# 6 นักวิทยาศาสตร์
## ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก

6 นักวิทยาศาสตร์ ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก

เรียบเรียงโดย สุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข

# 6 นักวิทยาศาสตร์ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก

# 6 นักวิทยาศาสตร์ ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก

© สงวนลิขสิทธิ์ โดย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
ห้ามคัดลอกข้อมูลไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาต

| | |
|---|---|
| ISBN | 978-616-12-0088-6 |
| พิมพ์ครั้งแรก | พฤศจิกายน 2553 |
| จำนวน | 5,000 เล่ม |

**เจ้าของผู้พิมพ์** สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
**ที่ปรึกษา** ดร.สมพร จองคำ มานิตย์ ซ้อนสุข ศักดา เจริญ
ดร.สิรินาฏ เลาหะโรจนพันธ์
**เรียบเรียงโดย** สุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข
**พิมพ์ที่** โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ
โทรศัพท์ 0 2223 3351
**จัดพิมพ์และเผยแพร่** สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
โทรศัพท์ 0 3739 2901-6 โทรสาร 0 3739 2913
www.tint.or.th

# คำนำ

ชีวประวัติของนักวิทยาศาสตร์ 6 ท่านที่มีส่วนร่วมค้นคว้าเพื่อต่อท่อนำเอาพลังงานนิวเคลียร์ออกมาจากนิวเคลียสของอะตอมได้สำเร็จ ที่ท่านกำลังจะได้อ่านนี้ อันที่จริงก็คือเรื่องราวประวัติการค้นพบพลังงานนิวเคลียร์ แต่เป็นการเล่าในอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งนอกจากจะได้เห็นความสำเร็จของการค้นพบ ว่าเกิดขึ้นได้จากอัจฉริยภาพและบุคลิกเฉพาะตัวของแต่ละบุคคลอย่างแท้จริงแล้ว ท่านผู้อ่านยังจะได้ทราบถึงระบบการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนกลิ่นอายวัฒนธรรมของชาติยุโรป โดยเฉพาะภาษา ซึ่งได้เก็บชื่อบุคคล ชื่อเมือง และชื่อสถานที่ ตามชาติภาษาของบุคคลเชื้อชาตินั้น ๆ ที่กำลังกล่าวถึง โดยใช้อ้างอิงตามที่ราชบัณฑิตยสถานได้บัญญัติไว้ ส่วนที่ไม่มีบัญญัติไว้ ก็ใช้หลักการทับศัพท์ของราชบัณฑิตยสถานเช่นกัน

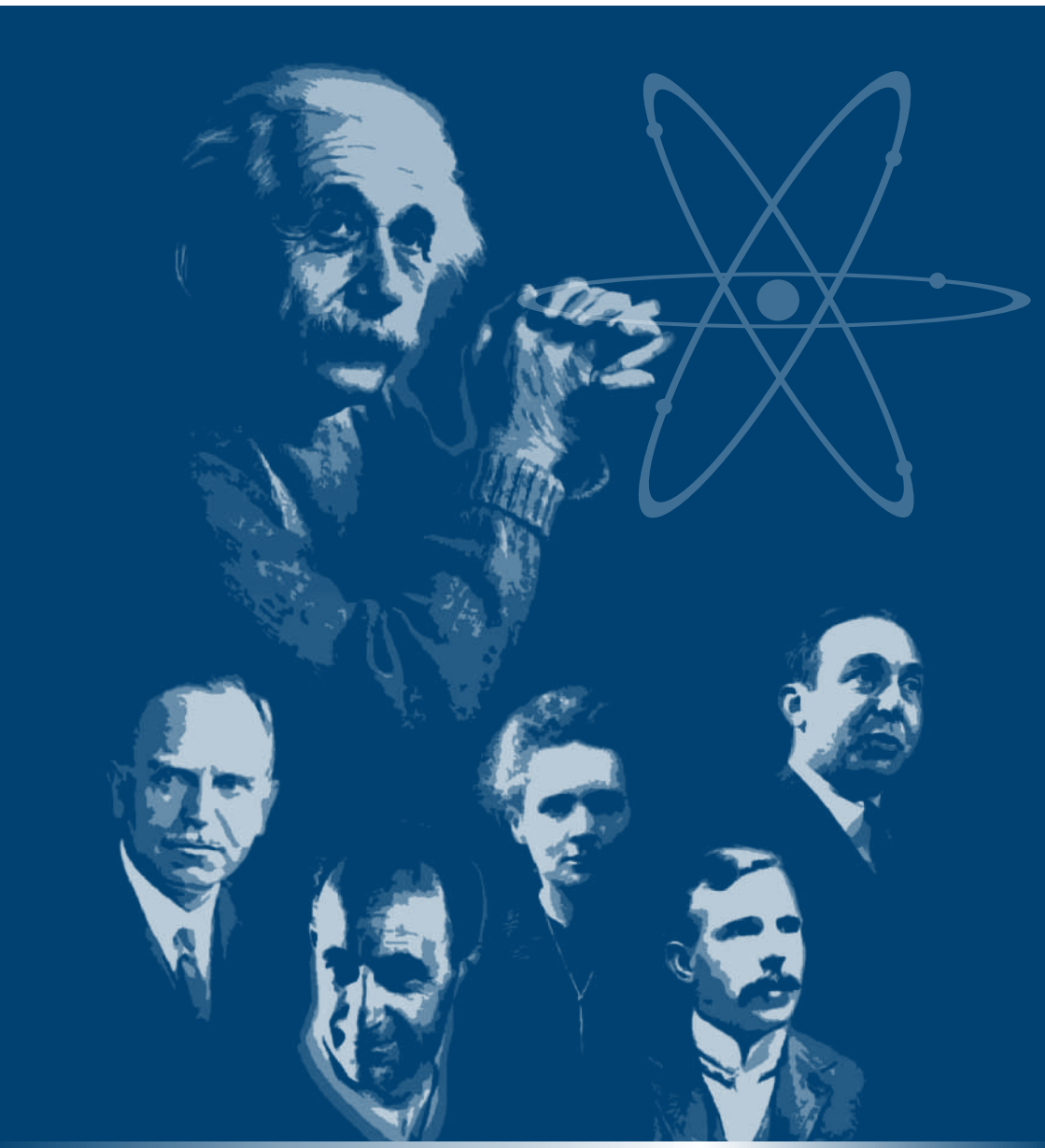
ผู้เรียบเรียงหวังว่า ท่านผู้อ่านจะได้รับความรู้เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ แนวคิด หลักการทำงาน ภาษายุโรป และสนุกไปกับเกร็ด “ประวัติศาสตร์กระซิบ” ที่ได้แทรกไว้ในเนื้อหาชีวประวัติของแต่ละท่านอีกด้วย

**สุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข**

# สารบัญ


| | |
|---|---|
| ลำดับเหตุการณ์ | 9 |
| ปฐมบท | 15 |
| มารี กูรี | 21 |
| แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ | 31 |
| เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด | 43 |
| ออทโท ฮาน | 55 |
| ลีโอ ซีลาร์ด | 65 |
| เอนรีโก แฟร์มี | 79 |
| บทส่งท้าย | 93 |
| ประวัติผู้เรียบเรียง | 99 |

6 นักวิทยาศาสตร์ ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก



# ลำดับเหตุการณ์

# ลำดับเหตุการณ์ (Timeline)

- **430 ปีก่อนคริสตกาล** ปราชญ์ชาวกรีกชื่อ ดีโมคริตุส เสนอทฤษฎีอะตอมว่า สสารประกอบขึ้นจาก อะตอม (แปลว่าตัดแบ่งไม่ได้) ซึ่งเป็น 1) ของแข็ง 2) แบ่งแยกต่อไปอีกไม่ได้ 3) คงอยู่ไปเป็นนิรันดร์ 4) เป็นเนื้อเดียวและเหมือนกันทุกประการในแต่ละสาร 5) มีจำนวนชนิดที่จำกัด
- **341-270 ปีก่อนคริสตกาล** อาริสโตเติลไม่เห็นด้วยกับดีโมคริตุส และเห็นว่า สสารประกอบขึ้นจากธาตุ 4 ชนิดคือ ไฟ ดิน ลม และน้ำ และความคิดนี้ก็เชื่อสืบต่อกันมานับพันปี
- **ค.ศ. 1660** ปีแอร์ กาสซองดี เขียนหนังสือต่อต้านแนวคิดธาตุ 4 ของ อาริสโตเติล ที่เชื่อถือกันมาเกือบ 2000 ปี
- **ค.ศ. 1660** รอเบิร์ต บอล์ย เสนอ ธาตุ ในแนวคิดใหม่โดยสังเกตจากสสารที่รู้จักกันในขณะนั้น เช่น ทองคำ เงิน ว่าประกอบขึ้นจากธาตุชนิดเดียวกัน
- **ค.ศ. 1771** อองตวน ลาวัวซีเย รวบรวมจัดทำบัญชีธาตุได้ 28 ธาตุ
- **ค.ศ. 1789** มาร์ติน แคล็ปรอท ค้นพบธาตุ ยูเรเนียม และเป็นธาตุที่เกิดตามธรรมชาติที่หนักที่สุด
- **ค.ศ. 1828** เยิน ยาคอบ เบอร์เซเลียส ค้นพบธาตุ ทอเรียม
- **ค.ศ. 1868** ดีมีตรี เมนเดเลเยฟ เสนอกฎเกณฑ์การจัดเรียงลำดับธาตุจากสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของธาตุ และเรียงตามน้ำหนักเชิงอะตอมจากน้อยไปหามาก ซึ่งพัฒนาต่อมาภายหลังเป็น ตารางพีริออดิก
- **ค.ศ. 1704** เซอร์ไอแซก นิวตัน เห็นด้วยกับแนวคิดเรื่องอะตอมโดยเขียนไว้ว่า “.....ข้าฯ เชื่อว่าพระเจ้าสร้างสสารจากอนุภาคที่เป็นของแข็ง มีมวลมาก แข็ง เจาะทะลวงไปไม่ได้ และเคลื่อนที่ได้...พระเจ้าอาจสร้างสสารขึ้นจากอนุภาคที่มีหลากหลายขนาดและรูปร่าง...”

