



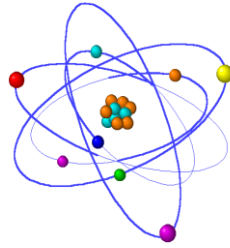
# ฟิสิกส์

เล่ม ๖ ชั้น ม.๖



ราคา  
**299**  
บาท

เรียบเรียงโดย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ สุภาพ  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



# ฟิสิกส์ เล่ม ๖ ม.๖

เรียบเรียงโดย

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

จัดทำโดยสุชาติ สุภาพ

250/1 หมู่ 1 ต.บ้านแพ้ว อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร 74120

E - mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ เวิลด์ก็อปปีปริ้นท์ ตรงข้ามมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถนนพหลโยธิน เขตบางเขน กรุงเทพฯ

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

สุชาติ สุภาพ.

ฟิสิกส์ เล่ม 6 ชั้น ม.6.-- กรุงเทพฯ : เวิลด์ก็อปปีปริ้นท์ , 2562.

348 หน้า. 1. ฟิสิกส์ -- การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา). I. ชื่อเรื่อง.

530.076

ISBN 978-616-497-225-4

## คำนำ

หนังสือฟลิคส์ เล่ม ๖ ชั้น ม.๖ เล่ม นี้ เรียบเรียงขึ้นตรงตามหลักสูตรของสสวท.เพื่อใช้ประกอบการเรียนวิชาฟลิคส์ ชั้น ม.6 หรือสำหรับใช้เป็นคู่มือสำหรับเตรียมสอบเข้าศึกษาต่อในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น โดยเน้นการสื่อความหมายด้วยรูปภาพ

หนังสือนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผศ.วัฒนา เดชนะ ม.ราชภัฏสงขลา และผศ.จรัส บุญยรรมา คุรุวิทยาศาสตร์ดีเด่นระดับอุดมศึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์รวมถึงผู้บริหารมหาวิทยาลัย ฯ ทุกระดับชั้น ที่สนับสนุนส่งเสริมการทำผลงานวิชาการ และส่งเสริมการให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชนและสังคม จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อไม่ได้ สามารถสั่งซื้อได้ทางไลน์ หรือเฟสบุ๊คสุชาติ สุภาพ แต่ถ้าต้องการสั่งซื้อออนไลน์สั่งซื้อได้ที่ลาซาด้าหรือช้อปปี้ โดยค้นหาจากหมวดหนังสือ

สุชาติ สุภาพ

โทรศัพท์ 084-091-9310



ID LINE

## สารบัญ

|                                                                     | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 1 ฟิสิกส์อะตอม</b>                                         | 5    |
| 1.1 ประวัติศาสตร์เกี่ยวกับอะตอม                                     | 5    |
| 1.2 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน                                          | 6    |
| 1.3 การค้นพบอิเล็กตรอนของทอมสัน                                     | 6    |
| 1.4 การหาประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนโดยการทดลองของมิลลิแกน              | 22   |
| 1.5 การค้นพบนิวเคลียสของรัทเทอร์ฟอร์ด                               | 31   |
| 1.6 แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด                                   | 33   |
| 1.7 การค้นพบโปรตอน                                                  | 39   |
| 1.8 การค้นพบนิวตรอน                                                 | 41   |
| 1.9 การอธิบายเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจน ตามสูตรคณิตศาสตร์ของบาล์มเมอร์ | 46   |
| 1.10 แบบจำลองอะตอมของโบร์                                           | 61   |
| 1.11 การอธิบายเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจน ตามแบบจำลองอะตอมของโบร์       | 108  |
| 1.12 การทดลองของแฟรงค์และเฮิร์ตซ์                                   | 114  |
| <b>บทที่ 2 ฟิสิกส์ควอนตัม เบื้องต้น</b>                             | 128  |
| 2.1 การแผ่รังสีของวัตถุดำ และสมมติฐานของพลังค์                      | 130  |
| 2.2 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก                                        | 143  |
| 2.3 ทฤษฎีโฟตอนของไอน์สไตน์                                          | 144  |
| 2.4 รังสีเอกซ์                                                      | 173  |
| 2.5 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน                                              | 181  |
| 2.6 ทวิภาคของคลื่นและอนุภาค                                         | 190  |
| 2.7 การทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์                                | 198  |
| 2.8 หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก                                 | 214  |
| <b>บทที่ 3 ฟิสิกส์นิวเคลียร์</b>                                    | 219  |
| 3.1 นิวเคลียส                                                       | 220  |
| 3.2 องค์ประกอบของนิวเคลียส                                          | 220  |
| 3.3 ขนาดของนิวเคลียส                                                | 225  |
| 3.4 แรงนิวเคลียร์                                                   | 238  |
| 3.5 แบบจำลองของนิวเคลียส                                            | 240  |

