# โครงสร้างอะตอม

อาจารย์ ดร. สุภาวรัตน์ ทัพสุริย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์



### ประวัติของอะตอม

Leukippos และ Demokritos 📫 เสนอว่า "ส่วนประกอบที่เล็กที่สุดของสสารทำลายและแบ่งแยก ไม่ได้ เรียกว่า "อะตอม" (Atom มาจากภาษากรีก คือ Atomos = a+tomos = ไม่แบ่งแยกได้)

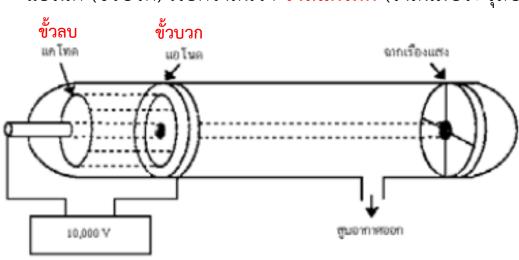
#### John Dalton 📫 เสนอว่า

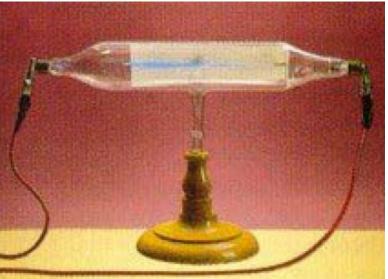
-สารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กที่สุดเรียกว่า "อะตอม" ซึ่งแบ่งแยกและทำให้สูญหายไม่ได้
 -อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน แต่จะมีสมบัติแตกต่างจากอะตอมของธาตุอื่น
 -สารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุมากกว่าหนึ่งชนิดทำปฏิกิริยาเคมีในอัตราส่วนที่เป็นเลขลงตัวน้อย ๆ



#### J.J. Thomson A ค้นพบ "อิเล็กตรอน" ทำการทดลองโดยใช้หลอดแคโธด (Cathod ray tube)

ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของแก๊สในหลอดรังสีแคโทด
 หลอดรังสีแคโทดเป็นหลอดแก้ว ภายในสูบอากาศออกเกือบหมดและบรรจุแก๊สไว้เพียง
 เล็กน้อย เพื่อให้ภายในหลอดมีความดันต่ำมาก และเมื่อใช้อิเล็กโทรดและให้มีความ
 ต่างศักย์ 10,000 โวลต์ แก๊สจะนำไฟฟ้า และเกิดรังสีพุ่งออกจากแคโทด (ขั้วลบ) ไปยัง
 แอโนด (ขั้วบวก) เรียกรังสีนี้ว่า รังสีแคโทด (รังสีนี้มีประจุลบ)

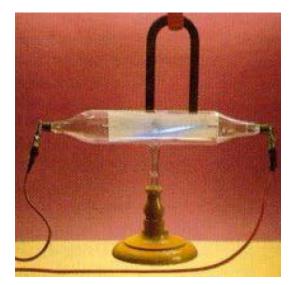


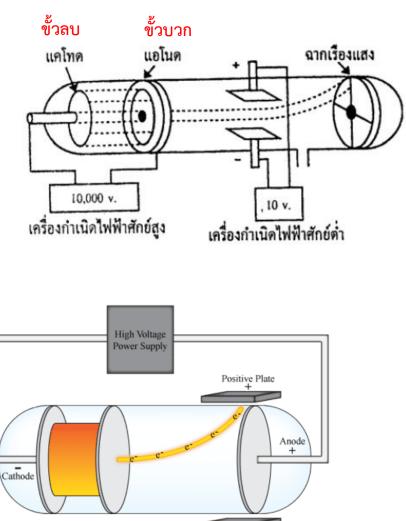


เครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูง

ที่มา : https://www.topperlearning.com/answer/describe-j-j-thomson-39-s-cathode-ray-experiment

J.J. Thomson ค้นพบ "อิเล็กตรอน"
 ทำการทดลองโดยใช้หลอดแคโธด (Cathod ray tube)
 -นำสนามไฟฟ้าภายนอกมาล่อ ทำให้พบว่า
 รังสีแคโทด ประกอบด้วย อนุภาคของอิเล็กตรอน





ทอมสันได้สรุปว่าอะตอมของธาตุทุกชนิดต้องมีอนุภาคที่มีประจุลบและเรียกว่า <mark>อิเล็กตรอน</mark> (electron = e<sup>-</sup>)

 $\frac{e}{m} = 1.76 \times 10^8 c / g$ 

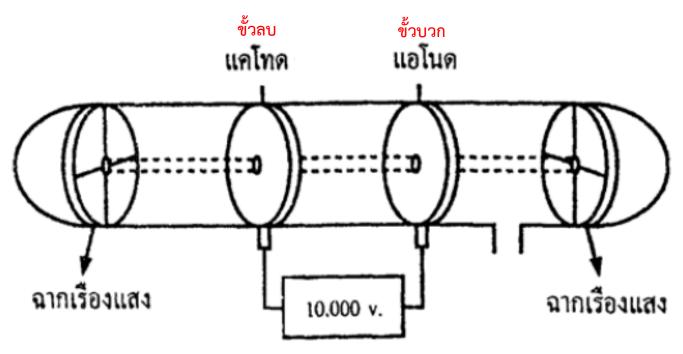
e : ประจุอิเล็กตรอน (คูลอมบ์)m : มวลอิเล็กตรอน (กรัม)

ค่าที่ได้นี้เป็นค่าคงที่และเพียงค่าเดียวไม่ขึ้นกับชนิดของแก๊สที่บรรจุในหลอด ไม่ขึ้นกับชนิดของ โลหะที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ทอมสันจึงสรุปว่า "อิเล็กตรอนเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีอยู่ในอะตอมของ ธาตุทุกชนิด"

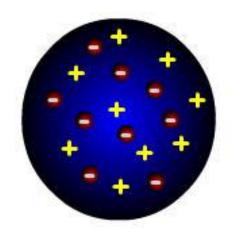
### การค้นพบโปรตอน

โกลด์สไตน์ (Goldstein) 

 iสนอแบบจำลองอะตอมที่มีนิวเคลียส
 เมื่อทดลองกับก๊าซหลายชนิด พบว่ามีอัตราส่วนของประจุต่อมวลของอนุภาคบวกไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับ
 ชนิดของก๊าซที่บรรจุภายใน และเมื่อเขาใช้ก๊าซไฮโดรเจนทดลองจะได้อนุภาคบวกที่มีประจุเท่ากับ
 อิเล็กตรอน จึงตั้งชื่อว่า โปรตอน (Proton = p<sup>+</sup>)