- **ค.ศ. 1803** จอห์น ดอลตัน เสนอว่า อะตอม มีอยู่จริง และได้ตีพิมพ์ตารางน้ำหนักของอะตอมชนิดต่าง ๆ เป็นครั้งแรก และเป็นจุดเริ่มต้นของทฤษฎีอะตอมสมัยใหม่
- **ค.ศ. 1833** ไมเคิล ฟาราเดย์ ค้นพบกฎทางเคมีไฟฟ้าว่า (ถ้ายอมรับทฤษฎีอะตอมแล้ว) อะตอมของสสารที่มาทำปฏิกิริยากันได้พอดีจะสัมพันธ์กันด้วยปริมาณไฟฟ้าที่เท่ากัน
- **ค.ศ. 1855** ไฮน์ริช ไกส์สเลอร์ พัฒนาปั๊มสุญญากาศแบบใช้ปรอท และนำมาทำสุญญากาศในหลอดแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าแคโทดและแอโนดอยู่ที่ปลายหลอดแต่ละข้าง เรียกว่า หลอดไกส์สเลอร์ ซึ่งมีผู้พัฒนาต่อไปเป็น หลอดรังสีแคโทด ซึ่งเมื่อผ่านรังสีเข้าไปในหลอดจะมีแสงเรืองสีเขียวเกิดขึ้นในหลอดเรียกว่า รังสีแคโทด ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จำนวนหนึ่งเชื่อว่าเป็นคลื่นแบบเดียวกับรังสีอัลตราไวโอเลต
- **ค.ศ. 1858-1865** ยูลิอุส พลือเคอร์ พัฒนาหลอดรังสีแคโทด และศึกษาสมบัติของรังสีแคโทดว่าเกิดการเบนได้เมื่อแหย่แท่งแม่เหล็กไปที่หลอด
- **ค.ศ. 1869** โยฮัน ฮิตทอร์ฟ แสดงให้เห็นว่ารังสีแคโทดเคลื่อนไปเป็นเส้นตรงจากแคโทดไปยังปลายหลอดด้านแอโนด โดยติดตั้งของแข็งบังระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองไว้ในหลอด
- **ค.ศ. 1871** เซอร์วิลเลียม ครูกส์ เสนอว่ารังสีแคโทดประกอบด้วยโมเลกุลที่ได้รับประจุลบจากแคโทดและถูกแคโทดผลักออกมา
- **ค.ศ. 1876** ออยเกน โกลด์ชไตน์ ศึกษารังสีแคโทด และเป็นครั้งแรกที่เสนอให้เรียกชื่อว่า รังสีแคโทด
- **ค.ศ. 1881** เฮอร์แมน ลุดวิก ฟอน เฮล์มโฮลตส์ แสดงให้เห็นว่าประจุไฟฟ้าในอะตอมมีขนาดจำเพาะเป็นส่วน ๆ กล่าวคือ ไฟฟ้ามีหน่วยที่เล็กที่สุดขนาดหนึ่ง
- **ค.ศ. 1884** สวันเต อาร์เรเนียส เสนอในวาทนิพนธ์ระดับปริญญาเอกของเขาว่า โมเลกุลหรืออะตอมที่ตามปกติไม่มีประจุไฟฟ้า อาจเกิดมีประจุไฟฟ้าบวกหรือลบได้ (เรียกว่า ไอออน)
- **ค.ศ. 1892** ฟิลิปป์ ฟอน เลนาร์ด เจาะช่องหน้าต่างที่ปลายหลอดรังสีแคโทดด้านแอโนดและปิดด้วยแผ่นอะลูมิเนียม พบว่าเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในหลอด รังสีแคโทดที่เกิดขึ้นสามารถผ่านแผ่นอะลูมิเนียมออกมาได้ ซึ่งเป็นการเข้าใจผิด เพราะรังสีที่ผ่านออกมานั้นพิสูจน์ในภายหลังว่าคือ รังสีเอกซ์
- **ค.ศ. 1894** โจเซฟ จอห์น ทอมสัน ศึกษารังสีแคโทด พบว่าเคลื่อนไปด้วยความเร็วต่ำกว่าแสงเป็นอันมาก

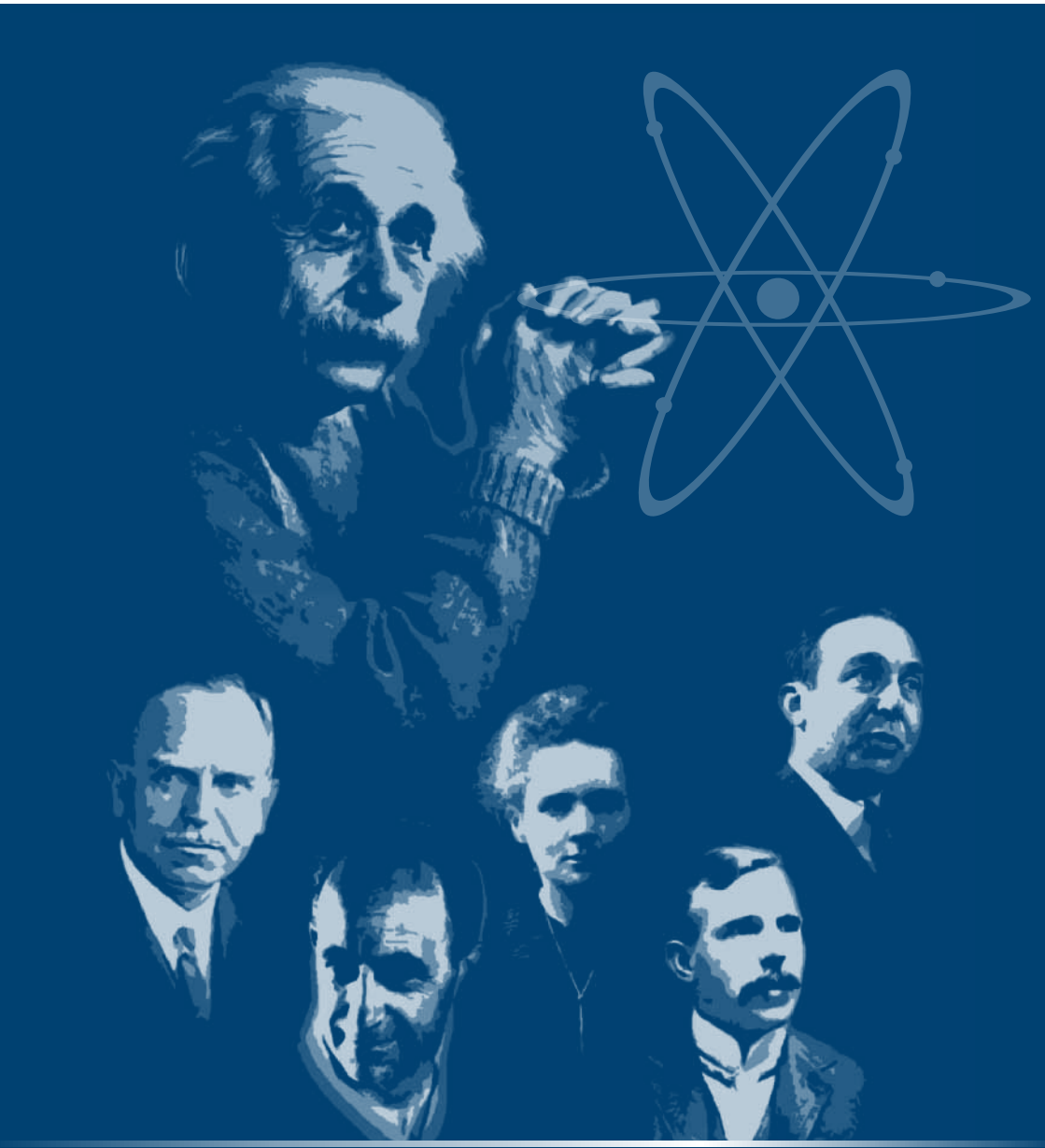
- **ค.ศ. 1894** จอร์จ สโตนีย์ เสนอคำว่า อิเล็กตรอน สำหรับเรียกหน่วยที่เล็กที่สุดของไฟฟ้า
- **ค.ศ. 1895** ชอง บัปติสต์ เปแรง พิสูจน์ว่ารังสีแคโทดไม่ใช่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า แต่เป็นอนุภาคที่มีมวล
- **ค.ศ. 1895** วิลเฮล์ม เรินต์เกน ค้นพบรังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ว่าทะลุผ่านออกมาจากหลอดรังสีแคโทด
- **ค.ศ. 1896** อองรี แบ็กเกอแรล ค้นพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี คือ พบว่าธาตุยูเรเนียมมีการปล่อยรังสีออกมา
- **ค.ศ. 1897** โจเซฟ จอห์น ทอมสัน ค้นพบ อิเล็กตรอน กล่าวคือ พบว่ารังสีแคโทดก็คือกระแสของอนุภาคอิเล็กตรอน และพิสูจน์ว่าอนุภาคนี้มีประจุลบ นอกจากนี้ยังพบว่าอิเล็กตรอนมีขนาดเล็กกว่าอะตอมธาตุไฮโดรเจนซึ่งทราบกันว่าเป็นอะตอมที่มีขนาดเล็กที่สุดประมาณ 2000 เท่าตัว นับเป็นครั้งแรกที่มีการค้นพบอนุภาคที่เล็กกว่าอะตอม
- **ค.ศ. 1899** โจเซฟ จอห์น ทอมสัน พิสูจน์ว่า ไอออนของอะตอมไฮโดรเจนซึ่งมีประจุเป็นบวกมีขนาดของประจุเท่ากับขนาดประจุลบของอิเล็กตรอน (ประจุตรงข้ามกันแต่มีขนาดประจุเท่ากัน)
- **ค.ศ. 1899** เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด พบว่ารังสีที่ปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีปล่อยออกมามี 2 ชนิด ซึ่งชนิดหนึ่งเป็นอนุภาคมีประจุบวกเขาให้ชื่อว่ารังสีแอลฟา และอีกชนิดหนึ่งเป็นอนุภาคมีประจุลบเขาให้ชื่อว่ารังสีบีตา
- **ค.ศ. 1900** แบ็กเกอแรล ตรวจสอบรังสีบีตาพบว่าก็คืออนุภาคอิเล็กตรอน
- **ค.ศ. 1900** ปอล วียาร์ ค้นพบรังสีแกมมา กล่าวคือเขาพบว่าอันที่จริงปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสียังปล่อยรังสีชนิดที่ 3 ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเดียวกับรังสีเอกซ์ออกมาด้วย เรียกว่า รังสีแกมมา
- **ค.ศ. 1902** ลอร์ดเคลวิน เสนอแนะว่าเนื่องจากตามปกติอะตอมไม่มีประจุ แต่ในสารอิเล็กโทรไลต์อะตอมมีประจุได้ ดังนั้นอะตอมคงเป็นสารเนื้อเดียวที่มีประจุบวก และมีอนุภาคอิเล็กตรอนที่มีประจุลบฝังตัวอยู่ โดยมีประจุบวกและประจุลบเท่า ๆ กัน
- **ค.ศ. 1902** เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด พบว่าธาตุที่เกิด ปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีเมื่อปล่อยรังสีออกมาแล้ว ยังเกิด การแปรธาตุ เป็นธาตุอื่นด้วย
- **ค.ศ. 1903-1904** โจเซฟ จอห์น ทอมสัน ทดสอบพบว่าอะตอมมีเสถียรภาพสูงมาก จึงสนับสนุนความคิดของลอร์ดเคลวิน คือเห็นว่าโครงสร้างของอะตอมมีลักษณะเหมือน

ก้อนเค้กพุดดิงลูกพลัมที่มีประจุบวก และมีลูกเกดหรือเศษชิ้นลูกพลัมที่เทียบได้กับอนุภาคอิเล็กตรอน กระจายอยู่ในเนื้อเค้กพุดดิง โครงสร้างของอะตอมแบบนี้ได้ชื่อว่า plum pudding model

- **ค.ศ. 1905** แอลเบิร์ต ไอนสไตน์ เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพระหว่างมวลและพลังงาน อันเป็นที่มาของสมการมวลและพลังงาน $E=mc^2$
- **ค.ศ. 1906-1911** เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด กับผู้ช่วยคือ ฮันส์ ไกเกอร์ และ เออร์เนสต์ มาร์สเดน ศึกษาการกระเจิงของรังสีแอลฟาที่มีประจุบวกทะลุผ่านแผ่นไมกา ภายหลังใช้แผ่นทองคำเปลว เพื่อพิสูจน์ว่าโครงสร้างของอะตอมเป็นแบบขนมพุดดิงลูกพลัมหรือไม่
- **ค.ศ. 1911** รัทเทอร์ฟอร์ด ค้นพบ นิวเคลียส ของอะตอม โดยสรุปจากการทดลองหลายปีที่ผ่านมา ว่าอะตอมมีโครงสร้างที่มีนิวเคลียสประจุบวกเล็ก ๆ อยู่ตรงกลาง และเนื้อที่ส่วนใหญ่ของอะตอมแทบว่างเปล่าโดยมีอนุภาคอิเล็กตรอนที่มีประจุลบอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส
- **ค.ศ. 1913** นีลส์ โบร์ เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสว่ามีสถานะพลังงานเป็นช่วง ๆ (หรือควอนตัม)
- **ค.ศ. 1913** เฮนรี โมสลีย์ ใช้สเปกตรัมของรังสีเอกซ์ของแต่ละธาตุเป็นตัวกำหนด “เลขเชิงอะตอม” ซึ่งใช้สำหรับเรียงลำดับธาตุในตารางพีริออดิก
- **ค.ศ. 1913** ฮันส์ ไกเกอร์ ประดิษฐ์เครื่องวัดรังสีขึ้นเป็นครั้งแรก เรียกว่า survey meter
- **ค.ศ. 1919** เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด เสนอแนวคิดว่า นิวเคลียสของอะตอมมีอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้ารียกว่า นิวตรอน อยู่ด้วย
- **ค.ศ. 1920** เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด ค้นพบ โปรตอน ซึ่งเป็นอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของนิวเคลียส และมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก
- **ค.ศ. 1932** เจมส์ แชดวิก ค้นพบ นิวตรอน เป็นองค์ประกอบในนิวเคลียสของอะตอม จากการทดลองการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์
- **ค.ศ. 1932** แพทริก แบล็กเกตต์ และ เดวิด แอนเดอร์สัน ต่างคนต่างค้นพบ โพซิตรอน
- **ค.ศ. 1932** จอน ค็อกครอฟต์ และ เออร์เนสต์ วอลตัน ประดิษฐ์ เครื่องเร่งอนุภาคสำหรับใช้ระดมยิงอนุภาคเข้าไปในนิวเคลียส
- **ค.ศ. 1933** โวล์ฟกัง เพาลี เสนอว่าในนิวเคลียสมีอนุภาคอื่นอีกเรียกว่า นิวทริโน