## สารบัญ

|                                               | หน้า |
|-----------------------------------------------|------|
| 3.6 เสถียรภาพของนิวเคลียส                     | 241  |
| 3.7 พลังงานยึดเหนี่ยวภายในนิวเคลียส           | 248  |
| 3.8 ธาตุกัมมันตภาพรังสี                       | 262  |
| 3.9 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี             | 272  |
| 3.10 ครึ่งชีวิต                               | 277  |
| 3.11 ชีวิตเฉลี่ย                              | 302  |
| 3.12 อนุกรมกัมมันตรังสี                       | 303  |
| 3.13 สมดุลกัมมันตรังสี                        | 308  |
| 3.14 ประเภทการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี | 312  |
| 3.15 ปฏิกิริยานิวเคลียร์                      | 322  |
| 3.16 พลังงานนิวเคลียร์                        | 332  |
| 3.17 ความสมดุลระหว่างมวล-พลังงาน              | 339  |

%%%%%%%%%

## บทที่ 1 ฟิสิกส์อะตอม

## 1.1 ประวัติศาสตร์เกี่ยวกับอะตอม

ดีโมครีตัส นักปราชญ์ชาวกรีก ได้กล่าวว่าทุกสิ่งทุกอย่างประกอบขึ้นจาก อนุภาคที่เล็กมากที่เรียกว่า **อะตอม (atom)** โดย atom ในภาษากรีกมีความหมายว่า **ไม่สามารถแบ่งแยกได้อีก** อะตอมของสารต่าง ๆ จะเหมือนกัน คือมีอะตอมเพียงชนิดเดียว แต่ที่มีสารแตกต่างกันเพราะการเรียงตัวของอะตอมที่แตกต่างกัน

ยุคอาริสโตเติลมีแนวความคิดขัดแย้งกับดีโมครีตัสโดยอาริสโตเติลเสนอว่า สารแบ่งได้เรื่อย ๆ ไม่มีที่สิ้นสุด นั่นคือไม่มีอะตอม แต่สารประกอบด้วยมูลฐานสี่อย่างคือ ดิน น้ำ ลม และไฟ โดยมูลฐานหนึ่ง ๆ อาจจะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ทำให้มีสารแตกต่างกัน ทั้งยุคดีโมครีตัส และยุคของอาริสโตเติล มีแต่การเสนอแนวคิดหรือที่เรียกว่าปรัชญา แต่ไม่มีการทดลอง

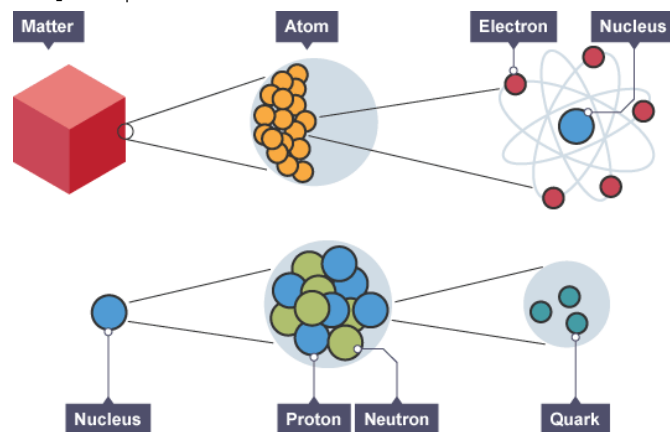
ดอลตันได้รวบรวมผลจากแนวคิดของบรรดานักปรัชญาต่าง ๆ แล้วเสนอแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมขึ้นมา เรียกว่า ทฤษฎีอะตอมของดอลตัน โดยมีสาระสำคัญดังนี้

