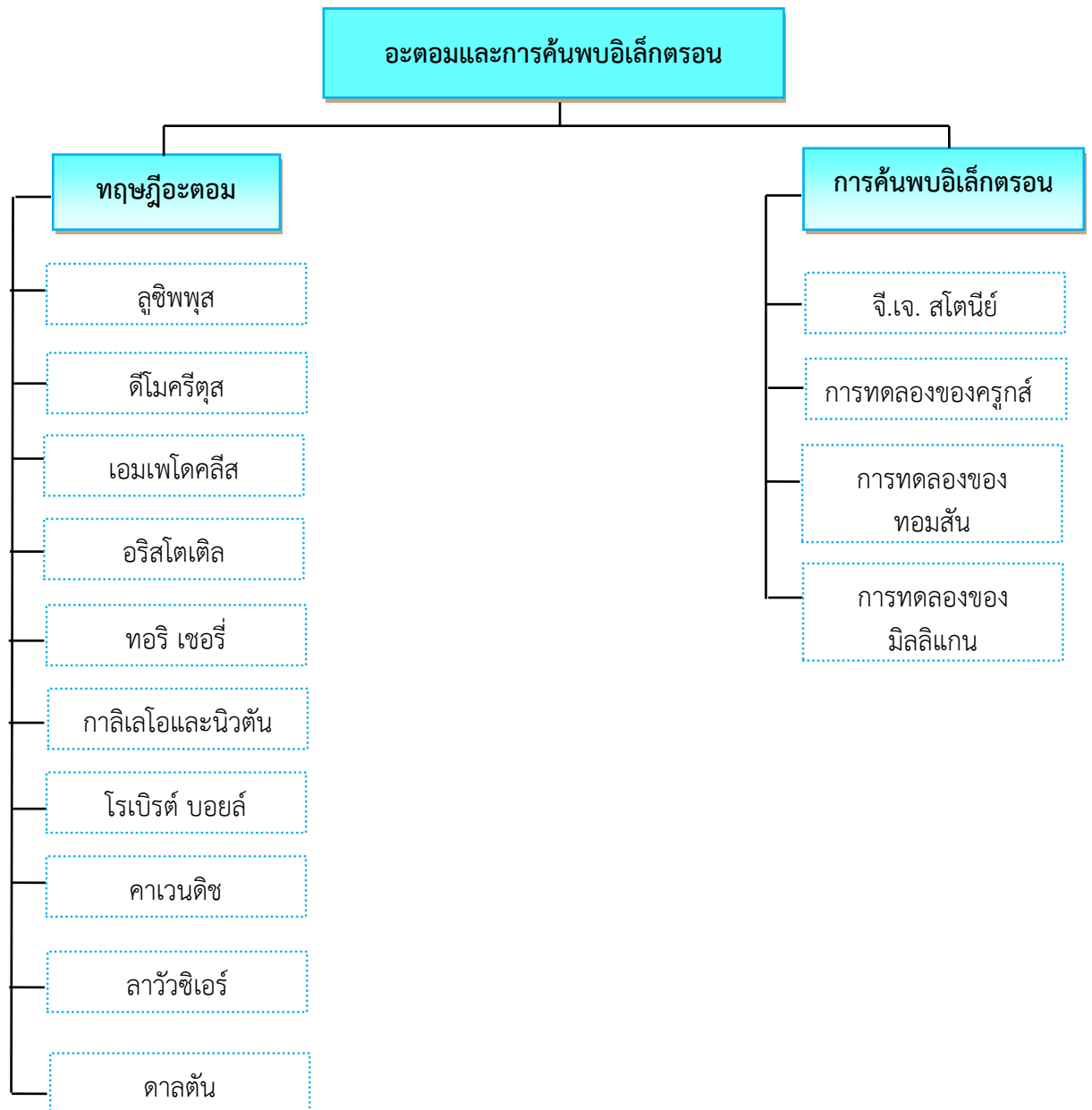


ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดที่ 1 เรื่อง อะตอมและการค้นพบอิเล็กตรอน

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายวิวัฒนาการของทฤษฎีอะตอม
- อธิบายวิธีการที่ทำให้เกิดรังสีคาโทด และอธิบายสมบัติของรังสีคาโทดได้
- อธิบายหลักการและวิธีการที่ทอมสันใช้ในการหาประจุไฟฟ้าต่อมวลของอิเล็กตรอน
- อธิบายการหาประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนตามวิธีการทดลองของมิลลิแกน

ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ฟิสิกส์อะตอม
ชุดที่ 1 อะตอมและการค้นพบอิเล็กตรอน



แบบทดสอบก่อนเรียนรายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง อะตอมและการค้นพบอิเล็กตรอน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 10 ข้อใช้เวลา 10 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใด ไม่ใช่ ลักษณะอะตอมตามแนวความคิดของดีโมคริตัส
 1. อะตอมเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของสสาร
 2. อะตอมส่วนใหญ่เป็นที่ว่างโดยมีประจุบวกรวมกันเป็นนิวเคลียส และมีประจุลบเคลื่อนที่รอบนิวเคลียส
 3. อะตอมของสารทุกชนิดมีลักษณะเหมือนกัน
 - ก. ข้อ 1 และ 2
 - ข. ข้อ 1 และ 3
 - ค. ข้อ 2 เท่านั้น
 - ง. ข้อ 3 เท่านั้น
2. ทฤษฎีอะตอมของดาลตันกล่าวถึงอะตอมแตกต่างจากทฤษฎีอะตอมสมัยกรีกโบราณในข้อใด
 - ก. สสารทั้งหลายประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุดเรียกว่าอะตอม
 - ข. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะเหมือนกันทุกประการ
 - ค. อะตอมของธาตุต่างชนิดกันจะมีลักษณะแตกต่างกัน
 - ง. อะตอมไม่สามารถแบ่งแยกให้เล็กลงต่อไปได้อีกแล้ว
3. คำกล่าวใดเกี่ยวกับอะตอมที่ยังคงถูกต้องจนถึงปัจจุบัน
 - ก. สสารประกอบขึ้นด้วยอะตอมซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดที่แบ่งแยกต่อไปอีกไม่ได้
 - ข. อะตอมของธาตุต่างชนิดกันมีลักษณะแตกต่างกัน อะตอมของธาตุเดียวกันเหมือนกันทุกประการ
 - ค. อะตอมของธาตุชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นอะตอมชนิดอื่นไม่ได้
 - ง. หน่วยย่อยของสารประกอบคือโมเลกุล ประกอบด้วยอะตอมของธาตุองค์ประกอบในสัดส่วนที่แน่นอน

4. ข้อความใดที่ถูกต้องเกี่ยวกับคุณสมบัติของรังสีแคโทด

1. ประกอบด้วยอนุภาคที่มีมวล
2. สามารถเบี่ยงเบนได้ในสนามแม่เหล็ก
3. เป็นอนุภาคที่มีประจุ
4. สามารถทะลุผ่านฉากรางๆ ได้

คำตอบที่ถูกต้องคือ

- ก. ข้อ 1,2,3
- ข. ข้อ 1, 3
- ค. ข้อ 2, 4
- ง. ข้อ 4

5. ในการทดลองของ เจ. เจ. ทอมสัน เพื่อหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนในหลอดรังสีแคโทดซึ่งมีความต่างศักย์เร่งประจุ V_a และความต่างศักย์ระหว่างแผ่นประจุขนาน V_d เมื่ออิเล็กตรอนเริ่มเข้าสู่สนามไฟฟ้าจะเกิดการเบี่ยงเบน และเมื่อออกจากสนามไฟฟ้าจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ระยะเบี่ยงเบนที่ปรากฏบนจอจะเป็นอย่างไร

- ก. ระยะเบี่ยงเบนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม V_a โดยให้ V_d คงที่
- ข. ระยะเบี่ยงเบนจะลดลงเมื่อเพิ่ม V_a โดยให้ V_d คงที่
- ค. ระยะเบี่ยงเบนจะเพิ่มขึ้นเมื่อลด V_d โดยให้ V_a เพิ่มขึ้น
- ง. ระยะเบี่ยงเบนจะลดลงเมื่อเพิ่ม V_d โดยให้ V_a คงที่

6. อนุภาค 3 ตัวได้แก่ โปรตรอน (1_1H) , ดิวเทอรอน (2_1H) และอนุภาคแอลฟา (4_2He) ถูกเร่งด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากันวิ่งเข้ามาในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ โดยมีทิศทางการวิ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จงเปรียบเทียบรัศมีของวงโคจรของอนุภาคทั้งสามนั้น

- ก. $R_{\text{ดิวเทอรอน}} = R_{\text{อนุภาคแอลฟา}} > R_{\text{โปรตรอน}}$
- ข. $R_{\text{โปรตรอน}} = R_{\text{ดิวเทอรอน}} < R_{\text{อนุภาคแอลฟา}}$
- ค. $R_{\text{โปรตรอน}} < R_{\text{ดิวเทอรอน}} < R_{\text{อนุภาคแอลฟา}}$
- ง. $R_{\text{อนุภาคแอลฟา}} = R_{\text{โปรตรอน}} > R_{\text{ดิวเทอรอน}}$

7. ถ้าอัตราเร็วของอิเล็กตรอนเป็น 2 เท่า แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนแต่ละอนุภาคนั้นมีขนาดเท่าใด

- ก. เท่าเดิม
- ข. เป็น $\frac{1}{2}$ เท่า
- ค. 1 เท่า
- ง. 2 เท่า

8. ในการทดลองวัดประจุของรังสีคาโทดโดยวิธีของมิลลิแกน ผลการทดลองสรุปได้ว่า
- ก. รังสีคาโทดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง
 - ข. รังสีคาโทดเบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าได้
 - ค. รังสีคาโทดมีประจุลบเป็นจำนวนเต็มของปริมาณคงที่ค่าหนึ่ง
 - ง. รังสีคาโทดทำให้สารเรืองแสงได้
9. หยดน้ำมันมีประจุลบหนัก 3.2×10^{-14} นิวตัน ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนานในเครื่องมือทดลองของมิลลิแกน ถ้าแผ่นโลหะขนานมีความต่างศักย์ 500 โวลต์ และอยู่ห่างกัน 1 ซม. หยดน้ำมันมีอิเล็กตรอนอยู่กี่ตัว
- ก. 2 ตัว
 - ข. 3 ตัว
 - ค. 4 ตัว
 - ง. 5 ตัว
10. ในการทดลองของมิลลิแกน หยดน้ำมันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีความต่างศักย์ 200 โวลต์ อยู่ห่างกัน 4 เซนติเมตร จงหาค่าประจุต่อมวลของหยดน้ำมัน
- ก. 1×10^{-3} คูลอมบ์/ กิโลกรัม
 - ข. 2×10^{-3} คูลอมบ์/ กิโลกรัม
 - ค. 3×10^{-3} คูลอมบ์/ กิโลกรัม
 - ง. 4×10^{-3} คูลอมบ์/ กิโลกรัม

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ทฤษฎีอะตอม

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

คะแนนที่ได้



กิจกรรมที่ 1.1 The Tour of Atom

(ประกอบขึ้นด้วยความสนใจ)

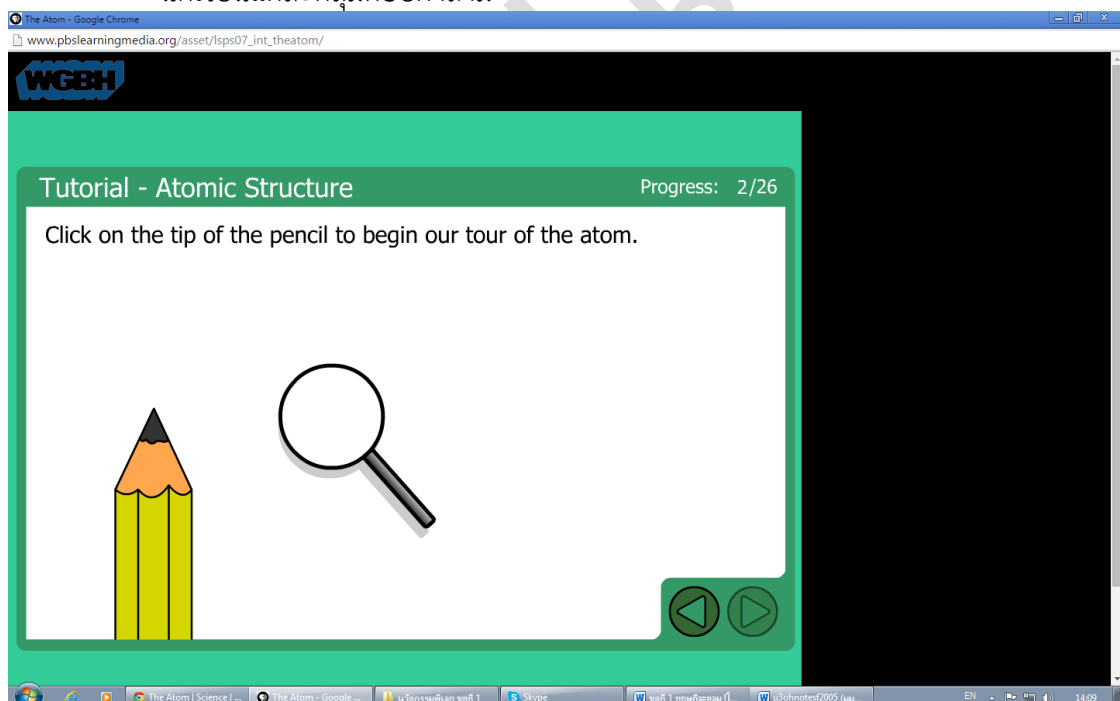
จุดประสงค์ของกิจกรรม

- เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องอะตอม
- เพื่อสร้างความสนใจของนักเรียนก่อนนำเข้าสู่บทเรียน