- **ค.ศ. 1934** อีแรน และ เฟรเดริก โชลิโย-กูรี แสดงให้เห็น ปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีโดยมนุษย์ทำให้เกิดขึ้นได้เป็นครั้งแรก โดยการระดมยิงอะลูมิเนียมด้วยรังสีแอลฟา แล้วเกิดการแปรธาตุไปเป็นฟอสฟอรัส
- **ค.ศ. 1935** ฮิเดะกิ ยุกะวะ เสนอทฤษฎี แรงนิวเคลียร์ ภายในนิวเคลียส โดยมีอนุภาคมีซอนทำให้นิวตรอนเกาะกับโปรตอนได้
- **ค.ศ. 1939** ออทโท ฮาน และ ฟริทซ์ ชตราสส์มันน์ ระดมยิงอะตอมยูเรเนียมด้วยนิวตรอน และสังเกตพบ การแบ่งแยกนิวเคลียส หรือ ฟิชชัน เกิดขึ้น โดยเกิดเป็นอะตอมแบเรียมและคริปทอน
- **ค.ศ. 1941** เกล็น ซีบอร์ก ประดิษฐ์ธาตุ พลูโทเนียม-239 ซึ่งเป็นธาตุหลังยูเรเนียม
- **ค.ศ. 1942** เอนริโก แฟร์มี นำทีมสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลกชื่อว่า ชิคาโกไพล์-1 ซึ่งสามารถทำให้เกิดและควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่แบ่งแยกนิวเคลียสได้สำเร็จ
- **ค.ศ. 1945** เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม โครงการแมนแฮตตันของสหรัฐอเมริกาทดลองจุดระเบิดลูกระเบิดนิวเคลียร์สำเร็จเป็นครั้งแรกในทะเลทรายที่อะลาโมกอร์โด มลรัฐนิวเม็กซิโก
- **ค.ศ. 1945** เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม สหรัฐอเมริกาทิ้งลูกระเบิดยูเรเนียมชื่อว่า ลิตเทิลบอย ที่เมืองฮิโรชิมา และวันที่ 9 สิงหาคม ทิ้งระเบิดพลูโทเนียมที่เมืองนางาซากิ ประเทศญี่ปุ่น
- **ค.ศ. 1951** การทดลองเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นครั้งแรก ที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไอดาโฮ
- **ค.ศ. 1956** ไคลด์ โคแวน และ เฟรเดอริก ไรนส์ ทดลองยืนยันว่ามีอนุภาคนิวทริโน
- **ค.ศ. 1945** เมอร์รี เกลแมน และ จอร์จ สวิก เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับควาร์ก
- **ค.ศ. 1969** ริชาร์ด เทเลอร์ เฮนรี เคนดอลล์ และ เจโรม ฟรีดแมน ทำการทดลองที่แสดงว่าโปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยควาร์ก

# 6 นักวิทยาศาสตร์ ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก



ปฐมบท

# ปฐมบท

ปฐมบทของการค้นหาพลังงานนิวเคลียร์ก็คือ การค้นพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี (radioactivity) โดยเรื่องเริ่มต้นจากการค้นพบรังสีเอกซ์จากการศึกษาทดลองกับหลอดรังสีแคโทด (cathode ray tube เรียกสั้น ๆ ว่า CRT หรือหลอดซีอาร์ที) ของนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อว่า วิลเฮล์ม คอนราด เรินต์เกน (Wilhelm Conrad Roentgen) เมื่อปลาย ค.ศ. 1895 จากนั้นการค้นพบอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตาม ๆ กันมาเป็นลูกโซ่ โดยที่ปลายโซ่ก็คือ **การค้นพบและใช้ประโยชน์พลังงานนิวเคลียร์**

จากการค้นพบรังสีเอกซ์ของเรินต์เกนนี้เองที่เกิดการเชื่อมต่อมาสู่โซ่ข้อแรกของการค้นพบทางนิวเคลียร์ โดยในการประชุมประจำสัปดาห์ของบัณฑิตยสถานสำนักวิทยาศาสตร์ประเทศฝรั่งเศส เมื่อวันที่ 20 มกราคม 1896 อองรี ปวงกาเร (Henri Poincaré) ได้นำเรื่องการค้นพบรังสีเอกซ์พร้อมภาพเอกซเรย์กระดูกของเรินต์เกนมาอธิบายในที่ประชุม และตั้งข้อสังเกตว่า รังสีเอกซ์จะถูกปลดปล่อยออกมาจากวัตถุเปล่งแสงอื่นใดได้ด้วยหรือไม่ ซึ่ง อองรี แบ็กเกอแรล (Henri Becquerel) ได้นั่งฟังอยู่ด้วยความสนใจ และเขาเหมาะกับโจทย์ข้อนี้ที่สุด เพราะว่าพ่อของแบ็กเกอแรลเป็นผู้เชี่ยวชาญเรื่องการเรืองแสง (phosphorescence) มาก่อน และตัวเขาเองก็มีความชำนาญด้านนี้รวมทั้งศาสตร์ด้านการถ่ายรูปด้วย นอกจากนี้เขายังมีวัสดุเรืองแสง (phosphorescence material) เก็บไว้หลายชนิด ดังนั้น แทบจะในวันรุ่งขึ้นแบ็กเกอแรลก็เริ่มงานค้นหารังสีเอกซ์จากวัสดุเรืองแสงที่เขามีอยู่ในทันที

การเรืองแสงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดกับวัสดุเรืองแสง เช่น ฟอสฟอรัส ซึ่งเมื่อได้รับพลังงานโดยอาจจะเป็นแสงอาทิตย์ก็ได้ มันจะคายพลังงานนั้นกลับออกมาเห็นเป็น

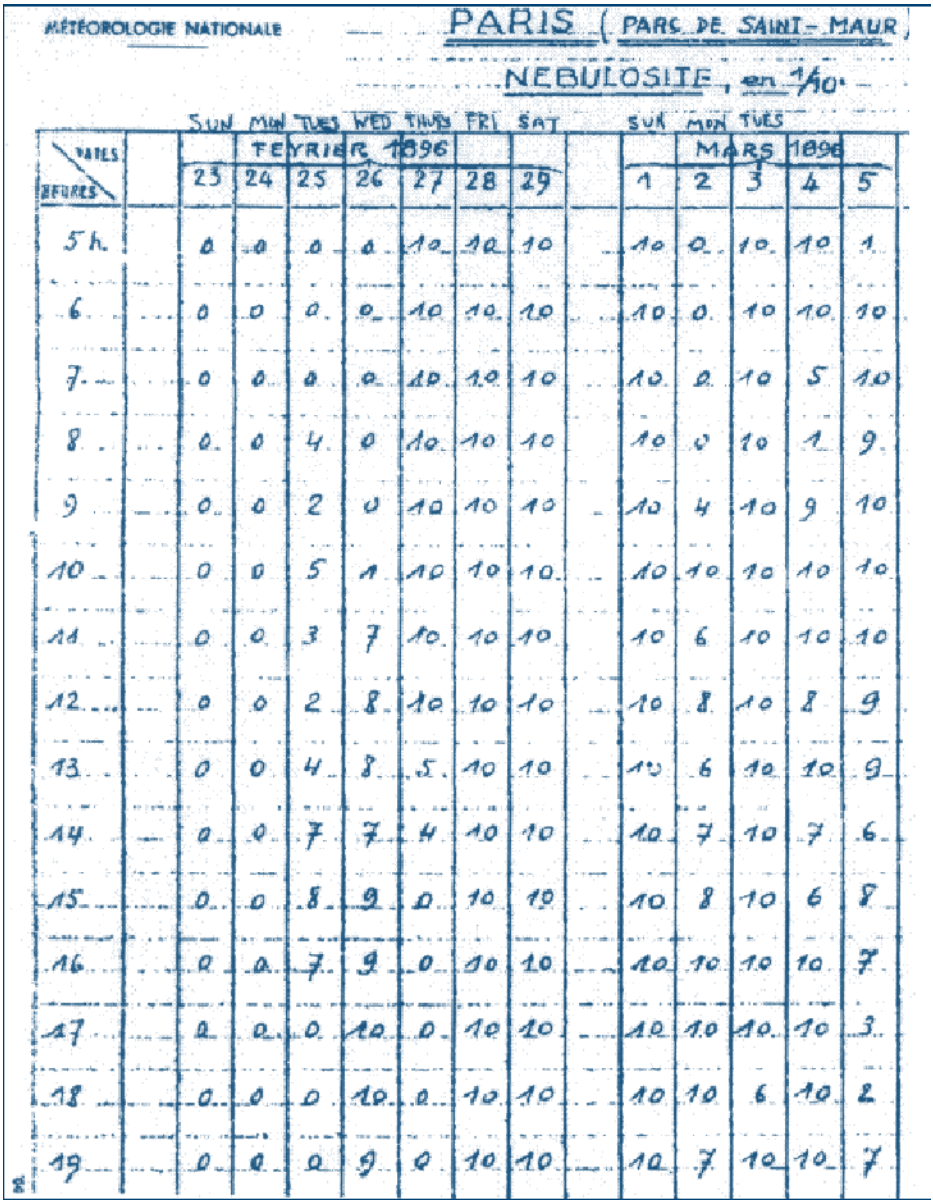
*วิลเฮล์ม คอนราด เรินต์เกน*

*อองรี แบ็กเกอแรล*

แสงสว่างเรืองเป็นเวลาสั้น ๆ ดังนั้นการทดลองของแบ็กเกอแรลก็คือ หาว่าแสงเรืองใดที่มีพลังงานทะลุทะลวงสูงเช่นเดียวกับรังสีเอกซ์

วิธีทดลองของแบ็กเกอแรลก็โดยใช้แผ่นไวแสง (กระจกเคลือบด้วยสารประกอบเงินโบรไมด์) ห่อด้วยกระดาษดำแล้ววางวัสดุเรืองแสงไว้ด้านบน จากนั้นก็นำไปตากแดดให้เกิดการเรืองแสงสักพักใหญ่ หากแสงเรืองจากวัสดุชนิดใดสามารถทะลุผ่านกระดาษดำเข้าไปได้ ก็จะทำให้เกิดเป็นรอยฝ้าดำบนแผ่นไวแสงได้ (ต้องเอาไปล้างแบบล้างฟิล์มก่อนจึงจะเห็น) เขาทดลองกับวัสดุเรืองแสงทุกชนิดที่มีอยู่แต่ไม่ประสบความสำเร็จ ยังขาดแต่สารยูเรนิลโพแทสเซียมซัลเฟตที่มีผู้อื่นยืมไปและเพิ่งนำมาคืนภายหลัง แบ็กเกอแรลจึงได้ทดลองกับวัสดุชนิดนี้ที่มียูเรเนียมเป็นองค์ประกอบราวกลางเดือนกุมภาพันธ์ 1896 และเป็นแสงเรืองชนิดเดียวที่ทำให้แผ่นไวแสงเกิดฝ้าดำ ๆ ได้

ในการทดลองซ้ำโดยเพิ่มชั้นความหนาของกระดาษดำปรากฏว่าท้องฟ้าเหนือกรุงปารีสตอนปลายเดือนกุมภาพันธ์ที่กำลังหมดฤดูหนาวและย่างเข้าฤดูใบไม้ผลินั้นมีแต่เมฆติดต่อกันหลายวันจนแทบไม่มีแสงแดดเลย ตัวอย่างของแบ็กเกอแรลจึงถูกแดด

