ .....

ตัวอย่างที่ 16 ในคาบที่ 2 ธาตุใดมีจุดเดือด– จุดหลอมเหลวสูงที่สุด เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ตอบ.....

เลขออกซิเดชัน (Oxidation number)

เลขออกซิเดชัน คือ..... .....

.....

เกณฑ์กำหนดค่าเลขออกซิเดชันของธาตุต่าง ๆ .....*ต้องฝึกท่องจำกฎเกณฑ์นี้ให้ได้นะครับ*

1. ธาตุอิสระทุกชนิด มีเลขออกซิเดชัน = 0 เช่น .....
2. เลขออกซิเดชันของไอออน = ประจุของไอออน เช่น .....
3. เลขออกซิเดชันของธาตุบางชนิดในสารประกอบมีค่าเฉพาะตัวดังนี้
   3.1 เลขออกซิเดชันของ โลหะหมู่ IA , IIA, IIA มีค่าเท่ากับ +1 , +2 ,+3 ตามลำดับ
   3.2 เลขออกซิเดชันของออกซิเจน (O) ในสารประกอบทั่วไปมีค่าเท่ากับ –2 ยกเว้น
   – สารประกอบเปอร์ออกไซด์ เช่น

   – สารประกอบซูเปอร์ออกไซด์ เช่น

   3.3 เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจน.....
4. ในสารประกอบใดๆ “ **ผลรวมของเลขออกซิเดชันของทุกอะตอมเท่ากับศูนย์** ”
5. ในไอออนที่ประกอบด้วยอะตอมมากกว่า 1 ชนิด “ **ผลรวมของเลขออกซิเดชันของทุกๆ อะตอมเท่ากับประจุของไอออน**”

ตัวอย่างที่ 17 ให้นักเรียนฝึกหาเลขออกซิเดชันของธาตุ S ในสารประกอบ H_2S , H_2SO_4 , $H_2S_2O_3$

วิธีทำ H_2S H_2SO_4 $H_2S_2O_3$

ตัวอย่างที่ 18 จงคำนวณเลขออกซิเดชันของธาตุต่อไปนี้ (กรณี การหาเลข ON ในกลุ่มของไอออน)

1. C ใน CO_3^{2-}

วิธีทำ

2. N ใน NH_4^+

วิธีทำ

3. S ใน HSO_4^-

วิธีทำ

4. Sn ใน SnO_3^{2-}

วิธีทำ

ตัวอย่างที่ 19 ให้นักเรียนฝึกหาเลขออกซิเดชันของธาตุต่อไปนี้

Cr ใน $Cr_2O_7^{2-}$ Fe ใน $Fe(CN)_6^{3-}$ Fe ใน $K_3Fe(CN)_6$ Cr ใน $K_2Cr_2O_7$

Fe ใน Fe_3O_4 Mn ใน Mn_2O_7 Xe ใน $XeOF_4$ Cr ใน CrO_4^{2-}

X ใน $KX(SO_4)_2$ X ใน $[X(NH_3)_6]Cl$ X ใน $[X(H_2O)_6]Br_3$ X ใน $K_2X(CN)_6$

แนวข้อสอบ

1. ธาตุ A ,B และ C มีจำนวนโปรตอน 7 , 12 และ 15 ตามลำดับ การเปรียบเทียบสมบัติของธาตุ A B และ C ข้อใดถูก

   1. ขนาดอะตอม B > A > C
   2. จุดเดือด A > C > B
   3. ค่า EN A > C > B
   4. ค่า IE_1 A > B > C

2. กำหนดให้A B C D E F G และ H เป็นธาตุในตารางนี้

	A			B	C	D		
	E	**ธาตุแทรนซิชัน**			F			
G						H		

การเปรียบเทียบข้อใด**ถูกต้อง** (Ent)

1. ขนาดอะตอม A > B > C
2. ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ D > E > F
3. ค่าพลังงานของไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของ B > C > D
4. ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (ค่าพลังงานที่คายออกมา) ของ G > D > H

3. จาก O^{2-}, F^{-}, Ne, Na^{+}, Mg^{2+} ต่างก็มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน คือ 10 ตัว จงเรียงขนาดอะตอมจากน้อยไปหามาก(Ent)

   1. Mg^{2+} , Na^{+} , F^{-} , Ne, O^{2-}
   2. Mg^{2+} , Na^{+} , Ne , F^{-} , O^{2-}
   3. Mg^{2+} , Na^{+} , F^{-} , O^{2-}, Ne
   4. Mg^{2+} , Ne , Na^{+} , F^{-}, O^{2-}

4. พิจารณาหมู่และคาบของธาตุต่อไปนี้

ธาตุ	หมู่	คาบ
A	1	2
B	2	3
C	2	4
D	5	3
E	6	2

ขนาดอะตอมเรียงจากใหญ่ไปเล็กได้ดังข้อใด(ENT)

1. A 〉 B 〉 C 〉 E
2. C 〉 B 〉 A 〉 D ≅ E
3. C 〉 B 〉 D 〉 E
4. A ≅ C 〉 B 〉 D 〉 E

5.ข้อความใดถูกต้อง(ENT)

1. พลังงานไอออไนเซชันและค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุในหมู่เดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบน
2. พลังงานไอออไนเซชันและค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุในหมู่เดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง
3. พลังงานไอออไนเซชัน ในหมู่เดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ขณะค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีเพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบน
4. พลังงานไอออไนเซชัน ในหมู่เดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบน ขณะค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

6. จงพิจารณาข้อกำหนดต่างๆต่อไปนี้

   ก. ธาตุ A มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น $^{39}_{19}A$

   ข. ธาตุ B มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 8

   ค. ธาตุ X อยู่ในคาบที่ 3 ในตารางธาตุ สูตรของสารประกอบคลอไรด์เป็น XCl_3

   ง. ธาตุ Y มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 6

การเรียงค่าลำดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่หนึ่งในข้อใดถูกต้อง(ENT)

1. B > Y > X > A
2. A > X > Y > B
3. A > Y > X > B
4. B > X > A > Y

บทที่ 2 พันธะเคมี (Chemical Bond)

พันธะเคมี คือ.....

แรงยึดเหนี่ยวทางเคมี

.....

.....

2.1.พันธะไอออนิก (Ionic bond)

พันธะไอออนิก คือ .....

.....

<u>เพิ่มเติม</u> .....

.....

.....

.....

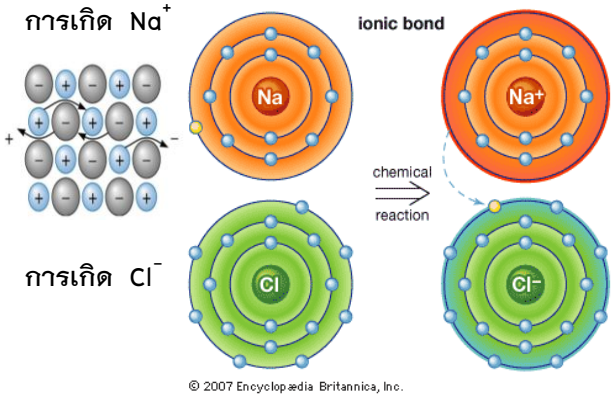
.....

.....

ตัวอย่าง การเกิดสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

การเกิด Na^+

การเกิด Cl^-



<u>รูปแบบการเกิดสารประกอบไอออนิก</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

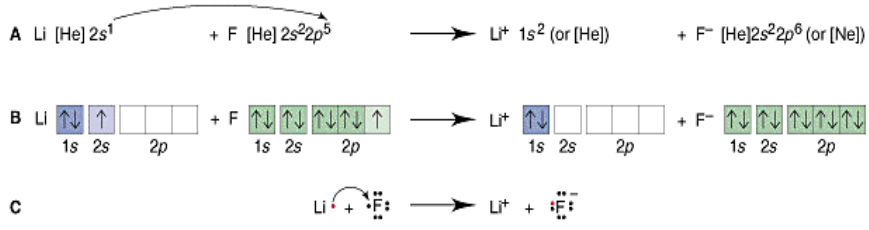
.....

การแสดงแบบจำลองการเกิด มี 3 แบบ คือ

1).....เช่น

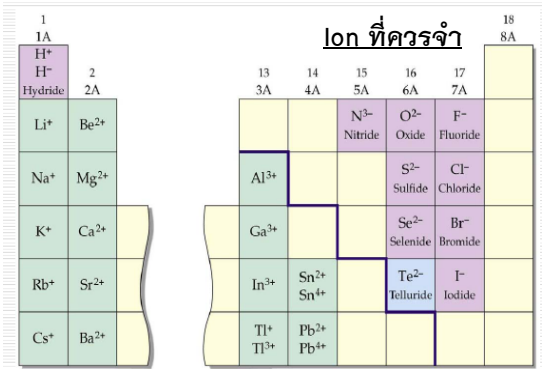
2).....เช่น

3)..... เช่น



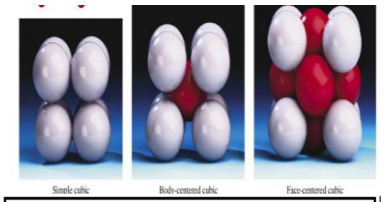
<u>ลองฝึก</u> การเกิดสารประกอบ $MgCl_2$

การเกิดสารประกอบ Na_2O



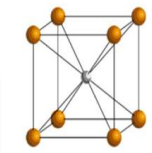
การเกิดสารประกอบ Mg_3N_2

2.2. โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

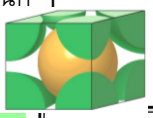


ผลึกสารประกอบไอออนิกมีรูปทรงเป็นรูปลูกบาศก์ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกันเป็นสามมิติแบบต่าง ๆ ไม่สามารถแยกเป็นโมเลกุลเดี่ยว ๆ ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถทราบขอบเขตของไอออนของธาตุต่าง ๆ ใน 1 โมเลกุลได้ แต่สามารถหาออกมาได้ในรูปอัตราส่วนอย่างต่ำของไอออนที่เป็นองค์ประกอบเท่านั้น จึงมีแต่สูตรอย่างง่าย (สูตรเอมพิริกัล) ไม่มีสูตรโมเลกุล จึงใช้สูตรอย่างง่ายแทนสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิก

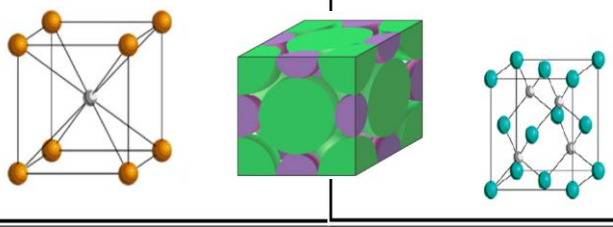
โครงสร้างซีเซียมคลอไรด์ (cesium chloride structure)
- คลอไรด์เรียงตัวแบบ simple cubic structure
- ซีเซียมเรียงตัวแบบ simple cubic hole
- โคออร์ดิเนชัน Cs : Cl = 8 : 8
- เช่น CsCl, CsBr, CsI, RbCl, RbBr, NH_4Cl, NH_4Br



โครงสร้างซีเซียมคลอไรด์ (cesium chloride structure)
- คลอไรด์เรียงตัวแบบ simple cubic structure
- ซีเซียมเรียงตัวแบบ simple cubic hole
- โคออร์ดิเนชัน Cs : Cl = 8 : 8
- เช่น CsCl, CsBr, CsI, RbCl, RbBr, NH_4Cl, NH_4Br



โครงสร้างซิงค์เบลนด์ (zinc blende structure) ZnS
- ซัลไฟด์เรียงตัวแบบ face-centered cubic closest pack
- ซิงค์อยู่ในช่องว่าง tetrahedral hole
- โคออร์ดิเนชัน Zn : S = 4 : 4
- เช่น ZnS, CuF, CuCl, CuBr, CuI, BeS, CdS, AgI, SiC, HgS



อัตราส่วนในการรวมตัว

1. จำนวน M+ : จำนวน X-

- rock salt	Na:Cl = 4:4	NaCl
- CsCl	Cs:Cl = 1:1	CsCl
- Zinc blende	Zn:S = 4:4	ZnS
- Wurzite	Zn:S = 4:4	ZnS
- Fluorite	Ca:F = 4:8	CaF_2

อัตราส่วนในการรวมตัว

2. เลขโคออร์ดิเนชัน X- : เลขโคออร์ดิเนชัน M+

- rock salt	Cl:Na = 6:6	NaCl
- CsCl	Cl:Cs = 8:8	CsCl
- Zinc blende	S:Zn = 4:4	ZnS
- Wurzite	S:Zn = 4:4	ZnS
- Fluorite	F:Ca = 4:8	CaF_2

เพิ่มเติม สมบัติของสารประกอบไอออนิก

.....

.....

.....

.....

2.3. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิก

โลหะรวมกับอโลหะด้วยพันธะไอออนิก เกิดเป็นสารประกอบไอออนิกโดยอะตอมโลหะให้อิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนบวก และอะตอมของอโลหะรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนลบ ดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง ไอออนบวกบางชนิดที่ควรทราบ

ไอออน +1		ไอออน +2		ไอออน +3		ไอออน + 4	
ลิเทียม	Li^+	แมกนีเซียม	Mg^{2+}	อะลูมิเนียม	Al^{3+}	เลด (IV)	Pb^{4+}
โซเดียม	Na^+	แคลเซียม	Ca^{2+}	โครเมียม	Cr^{3+}	ทิน (IV)	Sn^{4+}
โพแทสเซียม	K^+	ซิงค์	Zn^{2+}	(III)	Fe^{3+}	แมงกานีส(IV)	Mn^{4+}
ซิลเวอร์	Ag^+	เลด (II)	Pb^{2+}	ไอร์ออน(III)			
ไฮโดรเจน	H^+	คอปเปอร์(II)	Cu^{2+}				
คอปเปอร์	Cu^+	โคบอลต์ (II)	Co^{2+}				
แอมโมเนีย	NH_3^+	ไอร์ออน(II)	Fe^{2+}				
เมอร์คิวรี (I)	Hg^+/Hg_2^{2+}	ทิน (II)	Sn^{2+}				
		แมงกานีส(II)	Mn^{2+}				
		เมอคิวรี (II)	Hg^{2+}				

ตาราง ไอออนลบบางชนิดที่ควรทราบ

ไอออน – 1		ไอออน – 2		ไอออน –3	
ฟลูออไรด์	F^-	ออกไซด์	O^{2-}	ไนไตรด์	N^{3-}
ไฮดรอกไซด์	OH^-	.....	O_2^{2-}	.....	P^{3-}
ไนเตรต	NO_3^-	ซัลไฟด์	S^{2-}	ฟอสเฟต	PO_4^{3-}
.....	NO_2^-	ซัลเฟต	SO_4^{2-}	อาร์ซิเนต	.....
ไฮโดรเจนคาร์บอเนต	HCO_3^-	ซัลไฟต์	.....	อาร์ซิไนต์	.....
ไฮโดรเจนซัลเฟต	HSO_4^-	ไธโอซัลเฟต	.....		
.....	HSO_3^-	คาร์บอเนต	CO_3^{2-}		
คลอเรต	ClO_3^-	.....	CrO_4^{2-}		
คลอรัส	ClO_2^-	ไดโครเมต	.....		
.....	ClO_4^-	แมงกาเนต	MnO_4^{2-}	**เพิ่มเติม** ไอออน –4	
ไฮโปคลอไรด์	ClO^-	ไฮโดรเจนฟอสเฟต	HPO_4^{2-}	ซิลิเกต	.....
เปอร์แมงกาเนต	MnO_4^-	ออกซาเลต	.....		
ไซยาไนด์	CN^-	ไฮโดรเจนออกซาเลต	.....		
.....	SCN^-	.....	$S_2O_8^{2-}$		
.....	OCN^-				

หลักการเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิก

1.เขียนไอออนบวกของโลหะหรือกลุ่มไอออนบวกไว้ข้างหน้า ตามด้วยไอออนลบของอโลหะ หรือกลุ่มไอออนลบ

ยกเว้น สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นเกลืออะซิเตต (CH_3COO^-)

2. ไอออนบวกและไอออนลบ จะรวมกันในอัตราส่วนที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงต้องหาตัวเลขมาคูณกับจำนวนประจุบนไอออนบวก และไอออนลบให้มีจำนวนประจุเท่ากัน แล้วใส่ตัวเลขเหล่านั้นไว้มุมขวาล่างของแต่ละไอออน ซึ่งทำได้โดยใช้จำนวนประจุบนไอออนบวกและไอออนลบคูณไขว้กัน

3. ถ้ากลุ่มไอออนบวกหรือกลุ่มไอออนลบมีมากกว่า 1 กลุ่ม ให้ใส่วงเล็บ ( ) และใส่จำนวนกลุ่มไว้ที่มุมล่างขวา

เพิ่มเติม – **ธาตุหมู่ 1A รวมตัวกับหมู่ 7A** มีประจุ +1 กับ –1 อัตราส่วนของไอออน คือ 1:1 เช่น.....

– **ธาตุหมู่ 1A รวมตัวกับหมู่ 6A** มีประจุ +1 กับ –2 อัตราส่วนของไอออน คือ 2:1 เช่น .....

– **ธาตุหมู่ 2A รวมตัวกับหมู่ 7A** มีประจุ +2 กับ –1 อัตราส่วนของไอออน คือ 1:2 เช่น.....

– **ธาตุหมู่ 2A รวมตัวกับหมู่ 6A** มีประจุ +2 กับ –2 อัตราส่วนของไอออน คือ 1:1 เช่น .....

– **ธาตุหมู่ 3A รวมตัวกับหมู่ 7A** มีประจุ +3 กับ –1 อัตราส่วนของไอออน คือ 1:3 เช่น .....

– **ธาตุหมู่ 3A รวมตัวกับหมู่ 6A** มีประจุ +3 กับ –2 อัตราส่วนของไอออน คือ 2:3 เช่น .....

โจทย์ข้อที่ 1 นักเรียนลองฝึกเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากการรวมตัวของไอออนแต่ละคู่

	Br^-	$HCOO^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	HPO_4^{2-}	NO_3^-
K^+						
Mg^{2+}						
Ni^{2+}						
NH_4^+						
Fe^{2+}						
Al^{3+}						

การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

มีหลักดังนี้

1. สารประกอบธาตุคู่ (Binary compound)

– ถ้าสารประกอบเกิดจาก ธาตุโลหะที่มีไอออนได้ชนิดเดียวรวมตัวกับอโลหะ ให้อ่านชื่อโลหะที่เป็นไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่ออโลหะที่เป็นไอออนลบโดยลงเสียงพยางค์ท้ายด้วย ไอด์ (ide) เช่น

ออกซิเจน เปลี่ยนเป็น ออกไซด์ (oxide) , ไฮโดรเจน เปลี่ยนเป็น ไฮไดรด์ (hydride)

คลอรีน เปลี่ยนเป็น คลอไรด์ (chloride) , ไอโอดีน เปลี่ยนเป็น ไอโอไดด์ (iodide)

ตัวอย่าง KH อ่านว่า .....

NH_4Cl อ่านว่า .....

– ถ้าสารประกอบที่เกิดจากธาตุโลหะเดียวกันที่มีไอออนได้หลายชนิด รวมตัวกับอโลหะ ให้อ่านชื่อโลหะที่เป็นไอออนบวกแล้วตามด้วยค่าประจุของไอออนโลหะโดยวงเล็บเป็นเลขโรมัน แล้วตามด้วยอโลหะที่เป็นไอออนลบโดยเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็นไอด์ (ide) เช่น Fe เกิดไอออนได้ 2 ชนิด คือ Fe^{2+} และ Fe^{3+}

$FeCl_2$ อ่านว่า .....

$FeCl_3$ อ่านว่า .....

2. สารประกอบธาตุสามหรือมากกว่า (Ternary compound)

– ถ้าสารประกอบเกิดจากไอออนบวกของโลหะ หรือกลุ่มไอออนบวกรวมตัวกับ กลุ่มไอออนลบ ให้อ่านชื่อไอออนบวกของโลหะ (โลหะนั้นเกิดไอออนบวกได้ชนิดเดียว) หรือกลุ่มไอออนบวก แล้วตามด้วยชื่อกลุ่มไอออนลบ เช่น

Na_2SO_4 อ่านว่า ....., KNO_3 อ่านว่า .....

$CaCO_3$ อ่านว่า ....., $Ba(OH)_2$ อ่านว่า .....

– ถ้าสารประกอบเกิดจากโลหะที่เกิดไอออนได้หลายชนิดรวมตัวกับกลุ่มไอออนลบ ให้อ่านชื่อไอออนบวกของโลหะแล้ววงเล็บค่าประจุของไอออนบวกนั้น แล้วจึงอ่านชื่อกลุ่มไอออนลบตามหลัง เช่น Cr เกิดไอออนได้ 2 ชนิด คือ Cr^{2+} กับ Cr^{3+}

$CrSO_4$ อ่านว่า .....

