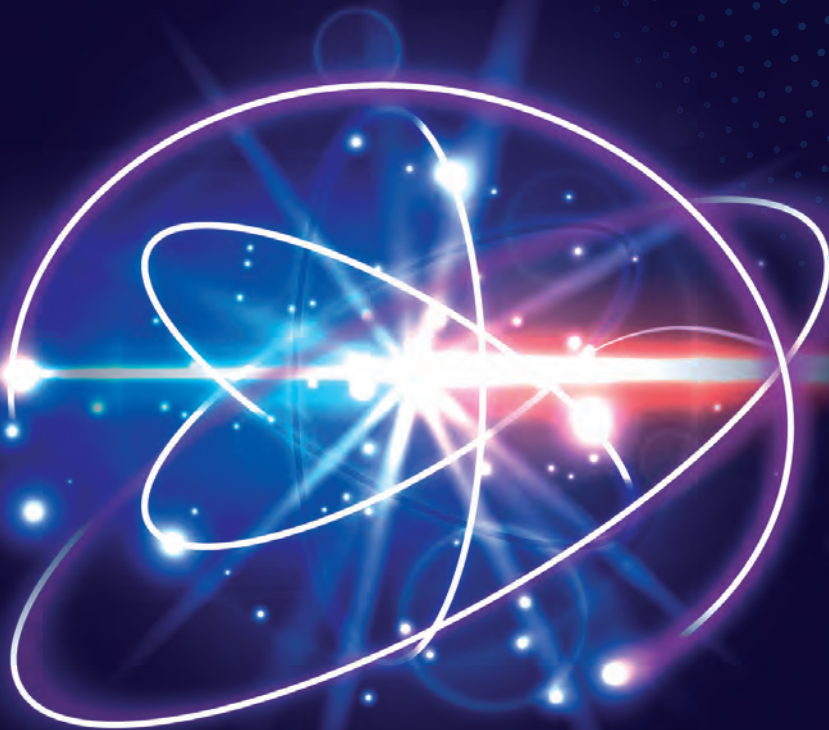


เล่าเรื่องอนาคต

อะตอม ควอร์ก เซิร์น และพระมหากษัตริย์



0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1
0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0

ไพรัช ธีชัยพงษ์



เล่าเรื่องอนุภาค

อะตอม ควอร์ก เซิร์น และพระมหากษัตริย์คุณ

เล่าเรื่องอนาคต

อะตอม ควอร์ก เชิร์น และพระมหากษัตริย์คุณ

ไพรัช ธีชัยพงษ์

 **สำนักพิมพ์**
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2565

ไพรัช ชัยพงษ์

เล่าเรื่องอนาคต : อะตอม ควอร์ก เซิร์น และพระมหากษัตริย์คุณ / ไพรัช ชัยพงษ์

1. อะตอม. 2. ควาร์ก. 3. ทฤษฎีควอนตัม. 4. อนาคต (นิวเคลียร์ฟิสิกส์).
5. สภาวิจัยนิวเคลียร์แห่งยุโรป. 6. วิทยาศาสตร์ -- ความร่วมมือระหว่างประเทศ.
7. เทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร, กรมสมเด็จพระ, 2498- -- พระราชกรณียกิจ.

539.721

ISBN(e-book) 978-974-03-4174-1

สพจ. 2551



สรคณคำวิชาการ สืบค้น
Knowledge to All
www.cupress.chula.ac.th

สิทธิในการผลิตและพิมพ์หนังสือเล่มนี้เป็นของสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแต่ผู้เดียว
การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จัดทำโดย สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565

www.cupress.chula.ac.th [CUB6504-011K]

โทร.3-3562-2218-0

บรรณาธิการอำนวยการ : นางอรทัย นันทนาติชัย ศาสตราจารย์ ดร.อรรักษ์ ชาญสืบสาย

กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ : ศาสตราจารย์ กิตติคุณ ดร.ปิยนดา บุณนาค

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์

รองศาสตราจารย์ นายแพทย์วิชฌ พันธ์เจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธ์