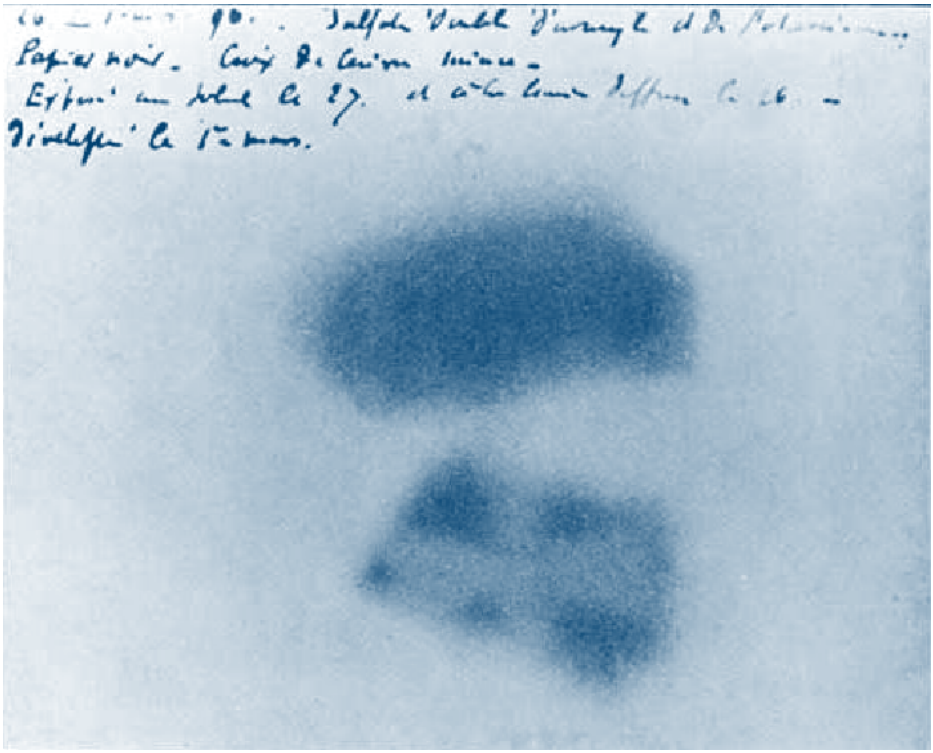


METEOROLOGIE NATIONALE — PARIS ( PARC DE SAINT-MAUR )

NEBULOSITE, en 1/10.

| PARIS / HEURES | SUN 23 | MON 24 | TUES 25 | WED 26 | THUR 27 | FRI 28 | SAT 29 | SUN 1 | MON 2 | TUES 3 | WED 4 | THUR 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FEVRIER 1896 | | | | | | | MARS 1896 | | | | |
| 5 h. | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 5 | 10 |
| 8 | 0 | 0 | 4 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 1 | 9 |
| 9 | 0 | 0 | 2 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 10 | 9 | 10 |
| 10 | 0 | 0 | 5 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | 0 | 0 | 3 | 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 10 | 10 | 10 |
| 12 | 0 | 0 | 2 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 8 | 9 |
| 13 | 0 | 0 | 4 | 8 | 5 | 10 | 10 | 10 | 6 | 10 | 10 | 9 |
| 14 | 0 | 0 | 7 | 7 | 4 | 10 | 10 | 10 | 7 | 10 | 7 | 6 |
| 15 | 0 | 0 | 8 | 9 | 0 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 6 | 8 |
| 16 | 0 | 0 | 7 | 9 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 7 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 10 | 2 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 10 | 10 | 10 | 7 | 10 | 10 | 7 |

*บันทึกอากาศที่ปารีส 0-เมฆน้อย ถึง 10-เมฆมาก*



*แผ่นไวแสงของแบ็กเกอแรลเกิดฝ้าสีดำจากกัมมันตภาพรังสีของยูเรเนียม*

เพียงเล็กน้อย ในที่สุดเขาก็เก็บตัวอย่างนั้นไว้ในลิ้นชักนานสามวันติด ๆ กัน ระหว่างวันที่ 27 ถึง 29 กุมภาพันธ์ (เป็นปีอธิกสุรทิน) พอถึงวันที่ 1 มีนาคม 1896 ซึ่งเป็นวันที่สี่แล้วก็ยังไม่มีแดดอีกเช่นเดิม แต่อย่างไรก็ดี ในวันนั้นเขาก็นำแผ่นไวแสงออกมาตรวจสอบ และก็ต้องประหลาดใจที่พบว่าเกิดฝ้าดำเข้ม ผิดกับที่เขาคาดตอนต้นว่าควรมีฝ้าเพียงเล็กน้อยจากแดดอ่อนในวันแรก ๆ ของการทดลอง ด้วยความเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี แบ็กเกอแรลตระหนักว่าเขาได้ค้นพบครั้งสำคัญแล้วว่า สารยูเรเนียมของเขาได้แผ่รังสีลึกลับออกมาด้วยตัวของมันเอง ไม่ใช่จากการเรืองแสงเมื่อได้รับแสงแดดแต่ประการใด

ในวันรุ่งขึ้นแบ็กเกอแรลได้ประกาศการค้นพบครั้งนี้ที่บัณฑิตยสถาน และต่อมา มารี กูรี (Marie Curie) ได้นำเรื่องนี้มาศึกษาต่อเป็นหัวข้อวิทยานิพนธ์ปริญญาเอก โดยมีสามีชื่อ ปีแอร์ กูรี (Pierre Curie) เป็นผู้ช่วย ซึ่งทั้งคู่พบว่ายูเรเนียมมีการแผ่รังสีออกมาเองอย่างสม่ำเสมอและตลอดเวลา และในเวลาต่อมายังพบธาตุใหม่อีก 2 ธาตุ คือ เรเดียม และ พอโลเนียม ที่แผ่รังสีเช่นเดียวกับยูเรเนียมแต่รังสีมีความแรงกว่ากันมาก นี่เองคือที่มาของธาตุหรือสารกัมมันตรังสี และได้ตั้งชื่อปรากฏการณ์การแผ่รังสีของสารกัมมันตรังสีนี้ว่า กัมมันตภาพรังสี (radioactivity) ทั้งหมดนี้ทำให้แบ็กเกอแรลและสามีภรรยากูรีได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีปี 1903 ร่วมกัน

***ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันแล้วว่าปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีเกิดจากนิวเคลียสของอะตอมสารกัมมันตรังสีที่ไม่คงตัว จึงเกิดการสลายมวลของนิวเคลียสทีละน้อย กลายเป็นพลังงานที่ปล่อยออกมาในรูปของรังสีชนิดต่าง ๆ ดังนั้นการค้นพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีจึงเป็นโซ่ข้อแรกของโซ่ข้อต่อ ๆ ไป ที่มีชื่อของบุคคลโผล่ขึ้นมานับสิบที่จะเชื่อมไปสู่การค้นพบหลัก ๆ อันได้แก่การค้นพบที่นำไปสู่การค้นพบนิวเคลียสของอะตอมและการชักนำพลังงานนิวเคลียร์จากภายในนิวเคลียสของอะตอมออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์***

# มารี กูรี

# มารี กูรี (Marie Curie)

## ผู้ศึกษาปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี

**มารี กูรี** (Marie Curie) หรือที่ติดปากกันในชื่อ**มาดามคูรี** (Madame Curie) ซึ่งเป็นภาษาฝรั่งเศสแปลว่า นางคูรี หมายถึงภรรยาของนายคูรี แต่ชื่อ **คูรี** นี้เป็นการออกเสียงด้วยสำเนียงภาษาอังกฤษ เพราะถ้าเป็นสำเนียงภาษาฝรั่งเศสก็จะต้องออกเสียงว่า **กูรี** มาดามคูรีเกิดในประเทศโปแลนด์มีชื่อเดิมว่า **มาเรีย สคลอดอฟสกา** (Marja Sklodowska) และชื่อมาเรียนี้เมื่อมาอยู่ในประเทศฝรั่งเศสก็เรียกตามสำเนียงภาษาฝรั่งเศสว่า **มารี** (Marie) เราจึงคุ้นเคยกับชื่อของมาดามคูรีว่า **มารี กูรี** (Marie Curie) **ชื่อเสียงของมาดามคูรีโด่งดังคู่กับเรเดียมที่เมื่อก่อนเคยใช้รักษาโรคมะเร็ง และมาดามคูรียังเป็นผู้หญิงคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบล อีกทั้งยังเป็นผู้หญิงคนเดียวที่ได้รับรางวัลโนเบลด้านวิทยาศาสตร์ถึง 2 ครั้ง**ในสาขาฟิสิกส์เมื่อปี 1903 และสาขาเคมีเมื่อปี 1911

**มาเรีย สคลอดอฟสกา** เกิดเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 1867 ที่กรุงวอร์ซอว์ เมืองหลวงของประเทศโปแลนด์ เป็นลูกคนที่ 5 และเป็นคนสุดท้อง พ่อเป็นครูสอนวิชาคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ตั้งแต่เด็ก ๆ มาเรียเรียนเก่งและขึ้นชื่อว่ามีความจำเป็นเลิศ ขณะอายุ 16 ปี เรียนจบชั้นมัธยมได้รางวัลเหรียญทอง แต่เนื่องจากพ่อนำเงินไปลงทุนแล้วขาดทุน มาเรียจึงต้องหยุดเรียนและรับสอนหนังสือที่บ้านชนชั้นผู้ดี โดยตกลงส่งเสียพี่สาวชื่อ **โบรเนีย** (Bronia) ไปเรียนต่อที่กรุงปารีสประเทศฝรั่งเศส (เพราะมหาวิทยาลัยในโปแลนด์ไม่รับนักศึกษาหญิง) และเมื่อพี่สาวเรียนจบก็จะทำงานส่งมาเรียเรียนเป็นการตอบแทน ในระหว่างนั้นมาเรียก็ศึกษาด้วยตนเองไปด้วย

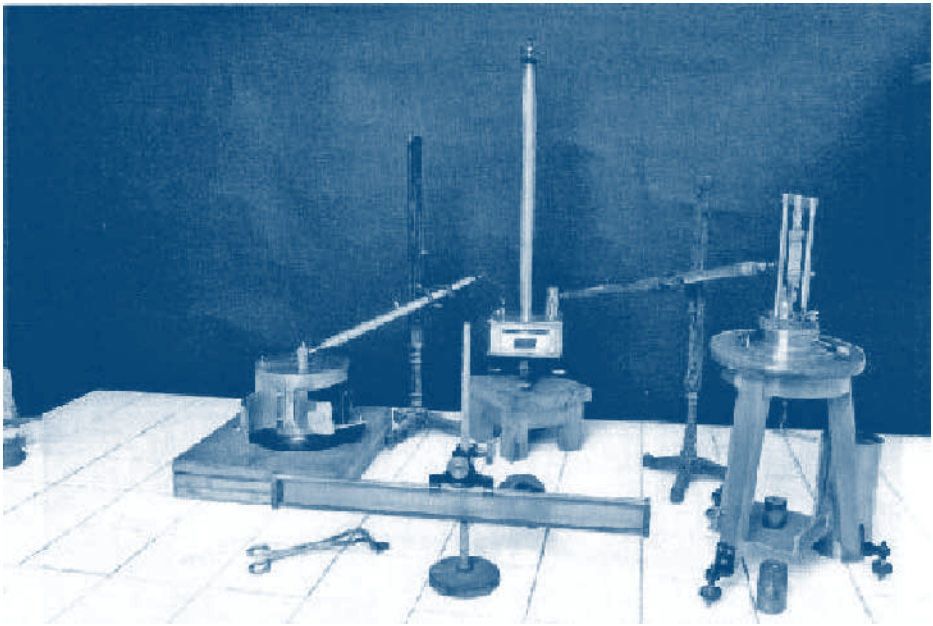
ค.ศ. 1891 ขณะอายุได้ 23 ปี มาเรียได้โดยสารรถไฟไปยังกรุงปารีส เนื่องจาก