$Cr_2(SO_4)_3$ อ่านว่า .....

Hg เกิดไอออนได้ 2 ชนิดคือ Hg_2^{2+} (Hg^{+}) และ Hg^{2+}

$Hg_2(NO_3)_2$ อ่านว่า .....

$Hg(NO_3)_2$ อ่านว่า .....

โจทย์ข้อที่ 2

1.จงอ่านชื่อของสารประกอบต่อไปนี้

1.1 Bas อ่านว่า..... 1.6 ZnO อ่านว่า.....

1.2 K_2CrO_4 อ่านว่า..... 1.7 CS_2SO_4 อ่านว่า.....

1.3 Cr_2O_3 อ่านว่า..... 1.8 $FeSO_4$ อ่านว่า.....

1.4 $Ca(HSO_3)_2$ อ่านว่า..... 1.9 $Cu(OH)_2$ อ่านว่า.....

1.5 $KClO_4$ อ่านว่า..... 1.10 KH_2PO_4 อ่านว่า.....

2.จงเขียนสูตรของสารประกอบต่อไปนี้

2.1.อะลูมิเนียมซัลเฟต สูตร..... 2.6 โพแทสเซียมโครเมต สูตร.....

2.2.โซเดียมไนไตรต์ สูตร..... 2.7 เลด (II) อะซิเตต สูตร.....

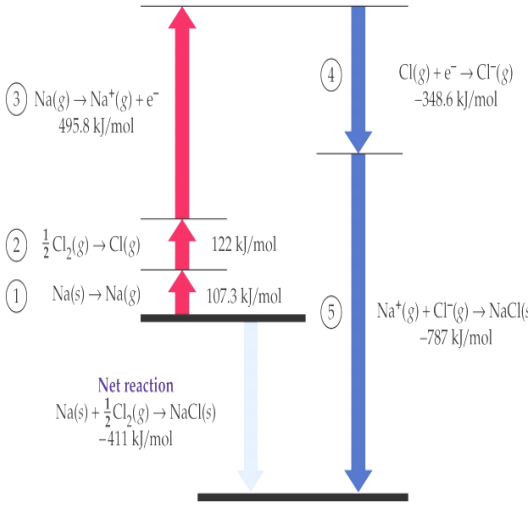
2.3.ไอร์ออน (III) ออกไซด์ สูตร..... 2.8 แคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต สูตร.....

2.4.โคบอลต์ (II) ไนเตรต สูตร..... 2.9 สตรอนเซียมไนเตรต สูตร.....

2.5.ทิน (IV) ออกไซด์ สูตร..... 2.10 คอปเปอร์ (II)ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต สูตร.....

2.4. กระบวนการเกิดสารประกอบไอออนิก

ในการเกิดสารประกอบไอออนิก จะมีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอนย่อย ๆ และแต่ละขั้นตอนย่อยจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน เช่น การเกิดโซเดียมคลอไรด์ $Na\ (s) + 1/2\ Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$ ได้ดังนี้



(แผนภาพ **Bonr – Haber cycle**)

ขั้นที่ 1 (ΔH_1 = heat of sublimation : E_{sub} ,พลังงาน.....)

.....ΔH_1 = +107.3 kJ/mol

ขั้นที่ 2 (ΔH_2 = bond energy : E_{bon} ,พลังงาน.....)

.....ΔH_2 = +122 kJ/mol

ขั้นที่ 3 (ΔH_3 = ionization energy: IE,พลังงาน.....)

.....ΔH_3 = +495.8 kJ/mol

ขั้นที่ 4 (ΔH_4 = electron affinity : EA พลังงาน.....)

.....ΔH_4 = −348.6 kJ/mol

ขั้นที่ 5 (ΔH_5 = lattice energy : E_Lพลังงาน.....)

.....ΔH_5 = −787 kJ/mol

เมื่อรวมขั้นที่ 1 ถึง 5 เข้าด้วยกันจะได้**พลังงานในการเกิดปฏิกิริยา** (ΔH_f° : heat of formation)

$\Delta H_f^\circ = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$

=..... = ...kJ/mol

<u>เพิ่มเติม</u>

จงแสดงการเกิด $MgBr_2$

2.5. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิก ละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนบวกและลบ จากนั้นก็จะมีน้ำล้อมรอบกลายเป็นไฮเดรต (Hydrate) โดยเขียน **aq** ย่อมาจาก **aqueous** แปลว่า ..... เขียนไว้มุมล่างขวาตรงระบุสถานะของสาร (ดังนั้น) เขียนเป็นสมการดังนี้ $XY(s) \xrightarrow{H_2O} X^+(aq) + Y^-(aq)$

<u>เพิ่มเติม</u> ปัจจัยที่เกี่ยวกับการรวมตัวของไอออนกับน้ำ

.....

.....

.....

.....

.....

<u>คำถาม</u> Li^+ Na^+ K^+ Rb^+ Cs^+ จงเรียงความสามารถของไอออนที่รวมตัวกับน้ำได้มากที่สุด จากน้อยไปมาก

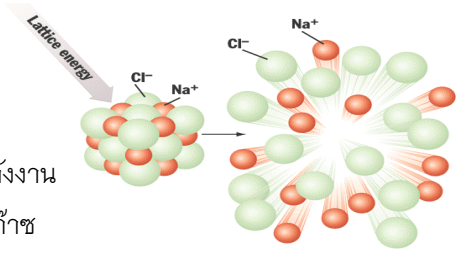
.....

เพราะ

.....

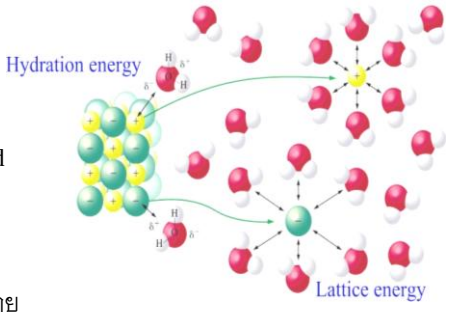
.....

2.6.พลังงานกับการละลายสารประกอบไอออนิก



เมื่อนำผลึกสารประกอบไอออนิกละลายน้ำ มี 2 ขั้นตอน คือ

<u>ขั้นที่ 1</u> ผลึกสารประกอบไอออนิก แตกตัวเป็นไอออนในสภาวะก๊าซซึ่งมีการดูดพลังงานเพื่อสลายพันธะไอออนิก ระหว่าง Na^+ กับ Cl^- ออกจากกันเป็นไอออนในสภาวะก๊าซ พลังงานนี้มีค่าเท่ากับ **พลังงานแลตทิซ** (Lattice energy) ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า ΔH_{latt} ..... ; ΔH_{latt} = +776 kJ



<u>ขั้นที่ 2</u> ไอออนที่เป็นก๊าซจะถูกน้ำล้อมรอบเกิดไฮเดรตมีการคายพลังงานออกมา เรียกพลังงานนี้ว่า **พลังงานไฮเดรชัน** (Hydration energy) ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า H_{hyd} ..... ; H_{hyd} = −771 kJ

รวมขั้นที่ 1 และ2 .....; ΔH_{soln} = +5 kJ

ΔH_{soln} = พลังงานของการละลาย

<u>เพิ่มเติม</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....ฝึกท่องจำบ่อยๆครับ

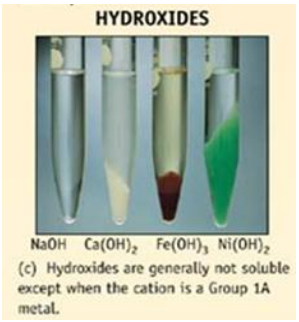
ความสามารถในการละลายของสาร คือ ความสามารถของสารที่ละลายในตัวทำละลายจนอิ่มตัว แต่ความสามารถในการละลายของสารประกอบไอออนิกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของสาร สำหรับการบอกความสามารถในการละลาย มีเกณฑ์ ดังนี้

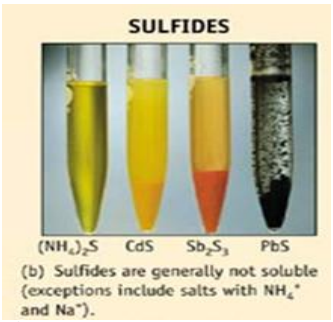
ตัวถูกละลาย < 0.1 g / H_2O 100 g ที่ 25 ^{o}C = แสดงว่า.....
ตัวถูกละลาย 0.1 ถึง 1 g / H_2O 100 g ที่ 25 ^{o}C = แสดงว่า.....
ตัวถูกละลาย > 1 g / H_2O 100 g ที่ 25 ^{o}C = แสดงว่า.....

ตาราง ความสามารถในการละลายในน้ำของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบชนิดต่าง ๆ

ไอออนบวก (Cations)	ไอออนลบ (Anions)	ความสามารถในการละลายในน้ำของสารประกอบ
1. ไอออนบวกของแอลคาไล (ธาตุหมู่ 1A) Li^+ ,Na^+ , K^+ , Rb^+ ,Cs^+ , Fr^+	ไอออนลบทุกชนิด	ละลายได้
2. ไฮโดรเจนไอออน (H^+ (aq))	ไอออนลบทุกชนิด	ละลายได้
3. แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)	ไอออนลบทุกชนิด	ละลายได้
4. ไอออนบวกทุกชนิด	ไนเตรต (NO_3^-)	ละลายได้
5. ไอออนบวกทุกชนิด	อะซิเตต (CH_3COO^-)	ละลายได้
6. ไอออนบวกทุกชนิด **<u>ยกเว้น</u>** Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Cu^+	คลอไรด์ Cl^- โบรไมด์ Br^- ไอโอไดด์ I^-	ละลายได้ ไม่ละลาย
7. ไอออนบวกทุกชนิด **<u>ยกเว้น</u>** Ag^+ , Ca^{2+} / Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}	ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-})	ละลายได้ ละลายได้เล็กน้อย/ไม่ละลาย
8. ไอออนบวกทุกชนิด **<u>ยกเว้น</u>** ไอออนแอลคาไล (ธาตุหมู่ 1A) H^+ ,NH_4^+ , Be^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}	ซัลไฟด์ S^{2-} ซัลไฟด์ S^{2-}	ไม่ละลาย ละลายได้
9.ไอออนบวกทุกชนิด **<u>ยกเว้น</u>** ไอออนแอลคาไล, H^+, NH_4^+, Sr^{2+}, Ba^{2+}	ไฮดรอกไซด์ (OH^-) ไฮดรอกไซด์ (OH^-)	ไม่ละลาย ละลายได้
10.ไอออนบวกทุกชนิด **<u>ยกเว้น</u>** ไอออนโลหะแอลคาไล, H^+, NH_4^+	ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) คาร์บอเนต(CO_3^{2-}) ซัลไฟต์ (SO_3^{2-})	ไม่ละลาย ละลายได้
11.ไอออนบวกทุกชนิด **<u>ยกเว้น</u>** ไอออนโลหะแอลคาไล, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+},	ออกไซด์(O^{2-}) ออกไซด์(O^{2-})	ไม่ละลาย ละลายได้

2.7. สมการไอออนิก





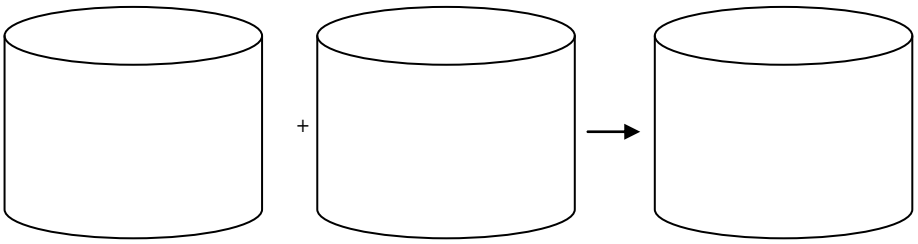
สมการไอออนิก คือ

.....

.....

.....

ตัวอย่าง ฝึกการเขียนสมการไอออนิก เช่น ผสม KCl (aq) กับ $NaNO_3$ (aq) ดังนี้



.....

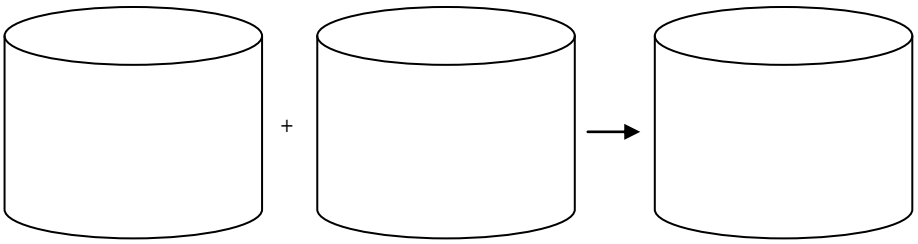
.....

.....

.....

.....

ผสม $Pb(NO_3)_2$(aq) กับ KI (aq) ดังนี้



.....

.....

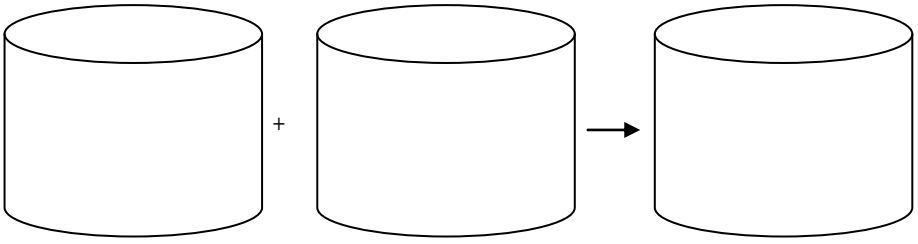
.....

.....

.....

โจทย์ข้อที่ 3 ฝึกเขียนสมการไอออนิกสุทธิจากสารที่กำหนดให้

1. $AgNO_3$ (aq) + KI(aq)



.....

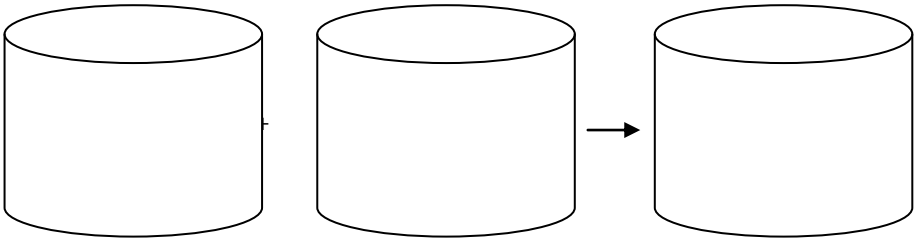
.....

.....

.....

.....

2. $CaCl_2$(aq) + Na_2CO_3(aq)



.....

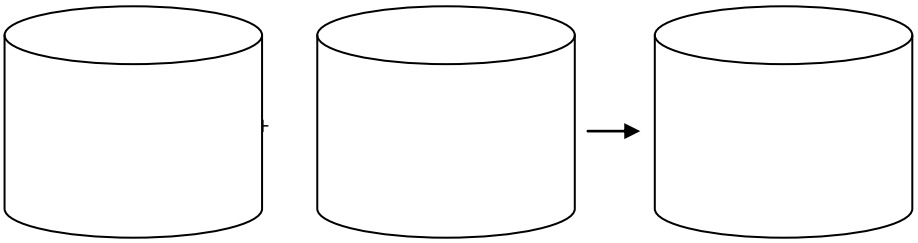
.....

.....

.....

.....

3. Mg (s) + HCl (aq)



.....

.....

.....

.....

.....

แนวข้อสอบ

1. สารประกอบข้อใดที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกอย่างเดียวทุกสาร

1. C_4H_4 , $KMnO_4$, CuO
2. CS_2 , CCl_4 , C_2H_2
3. SO_2 , Cl_2 , LiH
4. LiH , CaI_2 , ZnS

2. สารประกอบไอออนิกมีสูตร X_2Y ถ้า X เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 19 ดังนั้น Y ควรเป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่าใด

1. 14
2. 16
3. 17
4. 18

3. สูตรของสารที่เกิดจากการรวมตัวของธาตุ X ที่มีเลขอะตอม 14 กับธาตุ Y ที่มีเลขอะตอม 8 ได้แก่ ข้อใด

1. XY
2. X_2Y
3. XY_2
4. X_2Y_3

คำชี้แจง ตารางต่อไปนี้ ใช้ประกอบตอบคำถามข้อ 4 – 5

I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII
A	B C					D E	F

4.เมื่อธาตุ C ทำปฏิกิริยากับธาตุ E สารประกอบที่ได้ควรจะมีสูตรโมเลกุลอย่างไร

1. C_2E
2. CE
3. CE_2
4. C_7E_2

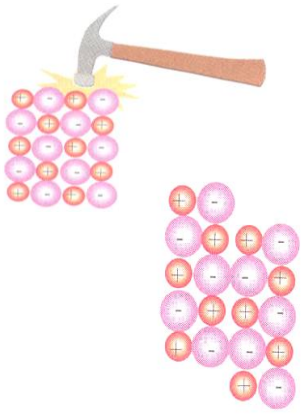
5 .สารใดมีสมบัติเป็นสารประกอบไอออนิก มากที่สุด

1. AB
2. AC
3. AE
4. AD

6. กำหนดให้ พลังงานแลตทิซ เท่ากับ 787 kJ / mol ค่า IE เท่ากับ 494 kJ / mol พลังงานสลายพันธะ เท่ากับ 242 kJ / mol ค่า EA เท่ากับ 347 kJ/mol ค่าพลังงานการระเหิดเท่ากับ 109 kJ/mol ปฏิกิริยา $Na(s) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \longrightarrow NaCl(s)$ ที่อุณหภูมิห้อง คายความร้อนออกมากี่ kJ ต่อการเกิด NaCl(s) 1 mol

1. 289 kJ
2. 298 kJ
3. 401 kJ
4. 410 kJ

7. ผลการละลายของสารบางชนิดในน้ำที่มีอุณหภูมิ $28^{o}C$ เป็นดังนี้



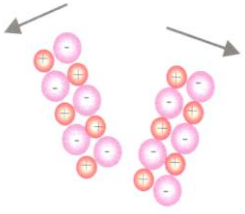
การทดลอง	สาร	อุณหภูมิของสารละลาย ^{o}C
1	KNO_3	22
2	NaCl	28
3	NaOH	53
4	KCl	31

สมการทั่วไปของการละลายของสารในน้ำคือ

$AB(s) \longrightarrow A^+(g) + B^-(aq)$ พลังงานเปลี่ยนแปลง E_1

$A^+(g) + B^-(g) \xrightarrow{\text{น้ำ}} A^+(aq) + B^-(aq)$ พลังงานเปลี่ยนแปลง E_2

จงเลือกการทดลองที่มีค่า $E_2 > E_1$ และ $E_2 = E_1$



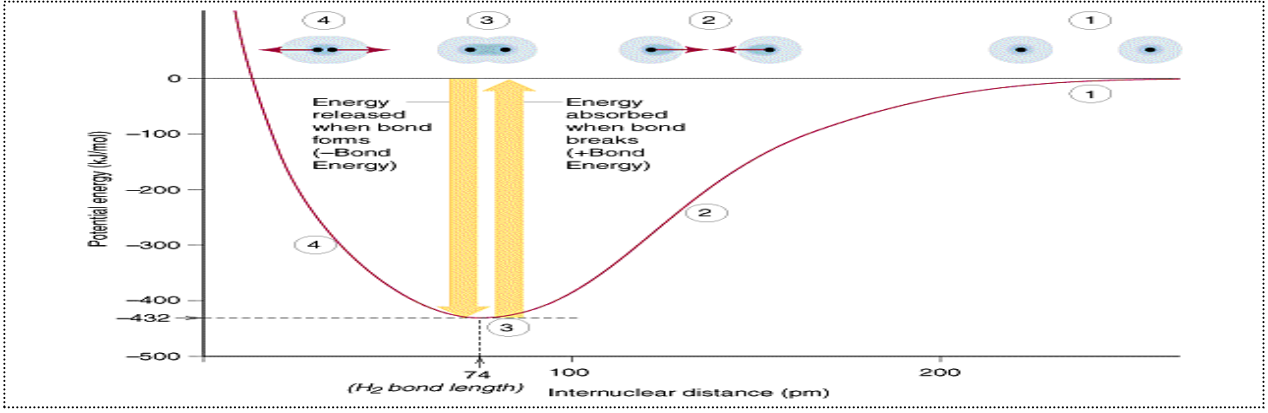
	$E_2 > E_1$	$E_2 = E_1$
1	3	4
2	3 , 4	2
3	3 , 4	1
4	2 , 3	4

2.8 พันธะโคเวเลนซ์

พันธะโคเวเลนซ์ (Covalent bond) มาจากคำว่า co + valence electron หมายถึง .....