- สารประกอบด้วยอะตอมเล็กที่สุด และในขณะนั้นเชื่อว่าแบ่งแยกไม่ได้
- อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะเหมือนกัน อะตอมของธาตุต่างชนิดกันจะต่างกัน
- อะตอมของธาตุหนึ่งจะเปลี่ยนเป็นอะตอมของธาตุอื่นไม่ได้
- สารประกอบ ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่สองชนิดมารวมกันด้วยสัดส่วนลงตัวน้อย ๆ
- ในปฏิกิริยาเคมีใด ๆ อะตอมย่อมไม่สูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่

## การปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์

ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 14-16 ถือว่าเป็นการเริ่มต้นของการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ มีการแสวงหาความรู้ใหม่ด้วย การสังเกต ทดลอง และการใช้เหตุผล และมีการแยกวิทยาศาสตร์ กับปรัชญาออกจากกัน ในยุคนี้นักปราชญ์ได้ใช้วิธีสังเกต คิด ประดิษฐ์อุปกรณ์มาช่วยในการสังเกต และใช้การทดลองอย่างมีเหตุผล ทำให้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าและลึกซึ้งมากขึ้น นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดความรู้ด้านอื่น ๆ พัฒนารุดหน้าด้วย

ในยุคนี้นี้ เจ.เจ. ทอมสัน ทำการทดลองพบว่าอะตอมยังมีส่วนประกอบที่เรียกว่าอิเล็กตรอนการค้นพบอิเล็กตรอน ของทอมสันทำให้ความเชื่อที่ว่าอะตอมเป็นสิ่งที่เล็กที่สุดของสารถูกยกเลิกไป และยังมีการค้นพบว่าในอะตอมยังมีส่วนประกอบอีก 2 ส่วนคือโปรตอนและนิวตรอน และในที่สุดก็พบว่าโปรตอนกับนิวตรอนจะอยู่รวมกันเป็นนิวเคลียสที่อยู่บริเวณใจกลางของอะตอม และมีอิเล็กตรอนโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส

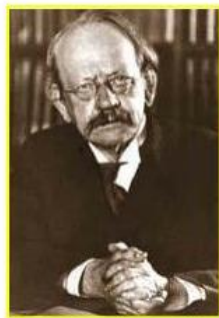


รูป 1.1 ส่วนประกอบของสสาร

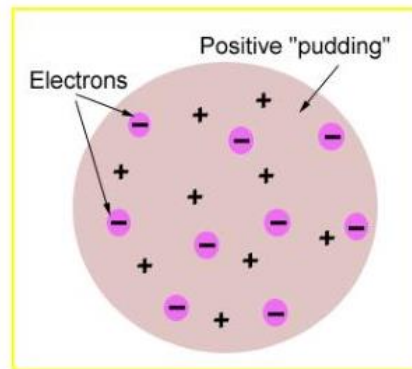
## 1.2 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ามีอะตอม แต่อะตอมมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงตั้งจินตนาการว่าอะตอมมีลักษณะเป็นอย่างไร แบบจำลองอะตอมแบบแรกที่จะกล่าวถึงในที่นี้ คือ แบบจำลองอะตอมของ เจ.เจ.ทอมสัน นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1897 เป็นแบบจำลองอะตอมที่เกิดจากจินตนาการเกือบทั้งหมด แบบจำลองอะตอมของทอมสัน อะตอมมีลักษณะคล้ายแตงโม โดยเนื้อแตงโมมีประจุเป็นบวก ส่วนเม็ดแตงโมมีประจุเป็นลบ