J.J. Thomson i สรุปได้ว่า "อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลมประกอบด้วยเนื้ออะตอม ซึ่งมีประจุไฟฟ้า เป็นบวกและมีอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็นลบกระจายตัวอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอภายในอะตอม อะตอม อยู่ในสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ภายในอะตอมมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ"



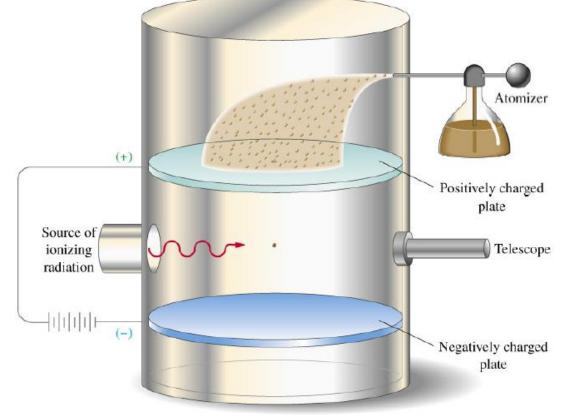
#### แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

### การทดลองหยดน้ำมันมิลลิแกน

#### โรเบิร์ต มิลลิแกน (R. Millikan) 📫 ค้นพบ "ประจุของอิเล็กตรอน"



หาประจุของอิเล็กตรอน โดยวัดค่าสนามไฟฟ้าที่ทำให้แรงดึงดูดระหว่างประจุ (แรงคูลอมป์) บน ละอองน้ำมันเท่ากับค่าแรงโน้มถ่วงของโลก



### การทดลองหยดน้ำมันมิลลิแกน

| อิเล็กตรอน                             |                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ประจุ(กูลอมบ์)                         | มวล(กรัม)                       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>1.60</b> * <b>10</b> <sup>-19</sup> | <b>9.11 * 10</b> <sup>-28</sup> |  |  |  |  |  |  |  |  |

$$\frac{e}{m} = 1.76x10^8$$

$$e = 1.60x10^{-19}$$

$$m = \frac{1.60x10^{-19}}{1.76x10^8}$$

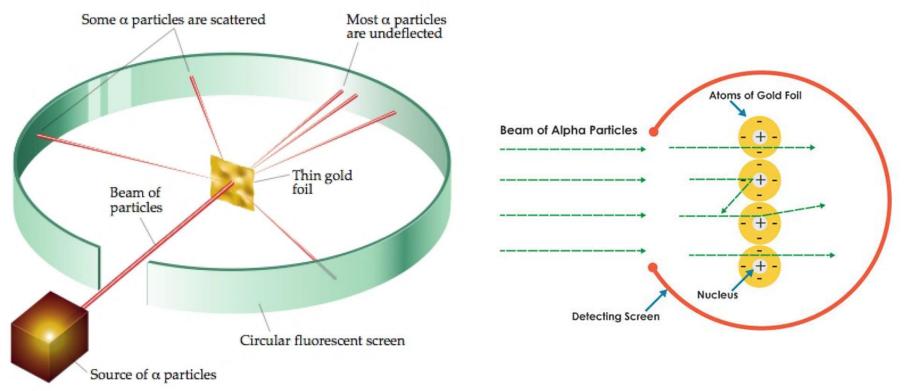
$$m = 9.11x10^{-28}g$$

$$m = 9.11x10^{-31}kg$$

### การกระเจิงอนุภาคแอลฟา

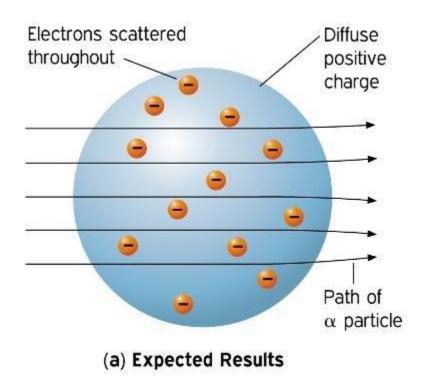
#### อี อาร์ รัทเทอร์ฟอร์ด (E.R. Rutherford) 📫

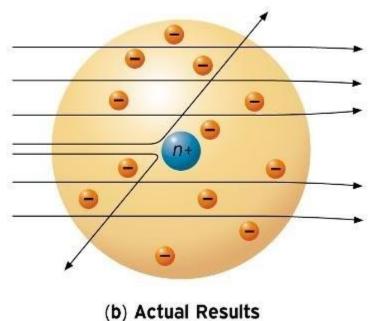
ทำการทดลองยิ่งอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำบาง ๆ มีความหนาเพียง 0.0004 mm เรียกการ ทดลองนี้ว่า การกระเจิงรังสีแอลฟาของรัทเทอร์ฟอร์ด



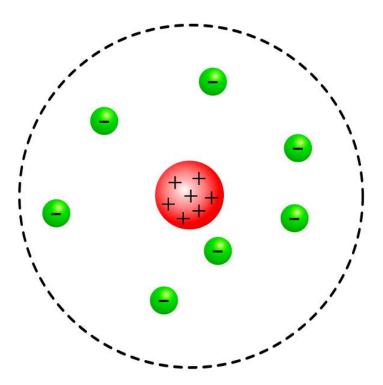
ที่มา : https://www.pinterest.com/pin/418623727836274735/

### การกระเจิงอนุภาคแอลฟา





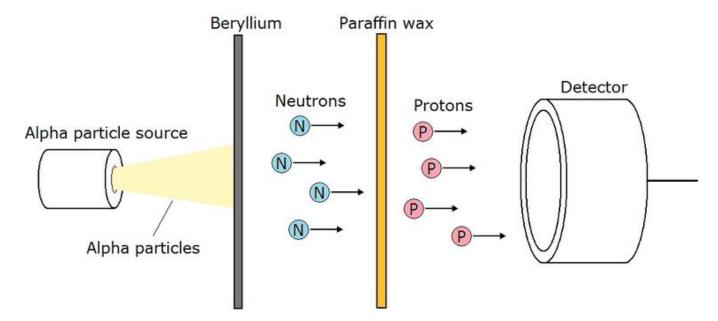
### การกระเจิงอนุภาคแอลฟา



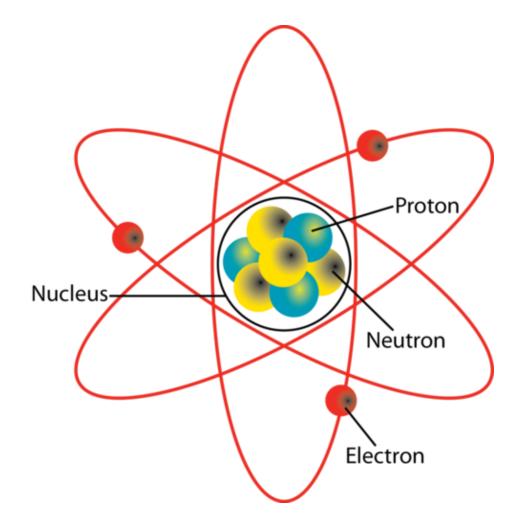
#### แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

