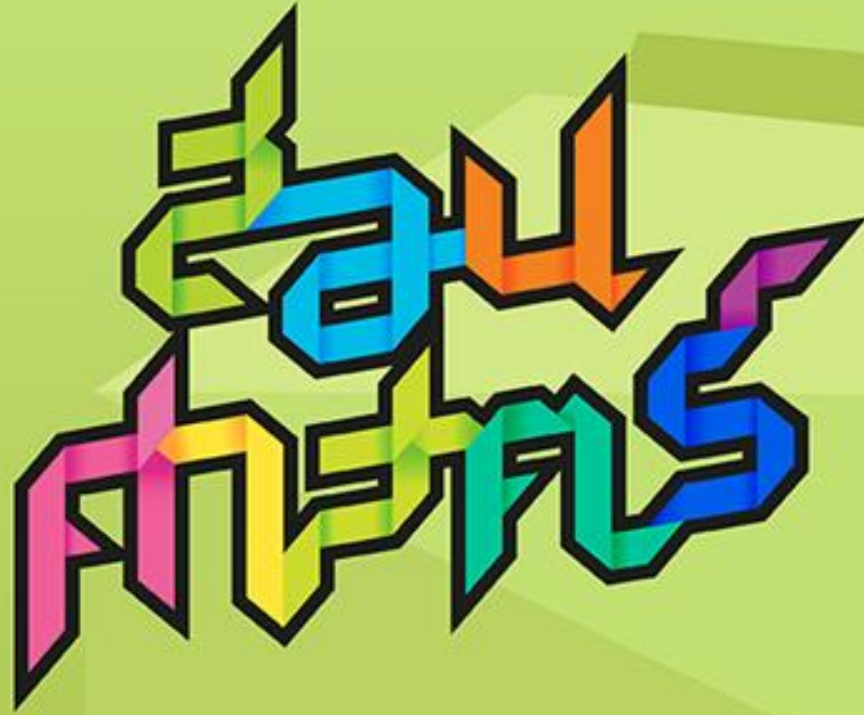




# วิชา เคมี

ม. ปลาย ตอนที่ 01 - 03

## เรื่อง โครงสร้างอะตอม

โดย อ.สิทธิเดช ชาญปัญญา โรงเรียนกวดวิชา EUREKA



สามารถรับชม รายการสอนศาสตร์ ได้ทาง  
ทรูปลูกปัญญา TrueVisions 37 | HD 116 | PSI 188  
[www.truelookpanya.com/tv](http://www.truelookpanya.com/tv) f: sonsart



**true**  
ปลูกปัญญา

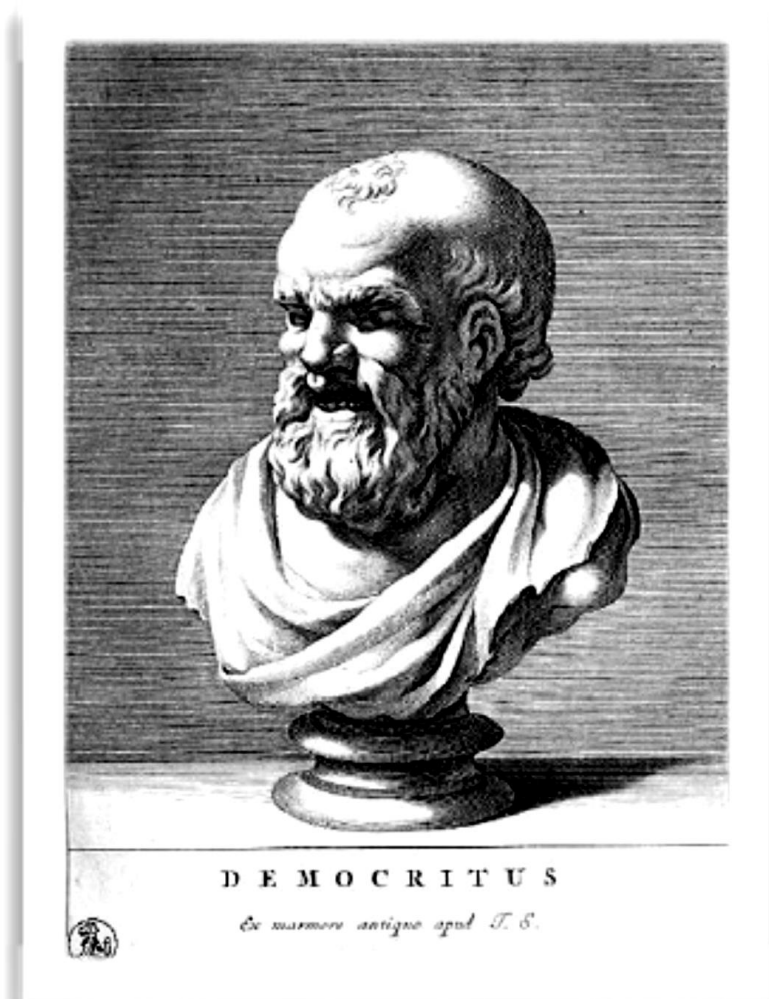
Chemistry

โครงสร้างอะตอม

แนวคิด

การทดลองของนักวิทยาศาสตร์

# ทฤษฎีแรกเริ่ม



## Democritus

สสารประกอบขึ้นจากอนุภาคที่เล็กมากเกินกว่าที่ตา  
จะมองเห็นได้ แบ่งแยกย่อยต่อไปอีกไม่ได้ เรียกว่า  
atomos ในเวลาต่อมารู้จักกันดี ในชื่อ “atom”



## John Dalton

**นำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอะตอมดังนี้**

**1.\* สสารทุกชนิดประกอบขึ้นจากอนุภาคที่เล็กมาก  
เรียกว่า อะตอม**

**2.\* อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันสมบัติจะเหมือนกันทุก  
ประการ และ อะตอมของธาตุต่างชนิดกันสมบัติจะ  
แตกต่างกันอย่างสมบูรณ์**





## John Dalton (ต่อ)

**3.\* ไม่สามารถทำให้อะตอมของธาตุหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นอีกชนิดหนึ่งได้**

**4. สารประกอบทั้งหลายเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุมากกว่าหนึ่งมารวมตัวกัน ด้วยสัดส่วนจำนวนอะตอมคงเดิมเสมอ**

เห็นได้ว่าทฤษฎีอะตอมของดาลตันไม่ต่างจากของ  
เดโมเครตัสเท่าใดนัก และยังมีคำถามมากมายที่อธิบายไม่ได้  
ด้วยทฤษฎีของนักคิดทั้งสองท่านนี้

โดยเฉพาะทั้ง สองท่านไม่มีพูดถึง โครงสร้างของอะตอมเลย



# การค้นพบอนุภาคและโครงสร้างอะตอม

แนวคิดที่นำไปสู่การค้นพบอนุภาคภายในอะตอมคือ  
เรื่องประจุไฟฟ้า การทดลองที่น่าสนใจคือ ปรากฏการณ์  
ฟ้าร้องฟ้าผ่าของเบนจามิน Benjamin Franklin  
(1706 - 1790)