ผู้ประสานงาน : วาสนา ชำเซ็น

พิสูจน์อักษร : โชติตา วัชรโรทัย

ออกแบบปกและรูปเล่ม : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สั่งซื้อได้ที่ ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

http://www.chulabook.com โทร. 4-3703-6323-08

customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th

Apps :CU-eBook Store

สมัยเรียนหนังสือ ครูสอนให้เราจำกับอะตอมว่าประกอบด้วย อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน เราทราบตอนนั้นด้วยว่าอนุภาคทั้งสามนี้เป็นอนุภาคมูลฐานที่เล็กที่สุด แต่ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์บอกเราว่าไม่จริงอีกต่อไปแล้ว โปรตอนและนิวตรอนยังมิใช่อนุภาคที่เล็กลงไปอีกอยู่ภายในเรียกว่า ควาร์ก ยิ่งกว่านั้น อิเล็กตรอน แม้จะแบ่งต่อไปอีกไม่ได้แล้วก็ตาม แต่มันก็มีได้อยู่เดียวตายตามลำพัง อิเล็กตรอน ยังมีญาติพี่น้องเรียกว่า มิวออน ทาว และนิวทริโนอีกด้วย

นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไร ? หนังสือ “เล่าเรื่องอนุภาค : อะตอม ควาร์ก เซิร์นและพระมหากรุณาธิคุณ” บรรยายความสามารถของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกที่ค้นคว้าหาความรู้ใหม่ทั้งทฤษฎีและผลการทดลองเชิงประจักษ์ตั้งแต่ต้นคริสต์ศักราช 1800 หรือราว 200 ปีมาแล้ว จนปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์เหล่านี้เป็นอัจฉริยะ ได้รับการยกย่องด้วยรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์อันมีชื่อเสียงและทรงเกียรติทั้งสิ้น เกิดการค้นพบทฤษฎีใหม่เรียกว่า ควอนตัม ใน ค.ศ. 1900 เพื่ออธิบายพฤติกรรมของวัตถุขนาดอะตอมและเล็กกว่าอะตอมซึ่งไม่อาจอธิบายได้ด้วยทฤษฎีของนิวตันที่รุ่งเรืองยิ่งย่นมาก่อนหน้านั้นกว่า 200 ปี ซึ่งเหมาะสำหรับการอธิบายวัตถุขนาดใหญ่ที่มองเห็นด้วยสายตาเรา

การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในยุคเริ่มต้นของการค้นพบอิเล็กตรอนตอนปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 นั้นอาศัยเพียงเครื่องมือขนาดเล็กอยู่ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แล้วจึงขยายไปตรวจพบอนุภาคที่เกิดจากชั้นบรรยากาศ จากนั้นก็ได้มีการประดิษฐ์เครื่องเร่งอนุภาคเพื่อผลิตอนุภาคใหม่เองได้ โดยมีต้องเสี่ยงอันตรายขึ้นไปตรวจวัดอนุภาคในชั้นบรรยากาศที่เกิดอย่างยถากรรมตามธรรมชาติ บนภูเขา หรือด้วยบัลลูน เครื่องเร่งอนุภาคเริ่มต้นมีขนาดเท่าฝ่ามือ แต่ได้วิวัฒนาการจนปัจจุบัน

เส้นรอบวงขนาดเป็นกิโลเมตร ยิ่งต้องค้นหาอนุภาคที่เล็กลงไปเท่าไร เครื่องมือก็มีขนาดใหญ่ขึ้นและแพงขึ้นตามลำดับ การทำงานก็เป็นความร่วมมือของนักวิทยาศาสตร์นานาชาติ ใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์แลกเปลี่ยนข้อมูลกันทั่วโลก อนุภาคใหม่ก็พบกันจำนวนนับร้อย สร้างความพิศวงต่อนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมากว่าคงจะต้องมีอะไรที่ซ่อนเร้นอยู่ในอนุภาคใหม่เหล่านี้เป็นแน่ ในที่สุดก็ถึงเส้นชัยแรกของความสำเร็จเรียกกันว่า “แบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคทางฟิสิกส์” ที่อธิบายว่าอนุภาคมูลฐานนั้นแบ่งออกเป็นอนุภาคมูลฐานของสสาร อนุภาคที่เป็นพาหะของแรงพื้นฐาน และอนุภาคที่ให้มวลแก่อนุภาคอื่น รวมทั้งสิ้นเพียง 17 ตัว อนุภาคอื่นใดก็ประกอบมาจากอนุภาคมูลฐานเหล่านี้ทั้งสิ้น