### การค้นพบนิวตรอน

เซอร์ เจมส์ แชดวิก (Sir Jame Chadwick) 
 โด้ค้นพบ "นิวตรอน"
 W.Bothe และ H.Becker ได้ทำการทดลองใช้อนุภาคแอลฟายิ่งแผ่นโลหะแบริลเลียม ปรากฏว่าเกิด
 รังสีซึ่งไม่มีประจุชนิดหนึ่งที่มีอำนาจทะลวงได้ดี และรังสีนี้เมื่อชนกับโมเลกุลของพาราฟินจะได้โปรตรอน
 ออกมา ต่อมา Jame Chadwich ได้เสนอว่ารังสีนี้ต้องประกอบด้วยอนุภาคและให้ชื่อว่า นิวตรอน และได้
 ทำการพิสูจน์ได้ว่านิวตรอนไม่มีประจุ และคำนวณมวลนิวตรอนได้ค่าใกล้เคียงกับมวลของโปรตรอน



### การค้นพบนิวตรอน



### อนุภาคภายในอะตอม

| อนุภาค     | สัญลักษณ์ | ชนิดประจุ | ประจุไฟฟ้า              | มวล (kg)                  | มวลอนุภาค :<br>มวล e |
|------------|-----------|-----------|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| อิเล็กตรอน | e         | -1        | $1.602 \times 10^{-19}$ | 9.109 × 10 <sup>-31</sup> | 1                    |
| โปรตอน     | р         | +1        | $1.602 \times 10^{-19}$ | 1.672 × 10 <sup>-27</sup> | 1836                 |
| นิวตรอน    | n         | 0         | 0                       | 1.674 × 10 <sup>-27</sup> | 1839                 |

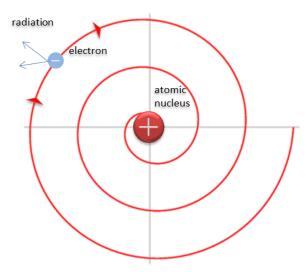
Mass number (number of protons plus neutrons) Atomic number (number

of protons or electrons)

### ข้อจำกัดของแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

 ไม่สามารถอธิบายได้ว่า ทำไมอิเล็กตรอนจึงสามารถโคจรรอบนิวเคลียสได้ ทั้งๆ ที่การโคจรรอบ นิวเคลียสจะเกิดความเร่งสู่ศูนย์กลาง จากความรู้เรื่องคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ว่า อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ โดยมีความเร่งจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ดังนั้น อิเล็กตรอนที่สูญเสียพลังงานจลน์ ทำให้อิเล็กตรอน วิ่งช้าลง และในที่สุดจะวนเข้าไปรวมกับนิวเคลียส

Failure of Classical Physics



ที่มา : https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/reactor-physics/atomic-nuclearphysics/atomic-theory/bohr-model-of-atom/

### จุดเริ่มต้นของทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม

### ทฤษฎีกลศาสตร์ดั้งเดิม (Classical mechanical) ล้มเหลวในการอธิบายระบบบางระบบ เช่น



การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody radiation)



ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect)



สเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน (Spectrum of hydrogen atom)

### แบบจำลองอะตอมโบร์

Niels Bohr 헞 เสนอแบบจำลองอะตอมโดยอาศัยทฤษฎีควอนตัมของพลังค์และอัลเบริ์ต ไอน์สไตน์ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความถี่ของคลื่น และสรุปได้ว่า

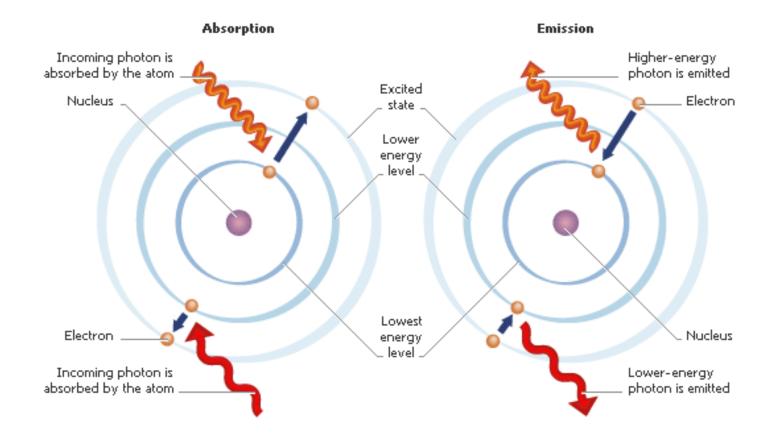
 อะตอมมีนิวเคลียสเป็นศูนย์กลางและมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสเป็นวงกลม อยู่ในระดับ พลังงานต่างๆ กัน

- แต่ละอิเล็กตรอนจะมีพลังงานเฉพาะค่าหนึ่ง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนไม่มีการสูญเสียพลังงาน