*มารีกับปีแอร์*

*วิลเฮล์ม เรินต์เกน*

พี่สาวเรียนจบแพทย์แล้วเมื่อปี 1889 และแต่งงานกับเพื่อนที่เรียนแพทย์มาด้วยกัน ได้เริ่มสนับสนุนการเรียนให้กับมาเรียแต่ก็เป็นไปอย่างอัตคัด เพราะมาเรียเป็นคนเงียบขรึม ไม่ชอบอยู่รวมกับพี่สาวและพี่เขย จึงแยกไปอยู่ต่างหากทำให้ต้องมีรายจ่ายค่าที่พักด้วย ทันทีที่มาเรียมาถึงฝรั่งเศสก็เปลี่ยนเรียกชื่อตัวเองว่า **มารี** ตามสำเนียงภาษาฝรั่งเศส

มารีเข้าเรียนวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัยที่**ซอร์บอน** (Sorbonne) ด้วยความขยันขันแข็ง ดูหนังสือจนดึก ๆ ดื่น ๆ ในห้องใต้หลังคาของหอพัก อาหารการกินประจำมีเพียงขนมปัง เนย และน้ำชา ปี 1893 มารีสอบได้ที่ 1 ในสาขาฟิสิกส์ และปี 1894 มารีสอบได้ที่ 2 ในสาขาคณิตศาสตร์ ในฤดูใบไม้ผลิปีนี้เองที่มารีได้พบกับ **ปีแอร์ กูรี** (Pierre Curie) ซึ่งอายุมากกว่ามารี 8 ปีและเป็นศาสตราจารย์ในคณะฟิสิกส์ มีห้องปฏิบัติการของตนเอง โดยการแนะนำของเพื่อนชาวโปแลนด์ เพราะเห็นว่ามารีต้องการเนื้อที่ห้องปฏิบัติการสำหรับงานทดลองซึ่งอาจขอใช้ร่วมกับปีแอร์ได้ ในที่สุดในปีถัดมาทั้งคู่ได้แต่งงานกันเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 1895 โดยเป็นทั้งผู้ร่วมชีวิตและผู้ร่วมงานกันในเวลาต่อมา



*เครื่องวัดกัมมันตภาพของปีแอร์*

ไม่กี่เดือนหลังการแต่งงานของมารีกับปีแอร์ ทั่วยุโรปก็ตื่นเต้นกับการค้นพบ **รังสีเอกซ์** (X-rays) ซึ่งผลิตได้จาก**หลอดรังสีแคโทด** (cathode ray tube) ของนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ **วิลเฮล์ม เรินต์เกน** (Wilhelm Roentgen) ในเดือนธันวาคม 1895 นั้นเอง เรินต์เกนถ่ายภาพเอกซเรย์มือซ้ายของภรรยาตนเองสำเร็จ และกลายเป็นคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เมื่อปี 1901 ซึ่งเริ่มมีการให้รางวัลนี้เป็นครั้งแรก

นับแต่นั้นความสนใจของวงการวิทยาศาสตร์ก็ไปอยู่กับการค้นคว้ารังสีเอกซ์ และพอถึงเดือนกุมภาพันธ์ปีถัดมา (ค.ศ. 1896) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อว่า **อองรี แบ็กเกอแรล** (Henri Becquerel สำเนียงภาษาอังกฤษคือ อองรี เบ็คเคอเรล) ก็บังเอิญค้นพบปรากฏการณ์ประหลาดว่า ธาตุยูเรเนียมมีการปล่อยพลังงานออกมาได้เองตามธรรมชาติในอัตราคงที่ ซึ่งต่างกับรังสีเอกซ์ที่ได้จากการผลิตขึ้นมา

ขณะนั้นมารีกำลังหาหัวข้อวิจัยทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกและสนใจศึกษาสมบัติของปรากฏการณ์นี้ ปีแอร์ซึ่งเสร็จจากการศึกษาสมบัติของแม่เหล็กต่ออุณหภูมิได้เริ่มมาช่วยการทดลองของมารีตั้งแต่วันที่ 16 ธันวาคม 1897 โดยประดิษฐ์เครื่องวัดอัตราพลังงานที่ยูเรเนียมปล่อยพลังงานออกมา โดยวัดว่าพลังงานนั้นทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนได้มากน้อยเพียงใด มารีศึกษาโลหะมากมาย แต่ก็ไม่พบว่ามีการปล่อยพลังงานออกมา

วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 1898 มารีคิดว่าน่าจะย้อนกลับไปที่ต้นตอของยูเรเนียมคือแร่พิตช์เบลนด์ ซึ่งปรากฏว่ามีพลังงานถูกปล่อยออกมาแรงกว่ายูเรเนียมเสียอีก จึงคาดเดาได้ว่าในแร่นั้นจะต้องมีธาตุอื่นที่มีความสามารถปล่อยพลังงานออกมาได้เช่นเดียวกับยูเรเนียมอยู่อีก จึงได้สั่งซื้อแร่มาหลายตันแล้วช่วยกันแยกแร่ที่ว่านี้ออกมา ถึงเดือนกรกฎาคมทั้งคู่ก็มั่นใจว่าได้ค้นพบธาตุใหม่และตั้งชื่อให้ว่า **พอโลเนียม** (polonium) เพื่อเป็นเกียรติแก่ประเทศโปแลนด์อันเป็นมาตุภูมิของมารี นอกจากพอโลเนียมแล้วทั้งคู่ยังตรวจพบว่าในแร่พิตช์เบลนด์ยังมีอีกธาตุหนึ่งที่ปล่อยพลังงานได้แรงกว่า

*การแยกเรเดียม*

*สภาพภายในห้องปฏิบัติการของปีแอร์และมารี*

ทั้งยูเรเนียมและพอโลเนียม จึงทำการแยกต่อไปอีกและได้ค้นพบธาตุใหม่อีกธาตุหนึ่ง เนื่องจากการปล่อยพลังงานออกจากธาตุเหล่านี้ปล่อยออกมาในทุกทิศทุกทางเหมือนกับเส้นรัศมีที่ออกมาจากจุดตรงกลาง มารีจึงนำคำว่ารัศมีคือ **radius** มาประดิษฐ์เป็นคำเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **radioactivity** ซึ่งเรียกเป็นภาษาไทยว่า **กัมมันตภาพรังสี** (ในภาษาไทยคำว่า **รัศมี** เขียนได้อีกอย่างว่า **รังสี**) และได้ตั้งชื่อให้กับธาตุที่ 2 ที่ค้นพบนี้ว่า **เรเดียม** (radium) ซึ่งก็มีรากศัพท์มาจากคำว่า radius เช่นกัน จากนั้นก็ใช้เวลาอีกหลายปีศึกษาสมบัติของธาตุทั้งสองจนมั่นใจ

ค.ศ. 1903 ปีแอร์กับเพื่อนร่วมงานอีกคนหนึ่งเขียนบทความอธิบายว่าพลังงานที่เรเดียมปล่อยออกมาและวัดได้นั้น หากมีเรเดียมหนัก 1 กรัม พลังงานที่ปล่อยออกมาในเวลา 1 ชั่วโมง จะมากพอต้มน้ำให้เดือดได้ และในปีนั้นเองมารีก็เรียนจบปริญญาเอก

โดยแบ็กเกอเรลเป็นอาจารย์ที่ควบคุมดูแลของเธอนั่นเอง อีกทั้งยัง**เป็นผู้หญิงคนแรกในประเทศฝรั่งเศสที่ได้รับปริญญาเอก** ไม่เพียงเท่านั้นพอถึงปลายปีการประกาศผลรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ก็ได้แก่การค้นพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีนี้เอง โดยได้รับรางวัลร่วมกัน 3 คน คือ แบ็กเกอเรลที่ค้นพบเป็นคนแรก และปีแอร์กับมารีที่ทุ่มเทเวลาหลายปีค้นคว้าหาคำอธิบายปรากฏการณ์นี้ นอกจากนี้ยังทำให้มารีเป็นผู้หญิงคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลด้วย

ปีแอร์กับมารีมีลูกสาว 2 คน คนพี่ชื่อว่า **อีแรน** (Irène) เกิดปี 1897 และคนน้องชื่อ **เอฟว์** (Eve) เกิดเมื่อปี 1904 ขณะลูกสาวคนเล็กมีอายุเพียงสองขวบคือเมื่อวันที่ 19 เมษายน 1906 ปีแอร์ก็ประสบอุบัติเหตุจะข้ามถนนและถูกรถม้าชนเสียชีวิต รถนี้ยาว 30 ฟุตและบรรทุกเครื่องแบบทหารมาเต็มจนหนักมาก เป็นที่เข้าใจกันว่าในขณะนั้นยังไม่มีใครรู้ถึงผลกระทบของการได้รับรังสีต่อร่างกาย ดังนั้นการทำงานอยู่กับธาตุกัมมันตรังสีต่อเนื่องยาวนานหลายปีโดยไม่มีการป้องกันจึงทำให้ปีแอร์มีร่างกายอ่อนแอมาก เชื่อว่าหากเป็นคนแข็งแรงตามปกติก็จะหลบรถม้าได้ทัน เหตุการณ์นี้ทำให้มารีและอีแรนต้องเศร้าโศกเสียใจเป็นอย่างมาก และวันที่ 13 พฤษภาคม 1906 มารีก็ได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์แทนปีแอร์และ**เป็นผู้หญิงคนแรกที่สอนหนังสือที่ซอร์บอน**

ผลงานการค้นพบเรเดียมนั้นกล่าวได้ว่าเป็นผลงานของมารีอย่างแท้จริง อันเกิดจากจากความช่างสังเกตและความทุ่มเทอย่างหนัก และแม้จะไม่ยอมจดสิทธิบัตรกรรมวิธีแยกเรเดียมเป็นของตนเอง แต่ในวงการวิทยาศาสตร์ก็เห็นว่าเรเดียมเป็นเสมือนทรัพย์สินของมารี ดังนั้นในปี 1910 นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ (เกิดที่นิวซีแลนด์) ชื่อ **เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด** (Ernest Rutherford) ได้เสนอให้มารีตั้งมาตรฐานสากลจากเรเดียม ดังนั้นมารีจึงได้ตั้งหน่วยวัดทางรังสีชื่อว่า **คูรี** ขึ้นมาเพื่อเป็นเกียรติแก่ปีแอร์ โดยใช้กัมมันตภาพของเรเดียมหนัก 1 กรัมเป็นเกณฑ์ให้เท่ากับ 1 คูรี แต่เนื่องจากเรเดียมมีกัมมันตภาพที่สูงมาก หน่วยคูรีจึงเป็นหน่วยขนาดใหญ่ในการใช้ประโยชน์สารรังสีจริง ๆ จะใช้ในระดับเพียง 1 ในล้านคูรี (เรียกเป็น ไมโครคูรี) หรือ

*รถเอกซเรย์ของมารี หญิงสาวในชุดพยาบาลคือ อีแรน*

1 ในล้านล้านคูรี (เรียกเป็นพิโกคูรี) ในปัจจุบันจึงกำหนดหน่วยที่เล็กลงมากเรียกว่า **เบ็กเคอเรล** อันเป็นเกียรติแก่ อองรี แบ็กเกอแรล โดย 1 คูรีเท่ากับ $3.7\times10^{10}$ เบ็กเคอเรล กล่าวคือ หน่วยคูรีโตกว่าหน่วยเบ็กเคอเรลสามหมื่นเจ็ดพันล้านเท่าตัว

ค.ศ. 1911 มารีก็ได้รับรางวัลโนเบลอีกครั้ง ซึ่งครั้งนี้ในสาขาเคมีจากการค้นพบธาตุพอโลเนียมและเรเดียมและ**เป็นคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลถึง 2 ครั้ง**

ต่อมาในปี 1914 มารีเริ่มงานก่อตั้งสถาบันเรเดียมที่กรุงปารีส เธออุทิศตนให้กับสังคมและงานด้านรังสีวิทยาเป็นอย่างมาก โดยศึกษาสมบัติของธาตุรังสีต่าง ๆ โดยเฉพาะเรเดียม และการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ในช่วงที่เกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 มารีกับลูกสาวคนโต (อีแรน) ประกอบรถเอกซเรย์เคลื่อนที่รวมได้ 18 คัน