แต่ก็ยังมิปรากฏการณ์ของธรรมชาติอีกหลายประการที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความรู้จากแบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคทางฟิสิกส์นี้ นักวิทยาศาสตร์ต้องค้นหาความจริงกันต่อไปอีก ตัวอย่างเช่น สสารประหลาดเรียกกันว่า สสารมืด ที่ทำให้การหมุนรอบตัวเองของกาแล็กซีไม่สอดคล้องกับสสารที่มองเห็นด้วยสายตาที่วัดได้ในกาแล็กซีขณะนี้ การขยายตัวของเอกภพด้วยอัตราเร่ง ซึ่งเชื่อว่าต้องมาจากพลังงานที่ไม่รู้จักมาก่อน เรียกกันว่า พลังงานมืด เป็นต้น

ประเทศไทยได้เข้าร่วมกับนานาชาติในการค้นคว้าพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาคเพื่อหาความรู้ใหม่ด้านฟิสิกส์อนุภาคมากกว่า 20 ปีแล้ว การเจริญสัมพันธ์มิตรระหว่างประเทศไทยและเชิร์น ที่กรุงเจนีวา แห่งประเทศสวิตเซอร์แลนด์นั้น เริ่มจากการเสด็จเยือนเชิร์นเป็นครั้งแรกของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ใน ค.ศ. 2000 นับเป็นจุดเปลี่ยนอันสำคัญยิ่งของประเทศไทย นับจากนั้นก็มีการเสด็จเยือนอีกหลายครั้ง ผู้บริหารและนักวิจัยของเชิร์นก็มาเยี่ยมเยียนมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยของไทยหลายครั้งเช่นกัน เกิดข้อตกลงความร่วมมือกันหลายฉบับระหว่างสถานีวิจัยของเชิร์น และมหาวิทยาลัยกับสถาบันวิจัยของไทย จนนำไปสู่การลงนามระดับระหว่างราชอาณาจักรไทยกับเชิร์นที่เรียกว่า ข้อตกลงความร่วมมือระหว่างประเทศ (ICA: International Cooperation

Agreement) ใน ค.ศ. 2018 ซึ่งทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้จัดขึ้น ณ วังสระปทุม กรุงเทพมหานคร นักเรียนมัธยม นิสิตนักศึกษา นักวิจัยไทยจากหลายมหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยได้เข้าร่วมงานเคียงบ่าเคียงไหล่กับนานาชาติที่เชิร์ช ที่เรียกกันว่า “วิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่ (big science)” ประเทศไทยจึงได้เข้าสู่ยุคใหม่ของ วิทยาศาสตร์ที่วัดด้วยฟิสิกส์อนุภาค ครั้นถึง ค.ศ. 2020 ก็นับได้ว่าเป็นการครบ 20 ปี ของความร่วมมือแล้วจึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้มีการจัดงานฉลองขึ้น ณ วัง สระปทุม กรุงเทพมหานคร ซึ่งในโอกาสนั้นทรงบรรยายพิเศษ “20 ปี ของความ สัมพันธ์ไทย-เชิร์ช” ถึงประสบการณ์ของพระองค์เองกับเชิร์ช สร้างความปิติยินดี ให้แก่ทุกคนที่ได้เข้าเฝ้าฯ รับฟังการบรรยายถึงพระมหากรุณาธิคุณที่ทรงมีต่อวงการ ฟิสิกส์อนุภาค (หมายเหตุ : การจัดงานต้องเลื่อนไป 1 ปีและจัดแบบออนไลน์ในปี ค.ศ. 2021 เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของไวรัสโควิด-19)