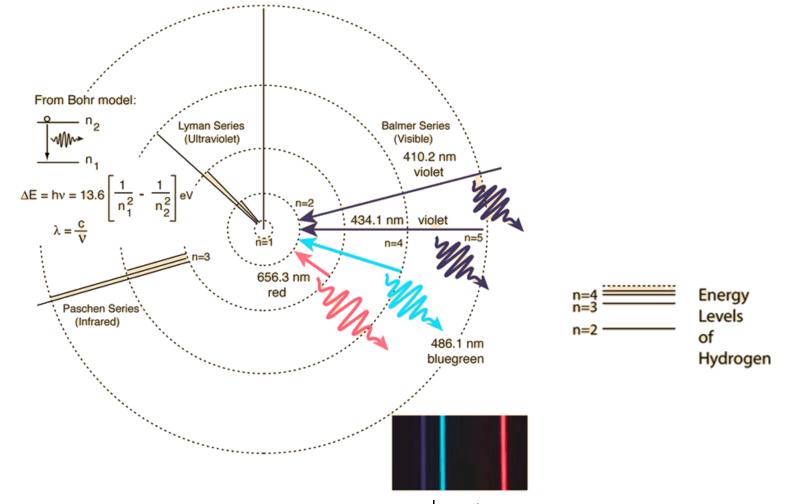


### แบบจำลองอะตอมโบร์

#### 中 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจร จะมีการดูดหรือคายพลังงาน



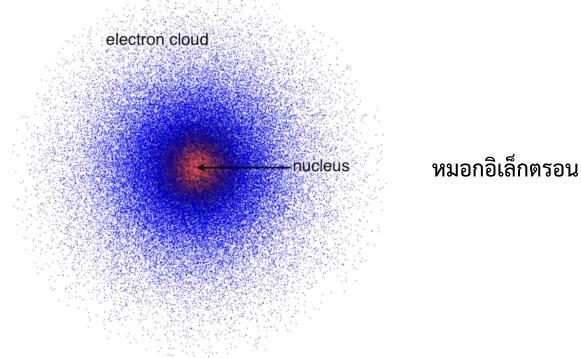
### แบบจำลองอะตอมโบร์



Bohr's method มีข้อจำกัด คือ ใช้ได้ดีกับอะตอมหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนตัวเดียว เช่น H-atom, He+, Li<sup>2+</sup>

### กลศาสตร์เชิงคลื่น

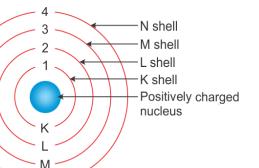
**ชเรอดิงเงอร์ (Erwin Schrodinger)** สามารถพบอิเล็กตรอนได้ทุกแห่งในอะตอมบริเวณที่น่าจะพบอิเล็กตรอนได้มากที่สุดจะอยู่ที่ ระยะห่างจากนิวเคลียส 52.9 pm ดังนั้นอะตอมว่ามีนิวเคลียสถูกล้อมรอบด้วยหมอกอิเล็กตรอน (electron cloud) และตำแหน่งของอิเล็กตรอนว่า **ออร์บิทัลอะตอม** และสามารถอธิบายได้ด้วยตัวเลขที่ เรียกว่า **เลขควอนตัม** 



เลขควอนตัมเป็นเลขที่ใช้ในการอธิบายถึงพฤติกรรมของอิเล็กตรอนในอะตอมหนึ่งๆ เลขควอนตัม (Quantum number) มี 4 ชนิด คือ *n, l, m<sub>l</sub>* และ *m<sub>s</sub>* 

- 1. เลขควอนตัมหลัก (*n*)
  - เลขจำนวนเต็มบวก มีค่า 1, 2, 3,...
  - บอกถึง ระดับพลังงานหลักของอิเล็กตรอนในอะตอม

ถ้า n มีค่ามาก ออร์บิทัลจะมีขนาดใหญ่และขยายตัวออกจาก นิวเคลียสมากขึ้น ตำแหน่งของอิเล็กตรอนจะอยู่ห่างจากนิวเคลียสและจะมี พลังงานสูงขึ้น



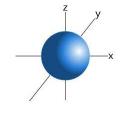
| n     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|---|---|---|---|---|
| Shell | К | L | М | Ν | 0 |

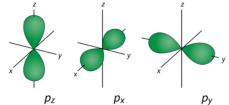
### 2. เลขควอนตัมออร์บิทัล (l) หรือเลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม

- บอกถึงระดับพลังงานย่อยของระดับพลังงานหลัก n และเกี่ยวข้องกับโมเมนตัมเชิงมุมในขณะที่ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่

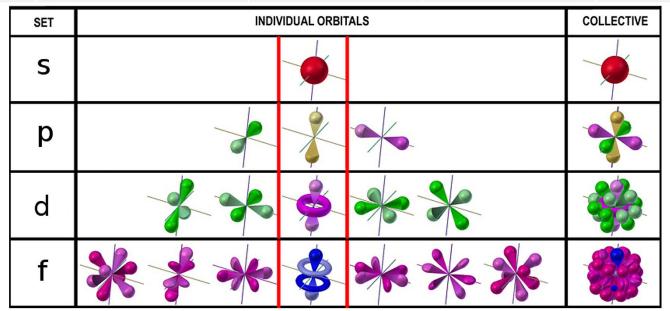
- บอกถึงรูปร่างของออร์บิทัลของอิเล็กตรอน
- ระดับพลังงานย่อยในระดับพลังงานหลัก
- ค่า l ขึ้นกับค่า n คือ มีค่า 0, 1, 2,... และมีได้จำนวนเท่ากับ n ค่า
- เช่น อิเล็กตรอน มี n = 1 จะมีค่า l มีจำนวน 1 ค่า คือ 0

นั่นคือ ในระดับพลังงานย่อยค่าเดียว จะมีออร์บิทัลชนิดเดียวที่มีค่า l = 0 ซึ่งมีรูปร่างเป็นทรงกลม

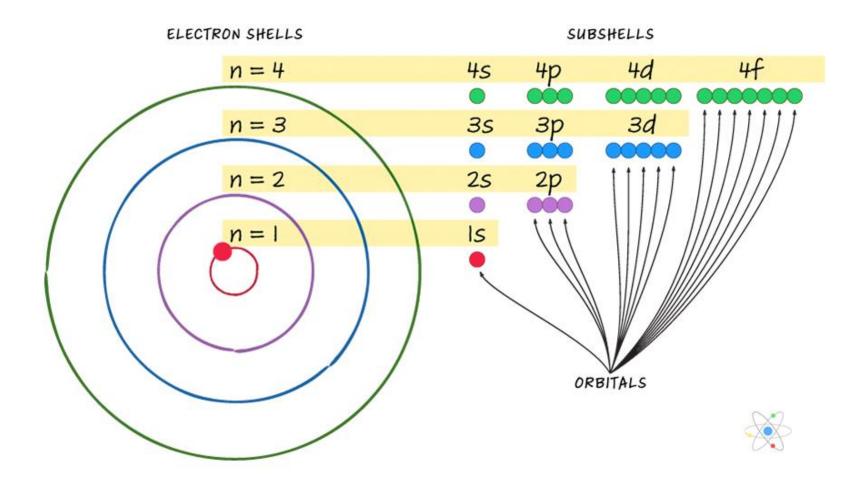




| n | ι          |         | ι |   | ι           |  | ι | ชนิดออร์บิทัล | รูปร่าง |
|---|------------|---------|---|---|-------------|--|---|---------------|---------|
| 1 | 0          | (1 ค่า) | 0 | S | ทรงกลม      |  |   |               |         |
| 2 | 0, 1       | (2 ค่า) | 1 | р | กลีบ 2 กลีบ |  |   |               |         |
| 3 | 0, 1, 2    | (3 ค่า) | 2 | d | กลีบ 4 กลีบ |  |   |               |         |
| 4 | 0, 1, 2, 3 | (4 ค่า) | 3 | f | กลีบ 6 กลีบ |  |   |               |         |



