



# ฟิสิกส์ 2 (Physics 2)

บทที่ 7

โครงสร้างอะตอม

ผู้สอน

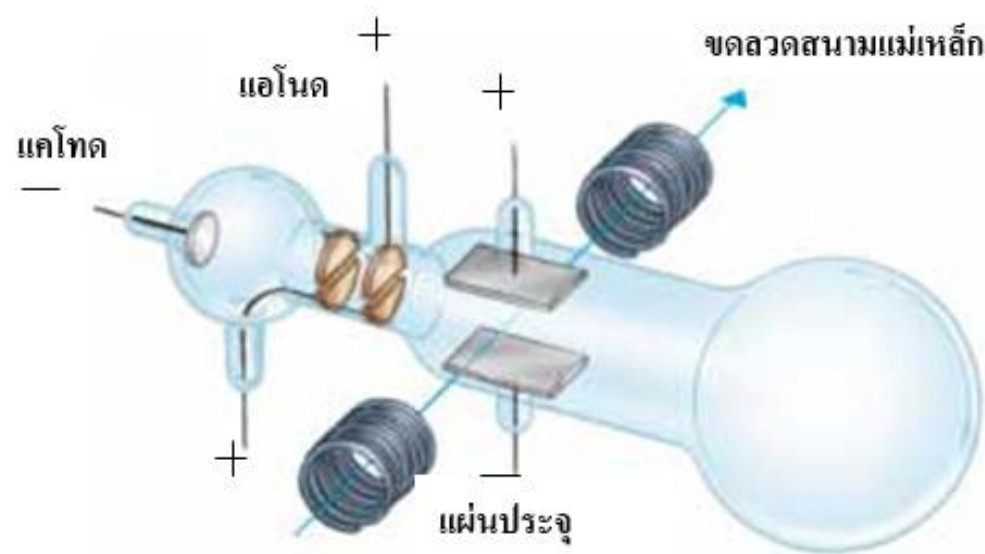
อาจารย์ ดร.วุดมิชัย ไชยภักษา

สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## การค้นพบอิเล็กตรอน

ในปี พ.ศ. 2440 เจ เจ ทอมสัน ได้ทดลองเกี่ยวกับหลอดรังสีแคโทด โดยแสดงให้เห็นว่าอนุภาคในหลอดรังสีแคโทดเบากว่าอะตอมและเป็นส่วนประกอบของอะตอม และเรียกอนุภาคนี้ว่า **อิเล็กตรอน** ซึ่งมีสมบัติคือ เดินทางเป็นเส้นตรงมีประจุลบ มีโมเมนตัม มวลและความเร็ว



หลอดรังสีแคโทดที่มีสนามไฟฟ้าเพิ่มอีก 2 ขั้วและมีสนามแม่เหล็ก

ที่มา ([Serway](#) and [Beicher](#), 2000, หน้า 912)





เมื่อให้สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า แล้วทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวแกน X อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเป็น

$$v_x = \frac{E}{B} = \frac{V}{Bd}$$

ให้มุม  $\theta$  เป็นมุมน้อย ๆ ดังนั้น  $\tan \theta \approx \theta$  จะได้

$$\theta = \frac{eVL}{md\left(\frac{V}{Bd}\right)^2}$$

$$\theta = \frac{eB^2Ld}{mV}$$

อิเล็กตรอนเบี่ยงเบนไปเป็นมุม  $\theta$  เท่ากับ  $\frac{eB^2Ld}{mV}$





จากการทดลองของทอมสัน ถ้าสนามแม่เหล็กที่ให้ในการทดลองของทอมสันมีค่า  $5.5 \times 10^{-4}$  เทสลา ค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าที่มีความยาว 5 เซนติเมตรมีค่าเท่ากับ 200 โวลต์ ระยะห่างของขั้วไฟฟ้าเป็น 1.5 เซนติเมตร และอิเล็กตรอนเบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าเท่ากับ 0.2 เรเดียน อยากทราบว่าประจุต่อมวรมีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ

$$\frac{e}{m} = \frac{V \theta}{B^2 L d}$$

แทนค่าจะได้

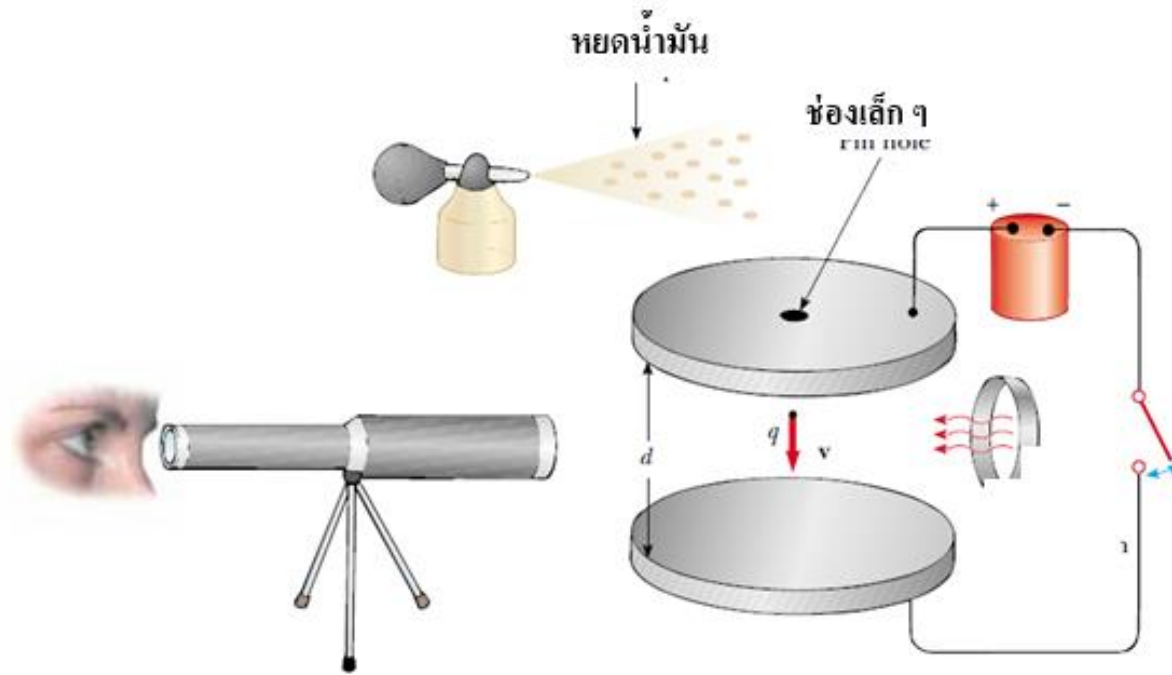
$$\begin{aligned} \frac{e}{m} &= \frac{200 \times 0.2}{(5.5 \times 10^{-4})^2 \times (1.5 \times 10^{-2}) \times (5 \times 10^{-2})} \\ &= 1.76 \times 10^{11} \text{ Ckg}^{-1} \end{aligned}$$

ค่าประจุต่อมวรมของอิเล็กตรอนเท่ากับ  $1.76 \times 10^{11}$  คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม



## การทดลองของมิลลิแกน (Millikan's experiment)

การทดลองของมิลลิแกน (Millikan's experiment) ในปี พ.ศ.2442 หลังจากการค้นพบประจุต่อมวลของทอมสันแล้ว เอช เอ วิลสัน (H. A. Wilson) และ เจ เอส อี ทาวน์เซนด์ (J. S. E. Townsend) ลูกศิษย์ของทอมสันได้ทดลองหาประจุและมวลของอิเล็กตรอน โดยใช้หยดน้ำมันที่มีประจุ  $Q$  ผ่านเข้าไปในหลอดที่มีอากาศชื้นและเย็นอย่างรวดเร็ว