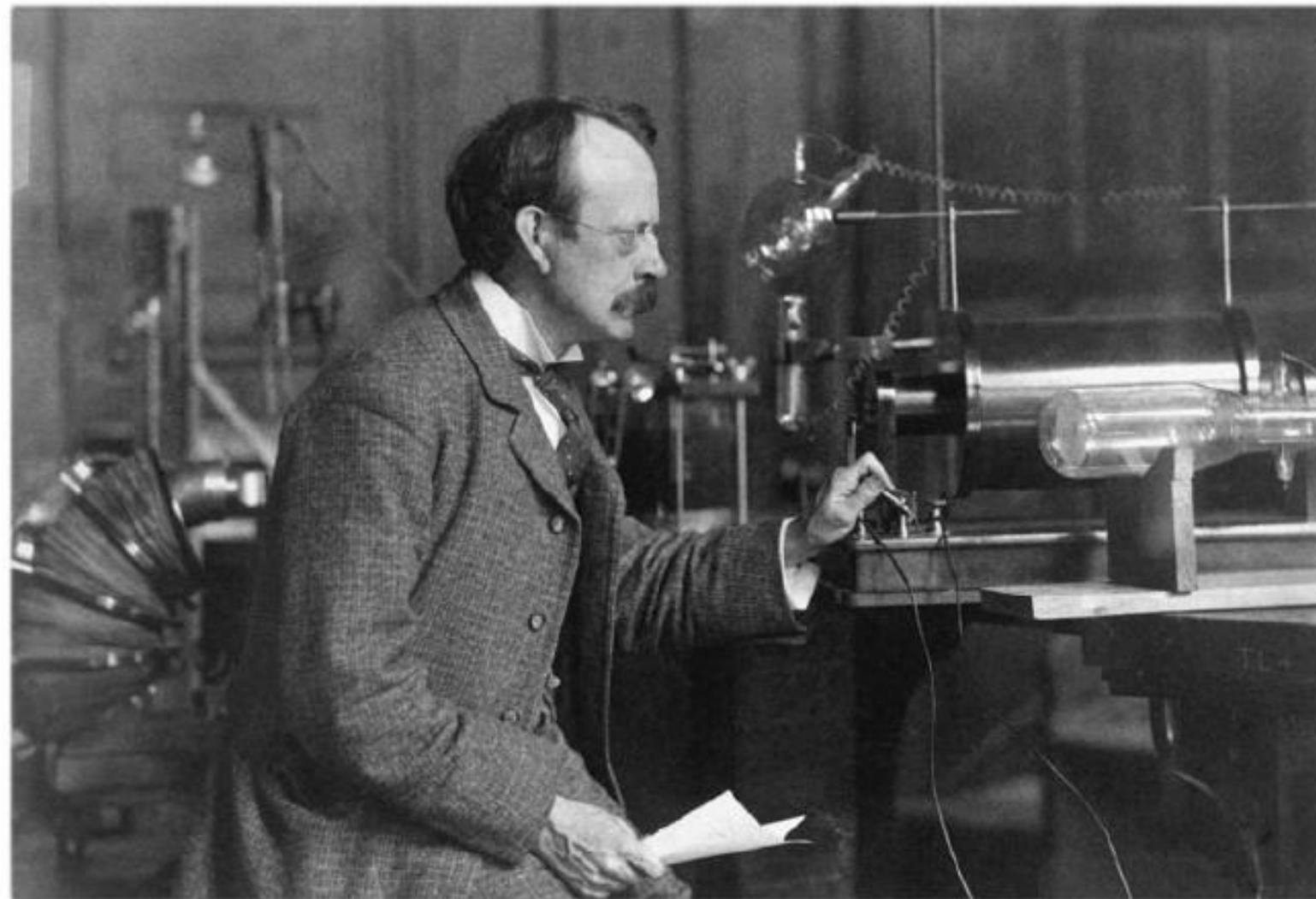


**การทดลองนี้นอกจากให้แนวคิดกับนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเรื่องอนุภาค  
ในอะตอมแล้ว ยังนำไปสู่การประดิษฐ์สายล่อฟ้าที่ใช้งานในปัจจุบันด้วย**

# Joseph John Thomson

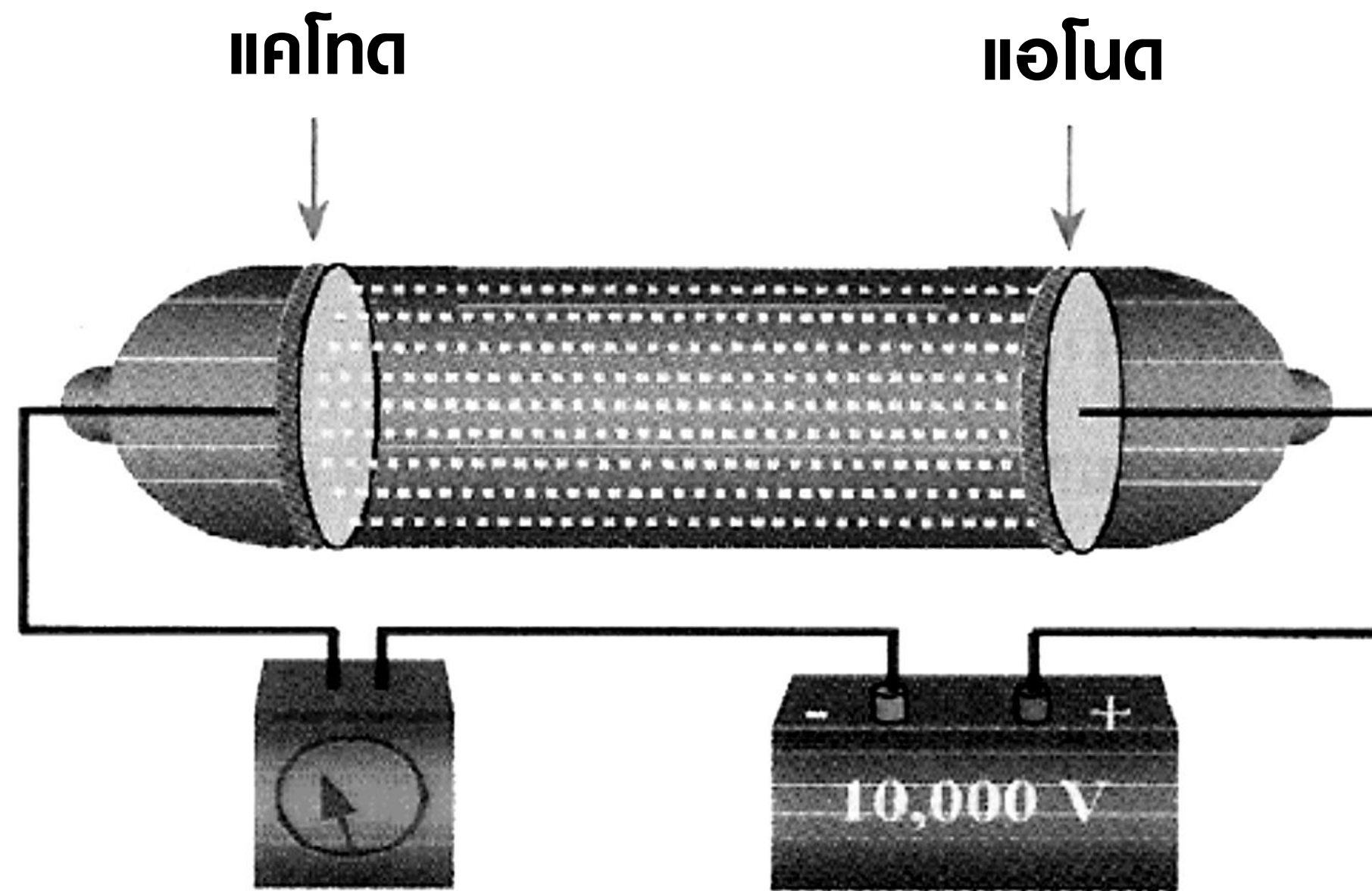
1856 – 1940 / อังกฤษ / Nobel (1906)

สาขาฟิสิกส์ จากผลงานการค้นพบอิเล็กตรอน





# การทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทด

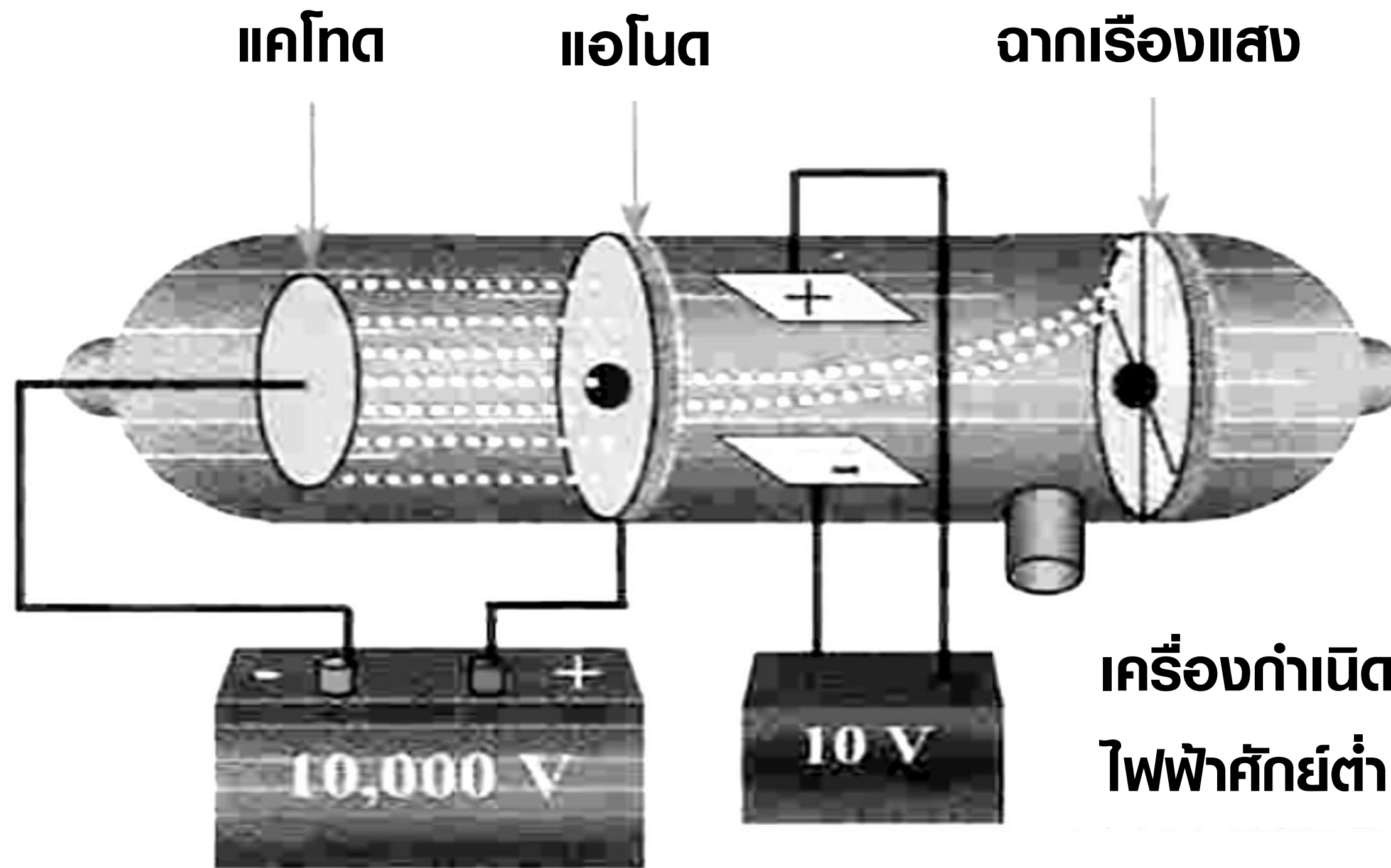


เครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูง

หลังจากกระตุ้นแก๊สในหลอดด้วยไฟฟ้าศักย์สูง ประจุ  
ที่อยู่ในอะตอมของแก๊สจะแยกตัวออกมา (Ionized) และ  
เคลื่อนที่ไปหาสนามไฟฟ้าที่มีประจุตรงข้าม เกิดเป็นรังสีว่อง  
ภายในหลอดและเมื่อกระทบสารเรืองแสงจะเห็นเป็นลำแสง