ที่มา : https://www2.dawsoncollege.qc.ca/dbaril/NYA/Handout/Orbital/Orbital.htm



#### 3. เลขควอนตัมแม่เหล็ก (m<sub>เ</sub>)

 - ออร์บิทัลมีรูปร่างเหมือนกันแต่ทิศทางของออร์บิทัลในที่ว่างต่างกัน เป็นผลให้เกิดค่า m<sub>เ</sub> ต่างกัน แสดงว่าในแต่ละค่าของ l จะมี m<sub>i</sub> ได้หลายค่า

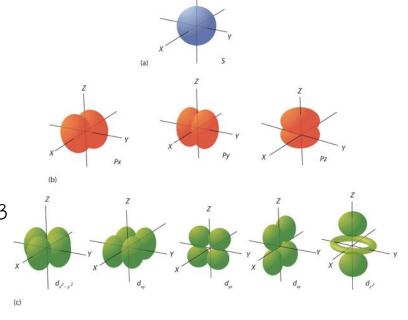
- ค่า m<sub>l</sub> จะขึ้นกับค่า *l* คือ มีค่า +*l*, ..., 0, ..., -*l* จำนวน 2*l* + 1
- มีค่าระหว่าง เ ถึง –เ
- รวม 2l + 1

$$l = 0 , m_{l} = 0$$

$$l = 1 , m_{l} = 0, +1, -1$$

$$l = 2 , m_{l} = 0, +1, +2, -1, -2$$

$$l = 3 , m_{l} = 0, +1, +2, +3, -1, -2, -3$$



#### เลขควอนตัมสปิน (m<sub>s</sub>)

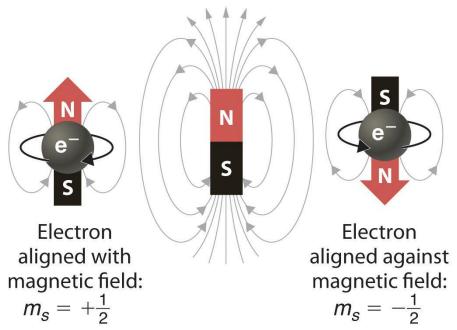
- เป็นตัวเลขบอกทิศางการหมุนรอบตัวเองของอิเล็กตรอน นั่นคือ ในขณะที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ก็
 จะหมุนรอบตัวเองไปด้วย

อิเล็กตรอนมีประจุลบหมุนรอบตัวเองทำให้อิเล็กตรอนเป็นเสมือนแท่งแม่เหล็กเล็กๆ

- การหมุนรอบตัวเองของอิเล็กตรอนมี 2 แบบ คือ

1. หมุนทวนเข็มนาฬิกา เรียกว่าหมุนขึ้น (spin up) m<sub>s</sub> = +1/2 อิเล็กตรอนในสภาพ สปินขึ้น ↑

2. หมุนทวนเข็มนาฬิกา เรียกว่าหมุนขึ้น (spin up)
 m<sub>s</sub> = -1/2 อิเล็กตรอนในสภาพ สปินลง ↓

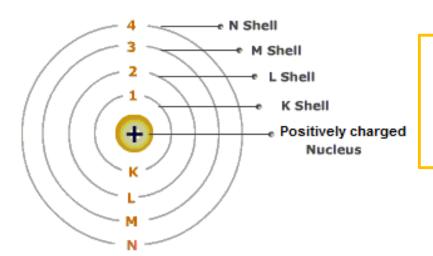


ที่มา : https://chem.libretexts.org/Courses/BethuneCookman\_University/BCU%3A\_CH\_332\_Physical\_Chemistry\_ II/Text/8%3A\_Multielectron\_Atoms/8.04%3A\_

**เลขควอนตัม n** บอกให้ทราบว่า อิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานหลักใด **เลขควอนตัม l** บอกให้ทราบว่า อิเล็กตรอนอยู่ในออร์บิทัลใด **เลขควอนตัม m** บอกให้ทราบว่า อิเล็กตรอนนี้อยู่ในออร์บิทัลที่มีค่า m ใดที่มีระดับพลังงานต่ำสุดในสนามแม่เหล็ก

**เลขควอนตัม m** บอกให้ทราบว่า อิเล็กตรอนมีลักษณะการหมุนเช่นใด จำนวนออร์บิทัลในแต่ l orbital n m ละขนิดของออร์บิทัล 1 0 1s 0 1 2 0 2s 0 1 +1 0 -1 3 1 2p 3 0 3s 0 1 +1 0 -1 3p 3 1 +2 +1 0 -1 2 5 2 3d 4s 4 0 1 0 +1 0 -1 3 1 4p +2 +1 0 -1 2 2 4d 5 4f +3 +2 +1 0 -1 2 3 3 7

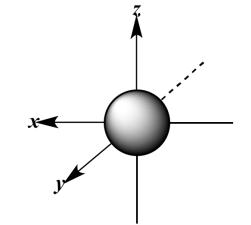
| n | shell | ι       | subshell |
|---|-------|---------|----------|
| 1 | К     | 0       | S        |
| 2 | L     | 0,1     | s,p      |
| 3 | Μ     | 0,1,2   | s,p,d    |
| 4 | Ν     | 0,1,2,3 | s,p,d,f  |

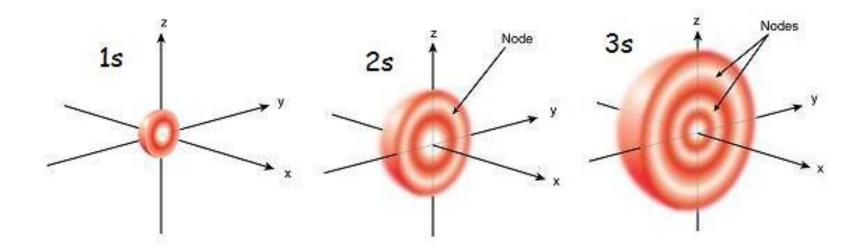


หลักการกีดกันเพาลี กล่าวว่า ไม่มีอิเล็กตรอนคู่หนึ่งคู่ใด ในอะตอมเดียวกันที่จะมีเลขควอนตัมทั้งสี่เหมือนกัน

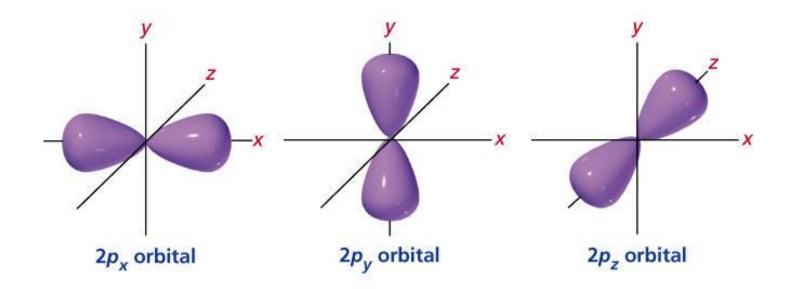
ที่มา : https://forum.byjus.com/the-increasing-order-of-the-energy-levels-in-an-atom

- 1. s-orbital ( $l = 0; m_l = 0$ )
  - รูปร่างของออร์บิทัลเป็นทรงกลม ค่า n เพิ่มขนาดออร์บิทัลเพิ่ม ขนาด 1s < 2s < 3s < 4s <...