พร้อมกับฝึกสอนการใช้งานแก่เจ้าหน้าที่ประจำรถ และออกไปแนวหน้าด้วยตนเอง ทำการตรวจวินิจฉัยให้กับทหารที่ได้รับบาดเจ็บได้หลายหมื่นคน ภายหลังสงครามชื่อของมารีกลายเป็นสัญลักษณ์และมีชื่อเสียงไปทั่วโลก

เพื่อหาทุนให้กับสถาบันเรเดียม มารีที่ไม่ค่อยไว้ใจพวกนักหนังสือพิมพ์ ตกลงยอมให้นางเมโลนีย์ (Mrs. William Brown Meloney) บรรณาธิการนิตยสารผู้หญิงในสหรัฐอเมริกาสัมภาษณ์เมื่อเดือนพฤษภาคม 1920 โดยให้สัมภาษณ์ว่าสถาบันของเธอมีเรเดียมอยู่ 1 กรัม แต่ยังต้องการอีก 1 กรัม ในขณะที่หน่วยงานต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกามีเรเดียมรวมกันมากกว่าที่ผู้ค้นพบเรเดียมอย่างเธอมีอยู่ถึง 50 เท่าตัว ดังนั้น เมโลนีย์จึงจัด “**การรณรงค์เรเดียมของมารีคูรี**” (Marie Curie Radium Campaign) ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

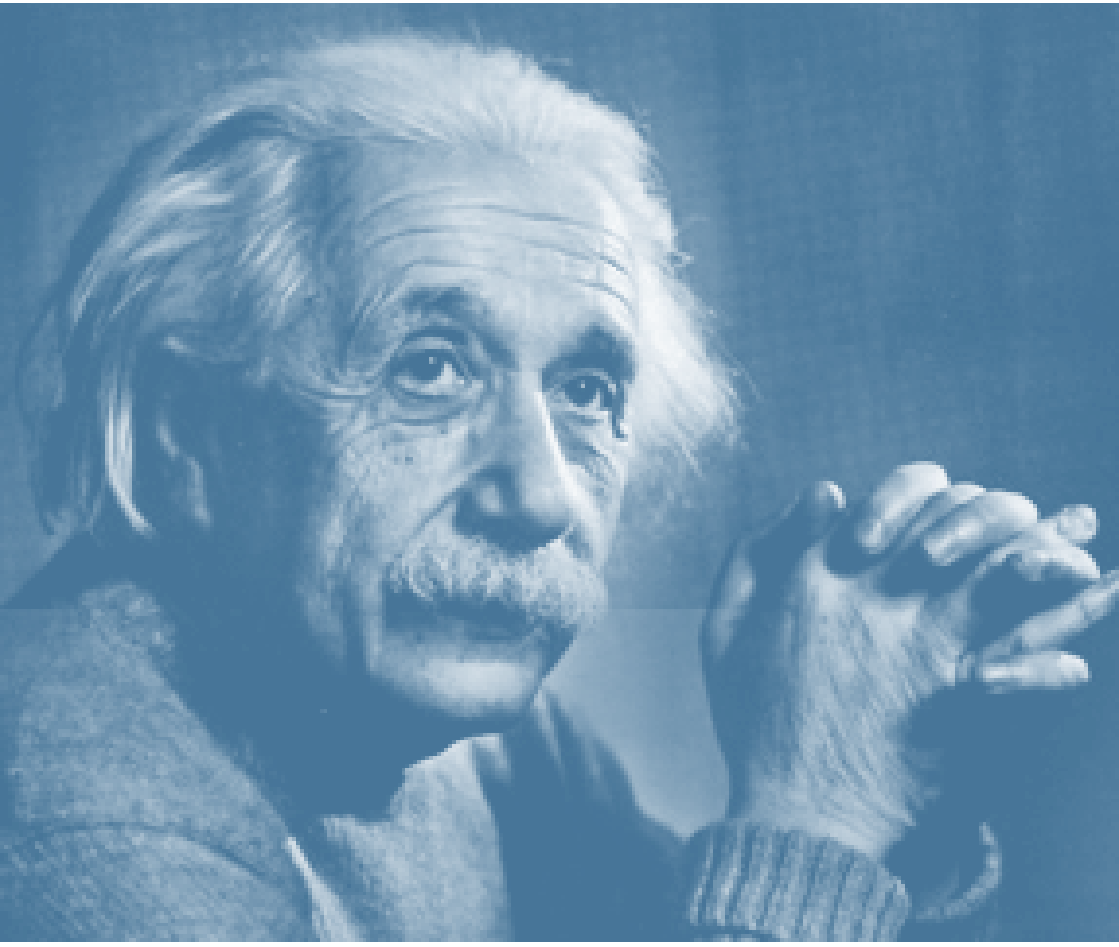
ปี 1921 มารีได้รับการต้อนรับยิ่งใหญ่ในการไปตระเวนสหรัฐอเมริกาเพื่อระดมทุนสำหรับทำการวิจัยเกี่ยวกับเรเดียม ที่นี่ผู้หญิงชาวอเมริกันรวบรวมเงินกันซื้อเรเดียมให้เธอ 1 กรัม โดยประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกา วอร์เรน ฮาร์ดิง (Warren Harding) เป็นผู้มอบ การต้องทิ้งงานหนักและการเป็นบุคคลสาธารณะทำให้นักทำงานอย่างมารีอึดอัด แต่สิ่งนี้ทำให้เธอมีทุนทำวิจัยต่อไป

*เมโลนีย์ อีแรน มารี และแอฟ ขณะเพิ่งไปถึงสหรัฐอเมริกา และ แอฟ ได้รับขนานนามจากสื่อมวลชนว่า “**สาวน้อยนัยน์ตาเรเดียม**”*

ปี 1925 มารีกับโบรเนียผู้เป็นพี่สาว ช่วยกันก่อตั้งสถาบันเรเดียมที่กรุงวอร์ซอว์บ้านเกิด และมีพี่สาวเป็นผู้อำนวยการสถาบัน ดังนั้น มารีจึงเดินทางไปสหรัฐอเมริกาเป็นครั้งที่ 2 ในปี 1929 เพื่อหาทุนสำหรับหาเครื่องไม้เครื่องมือให้กับสถาบันเรเดียมในบ้านเกิด ซึ่งประธานาธิบดี ฮูเวอร์ แห่งสหรัฐอเมริกา เป็นผู้มอบเงินบริจาคจาก “**เพื่อนวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน**” ให้เธอ 50,000 ดอลลาร์อเมริกัน สำหรับซื้อเรเดียมไว้ใช้ที่สถาบันเรเดียมกรุงวอร์ซอว์

นับตั้งแต่ช่วงสงครามโลกเป็นต้นมา สุขภาพของมารีเริ่มมีอาการทรุดโทรม ถึงปี 1934 ในที่สุดมารีก็สิ้นชีวิตจากผลกระทบของการได้รับรังสีที่ทำให้ป่วยจากอาการโลหิตจาง จากนั้นถัดมาอีก 1 ปี อีแรนก็ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกับสามีชื่อ**เฟรเดริก โชลีโย** (Frédéric Joliot) **ทำให้แม้ว่าหลังจากเสียชีวิตไปแล้ว มารีก็ยังสร้างสถิติเป็นแม่ลูกคู่แรกที่ได้รับรางวัลโนเบล**

***ท้ายที่สุด ปีแอร์และมารียังได้รับเกียรตินำชื่อสกุล "คูรี" ไปตั้งเป็นชื่อธาตุลำดับที่ 96 ว่า "คูเรียม" (curium) อีกด้วย*** ☢



# แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์

# แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein)

## เจ้าของสมการ $E = mc^2$

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์ที่อธิบายความเป็นไปของโลกและจักรวาลดังมีกฎต่าง ๆ เช่น แสง ความโน้มถ่วง และเมื่อ ค.ศ. 1905 เป็นปีที่ **แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์** (Albert Einstein) เสนอผลงานทางฟิสิกส์ออกมาคราวเดียวอย่างน้อย 3 เรื่องที่ครอบคลุมและมีผลปฏิวัติแนวคิดทางฟิสิกส์แทบทุกแขนง เฉพาะอย่างยิ่ง **สมการมวล-พลังงาน** หรือ $E = mc^2$ ที่คนเกือบทั้งโลกรู้จัก ดังนั้นองค์การยูเนสโกและสถาบันวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ทั่วโลกจึงเห็นพ้องกันกำหนดให้ **ค.ศ. 2005 เป็น ปีฟิสิกส์โลก** โดยถือจากการที่**ผลงานสำคัญและสมการมวล-พลังงานที่ไอน์สไตน์คิดค้นมีอายุครบ 100 ปีพอดี**

**แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์** เกิดเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 1879 ที่เมือง**อูล์ม** (Ulm) ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศเยอรมนี ไอน์สไตน์เป็นบุตรของ**แฮร์มันน์ ไอน์สไตน์** (Hermann Einstein) ที่มีเชื้อสายยิว กับนาง**พอลีน** (Pauline) โดยพ่อทำธุรกิจส่วนตัว ซึ่งมีสภาพธุรกิจที่ย่ำแย่ ส่วนแม่ก็บังคับให้เรียนการสีไวโอลินซึ่งไอน์สไตน์ไม่ชอบในตอนแรก แต่ต่อมาภายหลังเขากลับรักดนตรีและสามารถเล่นไวโอลินได้เป็นอย่างดี

*แฮร์มันน์ และ พอลีน ไอน์สไตน์*

ในวัยเด็ก ไอน์สไตน์เป็นเด็กเงียบขรึม ช่างคิด และเริ่มพูดช้ามาก เขาจะหยุดเพื่อคิดว่าจะพูดอะไร เพื่อนเพียงคนเดียวที่มีคือ

น้องสาวเขาเองชื่อว่า **มายา** (Maja) ซึ่งประทับใจและจำพี่ชายได้ว่าเป็นผู้มีสมาธิและความพยายามสูงมาก สามารถใช้ไพ่ต่อเป็นบ้านได้ถึง 14 ชั้น สำหรับความคิดอ่านของไอน์สไตน์น่าจะได้รับอิทธิพลมาจากอาซึ่งเป็นวิศวกร และจากนักศึกษาแพทย์ที่จะมากินอาหารเย็นกับครอบครัวไอน์สไตน์สัปดาห์ละหนึ่งวัน

ไอน์สไตน์มักเล่าถึงความประทับใจในวัยเด็กเมื่อเขาได้ของมาชิ้นหนึ่งจากพ่อตอนอายุได้สี่ห้าขวบ ว่าเขาได้พบเห็นสิ่งอัศจรรย์ คือเข็มทิศ ที่ไม่ว่าจะแกว่งมันไปทางใดเมื่อปล่อยให้นิ่ง เข็มของมันก็จะหมุนกลับมาชี้ทิศเหนืออยู่เสมอ และนี่คงเป็นจุดเริ่มต้นให้เขาสนใจด้านวิทยาศาสตร์

ความประทับใจในวัยเด็กอีกประการหนึ่งของไอน์สไตน์ก็คือ เมื่อพ่อแม่พาไปดูขบวนพาเหรดของทหารเยอรมัน เขาตกใจกลัวต่อการเคลื่อนไหวของทหาร ที่แข็งทื่อเหมือนเครื่องจักรที่ไม่มีชีวิตจิตใจ พ่อแม่ต้องปลอบโยนว่าเมื่อโตขึ้นเขาไม่ต้องเป็นทหาร ไอน์สไตน์ได้ค้นพบตัวเองว่าเป็นคนรักสงบ เขาเกลียดชังระบบทหารและการใช้กำลังตลอดชีวิตของเขา

พอไอน์สไตน์อายุได้ 11 ปีก็ได้เข้าเรียนในโรงเรียนคาทอลิกที่เมืองมิวนิก เขาถูกรังเกียจเพราะเป็นเด็กยิวเพียงคนเดียวในห้องเรียน เปิดเทอมใหม่ปีถัดมาโรงเรียนแจกหนังสือเล่ม

*บ้านในเมืองอูล์มที่ไอน์สไตน์เกิด*

*ชั้นเรียนในปี ค.ศ. 1889 ที่เมืองมิวนิก ไอน์สไตน์ยืนอยู่แถวหน้า คนที่ 2 จากขวา*

เล็ก ๆ เกี่ยวกับวิชา**เรขาคณิต** (geometry) ซึ่งไอน์สไตน์เกิดความประทับใจมากใน**หลักและกฎต่าง ๆ ที่มีความชัดเจนและแน่นอน** สิ่งนี้น่าจะทำให้เขาชอบคณิตศาสตร์และความชัดเจน และแน่นอนก็ได้กลายเป็นแนวคิดของเขาต่อมาในอนาคต