# รังสีแคโทด

Thomson ดัดแปลงการทดลองโดยเจาะรูที่แผ่นแอโนดแล้วทดลองเหมือนเดิมพบว่า มีรังสีวิ่งทะลุผ่านรูที่เจาะไว้ ไปที่ฉากรับด้านหลัง เนื่องจากทิศทางที่เคลื่อนที่จากแผ่นแคโทดไปยังแผ่นแอโนดจึงเรียกรังสีนี้ว่า “รังสีแคโทด (cathode rays)”



**เครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูง**

**เครื่องกำเนิด  
ไฟฟ้าศักย์ต่ำ**

# สรุปคุณสมบัติสำคัญของรังสีแคโทด

1. เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก ทำให้ทราบว่ามิประจุไฟฟ้า
2. จีงเข้าหาสนามไฟฟ้าด้านบวก ยืนยันว่ามีประจุเป็นลบ
3. มีค่าประจุต่อมวลคงที่ เท่ากับ  $1.76 \times 10^8$  คุลอมบ์ต่อกรัม
4. เรียกชื่อต่อมาว่า อิเล็กตรอน (electron)



# รังสีบวกของ Goldstein

เมื่อทดลองในทางตรงข้ามกับการค้นพบรังสีแคโทด คือ  
เจาะรูที่แผ่นลบ (แคโทด) พบว่ามีรังสีวิ่งทะลุผ่านรูแคโทด ✦  
ไปยังฉากรับด้านหลังเช่นกัน เริ่มต้นเรียกรังสีดังกล่าวว่า  
รังสีบวกของ Goldstein

# คุณลักษณะของรังสีบวกของ Goldstein

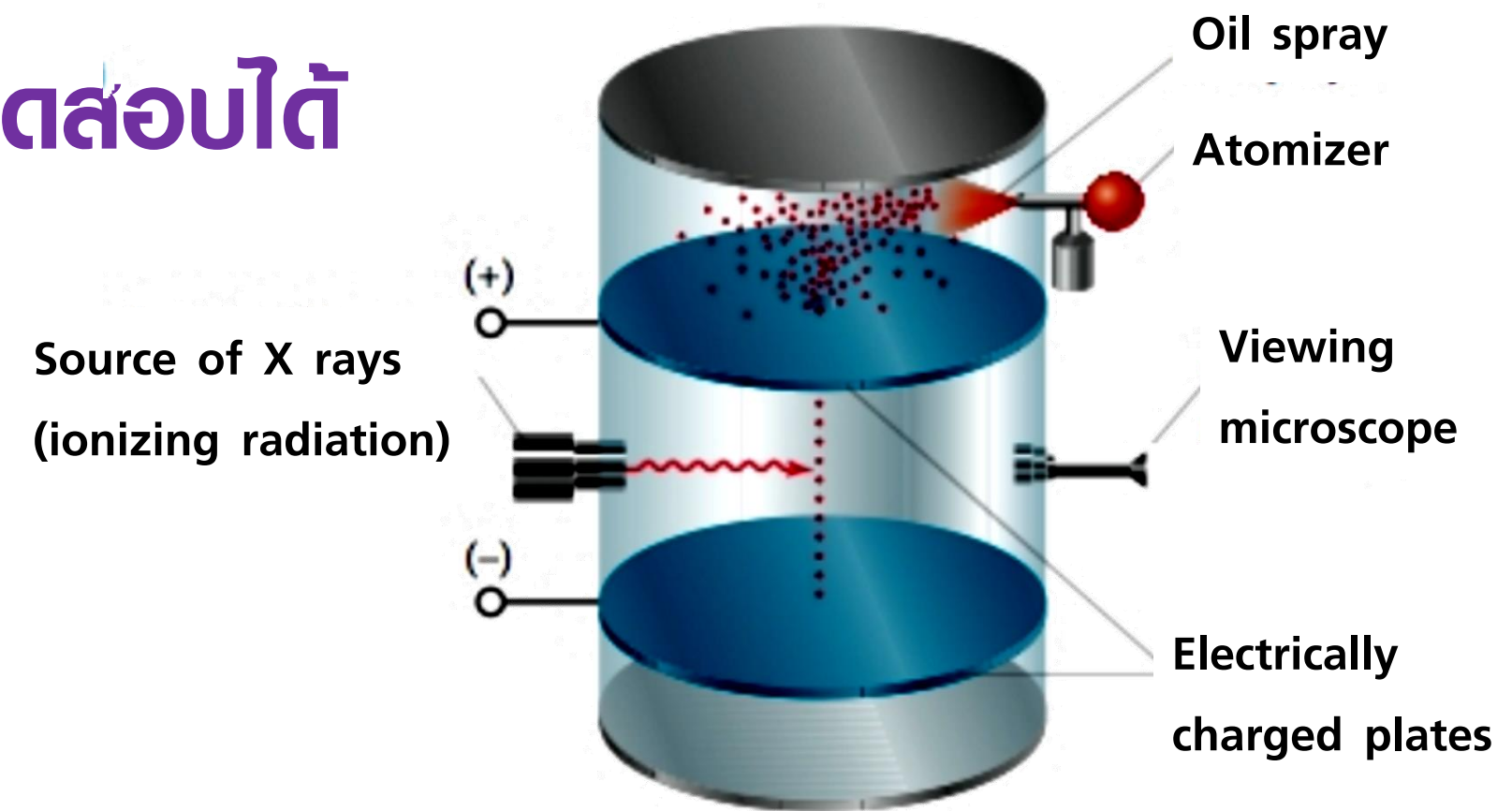
1. เคลื่อนที่จากแอโนด (Anode) ไปแคโทด (Cathode)
2. รังสีบวกมีค่า ประจุต่อมวลไม่คงที่

เวลานั้นใช้ค่าประจุต่อมวลของแก๊ส  $H_2$  เท่ากับ  $9.58 \times 10^4 \text{ c/g}$

และเรียกว่า โปรตอน

# การทดลองพ่นฟอยหยดน้ำมัน

Millikan ทดลองและพบวิธีคำนวณประจุของอิเล็กตรอน  
โดยสร้างชุดเครื่องมือชื่อ atomizer เมื่อยังรังสีเอกซ์เพื่อไปชน  
อิเล็กตรอนของแก๊สในอากาศแล้วกระเด็นมาติดบนหยดน้ำมัน  
ทำให้หยดน้ำมันมีประจุเป็นลบ ทดสอบได้  
คือน้ำมันเหล่านั้นจะลอยกลับ  
ไปเปียกที่แผ่นสนามไฟฟ้าบวก



# มิลลิแกนติดตามการเปลี่ยนแปลงผ่านกล้องจุลทรรศน์ และ ปรับค่าสนามไฟฟ้าให้หยดน้ำมันลอยนิ่งระหว่างแผ่นสนามไฟฟ้า



Robert Andrews Millikan  
(1868-1953)

นำค่าตัวแปรต่าง ๆ มาตั้งสมการและคำนวณ  
“ประจุบนหยดน้ำมัน” ได้ค่าประจุบนหยดน้ำมัน  
ที่คำนวณได้เป็นจำนวนเท่าของ  
เลข  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมป์

## ทำให้มีลึกลับจนสรุปได้ว่า ♦ ♦ ♦ ♦ ♦

ประจุของอิเล็กตรอนแต่ละตัวมีค่าเท่ากับ  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์  
และ เมื่อนำค่าประจุที่ได้นี้ไปคำนวณต่อกับค่าประจุต่อมวลของ  
อิเล็กตรอน จะได้มวลของอิเล็กตรอนเท่ากับ  $9.11 \times 10^{-28}$  กรัม