- สารประกอบที่อะตอมแต่ละคู่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนซ์ เรียกว่า .....
- โมเลกุลของสารที่อะตอมแต่ละคู่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนซ์ เรียกว่า .....

In a discussion of bond energies, this link has shown how energy varies as two H atoms approach each other in the formation of a H–H covalent bond:



หมายเลข 1 .....

หมายเลข 2 .....

หมายเลข 3 .....

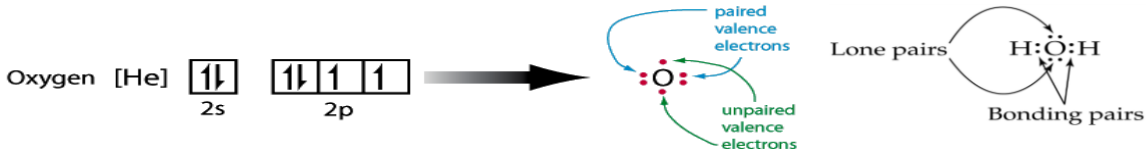
หมายเลข 4 .....

- The chemical symbol for the atom is surrounded by a number of dots corresponding to the number of valence electrons.

Number of Valence Electrons	1		2		3	4	5	6	7	8
Example	Hydrogen	Group I (Alkali metals)	Helium	Group II (alkali earth metals)	Group III	Group IV	Group V	Group VI	Group VII (Halogens)	Group VIII except Helium (Noble Gases)
Lewis Structure (electron dot diagram)	H•	Li•	He:	Be:	•B•	•C•	•N•	•O•	:F•	:Ne:

เพิ่มเติม Lewis Dot Structures

For example, oxygen has 6 valence electrons, so we write the symbol O for oxygen and surround it with 6 dots:

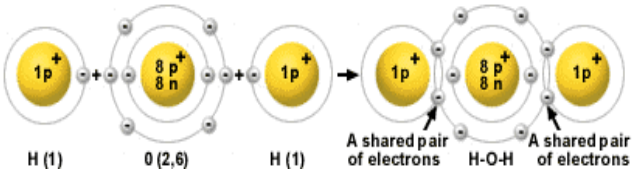


- ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนซ์ เรียกว่า ..... เช่น

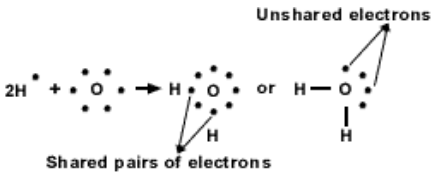
- ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนซ์ เรียกว่า ..... เช่น

- ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนซ์ เรียกว่า ..... เช่น

ตัวอย่าง การเกิดโมเลกุลของน้ำ



หรือ



กฎออกเตต (Octet rule)

He , Ne , Ar , Kr พบว่าเป็นธาตุที่จัดอยู่ในประเภทโมเลกุลอะตอมเดียวทุกสถานะ คือใน 1 โมเลกุลของธาตุเฉื่อยจะมีเพียง 1 อะตอมทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซแสดงว่าธาตุเฉื่อยเป็นธาตุที่เสถียรมาก

Noble gas	Noble gas notation
He	$1s^2$
Ne	$[He]2s^2 2p^6$
Ar	$[Ne]3s^2 3p^6$
Kr	$[Ar]4s^2 4p^6$
Xe	$[Kr]5s^2 5p^6$

ดังนั้นธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 จึงพยายามปรับตัวให้มีโครงสร้างแบบธาตุเฉื่อย การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 นี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งเป็นกฎเรียกว่า ***" กฎออกเตต "***

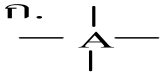
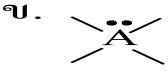
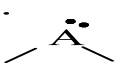
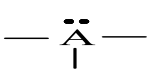
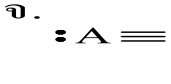
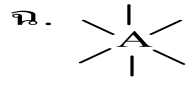
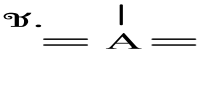
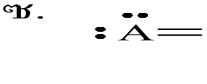
ข้อยกเว้น

1. พวกที่ไม่ครบออกเตต ได้แก่สารประกอบของธาตุคาบที่ 2 ของตารางธาตุ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 4

2. พวกที่เกินกฎออกเตต

โจทย์ข้อที่ 4

ข้อใดที่มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอม A เป็นไปตามกฎออกเตต

ก. 
ข. 
ค. 
ง. 
จ. 
ฉ. 
ช. 
ซ. 

<u>เพิ่มเติม</u> **1.การบอกจำนวนพันธะโคเวเลนซ์** โดยกำหนดว่า พันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม คิดเป็นอย่างละ 1 พันธะ

<u>สูตร</u> จำนวนพันธะโคเวเลนซ์ = (จำนวนอโลหะ − 1 รวม Be และ B)

2.การบอกชนิดของพันธะโคเวเลนซ์

<u>สูตร</u> $M = 6T + 2 - V$

T= จำนวนอะตอมทั้งหมดในสูตรโมเลกุล แต่ไม่นับจำนวน H อะตอม

V= จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมทั้งหมดในสูตรโมเลกุล **<u>เพิ่มเติม</u>**

M=0 แสดงว่า มีแต่พันธะเดี่ยว -กรณีเป็นกลุ่มไอออนบวก จะต้อง**<u>ลบ</u>**เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เสียไปออกจากค่า V

M=2 แสดงว่า มีพันธะคู่ 1 พันธะ -กรณีเป็นกลุ่มไอออนลบ จะต้อง**<u>บวก</u>**เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่รับเอามาลงในค่า V

M=4 แสดงว่า มีพันธะสาม 1 พันธะ หรือ มีพันธะคู่ 2 พันธะ

<u>Lewis Structures for Covalent Compounds</u>

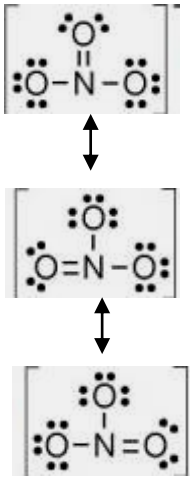
1. ให้เขียนแยกอะตอมของธาตุก่อนเกิดปฏิกิริยา และ เขียนจุดแสดงเวเลนซ์อิเล็กตรอนล้อมรอบสัญลักษณ์ของธาตุ
2. เมื่ออะตอม 2 อะตอมสร้างพันธะโคเวเลนซ์ ให้เขียนจุด (.)หรือแบบเส้นไว้ ระหว่างสัญลักษณ์ของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

โจทย์ข้อที่ 5 การใช้สูตรการหาจำนวนพันธะ , ชนิดของพันธะและการเขียนการเกิดสารประกอบโคเวเลนซ์

HCl	CO_2
NH_3	NO_2
C_2H_6	C_4H_8
C_3H_4	$C_2H_4O_2$

<u>เพิ่มเติม</u> **พันธะโคออดิเนตโคเวเลนซ์ (Co-ordinate covalent bond)** คือ เป็นการใช้ e^- ร่วมกันอีกแบบหนึ่ง โดยที่ e^- คู่ร่วมพันธะทั้ง 2 ตัว จะได้มาจากอะตอมคู่สร้างพันธะเพียงอะตอมเดียว อีกอะตอมหนึ่งเพียงแต่เข้ามาใช้ e^- ด้วยเพื่อให้ครบออกเตต

เรโซแนนซ์ (Resonance) *คือ* ปรากฏการณ์อย่างหนึ่งที่เกิดกับสารบางชนิดที่ไม่สามารถจะเขียนสูตรโครงสร้างแทนได้เพียงสูตรเดียวตามสมบัติที่เป็นจริง จึงเขียนอยู่ในรูปที่เรียกว่า **เรโซแนนซ์ หรือ เรโซแนนซ์ไฮบริจด์** (Resonance hybrid) ตัวอย่างสูตรโครงสร้าง NO_3^-



เพิ่มเติม SO_2 SO_3

NO_3^- NH_4^+

PO_4^{3-} N_2O

N_2O_4 H_2SO_4

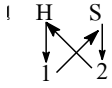
$HClO_4$ H_3PO_4

.....

การเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนซ์

1. ให้เรียงลำดับธาตุให้ถูกต้องตามหลักสากล คือ Si , C ,Sb , As , P , N , H , Te ,Se ,S , At , I , Br , Cl , O ,F ตามลำดับ
2. ในสารประกอบโคเวเลนซ์ ถ้าอะตอมของธาตุมีจำนวนอะตอมมากกว่าหนึ่งให้เขียนจำนวนอะตอมด้วยตัวเลขแสดงไว้มุมล่างทางขวา ในกรณีที่ธาตุในสารประกอบนั้นมีเพียงอะตอมเดียว**ไม่**ต้องเขียนตัวเลขแสดงจำนวนอะตอม
3. หลักการเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนซ์ที่มีอะตอมของธาตุจัดเวเลนซ์อิเล็กตรอน เป็นไปตามกฎออกเตต ใช้จำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของแต่ละอะตอมของธาตุคูณไขว้ เช่น

- สูตรของสารประกอบของธาตุ H กับ S ; H และ S มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 และ 6 ตามลำดับ ดังนั้น H และ S ต้องการอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจำนวน 1 และ 2 ตามลำดับ เพื่อให้แต่ละอะตอมของธาตุมีการจัดอิเล็กตรอนแบบก๊าซเฉื่อย

สูตรของสารนี้เป็น  = H_2S_1 หรือ H_2S

การอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนซ์

1. สารประกอบของธาตุคู่ ให้อ่านชื่อธาตุที่อยู่ข้างหน้าก่อน ตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่หลังโดยเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไอด์ (ide)
2. ให้ระบุจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุด้วยเลขจำนวนในภาษากรีกดังนี้

   1 = mono- (มอนอ) 5 = penta- (เพนตะ) 9 = mona- (โมนะ)

   2 = di- (ได) 6 = hexa- (เฮกซะ) 10 = deca- (เดคะ)

   3 = tri- (ไตร) 7 = hepta- (เฮปตะ)

   4 = tetra- (เตตระ) 8 = octa- (ออกตะ)

3. ถ้าสารประกอบนั้น อะตอมของธาตุแรกมีเพียงอะตอมเดียว**ไม่** ต้องระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้น แต่ถ้าธาตุข้างหลังในสาร ประกอบใด ถึงแม้มีเพียงหนึ่งอะตอมก็ต้องระบุจำนวนอะตอมด้วยคำว่า “มอนอ” เสมอ เช่น

   N_2O_3 อ่านว่า ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์

   P_2O_5 อ่านว่า ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์

สาร	ชื่อ
CO	Carbonmonoxide
CO_2	Carbondioxide
BF_3	Borontrifluoride
$SiCl_4$	Silicontatrachloride
SF_6	Sulphurhexafluoride
P_2O_5	Diphosphorouspentaoxide
P_4O_{10}	Tatraphosphorousdecaoxide
Cl_2O_7	Dichlorineheptaoxide

โจทย์ข้อที่ 6 1.จงอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนซ์ต่อไปนี้

N_2O_4 อ่านว่า..... N_2O_5 อ่านว่า.....

PCl_3 อ่านว่า..... BCl_3 อ่านว่า.....

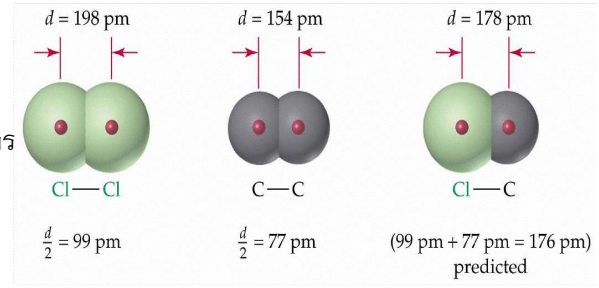
SO_3 อ่านว่า..... P_4O_{10} อ่านว่า.....

2.จงเขียนสูตรจากชื่อสารประกอบต่อไปนี้

1. คาร์บอนเตตระคลอไรด์ สูตรคือ..... 3. ซิลิคอนไดซัลไฟด์ สูตรคือ.....
2. ฟอสฟอรัสเพนตระฟลูออไรด์ สูตรคือ..... 4. เตตระฟอสฟอรัสไตรซัลไฟด์ สูตรคือ.....

.....

ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ



ความยาวพันธะ (Bond lengths) คือ ระยะทางระหว่างนิวเคลียสของอะตอมคู่หนึ่งที่มีพันธะต่อกันเนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะชนิดเดียวกันในสารต่าง ๆ ใช้ไม่เท่ากัน ดังนั้น ความยาวพันธะก็ยาวต่างกันด้วย เพื่อความสะดวกและง่ายจึงใช้เป็นค่าเฉลี่ย เรียกว่า **ความยาวพันธะเฉลี่ย** (Average bond lengths)

ตาราง ความยาวพันธะเฉลี่ยระหว่างอะตอมคู่ต่าง ๆ ความยาวพันธะ (pm*)

หมู่ 4 A		หมู่ 5 A		หมู่ 6 A		หมู่ 7 A	
C – H	108	N – H	101	O – H	97	H – H	74
C – C	154	N – N	146	O – O	148	H – F	92
C = C	134	N – Cl	169	O – F	130	H – Cl	128
C≡ C	120	N – Br	184	O – Cl	165	H – Br	141
C = N	130	N = N	125	O – I	199	H – I	160
C≡ N	116	N≡ N	110	S – S	143	F – F	142
C≡ O	113			O = O	121	Cl – F	163

* 1 pm = 10^{-12} m

พลังงานพันธะ (Bond energy) คือ พลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุภายในโมเลกุลที่อยู่ในสถานะก๊าซออกเป็นอะตอมเดี่ยว เช่น

$$H_2\,(g) + 436\ kJ \rightarrow 2H\,(g)$$

จากสมการก๊าซ H_2 1 โมลต้องการจะสลายเป็น H อะตอม 2 โมล ต้องใช้พลังงาน 436 kJ

$$HI\,(g) + 298\ kJ \rightarrow H\,(g) + I\,(g)$$

จากสมการก๊าซ HI 1 โมลต้องการสลายเป็น H และ I อะตอมอย่างละ 1 โมลต้องใช้พลังงาน 298 กิโลจูล

ข้อควรจำ - สารต่างชนิดกัน จำนวนโมลเท่ากัน พลังงานที่ใช้สลายพันธะไม่เท่ากัน
- การสลายพันธะชนิดเดียวกันในสารต่างชนิดกันจะใช้พลังงานสลายไม่เท่ากัน

ตาราง พลังงานพันธะเฉลี่ยระหว่างอะตอมคู่ต่าง ๆ

พลังงานพันธะ (kJ/mol)			
หมู่ 4 A	หมู่ 5 A	หมู่ 6 A	หมู่ 7 A
C – H 413 C = C 614	N – H 391	O – H 463 S – Cl 253	H – H 436 Cl – Cl 243
C – C 348 C≡ C 839	N – N 163	O – O 146 S – S 255	H – F 567 Br – Cl 218
C – N 305 C = N 615	N – O 201	O – F 190 O = O 498	H – Cl 431 Cl – F 253
C – F 485 C≡ N 890	N = N 470	O – Cl 203 S = O 523	H – Br 366 I – Cl 208
C = O 804	N≡ N 945	O – I 234 S = S 418	H – I 298 I – I 151

เพิ่มเติม - พลังงานพันธะมีหน่วยเป็น กิโลจูล/โมล (kJ/mol) หรือกิโลแคลอรี่/โมล (kcal/mol)
-ปฏิกิริยาเคมีใด ๆ ที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปจะมีการสลายพันธะเดิม และการเกิดพันธะใหม่ พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในปฏิกิริยา จะเท่ากับผลต่างระหว่างพลังงานที่ระบบดูดเข้าไปสลายพันธะเดิมทั้งหมดกับพลังงานที่ระบบคายออกมาเมื่อเกิดพันธะใหม่ทั้งหมด

สูตรการคำนวณ

$$\Delta H = \sum \Delta H(\text{สารตั้งต้น}) - \sum \Delta H(\text{สารผลิตภัณฑ์})$$

$$\Delta H = \text{(พลังงานที่ระบบดูด)} - \text{(พลังงานที่ระบบคาย)}$$

โดย ΔH = พลังงานของปฏิกิริยา (Heat of reaction)
$\sum \Delta H$ (สารผลิตภัณฑ์) = พลังงานทั้งหมดที่คายออกมาจากการสร้างพันธะของสารผลิตภัณฑ์
$\sum \Delta H$ (สารตั้งต้น) = พลังงานทั้งหมดที่สลายพันธะของสารตั้งต้น

- **ถ้าระบบดูดพลังงาน > คายพลังงาน** พลังงานที่เปลี่ยนแปลง (ΔH) = (ดูด - คาย)

จะได้ค่า ΔH มีเครื่องหมายเป็น**บวก** แสดงว่า ระบบมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบ.....

- **ถ้าระบบดูดพลังงาน < คายพลังงาน** พลังงานที่เปลี่ยนแปลง (ΔH) = (ดูด - คาย)

จะได้ค่า ΔH มีเครื่องหมายเป็น**ลบ** แสดงว่า ระบบมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบ.....

เพิ่มเติม

ในคู่อะตอมชนิดเดียวกัน ความยาวพันธะมีความสัมพันธ์กับพลังงานพันธะ คือ

ความยาวพันธะ พันธะเดี่ยว ..... พันธะคู่ .....พันธะสาม
พลังงานพันธะ พันธะเดี่ยว ..... พันธะคู่ .....พันธะสาม

โจทย์ข้อที่ 7

จงคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาในการเกิด HCl จากปฏิกิริยา

$$H - H\ (g) + Cl - Cl\ (g) \rightarrow 2\ H - Cl(g)$$

กำหนดพลังงานพันธะ $^{*}(H - H) = 436$ kJ/mol , $(Cl - Cl) = 242$ kJ/mol , $(H - Cl) = 431$ kJ/mol

วิธีทำ

โจทย์ข้อที่ 8

กำหนดพลังงานพันธะเฉลี่ย (kJ / mol) ต่อไปนี้ (ENT)

C–C 348 , C–H 413 , C– O 358 , C = O 745 , O–H 463 , O = O 498

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของโพรพานอล (ในสถานะแก๊ส) 1 โมล ได้ผลิตภัณฑ์ เป็นแก๊ส CO_2 และไอน้ำ จะคายหรือดูดพลังงานกี่กิโลจูลต่อโมล

วิธีทำ

โจทย์ประยุต์

กำหนดให้ X เป็นธาตุในหมู่ VA และ Y เป็นธาตุในหมู่ VIIA พลังงานพันธะของ $X_2(g)$ และ $Y_2(g)$ เท่ากับ 960 และ 240 kJ/ mol ตามลำดับ เมื่อ $X_2(g)$ ทำปฏิกิริยากับ $Y_2(g)$ ในสองสภาวะได้ผลิตภัณฑ์ XY_3 และ X_2Y_4 ซึ่งเป็นสารโคเวเลนซ์ที่มีแต่พันธะเดี่ยวในโมเลกุลเท่านั้น ดังสมการ (ก) และ (ข) (สมการยังไม่ดุล

(ก) $X_2(g) + Y_2(g) \rightarrow XY_3\ (g)$

(ข) $X_2(g) + Y_2(g) \rightarrow X_2Y_4\ (g)$

ปฏิกิริยา (ก) และ (ข) ที่ให้ผลิตภัณฑ์ 1 mol จะคายพลังงานเท่ากับ 600 kJ และ 1540 kJ ตามลำดับ พลังงานพันธะ X – X และ X – Y ในผลิตภัณฑ์มีค่ากี่ kJ/ mol (A-net)

วิธีทำ

2.9. โครงสร้างของโมเลกุลโคเวเลนซ์

การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์ พิจารณาจาก

1. จำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะรอบอะตอมกลาง (bonding electron)
2. จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง (non bonding electron)

ดังนั้น การทำนายรูปร่างโมเลกุลให้เลือกอะตอมกลาง ซึ่งเป็นอะตอมที่สร้างพันธะได้มากที่สุดก่อน และนับจำนวนพันธะที่อะตอมกลางสร้างได้ และจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางนั้น แรงผลักทั้งหมดของคู่อิเล็กตรอนที่เกิดจากการสร้างพันธะ และไม่ได้สร้างพันธะจะทำให้เกิดรูปร่างโมเลกุลที่แตกต่างกันดังนี้

Valence Shell Electron-pair Repulsion (VSEPR)