หนังสือ “เล่าเรื่องอนุภาค : อะตอม ควอร์ค เชิร์ชและพระมหากรุณาธิคุณ” มีทั้งหมด 9 ตอน เป็นการบรรยายประวัติศาสตร์การค้นพบอนุภาคมูลฐานทางฟิสิกส์ ให้ผู้อ่านที่มีได้มีพื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์ได้ติดตามวิวัฒนาการของการค้นพบในแต่ละ ยุคสมัยมาถึงปัจจุบัน การเขียนได้พยายามหลีกเลี่ยงการใช้คณิตศาสตร์ อนุภาคแต่ละ ตัวมีบุคลิกของมันเอง มีเหตุผลของการปรากฏตัวขึ้นตามกาลเวลา คล้ายตัวละครของ นิยายทั้งหลาย เริ่มจากตอนที่ 1 ของการเกิดคำว่า “อะตอม” การค้นพบอิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอนในอะตอม การค้นพบโครงสร้างอะตอมด้วยควอนตัมและ โฟตอน สอดคล้องกับผลการทดลอง ตอนที่ 2 ผู้อ่านจะได้พบว่าอนุภาคมิได้มีเพียงใน อะตอมเท่านั้นแต่ยังมาจากท้องฟ้าอีกด้วย การพบโพสิตรอนที่สร้างความประหลาดใจ ว่าทำไมจึงมีอนุภาคที่คุณสมบัติเหมือนอิเล็กตรอนทุกประการนอกจากประจุไฟฟ้า ของมันเท่านั้นที่เป็นบวก การค้นพบว่าอนุภาคยังเป็นพาหะของแรงได้ด้วย อนุภาค ลึกลับที่ชื่อว่า นิวทริโน ช่วยอธิบายว่าพลังงานไม่สูญหายไปไหน และการปรากฏตัว ของอนุภาคมิวออนที่เป็นญาติของอิเล็กตรอน ตอนที่ 3 บ่งถึงความสามารถของ นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต้องการจำลองการเกิดอนุภาคในท้องฟ้า เขาสร้าง

เครื่องเร่งให้อนุภาคมีพลังงานสูง ซึ่งเมื่อชนกันแล้วเกิดอนุภาคใหม่ได้ นักวิทยาศาสตร์ไม่ต้องเสี่ยงชีวิตของตนในการขึ้นไปบนที่สูง เช่น ภูเขาหรือบอลลูนอีกต่อไป เขาสามารถกลับมาทำงานในห้องปฏิบัติการได้อีก ตอนที่ 4 นักวิทยาศาสตร์ได้พบอนุภาคใหม่อีกมากมายและเริ่มจัดระเบียบของอนุภาคให้เป็นหมวดหมู่ได้เป็นครั้งแรกและประสบความสำเร็จมากขึ้นซึ่งอธิบายไว้ในตอนที่ 5 ถึงการค้นพบควาร์กที่อยู่ภายในโปรตอนและนิวตรอนรวมทั้งเครื่องวัดของมัน รวมเรียกว่า ฮาดรอน นอกจากนี้ยังพบบรรดาเครื่องวัดของอิเล็กตรอน ที่รวมเรียกว่า เลปตอน อีกด้วย ตอนที่ 6 อธิบาย **“แบบจำลองมาตรฐานของฟิสิกส์อนุภาค”** หลักชัยแรกแห่งความสำเร็จของนักวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์เมื่อมีการพบอนุภาคฮิกส์ที่ทำหน้าที่ให้มวลแก่อนุภาคมูลฐานอื่นใน ค.ศ. 2012 ตอนที่ 7 และ 8 บรรยายถึงพระมหากษัตริย์คุณของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ทรงเจริญสัมพันธไมตรีระหว่างประเทศไทยกับเชิร์น และตอนที่ 9 สรุปถึงความสำคัญและคุณประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งฟิสิกส์อนุภาคและเครื่องเร่งอนุภาค

ผู้เขียนมีประเด็นแรกๆที่ใคร่ขอเรียนว่า ในการเขียนหนังสือเล่มนี้นั้นได้ใช้ปีคริสต์ศักราชแทนพุทธศักราชในการบ่งเวลาของเหตุการณ์เพื่อให้สอดคล้องกับเหตุการณ์ในโลกตะวันตกเป็นสำคัญ หากต้องการเปลี่ยนเป็นปีคริสต์ศักราชเป็นพุทธศักราชก็บวกด้วยค่า 543 เข้ากับปีคริสต์ศักราช ก็จะได้ปีพุทธศักราชที่ต้องการ ประเด็นที่สอง การเขียนภาษาไทยทับศัพท์ภาษาอังกฤษนั้นได้ละเว้นการเขียนวรรณยุกต์ที่คำเหล่านี้ เมื่อถามผู้รู้ก็ได้รับคำตอบว่าคำภาษาอังกฤษเช่น “London” นิยมเขียนเป็นคำไทยว่า “ลอนดอน” มิใช่เขียนตามการออกเสียงว่า “ลันตัน” เป็นต้น หรือคำว่า “Washington” ก็นิยมเขียนภาษาไทยว่า “วอชิงตัน” มิใช่เขียนตามการออกเสียงว่า “วอชิงตัน” เช่นกัน