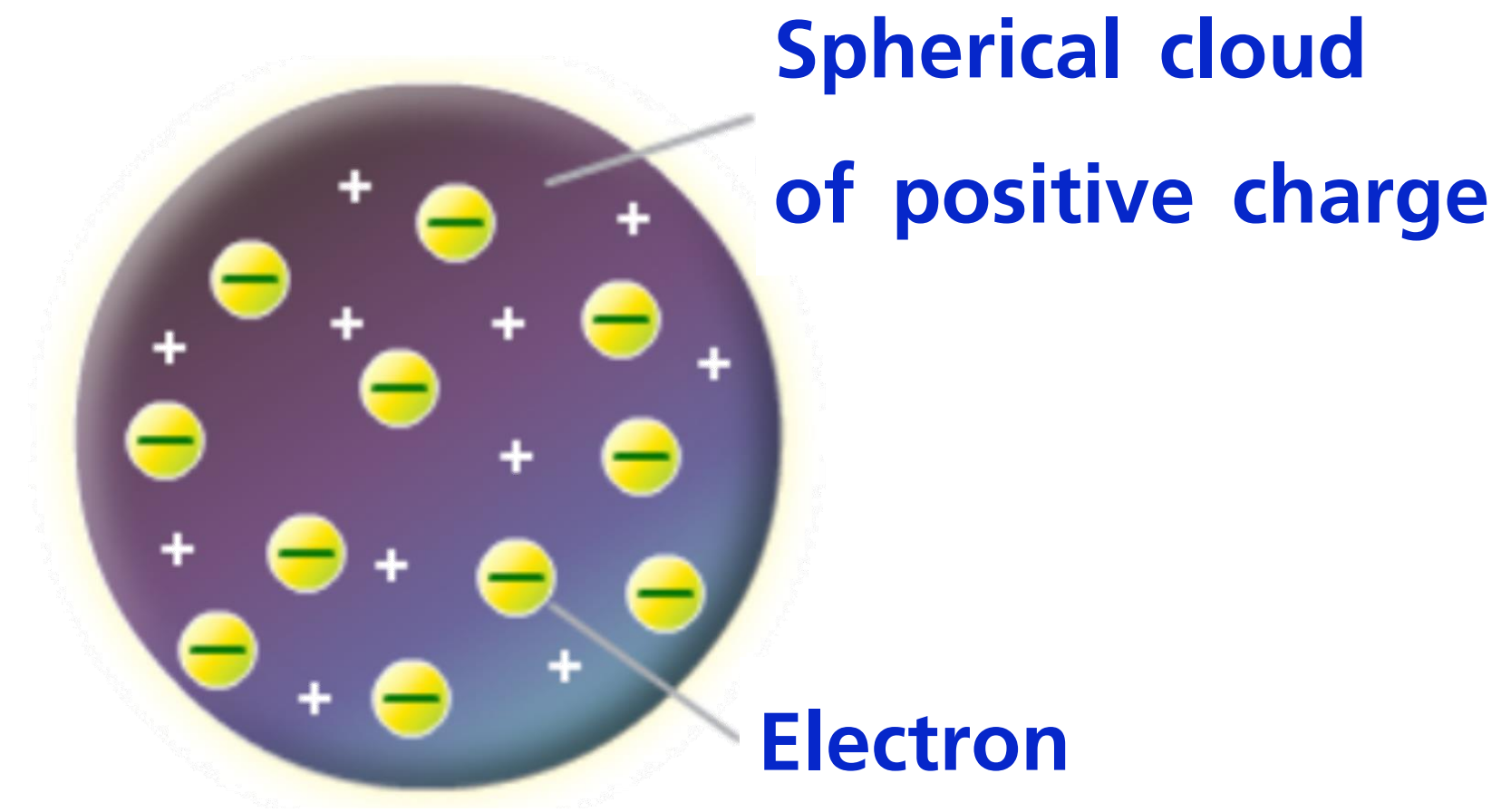
**อิเล็กตรอน ประจุ  $-1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์ มวล  $9.11 \times 10^{-28}$  กรัม**

และเมื่อนำค่าประจุเดียวกันนี้ไปคำนวณหามวลของโปรตอนจะได้

**โปรตอน ประจุ  $-1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์ มวล  $1.66 \times 10^{-24}$  กรัม**



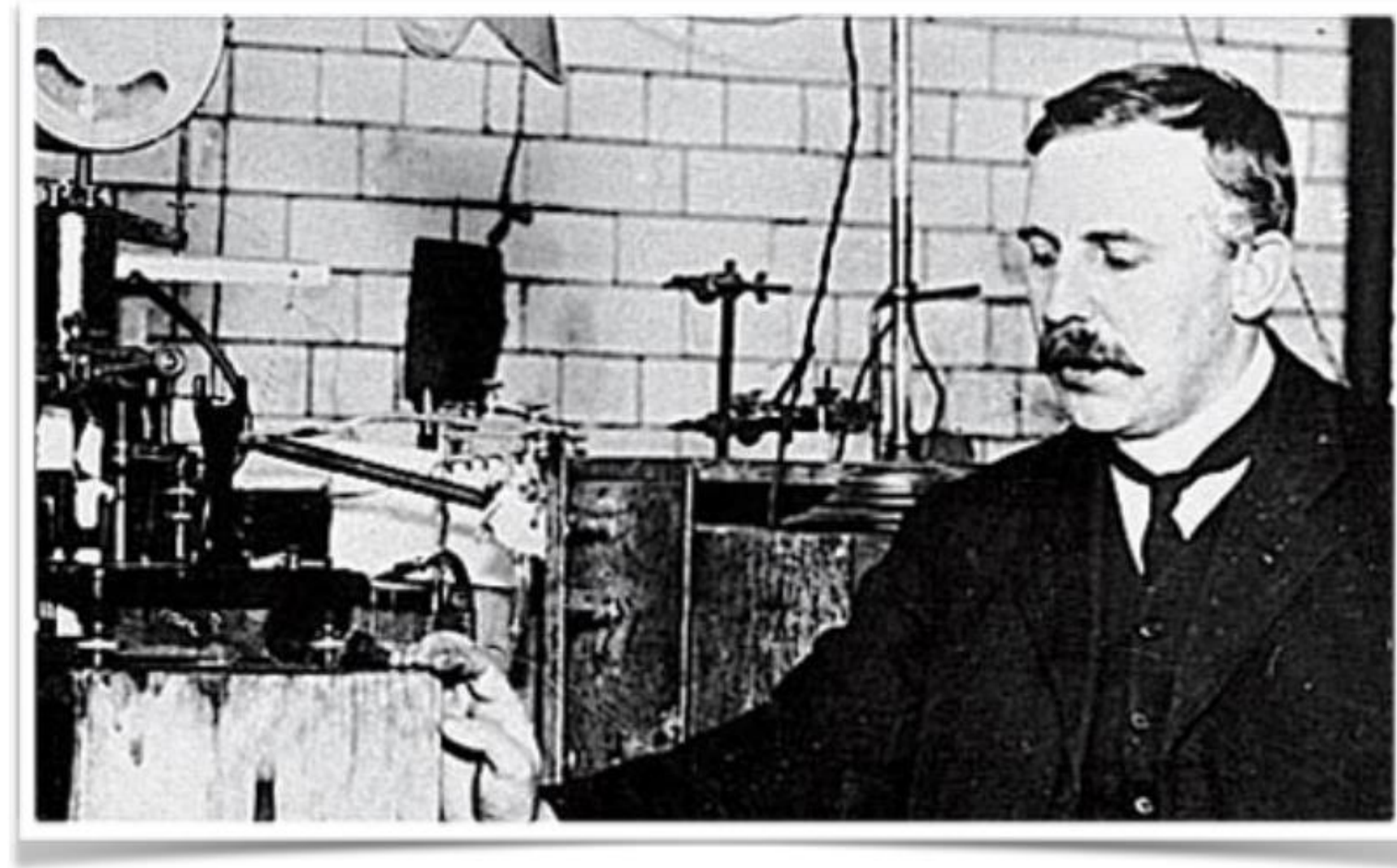
ภาพจำลองอะตอมของ Thomson เป็นดังนี้  
แบบจำลองอะตอมนี้ Thomson ให้ข้อสังเกตว่า  
มีลักษณะคล้ายขนมปังลูกเกด (plum pudding)