1. คู่อิเล็กตรอนใน valence shell ของอะตอม จะจัดตัวให้อยู่ห่างกันมากที่สุด เพื่อให้เกิดการผลักกันระหว่างอิเล็กตรอนคู่ต่าง ๆ น้อยที่สุด
2. การผลักกันระหว่างคู่อิเล็กตรอน จะลดลงตามลำดับดังนี้

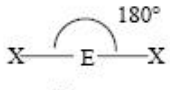
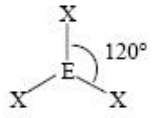
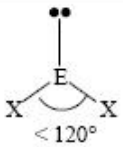
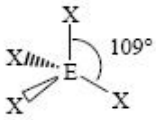
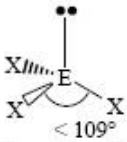
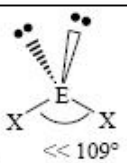
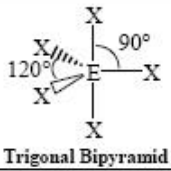
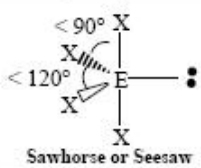
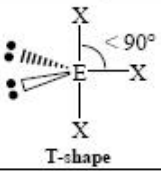
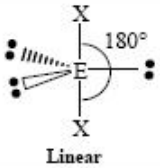
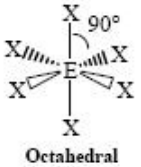
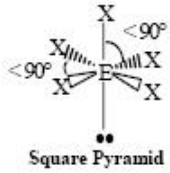
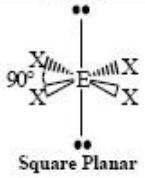
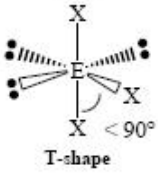
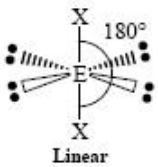
lp – lp > lp – db > lp – Sb > db – db > db – Sb > Sb – Sb

เมื่อ lp = อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว dp = พันธะคู่ Sb = พันธะเดี่ยว

3. สำหรับ multiple bond ให้ถือว่ามีอิเล็กตรอนที่ร่วมสร้างพันธะกลุ่มเดียว
4. ถ้ามีอิเล็กตรอนเดี่ยวจะผลักอิเล็กตรอนตัวอื่น < อิเล็กตรอนคู่ การผลักกันของอิเล็กตรอนต่าง ๆ จะลดลงตามลำดับดังนี้

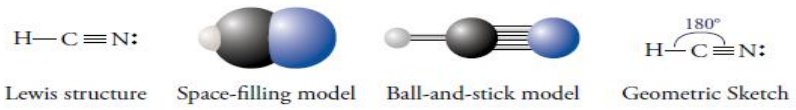
lone pair > multiple bond > bonding pair > unpaired electron

VSEPR Geometries

Steric No.	Basic Geometry 0 lone pair	1 lone pair	2 lone pairs	3 lone pairs	4 lone pairs
2	 Linear				
3	 Trigonal Planar	 Bent or Angular			
4	 Tetrahedral	 Trigonal Pyramid	 Bent or Angular		
5	 Trigonal Bipyramid	 Sawhorse or Seesaw	 T-shape	 Linear	
6	 Octahedral	 Square Pyramid	 Square Planar	 T-shape	 Linear

1. รูปร่างเส้นตรง (Linear)

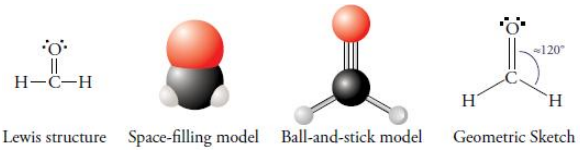
เช่น โมเลกุล HCN มีโครงสร้างดังนี้



Lewis structure | Space-filling model | Ball-and-stick model | Geometric Sketch

2. รูปร่างสามเหลี่ยมแบนราบ (Trigonal planar)

เช่น โมเลกุล CH_2O มีโครงสร้างดังนี้



Lewis structure | Space-filling model | Ball-and-stick model | Geometric Sketch

สรุป โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนซ์ใดๆ ถ้าอะตอมกลางมี 3 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ)และไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โมเลกุลหรือไอออนนั้นจะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ

3. รูปร่างทรงสี่หน้า (Tetarhedral)

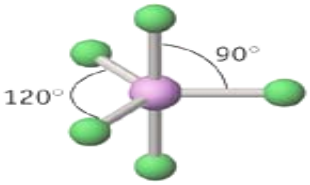
เช่น โมเลกุลมีเทน (CH_4) มีโครงสร้าง ดังนี้

Lewis structure | Space-filling model | Ball-and-stick model | Geometric Sketch

สรุป_ โมเลกุล หรือไอออนโคเวเลนซ์ใด ๆ ถ้าอะตอมกลางมี 4 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ) และไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโมเลกุลหรือไอออนนั้นจะมีรูปร่างเป็น ทรงสี่หน้า

4. รูปร่างพีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม (Trigonal bipyramiddal)

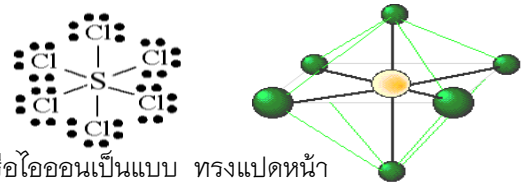
เช่น โมเลกุล PCl_5 มีโครงสร้างดังนี้



สรุป โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนซ์ใด ถ้าอะตอมกลางมี 5 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ) และไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรูปร่างโมเลกุลหรือไอออนจะเป็นแบบ พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม

5. รูปร่างทรงแปดหน้า (Octahedral)

เช่น โมเลกุล SCl_6 มีโครงสร้างดังนี้

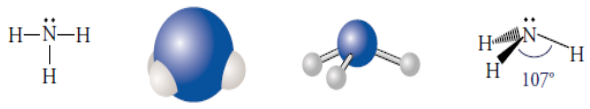


สรุป_ โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนซ์ใด ๆ ถ้าอะตอมกลางมี 6 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ) และไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว รูปร่างโมเลกุลหรือไอออนเป็นแบบ ทรงแปดหน้า

รูปร่างโมเลกุลที่อะตอมกลางมีจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ดังนี้

1. รูปร่างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Trigonal pyramidal)

เช่น โมเลกุล NH_3 มีสูตรโครงสร้างดังนี้

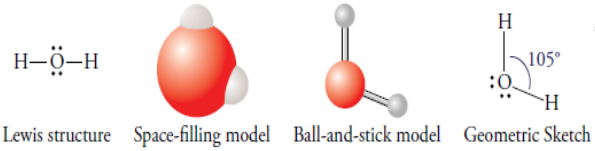


Lewis structure | Space-filling model | Ball-and-stick model | Geometric Sketch

สรุป โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนซ์ใด ๆ ถ้าอะตอมกลางมี 3 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดพันธะ) และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือ 1 คู่ รูปร่างโมเลกุลหรือไอออนเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (pyramidal)

2. รูปร่างโมเลกุลแบบมุมงอหรือตัววี(Bent or V – shaped)

เช่น โมเลกุลของ H_2O มีสูตรโครงสร้างดังนี้

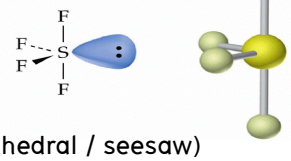


. Lewis structure | Space-filling model | Ball-and-stick model | Geometric Sketch

สรุป โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนซ์ใด ๆ ถ้าอะตอมกลางมี 2 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ) และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือ 2 คู่ รูปร่างโมเลกุลหรือไอออนเป็นมุมงอหรือตัววี (Bent or V –shaped)

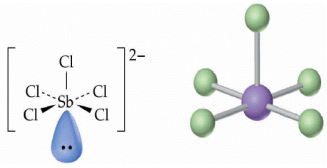
เพิ่มเติม

An SF_4 molecule is shaped like a seesaw (turn 90° to see it).



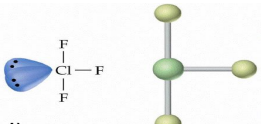
รูปไม้กระดานหก (Distorted tetrahedral / seesaw)

An $SbCl_5^{2-}$ ion has a square pyramidal shape.



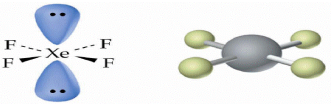
พีรามิดฐานสี่เหลี่ยม (Square pyramidal)

A ClF_3 molecule is T-shaped (turn 90° to see it).



รูปตัวที (T–shaped)

An XeF_4 molecule has a square planar shape.



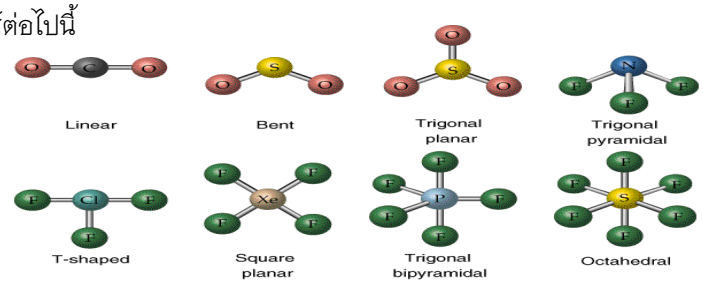
สี่เหลี่ยมแบนราบ (Square planar)

สรุปอีกครั้งครับ

ตัวอย่างรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนซ์ของสาร			
รูปร่าง.....			
รูปร่าง.....	รูปร่าง.....	รูปร่าง.....	รูปร่าง.....
รูปร่าง.....	รูปร่าง.....	รูปร่าง.....	
รูปร่าง.....	รูปร่าง.....	รูปร่าง.....	
รูปร่าง.....	รูปร่าง.....		
รูปร่าง.....	รูปร่าง.....		

<u>เพิ่มเติม</u> การเปรียบเทียบมุมของพันธะของสารโคเวเลนซ์

โจทย์ข้อที่ 9 จงทำนายรูปร่างของสารโคเวเลนซ์ต่อไปนี้



1. CS_2

.....

2. CH_3Cl

.....

3. NOBr

.....

4. CH_2O

.....

5. $XeCl_4$

.....

6. ClF_5

.....

7. $POCl_3$

.....

8. $GeCl_4$

.....

9. HPO_4^{2-}

.....

10. SO_3^{2-}

.....

11. SO_4^{2-}

.....

12. $XeOF_4$

.....

13. H_3O^+

.....

14. BrF_4^-

.....

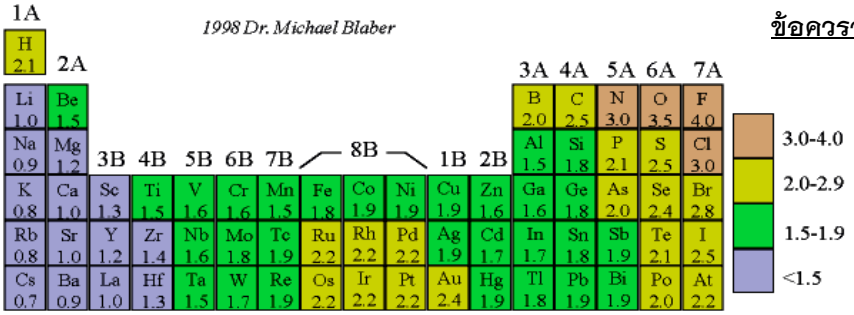
15. KrF_2

.....

2.10. สภาพขั้วของพันธะและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนซ์

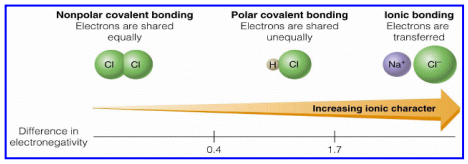
ทำไมต้องศึกษาหัวข้อนี้ นำไปประยุกต์ใช้กับเรื่องใดได้บ้าง????

อิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN : Electronegativity) คือ .....



ข้อควรจำ

ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีขึ้นอยู่กับจำนวนประจุในนิวเคลียสและระยะระหว่างเวเลนซ์อิเล็กตรอนกับนิวเคลียสธาตุที่มีจำนวนประจุในนิวเคลียสมาก แต่มีระยะระหว่างเวเลนซ์อิเล็กตรอนกับนิวเคลียสห่างกันน้อยจะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่าธาตุที่มีระยะระหว่างเวเลนซ์อิเล็กตรอนกับนิวเคลียสห่างกันมาก



เพิ่มเติม

อะตอมที่มีค่า EN **สูง** มีแนวโน้มที่จะแสดงอำนาจไฟฟ้า.....

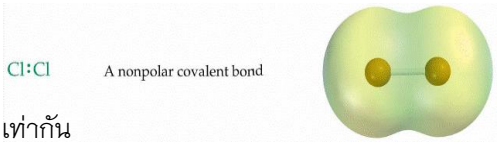
อะตอมที่มีค่า EN **ต่ำ** มีแนวโน้มที่จะแสดงอำนาจไฟฟ้า.....

การเขียนสัญลักษณ์แสดงขั้วของพันธะ

เครื่องหมาย δ อ่านว่า **เดลตา** โดยกำหนดให้ว่า พันธะมีขั้วใดที่อะตอมแสดงอำนาจไฟฟ้าลบ (เป็นอะตอมที่มีค่า EN สูง) ใช้เครื่องหมายแทนด้วย δ^- และขั้วใดที่อะตอมแสดงอำนาจไฟฟ้าบวก(เป็นอะตอมที่มีค่า EN ต่ำ) ใช้เครื่องหมายแทนด้วย δ^+

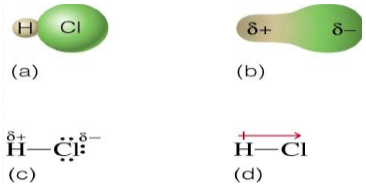
พันธะโคเวเลนซ์ไม่มีขั้ว

1. เป็นพันธะโคเวเลนซ์ที่เกิดกับคู่อะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน
2. เป็นพันธะโคเวเลนซ์ที่มีการกระจายอิเล็กตรอนให้แต่ละอะตอมเท่ากัน
3. พันธะโคเวเลนซ์ที่ไม่มีขั้วเกิดในโมเลกุลใดเรียกว่า **โมเลกุลไม่มีขั้ว** (non- polar molecule)



พันธะโคเวเลนซ์มีขั้ว

1. พันธะโคเวเลนซ์มีขั้วเกิดกับคู่อะตอมของธาตุต่างชนิดกันที่มีค่า EN ต่างกัน
2. เป็นพันธะโคเวเลนซ์ที่มีการกระจายอิเล็กตรอนในแต่ละอะตอมไม่เท่ากัน
3. พันธะโคเวเลนซ์มีขั้วเกิดในโมเลกุลใด โมเลกุลนั้นจะมีขั้วหรืออาจจะไม่มีขั้วก็ได้



สภาพขั้วของโมเลกุล

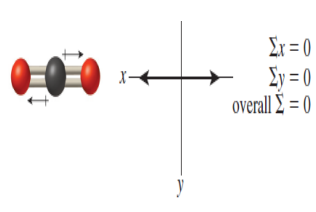
1. โมเลกุลที่มีเพียง 2 อะตอม

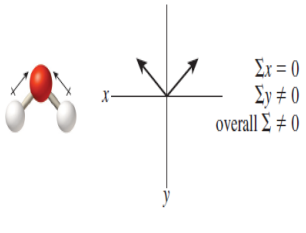
- ถ้าโมเลกุลโคเวเลนซ์ใดมีเพียง 2 อะตอม และ**เป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน** พันธะที่เกิดขึ้นในโมเลกุลเป็น**พันธะโคเวเลนซ์**.....**เช่น**

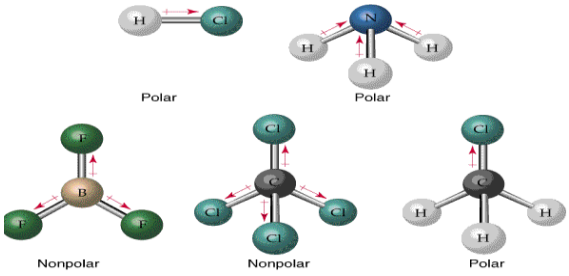
- ถ้าโมเลกุลโคเวเลนซ์ใดมีเพียง 2 อะตอม และ**เป็นอะตอมของธาตุต่างชนิดกัน** พันธะที่เกิดขึ้นในโมเลกุลเป็น**พันธะโคเวเลนซ์**..... **เช่น**

2. โมเลกุลที่มี 3 อะตอมหรือมากกว่า

ถ้าโมเลกุลที่เกิดจากพันธะมีขั้ว และมีรูปร่างของโมเลกุลสมมาตร โมเลกุลนั้นจะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เพราะมีผลรวมของทิศทางของแรงดึงดูดอิเล็กตรอนทั้งหมดในโมเลกุลเป็นศูนย์ เช่น

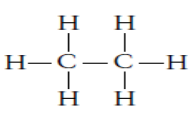


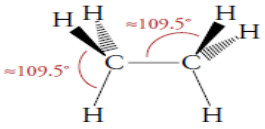




โจทย์ข้อที่ 10

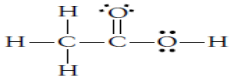
1.จงเปรียบเทียบสภาพขั้วระหว่างคู่อะตอมต่อไปนี้

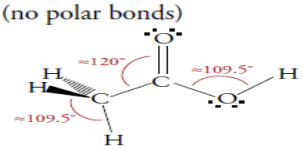




Nonpolar (no polar bonds)

1. Li – F และ Li – I .....
2. C – S และ P – P .....
3. C – O และ C – S .....
4. H – F และ H – I .....





Polar (asymmetrical distribution of polar bonds)

2.สารต่อไปนี้ สารใดเป็นโมเลกุลมีขั้ว และเขียนภาพแสดงทิศทางของขั้วในโมเลกุล

$BFCl_2$ NH_2Cl SCl_2

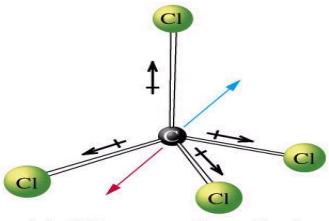
3.จงบอกว่าสารใดเป็นโมเลกุลโคเวเลนซ์มีขั้วและไม่มีขั้ว

PH_3 ..... H_2Se .....

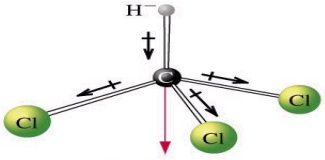
PBr_5 ..... BF_3 .....

SO_3 ..... $SiCl_4$ .....

$SnCl_2$ ..... C_2H_2.....



(a) CCl_4: a nonpolar molecule



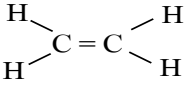
(b) $CHCl_3$: a polar molecule

4. ถ้าแทน H ด้วย Cl ใน CH_4 ได้สารประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ CH_4 , CH_3Cl , CH_2Cl_2 , $CHCl_3$ และ CCl_4 สารใดเป็นโมเลกุลมีขั้ว และสารใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

CH_4 ..... CH_3Cl ..... CH_2Cl_2 .....

$CHCl_3$ ..... CCl_4 .....

5. เอธิลีน C_2H_4 เป็นโมเลกุลรูปร่างแบนราบ มีโครงสร้างคือ



ถ้าอะตอม H ถูกแทนด้วยอะตอม Cl เกิดสารประกอบเป็นอนุกรม C_2H_4 , C_2H_3Cl , $C_2H_2Cl_2$, C_2HCl_3 , และ C_2Cl_4 โมเลกุลใดมีขั้ว และโมเลกุลใดไม่มีขั้ว

C_2H_4 ..... C_2H_3Cl ..... $C_2H_2Cl_2$ .....

C_2HCl_3 ..... C_2Cl_4 .....

สู้ๆครับ.....

2.11. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนซ์

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1).....

2).....