วิธีดำเนินกิจกรรม



- ให้นักเรียนตอบคำถาม ต่อไปนี้
 สสาร คืออะไร
 หน่วยที่เล็กที่สุดของสสารคืออะไร
 ให้นักเรียนดูวิดีโอเรื่อง The Atom จากเว็บไซต์
<http://www.pbslearningmedia.org/resource/lsp07.sci.phys.matter.theatom/the-atom/>
- นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถาม



ใบความรู้ที่ 1.1 ทฤษฎีอะตอม

ทฤษฎีอะตอม

ความคิดที่ว่าสสารประกอบด้วยอะตอมได้เริ่มตั้งต่อก่อนคริสตกาลประมาณ 400 ปีมาแล้ว และได้มีการปรับปรุงแก้ไขจนเป็นทฤษฎีอะตอมขึ้นซึ่งเรียงลำดับได้ดังนี้

ลูซิพพุส (Leucippus)

ลูซิพพุส (ภาพที่ 1.1) เป็นนักปราชญ์ชาวกรีกโบราณที่ได้เสนอแนวความคิดว่า ถ้ามวลสารเป็นสิ่งที่แบ่งได้ไม่จำกัดเมื่อแบ่งต่อ ๆ ไป จะได้หน่วยที่เล็กที่สุดที่มองไม่เห็น เรียกว่า อะตอม



ภาพที่ 1.1 ลูซิพพุส (Leucippus)

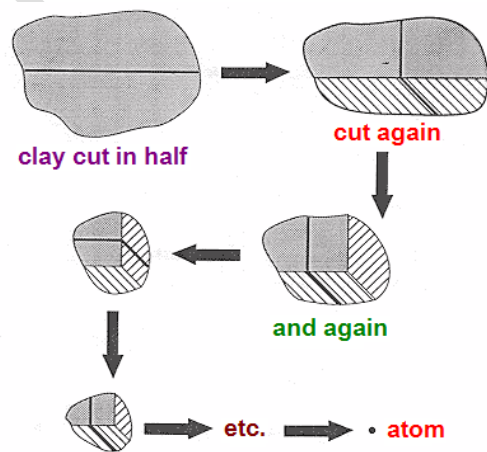
ที่มา: Wikipedia [online], August 27, 2005

สืบค้นจาก: [https://en.wikipedia.org/?title=Leucippus#/media/File:Leucippe_\(portarit\).jpg](https://en.wikipedia.org/?title=Leucippus#/media/File:Leucippe_(portarit).jpg)

ดีโมครีตัส (Democritus)

ดีโมครีตัส (ภาพที่ 1.2) เป็นนักปราชญ์ชาวกรีกไดขยายแนวคิดของลูซิฟฟุสออกไปอีก โดยได้กล่าวว่าทุกสิ่งทุกอย่างประกอบขึ้นจากอนุภาคที่เล็กมาก เล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ อนุภาคเล็กๆเหล่านี้จะรวมพวกเข้าด้วยกันโดยวิธีการต่างๆ สำหรับอนุภาคเองนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถจะแตกแยกออกเป็นชิ้นส่วนที่เล็กลงไปอีกได้ ดีโมครีตัสตั้งชื่ออนุภาคนี้ว่า "อะตอม (Atom)" ซึ่งมาจากภาษากรีก คือ **ατομος** (หมายถึง atomos แปลว่า ไม่สามารถจะแบ่งแยกต่อไปได้อีก) ตามความคิดเห็นของเขา อะตอมเป็นชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของสสารที่สามารถจะคงอยู่ได้ ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า ดีโมครีตัสเป็นบุคคลแรกที่เสนอทฤษฎีอะตอมของสสารขึ้น ซึ่งมีรายละเอียด สรุปได้ดังนี้

1. สสารทุกชนิดประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุดซึ่งไม่สามารถแยกต่อไปได้อีก เรียกว่า อะตอม และอะตอมนี้จะไม่มีการสูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่ได้
2. อะตอมของสสารทุกชนิดจะเหมือนกันหมดแต่โครงสร้างการจับตัวของอะตอมของสารแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นสารต่างชนิดกันจึงมีอะตอมเหมือนกัน แต่การจับตัวของอะตอมต่างกันเท่านั้น
3. ที่ว่างระหว่างอะตอม (Void) ทำให้อะตอมสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระในที่ว่างนี้



Democritus' concept of the atom

ภาพที่ 1.2 ดีโมครีตัส (Democritus) และแนวความคิดเกี่ยวกับอะตอม

ที่มา: Wikipedia Common [online], 9 May, 2007

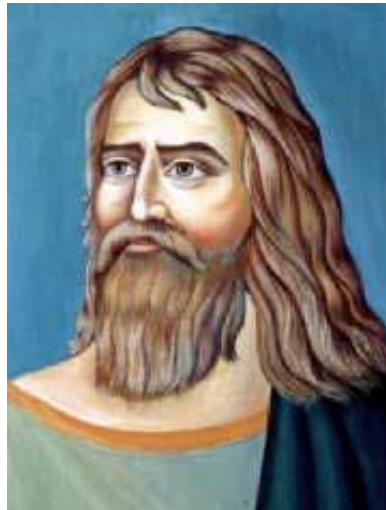
สืบค้นจาก: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coypel_Democritus.jpg

ดีโมครีตัสอธิบายไว้ว่า หาดทรายประกอบด้วยทรายเม็ดเล็กๆ หลายล้านเม็ดที่รวมกันอยู่ เราสามารถที่จะทำให้ทรายเหล่านี้เปลี่ยนเป็นรูปต่างๆได้ เช่น ภูเขา วิธีนี้เองที่ธรรมชาติใช้อะตอมสร้างทุกสรรพสิ่งขึ้นมา เช่น ดิน น้ำ ลม ไฟ เขาอธิบายธรรมชาติเกี่ยวกับโลหะ น้ำ อากาศว่า อะตอมมีหลายรูปแบบ เช่น รูปทรงเรียบ รูปลูกบาศก์หัวแหลม และรูปผิวหยาบ ถ้าอะตอมผิวหยาบประกอบ

เข้าด้วยกันจะยึดกันอย่างเหนียวแน่นทำให้แตกออกจากกันได้ยาก ซึ่งเป็นสมบัติของโลหะ ถ้าอะตอมผิวเรียบและมีน้ำหนักมากประกอบเข้าด้วยกันมากๆ สารที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะไหลง่าย ได้แก่ ของไหล เช่น น้ำ ส่วนเปลวไฟและอากาศเกิดจากอะตอมที่เบาผิวเรียบและเหนียวแน่นประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้เคลื่อนไหวได้อย่างอิสระในทุกทิศทาง แล้วสรุปไว้ว่า สารต่างชนิดกันประกอบขึ้นจากอะตอมที่จัดเรียงตัวในรูปโครงสร้างที่ต่างกัน แต่ดีโมคริตุสเป็นนักคิดที่ไม่ได้พิสูจน์ยืนยันข้อสรุปด้วยการทดลองเขาจึงบอกไม่ได้ว่าอะตอมมีสมบัติอย่างไร

เอมเพโดคลีส (Empedocles)

เอมเพโดคลีส (ภาพที่ 1.3) นักปราชญ์ในยุคเดียวกับดีโมคริตุส ได้เสนอแนวความคิดว่า สรรพสิ่งในธรรมชาติประกอบด้วยสารมูลฐาน สี่ชนิด คือ ดิน น้ำ ลม และไฟ ในอัตราส่วนต่างๆ และเป็นของที่มีอยู่อย่างต่อเนื่องและไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 1.3 เอมเพโดคลีส (Empedocles)

ที่มา: ศูนย์วิจัยเทอริโมอีเล็กทริกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร [ออนไลน์], ม.ป.ป.

สืบค้นจาก: <http://trc.snru.ac.th/UserFiles/File/%E0%B8%9FB8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%87web.pdf>

อริสโตเติล (Aristotle)

อริสโตเติล (ภาพที่ 1.4) เป็นผู้ที่ไม่เห็นด้วยกับทฤษฎีอะตอมของดีโมคริตุส ที่กล่าวว่า ระหว่างอะตอมจะมีที่ว่าง แต่อริสโตเติลยอมรับแนวคิดของเอมเพโดคลีส และได้ขยายแนวคิดของเอมเพโดคลีสออกไปอีก โดยเสนอแนวคิดไว้ว่า

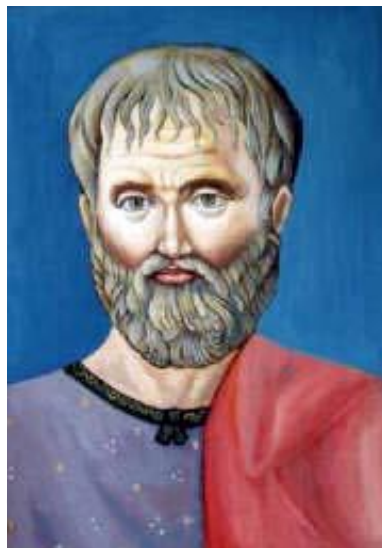
1. สสารทุกชนิดมีเนื้อต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีช่องว่างในเนื้อสาร
2. สสารทุกชนิดสามารถแบ่งแยกเป็นชิ้นเล็กลงไปเท่าใดก็ได้ไม่มีที่สิ้นสุด
3. สสารทุกชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 4 ชนิด คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ

โดยสสารทุกชนิดจะมีองค์ประกอบมูลฐานนี้เหมือนกันแต่ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป ซึ่งสสารชนิดหนึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นสสารอีกชนิดหนึ่งได้ ถ้าเปลี่ยนองค์ประกอบมูลฐานทั้งสิ้น

จากแนวคิดของอริสโตเติล ทำให้ผู้คนในสมัยนั้นพยายามเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนขององค์ประกอบพื้นฐานทั้งสิ้น เพื่อเปลี่ยนสารที่มีราคาถูกให้เป็นโลหะราคาแพง เช่น การเปลี่ยนตะกั่วหรือเหล็กให้เป็นทองคำ แต่ไม่มีใครทำได้ เราเรียกช่วงเวลานั้นว่า **ยุคเล่นแร่แปรธาตุ** ซึ่งผลจากประสบการณ์ตรงในยุคนั้น ทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์อันเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ องค์ความรู้ใหม่ๆ และมีการค้นพบสารต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย เช่น แอลกอฮอล์ กรด และเกลือของธาตุหลายชนิด

เนื่องจากแนวคิดของอริสโตเติล ใช้วิธีการอธิบายที่เข้าใจง่ายและน่าเชื่อถือ ประกอบกับการสนับสนุนของศาสนาคริสต์ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมหาศาล แนวคิดของเขาจึงเป็นเสาหลักที่ครอบคลุมชาวโลกอยู่นานเกือบ 2,000 ปี

อย่างไรก็ตาม ไม่มีแนวคิดใดที่ยอมรับกันว่าถูกต้องที่สุดเพราะแนวคิดเกี่ยวกับอะตอมในสมัยนั้น ได้มาจากการจินตนาการที่ไม่มีการพิสูจน์ยืนยันความจริงแท้ของแนวคิดต่างๆ ด้วยการทดลอง



ภาพที่ 1.4 อริสโตเติล (Aristotle)

ที่มา: ศูนย์วิจัยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร [ออนไลน์], ม.ป.ป.

สืบค้นจาก: <http://trc.snru.ac.th/UserFiles/File/%E0%B8%9FB8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%87web.pdf>

ทฤษฎีอะตอมเริ่มกลับมาสู่ความเชื่อถือใหม่อีกครั้งหนึ่ง ประมาณต้นคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยมีสาเหตุดังต่อไปนี้

1. **ทอริเชอรี** (Torricelli) (ภาพที่ 1.5) สามารถประดิษฐ์เครื่องสูบอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสุญญากาศหรือสภาพว่างเปล่านั้นมีจริง



ภาพที่ 1.5 ทอริเชอรี (Torricelli)

ที่มา: Wikipedia [online], n.d.

สืบค้นจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Evangelista_Torricelli

2. ทฤษฎีกลศาสตร์ของ **กาลิเลโอ** (Galileo Galilei) และ **นิวตัน** (Sir Isaac Newton) (ภาพที่ 1.6) แสดงให้เห็นว่า คำสอนของอริสโตเติลหลายตอนไม่เป็นจริง ทำให้ความเชื่อถือในคำสอนของอริสโตเติลเสื่อมคลายลง



ภาพที่ 1.6 กาลิเลโอ (Galileo Galilei) และนิวตัน (Sir Isaac Newton)

ที่มา: Yukozimo [online], n.d.