**Thomson's Plum pudding model**



# Rutherford

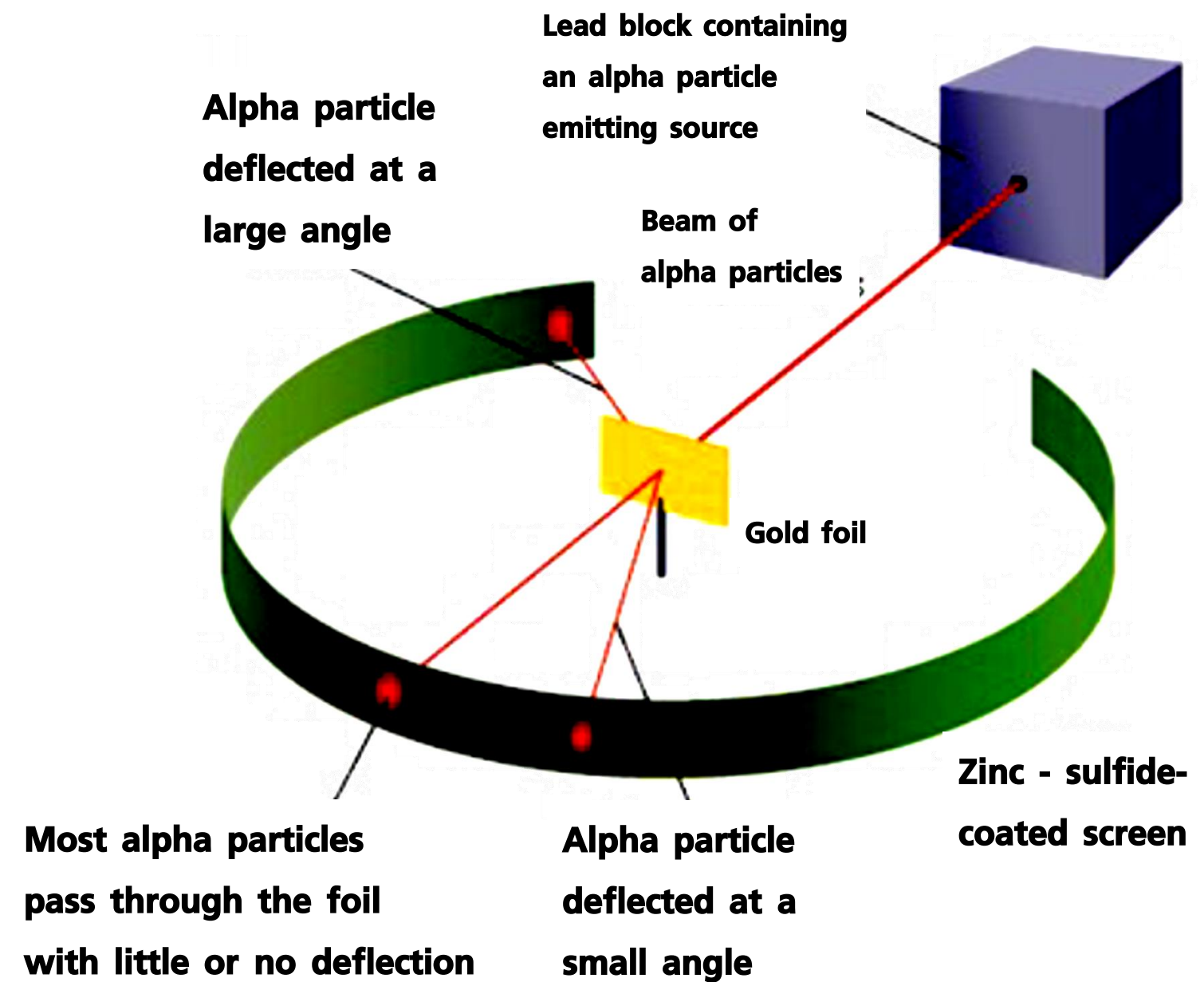


สนใจปรากฏการณ์ทางกัมมันตรังสี การทดลองของ  
Rutherford นำไปสู่โครงสร้างอะตอมที่มีนิวเคลียสเป็นศูนย์กลาง

# การทดลองของ Rutherford

ยังอนุภาคแอลฟาที่มีประจุบวกไปยังแผ่นโลหะบาง พบว่า

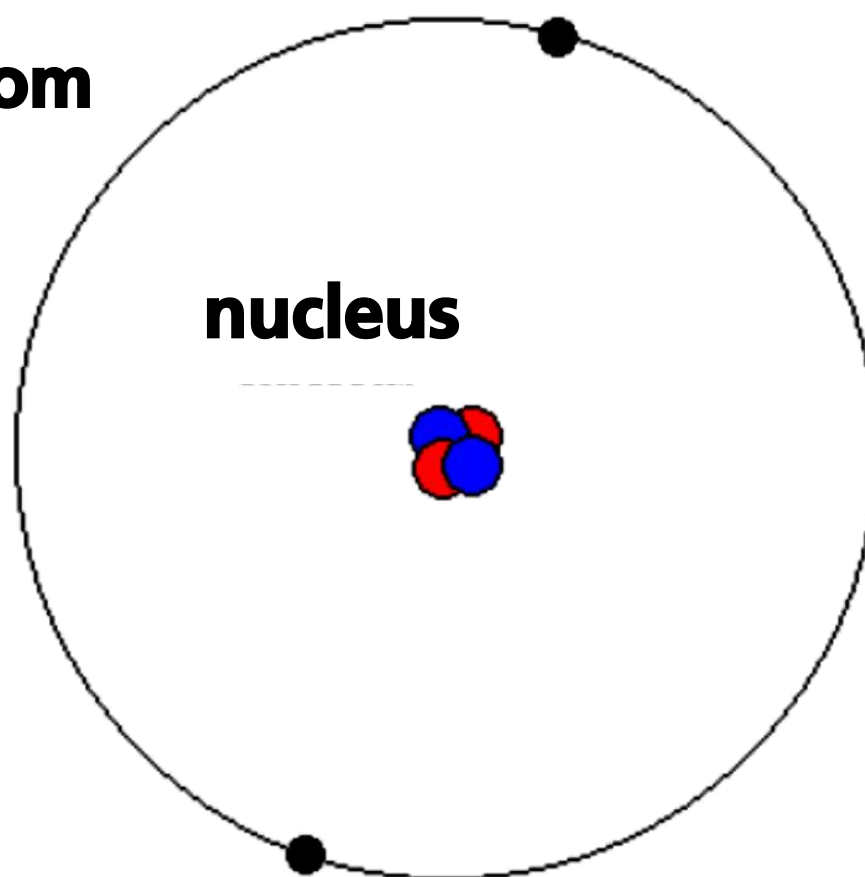
- ◆ แอลฟาทะลุผ่านแผ่นโลหะพุ่งเป็นเส้นตรงแนวเดิมเป็นส่วนมาก
- ◆ แอลฟาบางส่วนทะลุผ่านแต่แนวการเคลื่อนที่เบนไปจากแนวเดิม
- ◆ แอลฟาจำนวนน้อยมากที่ไม่ทะลุแต่สะท้อนกลับ



ผลการทดลองดังกล่าวนั้น ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองอะตอมของทอมสัน ทำให้  
รัทเธอร์ฟอร์ดนำเสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นใหม่ ให้โปรตอนเป็นศูนย์กลางเรียกว่านิวเคลียส  
(ภายหลังมีผู้พบว่าในนิวเคลียสมีอนุภาคที่เป็นกลางอยู่ด้วย) และอิเล็กตรอนโคจรรอบ  
ดังนี้

### Rutherford Atom

helium atom



electron orbits

### elementary particles

- electron (-)
- proton (+)
- neutron (0)

where the mass of the electron  
is  $1/2000$  the mass of the proton  
and the mass of the proton  
equals the mass of the neutron

# Neutron

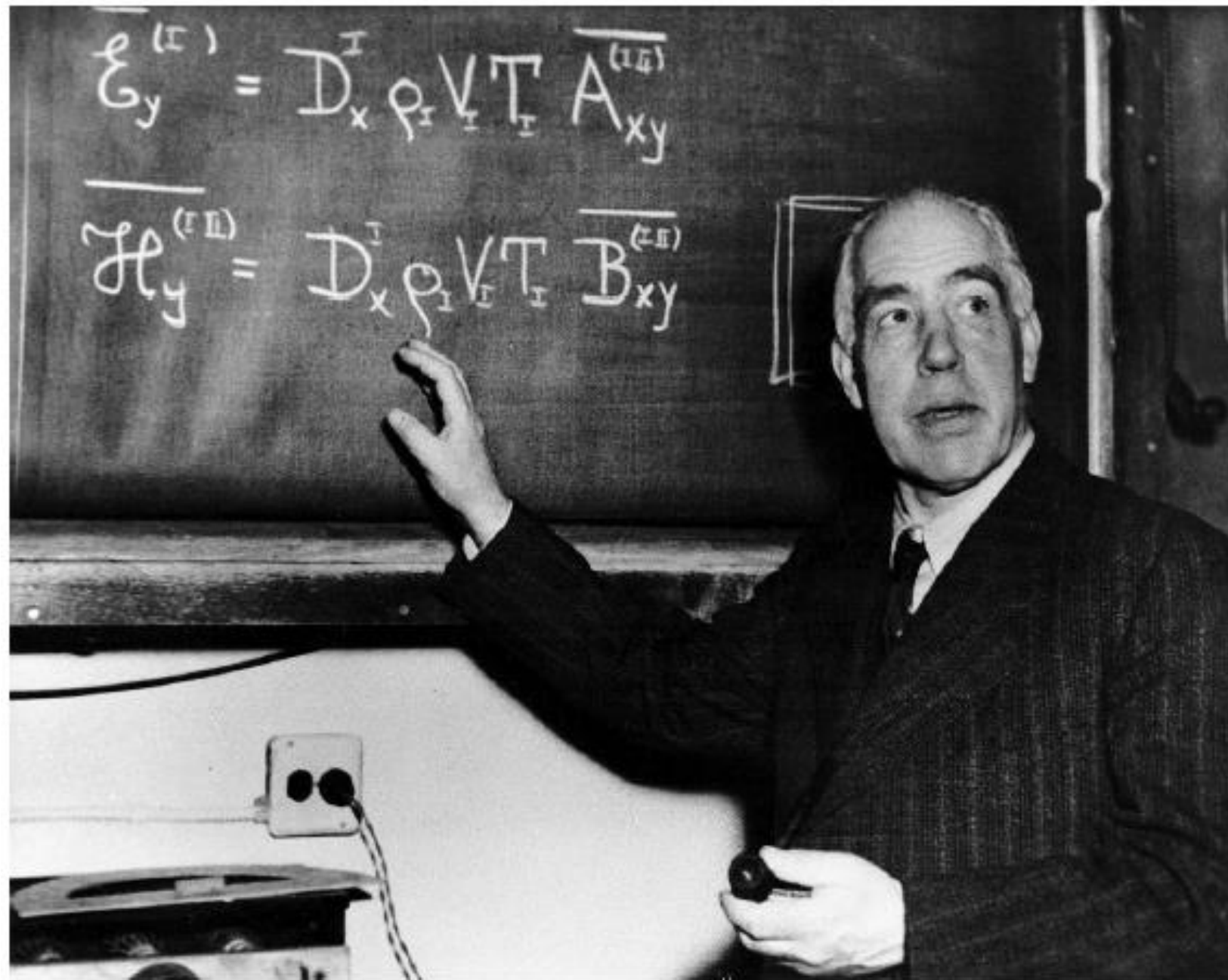
สมาชิกลำดับที่สามของอะตอม พบโดย James Chadwick ด้วยการทดลองแบบเดียวกับ Rutherford คือระดมยิงอนุภาคแอลฟาไปที่แผ่น Be บาง จะมีอนุภาคที่ไม่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามไฟฟ้าหรือ สนามแม่เหล็กใด ๆ หลุดออกมา จึงสรุปว่าในนิวเคลียสมีอนุภาคที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอยู่ด้วย เรียกชื่อตามความหมายว่า neutron เป็นอนุภาคที่มีมวลใกล้เคียงกับโปรตอน