แผนภาพการทดลองของมิลลิแกน

ที่มา ([Serway and Beicher, 2000](#), หน้า 912)





จากกฎของสโตกขนาดแรงลัพธ์ ( $F_D$ ) ที่กระทำต่อหยดน้ำมันมีค่า

$$F_D = 6\pi d\eta v \quad (7.5)$$

จากภาพ ถ้าหยดน้ำมันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวจะได้

$$W = F_D \quad (7.6)$$

แต่  $W = mg \quad (7.7)$

$$= \rho Vg \quad (7.8)$$

เมื่อ  $\rho$  เป็นความหนาแน่น และ  $V$  เป็นปริมาตรของหยดน้ำมันมีค่า  $\frac{4}{3}\pi d^3$  ดังนั้น

$$W = \frac{4}{3}\pi d^3 \rho g \quad (7.9)$$





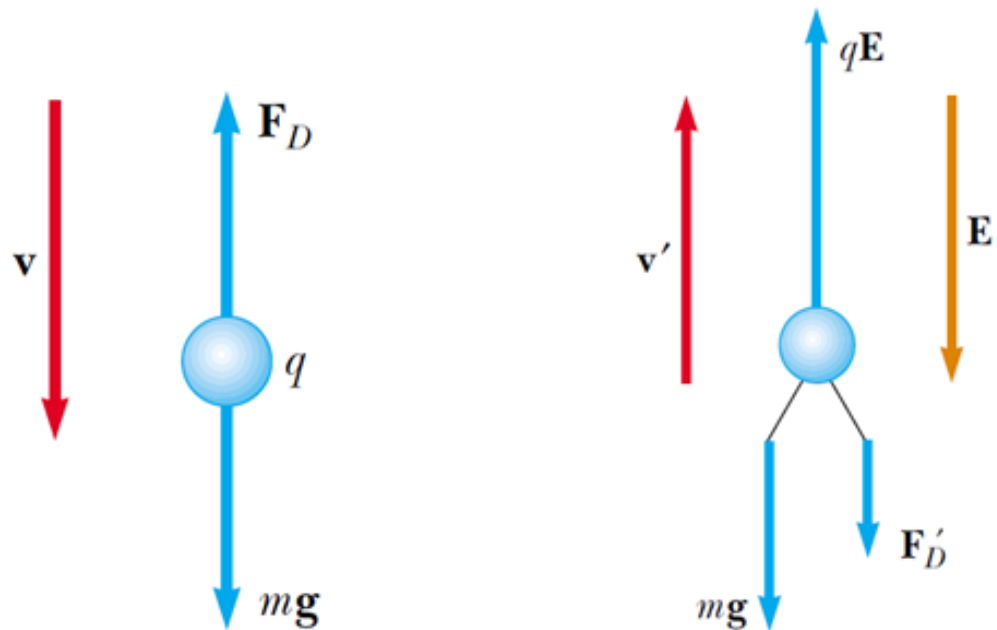
จากสมการ (7.5) และสมการ (7.9)

$$6\pi d\eta v = \frac{4}{3}\pi d^3 \rho g$$
$$d = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g}} \quad (7.10)$$

- เมื่อ  $W$  เป็นน้ำหนักของประจุ  
 $v$  เป็นอัตราเร็วของประจุที่เคลื่อนที่  
 $Q$  เป็นประจุทั้งหมดของหยดน้ำมัน  
 $d$  เป็นรัศมีของหยดน้ำมัน  
 $\eta$  เป็นความหนืดของอากาศ



เมื่อหยดน้ำมันที่มีประจุ  $q$  เคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าจะมีแรงกระทำต่อหยดน้ำมันคือแรงเนื่องจากน้ำหนัก แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าและแรงเนื่องจากความหนืดของอากาศ (ขึ้นกับความเร็วยของหยดน้ำมัน) ดังภาพที่ 7.3 เมื่อให้สนามไฟฟ้า หยดน้ำมันเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v'$  จะได้