### Thomson's Atomic Model



J. J. Thomson



รูป 1.2 แบบจำลองอะตอมของ เจ.เจ.ทอมสัน

แบบจำลองอะตอมของทอมสันไม่มีประโยชน์มากนัก เพราะไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระดับอะตอมได้

## 1.3 การค้นพบอิเล็กตรอนของทอมสัน

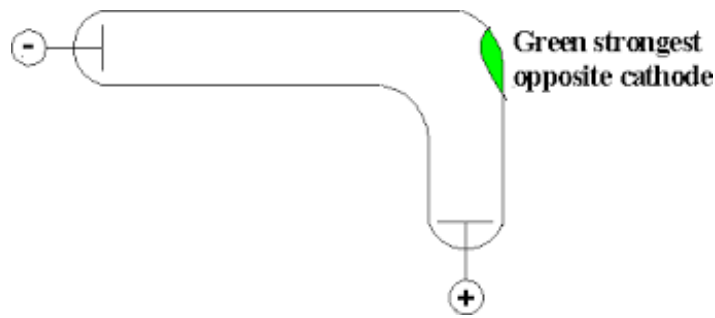
การค้นพบอิเล็กตรอนของทอมสันมีจุดกำเนิดมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการนำกระแสไฟฟ้าในแก๊สที่มีความดันต่ำ ในปี พ.ศ. 2398 ได้มีการสร้างปั๊มที่ทำหน้าที่สุญญากาศขึ้น และสิ่งประดิษฐ์นี้นำนักวิทยาศาสตร์ไปสู่การพบอิเล็กตรอนในที่สุด โดยในปี พ.ศ. 2408 วิลเลียม ครูกส์ พบว่าเมื่อสูบลวดในหลอดแก้วจนเกือบหมด จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดและจะมีแสงสีเขียวอ่อนเกิดขึ้นในหลอด ซึ่งคิดว่าเป็นรังสีที่ได้จากขั้วไฟฟ้า แต่สรุปไม่ได้ว่ามาจากขั้วใด เพราะเมื่อสลับขั้วหลอด แสงสีเขียวก็ยังคงปรากฏให้เห็น นอกจากนั้นยังมีแสงเรืองเกิดขึ้นบริเวณหลอดแก้วด้านตรงข้ามกับขั้วลบ



รูป 1.3 มีแสงเรืองเกิดขึ้นบริเวณหลอดแก้วด้านตรงข้ามกับขั้วลบ

ต่อมาวิลเลียม ครูกส์ ได้ดัดแปลงหลอดสุญญากาศเป็นหลอดงอ ดังรูป 1.4 พบว่าแสงเรืองสีเขียวจะปรากฏที่ผนังที่ตรงข้ามกับขั้วลบเท่านั้น จึงเชื่อว่ารังสีนี้เกิดจากขั้วคาโทด และเรียกรังสีนี้ว่า “รังสีคาโทด”