# Neutron (ต่อ)

โครงสร้างอะตอมตามแนวคิดตั้งเดิมก็จะอาศัยแบบจำลองของ Rutherford นี่เป็นหลัก จำนวนอนุภาคมูลฐานของอะตอม แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์นิวเคลียร์



# Niels Bohr



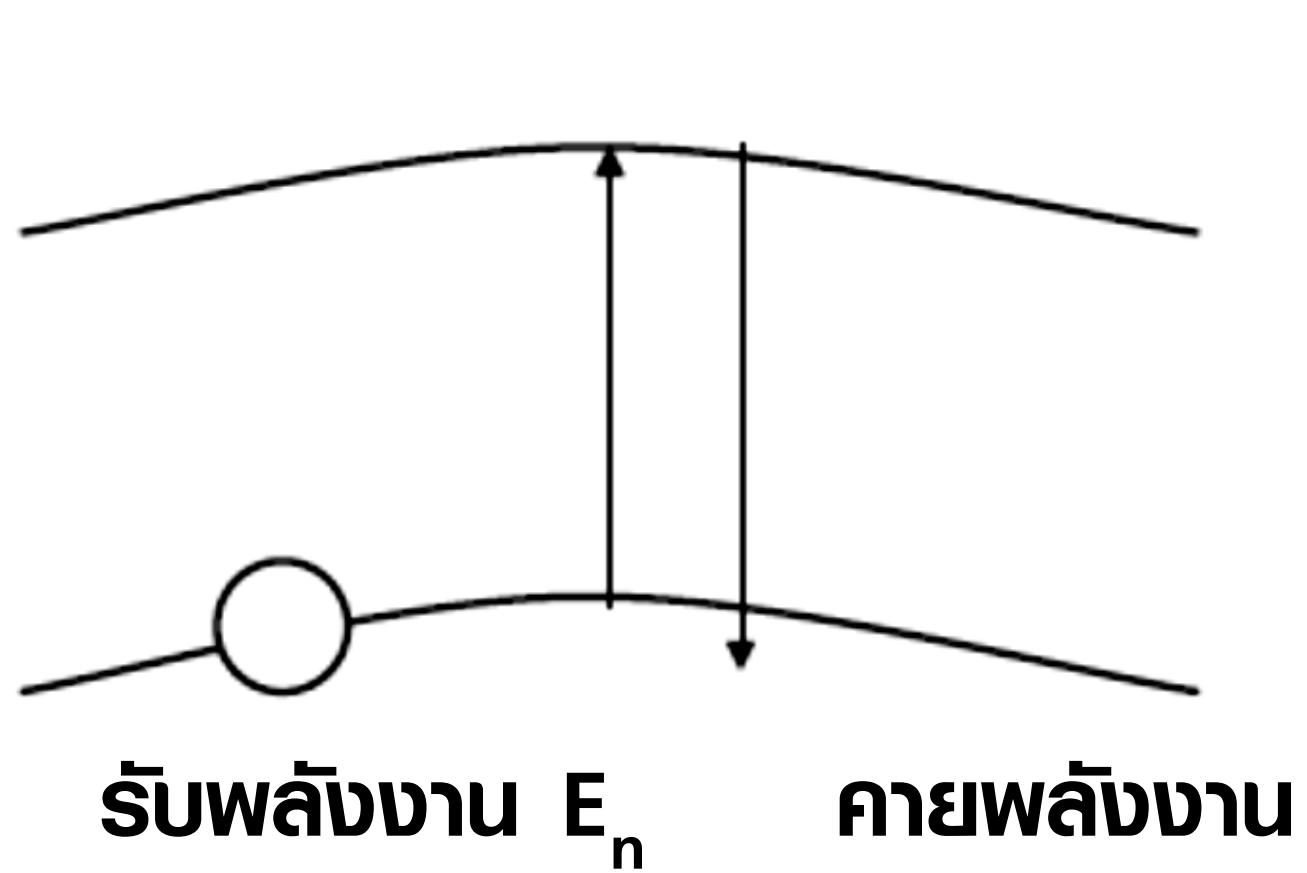
**Everything we call real  
is made of things that  
cannot be regarded as  
real**



# Niels Bohr

แนวคิดที่นำไปสู่โครงสร้างอะตอมแบบใหม่ คือ  
ปรากฏการณ์ของการเกิดแสงสีต่าง ๆ หรือ Spectrum  
จากการที่พบว่าเมื่อนำโลหะ หรือ สารประกอบของโลหะ  
หลายชนิดมาเผาไฟจะได้เปลวไฟสีต่างกัน ทั้ง ๆ ที่รับ  
พลังงานเท่ากันนั้น ได้รับการอธิบายดังนี้