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้มีรากฐานมาจากการศึกษาดำรง หนังสือ และข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต และที่สำคัญอย่างยิ่ง จากประสบการณ์ที่ผู้เขียนได้รับพระมหา

กรุณาให้คุณให้ได้ตามเสด็จเยือนเชิร์ชและสถาบันวิจัยประเทศต่าง ๆ รวมทั้งการได้รับพระราชทานพระอนุญาตให้นำเนื้อหาเกี่ยวกับพระราชดำริและพระราชกรณียกิจมาลงในตอนที่ 7 และ 8 และทรงแนะนำให้เพิ่มเนื้อหาของสถาบันเดซี ซึ่งผู้เขียนได้นำมาลงไว้ในตอนที่ 5 รวมทั้งการนำพระราชดำรัสที่ทรงมีต่อที่ประชุมผู้ได้รับรางวัลโนเบล ณ เมืองลินเคา สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี มาลงไว้ในตอนที่ 9 อีกด้วย ผู้เขียนรู้สึกสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณอย่างหาที่สุดมิได้ นอกจากนี้ ผู้เขียนยังขอขอบคุณผู้ที่ได้เข้าร่วมงานในโครงการความสัมพันธ์ไทย-เชิร์ชตามพระราชดำริฯ ทุกคน ส่งผลให้ประเทศไทยยกระดับขึ้นมาเคียงบ่าเคียงไหล่กับนานาชาติจนทุกวันนี้ ขอขอบคุณ ดร.บุรินทร์ อัสวพิภพ ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการจัดทำหนังสือเล่มนี้

ศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์

กันยายน 2565

1	เริ่มต้น : อนุภาคในอะตอม (ค.ศ. 1897-1932)	1
2	อนุภาคจากท้องฟ้า : รังสีคอสมิก (ค.ศ. 1932-1947)	15
3	เครื่องเร่งอนุภาค (ค.ศ. 1928-ปัจจุบัน)	33
4	อนุภาคแปลกและการจัดระเบียบของอนุภาค (ค.ศ. 1947-1960)	51
5	หนทางทั้ง 8 และควอร์ก (ค.ศ. 1961-1964)	65
6	แบบจำลองมาตรฐาน : หลักชัยแรกของนักฟิสิกส์ (กลางยุค ค.ศ. 1970-ปัจจุบัน)	85
7	ความสัมพันธ์ไทย-เชิร์น ตามพระราชดำริฯ ตอนที่ 1 : การพัฒนากำลังคน คอมพิวเตอร์ระบบกริด และการวิจัยพัฒนาร่วมกับเชิร์น (ค.ศ. 2000-ปัจจุบัน)	95
8	ความสัมพันธ์ไทย-เชิร์น ตามพระราชดำริฯ ตอนที่ 2 : การประยุกต์เครื่องเร่งอนุภาคในประเทศไทย (ค.ศ. 2015-ปัจจุบัน)	111
9	สรุป	125
	ภาคผนวก	133
	บรรณานุกรม	141
	ที่มาของภาพ	143
	ประวัติผู้เขียน	149

1

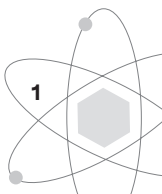
เริ่มต้น :

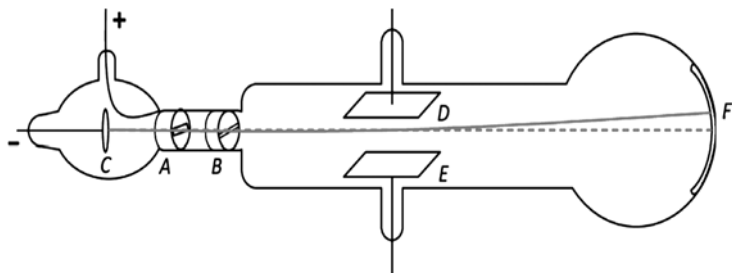
อนุภาคในอะตอม (ค.ศ. 1897-1932)