สืบค้นจาก: <http://discovery.yukozimo.com/media/o/667-1.jpg>

3. โรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle) (ภาพที่ 1.7 A) ได้ทำการทดลองและสรุปไว้ว่า “ที่อุณหภูมิคงที่ ความดันของก๊าซจะแปรผกผันกับ ปริมาตรของก๊าซ” และ เบอนูลลี (Daniel Bernoulli) (ภาพที่ 1.7 B) ได้ทำการพิสูจน์กฎของบอยล์ โดยสมมติให้ก๊าซประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ (ซึ่งเรียกว่า โมเลกุล) วิ่งด้วยอัตราเร็วสูงและเกิดการชนกันตามกฎของนิวตัน ปรากฏว่าได้ผลออกมาตรงกับกฎของบอยล์ จึงเป็นการยืนยันได้ว่าอะตอมนั้นมีจริง



ภาพที่ 1.7 (A) โรเบิร์ตบอยล์(Robert Boyle) และ (B)เบอนูลลี (Daniel Bernoulli)

ที่มา: (A) Wikipedia, [online], n.d. สืบค้นจาก http://et.wikipedia.org/wiki/Robert_Boyle#/media/File:Robert_boyle.jpg

(B) Wikipedia, [online], n.d. สืบค้นจาก https://en.wikipedia.org/wiki/Daniel_Bernoulli#/media/File:Daniel_Bernoulli_001.jpg

4. วิชเคมีได้รับการพัฒนาให้เจริญขึ้น นักเคมีเริ่มเข้าใจในการจำแนกสารออกเป็นธาตุและสารประกอบ ธาตุคือ สารบริสุทธิ์ ส่วนสารประกอบ เป็นสารที่ได้จากการรวมตัวกันของธาตุตั้งแต่สองธาตุขึ้นไป ตัวอย่างการค้นพบของนักเคมี ได้แก่

คาเวนดิช (Henry Cavendish) (ภาพที่ 1.8 A) สามารถแยกธาตุออกจากสารประกอบได้

ลาวัวซิเอร์ (Antoine-Laurent de Lavoisier) (ภาพที่ 1.8 B) ได้เสนอกฎทรงมวลของสสาร ซึ่งกล่าวว่า “ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีใดๆ ผลรวมของมวลก่อนและหลังปฏิกิริยาจะเท่ากัน ” นอกจากนี้ เขายังได้อธิบายเรื่องเกี่ยวกับการเผาไหม้ว่าเกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนกับสารอื่น



ภาพที่ 1.8 (A) คาเวนดิช (Henry Cavendish) และ
(B) ลาวัชีเออร์ (Antoine-Laurent de Lavoisier)

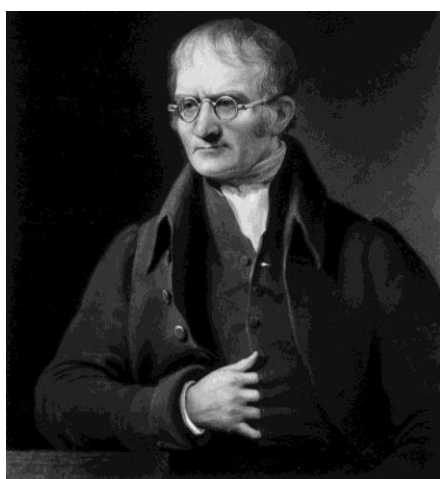
ที่มา: Yukozimo [online], n.d.

สืบค้นจาก: <http://discovery.yukozimo.com/media/o/652-1.jpg>

5. จากความเจริญของวิชาเคมี ได้มีการตั้งกฎทรงมวลและกฎสัดส่วนพหุคูณของปฏิกิริยาเคมีขึ้น จากกฎทั้งสองนี้ ทำให้ดาลตันสร้างทฤษฎีอะตอมขึ้นสำเร็จ ประมาณต้นศตวรรษที่ 19

การทดลองของดาลตัน

(John Dalton)



ต่อมาเมื่อวิทยาศาสตร์เจริญก้าวหน้ามากขึ้น และนักวิทยาศาสตร์ก็พยายามทำการทดลอง ค้นหาคำตอบเกี่ยวกับเรื่องนี้ ในรูปแบบต่างๆ ตลอดมา จนกระทั่งเกิดทฤษฎีอะตอมขึ้นมาในปี ค.ศ.1808 จากแนวความคิดของจอห์น ดาลตัน (John Dalton) (ภาพที่ 1.9) ผู้เสนอสมมติฐานเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม และเป็นที่ยอมรับและสนับสนุนจากนักวิทยาศาสตร์ในสมัยนั้น

ภาพที่ 1.9 จอห์น ดาลตัน (John Dalton)

ที่มา: Wikipedia [online], n.d.

สืบค้นจาก: [https://en.wikipedia.org/wiki/John_Dalton#/media/](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Dalton#/media/File:John_Dalton_by_Charles_Turner.jpg)

File:John_Dalton_by_Charles_Turner.jpg

ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน ได้กล่าวไว้ว่า

1. สสารประกอบด้วยอะตอม ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุด แยกแยกต่อไปอีกไม่ได้ และสามารถสร้างขึ้นหรือทำลายให้สูญหายไป
 2. ธาตุเดียวกันประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกัน มีมวลและคุณสมบัติเหมือนกัน แต่จะแตกต่างจากธาตุอื่น
 3. สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปด้วยสัดส่วนที่คงที่
 4. อะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะมีรูปร่างและน้ำหนักเฉพาะตัว
 5. น้ำหนักของธาตุที่รวมกัน ก็คือน้ำหนักของอะตอมทั้งหลายของธาตุที่รวมกัน
- โดยทฤษฎีอะตอมนี้ เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์และทำให้เกิดการศึกษาเรื่องอะตอมกันอย่างกว้างขวาง และพบข้อบกพร่องของทฤษฎีอะตอมหลายประการ

ข้อบกพร่องของทฤษฎีอะตอม

1. ทฤษฎีกล่าวว่า อะตอมเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดและไม่สามารถแบ่งแยกได้ จากการศึกษาทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์พบว่า อะตอมไม่ใช่อนุภาคที่เล็กที่สุด แต่ประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กกว่า คือ โปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน และสามารถแบ่งแยกออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ได้
2. ทฤษฎีกล่าวว่า อะตอมทำให้เกิดใหม่หรือสูญหายไม่ได้ ในทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์สามารถทำให้อะตอมของธาตุชนิดหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปเป็นอีกชนิดหนึ่งและสามารถประดิษฐ์อะตอมของธาตุใหม่ที่ไม่พบในธรรมชาติ ได้แก่ ธาตุที่ 93 - 105 แสดงว่าอะตอมทำให้เกิดใหม่หรือสูญหายได้
3. ทฤษฎีกล่าวว่า อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันย่อมมีสมบัติเหมือนกัน จากการศึกษาทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์พบว่าไอโซโทป (Isotope) ซึ่งเป็นอะตอมของธาตุเดียวกันที่มีมวลไม่เท่ากัน เช่น ไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจนมี $H-1$, $H-2$ และ $H-3$ ทั้ง 3 อะตอมมีมวลต่างกัน ทั้งที่เป็นธาตุเดียวกัน โดยมวลของอะตอมเป็นสมบัติทางกายภาพของอะตอม แสดงว่าอะตอมของธาตุเดียวกันอาจมีสมบัติต่างกัน
4. ทฤษฎีกล่าวว่า สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของอะตอมของธาตุต่างชนิดกัน โดยมีอัตราส่วนจำนวนอะตอมคงที่ ข้อนี้เป็นจริงจนปัจจุบัน

ข้อจำกัดของทฤษฎีอะตอม

ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้

1. เหตุใดธาตุชนิดหนึ่งๆ สามารถทำปฏิกิริยากับธาตุบางธาตุ เช่น แก๊สไนโตรเจน ทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนได้ แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับแก๊สฮีเลียม เป็นต้น ซึ่งทฤษฎีอะตอมอธิบายสาเหตุไม่ได้
2. เหตุใดธาตุแต่ละชนิดจึงเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยอัตราเร็วต่างกัน เช่น การเกิดสนิมเหล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาเคมีระหว่าง เลด (II) ไนเตรต กับโพแทสเซียมไอโอไดด์ จะเกิดปฏิกิริยาเคมีทันทีที่ผสมกัน

3. เหตุใดอะตอมจึงมารวมกันเกิดเป็นสารประกอบได้ เมื่ออะตอมอยู่รวมกันเป็นสารประกอบมีแรงอะไรที่ยึดเหนี่ยวอะตอมไว้ด้วยกัน

4. เหตุใดอะตอมรวมตัวเป็นสารประกอบแต่ละชนิด โดยมีอัตราส่วนของอะตอมต่างกัน

จากทฤษฎีอะตอม ดาลตันได้เสนอแบบจำลองอะตอม (ภาพที่ 1.20) คือ อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลมและมีขนาดเล็ก แต่ไม่กล่าวถึงภายในอะตอม แบบจำลองอะตอมของดาลตันได้นำมาใช้อย่างแพร่หลาย ต่อมาเกิดการทดลองใหม่ๆ และได้ผลการทดลองที่ไม่สามารถใช้แบบจำลองอะตอมของดาลตันอธิบายได้ เช่น ปรากฏการณ์ในหลอดรังสีแคโทด นักวิทยาศาสตร์จึงพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาใหม่



ภาพที่ 1.20 แบบจำลองอะตอมของดาลตัน

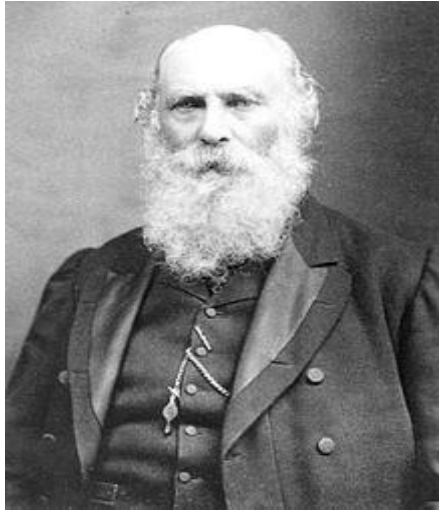
ที่มา: Kaylea Stump [online], 2011

สืบค้นจาก: [http://2011period7group3.wikispaces.com/file/view/](http://2011period7group3.wikispaces.com/file/view/daltons_atom_model.jpg/169291805/423x442/daltons_atom_model.jpg)

[daltons_atom_model.jpg/169291805/423x442/daltons_atom_model.jpg](http://2011period7group3.wikispaces.com/file/view/daltons_atom_model.jpg/169291805/423x442/daltons_atom_model.jpg)

การค้นพบอิเล็กตรอน

ในปี ค.ศ. 1874 จี.เจ. สโตนี (G.J. Stoney) (ภาพที่ 1.21) ได้อธิบายถึงลักษณะของอนุภาคไฟฟ้าที่อยู่ในสารโดยกล่าวว่าอนุภาคไฟฟ้าที่อยู่ในสารนั้นเป็นอนุภาคเล็กๆ และอนุภาคเหล่านั้นอยู่รวมกันกับอะตอม สโตนีได้เสนอชื่อของอนุภาคนั้นว่า **อิเล็กตรอน** (Electron) แต่เป็นเพียงการกล่าวถึงอิเล็กตรอนเท่านั้น



ภาพที่ 1.21 จี.เจ. สโตนีย์ (G.J. Stoney)

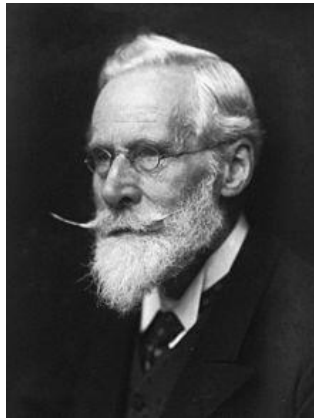
ที่มา: Wikipedia [online], n.d.