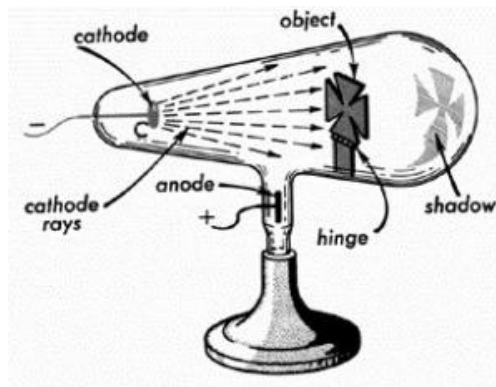




รูป 1.4 แสงเรืองสีเขียวจะปรากฏที่ผนังที่ตรงข้ามกับขั้วลบเท่านั้น

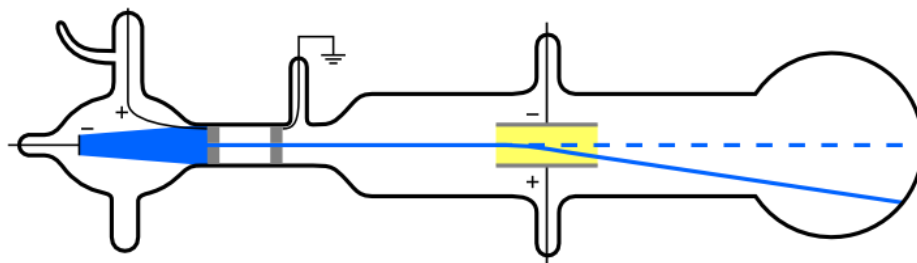
และเมื่อครูกส์นำปลายของแท่งแม่เหล็กไปจ่อบริเวณใกล้ ๆ ฉากเรืองแสง พบว่า แสงเรืองเลื่อนขึ้นลงได้ แสดงว่ารังสีดังกล่าวเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

หลังจากนั้นครูกส์ ใส่แผ่นโลหะบางๆเข้าไปในหลอดสุญญากาศ ก็พบว่ามีเงาดำ รูปเหมือนกับแผ่นโลหะเกิดขึ้นด้านหลัง ดังรูป 3.5 เนื่องจากรังสีแคโทดไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นโลหะได้



รูป 1.5 เงาดำที่เกิดขึ้นจากการทดลองของครูกส์

แสดงว่ารังสีที่เกิดขึ้นไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นโลหะบาง ๆ นั้นได้ แต่การทดลองดังกล่าวยังไม่ใช้การค้นพบอิเล็กตรอน เนื่องจาก เจ เจ ทอมสัน เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าผ่านแก๊สโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคือหลอดรังสีแคโทด จากการทดลองพบว่าเมื่อสูบแก๊สออกจากหลอดรังสีแคโทดจนเกือบจะเป็นสุญญากาศจะมีรังสีแคโทดเกิดขึ้น ดังรูป 1.6

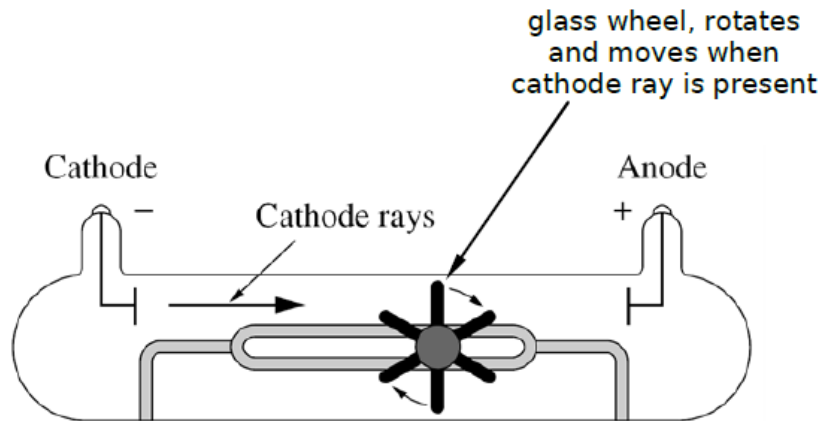


รูป 1.6 หลอดรังสีแคโทด และรังสีแคโทด

และทราบว่ารังสีแคโทดคือลำของอนุภาคขนาดเล็กมากที่มีประจุไฟฟ้า อนุภาคเหล่านี้ถูกปล่อยออกมาจาก ขั้วแคโทด (ขั้วลบ) และจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอโนด (ขั้วบวก) และลำอนุภาคเหล่านี้เปี่ยงเบนทิศทางการเคลื่อนที่ได้ เมื่อเคลื่อนที่เข้ามาในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก



การพิสูจน์เพื่อแสดงให้เห็นรังสีแคโทดเป็นอนุภาคทำได้โดยการใส่กังหันเข้าไปในหลอดรังสีแคโทด เราก็จะพบว่ารังสีแคโทดสามารถทำให้กังหันหมุนได้ ดังรูป