อะตอม อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน

เมื่อราว 400 ปีก่อนคริสต์ศักราช นักปราชญ์กรีกชื่อ ลูซิปปุส (Leucippus) และศิษย์ของเขาชื่อ เดโมคริตุส (Democritus) เสนอว่า สสารทั้งหลายประกอบขึ้นมาจากหน่วยที่เล็กมากจนไม่อาจจะทำลายหรือแบ่งแยกให้เล็กลงไปอีกแล้ว หน่วยนี้เรียกเป็นภาษากรีกว่า “**atomos**” ซึ่งต่อมาเป็นภาษาอังกฤษ “**atom**” และภาษาไทย “**อะตอม**” เขาไม่สามารถทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่จะพิสูจน์ข้อเสนอนี้ได้ มันจึงเป็นเพียงปรัชญาเท่านั้น จนกระทั่งต้นคริสต์ศักราช 1800 ดัลตัน (John Dalton, ค.ศ. 1766-1844) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้เสนอทฤษฎีอะตอมที่ความเป็นวิทยาศาสตร์สามารถยืนยันด้วยผลการทดลองได้ เขาจึงได้ชื่อว่าเป็นบิดาของทฤษฎีอะตอมยุคใหม่

อะตอมแยกให้เล็กลงไปอีกไม่ได้จริงหรือ ? ใน ค.ศ. 1897 ทอมสัน (Joseph John Thomson หรือนิยมเรียกย่อ ๆ กันว่า J.J. Thomson, ค.ศ. 1856-1940) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษแห่งห้องปฏิบัติการคาเวนดิช มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ได้ศึกษารังสีแคโทดที่ปลดปล่อยออกมาจากโลหะซึ่งเป็นขั้วลบ (แคโทด) แล้ววิ่งไปยังขั้วบวก (แอโนด) ในหลอดแก้วสุญญากาศ และพบว่ารังสีนี้หักเหในสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กที่บ่งบอกว่ามันมีประจุลบ แสดงว่ารังสีนี้แท้ที่จริงประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุลบ ซึ่งก็คืออิเล็กตรอนที่เรารู้จักกันในปัจจุบัน





รูปที่ 1.1 โครงสร้างของหลอดรังสีแคโทดแบบที่ทอมสันใช้ในการทดลองลำอิเล็กตรอนปลดปล่อยออกมาจากแคโทด (C) วิ่งผ่านรูเปิดของแอโนด (A) รูเปิดของศักย์ไฟฟ้าที่เป็นศูนย์ (ground) (B) ช่องว่างระหว่างแผ่นอะลูมิเนียม (D) และ (E) ซึ่งทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้า แล้วไปกระทบฉากเรืองแสง (F) ลำรังสีนี้จะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กได้ (Source: Reprinted figure with permission from Simon Maher, Fred P. M. Jjunju, and Stephen Taylor, Colloquium: 100 years of mass spectrometry: Perspectives and future trends, Rev. Mod. Phys. 87, 113, 2015. Copyright (2015) by the American Physical Society.)

ระหว่าง ค.ศ. 1917-1925 รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford, ค.ศ. 1871-1937) แห่งห้องปฏิบัติการคาเวนดิชเช่นกัน พบว่า เมื่ออนุภาคแอลฟาซึ่งมีประจุบวก (ต่อมาภายหลังพบว่าอนุภาคแอลฟานี้คือ นิวเคลียสของฮีเลียม) ความเร็วสูงชนเข้ากับ นิวเคลียสของไนโตรเจน มันจะสลายตัว ปลดปล่อยนิวเคลียสของไฮโดรเจนออกมา การทดลองที่คล้ายกันแต่เปลี่ยนจากไนโตรเจนไปเป็นโบรอน ฟลูออรีน นีออน โซเดียมและธาตุอื่น ๆ ก็พบว่า นิวเคลียสของไฮโดรเจนก็ได้รับการปลดปล่อยออกมาเช่นกัน เขาจึงสรุปว่านิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของนิวเคลียสของธาตุอื่น เขาเรียกมันว่า โปรตอน ซึ่งมาจากภาษากรีก “proto” แปลว่า “first” มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก

ใน ค.ศ. 1932 เพื่อนร่วมงานของรัทเทอร์ฟอร์ด ชื่อ แชดวิก (James Chadwick, ค.ศ. 1891-1974) ประสบความสำเร็จในการค้นพบนิวตรอน ซึ่งมีมวลใกล้เคียงกับโปรตอนมากแต่ไร้ประจุไฟฟ้า การค้นพบนิวตรอนช่วยให้สรุปยุคเริ่มต้นของอนุภาคมูลฐานของฟิสิกส์ที่เข้าใจง่ายในการตอบคำถามว่า “สสารประกอบด้วย