สืบค้นจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/George_Johnstone_Stoney

การทดลองของครูกส์

(Sir William Crookes)

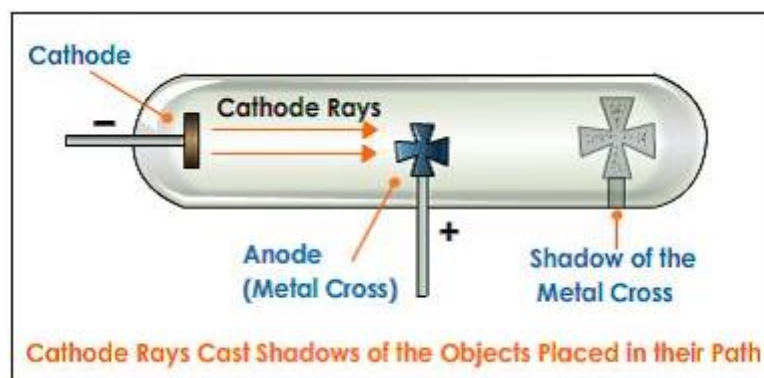
ในปี ค.ศ. 1894 ครูกส์ (Sir William Crookes) (ภาพที่ 1.22) ได้สร้างเครื่องมือชนิดหนึ่งขึ้นมา มีลักษณะเป็นหลอดแก้วที่มีแผ่นโลหะ 2 แผ่น เรียกว่า อิเล็กโทรด ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูง แผ่นโลหะที่ต่อจากปลายด้านไฟฟ้าลบ เรียกว่า คาโทด (Cathode) ส่วนแผ่นที่ต่อจากปลายด้านไฟฟ้าบวกเรียกว่า อานอด (Anode) จัดให้เกิดความต่างศักย์ที่สูงมาก ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง สือบก๊าซออกจากหลอดจะมีไฟฟ้าผ่านในหลอดระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง และก๊าซที่เหลืออยู่น้อยภายในหลอดจะเปล่งแสงสว่างออกมา เมื่อเอาก๊าซออกเกือบหมดแสงสว่างนั้นจะหายไป ภายในหลอดจะมีแต่เกิดเรืองแสงสีเขียวอ่อนที่ปลายหลอดแก้วด้านตรงข้ามกับคาโทด แสงนี้เกิดจากรังสีที่พุ่งมาจากคาโทด และเพื่อที่จะทดลองให้เห็นว่ารังสีคาโทดนี้เดินเป็นเส้นตรง ให้จัดแผ่นโลหะรูปกากบาทวางตั้งไว้ภายในหลอดจะปรากฏผลเป็นรูปกากบาทเกิดขึ้นที่ปลายหลอดแก้วด้านที่มีแสงเรือง (ภาพที่ 1.23) แสดงว่ารังสีที่มาจากคาโทดเดินเป็นเส้นตรงและผ่านทะลุแผ่นกากบาทนั้นไปไม่ได้ จึงไม่กระทบแก้วในส่วนที่กากบาทยังอยู่ เนื่องจากรังสีนี้พุ่งออกมาจากคาโทด จึงเรียกรังสีนี้ว่า รังสีคาโทด (Cathode ray)



ภาพที่ 1.22 ครูกส์ (Sir William Crookes)

ที่มา: Wikipedia [online], n.d.

สืบค้นจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/William_Crookes

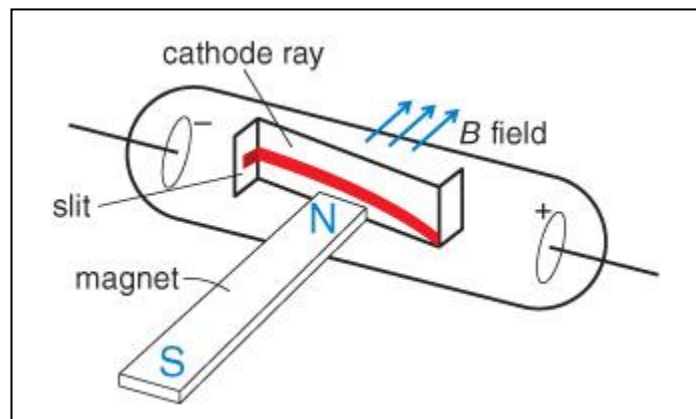


ภาพที่ 1.23 การทดลองของครูกส์แสดงให้เห็นว่ารังสีคาโทดเดินทางเป็นเส้นตรง

ที่มา: Tutorvista [online], n.d.

สืบค้นจาก: <http://images.tutorvista.com/content/structure-atom/cathode-ray-property.jpeg>

นอกจากนั้น ยังได้มีการศึกษาสมบัติอื่นๆ ของรังสีคาโทดอีก เช่น พบว่ารังสีนี้สามารถทำให้ซิงค์ไฟต์ (ZnS) มีแสงเรืองขึ้น ถ้าเอาแผ่นโลหะหรือแผ่นกระดาษซิงค์ไฟต์มาวางในทิศทางเดินของเส้นรังสีจะเห็นเส้นเรืองสีเขียวปรากฏบนแผ่นนั้น ด้วยเหตุนี้ จึงอาจใช้ฉากซิงค์ไฟต์เป็นเครื่องบอกทิศทางเดินของรังสีคาโทด ถ้าหากเอาแท่งแม่เหล็กเข้ามาใกล้ๆ รังสีคาโทดจะทำให้ลำแสงรังสีคาโทดเบนโค้งเข้าหาแท่งแม่เหล็ก (ภาพที่ 1.24) และเมื่อกลับขั้วแม่เหล็ก ลำแสงจะเบนในทิศตรงข้าม ถ้าเอาแท่งแม่เหล็กออกแล้วใส่สนามไฟฟ้าแทนจะได้แนวรังสีเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า



ภาพที่ 1.24 รังสีคาโทดเดินทางเป็นเส้นโค้งในสนามแม่เหล็ก

ที่มา: Alberta Education [online], n.d.

สืบค้นจาก: http://moodle2.rockyview.ab.ca/pluginfile.php/72903/mod_book/chapter/31889/physics_30/images/m7/p30_m7_005_l.jpg

จากการทดลองของครูกส์ สรุปได้ว่า

1. การที่ต่อแผ่นโลหะเข้ากับขั้วบวกและลบของแบตเตอรี่ แล้วทำให้เกิดเงาที่ฉากรแสดงว่าต้องมีลำแสงออกมาจากขั้วลบและพยายามวิ่งเข้าหาขั้วบวก แต่มีแสงบางส่วนวิ่งตรงไปตั้งฉากทำให้เกิดเงากากบาทบนฉากขึ้นครูกส์ เรียกแสงที่ออกจากขั้วลบนี้นว่า **รังสีคาโทด**
2. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้ลำแสง จะทำให้เงากากบาทเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ แสดงว่าลำแสงมีการเบี่ยงเบนจึงสรุปได้ว่า รังสีคาโทดจะต้องเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและจากทิศทางการเบี่ยงเบนไปทำให้ทราบว่าประจุลบซึ่งเรียกว่า **อิเล็กตรอน**



กิจกรรมที่ 1.2 ทฤษฎีอะตอม

(ประกอบขึ้นสำรวจค้นหา: Exploration Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- อธิบายการค้นพบอะตอมและอิเล็กตรอนได้

วิธีดำเนินกิจกรรม

- ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีอะตอมจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ ดังนี้
 - ใบความรู้ที่ 1.1 เรื่อง ทฤษฎีอะตอม
 - สื่อ Power point เรื่อง ทฤษฎีอะตอม
 - เว็บไซต์แนะนำ
- นักเรียนตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง ทฤษฎีอะตอม

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1.2

เรื่อง ทฤษฎีอะตอม

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่มได้แก่

1. ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. บุคคลแรกที่เสนอทฤษฎีอะตอมของสสารขึ้นคือใคร.....
2. ผู้ที่ไม่ยอมรับว่ามีช่องว่างระหว่างอะตอมคือใคร
3. กฎทรงมวลของสสารกล่าวไว้ว่าอย่างไร
4. การตั้งทฤษฎีอะตอมของดาลตันได้ใช้ความรู้พื้นฐานเรื่องอะไรบ้าง
5. ทฤษฎีอะตอมของดาลตันข้อใดที่ยังเป็นจริงในปัจจุบัน
6. สรรพสิ่งในธรรมชาติประกอบด้วยสารมูลฐาน สี่ชนิด คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ ในอัตราส่วนต่าง ๆ และ เป็นสิ่งที่มีอยู่อย่างต่อเนื่องและไม่เปลี่ยนแปลงเป็นแนวคิดของใคร
7. เครื่องสูบอากาศ ที่ **ทอริ เซอร์รี่** ได้ประดิษฐ์ขึ้น แสดงให้เห็นถึงเรื่องใด
8. ทฤษฎีอะตอมสมัยกรีกและทฤษฎีอะตอมของดาลตันมีข้อเหมือนกันและแตกต่างกันอย่างไร
9. จากการทดลองครูกส์เรียว ลำแสงที่ออกจากหัวลบว่าอะไร
10. จากการทดลองของครูกส์สรุปเกี่ยวกับรังสีคาโทดไว้ว่าอย่างไร

แนวทางการให้คะแนน

- ข้อละ 1 คะแนน รวม 10 คะแนน



เกณฑ์การประเมิน

คะแนน	10.0	ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดีมาก
คะแนน	8.0 - 9.0	ระดับคะแนน 3 หมายถึง ดี
คะแนน	6.0 - 7.0	ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้
คะแนน	< 6.0	ระดับคะแนน 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

เกณฑ์การผ่านนักเรียนได้คะแนนระดับคุณภาพ 3 ขึ้นไป



กิจกรรมที่ 1.3 Atom Theory

(ประกอบชั้นอธิบาย: Explanation Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- เขียนแผนผังความคิด เพื่อสรุปการค้นคว้าเกี่ยวกับอะตอม

วัสดุอุปกรณ์

- กระดาษชาร์ทสี
- สีเมจิก
- สติ๊กเกอร์รูปดาว

วิธีดำเนินกิจกรรม

- นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนแผนผังความคิด เพื่อสรุปการค้นคว้าของนักปรัชญาหรือวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับอะตอม
- นักเรียนนำแผนผังความคิดไปติดแสดงด้านหลังห้องเรียน
- ให้นักเรียนเดินชมผลงานของเพื่อนแต่ละกลุ่ม และให้คะแนน (สติ๊กเกอร์รูปดาว) หลังจากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันประมวลผลและมอบรางวัลให้กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุด (Popular Vote)



กิจกรรมที่ 1.4 หลอดโทรทัศน์กับหลอดรังสีแคโทด (ประกอบขึ้นขยายความรู้: Elaboration Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- เพื่อขยายความรู้เกี่ยวกับหลอดโทรทัศน์และหลอดรังสีแคโทด

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. ขยายความรู้ในหัวข้อหลอดโทรทัศน์และหลอดรังสีแคโทด
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้ศึกษา





กิจกรรมที่ 1.5 Atom history Cubic (ขั้นเร้าความสนใจ: Elicitation Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการค้นพบอะตอมและอิเล็กตรอน
- เพื่อเร้าความสนใจของนักเรียนก่อนนำเข้าสู่บทเรียน

วัสดุอุปกรณ์

- Atom history cubic

วิธีดำเนินกิจกรรม

- ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มโยนลูกเต๋า Atom history cubic
- เมื่อลูกเต๋าทายหน้าเป็นภาพนักปรัชญาหรือนักวิทยาศาสตร์ที่ให้แนวความคิดเกี่ยวกับอะตอม ให้นักเรียนร่วมกันอธิบายแนวความคิดหรือการค้นคว้าเกี่ยวกับอะตอมนั้น

ใบความรู้ที่ 1.2

การทดลองของทอมสันและมิลลิแกน

การทดลองของทอมสัน (J. J. Thomson)

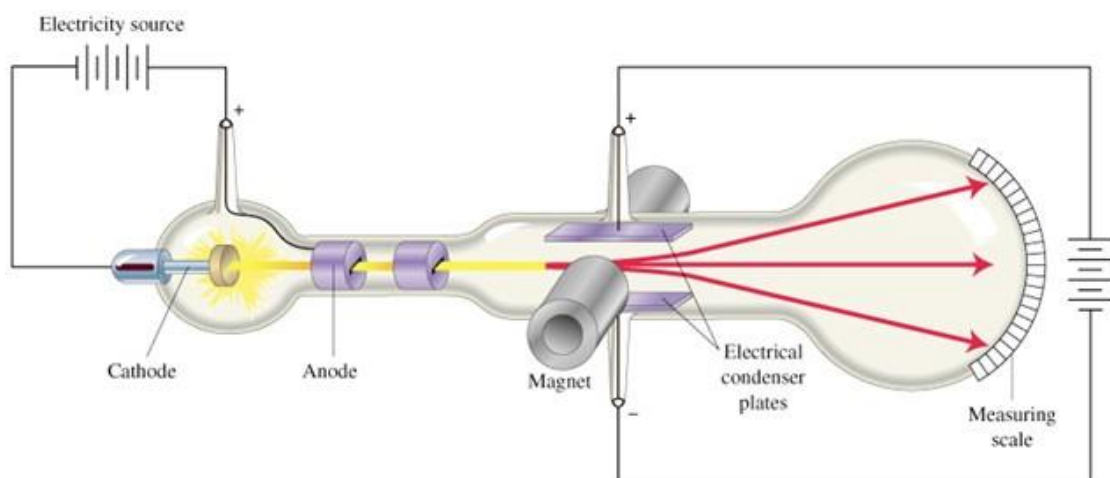
ในปี ค.ศ. 1897 เจ. เจ. ทอมสัน (ภาพที่ 1.25) ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าอัตราส่วนของประจุต่อมวลของอนุภาคในรังสีคาโทด โดยการผ่านรังสีเข้าไปในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองมีลักษณะในภาพที่ 1.26



ภาพที่ 1.25 เจ. เจ. ทอมสัน (J.J. Thomson)

ที่มา: Wikipedia [online], n.d.

สืบค้นจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/J._J._Thomson#/media/File:J.J._Thomson.jpg

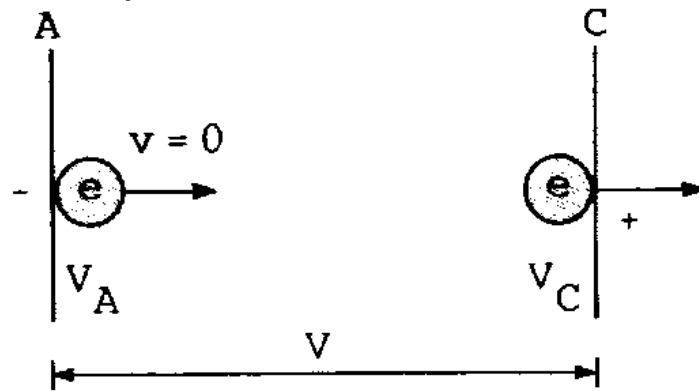


ภาพที่ 1.26 แสดงการทดลองหา q/m ของทอมสัน

ที่มา: ศราวุธ แสงอุไร (ออนไลน์), ม.ป.ป.