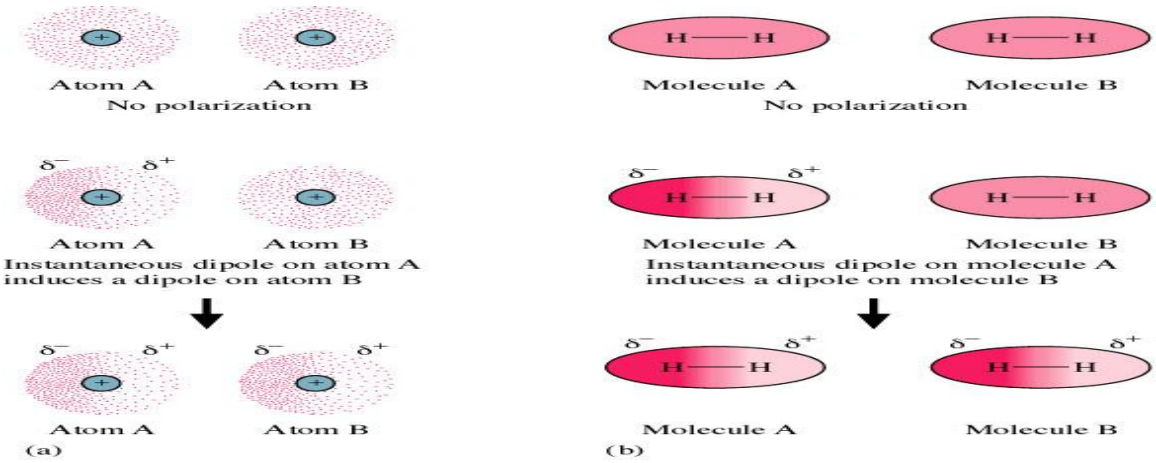
แรงแวนเดอวาลส์ (Van der Waals force)

ในปี ค.ศ. 1873 Johannes van der wals ได้อธิบายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารโคเวเลนซ์ ดังนี้

1) แรงลอนดอน (Induced dipole – induced dipole forces **หรือ** Lond force)

.....

.....



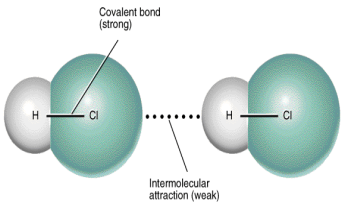
2) แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (Dipole –pole forces)

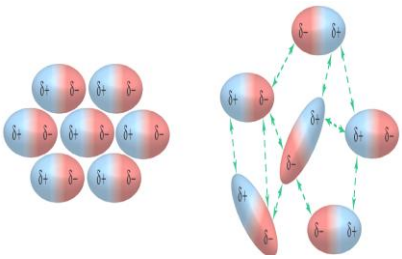
.....

.....

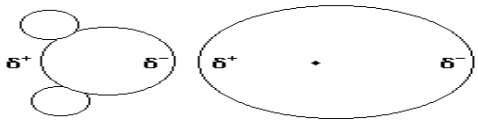
.....

.....





3) แรงดึงดูดระหว่างขั้วถาวรกับขั้วที่ถูกเหนี่ยวนำ (dipole – induced dipole forces)



Upon approach of a molecule with a dipole, electrons in the atom respond and the atom develops a dipole.

.....

.....

.....

<u>เพิ่มเติม</u> ปัจจัยที่มีผลต่อแรงลอนดอนของสารโคเวเลนซ์

.....

.....

.....

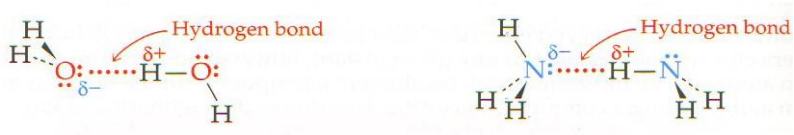
.....

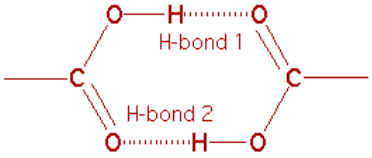
พันธะไฮโดรเจน(Hydrogen bond)

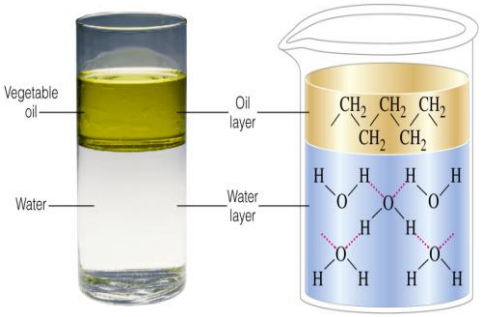
พันธะไฮโดรเจน *คือ* .....

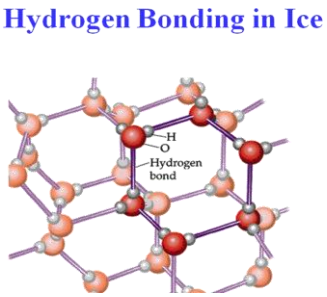
.....

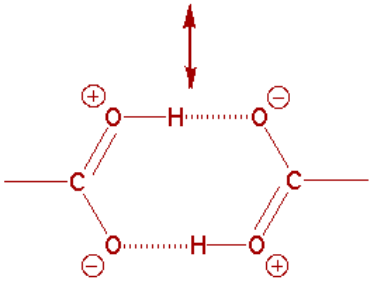
.....











<u>ลักษณะสำคัญของพันธะไฮโดรเจน</u>

1.สารประกอบที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้นั้น ต้องเป็นโมเลกุลที่พันธะมีขั้วแรง ๆ และมีไฮโดรเจนสร้างพันธะกับอะตอมของธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง และมีขนาดเล็ก มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือ

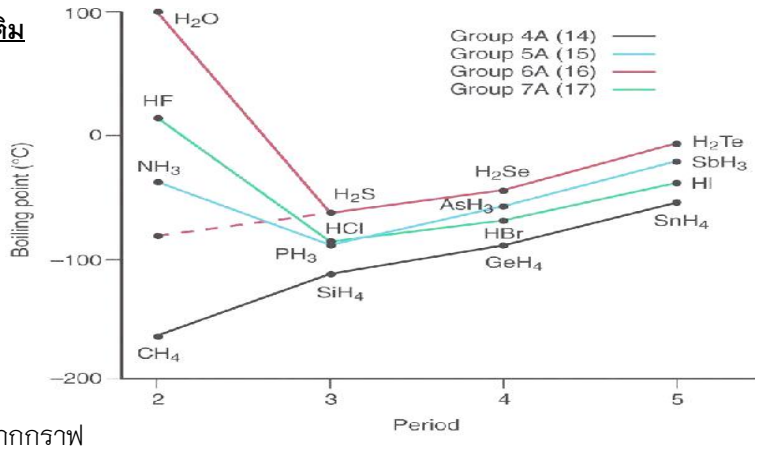
2.เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนมีความแรงมากกว่าแรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้วมาก ดังนั้น **<u>ไม่</u>**จัดพันธะไฮโดรเจนเป็นพวกแรงแวนเดอร์วาลส์

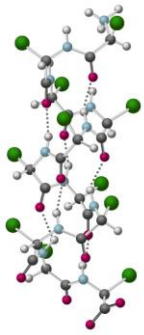
3.พันธะไฮโดรเจนนอกจากจะเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแล้วยังเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลบางชนิด และเกิดขึ้นในผลึกสารประกอบไอออนิกบางชนิดได้อีกด้วย

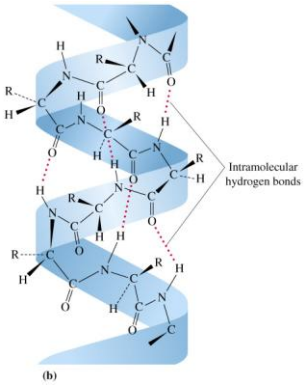
4.พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของกรดบางชนิดเมื่อนำมาเรียงลำดับ ความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลต่าง ๆ จากน้อยไปหามาก คือ

..... < ..... < .....

<u>เพิ่มเติม</u>







สรุปจากกราฟ

.....

.....

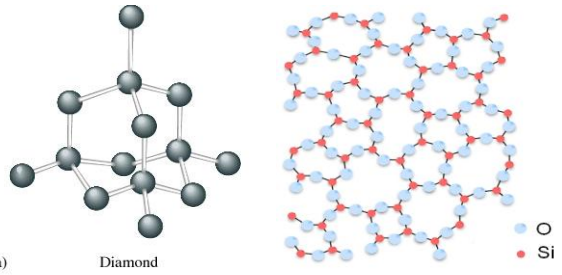
.....

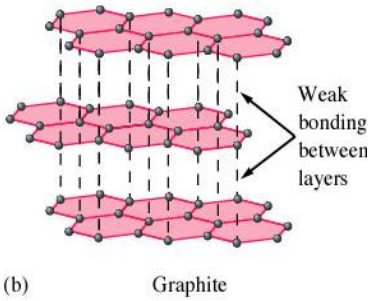
.....

2.12. พันธะโคเวเลนซ์กับโครงผลึกร่างตาข่าย

สารโคเวเลนซ์ส่วนใหญ่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ ไม่นำไฟฟ้าทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ แต่มีสารโคเวเลนซ์บางประการมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง เพราะภายในโครงสร้างเป็นแบบโครงผลึกร่างตาข่าย (Network covalent solids) เช่น แกร์ไฟต์ เพชร คาร์บอรันดัม (SiC)และหินควอทซ์(SiO_2)

เพชร (Diamond) เป็นรูปหนึ่งของธาตุคาร์บอน มีโครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ คาร์บอน 1 อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 จึงสามารถเกิดพันธะโคเวเลนซ์กับอะตอมคาร์บอนข้างเคียงอีก 4 อะตอม จากการวัดความยาวพันธะระหว่างอะตอมระหว่างอะตอมคาร์บอนกับคาร์บอนเท่ากับ 154.45 pm ยาวเท่ากับพันธะเดี่ยวพอดี เพชรมีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่หน้าเชื่อมโยงกันเป็นตาข่าย 3 มิติ อะตอมของคาร์บอนจึงถูกยึดไว้แน่น เพชรจึงมีความแข็งมาก และเนื่องจากคาร์บอนแต่ละอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนสร้างพันธะโคเวเลนซ์หมด ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระที่จะใช้เคลื่อนที่ ดังนั้น เพชรจึงไม่นำไฟฟ้า

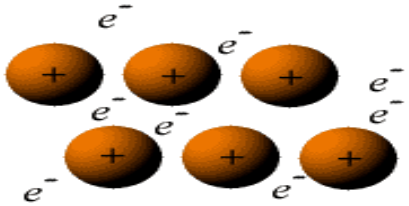




แกร์ไฟต์ (Graphite) เป็นรูปหนึ่งของธาตุคาร์บอน มีโครงสร้างเป็นชั้น ๆ ภายในชั้นเดียวกันคาร์บอนแต่ละอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมข้างเคียงอีก 3 อะตอม จากการวัดความยาวพันธะแต่ละพันธะภายในชั้นเดียวกันของแกร์ไฟต์ยาว 141.5 pm และจากข้อมูลทราบว่าพันธะเดี่ยวระหว่างอะตอมคาร์บอนมีความยาว 154 pm ส่วนพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนมีความยาว 134 pm ด้วยเหตุนี้พันธะโคเวเลนต์ของอะตอมคาร์บอนในชั้นเดียวกันของแกร์ไฟต์มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่ แสดงว่าคาร์บอนในชั้นเดียวกันของแกร์ไฟต์สามารถเกิดเรโซแนนซ์ได้เช่นเดียวกับ SO_2

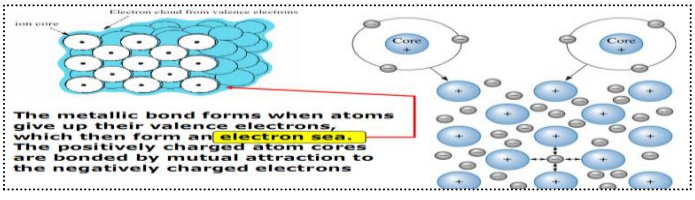
การที่คาร์บอนแต่ละอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนซ์กับคาร์บอนอะตอมอื่นอีก 3 อะตอมที่อยู่ใกล้เคียงกันภายในชั้นเดียวกัน ดังนั้นคาร์บอนแต่ละอะตอมจะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเหลืออีก อิเล็กตรอนไม่อยู่กับที่ เคลื่อนที่ได้อิสระทั่วไปภายในชั้นเดียวกัน แกร์ไฟต์จึงนำไฟฟ้าได้ดีเฉพาะในทิศทางที่ขนานกับชั้นเท่านั้น ในผลึกแกร์ไฟต์ระหว่างชั้นของแกร์ไฟต์ยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ชั้นของคาร์บอนแต่ละชั้นห่าง 335 pm ซึ่งเป็นระยะที่ยาวกว่าพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนในชั้นเดียวกัน ผลึกแกร์ไฟต์จึงแตกออกจากกันได้ง่าย สามารถใช้เป็นสารหล่อลื่น และใช้ทำไส้ดินสอได้

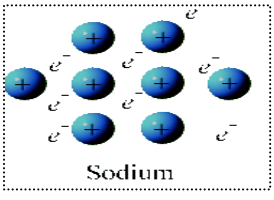
2.13. พันธะโลหะ(Metallic bond)



พันธะโลหะ (Metallic bond) คือ พันธะที่เกิดเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกซึ่งเรียงชิดกันกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อยู่โดยรอบทั้งก้อนโลหะ และการที่เวเลนซ์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เพราะโลหะเป็นธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยและมีค่าพลังงานไอออนไนเซชันต่ำ จึงทำให้เกิดกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนและไอออนบวกได้ง่าย

อนึ่ง พันธะโลหะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ยึดกับไอออนบวกไม่ได้เป็นของอะตอมใดอะตอมหนึ่งเพียงอะตอมเดียว แต่เวเลนซ์อิเล็กตรอนทุกตัวสามารถเคลื่อนที่ไปยังอะตอมอื่น ๆ ได้ ซึ่งแตกต่างจากพันธะโคเวเลนซ์ ทั้งนี้เพราะในก้อนโลหะแต่ละอะตอมจะมีอะตอมอื่นล้อมรอบ 8 หรือ 12 อะตอม อะตอมจึงมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่พอที่จะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมพันธะระหว่างอะตอมแต่ละอะตอมเข้าด้วยกันทั้งหมดได้ ดัง**แบบจำลองของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน (Electron-sea model)** ของก้อนโลหะ





แนวข้อสอบ

1. สารที่มีมุมระหว่างพันธะ(bond angle) มากที่สุดได้แก่

1. $SiCl_4$ 2. BCl_3 3. Cl_2O 4. SF_6

2. มุมพันธะในโมเลกุลของมีเทน แอมโมเนียและน้ำจะมีขนาดเรียงตามลำดับข้อใด

1. มีเทน > แอมโมเนีย > น้ำ 2. น้ำ > แอมโมเนีย > มีเทน 3. แอมโมเนีย > มีเทน > น้ำ 4. น้ำ > มีเทน > แอมโมเนีย

3. A เป็นธาตุที่มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 5 มุมระหว่างพันธะในสารข้อใดต่อไปนี้ มีค่ารวมกันมากที่สุด

1. H_2O , ACl_3 2. NH_3 , AF_3 3. $SiCl_4$, ABr_3 4. CH_4 , ACl_4^+

4. ข้อมูลในตารางต่อไปนี้ บอกถึงจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางข้อใดผิด

โมเลกุล	อะตอมกลาง	อิเล็กตรอนร่วมพันธะ	อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
1. CH_4	C	4	0
2. H_2O	O	2	2
3. PH_3	P	3	1
4. H_2S	H	2	2

5. โมเลกุลของน้ำ (H_2O) มีรูปร่างเป็นมุมงอ ถ้าโปรตอน(H^+) สร้างพันธะกับอะตอมของ O ใน H_2O โดยใช้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของ O จะได้ H_3O^+ รูปร่างเป็นอย่างไร

1. สามเหลี่ยมแบบราบ 2. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม 3. ทรงสี่หน้า 4. ทรงแปดหน้า

6. ธาตุ A และ B มีเลขอะตอม 15 และ 35 ตามลำดับ คลอไรด์ของ A และ B ควรมีรูปร่างอย่างไรตามลำดับ

1. สามเหลี่ยมแบนราบ,พีระมิดฐานสามเหลี่ยม 2. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม,เส้นตรง
3. ทรงสี่หน้า,สามเหลี่ยมแบนราบ 4. พีระมิคู่ฐานสามเหลี่ยม,เส้นตรง

7. อะตอมกลางของสารประกอบทั้งสองในข้อใดที่ <u>ไม่มี</u> อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

1. C_2H_4 , PCl_3 2. C_2H_2 , PCl_5 3. CO_2 , SO_2 4. BCl_3 , AsH_3

8. โมเลกุลโคเวเลนซ์ที่รูปร่างเป็นทรงเหลี่ยมสี่หน้า (Tetrahedral) คือ

1. C_2H_4 2. NO_3^- 3. NH_4^+ 4. PF_3

9. รูปร่างของโมเลกุลของ SO_3 มีลักษณะอย่างไร

1. เส้นตรง 2. ทรงเหลี่ยมสี่หน้า 3. ปิระมิดฐานสามเหลี่ยม 4. สามเหลี่ยมแบบราบ

10. เมื่อพิจารณาสูตรของสารประกอบต่อไปนี้

(ก) โบรมีน (Br_2) (ข) แอมโมเนีย (NH_3) (ค) น้ำ (H_2O)
(ง) ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) (จ) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4)

สารใดมีพันธะโคเวเลนซ์มีขั้ว

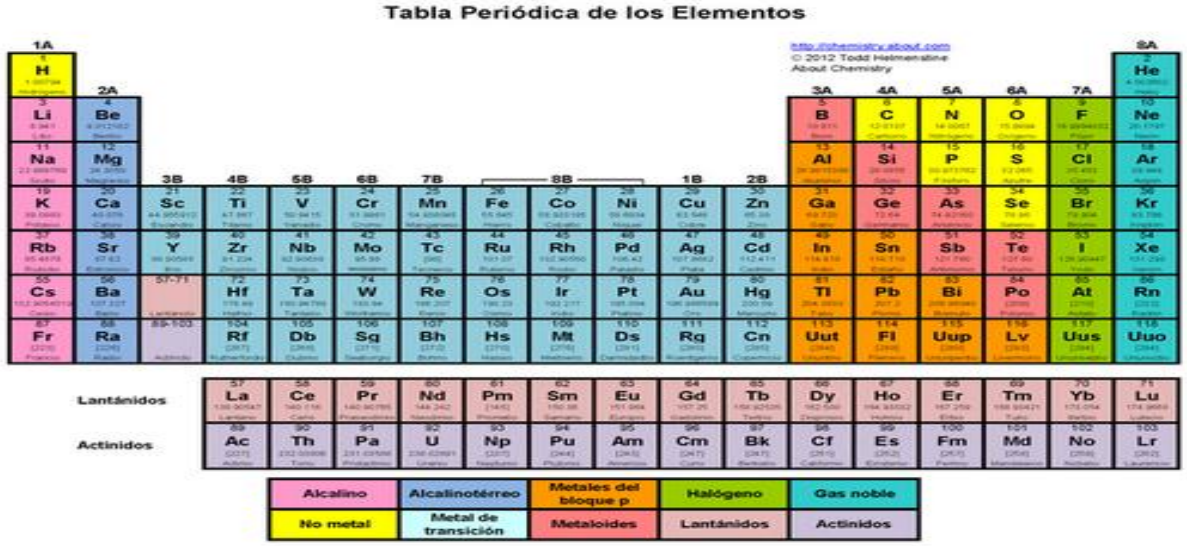
1. ก ข ค และ ง เท่านั้น 2. ข ค และ ง เท่านั้น 3. ข ค ง และ จ เท่านั้น 4. ง เท่านั้น

11. ข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

1. CO_2 , CCl_4 และ CH_3Cl 2. CO_2 , SF_6 และ BCl_3
3. BCl_2 , NCl_3 และ CCl_4 4. HCN , NCl_3 และ CO_2

บทที่ 3 สมบัติของธาตุและสารประกอบ

3.1. สมบัติของธาตุและสารประกอบตามคาบ



สารประกอบคลอไรด์ หมายถึง .....

การเตรียมสารประกอบคลอไรด์ โดยผ่านก๊าซคลอรีนแห้งไปบนธาตุที่กำลังร้อน ดังนั้นในขั้นแรกจึงต้องเตรียมก๊าซคลอรีนก่อนแล้วจึงผ่านก๊าซคลอรีนที่ได้นั้นลงไปบนธาตุที่ร้อนดังกล่าว

ตัวอย่าง สารประกอบคลอไรด์ที่เตรียมได้โดยตรงระหว่างปฏิกิริยาของ Cl_2 กับธาตุ เช่น $2Al(s) + 3\ Cl_2(g) \rightarrow 2AlCl_3\ (s)$ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. คลอไรด์ของโลหะ ได้แก่ .....
.....
2. คลอไรด์ของอโลหะ ได้แก่ .....
.....

สารประกอบคลอไรด์		
สมบัติ	คลอไรด์ของโลหะ	คลอไรด์ของอโลหะ
สารละลายเป็นกรด	.....	.....
สารละลายเป็นกลาง	.....	.....
สารละลายเป็นเบส	.....	.....
สถานะ	.....	.....
มีจุดเดอดและจุดหลอมเหลว	.....	.....