ค.ศ. 1894 ขณะไอน์สไตน์มีอายุได้ 16 ปี กิจการของพ่อล้มละลาย ครอบครัวจึงย้ายไปยังเมือง**ปาวีอา** (Pavia) ประเทศอิตาลี ไอน์สไตน์ยังคงอยู่เรียนในเยอรมนีจนจบปีการศึกษา และเขาปลอมใบรับรองแพทย์เพื่อให้ลาออกจากโรงเรียนได้ จากนั้นจึงค่อยย้ายตามครอบครัวไป และได้เข้าเรียนต่อจนจบชั้นมัธยมในประเทศสวิตเซอร์แลนด์

ค.ศ. 1895 ไอน์สไตน์ตกลงกับพ่อแม่ขอส่งตัวเองเรียนต่อ และเขาพยายามสมัครเข้าเรียนที่มหาวิทยาลัยซึ่งสอนทางด้านเทคนิคในเมือง**ซูริก** (Zürich) ชื่อว่า **Erdgenossische Technische Hochshule** (ETH) ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นอาชีพที่มีรายได้ดีตามที่พ่อเขาต้องการ แต่สอบเข้าไม่ได้แม้จะได้คะแนนสูงในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ก็ตาม เขาสอบแก้ตัวได้สำเร็จในปีถัดมาและได้เข้าศึกษาที่ ETH สมดังตั้งใจ

ตามกฎหมายเยอรมัน ผู้ชายทุกคนต้องผ่านการเกณฑ์เพื่อเป็นทหาร ไอน์สไตน์เกลียดการเป็นทหารมาตั้งแต่เป็นเด็ก และเพื่อไม่ต้องเป็นทหารเขาจึงยื่นคำร้องขอถอนสัญชาติเยอรมันและได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 28 มกราคม 1896 เขากลายเป็นบุคคลไร้สัญชาติอยู่นานหลายปี ก่อนที่จะยื่นขอสัญชาติสวิสในปี 1899

แม้ไอน์สไตน์ไม่ค่อยชอบเข้าชั้นเรียนและชอบศึกษาด้วยตัวเองมากกว่า แต่ในปี 1900 เขาก็เรียนจบได้ลำดับที่ 4 ในชั้นเรียนของเขาที่มีนักศึกษา 5 คน ไอน์สไตน์ตกงานอยู่ถึง 2 ปีและรู้สึกเสียใจที่ไม่อาจช่วยแบ่งเบาภาระของพ่อแม่ในยามยากเช่นนั้น จากนั้นเขาจึงได้ย้ายไปอยู่ที่กรุงเบิร์นซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศสวิตเซอร์แลนด์เป็นเวลานานถึง 7 ปี คือในระหว่างปี 1902 ถึง 1909 โดยเมื่อเดือนมิถุนายนปี 1902 พ่อของเพื่อนสนิทสมัยเรียนชื่อว่า **มาร์เซล กรอสส์มันน์** (Marcel Grossmann) ช่วยแนะนำตัวไอน์สไตน์ต่อผู้อำนวยการ**สำนักงานสิทธิบัตรของประเทศสวิตเซอร์แลนด์** (Swiss patent office) ซึ่งทำให้เขาได้เข้าทดลองงานเป็นผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคในระดับ 3 ถึงแม้จะเป็นงานที่มีรายได้น้อยนิดเพียงปีละ 3,500 ฟรังค์สวิสเท่านั้น แต่เขาก็พอใจกับงานมาก เพราะทำให้เขามีเวลามากขึ้นสำหรับศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เขาสนใจ

*ไอน์สไตน์ ปี 1905 ขณะทำงานที่สำนักงานสิทธิบัตรของสวิส*

ต่อมาในปี 1903 ไอน์สไตน์ก็ได้แต่งงานกับนักคณิตศาสตร์สาวชื่อ **มิเลวา มาริช** (Mileva Marić) ทั้งคู่ได้ซื้ออพาร์ตเมนต์เลขที่ 49 ถนนกรัมกัสเซอ มีเนื้อที่ 60 ตารางเมตร เป็นเรือนหอ (ปัจจุบันได้รับการอนุรักษ์ไว้เป็นพิพิธภัณฑ์) และมีลูกชายด้วยกัน 2 คนชื่อว่า **ฮันส์** (Hans) และ**เอดูอาร์ด** (Eduard) แต่ชีวิตคู่ของทั้งคู่ไม่ค่อยราบรื่นในเวลาต่อ ๆ มา

ไอน์สไตน์ได้รับปริญญาเอกจาก ETH

ในปี 1905 จากผลงานวิธีหาขนาดของโมเลกุล และเป็นปีเดียวกันกับที่ไอน์สไตน์ขณะมีอายุได้เพียง 26 ปี ได้เสนอผลงานยิ่งใหญ่ออกมา 4 เรื่อง โดย 3 เรื่องตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ชั้นนำของเยอรมนีชื่อว่า **อันนาเลินแดร์ฟือซิค** (Annalen der Physik หรือชื่อในภาษาอังกฤษว่า Annals of Physics) ฉบับที่ 17 ของปี 1905 โดยเขาได้ทยอยส่งเรื่องไปให้วารสารพิจารณา คือ ในเดือนมีนาคม ได้แก่ ทฤษฎีที่ว่าด้วยพลังงานของแสงมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ที่เรียกว่า **ควอนตัม** ซึ่งเขานำมาใช้อธิบาย**ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก** (photoelectric effect) ทำให้ในภายหลัง (ค.ศ. 1921) เขาได้รับรางวัลโนเบลจากผลงานเรื่องนี้ และยังเป็นจุดเริ่มต้นของ**ทฤษฎีควอนตัม** (quantum theory) ด้วย เรื่องที่เขาส่งไปในเดือนพฤษภาคมได้แก่**ทฤษฎีการเคลื่อนไหวแบบบราวน์** (Brownian movement) และในเดือนมิถุนายนได้แก่**หลักสัมพัทธภาพ**เป็นบทความเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ ภายหลังเรียกว่า**ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ** (special relativity theory) ซึ่งต่อมาในเดือนกันยายน ไอน์สไตน์ได้เขียนบทความเรื่องที่ 4 อธิบายว่าผลที่ตามมาของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ก็คือ หากวัตถุปลดปล่อยพลังงานออกมา มวลของวัตถุนั้นก็จะลดลงเป็นสัดส่วนกัน ที่เขียนออกมาได้เป็นสมการ $E = mc^2$ ที่มีชื่อเสียงโด่งดังนั่นเอง ดังนั้น ปี 1905 นี้จึงได้ชื่อจากนักประวัติศาสตร์ว่า **ปีมหัศจรรย์** (wonder year หรือ annus milabilis ในภาษาละติน) ของไอน์สไตน์

อันที่จริงผลงานของไอน์สไตน์ไม่ได้หยุดอยู่เพียงเท่านั้น ในปี 1907 เขาใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพมาแก้ปัญหาเรื่องของความโน้มถ่วงที่นิวตันแก้ไว้ยังไม่หมด เรียกว่า **หลักของการสมมูล** (principle of equivalent) ที่บอกว่าความเร่งสมมูลกับแรงโน้มถ่วง 2 สิ่งนี้เป็นเสมือนสองด้านของเหรียญอันเดียวกัน และในปี 1910 ไอน์สไตน์ยังมีผลงานเล็ก ๆ เกี่ยวกับแสงที่อธิบายได้ว่า “**ทำไมท้องฟ้าจึงเป็นสีน้ำเงิน ?**”

เป็นเวลานาน 19 ปีในระหว่างปี 1914-1932 ไอน์สไตน์ย้ายกลับมาพำนักในเยอรมนีที่เมือง**เบอร์ลิน** (Berlin) เขาได้รับตำแหน่งด้านวิจัยที่ **สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งปรัสเซีย** (Prussian Academy of Sciences) กับเป็นศาสตราจารย์ที่**มหาวิทยาลัยเบอร์ลิน** (The University of Berlin) ในระหว่างนี้เขามีโอกาสเดินทางไปเยือน

*หอนาฬิกาในกรุงเบิร์น หนึ่งในแรงบรรดาลใจที่ไอน์สไตน์คิดหลักสัมพัทธภาพ*

ต่างประเทศหลายครั้ง รวมทั้งเยือนสหรัฐอเมริกา 3 ครั้ง

ในปี 1915 ไอน์สไตน์ก็หาบทจบให้กับทฤษฎีสัมพัทธภาพได้ในที่สุด เขารวมเอา **เวลา** (time) เข้ามาใน 3 มิติเดิมที่มีแต่**อวกาศ** (space) กลายเป็นจักรวาลที่มี 4 มิติคือ **อวกาศและกาล** (space and time) ซึ่งอวกาศและเวลาโค้งงอได้ และตีพิมพ์เรื่องนี้ในอีก 2 ปีต่อมาที่เรียกกันว่า**ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป** (general relativity theory) อันเป็นจุดเริ่มต้นของ**จักรวาลวิทยาสมัยใหม่** (modern cosmology) ที่พูดกันถึง **กำเนิดของจักรวาล** (Big Bang) และ**หลุมดำ** (black hole)

สงครามโลกครั้งที่ 1 เกิดขึ้นเมื่อเดือนสิงหาคม ปี 1914 และสิ้นสุดในปี 1918

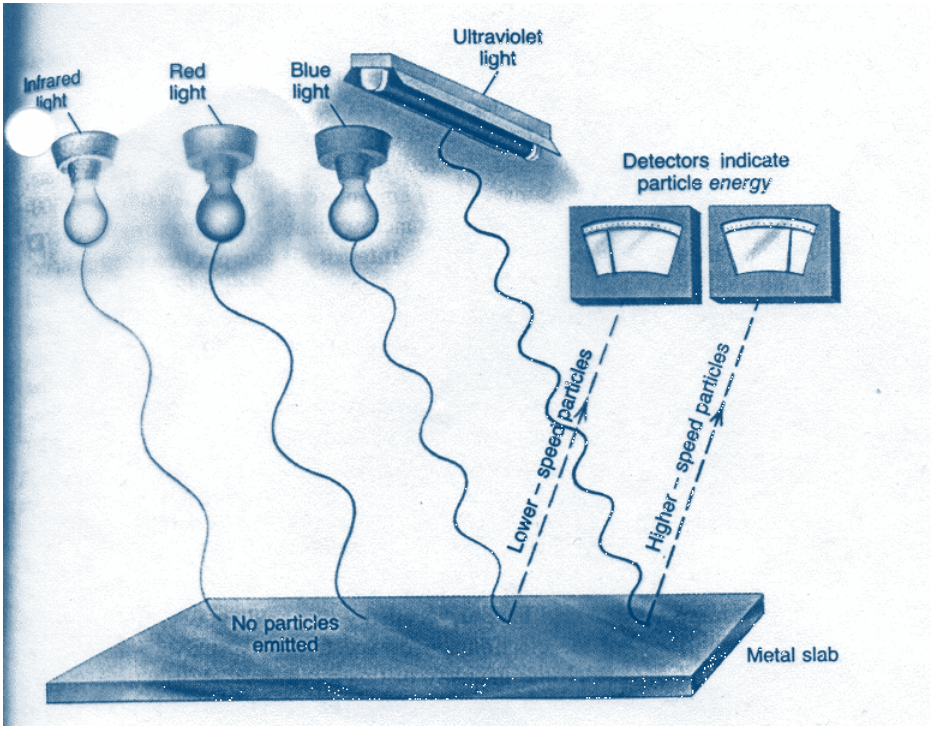
ซึ่งเยอรมนีเป็นฝ่ายแพ้สงคราม มีผู้คนทั้งทหารและพลเรือนตายในสงครามกว่า 20 ล้านคน หลังสงครามในเยอรมนีอาหารขาดแคลนและเกิดการจลาจลอยู่ทั่วไป ชีวิตในเยอรมนีของไอน์สไตน์จึงเป็นชีวิตระหว่างสงครามกับความวุ่นวาย ซึ่งทำให้เขาเกลียดชังสงครามและความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายนปีนั้นเอง ไอน์สไตน์ได้ร่วมลงนามตั้ง**พรรคประชาธิปไตยเยอรมัน** (German Democratic Party) หลังจากมีการเลือกตั้งและเปิดประชุมสภา**ไวมาร์** (Weimar) เขาก็รับสัญชาติเยอรมันอีกครั้งเพื่อแสดงความสนับสนุนสาธารณรัฐที่เริ่มตั้งไข่ใหม่ และด้วยชื่อเสียงของเขาไอน์สไตน์ได้ทำหน้าที่โฆษกให้กับสาธารณรัฐไวมาร์อย่างไม่เป็นทางการ