สืบค้นจาก: <http://slideplayer.in.th/slide/2098735/>

จากภาพที่ 1.26 รั้งสีคาโทดออกจากแผ่นคาโทด A วิ่งเข้าหาแผ่นแอโนด C ภายใต้ความต่างศักย์ V และวิ่งเป็นแนวตรงผ่านช่อง D และกระทบฉากชิงชิลโฟด์ ทำให้เกิดเรืองแสงขึ้นที่ฉากในกรณีนี้เราสามารถหาความสัมพันธ์ของอัตราเร็วของอนุภาคในรั้งสีคาโทดกับความต่างศักย์เร่งประจุ (ภาพที่ 1.27)



ภาพที่ 1.27 การเคลื่อนที่ประจุในความต่างศักย์ V

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่ A} &= \text{พลังงานที่ C} \\ \text{แทนค่า } (-q) V_A + 0 &= (-q) V_C + \frac{1}{2}mv^2 \end{aligned}$$

$$q(V_C - V_A) = \frac{1}{2}mv^2$$

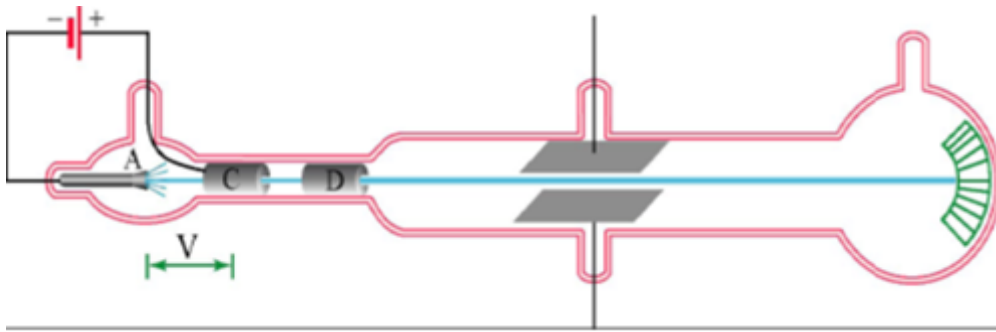
$$qV = \frac{1}{2}mv^2$$

หรือ

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าเราจะหาค่า V ได้เมื่อทราบค่าอัตราส่วนของ q/m ดังนั้นสมการนี้จึงหาอัตราเร็วของประจุได้

J. J. Thomson ทำการหาอัตราของประจุ โดยให้รั้งสีคาโทดที่ออกจากช่อง D ผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าแล้วทำการปรับค่าสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าเพื่อให้รั้งสีคาโทดวิ่งเป็นเส้นตรง (ภาพที่ 1.28)

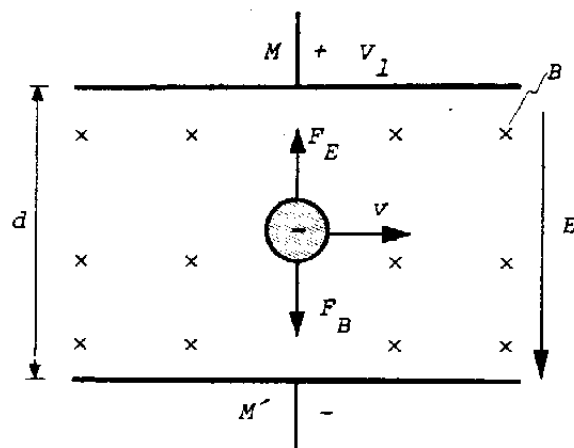


ภาพที่ 1.28 รังสีคาโทดวิ่งเป็นเส้นตรงในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

ที่มา: ศราวุธ แสงอุไร (ออนไลน์), ม.ป.ป.

สืบค้นจาก: <http://slideplayer.in.th/slide/2098735/>

พิจารณาแรงที่เกิดขึ้นกับประจุในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า (ภาพที่ 1.29)



ภาพที่ 1.29 แรงที่เกิดขึ้นกับประจุในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้าจากความต่างศักย์จะมีทิศพุ่งออกจากแผ่นบวกไปลบ ดังนั้นสนามไฟฟ้า (E) มีทิศลงและแรงที่เกิดขึ้นกับประจุลบในสนามไฟฟ้าจะมีทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าจึงมีทิศขึ้น ดังรูปและประจุลบวิ่งตัดสนามแม่เหล็ก B จะทำให้เกิดแรงตามสมการ $F = qv \times B$ และจากสมการ Cross Vector หาทิศของแรงจะได้แรงมีทิศลง ดังภาพที่ 1.29

จากภาพ ประจุวิ่งเป็นเส้นตรงจะได้ $\sum F = 0$

$$\therefore F_E = F_B$$

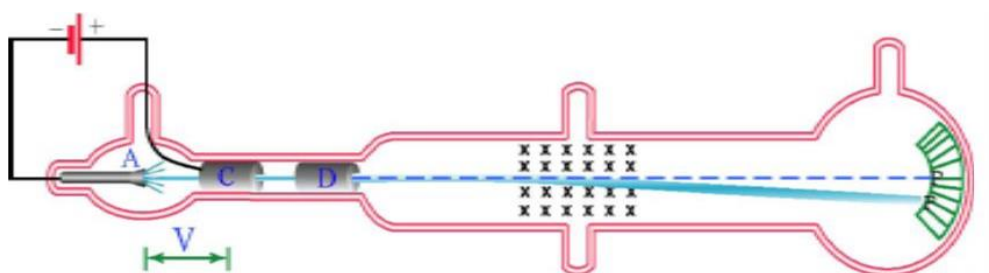
$$E_q = qvB$$

$$v = \frac{E}{B}$$

จากสมการสนามแม่เหล็ก B หาได้จากการวัดและสนามไฟฟ้า E หาได้จากความต่างศักย์ตามสมการ

$$E = \frac{V}{d}$$

Thomson ทำการหาอัตราส่วนของประจุต่อมวลได้ โดยการให้รังสีคาโทดจากช่อง D วิ่งในสนามแม่เหล็กเพียงอย่างเดียวแล้วทำการวัดหาค่ารัศมีของรังสีในสนามแม่เหล็ก (ภาพที่ 1.30)

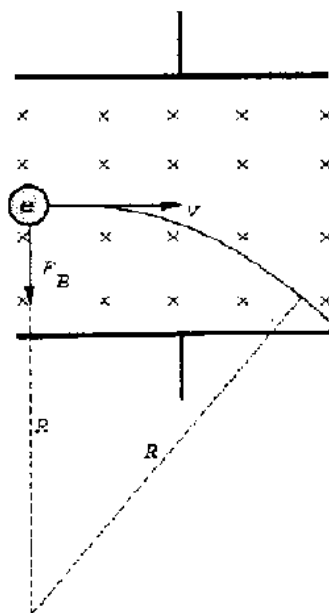


ภาพที่ 1.30 การเคลื่อนที่ของรังสีคาโทดในสนามแม่เหล็ก

ที่มา: ศราวุธ แสงอุไร (ออนไลน์), ม.ป.ป.

สืบค้นจาก: <http://slideplayer.in.th/slide/2098735/>

ลักษณะการเคลื่อนที่และแรงที่เกิดกับประจุในสนามแม่เหล็กเขียนได้ดังภาพที่ 1.31



ภาพที่ 1.31 การเคลื่อนที่ของประจุในสนามแม่เหล็ก

ประจุในสนามแม่เหล็กจะได้ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นส่วนโค้งของวงกลม

จากภาพที่ 1.31
$$F_B = \frac{mv^2}{R}$$

แทนค่า
$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{BR} \quad \text{----- (1)}$$

แต่
$$v = \frac{E}{B}$$

แทนค่า v ในสมการ (1) จะได้

$$\frac{q}{m} = \frac{E}{B^2 R}$$

จากสมการค่า E , B และ R เป็นค่าที่ได้จากการวัด และเมื่อนำค่าที่วัดได้แทนค่าลงในสมการจะได้ค่า q/m มีค่าคงที่ดังนี้

$$q/m = 1.76 \times 10^{11} \text{ คูลอมบ์/ กิโลกรัม}$$

และไม่่ว่าจะใช้โลหะชนิดใดเป็นคาโทดก็ตาม จะได้ q/m มีค่าเท่ากับ 1.76×10^{11} คูลอมบ์/ กิโลกรัมเสมอ จึงสรุปได้ว่า

โลหะทุกชนิดจะให้อนุภาครังสีคาโทดเหมือนกันหมด

จากการทดลองหาค่า q/M ของไฮโดรเจนออออน= พบว่ามีค่าเท่ากับ 9.57×10^7 คูลอมบ์/ กิโลกรัม $\therefore q/M$ ของไฮโดรเจนออออน = 9.57×10^7 คูลอมบ์/ กิโลกรัม

หมายเหตุ ไฮโดรเจนออออน คือ อะตอมไฮโดรเจนที่เสียประจุลบไปนั่นเอง ดังนั้นไฮโดรเจนออออนจึงมีประจุเป็นบวก และมีขนาดประจุเท่ากับประจุในอนุภาคคาโทด

การหาอัตราส่วนของมวลไฮโดรเจนออออนต่อมวลของอนุภาครังสีคาโทด

$$\text{จาก } q/m \text{ ของอนุภาคคาโทด} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C / kg}$$

$$\text{และ } q/M \text{ ของไฮโดรเจนออออน} = 9.57 \times 10^7 \text{ C / kg}$$

$$\frac{q/m}{q/M} = \frac{1.76 \times 10^{11}}{9.57 \times 10^7}$$

$$\frac{M}{m} = 1840$$

แสดงว่ามวลไฮโดรเจนอิตอนมากกว่ามวลอิเล็กตรอน 1840 เท่า จากผลการทดลองของ ทอมสัน สรุปได้ว่า “ อะตอมที่เข้าใจว่าแบ่งแยกไม่ได้นั้นความจริงสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ซึ่งอย่างน้อยจะต้องมีอิเล็กตรอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ”

สรุปผลการทดลองของทอมสัน

การหาอัตราส่วนของ q/m ในอนุภาครังสีคาโทดแยกเป็นลำดับได้ดังนี้

1. หาอัตราเร็วประจุโดยให้ประจุวิ่งเป็นเส้นตรงในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะได้

$$\begin{aligned} F_E &= F_B \\ Eq &= qvB \end{aligned}$$

$$v = \frac{E}{B}$$

2. การหาอัตราส่วน q/m สามารถทำได้ 2 แบบด้วยกันคือ

2.1 โดยให้ประจุวิ่งในสนามแม่เหล็กอย่างเดียวทำการวัดหารัศมี R จะได้

$$\begin{aligned} F_E &= \frac{mv^2}{R} \\ \text{หรือ} \quad qvB &= \frac{mv^2}{R} \end{aligned}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{BR} = \frac{E}{B^2 R}$$

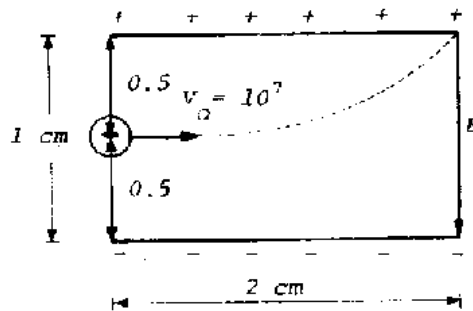
2.2 หาจากประจุวิ่งในความต่างศักย์เร่งประจุ

$$\text{จาก} \quad \frac{1}{2}mv^2 = qV$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2V} = \frac{E^2}{2B^2 V}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 1 อิเล็กตรอนตัวหนึ่งถูกเร่งด้วยความต่างศักย์จนมีความเร็ว $v_0 = 10^7$ m/s เข้าไปในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ระหว่างแผ่นโลหะสองแผ่นขนานกันดังรูป อยากทราบว่าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะ สองแผ่นขนานกันดังรูป อยากทราบว่าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองเป็นเท่าใด จึงจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากแผ่นโลหะขนานที่ปลายพอดี



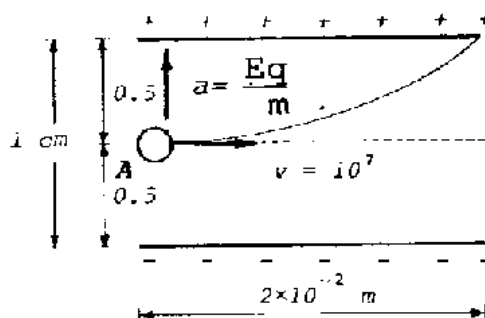
สิ่งที่โจทย์ให้มา

ความเร็วของอิเล็กตรอนในแนวราบ	$u_x = 10^7$ m/s
ระยะทางตามแนวราบ	$s_x = 2 \times 10^{-2}$ m
ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนาน	$d = 1 \times 10^{-2}$ m
ระยะทางตามแนวตั้ง	$s_y = 0.5 \times 10^{-2}$ m