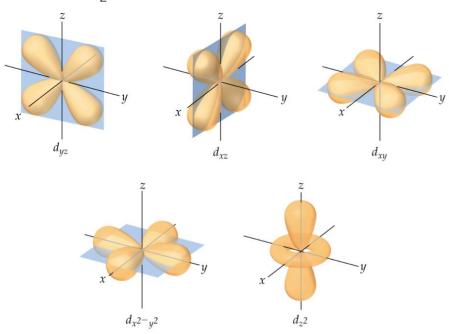


- 2. p-orbital ( $l = 1; m_l = +1, 0, -1$ )
  - ลักษณะเป็นรูปดัมเบล หรือ 2 lope p-orbital มี 3 ออร์บิทัล -> p<sub>x</sub>, p<sub>y</sub>, p<sub>z</sub> ค่า n เพิ่ม ขนาดออร์บิทัลเพิ่ม



#### 3. d-orbital (*l* = 2; *m*<sub>l</sub> = +2, +1, 0, -1, -2)

- ลักษณะเป็นรูปดัมเบลคู่ หรือ 4 lope lope อยู่ระหว่างแกน xy, xz, yz เรียกว่า  $d_{xy}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{yz}$ lope อยู่บนแกน xy เรียกว่า  $d_{x^2-y^2}$  orbital lope อยู่บนแกน z เรียกว่า  $d_{z^2}$  orbital



แบบฝึกหัดที่ 1 จงเขียนสัญลักษณ์ของออร์บิทัลที่มีเลขควอนตัมต่อไปนี้

ก) n = 2, l = 0

ข) n = 3, l = 2

P(n) = 4, l = 1

\$) n = 5, l = 3

#### <mark>แบบฝึกหัดที่ 2</mark> จงเขียนเลขควอนตัม n l และ m<sub>l</sub> ของออร์บิทัลต่อไปนี้ ก) 2p

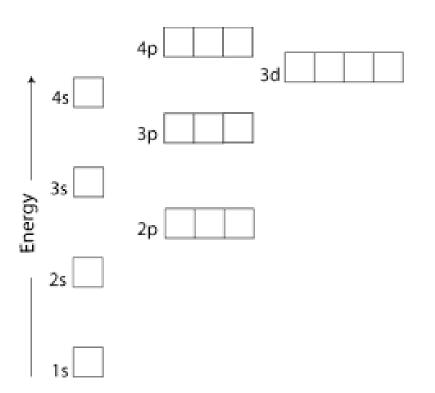
ข) 3p

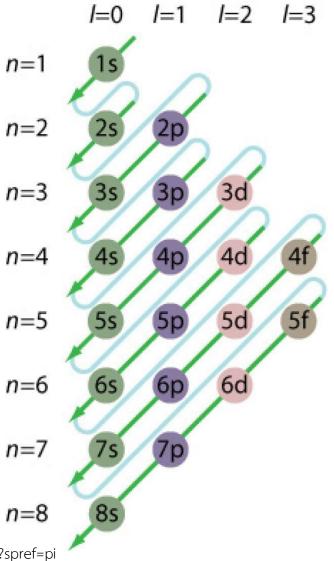
ค) 3d

### ระดับพลังงานของออร์บิทัล

การเรียงลำดับพลังงานของออร์บิทัลจากต่ำไปสูง จะ เป็น

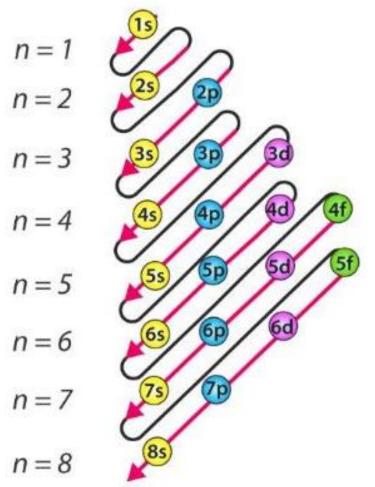
1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < ...





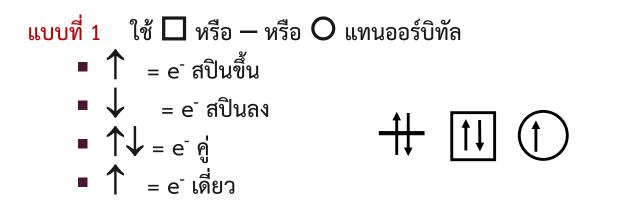
### ระดับพลังงานของออร์บิทัล

*l*=0 *l*=1 *l*=2 *l*=3



- 1. อิเล็กในแต่ละออร์บิทัล s-orbital บรรจุ e<sup>-</sup> ได้มากสุด 2 ตัว p-orbital บรรจุ e<sup>-</sup> ได้มากสุด 6 ตัว d-orbital บรรจุ e<sup>-</sup> ได้มากสุด 10 ตัว f-orbital บรรจุ e<sup>-</sup> ได้มากสุด 14 ตัว
- 2. เมื่อ n = 1 มีออร์บิทัล 1s n = 2 มีออร์บิทัล 2s 2p n = 3 มีออร์บิทัล 3s 3p 3d
- 3. ในแต่ละระดับหลัก n จำนวนออร์บิทัลทั้งหมด = n<sup>2</sup> จำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด = 2n<sup>2</sup>

### การบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัล



**แบบที่ 2** เขียนเป็นตัวเลขและตัวอักษร แสดงชนิดของออร์บิทัล (1s, 2s, 2p) และจำนวนอิ เลกตรอนในออร์บิทัลเช่น

- 1s<sup>2</sup> (มี e<sup>-</sup> 2 ตัวใน 1s-orbital)
- 2p<sup>6 (</sup>มี e<sup>-</sup> 6 ตัวใน 2p-orbitals p<sub>x</sub>, p<sub>y</sub>, p<sub>z</sub>)