# Niels Bohr (ภาพประกอบ)



$E_n$  สถานะกระตุ้น excited state

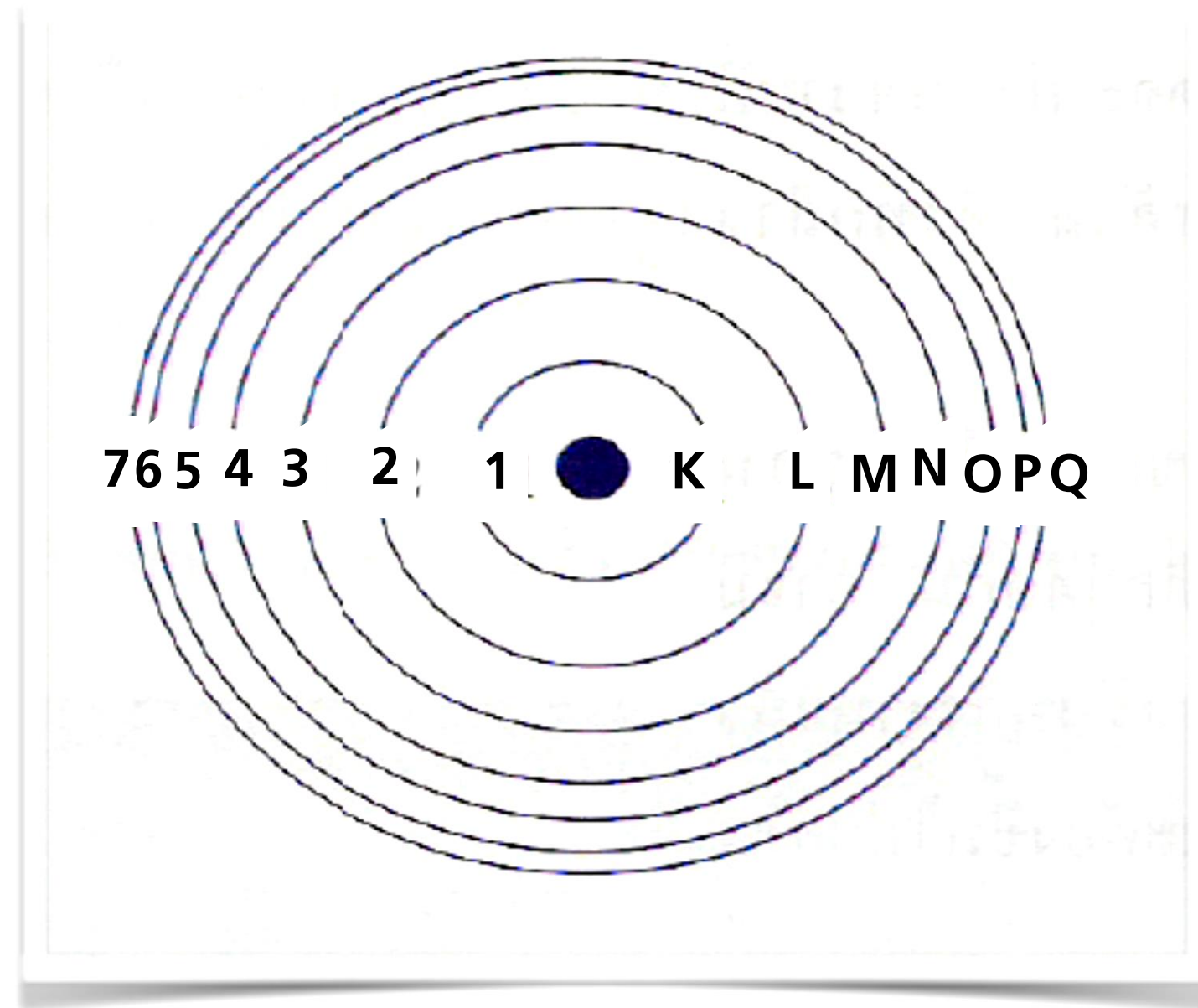
$E_0$  สถานะพื้น ground state

เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานภายนอกจะต้องติดตัวขึ้นไปยัง  
ระดับพลังงานที่สูงกว่า (เรียกว่าสถานะกระตุ้น excited  
state) พร้อมพลังงานที่ได้รับนั้น และ จะปล่อยพลังงาน  
ออกมาในรูปแสงสีต่าง ๆ เมื่อเคลื่อนที่กลับมาที่เดิม  
(เรียกสถานะพื้น ground state)

◆◆ พลังงานที่ปล่อยออกมานั้นเป็นแสงสีต่าง ๆ

ขึ้นกับพลังงานหรือความถี่ ◆◆

ความแตกต่างของพลังงานนี้เป็นที่มาของโครงสร้าง  
อะตอมที่มีระดับพลังงานของอิเล็กตรอนล้อมรอบนิวเคลียส  
ดังภาพ

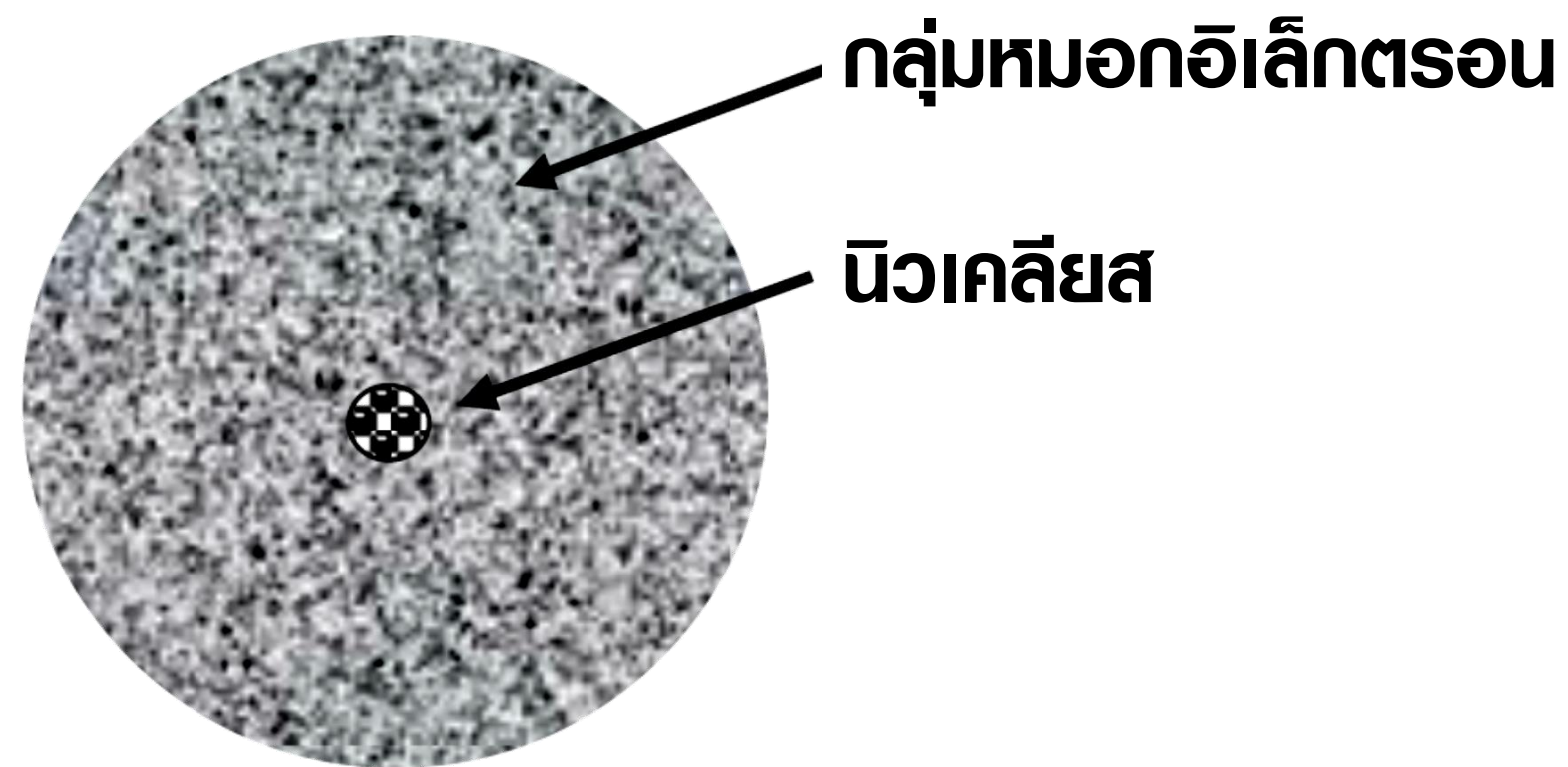


## อะตอมแบบกลุ่มหมอกอิเล็กทรอนิกส์

เป็นแบบจำลองอะตอมที่ได้จากความรู้ทางกลศาสตร์ควอนตัม (ฟิสิกส์แพนใหม่) เป็นวิชาที่อาศัยทฤษฎีที่อธิบายทวิภาพของอนุภาคและคลื่น แบบจำลองอะตอมนี้บอกโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนว่าจะมีโอกาสพบได้มาก บริเวณที่มีอิเล็กตรอนหนาแน่น ซึ่งอิเล็กตรอนจะโคจรรอบอะตอม กระจัดกระจายตลอดเวลา



แบบจำลองอะตอมนี้ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่สำคัญเกี่ยวกับโมเลกุลได้หลายอย่าง เช่น การเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ประเภทแรงแผ่กระจาย (dispersion forces) หรือที่เรียกกันว่า แรงแวนเดอร์วาลส์ เป็นต้น





# สัญลักษณ์นิวเคลียร์

อนุภาคมูลฐานของอะตอมได้แก่ โปรตอน นิวตรอน และ อิเล็กตรอน มีรายละเอียดดังนี้

| อนุภาค                | มวล                         | ประจุ                             |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| อิเล็กตรอน (Electron) | $9.11 \times 10^{-28}$ กรัม | (-) $1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์ |
| โปรตอน (Proton)       | $1.66 \times 10^{-24}$ กรัม | (+) $1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์ |
| นิวตรอน (Neutron)     | $1.66 \times 10^{-24}$ กรัม | ไม่มี                             |

## สัญลักษณ์นิวเคลียร์ ใช้แสดงจำนวนอนุภาคมูลฐาน ดังนี้

$23$  (เลขมวล = จำนวน  $P^+$  +  $n$ )

*Na*

$11$  (เลขอะตอม = จำนวน  $P^+$  และบอกตำแหน่งในตารางธาตุ)

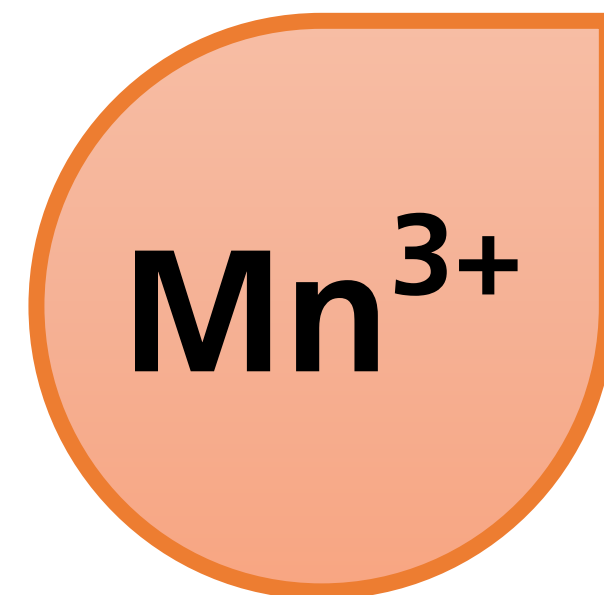
โดยถ้าอนุภาคเป็นกลางทางไฟฟ้าจำนวนอิเล็กตรอนจะเท่ากับจำนวนโปรตอน แต่ถ้าอนุภาคไม่เป็น กลาง (เป็นไอออน) จำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนจะต่างกัน