สิ่งที่โจทย์ให้หา

สนามไฟฟ้า (E) ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองเท่ากับกี่นิวตัน/คูลอมบ์

วิธีทำ



พิจารณาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจาก $A \rightarrow B$

$A \rightarrow B$ แนวราบ

$$\begin{array}{lcl} \text{จาก} & s_x & = u_x t \\ \text{แทนค่า} & 2 \times 10^{-2} & = 10^7 t \end{array}$$

$A \rightarrow B$ แนวตั้ง

$$\begin{array}{lcl} \text{จากโจทย์} & u & = 0 \\ & s & = 0.5 \times 10^{-2} \text{ m} \\ & t & = 2 \times 10^{-9} \text{ s} \\ & a & = ? \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{จาก} & s & = ut + \frac{1}{2} at^2 \\ \text{แทนค่าจะได้} & 0.5 \times 10^{-2} & = 0 + \frac{1}{2} a (2 \times 10^{-9})^2 \\ & a & = \frac{10^{-2}}{4 \times 10^{-18}} \\ & & = 2.5 \times 10^{15} \text{ m/s}^2 \end{array}$$

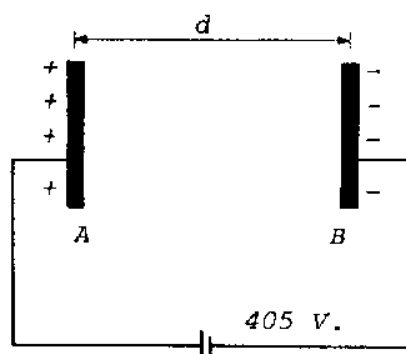
แต่ประจุอยู่ในสนามไฟฟ้า

$$\begin{array}{lcl} \therefore & a & = \frac{EQ}{m} \\ & E & = \frac{ma}{Q} \\ & & = \frac{9 \times 10^{-31} \times 2.5 \times 10^{15}}{1.6 \times 10^{-19}} \end{array}$$

นั่นคือความเข้มสนามไฟฟ้าเท่ากับ $1.41 \times 10^4 \text{ N/C}$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 ประจุ -1.6×10^{-19} คูลอมบ์ มวล 9×10^{-31} กก. วิ่งจากแผ่นโลหะ B (มีศักย์เป็นลบ) ไปยัง A (มีศักย์ไฟฟ้าเป็น บวก) โดยมีอัตราเร็วต้นเป็นศูนย์ ถ้าความต่างศักย์ระหว่าง AB เท่ากับ 405 โวลต์ และแผ่นทั้งสองห่างกัน 1.8 ซม. จงหาอัตราเร็วของประจุออกวิ่งจาก A ไป B ด้วยอัตราเร็ว $8 \times 10^6 \text{ m/s}$ ประจุนี้จะวิ่งไปได้ไกลเท่าใดจึงจะถอยหลังกลับ



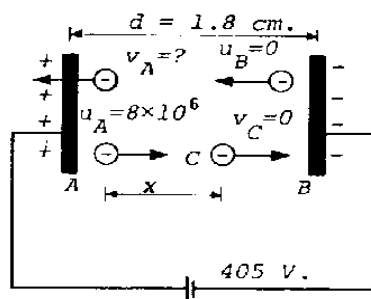
สิ่งที่โจทย์ให้มา

ประจุของอิเล็กตรอน	$e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
มวลของอิเล็กตรอน	$m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$
ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะ	$d = 1.8 \text{ cm}$
ความเร็วของประจุจาก A ไป B	$u_A = 8 \times 10^6 \text{ m/s}$
ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะ AB	$V_{AB} = 405 \text{ V}$

สิ่งที่โจทย์ให้หา

ประจุจะวิ่งได้ไกลกี่มิลลิเมตรจึงจะถอยหลังกลับ

วิธีทำ



ประจุวิ่งจาก B $\rightarrow$ A ด้วยความเร็วต้นเป็นศูนย์

จากสมการพลังงาน

$$(En)_A = (En)_B$$

$$\text{แทนค่า} \quad (-1.6 \times 10^{-19}) V_A + \frac{1}{2} m v_A^2 = (-1.6 \times 10^{-19}) V_B$$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 = 1.6 \times 10^{-19} (V_A - V_B)$$

$$v_A^2 = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 405}{9 \times 10^{-31}}$$

$$v_A^2 = 144 \times 10^{12}$$

$$v_A = 12 \times 10^6$$

$$= 1.2 \times 10^7 \text{ m/s}$$

ถ้าประจุวิ่งจาก A ด้วยความเร็ว 8×10^6 m/s ให้ไปได้ไกล x จากจุด C

จากสมการพลังงานจะได้

$$(En)_A = (En)_C$$

แทนค่า

$$(-1.6 \times 10^{-19}) V_A + \frac{1}{2} m v_A^2 = (-1.6 \times 10^{-19}) V_C + 0$$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 = (-1.6 \times 10^{-19}) (V_A - V_C)$$

$$\frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} (8 \times 10^6)^2 = 1.6 \times 10^{-19} V_{AC}$$

$$V_{AC} = \frac{4.5 \times 64 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 180 \text{ Volt}$$

แต่

$$E = \frac{V_{AB}}{d}$$

$$= \frac{405}{1.8 \times 10^{-2}}$$

$$= 22,500 \text{ v/m}$$

พิจารณาสนามไฟฟ้าระหว่าง A และ C

จาก

$$E = \frac{V_{AC}}{x}$$

หรือ

$$x = \frac{V_{AC}}{E}$$

$$= \frac{180}{22,500}$$

$$= 0.008 \text{ m}$$

นั่นคือประจุวิ่งได้ไกลเท่ากับ

8 mm

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3

ในการทดลองหา q/m ของทอมสัน เขาใช้ความต่างศักย์ 1,500 โวลต์ต่อเข้ากับ ขั้วหลอดใช้สนามแม่เหล็กขนาด 1.4×10^{-3} เทสลา ทำให้รังสีคาโทดเปลี่ยนจากเดินทางเส้นตรงเป็น เส้นโค้ง ซึ่งมีรัศมีความโค้ง R ในการที่จะทำให้รังสีคาโทดกลับเดินทางเป็นเส้นตรงอย่างเดิม เขาใช้ ความต่างศักย์ 320 โวลต์ต่อเข้ากับแผ่นโลหะ 2 แผ่นห่างกัน 1.0 ซม. จงหา

1. สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง
2. ความเร็วของอนุภาคในรังสีคาโทด
3. อัตราส่วนประจุต่อมวล
4. รัศมีความโค้ง

สิ่งที่โจทย์ให้มา

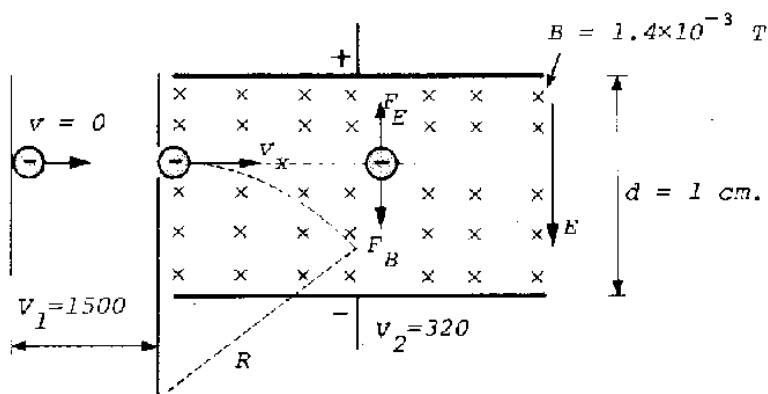
ความต่างศักย์ในการเร่งประจุ	$V_1 = 1,500 \text{ V}$
ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะ	$V_2 = 320 \text{ V}$
สนามแม่เหล็ก	$B = 1.4 \times 10^{-3} \text{ T}$
ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะ	$d = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$

สิ่งที่ต้องการหา

1. สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง (E) เท่ากับกี่ โวลต์/เมตร
2. ความเร็วของอนุภาคในรังสีคาโทด (v) เท่ากับกี่ เมตร/วินาที
3. อัตราส่วนประจุต่อมวล (q/m) เท่ากับกี่ คูลอมบ์/กิโลกรัม
4. รัศมีความโค้ง (R) เท่ากับกี่เมตร

วิธีทำ

จากข้อมูลโจทย์นำมาเขียนรูปแล้วคำนวณตามขั้นตอน ต่อไปนี้



1. หาสนามไฟฟ้าเนื่องจากความต่างศักย์ (V_2)

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad E &= \frac{V_2}{d} \\ &= \frac{320}{1 \times 10^2} \\ &= 3.2 \times 10^4 \text{ V/m} \end{aligned}$$

2. หาความเร็วของอนุภาคในรังสีคาโธด จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \Sigma F_y &= 0 \\ \text{จะได้} \quad F_E &= F_B \\ \text{แทนค่า} \quad E_q &= qvB \\ v &= \frac{E}{B} = \frac{V_2}{dB} \\ v &= \frac{320}{1 \times 10^2 \times 1.4 \times 10^3} \\ v &= 2.28 \times 10^7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

นั่นคืออัตราเร็วประจุ เท่ากับ $2.28 \times 10^7 \text{ m/s}$

ตอบ

3. หา q/m จากการเคลื่อนที่ประจุในสนามความต่างศักย์ (V_1)

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad E_k &= qV \\ \text{จะได้} \quad \frac{1}{2}mv^2 &= qV_1 \\ \text{หรือ} \quad \frac{q}{m} &= \frac{v^2}{2V_1} \\ &= \frac{(2.28 \times 10^7)^2}{2 \times 1500} \end{aligned}$$

นั่นคืออัตราส่วนประจุต่อมวล $\frac{q}{m} = 1.73 \times 10^{11} \text{ C/kg}$

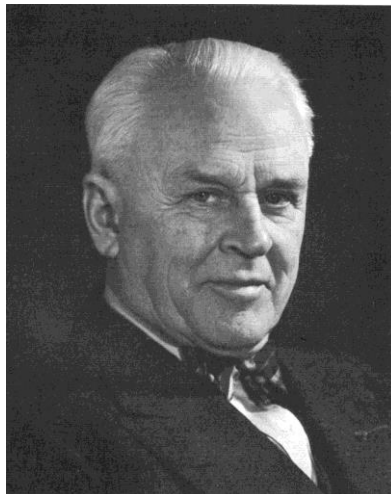
ตอบ

4. หา R จากประจุเคลื่อนเป็นส่วนโค้งวงกลมในสนามแม่เหล็ก

$$\begin{array}{lll}
 \text{จาก} & F_B & = \frac{mv^2}{R} \\
 \text{จะได้} & qvB & = \frac{mv^2}{R} \\
 \text{หรือ} & R & = \frac{mv}{qB} \\
 & & = \frac{2.28 \times 10^{-27}}{1.73 \times 10^{-19} \times 1.4 \times 10^{-3}} \\
 & R & = 0.94 \times 10^{-1} \text{ m} \\
 \therefore \text{รัศมี} & R & = 0.094 \text{ m} \quad \text{ตอบ}
 \end{array}$$

การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน

ในปี ค.ศ. 1909 มิลลิแกน (R.A. Millikan) (ภาพที่ 1.32) ได้ทำการทดลองวัดหาค่าประจุและมวลของอิเล็กตรอนได้สำเร็จ



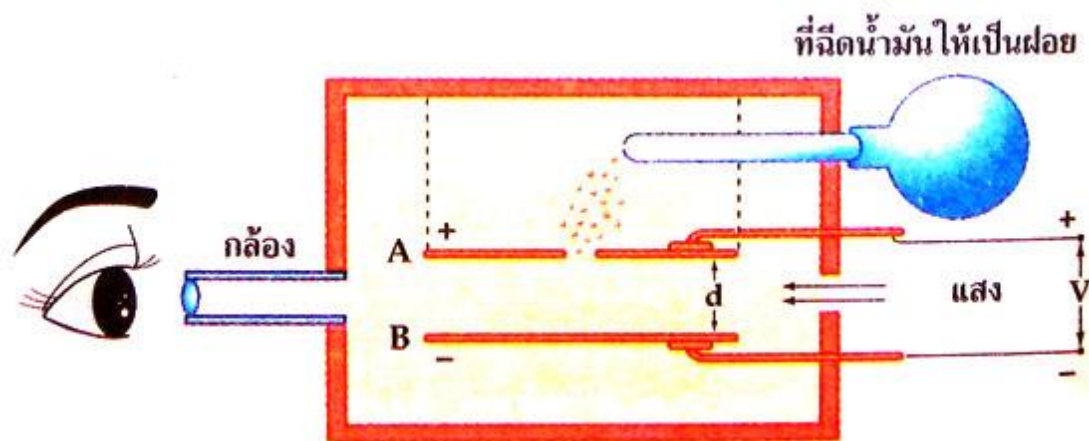
ภาพที่ 1.32 มิลลิแกน (R.A. Millikan)

ที่มา: Wikipedia [online], n.d.