### ล้ำดับการบรรจุอิเล็กตรอน

โครงแบบอิเล็กตรอนแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนในออร์บิทัลต่างๆ ของอะตอม มีหลักเกณฑ์ ดังนี้

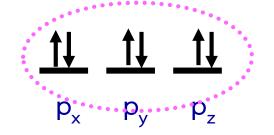
 หลักของเอฟบาว (Aufbau principle) -> "อิเล็กตรอนจะเข้าไปอยู่ในออร์บิทัลที่มี พลังงานต่ำสุดและว่างก่อนเสมอ"

 หลักของเพาลี (Pauli exclusion principle) -> "ในแต่ละออร์บิทัลจะมีอิเล็กตรอนได้ไม่ เกิน 2 ตัว และต้องมีสปินในทิศทางตรงข้ามกัน" 14

กฎของฮุนด์ (Hund's rule) -> ออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานเท่ากันจะจัดเรียงให้มีอิเล็กตรอน เดี่ยวมากที่สุด <u>1 1 1</u>

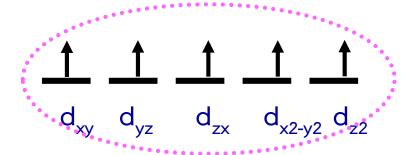
สำหรับออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานที่เท่ากัน (degeneracy)

ถ้าทุกๆออร์บิทัล มี e<sup>-</sup> เต็ม → การบรรจุเต็ม



$$\begin{array}{c|c} \uparrow \downarrow & \uparrow \downarrow \\ d_{xy} & d_{yz} & d_{zx} & d_{x2-y2} & d_{z2} \end{array}$$

ถ้าทุกๆออร์บิทัล มี e<sup>-</sup> เพียงครึ่งเดียว → การบรรจุครึ่ง



ความเสถียร

การบรรจุเต็ม > การบรรจุครึ่ง > แบบอื่นๆ เช่น
 2p<sup>3</sup> เสถียรกว่า 2p<sup>4</sup>



 $3d^{10}$  เสถียรกว่า  $3d^5$  เสถียรกว่า  $3d^7$ 



โครงแบบอิเล็กตรอนของธาตุในคาบที่ 3 ตั้งแต่ Na -> Ar เขียนในทำนองเดียวกัน

จะเห็นว่า Na จะมีโครงแบบอิเล็กตรอนเป็น 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>1</sup> และมักเขียนย่อเป็น [Ne] 3s<sup>1</sup>

นั่นคือ ในส่วนที่เหมือนกับโครงแบบอิเล็กตรอนของแก๊สเฉื่อย จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ของ แก๊สเฉื่อยในวงเล็บ [] ส่วนที่เหลือก็เขียนเพิ่มต่อไป เช่น

$$_{16}S = [Ne] 3s^2 3p^4$$
  
 $_{20}Ca = [Ar] 4s^2$   
 $_{46}Pd = [Kr] 5d^8 4s^2$ 

|    | จน.e⁻ | 1s | 2s | 2p <sub>x</sub> 2p <sub>y</sub> 2p <sub>z</sub> | 3s | การจัดเรียงอิเล็กตรอน   |
|----|-------|----|----|---|----|---|
| н  | 1     |    |    |   |    | 1s <sup>1</sup>   |
| Не | 2     |    |    |   |    | 1s <sup>2</sup>   |
| Li | 3     |    |    |   |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>                                 |
| С  | 6     |    |    |   |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>                 |
| 0  | 8     |    |    |   |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>                 |
| Ne | 10    |    |    |   |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>                 |
| Na | 11    |    |    |   |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>1</sup> |

<mark>แบบฝึกหัดที่</mark> 8 จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอน พร้อมทั้งเขียนโครงแบบอิเล็กตรอนของแก๊สเฉื่อย ก) <sub>7</sub>N

ข) <sub>19</sub>K

ค) <sub>21</sub>Sc

<mark>แบบฝึกหัดที่</mark> 8 จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนพร้อมทั้งเขียนโครงแบบอิเล็กตรอนของแก๊สเฉื่อย

۹) <sub>24</sub>Cr

ຈ) <sub>29</sub>Cu

ລ) <sub>16</sub>S<sup>2-</sup>

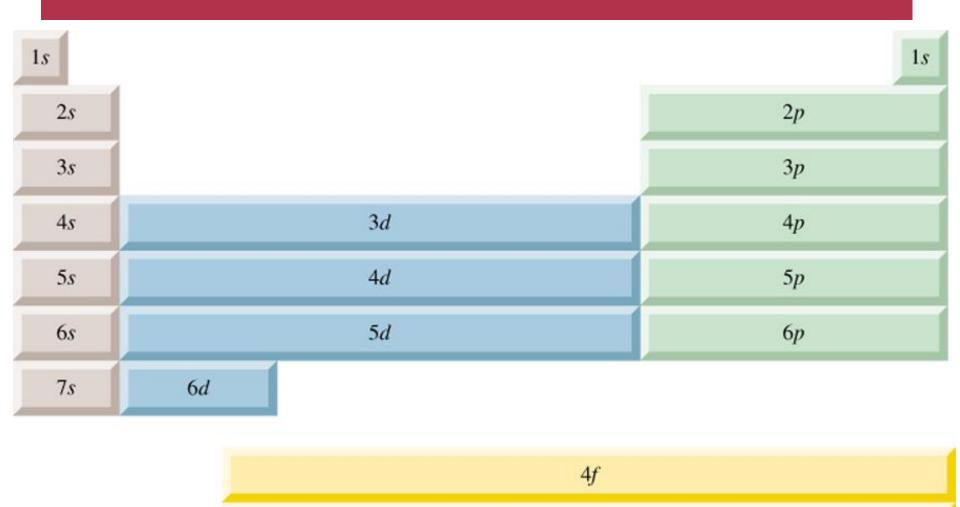
<mark>แบบฝึกหัดที่ 8</mark> จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอน พร้อมทั้งเขียนโครงแบบอิเล็กตรอนของแก๊สเฉื่อย ช) <sub>12</sub>Mg<sup>2+</sup>