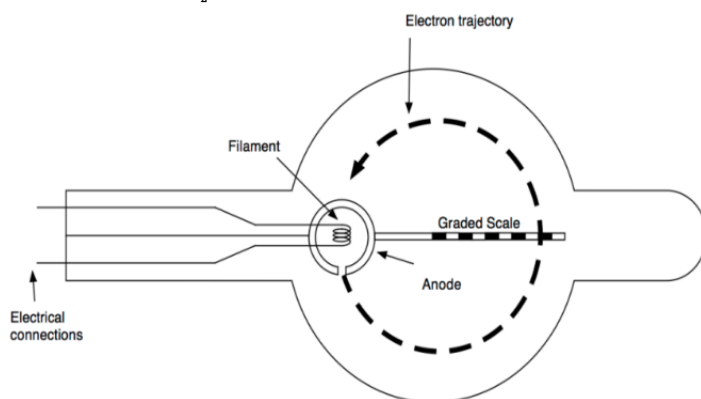


การทดลองที่แสดงให้เห็นรังสีแคโทดเป็นอนุภาค

ทอมสันอธิบายการเกิดรังสีคาโทดว่ารังสีคาโทดเป็นอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากไส้หลอด ดังนั้นอะตอมจึงต้องมีอิเล็กตรอนเป็นองค์ประกอบอยู่ภายใน

#### การทดลองหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอน

ภายหลังจากที่ทอมสันทราบว่ารังสีคาโทด เป็นอนุภาคที่หลุดออกมาจากขั้วไฟฟ้าลบ และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ทอมสัน ได้ทดลองหาค่าประจุต่อมวลของรังสีคาโทด โดยการให้รังสีคาโทดเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก รังสีคาโทดก็จะเคลื่อนที่เป็นวงกลม ดังรูป 1.7



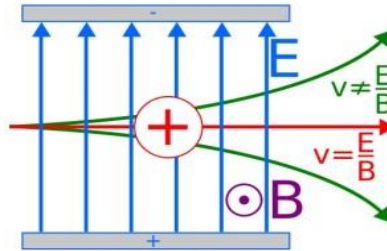
รูป 1.7 การทดลองหาค่าประจุต่อมวลของรังสีแคโทด

เนื่องจากเมื่อรังสีแคโทดพุ่งเข้าไปในสนามแม่เหล็กจะได้รับแรงกระทำจากสนามแม่เหล็ก และใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันอธิบายการเคลื่อนที่ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{mv^2}{r} \\
 qvB &= \frac{mv^2}{r} \\
 r &= \frac{mv}{qB}
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br} \quad (1.2)$$

จากสมการ (1.2) ค่า  $B$  และ  $r$  เราสามารถวัดได้ ส่วนความเร็วของรังสีแคโทด ( $v$ ) เราจะต้องแยกออกมาทดลองอีกครั้งหนึ่ง โดยการให้ลำรังสีแคโทดเคลื่อนที่เข้าไปในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กโดยที่สนามทั้งสองตั้งฉากกัน และแรงจากสนามทั้งสองที่กระทำต่อรังสีแคโทดมีทิศทางตรงข้ามกัน ดังรูป 1.8



รูป 1.8 บริเวณแผ่นคู่ขนาน มีทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

และปรับความเข้มของสนามทั้งสองให้พอเหมาะ จนรังสีแคโทดเดินทางเป็นเส้นตรง ซึ่งก็แสดงว่าแรงจากสนามทั้งสองมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก} &= \text{แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า} \\ qvB &= qE \end{aligned}$$

$$v = \frac{E}{B} \quad (1.3)$$

แทนค่า (1.3) ในสมการ (1.2) จะได้

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{E}{B^2 r} = \frac{V}{B^2 r d} \quad (1.4)$$

เมื่อ  $\frac{q}{m}$  คือประจุต่อมวลของอนุภาคที่ต้องการศึกษา  $E$  คือความเข้มสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนาน  
 $B$  คือความเข้มสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์/ตารางเมตร หรือเทสลา  $d$  คือระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนาน  
 $V$  คือความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะขนาน  $r$  คือรัศมีความโค้งของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