ก. เมื่อไม่มีสนามไฟฟ้า

ข. เมื่อมีสนามไฟฟ้า

$$q = \frac{mg}{E} \left( \frac{v+v'}{v} \right)$$

ให้  $m, g, E, v$  มีค่าคงตัว

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \quad \text{C}$$

เมื่อแทนค่าลงไปในการคำนวณของ ทอมสัน จะได้มวลของอิเล็กตรอน ( $m$ ) เป็น

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \quad \text{kg}$$

ภาพที่ 7.3 แสดงแรงที่กระทำบนประจุจากการทดลองของ มิลลิแกน

ที่มา (Serway and Beicher, 2000, หน้า 782)







จากการทดลองของมิลลิแกน ถ้าหยดน้ำมันที่มีประจุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 0.60 เซนติเมตร ผู้ทดลองจับเวลาได้ 21.0 วินาที เมื่อไม่มีสนามไฟฟ้า และเมื่อให้สนามไฟฟ้าแล้วจับเวลาการเคลื่อนที่ของหยดน้ำมันได้ 46.0 วินาที

ก. จงหาหรัศมี ปริมาตรและมวลของหยดน้ำมัน เมื่อหยดน้ำมันมีความหนาแน่น 858 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความหนืดของอากาศมีค่า  $1.83 \times 10^{-5}$  กิโลกรัมต่อเมตรต่อวินาที

ข. จำนวนประจุของหยดน้ำมันที่สังเกตเห็น ถ้าให้ศักย์ไฟฟ้า 4550 โวลต์กับแผ่นคู่ขนานที่ห่างกัน 1.60 เซนติเมตร





วิธีทำ

ก. จากสูตร  $d = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g}}$

เมื่อไม่มีสนามไฟฟ้า  $v = \frac{y}{t} = \frac{0.6 \times 10^{-2}}{21}$   
 $v = 2.86 \times 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$D = \sqrt{\frac{9 \times 1.83 \times 10^{-5} \times 2.86 \times 10^{-4}}{2 \times 858 \times 9.81}}$$
$$= 1.67 \times 10^{-6} \text{ m}$$

รัศมีของหยดน้ำมันมีค่า  $1.67 \times 10^{-6}$  เมตร

$$V = \frac{4}{3} \pi d^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (1.67 \times 10^{-6})^3$$
$$V = 1.95 \times 10^{-17} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของหยดน้ำมันมีค่า  $1.95 \times 10^{-17}$  ลูกบาศก์เมตร

$$m = \rho V = 858 \times 1.95 \times 10^{-17}$$
$$= 1.67 \times 10^{-14} \text{ kg}$$

มวลของหยดน้ำเท่ากับ  $1.67 \times 10^{-14}$  กิโลกรัม





มวลของหยดน้ำเท่ากับ  $1.67 \times 10^{-14}$  กิโลกรัม

ข. จากสูตร  $q = \frac{mg}{E} \left( \frac{v+v'}{v} \right)$

$$v' = \frac{y'}{t'}$$

$$t' = 46 \text{ s}$$

$$v' = \frac{0.60 \times 10^{-2}}{46} = 1.3 \times 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{4550}{1.6 \times 10^{-2}} = 2.84 \times 10^5 \text{ Vm}^{-1}$$

แทนค่าในสูตร  $q = \frac{1.67 \times 10^{-14} \times 9.81}{2.84 \times 10^5} \left[ \frac{2.86 \times 10^{-4} + 1.3 \times 10^{-4}}{2.86 \times 10^{-4}} \right]$

$$= 8.39 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q = ne$$

$$n = \frac{q}{e}$$

$$n = \frac{8.39 \times 10^{-19}}{1.602 \times 10^{-19}} = 5.02$$

มีประจุไฟฟ้าเท่ากับ 5 ตัว