ଏ) <sub>33</sub>As<sup>3+</sup>

ฦ) <sub>23</sub>V<sup>2+</sup>

| 1A<br>1 2.008<br>H<br>Hydrogen | 2A                          | ATOM                             |   |   |  |   |   |  |   |   |  | 3A   | 4A   | 5A  | 6A   | 7A  | 8A<br>2 4.003<br>Hee<br>Helium  |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|---|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|--|---|---|
| 3 6.941<br>Lithium             |                             |                                  |   |   |  |   |   |  | 5 10.811<br>B<br>Boron<br>13 26.982               | 6 12.011<br>C<br>Carbon<br>14 28.086                                      | 7 14.007<br>N<br>Nitrogen<br>15 30.974                                     | 8 15.999<br>Oxygen<br>16 32.066                                  | 9 18.988<br>F<br>Fluorine<br>17 35:453                       | 10 20.180<br>Neon<br>18 39.948                            |  |   |   |
| Na                             | Mg<br>Magnesium             | 3B                               | 4B  | 5B  | 6B   | 7B  |   | -8B-   |   | 1B  | 2B   | Aluminum   | Silicon  | Phosphorus  | S<br>Sulfur  | CI  | Ar<br>Argon   |
| 19 39.098<br>K<br>Potassium    | 20 40.078<br>Ca<br>Calcium  | 21 44.956<br>Scandium            | 22 47.88<br><b>Ti</b><br>Titanium                             | 23 50.942<br>V<br>Vanadium                                  | 24 51.996<br>Cr<br>Chromium                                    | 25 54.938<br>Manganese                                | 26 55.933<br>Fe   | 27 58.933<br>CO<br>Cobalt  | 28 58.693<br>Nickel                               | 29 63.546<br>Cu<br>Copper   | 30 65.39<br>Zn<br>Zinc   | Gallium  | 32 72.61<br>Germanium  | As<br>Arsenic   | 34 78.972<br>Se<br>Selenium                                    | 35 79.904<br>Br<br>Bromine                              | 36 84.80<br>Krypton   |
| 37 84.468<br>Rb<br>Rubidium    | 38 87.62<br>Sr<br>Strontium | 39 88.906<br><b>Y</b><br>Yttrium | 40 91.224<br><b>Zr</b><br>Zirconium                           | 41 92.906   | 42 95.95<br>MO<br>Molybdenum                                   | 43 98.907<br>TC<br>Technetium                         | 44 101.07<br>Ru<br>Ruthenium                              | 45 102.906<br>Rh<br>Rhodium  | 46 106.42<br>Pd<br>Palladium                      | 47 107.868<br><b>Ag</b><br>Silver   | 48 112.411<br><b>Cd</b><br>Cadmium   | 49 114.818<br>In<br>Indium                                       | 50 118.71<br><b>Sn</b><br>Tin                                | 51 121.760<br>Sb<br>Antimony                              | 52 127.6<br>Te<br>Tellurium                                    | 53 126.904  | 54 131.29<br>Xe<br>Xenon  |
| 55 132.905<br>CS<br>Cesium     | 56 137.327<br>Ba<br>Barium  | 57-71<br>Lanth-<br>anides        | 72 178,49<br><b>Hf</b><br>Hafnium                             | 73 180.948<br><b>Ta</b><br>Tantalum                         | 74 183.85<br>W<br>Tungsten                                     | 75 186.207<br>Re<br>Rhenium                           | 76 190.23<br>OS<br>Osmium                                 | 77 192.22<br>Ir<br>Iridium   | 78 195.08<br>Pt<br>Platinum                       | 79 196.967<br>Au<br>Gold  | 80 200.59<br><b>Hg</b><br>Mercury  | 81 204.383   | 82 207.2<br>Pb<br>Lead                                       | 83 208.980<br><b>Bi</b><br>Bismuth                        | 84 208.982<br>PO<br>Polonium                                   | 85 209.987<br>At<br>Astatine                            | 86 222.038<br>Rn<br>Radon   |
| 87 223.020<br>Fr<br>Francium   | 88 226.025<br>Ra<br>Radium  | 89-103<br>Actinides              | 104 (261)<br><b>Rf</b><br>Rutherfordium                       | 105 (262)<br><b>Db</b><br>Dubnium                           | 106 (266)<br>Sg<br>Seaborgium                                  | 107 (264)<br>Bh<br>Bohrium                            | 108 (269)<br>HS<br>Hassium                                | 109 (268)<br>Mt<br>Meitnerium  | 110 (269)<br>DS<br>Darmstadtium                   | 111 (272)<br>Rg<br>Roentgenium  | 112 (277)<br>Cn<br>Copernicium   | 113 <sup>unknown</sup><br>Uut<br>Ununtrium                       | 114 (289)<br>FI<br>Flerovium                                 | 115 <sup>unknown</sup><br>Uup<br>Ununpentium              | 116 <sup>(298)</sup><br>LV<br>Livermorium                      | UUUS<br>Ununseptium                                     | 118 <sup>unknown</sup>  |
|                                | Lantha<br>Act               | inides                           | 57 138.906<br>La<br>Lanthanum<br>89 227.028<br>AC<br>Actinium | 58 140.115<br>Cee<br>Cerium<br>90 232.038<br>Thh<br>Thorium | 59 140.908<br>Praseodymium<br>91 231.036<br>Pa<br>Protactinium | 60 144.24<br>Nd<br>Neodymium<br>92 238.029<br>Uranium | 61 144.913<br>Promethium<br>93 237.048<br>Np<br>Neptunium | 62 150.36<br><b>Sm</b><br>Samarium<br>94 244.064<br><b>Pu</b><br>Plutonium | 63 151.966<br>Europium<br>95 243.061<br>Americium | 64 157.25<br><b>Gd</b><br>Gadolinium<br>96 247.070<br><b>Cm</b><br>Curium | 65 158.925<br><b>Tb</b><br>Terbium<br>97 247.070<br><b>Bk</b><br>Berkelium | 66 162.50<br>Dy<br>Dysprosium<br>98 251.080<br>Cf<br>Californium | 67 164.930<br>HO<br>Holmium<br>99 (254)<br>ES<br>Einsteinium | 68 167.26<br>Er<br>Erbium<br>100 257.095<br>Fm<br>Fermium | 69 168.934<br>Tmm<br>Thulium<br>101 258.1<br>Md<br>Mendelevium | 70 173.04<br>Yb<br>Ytterbium<br>102 259.101<br>Nobelium | 71 174.967<br>Lu<br>Lutetium<br>103 (262)<br>L <b>r</b><br>Lawrencium |
|                                |                             |                                  | Alka<br>Met   |   | Alkaline<br>Earth  |   | asic<br>etal  | Halog  | en N  | loble Ga  | s Non  | Metal  | Rare E   | arth  | Semi<br>Metal  | Trar<br>M   | nsition<br>letal  |

ที่มา : https://www.sciencenewsforstudents.org/article/scientists-say-periodic-table



5f

ที่มา : https://sites.google.com/site/williamsscienceclasses/chemistry/electrons