สารประกอบคลอรีนในชีวิตประจำวัน

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

สารประกอบออกไซด์ หมายถึง .....

.....

การเตรียมสารประกอบออกไซด์ อาจจะทำได้โดยนำออกซิเจนมาเผารวมกับธาตุต่าง ๆ เช่น $2Ca(s) + O_2(g) \rightarrow 2CaO(s)$ เมื่อใช้ความเป็นโลหะและอโลหะเป็นเกณฑ์ จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ออกไซด์ของโลหะ เช่น .....

.....

2. ออกไซด์ของอโลหะ เช่น .....

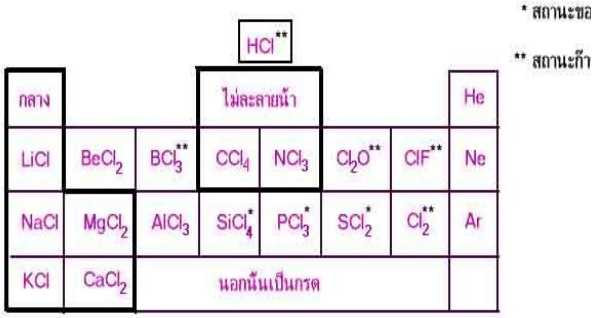
.....

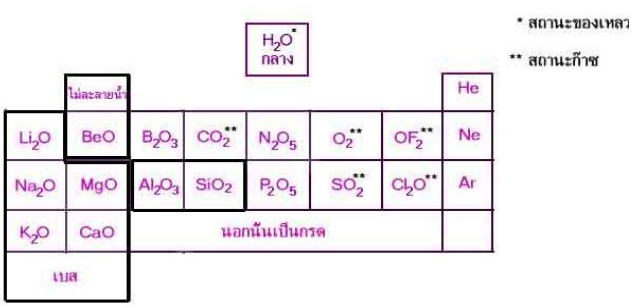
สารประกอบ ออกไซด์		
สมบัติ	ออกไซด์ของโลหะ	ออกไซด์ของอโลหะ
สารละลายเป็นกรด	.....	.....
สารละลายเป็นกลาง	.....	.....
สารละลายเป็นเบส	.....	.....
สถานะ	.....	.....
มีจุดเดอดและจุดหลอมเหลว	.....	.....

ประเภทของออกไซด์

ประเภท	ลักษณะ	ตัวอย่าง
1. แอซิดิกออกไซด์ (acidic oxide)	....	
2. เบสิกออกไซด์ (basic oxide)	....	
3. แอมโฟเทอริกออกไซด์ (amphoteric oxide)	....	
4.นิวทรอลออกไซด์ (neutral oxide)	....	
5. ซับ-ออกไซด์ (Sub-oxide)	....	
6. ซุปเปอร์ออกไซด์ (Super oxide)	....	

สรุปอีกครั้งครับ





3.2. ปฏิกิริยาของธาตุและสารประกอบตามหมู่คาบ

<u>สรุป ปฏิกิริยาของธาตุหมู่ IA , IA, IIIA</u>

1.การทำปฏิกิริยากับน้ำ

ธาตุหมู่ IA + ...

ธาตุหมู่ IA + ... } ทั้ง 3 ได้ก๊าซไฮโดรเจน

ธาตุหมู่ IA + ...

2.ปฏิกิริยาของโลหะ หมู่ IA , IA, IIIA ขึ้นอยู่กับ

.....

3.ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำของโลหะ หมู่

.....

4.ตัวรีดิวซ์ของโลหะ หมู่

.....

<u>สรุป ปฏิกิริยาของธาตุหมู่ VIIA</u>

การเกิดปฏิกิริยาธาตุหมู่ VIIA กับแฮไลด์ไอออน ดังนี้

X_2/CCl_4	X^-
F_2	F^-
Cl_2	Cl^-
Br_2	Br^-
I_2	I^-

<u>หลัก</u>

-อะตอม ENสูง + ไอออน EN ต่ำ จะเกิดปฏิกิริยา

-อะตอม EN ต่ำ +ไอออน En สูง ไม่เกิดปฏิกิริยา

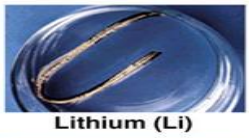
<u>แสดงว่า</u> ตัวออกซิไดส์(ชอบรับอิเล็กตรอน)

.....

ตัวรีดิวซ์(ชอบให้อิเล็กตรอน)

.....

<u>เพิ่มเติม</u> สมบัติธาตุหมู่ 1A (โลหะเนื้ออ่อน)


Lithium (Li)

Sodium (Na)

Potassium

Rubidium (Rb)

Cesium (Cs)

1. เป็นธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ.....
2. เป็นของแข็ง ยกเว้น .....
3. เป็นโลหะที่นำไฟฟ้าและนำความร้อน.....
4. ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้น เมื่อเลขอะตอม.....
5. ค่า IE , EN, EA.....
6. สารประกอบของธาตุหมู่ IA ละลายน้ำได้ดีมาก

สมบัติธาตุหมู่ 2A (โลหะเนื้อแข็ง)

1. เป็นธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ.....
2. เป็นโลหะที่นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี
3. มีความหนาแน่นมากกว่าหมู่ IA
4. รัศมีอะตอมเล็กกว่าหมู่ IA และค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น
5. จุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีค่าค่อนข้างสูง
6. IE_1 มีค่าค่อนข้างน้อย (แต่มากกว่าหมู่ IA ในคาบเดียวกัน)

Beryllium (Be) Magnesium (Mg) Calcium (Ca)

Strontium (Sr) Barium (Ba) Radium (Ra)

สมบัติธาตุหมู่ 3A

.....

.....

.....

สมบัติธาตุหมู่ 4A

.....

.....

.....

.....

.....

สมบัติธาตุหมู่ 5A

.....

.....

.....

.....

.....

สมบัติธาตุหมู่ 6A

.....

.....

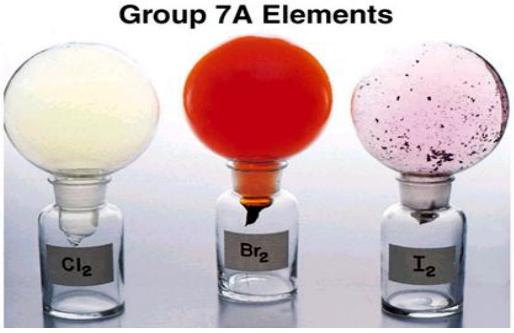
.....

.....

.....

สมบัติธาตุหมู่ 7A (แฮโลเจน)

1. เป็นพวกอโลหะ มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 สภาวะปกติ F_2 และ Cl_2 เป็นก๊าซสีเหลืองอ่อนและเขียวอ่อนตามลำดับ Br_2 เป็นของเหลวสีน้ำตาลแดง และ I_2 เป็นของแข็งสีม่วง ทุกตัวเป็นสารพิษ
2. ความเป็นอโลหะจะ.....เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น
3. ธาตุแฮโลเจนทุกตัวอยู่ในสภาพโมเลกุลอะตอมคู่ (diatomic molecule) ทุกสถานะทั้งของแข็ง ของเหลวและก๊าซ ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนซ์
4. ไม่นำความร้อนและไฟฟ้าเพราะเป็นอโลหะ
5. มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า



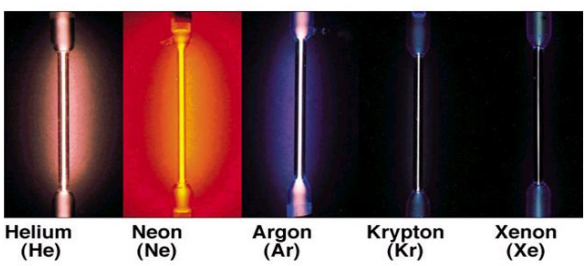
สมบัติธาตุหมู่ 8A ก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซมีตระกูล (Inert gas or noble gas)

ก๊าซเฉื่อยมีทั้งหมด 6 ธาตุ คือ ฮีเลียม (He) นีออน (Ne) อาร์กอน (Ar) คริปทอน (Kr) ซีนอน (Xe) และ เรดอน (Ra) เป็นพวกโมเลกุลอะตอมเดี่ยว (monoatomic molecule)

.....

.....

.....



3.3 ตำแหน่งของไฮโดรเจนในตารางธาตุ

สมบัติ	ไฮโดรเจน	ธาตุหมู่ IA	ธาตุหมู่ VIIA
เวเลนซ์อิเล็กตรอน	1	1	7
จำนวนอะตอมในโมเลกุล	2	ไม่แน่นอน	2
เลขออกซิเดชันในสารประกอบ	-1, +1	+1	-1,+1, +3, +5, +7
การนำไฟฟ้าในสถานะของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	นำไฟฟ้า	ไม่นำไฟฟ้า
IE_1 (kJ/mol)	1318	382-526	1015-1687
EN	2.1	1.0 - 0.7	4.2 - 2.2

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A
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

Acidic
Basic
Amphoteric

แนวข้อสอบ

1. ข้อสรุปใด **ผิด** (ENT)

1.สารประกอบออกไซด์ของโลหะมักเป็นของแข็ง และสารละลายมีสมบัติเป็นเบส

2.สารประกอบออกไซด์ของอโลหะมักเป็นแก๊ส และสารละลายมีสมบัติเป็นกรด

3.สารประกอบคลอไรด์ของโลหะมักเป็นของแข็ง และสารละลายมีสมบัติเป็นเบส

4.สารประกอบคลอไรด์ของอโลหะอาจเป็นแก๊สหรือของเหลว และสารละลายมีสมบัติเป็นกรด

2.ถ้าคลอไรด์ของธาตุ X มีสูตร XCl_2 ออกไซด์ของ X มีสูตร XO สารละลายของXO เป็นเบส ควรจัดธาตุ X ไว้รวมกับธาตุกลุ่มใด

1. Be, Mg, Ca 2. Li, Be, B 3. K, Rb, Cs 4. Ca, Mg, B

3. สารประกอบคลอไรด์ชนิดหนึ่งมีสมบัติดังนี้

1. สารละลายเกลือคลอไรด์มีสมบัติเป็นกรด 2. เกิดปฏิกิริยากับน้ำได้รุนแรง 3. มีสถานะปกติเป็นของเหลว

สารประกอบคลอไรด์นี้ควรเป็นสารใด

1. $AlCl_3$ 2. PCl_5 3. CCl_4 4. $SiCl_4$

4. กำหนดข้อมูลของธาตุ X , Yและ Z ดังนี้

I ธาตุ X มี $IE_1 < IE_2 < IE_3 < IE_4 << IE_5$

II ธาตุ Y มีเลขอะตอมเท่ากับ 33

III ไอโซโทปหนึ่งของธาตุ Z ไม่มีนิวตรอน

สูตรของสารประกอบออกไซด์ของ X ,Y และ Z ควรเป็นดังข้อใด (โควตา มข.)

1 . XO_2 , Y_2O_3 , Z_2O 2. XO ,Y_2O_5 , Z_2O

3. XO_2 , Y_2O_3 , ZO 4. X_2O , Y_2O_5, Z_2O

5.จากสมบัติของธาตุหมู่ 7 สามารถทำนายได้ว่าปฏิกิริยาข้อใดไม่สามารถเกิดได้ตามที่เขียน

1. $Br_2+2NaI \rightarrow 2NaBr + I_2$ 2. $Br_2+2NaCl \rightarrow 2NaBr_2 + Cl_2$

3. $Cl_2+2NaBr \rightarrow 2NaCl+Br_2$ 4. $Cl_2+2NaI \rightarrow 2NaCl + I_2$

6.พิจารณาธาตุและสมบัติต่างๆดังนี้ (O – net)

ก ธาตุ x เป็นโลหะที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 ตัว เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเกิดสารที่มีสูตรเป็น X_2O

ข ธาตุ Y เป็นโลหะ อยู่ในหมู่ 2 คาบ 3 เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีนจะเกิดสารที่มีสูตรเป็น ACl_2

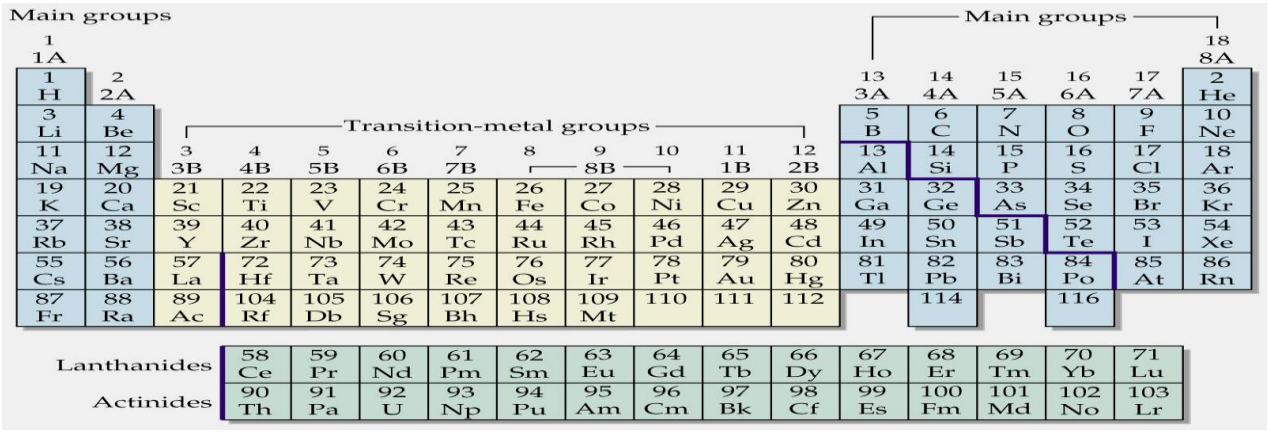
ค ธาตุ A และ Z มีเลขอะตอมเป็น 6 และ 9 ตามลำดับ เมื่อเกิดเป็นสารประกอบจะได้สารที่มีสูตรเป็น AZ_4

ข้อใดถูกต้อง

1. ก และ ข 2. ก และ ค 3. ข และ ค 4. ก ข และ ค

3.4. ธาตุแทรนซิชัน(Transition elements)

ธาตุแทรนซิชัน หมายถึง .....



ธาตุแทรนซิชันแบ่งออกเป็นคาบ ดังนี้

1. อนุกรมแทรนซิชันที่ 1 (first transition series)คือ ธาตุแทรนซิชันแถวที่ 1 ตั้งแต่ ..... ธาตุเหล่านี้อิเล็กตรอนใน .....ไม่ครบ

2.อนุกรมแทรนซิชันที่ 2 (second transition series) คือ ธาตุแทรนซิชันแถวที่ 2 ตั้งแต่.....
ธาตุเหล่านี้อิเล็กตรอนใน .....ไม่ครบ

3. อนุกรมแทรนซิชันที่ 3 (third transition series) คือ ธาตุแทรนซิชันในแถวที่ 3 ตั้งแต่.....
ธาตุเหล่านี้อิเล็กตรอนใน .....ไม่ครบ

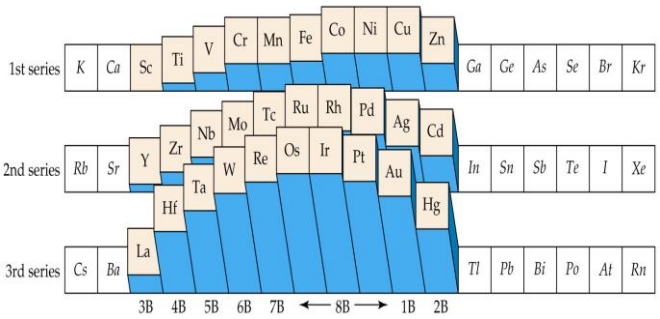
4. อนุกรมแทรนซิชันที่ 4 คือ ธาตุแทรนซิชันในแถวที่ 3 ตั้งแต่.....ธาตุเหล่านี้อิเล็กตรอนใน .....ไม่ครบ

5. อนุกรมแลนทาไนด์ (lanthanide series) คือ ธาตุอินเนอร์แทรนซิชัน ตั้งแต่.....ธาตุเหล่านี้อิเล็กตรอนใน .....ไม่ครบ

6. อนุกรมแอคติไนด์ (actinide series) คือ ธาตุอินเนอร์แทรนซิชัน ตั้งแต่ .....ธาตุเหล่านี้อิเล็กตรอนใน .....ไม่ครบ

3.4.1. สมบัติของธาตุแทรนซิชัน

1. มีเลขออกซิเดชันมากกว่า 1 ค่า ยกเว้น.....
.....



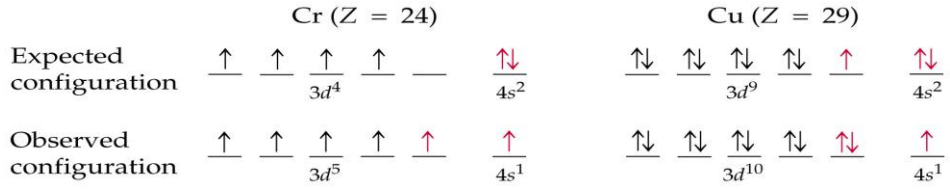
2. ธาตุแทรนซิชันเป็นโลหะ จึงดึงดูดกับแม่เหล็ก
3. สารประกอบส่วนใหญ่ มีสี ยกเว้นหมู่ .....
4. ธาตุแทรนซิชันมีแนวโน้มที่จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้
5. มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนส่วนใหญ่เท่ากับ 2
6. รัศมีอะตอมมีแนวโน้มลดลงจากซ้ายไปขวาของคาบ
7. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างสูง เพราะมีพันธะโลหะ
8. ค่า IE_1 , IE_2 , และ IE_3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น แต่ค่าต่างกันไม่มากนัก เพราะขนาดใกล้เคียงกัน
9. ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น
10. เป็นโลหะที่นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีเหมือนกับโลหะทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้เพราะมีพันธะโลหะ

การจัดอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชัน

การจัดอิเล็กตรอนลงใน orbital ต่างๆ ของธาตุจะต้องจัดในระดับพลังงานที่ต่ำกว่าจนเต็มก่อนแล้วจึงจะจัดให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น สำหรับธาตุแทรนซิชันมีการจัดอิเล็กตรอน ใน d-orbital ด้วย ซึ่งระดับพลังงานของ 3d-orbital สูงกว่า 4s-orbital ดังนั้นจึงต้องจัดลงใน 4s-orbital ก่อนจนเต็มแล้วจึงจัดลงใน 3d-orbital เป็นผลให้ อิเล็กตรอนใน d-orbital ไม่ครบ ซึ่งก็เรียกธาตุที่มีลักษณะนี้ว่า **ธาตุแทรนซิชัน**

อย่างไรก็ตามธาตุแทรนซิชันกลายเป็นไอออนจะเสียอิเล็กตรอน ใน 4s-orbital ก่อนและในบางกรณีก็เสียอิเล็กตรอนใน 3d-orbital ด้วย ทำให้อิเล็กตรอนธาตุแทรนซิชันสามารถเกิดเป็นไอออนได้หลายชนิดและมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

ตัวอย่างเช่น



ตาราง แสดงโครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชันในคาบที่ 4 ขนาดของอะตอมและขนาดไอออน

เลขอะตอม	ธาตุ	โครงสร้างอิเล็กตรอน	รัศมีอะตอม (pm)	ไอออน	โครงสร้างของไอออน	รัศมีไอออน (pm)
21	Sc	[Ar] $3d^1$ $4s^2$	160	Sc^{3+}	[Ar]	81
22	Ti	[Ar] $3d^2$ $4s^2$	150	Ti^{2+}	[Ar] $3d^2$	90
23	V	[Ar] $3d^3$ $4s^2$	140	V^{2+}	[Ar] $3d^3$	88
24	Cr	[Ar] $3d^5$ $4s^1$	130	Cr^{2+}	[Ar] $3d^4$	84
25	Mn	[Ar] $3d^5$ $4s^2$	140	Mn^{2+}	[Ar] $3d^5$	80
				Mn^{3+}	[Ar] $3d^4$	66
26	Fe	[Ar] $3d^6$ $4s^2$	130	Fe^{2+}	[Ar] $3d^6$	76
				Fe^{3+}	[Ar] $3d^5$	64
27	Co	[Ar] $3d^7$ $4s^2$	130	Co^{2+}	[Ar] $3d^7$	74
				Co^{3+}	[Ar] $3d^6$	63
28	Ni	[Ar] $3d^8$ $4s^2$	130	Ni^{2+}	[Ar] $3d^8$	72
				Ni^{3+}	[Ar] $3d^7$	62
29	Cu	[Ar] $3d^{10}$ $4s^1$	130	Cu^{+}	[Ar] $3d^{10}$	96
				Cu^{2+}	[Ar] $3d^9$	70
30	Zn	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$	130	Zn^{2+}	[Ar] $3d^{10}$	74