# ไอออนบวก (Cation ออกเสียง แคทไอออน)

เกิดหลังจากอะตอมจ่ายอิเล็กตรอน (reducing) ออกไปทำให้สภาพสุดท้ายมีโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน

การเขียนสัญลักษณ์จะโชว์ผลต่างประจุบวกที่มากกว่า

เช่น  $\text{Na}^+$   $\text{Mg}^{2+}$   $\text{Mn}^{7+}$



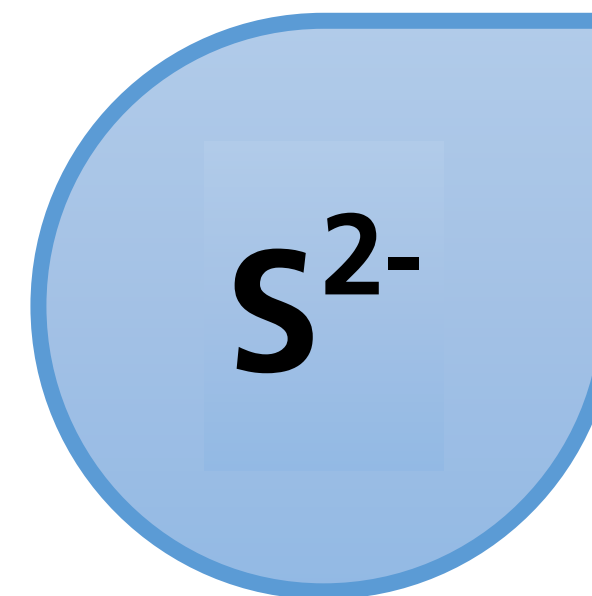
# ไอออนลบ (Anion ออกเสียง แอนไอออน)

เกิดหลังจากอะตอมรับอิเล็กตรอน (oxidizing)

ทำให้สภาพสุดท้ายมีอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน

การเขียนสัญลักษณ์จะโชว์ผลต่างประจุลบที่มากกว่า

เช่น  $O^{2-}$   $N^{3-}$   $Br^-$



## รับ-จ่าย โปรตอน

เมื่อจำนวนโปรตอนเปลี่ยนแปลง  $\rightarrow$  เลขอะตอมเปลี่ยนแปลง  $\rightarrow$   
ธาตุเปลี่ยนชนิดด้วย (และต้องคิดประจุด้วย)





**ไอโซโทป (Isotope) = ธาตุที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่เลขมวลต่างกัน**

**ไอโซโทน (Isotone) = ธาตุที่มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน แต่มีโปรตอนต่างกัน**

**ไอโซอิเล็กตรอน (Isoelectron) = อนุภาคที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน หรือ  
อาจเรียก ไอโซอิเล็กทรอนิกส์ (isoelectronics)**

**ไอโซบาร์ (Isobar) = ธาตุที่มีเลขมวลเท่ากัน**



# ◇ การจัดเรียงอิเล็กตรอน ◇

## - Electron Configuration -

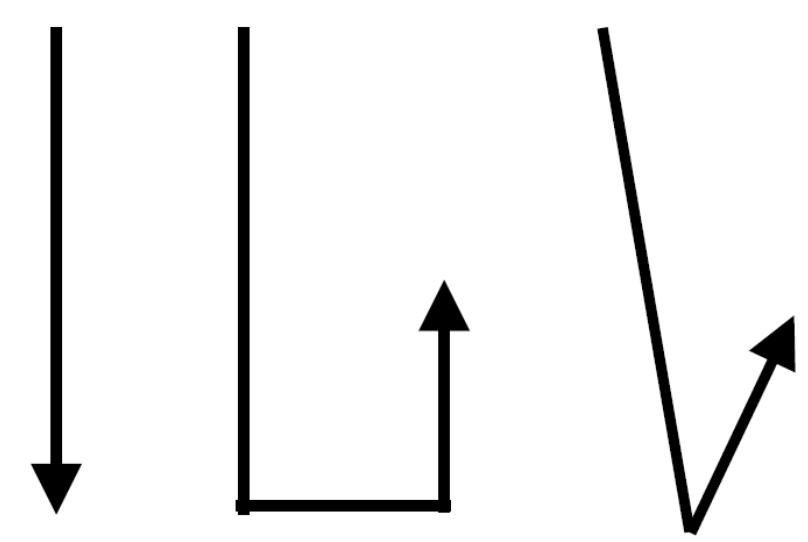
ระดับพลังงานต่าง ๆ ที่ Bohr อธิบายในโครงสร้างอะตอมจะเป็นที่อยู่ของอิเล็กตรอน แต่จำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานและรูปแบบการจัดเรียงจะถูกกำหนดด้วยกฎเกณฑ์บางประการ สามารถนำไปสู่การอธิบายคุณสมบัติของอะตอมได้

## การจัดเรียงอิเล็กตรอนมี 2 แบบ

- การจัดเรียงในระดับพลังงานหลัก (Shell) แสดงจำนวนอิเล็กตรอน แต่ไม่แจกแจงที่อยู่ของอิเล็กตรอน
- การจัดเรียงในระดับพลังงานย่อย (Subshell) แสดงจำนวนและแสดงที่อยู่ของอิเล็กตรอน โดยนำอิเล็กตรอนที่มีบรรจุลงใน Orbitals ที่กำหนดโดยวิชากลศาสตร์ควอนตัม

# การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก -Shell-

อาศัยรูปแบบ  $2n^2$  โดย  $n$  คือ ระดับพลังงานต่าง ๆ มีรูปแบบดังนี้

| ระดับพลังงาน | จำนวนอิเล็กตรอน | รูปแบบ                                                                               |
|--------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $n = 1$      | 2               |  |
| $n = 2$      | 8               |                                                                                      |
| $n = 3$      | 18              |                                                                                      |
| $n = 4$      | 32              |                                                                                      |
| $n = 5$      |                 |                                                                                      |

# ในตารางธาตุ

- จำนวนอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุด เรียกว่า **Valence Electron** ใช้บอกหมู่ของธาตุ
- จำนวนระดับพลังงานที่ได้จากการจัดเรียง บอกคาบ
- *กรณีจัดเรียงแล้วมีความผิดปกติจากรูปแบบจะเป็นธาตุทรานสิชัน*

# ตัวอย่างการจัดเรียงอิเล็กตรอน





# ตัวอย่างการจัดเรียงอิเล็กตรอน



## การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย -SubShell-

เป็นการจัดอิเล็กตรอนลงสู่ Orbitals ต่าง ๆ ในระดับพลังงานย่อย  
โดยในปัจจุบันระดับพลังงานย่อย มี 4 แบบได้แก่ ระดับพลังงานย่อย  
s p d และ f แต่ละระดับพลังงานย่อยมีออร์บิทัลในครอบครองดังนี้



s ມີ 1 ອອຣບີຫໍ້

ບຣຣຈຸໄຕ້ 2 ອີລິກຕຣອນ

p ມີ 3 ອອຣບີຫໍ້

ບຣຣຈຸໄຕ້ 6 ອີລິກຕຣອນ

d ມີ 5 ອອຣບີຫໍ້

ບຣຣຈຸໄຕ້ 10 ອີລິກຕຣອນ

f ມີ 7 ອອຣບີຫໍ້

ບຣຣຈຸໄຕ້ 14 ອີລິກຕຣອນ

**n = 1    1s**

**n = 2    2s 2p**

**n = 3    3s 3p 3d**

**n = 4    4s 4p 4d 4f**

**n = 5    5s 5p 5d 5f**

**n = 6**

**n = 7**

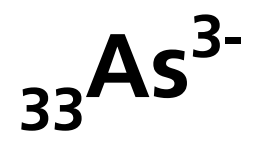
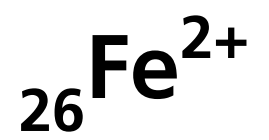
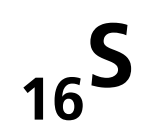
- หมู่ \* ถ้าลงท้ายด้วย  $s^1$  เป็นหมู่ที่ 1 และ  $s^2$  เป็นหมู่ที่ 2
- \* ถ้าลงท้ายด้วย  $p^1 - p^6$  เป็นหมู่ที่ 3 ถึง 8 ตามลำดับ
- \* ถ้าลงท้ายด้วย d เป็นธาตุทรานสิชั่น
- \* ถ้าลงท้ายด้วย f เป็น Inner transition

คาบ บอกโดยดูตัวเลขแสดงระดับพลังงานที่มากที่สุด

ประโยชน์ของการจัดเรียงระดับพลังงานย่อยคืออธิบายความเสถียรของธาตุ การหาจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว และอธิบายเรื่องเลขออกซิเดชันของโลหะทรานสิชั่น

# การจัดเรียงอิเล็กตรอน

## การจัดเรียงอิเล็กตรอน



# การหาจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว

การจัดเรียงอิเล็กตรอน

จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว

<sup>13</sup>Al

<sup>15</sup>P

<sup>17</sup>Cl

<sup>19</sup>K

<sup>35</sup>Br

<sup>23</sup>V

<sup>56</sup>Ba

<sup>81</sup>Tl





[www.trueplookpanya.com](http://www.trueplookpanya.com)