ทอมสันพบว่าไม่ว่าเขาจะใช้โลหะใดมาทำเป็นขั้วแคโทด ค่าประจุต่อมวลของรังสีคาโทดที่ได้ จะเท่ากับ  $1.76 \times 10^{11}$  คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม เสมอ เขาจึงสรุปว่า “อนุภาครังสีคาโทดจากโลหะต่างๆ เป็นชนิดเดียวกัน” เรียกอนุภาคนี้ใหม่ว่า “อิเล็กตรอน”

$$\frac{q_e}{m_e} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C / kg} \quad (1)$$

ต่อมาเราหาค่าประจุต่อมวลของไฮโดรเจนไอออน (ซึ่งก็คือโปรตอน) ได้  $9.57 \times 10^7$  คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม

$$\frac{q_{H^+}}{m_{H^+}} = 9.57 \times 10^7 \text{ C / kg} \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} = \frac{\frac{q_e}{m_e}}{\frac{q_{H^+}}{m_{H^+}}} = \frac{1.76 \times 10^{11} \text{ C / kg}}{9.57 \times 10^7 \text{ C / kg}}$$

$$\frac{q_e}{m_e} \frac{m_{H^+}}{q_{H^+}} = 1840$$

$$\frac{m_{H^+}}{m_e} = 1840$$

มวลของไฮโดรเจนไอออนมากกว่ามวลของอิเล็กตรอนประมาณ 1840 เท่า

ทอมสันจึงสรุปว่าจะตอมเชื่อกันว่าแบ่งแยกไม่ได้ นั่น ความจริงแล้วอะตอมแบ่งต่อไปได้อีก และอิเล็กตรอนเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอะตอม

### การทดลองหาค่าประจุต่อมวลของทอมสัน

การทดลองหาค่าประจุต่อมวลของทอมสันแตกต่างจากการหาประจุต่อมวลในปัจจุบัน ในการหาประจุต่อมวลของทอมสันจะวัดระยะ y ดังรูป แล้วนำไปคำนวณหา e/m

### Thomson's apparatus for measuring charge to mass ratio

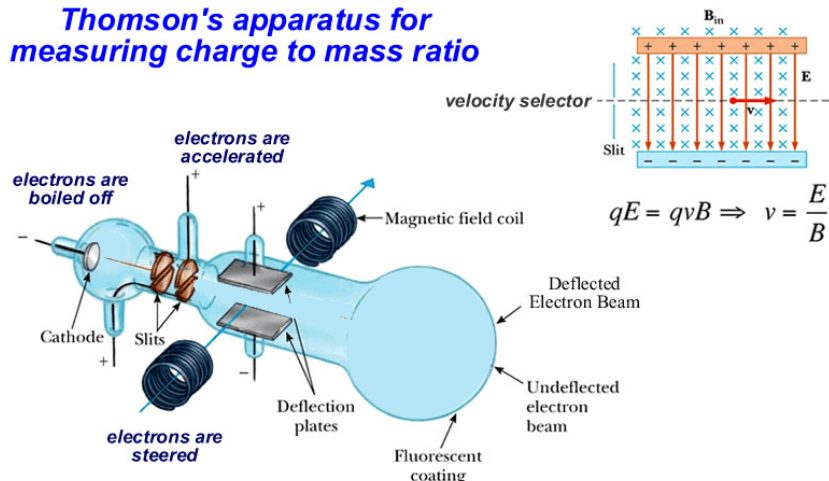
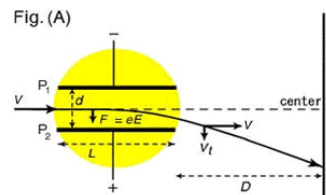


Fig. (A)



### charge to mass ratio

All quantities are measurable

$$\frac{e}{m} = \frac{yV}{Ld(D + L/2)B^2}$$

การทดลองหาค่าประจุต่อมวลของทอมสัน