ตาราง เลขออกซิเดชันที่พบทั่วๆ ไปของธาตุแทรนซิชันในคาบที่ 4

ธาตุ	เลขอะตอม	หมู่	เลขออกซิเดชัน	ตัวอย่าง	ความเสถียรภาพของเลขออกซิเดชัน
Cr	24	VIB	+2	$CrCl_2$	ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย
			+3	$CrCl_3$	เสถียรที่สุด
			+6	$Cr_2O_7^{2-}$	เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี
Mn	25	VIIB	+2	MnO	เสถียรที่สุด

			+3	$MnCl_3$	เสถียรในรูปสารเชิงซ้อน
			+4	MnO_2	เสถียร , ตัวออกซิไดส์ที่ดี
			+6	MnO_4^{2-}	เสถียรในสารละลายเบส
			+7	MnO_4^-	เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง
Fe	26	VIIIB	+2	$FeCl_2$	เสถียรแต่ถูกออกซิไดส์ง่าย
			+3	$FeCl_3$	เสถียรที่สุด
			+6	–	หายาก

3.4.2. สารประกอบของธาตุแทรนซิชัน

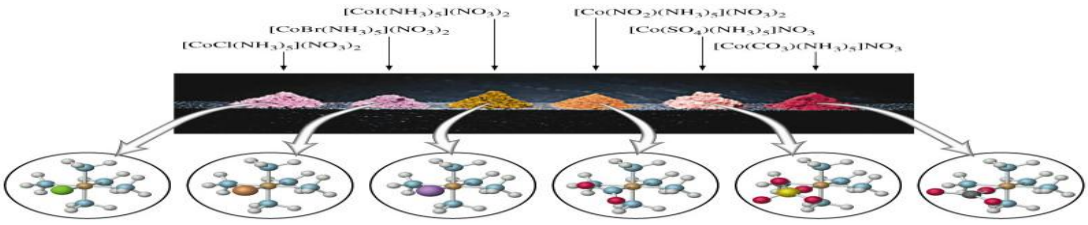
ธาตุแทรนซิชันส่วนมากสามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอโลหะได้ เมื่อได้รับความร้อน แต่ปฏิกิริยาไม่รุนแรงเท่ากับธาตุหมู่ IA และ IIA เช่น สามารถเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ คลอไรด์ และซัลไฟด์ เมื่อทำปฏิกิริยากับธาตุออกซิเจน คลอรีน และกำมะถัน ตามลำดับ

ตาราง สีของสารประกอบและไอออนของธาตุแทรนซิชันคาบที่ 4 บางธาตุ

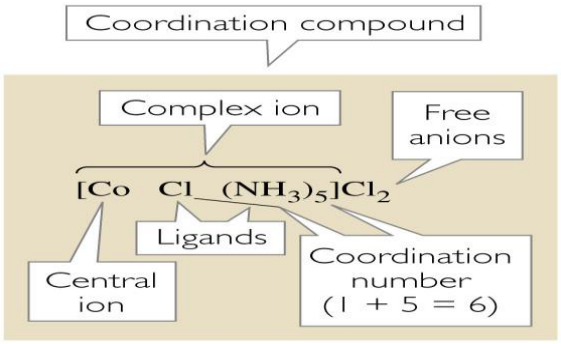
ธาตุ	ไอออน	เลขออกซิเดชันของโลหะ	สี	ตัวอย่าง
Sc	Sc^{3+}	+3	ไม่มีสี	$ScCl_2$
Ti	Ti^{2+}	+2	น้ำตาล	$TiCl_2$
	Ti^{3+}	+3	ม่วงอ่อน	$TiCl_3$
V	V^{2+}	+2	ม่วง	VCl_2
	V^{3+}	+3	เขียว	VCl_3
	VO^{2+}	+4	น้ำเงิน	$VOCl_2$
	VO_2^+	+5	.....	VO_2Cl
Cr	Cr^{2+}	+2	น้ำเงิน	$CrCl_2$
	Cr^{3+}	+3	.....	$CrCl_3$
	CrO_4^{2-}	+6	เหลือง	Na_2CrO_4
	$Cr_2O_7^{2-}$	+6	ส้ม	$K_2Cr_2O_7$
Mn	Mn^{2+}	+2	ชมพูอ่อน	$Mn(OH)_2$
	Mn^{3+}	+3	เขียว	$Mn(OH)_3$
	MnO_2	+4	ดำ	MnO_2
	MnO_3^-	+5	.....	$KMnO_3$
	MnO_4^{2-}	+6	เขียว	K_2MnO_4
	MnO_4^-	+7	ม่วง	$KMnO_4$
Fe	Fe^{2+}	+2	เขียวอ่อน	$FeCl_2$
	Fe^{3+}	+3	.....	$FeCl_3$
Co	Co^{2+}	+2	.....	$CoCl_2$
Ni	Ni^{2+}	+2	เขียว	$NiCl_2$
Cu	Cu^{2+}	+2	.....	$CuCl_2$
Zn	Zn^{2+}	+2	.....	$ZnCl_2$

- สารละลายของ Fe^{3+} ปกติในน้ำจะเป็น $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ ซึ่งเป็นสีม่วงอ่อน แต่เสถียรเฉพาะในสารละลายที่เป็นกรดมาก

การที่เห็นเป็นสีเหลืองเพราะถูกไฮโดรไลส์กลายเป็น $[Fe(H_2O)_5OH]^{2+}$



3.4.3.สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน



สารประกอบเชิงซ้อน เป็นสารประกอบที่มีไอออนเชิงซ้อนประกอบด้วย

– ไอออน 2 ชนิดคือ ไอออนบวกและไอออนลบ

–ไอออนที่ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปเรียกว่า **ไอออนเชิงซ้อน** ซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวกหรือลบก็ได้ เช่น $[Fe(CN)_6]^{3-}$ และ $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

– ลิแกนด์ (ligand) คือ.....

.....ลิแกนด์มักจะยึดเหนี่ยวกับธาตุแทรนซิชันด้วยพันธะ.....

–อะตอมกลางหรือไอออนกลาง (Central atom ion) คือ .....

.....

– เลขโคออดิเนชัน (Coordination number) คือ.....

.....

สารประกอบของธาตุแทรนซิชัน นอกจากจะมีสีแตกต่างกัน เพราะเกิดจากธาตุต่างชนิดกันแล้ว สารประกอบชนิดเดียวกันที่มีสูตรเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างต่างกัน ก็จะมีสีต่างกันด้วย

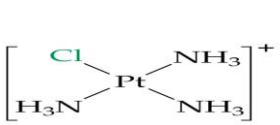
– ตัวอย่างของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีต่างกัน เพราะมีการจัดโครงสร้างของโมเลกุลต่างกัน

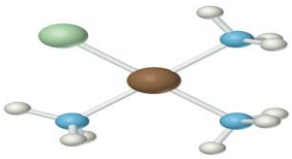
1. กรณีของสารประกอบ Cr ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $Cr(H_2O)_6Cl_3$ ถ้าโรงสร้างของโมเลกุล ต่างกัน สีจะต่างกันดังนี้

$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$	สีม่วง	$[Cr(H_2O)_4Cl\ Cl.2H_2O$	สีเขียวเข้ม
$[Cr(H_2O)_5Cl\ Cl_2.H_2O$	สีเขียวอ่อน	$[Cr(H_2O)_3Cl_3]\ .3H_2O$	สีน้ำตาล

2. กรณีของสารประกอบ Co ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $Co(NH_3)_6Cl_3$ ถ้าโครงสร้างโมเลกุลต่างกัน สีจะต่างกันดังนี้

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$	สีเหลือง
$[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$	สีม่วง
$[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$	สีเขียว





– ตัวอย่างของไอออนเชิงซ้อนที่มีสีต่างกัน เพราะมีลิแกนด์ต่างชนิดกัน

1. กรณีไอออนเชิงซ้อนของ Co^{3+} มีสีต่างกันตามชนิดของลิแกนด์ ดังนี้

$[Co(H_2O)_6]^{3+}$	สีชมพู
$[Co(NH_3)_6]^{3+}$	สีเหลือง
$[Co(C_2O_4)_3]^{3-}$	สีเขียว

2. กรณีของไอออนเชิงซ้อนของ Cu^{2+} มีสีต่างกันเนื่องจากลิแกนด์ต่างกันดังนี้

$[Cu(H_2O)_6]^{2+}$	สีน้ำเงิน
$[Cu(H_2NCH_2CH_2NH_2)]^{2+}$	สีม่วง
$[CuCl_4]^{2-}$	สีเหลือง

การเรียกชื่อสารประกอบและไอออนเชิงซ้อน ตาม**ระบบ IUPAC** (International Union of Pure and Applied Chemistry) ดังนี้

1. เรียกชื่อไอออนบวกก่อนไอออนลบ เช่น

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$ ให้เรียกชื่อส่วน $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ ก่อน แล้วจึงตามด้วยชื่อของ Cl

$K_3[Co(C_2O_4)_3]$ ให้เรียกชื่อส่วน K^+ ก่อน แล้วจึงตามด้วยชื่อของ $[Co(C_2O_4)_3]^{3-}$

2. การเรียกชื่อไอออนเชิงซ้อน ให้เรียกชื่อลิแกนด์ก่อน แล้วตามด้วยชื่อของไอออนของธาตุแทรนซิชัน เช่น

$[Ni(NH_3)_4]^{2+}$ ให้เรียกชื่อ NH_3 ก่อน แล้วจึงเรียกชื่อของ Ni^{2+}

$[Fe(CN)_6]^{3-}$ ให้เรียกชื่อ CN^- ก่อน แล้วจึงเรียกชื่อของ Fe^{3+}

3. การเรียกชื่อไอออนลบที่เป็นลิแกนด์ จะลงท้ายด้วย " O " โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

3.1. ไอออนลบที่ลงท้ายด้วย **–ide** เมื่อเป็นสารประกอบเชิงซ้อนให้เปลี่ยนจาก **–ide** เป็น **–o** เช่น

ไอออนลบ	ชื่อทั่วไป	ชื่อเมื่อเป็นลิแกนด์
Cl^-	คลอไรด์	.....
Br^-	โบรไมด์	.....
I^-	ไอโอไดด์	.....
CN^-	ไซยาไนด์	.....
O^{2-}	ออกไซด์	.....

3.2. ไอออนลบที่ลงท้ายด้วย **–ite** หรือ **–ate** ให้เปลี่ยนเป็น **–ito** หรือ **–ato** ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น

ไอออนลบ	ชื่อทั่วไป	ชื่อเมื่อเป็นลิแกนด์
CO_3^{2-}	carbonate	carbonato
$S_2O_3^{2-}$	thiosulfate	thiosulfato
SCN^-	thiocyanate	thiocyanato เมื่อเกิดพันธะที่ S
	thiocyanate	isothiocyanato เมื่อเกิดพันธะที่ N
$C_2O_4^{2-}$	oxalate	oxalato
NO_2^-	nitrite	nitrito เมื่อเกิดพันธะที่ O
	nitrite	nitro เมื่อเกิดพันธะที่ N

4.สำหรับลิแกนด์ที่ไม่มีประจุหรือเป็นกลาง (neutral ligand) ให้เรียกชื่อเหมือนกับโมเลกุลที่เป็นกลาง เช่น

$NH_2CH_2CH_2NH_2$ เมื่อเป็นโมเลกุลเรียกว่า .....

เมื่อเป็นลิแกนด์ก็ยังคงเรียกว่า .....

<u>ยกเว้น</u> H_2O เรียก ....., NH_3 เรียก .....,

CO เรียก .....

5.ถ้าสารประกอบเชิงซ้อนนั้นมีลิแกนด์ชนิดเดียวกันมากกว่าหนึ่งให้บอกจำนวนที่ซ้ำกันไว้หน้าชื่อของลิแกนด์ โดยระบุจำนวนด้วยภาษากรีก คือ 2 , 3 , 4 ,5, 6 **เรียก** di ,tri ,tetra ,penta ,hexa ตามลำดับ

เช่น $(CN)_6$ เรียก hexacyano , $(C_2O_4)_3$ เรียก.....

6.ถ้าไอออนเชิงซ้อนมีประจุเป็นลบ ให้เรียกชื่อลิแกนด์ก่อนแล้วตามด้วยชื่อโลหะ พร้อมกันเปลี่ยนคำลงท้ายของโลหะให้เป็น –ate

และใส่เลขออกซิเดชันไว้ในวงเล็บต่อจากชื่อของโลหะด้วยเลขโรมัน

โลหะ	ชื่อโลหะ	ชื่อโลหะในไอออนเชิงซ้อนที่มีประจุลบ
Al	Aluminium	alminate
Cr	chromium	chromate
Mn	manganese	manganate
Ni	nickel	nickelate
Co	cobalt	cobaltate
Zn	zinc	zinccate
Mo	molybdenum	molybdate

โลหะบางตัวมีชื่อเรียกเป็นภาษาละติน ให้ใช้ภาษาละตินและลงท้ายด้วย –ate ดังตัวอย่าง

ธาตุ	ชื่อโลหะ		ชื่อโลหะในไอออนเชิงซ้อน
	ภาษาอังกฤษ	ภาษาละติน	ที่มีประจุเป็นลบ
Fe	iron	ferrum	ferrate
Cu	copper	cuprum	cuprate
Pb	lead	plumbum	plumbate
Ag	silver	argentum	argentate
Au	gold	aurum	aurate

เช่น $[Fe(CN)_6]^{3-}$ เรียกว่า hexa cyano ferrate (III) ion

$[Co(C_2O_4)_3]^{3-}$ เรียกว่า .....

สำหรับไอออนเชิงซ้อนที่มีประจุบวกและสารประกอบเชิงซ้อนที่เป็นกลาง ให้อ่านชื่อของโลหะตามชื่อโลหะเดิม โดยไม่ต้องเปลี่ยนคำลงท้าย เช่น $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ เรียกว่า tetra amminne copper (II) ion

$[Co(H_2O)_6^{3+}$ เรียกว่า .....

7.กรณีสารประกอบเชิงซ้อนมีลิแกนด์หลายชนิด ให้เรียกชื่อลิแกนด์ที่มีประจุลบก่อน ตามด้วยลิแกนด์ที่เป็นกลาง และประจุบวกไว้ท้ายสุด **ตัวอย่าง** การเรียกชื่อ

$[Co(NH_3)_6]^{3+}$ hexaamminecobalt (III) ion , $Na_3[Cr(NO_2)_6]$ .....

$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ ....., $[Cr(NH_3)_3Cl_3]$ .....

$[CoCl_6]^{3-}$ ....., $[Cr(NH_3)_5SO_4]$ .....

$[Fe(CN)_6]^{4-}$ ....., $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2$.....

แนวข้อสอบ

1. สมบัติข้อใดไม่ใช่สมบัติของธาตุแทรนซิชัน

1. ไอออนและสารประกอบของธาตุแทรนซิชันทุกตัวมีสี
2. เป็นธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า
3. สารประกอบเชิงซ้อนมีโมเลกุลยึดกับธาตุแทรนซิชันด้วยพันธะโคเวเลนซ์
4. เกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้ง่าย

2.ข้อใดเป็นสมบัติทั่วไปของธาตุแทรนซิชัน

1. จุดหลอมเหลวต่ำ
2. พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 สูง

3. เลขออกซิเดชันมีหลายค่า 4. เกิดสารไอออนิกเสมอ

3..ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

1. สารประกอบของธาตุแทรนซิชันที่มีเลขออกซิเดชันเท่ากันจะให้สีเหมือนกัน
2. สารประกบของธาตุแทรนซิชันบ้างชนิดไม่ละลายน้ำ
3. ธาตุแทรนซิชันเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูงกว่าโลหะหมู่ 1 และ 2
4. Cr ใน K_3CrF_6 และใน $KCr(SO_4)_2$ มีเลขออกซิเดชันเท่ากัน

4. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับธาตุแทรนซิชันในคาบที่ 4

1. มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกัน แต่มีอะตอมขนาดเล็กกว่าธาตุหมู่ 1,2
2. แต่ละธาตุเกิดไอออนได้หลายชนิด เพราะแต่ละชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า
3. เกิดพันธะกับธาตุอื่นได้ทั้งพันธะไอออนิกและพันธะโคเวเลนต์
4. เป็นโลหะหนัก ความหนาแน่นและจุดหลอมเหลวสูง

5. ในสารประกอบเชิงซ้อน $[Cu(NH_3)_4]SO_4.H_2O$ การจัดอิเล็กตรอนของคอปเปอร์ไอออนจะเป็นไปดังข้อใด(Cu มีเลขอะตอม 29)

1. 2,8,18 2. 2,8,17 3. 2,8,16 4. 2, 8, 8, 9

6.การจัดอิเล็กตรอนต่อไปนี้ ข้อใดเป็นธาตุแทรนซิชัน

1. 2 , 8,8,1 2. 2,8,13, 1 3. 2,8,18, 8, 1 4. 2,8,18, 8, 2.

.....

3.5 ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive element)

กัมมันตรังสี (radioactivity) หมายถึง .....

.....

ธาตุกัมมันตรังสี หมายถึง .....

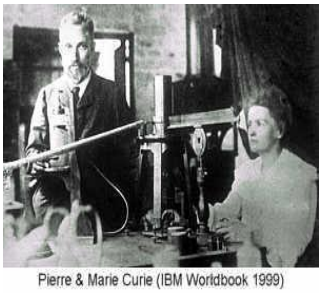
.....

Henri Becquerel (CIE 1998)

ปี พ.ศ. 2439 **อองตวน อองรี แบ็กเกอแรล** (Antcine Henri Bacquerel) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้พบว่า แผ่นฟิล์มถ่ายรูปที่มีกระดาษดำห่อหุ้มอยู่ และเก็บรวมกันไว้กับสารประกอบของยูเรเนียม มีลักษณะเหมือนถูกแสง จึงทำการทดสอบกับสารประกอบของยูเรเนียมชนิดอื่นๆ พบว่าให้ผลการทดลองเหมือนกัน สรุปเป็นเบื้องต้นว่า มีการแผ่รังสีออกมาจากธาตุยูเรเนียม

ต่อมา**ปีแอร์ กูรี (Pierre Curie) และมารี กูรี (marie Curie)** นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสก็ได้พบว่าธาตุอื่น ๆ เช่น พลอโลเนียม (Po) เรเดียม (Ra) และทอเรียม (Th) ก็สามารถแผ่รังสีได้เช่นเดียวกัน

เราทราบว่านิวเคลียสของอะตอมนั้นประกอบด้วยอนุภาค.....และ.....ซึ่งมีความสำคัญต่อ**การกำหนดความเสถียรภาพของธาตุ โดยแบ่งธาตุออกเป็น 2 ประเภท คือ**


Pierre & Marie Curie (IBM Worldbook 1999)

1.ธาตุที่มีนิวเคลียส ในสภาพที่มีเสถียรภาพ.....

.....

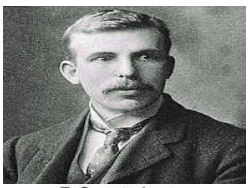
2.ธาตุที่มีนิวเคลียส ในสภาพที่ไม่มีเสถียรภาพ.....

.....

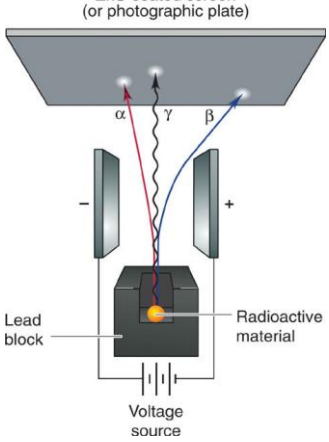
หลักสำคัญในการพิจารณานิวเคลียสของอะตอมใด มีเสถียรภาพ หรือไม่ คือ

1.ธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่.....ขึ้นไป เช่น.....

2.ธาตุหรือไอโซโทปใดที่มีจำนวนนิวตรอนหรือจำนวนโปรตอนเท่ากับกลุ่มตัวเลขที่เรียกว่า.....
(Magic number) ได้แก่.....
จะเป็นธาตุที่มีความเสถียรภาพและยิ่งมีจำนวนเป็นเลขคู่ ยิ่งมีความเสถียรภาพมาก
3.ธาตุหรือไอโซโทปใดที่มีจำนวนนิวตรอนหรือจำนวนโปรตอนเป็นเลข.....จะมีความเสถียรภาพมากกว่าเป็นเลข.....
4.ความเสถียรภาพของธาตุพิจารณาจากอัตราส่วนของจำนวนนิวตรอนต่อจำนวนโปรตอน ดังนั้นจะมีความเสถียรภาพมากขึ้นเมื่อ
.....