สืบค้นจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Andrews_Millikan

เครื่องมือทดลองวัดประจุในหยดน้ำมัน

เครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองเป็นกล่องมิดชิด ดังแสดงในภาพที่ 1.33



ภาพที่ 1.33 เครื่องมือทดลองวัดประจุในหยดน้ำมัน

ที่มา: Panoppon [online], 2012

สืบค้นจาก: [http://www.vcharkarn.com/userfiles/238080/1%20\(10\)\(4\).jpg](http://www.vcharkarn.com/userfiles/238080/1%20(10)(4).jpg)

จากรูปด้านบนมีท่อสำหรับฉีดน้ำมันขนาดเล็กมาก หยดน้ำมันเล็กๆ จากท่อนี้จะเคลื่อนที่ผ่านช่องของแผ่นโลหะ A โดยทั่วไปหยดน้ำมันจะมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าแต่เมื่อเคลื่อนที่เสียดสีกับอากาศจะทำให้หยดน้ำมันบางตัวเสียอิเล็กตรอนไปจึงมีสภาพไฟฟ้าเป็นบวกและหยดน้ำมันบางตัวจะรับอิเล็กตรอนไว้ทำให้มีสภาพไฟฟ้าเป็นลบจำนวนประจุอิสระในหยดน้ำมันแต่ละหยดจะไม่เท่ากัน ถ้าแผ่นโลหะ A และ B ไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าหยดน้ำมันจะเคลื่อนลงภายใต้แรงดึงดูดของโลกด้วยความเร่งเท่ากับ g เราสามารถหาประจุอิสระในหยดน้ำมันได้โดยการปรับความต่างศักย์ระหว่าง A และ B จนกระทั่งหยดน้ำมันลอยนิ่งอยู่ได้ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

การทดลองเราสามารถส่องดูหยดน้ำมันได้จากกล้องจุลทรรศน์ โดยการมองผ่านกระจกที่กล้อง ดังภาพที่ 1.33 จากรูปเมื่อหยดน้ำมันหยดหนึ่งแสดงว่าแรงลัพธ์ที่หยดน้ำมันเป็นศูนย์

$$\begin{array}{lcl} \text{จาก} & \Sigma F & = 0 \\ \text{แทนค่า} & F_E & = Eq \\ & & = mg \\ \text{แต่} & E & = \frac{V}{d} \end{array}$$

นั่นคือประจุในหยดน้ำมัน

$$q = \frac{mg}{E} = \frac{mgd}{V}$$

จากสมการ q คือ ประจุอิสระที่อยู่ในหยดน้ำมัน ซึ่งเกิดจากการเสียดสีกับอากาศ โดยทั่วไปมักเป็นประจุลบค่า m, g, d และ V เป็นค่าที่หาได้

จากการทดลองแบบนี้หลายๆ ครั้งแล้วทำการวัดหาค่า m, g, d และ V จึงแทนค่าในสมการ $q = \frac{mgd}{V}$ จะได้ค่าประจุอิสระในหยดน้ำมันเป็นจำนวนเท่าของประจุ 1.6×10^{-19} คูลอมป์

นั่นคือประจุที่วัดได้เป็น $q = n(1.6 \times 10^{-19})$ เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

ด้วยเหตุนี้ประจุที่วัดได้อาจจะเป็น $1.6 \times 10^{-19}, 3.2 \times 10^{-19}, 4.8 \times 10^{-19} \dots$ คูลอมป์เท่านั้น

จากการทดลองของมิลลิแกนนี้จึงสรุปได้ว่าการที่หยดน้ำมันแต่ละตัวมีประจุอิสระไม่เท่ากันแสดงว่าหยดน้ำมันแต่ละตัวมีอิเล็กตรอนแฝงอยู่ไม่เท่ากันและถ้ากำหนดให้ e เป็นขนาดประจุของอิเล็กตรอน ดังนั้นจะได้

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ คูลอมป์}$$

และจากการทดลองของ Thomson จะได้อัตราส่วนประจุต่อมวลอิเล็กตรอน

$$\begin{array}{lcl} \frac{q}{m} & = & 1.76 \times 10^{11} \\ m & = & \frac{q}{1.76 \times 10^{11}} \\ \text{แทนค่า } q \text{ จะได้} & & m = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.76 \times 10^{11}} \end{array}$$

มวลอิเล็กตรอน

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

และจาก q/M ของไฮโดรเจน จะได้

$$\frac{q}{M} = 9.57 \times 10^7$$

$$M = \frac{q}{9.57 \times 10^7}$$

แทนค่า q จะได้

$$M = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{9.57 \times 10^7}$$

- มวลของไฮโดรเจน

$$M = 1.67 \times 10^{-27} \text{ กิโลกรัม}$$

นั่นคือจากการทดลองของ Thomson และ Milikan ทำให้เราสามารถหาค่าประจุและมวลของอิเล็กตรอนและโปรตอนได้

สรุป การหาค่าประจุของอิเล็กตรอนในหยดน้ำมันโดยวิธีการทดลองของ Milikan จะได้ประจุของอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ ห. ร. ม. ของประจุอิสระในหยดน้ำมันที่ได้จากการทดลองหลายๆ ครั้ง

ตัวอย่างที่ 1 ในการทดลองของอิเล็กตรอนพบว่าหยดน้ำมันหยดหนึ่งลอยนิ่งได้ระหว่างแผ่นโลหะขนาน 2 แผ่น ซึ่งห่างกัน 0.8 ซม. โดยมีสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่น ทำให้เกิดสนาม 12,000 โวลต์/เมตร ถ้าหยดน้ำมันมีประจุไฟฟ้า 8×10^{-19} คูโลมบ์ หยดน้ำมันหนักกี่นิวตัน

สิ่งที่โจทย์ให้มา

ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนาน $d = 8 \times 10^{-2} \text{ m}$

สนามไฟฟ้า $E = 12,000 \text{ V}$

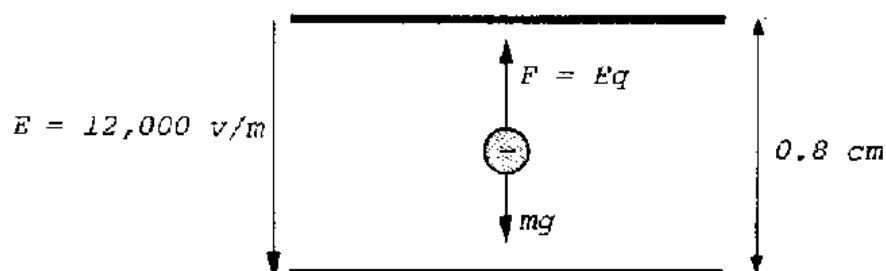
ประจุไฟฟ้าของหยดน้ำมัน $q = 8 \times 10^{-19} \text{ C}$

สิ่งที่ต้องการหา

หยดน้ำมันหนักกี่นิวตัน

วิธีทำ

เขียนรูปตามข้อมูลโจทย์แล้วคำนวณหาค่าที่ต้องการจากรูป



$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า} \quad E_q &= mg \\
 12,000 \times 8 \times 10^{-19} &= mg \\
 mg &= 9.6 \times 10^{-15} \text{ N} \\
 \text{ดังนั้นหยดน้ำมันหนักเท่ากับ} \quad 9.6 \times 10^{-15} &\text{ นิวตัน} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2 ในการทดลองน้ำมันของมิลลิแกน ค่าประจุของอิเล็กตรอนในหยดน้ำมันหาได้จากสูตร $q = \frac{mg}{E}$ จากผลการทดลอง 3 ครั้ง ปรากฏว่าประจุ q ที่ได้มีค่าดังนี้ 7.2×10^{-19} , 10.8×10^{-19} และ 16.2×10^{-19} คูลอมป์ จงหาค่าประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัว จากผลการทดลองนี้

สิ่งที่โจทย์ให้มา

ค่าประจุของอิเล็กตรอนในหยดน้ำมันหาได้จากสูตร $q = \frac{mg}{E}$
 ประจุจากผลการทดลอง 3 ครั้ง q ที่ได้มีค่าดังนี้ 7.2×10^{-19} , 10.8×10^{-19}
 และ 16.2×10^{-19} คูลอมป์

สิ่งที่โจทย์ให้หา

ค่าประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัว จากผลการทดลองนี้เท่ากับกี่คูลอมป์

วิธีทำ

จากการทดลอง 3 ครั้ง ปรากฏว่าค่าประจุ q ที่ได้มีค่าดังนี้
 7.2×10^{-19} , 10.8×10^{-19} , 16.2×10^{-19} คูลอมป์
 หรือ 72×10^{-20} , 108×10^{-20} , 162×10^{-20} คูลอมป์
 ค่าประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัว ก็คือค่า ห.ร.ม. ของตัวเลขชุดข้างบน
 หา ห.ร.ม. โดยหารแยกตัวประกอบ

$$\begin{aligned}
 72 &= 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 3 \\
 108 &= 2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \\
 162 &= 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \\
 \therefore \text{ห.ร.ม.} &= 2 \times 3 \times 3 = 18
 \end{aligned}$$

นั่นคือ ประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัวเท่ากับ 18×10^{-20} คูลอมป์ หรือ 1.8×10^{-19} คูลอมป์ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 3

ในการทดลองของมิลลิแกน แผ่นโลหะขนานที่ใช้ห่างกัน 1 ซม. หยดน้ำมันหยดหนึ่งมีอิเล็กตรอนอิสระแฝงอยู่ 11 ตัว พบว่าเมื่อความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะขนานเท่ากับ 288 โวลต์ หยดน้ำมันจะลอยนิ่งอยู่ได้ ถ้าความหนาแน่นของน้ำมันเท่ากับ 0.7 กรัม/ซม.^3 จงหารัศมีของหยดน้ำมัน

สิ่งที่โจทย์ให้มา

ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนาน

$$d = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

อิเล็กตรอนอิสระแฝงอยู่

$$e = 11 \text{ ตัว}$$

ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะขนาน

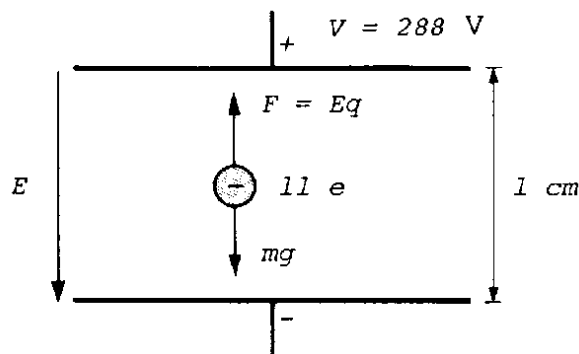
$$V = 288 \text{ V}$$

ความหนาแน่นของน้ำมัน

$$\rho = 0.7 \text{ g/cm}^3$$

สิ่งที่โจทย์ให้หา

รัศมีของหยดน้ำมันเท่ากับกี่เมตร

**วิธีทำ**

เนื่องจาก หยดน้ำมันหยดหนึ่ง แสดงว่าแรงลัพธ์เป็นศูนย์

$$\text{จาก } \sum F = 0$$

$$\text{จะได้ } Eq = mg$$

$$\frac{V}{d} q = mg$$

$$m = \frac{Vq}{dg}$$

$$\text{แทนค่า } m = \frac{288 \times 11 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1 \times 10^{-2} \times 10}$$

$$m = 5.0688 \times 10^{-15} \text{ kg}$$

หารัศมีของหยดน้ำมันจากความหนาแน่น

$$\begin{aligned}\rho &= 0.7 \text{ g/cm}^3 \\ &= \frac{0.7 \times 10^{-3}}{10^{-6}} \\ &= 700 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

แต่

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3} \\ r^3 &= \frac{3m}{4\pi\rho} \\ &= \frac{3 \times 5.068 \times 10^{-15}}{4 \times \frac{22}{7} \times 700} \\ r^3 &= 0.1728 \times 10^{-17} \\ r^3 &= 1.278 \times 10^{-18} \\ r &= 1.2 \times 10^{-6} \text{ m}\end{aligned}$$

นั่นคือ รัศมีของหยดน้ำมัน เท่ากับ $1.2 \times 10^{-6} \text{ m}$ ตอบ



กิจกรรมที่ 1.6 การทดลองของทอมสันและมิลลิแกน (ประกอบขึ้นสำรวจค้นหา: Exploration Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- อธิบายการทดลองของทอมสันและมิลลิแกนได้

วิธีดำเนินกิจกรรม

- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 1.6 เรื่อง การทดลองของทอมสันและมิลลิแกน โดยสืบค้นหาความรู้เพื่อตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1.6 จากเอกสาร และแหล่งเรียนรู้ ดังนี้
 - ใบความรู้ที่ 1.2 เรื่อง การทดลองของทอมสันและมิลลิแกน
 - สื่อ power point เรื่อง การทดลองของทอมสันและมิลลิแกน
 - อินเทอร์เน็ต/ เว็บไซต์
- นักเรียนรายงานการทำกิจกรรม



แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1.6
การทดลองของทอมสันและมิลลิแกน

คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. บุคคลแรกที่ค้นพบอิเล็กตรอน คือ
2. ทอมสันทำการทดลองหาประจุของ อิเล็กตรอน ได้หรือไม่
3. ค่าอัตราส่วนประจุต่อมวล จากการทดลองของทอมสันมีค่าเท่าใด
4. ผลการทดลองของทอมสันประจุของอิเล็กตรอนและ ไฮโดรเจน เท่ากันหรือไม่
5. มวลของอิเล็กตรอน และ ไฮโดรเจน เท่ากันหรือไม่
6. การค้นพบอิเล็กตรอนของทอมสัน ขัดแย้งกับความคิดของทฤษฎีอะตอมของกรีกโบราณอย่างไร
7. สิ่งที่ได้จากการทดลองหาค่าประจุต่อมวลของทอมสัน คืออะไร
8. จงเขียนรูปแบบจำลองอะตอมตามแนวความคิดของทอมสัน
9. แบบจำลองอะตอม (Atomic model) หมายถึงอะไร.....
10. ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม ที่มีประจุ 8×10^{-9} คูลอมบ์ จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ความต่างศักย์เท่าใด

สิ่งที่โจทย์ให้มา

สิ่งที่โจทย์ให้หา

วิธีทำ

11. การทดลองของมิลลิแกนสามารถหาค่าของอะไรได้
12. อิเล็กตรอนมีมวล และมีประจุ เท่าใด
13. จากการทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกนหาปริมาณของหยดน้ำมันได้อย่างไร
14. ในการทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกนนั้น พบว่าเมื่อเพิ่มความต่างศักย์จนถึงค่าสูงสุดของเครื่องมือแล้วไม่สามารถทำให้หยดน้ำมันหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับเมื่อยังไม่ให้ความต่างศักย์ได้ เป็นเพราะเหตุผลใด
15. ในการทดลองของมิลลิแกน พบว่าหยดน้ำมันมีประจุลบหยดหนึ่งมีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าหยดน้ำมันมีอิเล็กตรอนอัดอยู่ 6 ตัว จงหาปริมาณของหยดน้ำมัน (กำหนด $E = 1,000$ นิวตัน/คูลอมป์)

สิ่งที่โจทย์ให้มา

สิ่งที่โจทย์ให้หา

วิธีทำ

16. หยดน้ำมันมีประจุลบหนัก 3.2×10^{-14} นิวตัน ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนานในเครื่องมือทดลองของมิลลิแกน ถ้าแผ่นโลหะขนานมีความต่างศักย์ 500 โวลต์ และอยู่ห่างกัน 1 ซม. หยดน้ำมันมีอิเล็กตรอนอยู่ที่ตัว

สิ่งที่โจทย์ให้มา

สิ่งที่โจทย์ให้หา

วิธีทำ

แนวทางการให้คะแนน

- เติมข้อความลงในช่องว่างได้ถูกต้อง ช่องละ 1 คะแนน ข้อ 10,15,16 ข้อละ 2 คะแนน
- คะแนนรวมทั้งหมด 20 คะแนน

**เกณฑ์การประเมิน**

คะแนน	15.0 - 20.0	ระดับคะแนน	4 หมายถึง ดีมาก
คะแนน	12.0 - 14.0	ระดับคะแนน	3 หมายถึง ดี
คะแนน	10.0 - 11.0	ระดับคะแนน	2 หมายถึง พอใช้
คะแนน	< 10.0	ระดับคะแนน	1 หมายถึง ควรปรับปรุง

เกณฑ์การผ่านนักเรียนได้คะแนนระดับคุณภาพ 3 ขึ้นไป



กิจกรรมที่ 1.7 Jeopardy Thomson and Milligan

(ประกอบขึ้นอธิบาย: Explanation Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- อธิบายขั้นตอนการค้นพบอิเล็กตรอนของทอมสันได้
- คำนวณหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนได้
- อธิบายขั้นตอนการหาค่าประจุและมวลของอิเล็กตรอนจากการทดลองของมิลลิแกน

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. นักเรียนทำกิจกรรม Jeopardy Thomson and Milligan โดยให้แต่ละกลุ่มผลัดกันเลือกคำถาม ซึ่งในแต่ละคำถามจะมีคะแนนอยู่
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านคำถามแล้วตอบคำถามนั้นพร้อมทั้งแสดงวิธีทำ
3. ครูประมวลผลคะแนนที่ได้ พร้อมทั้งมอบรางวัลให้กับกลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุด





กิจกรรมที่ 1.8 ความหนักและกฎของสโตกส์ (ประกอบขึ้นขยายความรู้: Elaboration Phase)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- เพื่อขยายความรู้เกี่ยวกับเรื่อง ความหนักและกฎของสโตกส์

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. ขยายความรู้ในหัวข้อเรื่อง ความหนักและกฎของสโตกส์
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้ศึกษา



แบบทดสอบหลังเรียนรายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง อะตอมและการค้นพบอิเล็กตรอน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 10 ข้อใช้เวลา 10 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ

1. ทฤษฎีอะตอมของดาลตันกล่าวถึงอะตอมแตกต่างจากทฤษฎีอะตอมสมัยกรีกโบราณในข้อใด
 - ก. สสารทั้งหลายประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุดเรียกว่าอะตอม
 - ข. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะเหมือนกันทุกประการ
 - ค. อะตอมของธาตุต่างชนิดกันจะมีลักษณะแตกต่างกัน
 - ง. อะตอมไม่สามารถแบ่งแยกให้เล็กลงต่อไปได้อีกแล้ว
2. ข้อใด ไม่ใช่ ลักษณะอะตอมตามแนวความคิดของดีโมคริตัส
 1. อะตอมเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของสสาร
 2. อะตอมส่วนใหญ่เป็นที่ว่างโดยมีประจุบวกรวมกันเป็นนิวเคลียส และมีประจุลบเคลื่อนที่รอบนิวเคลียส
 3. อะตอมของสารทุกชนิดมีลักษณะเหมือนกัน
 - ก. ข้อ 1 และ 2
 - ข. ข้อ 1 และ 3
 - ค. ข้อ 2 เท่านั้น
 - ง. ข้อ 3 เท่านั้น
3. คำกล่าวใดเกี่ยวกับอะตอมที่ยังคงถูกต้องจนถึงปัจจุบัน
 - ก. สสารประกอบขึ้นด้วยอะตอมซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดที่แบ่งแยกต่อไปอีกไม่ได้
 - ข. อะตอมของธาตุต่างชนิดกันมีลักษณะแตกต่างกัน อะตอมของธาตุเดียวกันเหมือนกันทุกประการ
 - ค. อะตอมของธาตุชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นอะตอมชนิดอื่นไม่ได้
 - ง. หน่วยย่อยของสารประกอบคือโมเลกุล ประกอบด้วยอะตอมของธาตุองค์ประกอบในสัดส่วนที่แน่นอน

4. ในการทดลองของ เจ. เจ. ทอมสัน เพื่อหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนในหลอดรังสีแคโทดซึ่งมีความต่างศักย์เร่งประจุ V_a และความต่างศักย์ระหว่างแผ่นประจุขนาน V_d เมื่ออิเล็กตรอนเริ่มเข้าสู่สนามไฟฟ้าจะเกิดการเบี่ยงเบน และเมื่อออกจากสนามไฟฟ้าจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ระยะเบี่ยงเบนที่ปรากฏบนจอจะเป็นอย่างไร

- ก. ระยะเบี่ยงเบนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม V_a โดยให้ V_d คงที่
- ข. ระยะเบี่ยงเบนจะลดลงเมื่อเพิ่ม V_a โดยให้ V_d คงที่
- ค. ระยะเบี่ยงเบนจะเพิ่มขึ้นเมื่อลด V_d โดยให้ V_a เพิ่มขึ้น
- ง. ระยะเบี่ยงเบนจะลดลงเมื่อเพิ่ม V_d โดยให้ V_a คงที่

5. ข้อความใดที่ถูกต้องเกี่ยวกับคุณสมบัติของรังสีแคโทด

- 1. ประกอบด้วยอนุภาคที่มีมวล
- 2. สามารถเบี่ยงเบนได้ในสนามแม่เหล็ก
- 3. เป็นอนุภาคที่มีประจุ
- 4. สามารถทะลุผ่านฉากรางๆ ได้

คำตอบที่ถูกต้องคือ

- ก. ข้อ 1, 2, 3
- ข. ข้อ 1, 3
- ค. ข้อ 2, 4
- ง. ข้อ 4

6. อนุภาค 3 ตัวได้แก่ โปรตรอน (1_1H) , ดิวเทรอน (2_1H) และอนุภาคแอลฟา (4_2He) ถูกเร่งด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากันวิ่งเข้ามาในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ โดยมีทิศทางการวิ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จงเปรียบเทียบรัศมีของวงโคจรของอนุภาคทั้งสามนั้น

- ก. $R_{\text{ดิวเทรอน}} = R_{\text{อนุภาคแอลฟา}} > R_{\text{โปรตรอน}}$
- ข. $R_{\text{โปรตรอน}} = R_{\text{ดิวเทรอน}} < R_{\text{อนุภาคแอลฟา}}$
- ค. $R_{\text{โปรตรอน}} < R_{\text{ดิวเทรอน}} < R_{\text{อนุภาคแอลฟา}}$
- ง. $R_{\text{อนุภาคแอลฟา}} = R_{\text{โปรตรอน}} > R_{\text{ดิวเทรอน}}$

7. หยดน้ำมันมีประจุลบหนัก 3.2×10^{-14} นิวตัน ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนานในเครื่องมือทดลองของมิลลิแกน ถ้าแผ่นโลหะขนานมีความต่างศักย์ 500 โวลต์ และอยู่ห่างกัน 1 ซม. หยดน้ำมันมีอิเล็กตรอนอยู่ที่ตัว
- ก. 2 ตัว
 - ข. 3 ตัว
 - ค. 4 ตัว
 - ง. 5 ตัว
8. ในการทดลองวัดประจุของรังสีคาโทดโดยวิธีของมิลลิแกน ผลการทดลองสรุปได้ว่า
- ก. รังสีคาโทดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง
 - ข. รังสีคาโทดเบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าได้
 - ค. รังสีคาโทดมีประจุลบเป็นจำนวนเต็มของปริมาณคงที่ค่าหนึ่ง
 - ง. รังสีคาโทดทำให้สารเรืองแสงได้
9. ในการทดลองของมิลลิแกน หยดน้ำมันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีความต่างศักย์ 200 โวลต์ อยู่ห่างกัน 4 เซนติเมตร จงหาค่าประจุต่อมวลของหยดน้ำมัน
- ก. 1×10^{-3} คูลอมป์/ กิโลกรัม
 - ข. 2×10^{-3} คูลอมป์/ กิโลกรัม
 - ค. 3×10^{-3} คูลอมป์/ กิโลกรัม
 - ง. 4×10^{-3} คูลอมป์/ กิโลกรัม
10. ถ้าอัตราเร็วของอิเล็กตรอนเป็น 2 เท่า แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนแต่ละอนุภาคนั้นมีขนาดเท่าใด
- ก. เท่าเดิม
 - ข. เป็น $\frac{1}{2}$ เท่า
 - ค. 1 เท่า
 - ง. 2 เท่า

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง อะตอมและการค้นพบอิเล็กตรอน

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

คะแนนที่ได้

บรรณานุกรม

- นิรันดร์ สุวรัตน์. (ม.ป.ป.). คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม. 6 เทอม 2. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เรื่องแสงการพิมพ์.
ศูนย์วิจัยเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. (ม.ป.ป.). ฟิสิกส์อะตอม. สืบค้นเมื่อวันที่
22 เมษายน 2556 จาก [http://trc.snru.ac.th/UserFiles/File/%E0%
B8%9FB8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%87web.pdf](http://trc.snru.ac.th/UserFiles/File/%E0%B8%9FB8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%87web.pdf)
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์
เล่ม 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- PBS Learning Media. (n.d.). The Atom. Retrieved on 22 January, 2014, from
[http://www.pbslearningmedia.org/resource/lsp07.sci.phys.matter.theatom/
the-atom/](http://www.pbslearningmedia.org/resource/lsp07.sci.phys.matter.theatom/the-atom/)
- Wikipedia. (2005). **Leucippus**. Retrieved on 24 January, 2014, from
[https://en.wikipedia.org/?title=Leucippus#/media/File:Leucippe_\(portarit\).jpg](https://en.wikipedia.org/?title=Leucippus#/media/File:Leucippe_(portarit).jpg)
- Wikipedia. (2007). **Democritus**. Retrieved on 24 March, 2014, from
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coypel_Democritus.jpg
- Wikipedia. (n.d.). **Torricelli**. Retrieved on 24 March, 2014, from
http://en.wikipedia.org/wiki/Evangelista_Torricelli
- Wikipedia. (n.d.). **Robert Boyle**. Retrieved on 2 January, 2014, from
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Robert_boyle.jpg
- Wikipedia. (n.d.). **Bernoulli**. Retrieved on 1 March, 2014, from
[https://en.wikipedia.org/wiki/Daniel_Bernoulli#/media/
File:Daniel_Bernoulli_001.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Daniel_Bernoulli#/media/File:Daniel_Bernoulli_001.jpg)
- Wikipedia. (n.d.). **John Dalton**. Retrieved on 22 February, 2014, from
[https://en.wikipedia.org/wiki/John_Dalton#/media/
File:John_Dalton_by_Charles_Turner.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Dalton#/media/File:John_Dalton_by_Charles_Turner.jpg)
- Yukozimo [Pseudonym], (n.d.). **Discovery on atom**. Retrieved on 2 May, 2014,
from <http://discovery.yukozimo.com/media/o/667-1.jpg>