ลอร์ด เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด(Lord Ernest Rutherford) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ก็ได้ค้นพบเพิ่มเติมอีก และได้แสดงให้เห็นว่า รังสีที่แผ่ออกมาจากสารกัมมันตรังสี อาจเป็น



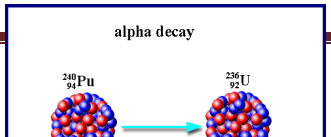
รังสีแอลฟา	รังสีบีตา	รังสีแกมมา
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

Table 24.2 Modes of Radioactive Decay*

Mode	Emission	Decay Process	Change in A	Change in Z	Change in N
α Decay	α ($^4_2$He)	Reactant (parent) → Product (daughter) + α expelled	−4	−2	−2
β Decay	$^0_{-1}\beta$	$^1_0$n in nucleus → $^1_1$p in nucleus + $^0_{-1}\beta$ β expelled	0	+1	−1
Positron emission	$^0_1\beta$	$h\nu$ high-energy photon + nucleus with x p$^+$ and y n^0 → nucleus with $(x-1)$ p$^+$ and $(y+1)$ n^0 + $^0_1\beta$ positron expelled	0	−1	+1
Electron capture	x-ray photon	$^0_{-1}$e absorbed from low-energy orbital + $^1_1$p in nucleus → $^1_0$n in nucleus	0	−1	+1
γ Emission	$^0_0\gamma$	excited nucleus → stable nucleus + $^0_0\gamma$ γ photon radiated	0	0	0

*Neutrinos (ν) are involved in several of these processes but are not shown.

3.5.1.การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

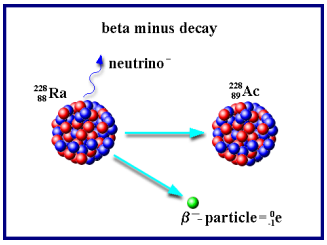


<u>การแผ่รังสีแอลฟา</u> การแผ่รังสีแอลฟา เกิดขึ้นในกรณีที่ไอโซโทปนั้นมีเลขอะตอมมากกว่า 82 และนิวเคลียสมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนไม่เหมาะสม ทำให้เกิดแรงผลักกันในนิวเคลียสมากกว่าแรงยึดกัน นิวเคลียสจึงพยายามลดจำนวนอนุภาคลงให้มากที่สุด เพื่อให้ได้นิวเคลียสที่เสถียร ดังนั้นหลังจากการแผ่รังสีนิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่ มีเลขอะตอมลดลง 2 และเลขมวลลดลง 4 เช่น

.....

.....

<u>การแผ่รังสีบีตา</u> การแผ่รังสีบีตาเกิดขึ้นในกรณีที่นิงเคลียสมีจำนวนนิวตรอนมากกว่าโปรตอน จึงพยายามลดอัตราส่วนระหว่างนิวตรอนต่อโปรตอน โดยนิวตรอนจะเปลี่ยนไปเป็นโปรตอนและอิเล็กตรอน ทำให้เลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 แต่เลขมวลคงเดิม ตัวอย่างเช่น



.....

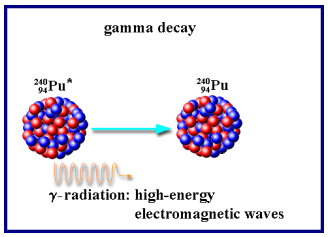
.....

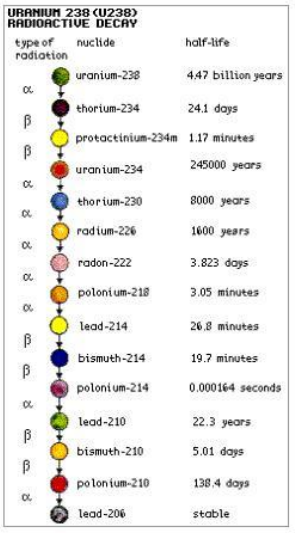
<u>การแผ่รังสีแกมมา</u> การแผ่รังสีแกมมา มักจะเกิดขึ้น ในกรณีที่ไอโซโทปมีการสลายตัวให้รังสีแอลฟาหรือบีตาแล้ว ยังได้นิวเคลียสใหม่ไม่เสถียร ยังอยู่ในสภาวะกระตุ้น มีพลังงานเกินกว่าปกติ เมื่อกลับสู่สภาวะปกติจึงปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีแกมมา ดังนั้นการแผ่รังสีแกมมาจึงไม่ทำให้เลขมวลและเลขอะตอมเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น

$$^{226}_{88}\text{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn}^{*} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

$$\downarrow$$

$$^{222}_{86}\text{Rn} + \gamma$$

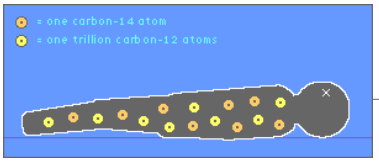




$$^{137}_{55}\text{Cs} \longrightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba}^{*} + {}^{0}_{-1}\text{e}$$

$$\downarrow$$

$$^{137}_{56}\text{Ba} + \gamma$$



3.5.2 ครึ่งชีวิตของธาตุ (half life)

ครึ่งชีวิต *(half life)* ของสารกัมมันตรังสี หมายถึง ระยะเวลาที่สารกัมมันตรังสีสลายตัวไปจนเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม ใช้สัญลักษณ์เป็น $t_{1/2}$ นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่ไม่เสถียร จะสลายตัวและแผ่รังสีได้เองตลอดเวลาโดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิหรือความดัน อัตราการสลายตัว จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอนุภาคในธาตุกัมมันตรังสีนั้น ปริมาณการสลายตัวจะบอกเป็นครึ่งชีวิต โดยครึ่งชีวิติเป็นสมบัติเฉพาะตัวของแต่ละไอโซโทป

ความสัมพันธ์

$$n = \frac{t}{t\frac{1}{2}}$$

เมื่อ N_0 = ปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น

N = ปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีที่เวลาผ่านไป t

t = เวลาที่ผ่านไป

$t_{1/2}$ = ครึ่งชีวิต

n = จำนวนช่วงครึ่งชีวิต

$$N = \frac{No}{2^n} = \frac{No}{2^{\frac{t}{t\frac{1}{2}}}}$$

โจทย์ข้อที่ 1 ...สีชนิดหนึ่ง 20 กรัม ไว้นาน 28 วัน ปรากฏว่ามีไอโซโทปนั้นเหลืออยู่ 1.25 กรัม ครึ่งชีวิตของไอโซโทปนี้มีค่าเท่าใด

วิธีทำ

โจทย์ข้อที่ 2 s-35 มีครึ่งชีวิต 87 วัน จะต้องทิ้ง s-35 จำนวน 20 กรัม ไว้นานกี่วัน จึงจะเหลือ 1.25 กรัม

วิธีทำ

3.5.3. ปฏิกิริยานิวเคลียร์

เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่นิวเคลียสของธาตุ แล้วทำให้เกิดธาตุใหม่ขึ้นและให้พลังงานจำนวนมหาศาล ซึ่งต่างจากปฏิกิริยาเคมี เพราะปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นที่อิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียส ไม่ทำให้เกิดธาตุใหม่ แต่ได้สารใหม่ที่แตกต่างจากสารเดิม รวมทั้งมีพลังงานเกี่ยวข้องไม่มาก

1. ปฏิกิริยาฟิสชัน (Fission reaction)

ปฏิกิริยาฟิสชันเป็นกระบวนการที่.....

ในปี พ.ศ. 2482 นักวิทยาศาสตร์พบว่าเมื่อใช้นิวตรอนยิงไปที่นิวเคลียสของ U-235 จะทำให้เกิดการแตกตัวได้ธาตุใหม่ คือ Ba -139 , กับ Kr-97 หรือ Ba-142 กับ Kr-91 การใช้นิวตรอนยิงไปที่นิวเคลียสจัดว่าเป็นปฏิกิริยาฟิสชันที่สำคัญ ปฏิกิริยาฟิสชัน สามารถเกิดได้ กับ นิวเคลียสของธาตุหนักเช่น U-233 , U-235, U-238, และ Pu-239 เป็นต้น

เมื่อเกิดปฏิกิริยาฟิสชัน จะมีความร้อนคายออกมาจำนวนมหาศาล นอกจากจะได้ไอโซโทปหลายชนิด ซึ่งจัดว่าเป็นวิธีผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสีที่สำคัญแล้ว ยังได้นิวตรอนจำนวนหนึ่งด้วย ซึ่งนิวตรอนที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะชนกับนิวเคลียสอื่น ๆ เกิดฟิสชันแบบต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่พิจารณาตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิสชันต่อไปนี้

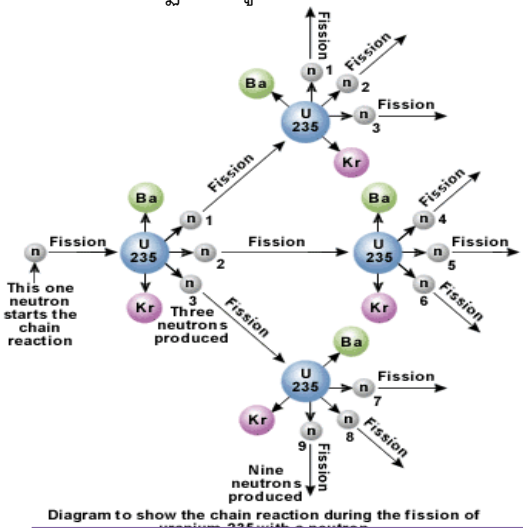
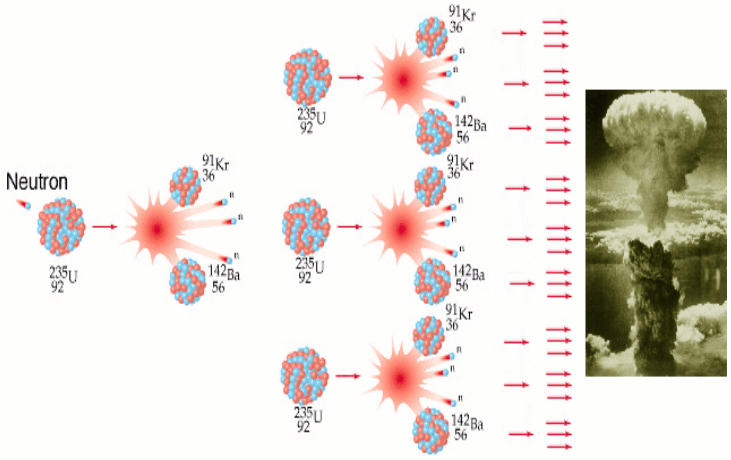
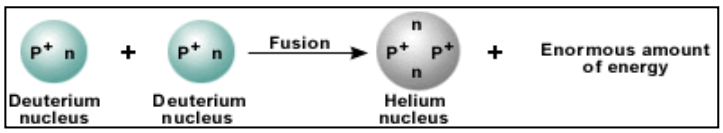


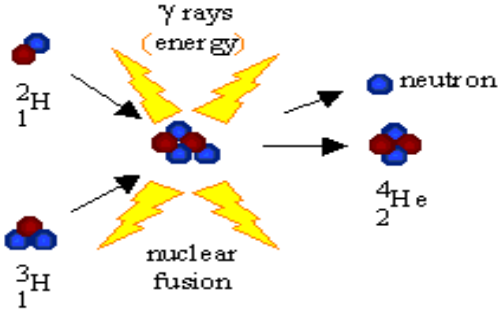
Diagram to show the chain reaction during the fission of



2.ปฏิกิริยาฟิวชัน (Fusion reaction)

ปฏิกิริยาฟิวชัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดการรวมตัวของไอโซโทปที่มีมวลอะตอมต่ำทำให้เกิดไอโซโทปใหม่ที่มีมวลมากขึ้นกว่าเดิม และให้พลังงานจำนวนมหาศาล และโดยทั่วๆ ไปจะให้พลังงานมากกว่าปฏิกิริยาฟิสชันตัวอย่างปฏิกิริยาได้แก่

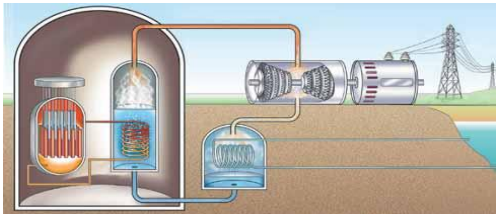


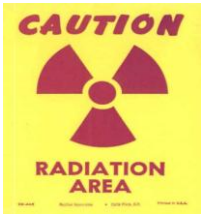


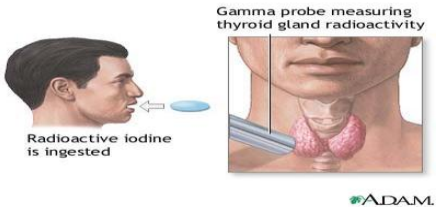
$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{พลังงาน}$$

$$^{6}_{3}Li + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H + \text{พลังงาน}$$

ปฏิกิริยาฟิวชันจะเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิสูงมากเท่านั้น เพื่อเอาชนะแรงผลักระหว่างนิวเคลียสที่จะมารวมกัน ประมาณว่าต้องมีอุณหภูมิสูงประมาณ $2 \times 10^{8}\ ^{0}C$ ความร้อนดังกล่าวนี้อาจได้จากปฏิกิริยาฟิสชัน ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นชนวนให้เกิดปฏิกิริยาฟิวชัน พลังงานในปฏิกิริยาฟิวชัน ถ้าปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว จะเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง แต่ถ้าควบคุมให้ปล่อยออกมาช้าๆ จะเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์อย่างมากมาย และมีข้อได้เปรียบกว่าปฏิกิริยาฟิสชัน เพราะสารตั้งต้น คือ ไอโซโทปของไฮโดรเจนนั้น หาได้ง่าย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากฟิวชันยังเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีอายุและอันตรายน้อยกว่า ซึ่งจัดเป็นข้อได้เปรียบในแง่ของสิ่งแวดล้อม







แนวข้อสอบ

1. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

1. รังสีแอลฟา มีสัญลักษณ์เขียนแทนเป็น α 2. รังสีบีตา มีอำนาจทะลุทะล่วงสูงมาก
3. รังสีแกมมา เป็นคลื่นมีเหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก ไม่มีประจุและมวล

1. ข้อ 1 และ 2 2. ข้อ 2 และ 3 3. ข้อ 1 และ 3 4. ข้อ 1 , 2 และ 3

2.ข้อใดเกี่ยวกับรังสีแอลฟา ไม่ถูกต้อง

1. ไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นกระดาษหรือโลหะบางได้ 2. ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนอย่างละ 2 อนุภาค
3. เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้าจะเบี่ยงเบนไปทางขั้วบวก 4. วิ่งผ่านอากาศอาจทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนได้

3.จงพิจารณาข้อความเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีต่อไปนี้

1.ปริมาณการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีจะบอกในรูปครึ่งชีวิต
2. อัตราการสลายตัว และการแผ่รังสีของไอโซโทปกัมมันตรังสีจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอนุภาคในนิวเคลียสกัมมันตรังสีนั้น
3. นิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ไม่เสถียรจะสลายตัวและเผารังสีตลอดเวลา แต่จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมนั้น

ข้อใดถูกต้อง

1. ข้อ 1 และ 2 2. ข้อ 2 และ 3 3. ข้อ 1 และ 3 4. ข้อ 1 ,2 และ 3

4. U–238 สลายตัวให้อนุภาคแอลฟา และกลายเป็น X_1 ธาตุกัมมันตรังสี X_1 สลายตัวต่อไปให้อนุภาคบีตา และกลายเป็น X_2 X_1 และ X_2 คือ ธาตุใดตามลำดับ(กำหนดเลขอะตอม Ra = 88 , Ac = 89 , Th = 90 , Pa = 91 และU = 92)

1. ${}^{238}_{90}Th$, ${}^{237}_{88}Ra$ 2. ${}^{234}_{89}Ac$, ${}^{234}_{90}Th$ 3. ${}^{234}_{90}Th$, ${}^{234}_{91}Pa$ 4. ${}^{234}_{91}Pa$, ${}^{234}_{90}Th$

5.ถ้า $Pb-214$ สลายตัวให้รังสีต่างๆดังนี้

$${}^{214}_{82}Pb \longrightarrow {}^{214}_{83}Bi + x \longrightarrow {}^{214}_{84}Po + y \longrightarrow {}^{210}_{82}Pb + Z$$ รังสี X,Y,Z คืออะไรตามลำดับ

1. รังสีบีตา, นิวตรอน, รังสีแอลฟา
2. รังสีแอลฟา,รังสีบีตา,รังสีแกมมา
3. รังสีบีตา,รังสีบีตา,รังสีแอลฟา
4. รังสีแกมมา , รังสีบีตา, รังสีแอลฟา

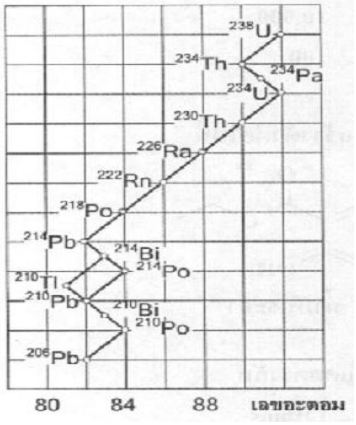
6. ถ้า ${}^{253}_{99}Es$ สลายไปเป็น ${}^{237}_{93}Np$ พร้อมกับปล่อยอนุภาคบีตาและแอลฟา จำนวนอนุภาคบีตาและแอลฟาที่ถูกปล่อยออกมาตรงกับข้อใด

1. 3 แอลฟา 3 บีตา 2. 6 แอลฟา 4 บีตา 3. 4 แอลฟา 2 บีตา 4. 4 แอลฟา 6 บีตา

7. เมื่อนำไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งจำนวน 10 กรัม มาวางไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปรากฏว่ามีมวลเหลือ 0.625 กรัม ครึ่งชีวิตของไอโซโทปนี้มีค่าเท่าใด (โควตา มข.)

1. 4 ชั่วโมง 2. 6 ชั่วโมง 3. 8 ชั่วโมง 4. 3 ชั่วโมง

8. แผนภาพการสลายตัวของ U-238 (PAT 2)



ปฏิกิริยาการสลายตัวของ U-238 จะเกิดอย่างต่อเนื่องให้รังสีแอลฟาและบีตาเปลี่ยนผ่านธาตุกัมมันตรังสีหลายชนิดกว่าจะได้เป็นนิวเคลียส Pb-206 ที่เสถียร โดยแกนนอนแสดงถึงเลขอะตอม แกนตั้งของแผนภาพนี้สัมพันธ์กับข้อมูลใด

1. เลขมวล
2. จำนวนนิวตรอน
3. ผลต่างจำนวนนิวตรอนและโปรตอน
4. มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ

9.ข้อความเกี่ยวกับปฏิกิริยาฟิสชันข้อใดถูกต้อง

1. เกิดจากกระบวนการที่นิวเคลียร์ของธาตุหนักบางชนิดแตกตัวออกเป็นไอโซโทปของธาตุที่เบากว่า
2. เป็นกระบวนการรวมตัวของไอโซโทปที่เลขอะตอมต่ำ เกิดไอโซโทปของธาตุที่เบากว่า
3. เกิดกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานเริ่มต้นสูงมาก เพื่อเอาชนะแรงผลักกันระหว่างนิวเคลียร์
4. เป็นกระบวนการที่นิวเคลียร์ของธาตุเบารวมตัวกันเป็นนิวเคลียร์ของไอโซโทปของธาตุหนัก

10.ข้อใดกล่าวถึงฟิชชันไม่ถูกต้อง

1. เป็นปฏิกิริยานิวเคลียสที่ธาตุหนักแตกออกเป็นธาตุเบา
2. ได้พลังงานจากปฏิกิริยานี้มากกว่าปฏิกิริยาฟิวชัน
3. เกิดนิวตรอนที่มีพลังงานสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่
4. ต้องมีการควบคุมความเร็วของนิวตรอนเพื่อป้องกันการระเบิด

11.ข้อใดกล่าวถึงปฏิกิริยาฟิวชันไม่ถูกต้อง

1. เป็นปฏิกิริยาที่ธาตุเบาหลอมตัวรวมกันเป็นธาตุหนัก
2. ได้พลังงานจากปฏิกิริยานี้มากกว่าปฏิกิริยาฟิชชัน
3. ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่
4. ปฏิกิริยาฟิวชันสามารถเกิดได้ทุกอุณหภูมิ

หมั่นทบทวนความรู้สม่ำเสมอ เดี๋ยวก็จำและเข้าใจเองครับ ...จากใจครูชาญ