ในปี 1919 ไอน์สไตน์หย่ากับมิเลวาและแต่งงานเป็นครั้งที่ 2 กับ**เอลซา เลอเวนทาล** (Elsa Löwenthal) ซึ่งเป็นญาติกันและก่อนหน้านี้ได้มาคอยดูแลการกินอยู่ให้กับไอน์สไตน์

ปี 1921 ไอน์สไตน์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 1920 สำหรับผลงานเรื่อง **ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก** ดังกล่าวแล้วข้างต้น

ย้อนกลับมาปี 1919 ไอน์สไตน์หันกลับมาที่เรื่องควอนตัมว่ามีสภาพเป็นทั้งอนุภาคและคลื่น เป็นจุดเริ่มต้นทำให้เกิด**ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม** (quantum mechanics theory) ในอีก 6 ปีต่อมา แต่ไอน์สไตน์รู้สึกว่ากลศาสตร์ควอนตัมไม่เรียบง่ายและขาดความสมบูรณ์ เพราะบอกเพียงความเป็นไปได้ของตำแหน่งที่อยู่หรือระดับพลังงานของอนุภาคเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นนับแต่ปี 1920 จนถึงวาระสุดท้ายของชีวิตในปี 1955 ไอน์สไตน์ได้หันไปค้นหากฎฟิสิกส์ที่เรียบง่ายธรรมดายิ่งกว่าที่เคยมีมาเรียกว่า**ทฤษฎีสนามเอกภาพ** (unified field theory) ที่จะรวมเอาแรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า อวกาศและกาล เข้าไว้ด้วยกันทั้งหมด ซึ่งจนวาระสุดท้ายของชีวิตเขาก็ยังทำไม่สำเร็จ แต่ปัจจุบันก็มีผู้สืบต่อแนวคิดนี้ และมีความก้าวหน้าไปมากเรียกว่า**ทฤษฎีสตริง** (String Theories)

วันที่ 10 ธันวาคม 1932 ไอน์สไตน์มีโอกาสเดินทางไปสหรัฐอเมริกาเป็นครั้งที่ 3 เขากับภรรยาเดินทางจากท่าเรือ**เบรเมอร์ฮาเฟน** (Bremerhaven) เพื่อไปเยี่ยม




*ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกที่ไอน์สไตน์ได้รับรางวัลโนเบล*

**สถาบันเทคโนโลยีแห่งแคลิฟอร์เนีย** (California Institute of Technology) ที่เมืองแพซาดีนา ด้วยขณะนั้นเป็นช่วงที่พรรคนาซีขึ้นครองอำนาจในเยอรมนี และชาวยิวอพยพหนีภัยนาซีกันขนานใหญ่ วันที่ออกเดินทางไอน์สไตน์ได้บอกกับภรรยาว่า ***"หันกลับไปดูเถอะ คุณจะไม่ได้เห็นบ้านหลังนี้อีก"*** ไอน์สไตน์ได้ตัดสินใจอาศัยอยู่ในสหรัฐอเมริกาและไม่ได้กลับไปประเทศเยอรมนีอีกเลย ที่สหรัฐอเมริกาไอน์สไตน์ได้ตั้งรกรากอยู่ที่**เมืองพรินซ์ตัน**ในมลรัฐนิวเจอร์ซีอยู่จนตลอดชีวิตของเขา โดยเขาได้งานที่**มหาวิทยาลัยพรินซ์ตัน** (Princeton University) และได้โอนสัญชาติเป็นคนอเมริกันในปี 1941 นับเป็นการเปลี่ยนสัญชาติครั้งที่ 3 ซึ่ง***ไอน์สไตน์น่าจะเป็นผู้ที่เปลี่ยนสัญชาติบ่อยกว่าใคร ๆ ในโลกนี้***

*ไอน์สไตน์เล่นไวโอลินในคอนเสิร์ตหาทุน ที่โปสถ์ยิวในเบอร์ลิน ปี 1930*

ค.ศ. 1939 เป็นเวลาที่สร้างความทุกข์ในใจแก่ไอน์สไตน์ในภายหลังจวบชั่วอายุขัยของเขา ในปีนั้นไอน์สไตน์ยอมลงชื่อในจดหมายถึงประธานาธิบดี**แฟรงกลิน ดี. โรสเวลต์** (Franklin D. Roosevelt) ของสหรัฐอเมริกาตามที่เพื่อนเก่าแก่ชื่อว่า **ลีโอ ซีลาร์ด** (Leo Szilard) ขอร้อง เนื้อความจดหมายโน้มน้าวให้สหรัฐอเมริกาวิจัยการผลิตอาวุธนิวเคลียร์ให้ได้ก่อนเยอรมนี ซึ่งต่อมาสหรัฐอเมริกาก็ประสบความสำเร็จ และในเดือน**สิงหาคม 1945** ได้ทิ้งลูกระเบิดนิวเคลียร์ที่เมือง**ฮิโรชิมา**และ**นางาซากิ** ของญี่ปุ่น ด้วยอานุภาพการทำลายล้างสูง มีผู้เสียชีวิตในทั้ง 2 เมืองราว 2 แสนคนและยังมีผู้เจ็บป่วยจากการได้รับรังสีอีกจำนวนมาก ภายหลังจากการทิ้งระเบิดนิวเคลียร์ลูกแรกที่เมืองฮิโรชิมา ไอน์สไตน์กล่าวว่า ***"ถ้ารู้ว่าเขาจะทำอย่างนี้ ผมไปเป็นช่างทำรองเท้าดีกว่า"*** อันที่จริงสมการ **$E = mc^2$ ไม่ใช่สูตรของระเบิดนิวเคลียร์**อย่างที่เข้าใจกัน แต่เป็นสูตรที่สามารถอธิบายที่มาของพลังงานจำนวนมหาศาลที่ได้จากการระเบิดทางนิวเคลียร์ ซึ่งไอน์สไตน์กล่าวว่า ***"ผมไม่ได้คิดว่าผมเป็นคนริเริ่มในการนำ***

***พลังงานนิวเคลียร์ออกมาใช้ ผมเพียงแต่มีส่วนในทางอ้อมเท่านั้น อันที่จริงผมคิดไม่ถึงด้วยซ้ำว่า การนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้จะเกิดในยุคของผม”***

จะเห็นได้ว่าไอน์สไตน์แทบไม่เคยลงไม้ลงมือเกี่ยวกับนิวเคลียร์จริง ๆ เลย แต่ผลงานของเขากลับเกี่ยวโยงกับนิวเคลียร์อย่างแนบแน่นอย่างไม่น่าเชื่อทีเดียว จึงไม่น่าแปลกใจเลยว่าชื่อของเขาจะได้รับเกียรตินำไปตั้งเป็นชื่อธาตุลำดับที่ 99 ในตารางพีริออดิก มีชื่อธาตุว่า **ไอน์สไตเนียม** (einsteinium) ธาตุนี้ค้นพบโดยนักฟิสิกส์ชื่อ **จิออร์โซ** (Ghiorso) กับเพื่อนร่วมงานที่**มหาวิทยาลัยเบิร์กลี** (Berkeley University) จากขยะที่เป็นเศษวัสดุหลงเหลือจากการทดลองระเบิดเทอร์โมนิวเคลียร์ (ระเบิดไฮโดรเจน) ลูกแรกของโลกที่เกาะปะการังชื่อว่า**เอนิวีท็อก** (Eniwetok) ในมหาสมุทรแปซิฟิก เมื่อเดือนพฤศจิกายน 1952

สงครามโลกครั้งที่ 2 ยุติลงในปี 1945 โดยเยอรมนีแพ้ไปก่อน และต่อมาญี่ปุ่นยอมแพ้สงครามเพราะบ้านเมืองถูกทำลายด้วยลูกระเบิดนิวเคลียร์ หลังจากนั้นไม่นานก็เกิดสงครามแนวใหม่ในระหว่างผู้ชนะสงครามด้วยกันระหว่างสหรัฐอเมริกากับสหภาพโซเวียต เรียกว่า**สงครามเย็น** (cold war) ซึ่งมีการแข่งขันกันสร้างสมอาวุธนิวเคลียร์ ทำให้ไอน์สไตน์รู้สึกว่าเขาสมควรชดเชยให้กับสังคมให้มากขึ้น และเขาได้อุทิศตนแก่สังคม อาทิเช่น เดือนพฤษภาคม 1946 เขาเป็นประธาน**คณะกรรมการฉุกเฉินของนักวิทยาศาสตร์ด้านอะตอม** (Emergency Committee of Atomic Scientists) เพื่อให้พลเรือนมีส่วนร่วมในการควบคุมการใช้พลังงานนิวเคลียร์ มีการหาทุนและเขียนบทความเผยแพร่ผลงานของกลุ่ม นอกจากนี้เขายังเรียกร้องการลดอาวุธนิวเคลียร์ วิจารณ์นโยบายสงครามเย็นของสหรัฐอเมริกา สนับสนุนองค์การสหประชาชาติ

ไอน์สไตน์เป็นชาวยิวที่ไม่ได้เคร่งศาสนาก็จริง แต่เขาได้มีโอกาสศึกษาพุทธศาสนาจากงานเขียนภาษาเยอรมันเขียนโดย**อาร์เทอร์ ชอพเพนเฮาเออร์** (Arthur Schopenhauer) ซึ่งเป็นคนแรกที่เขียนหนังสือเผยแผ่พุทธศาสนาในยุโรปไว้ตั้งแต่ปี 1818 และไอน์สไตน์เองก็อุทิศตนให้กับพุทธศาสนาในยุโรปเป็นอันมาก โดยบอกทุกคนให้ลองทำตามคำสอนของพระพุทธเจ้า โดยยกตอนหนึ่งของพระธรรมคุณ

มากล่าว ที่ว่า “**เอหิปะสิโก**” ซึ่งแปลว่า “**ธรรมะที่ท้าทายให้พิสูจน์**” หรือ “**come and see**” และไอน์สไตน์ยังกล่าวว่าศาสนาสำหรับโลกในอนาคตจะเป็นศาสนาแห่งจักรวาล ซึ่งศาสนาที่เหมาะสมก็คือศาสนาพุทธ

นอกจากสูตรและสมการคณิตศาสตร์แล้ว ไอน์สไตน์ยังแบ่งเวลาให้ชาวโลกเสมอ เขาเขียนใบรับรองให้เพื่อนและนิสิตนักศึกษา สอนเด็ก ๆ ทำการบ้าน และตอบจดหมายหลายพันฉบับจากเด็กนักเรียน เขาเล่นไวโอลินให้สถาบันกองทุนอิสราเอลเรียกร้องแผ่นดินเกิดในดินแดนปาเลสไตน์ให้กับชาวยิวโดยยังต้องเคารพในสิทธิ์ของชาวอาหรับไว้ด้วย สนับสนุนให้มีมหาวิทยาลัยของชาวยิวในสหรัฐอเมริกา (ซึ่งต่อมาก็คือมหาวิทยาลัยชื่อว่า Brandeis University) ไอน์สไตน์ออกทีวี (ค.ศ. 1950) ในรายการ**วันนี้กับคุณนายโรสเวลต์** (Today with Mrs. Roosevelt) ซึ่งเป็นรายการของอดีตสตรีหมายเลขหนึ่ง คือเป็นภรรยาของอดีตประธานาธิบดีโรสเวลต์ ในรายการนี้ไอน์สไตน์ได้เตือนผู้ชมให้ระวังพิษภัยของระเบิดไฮโดรเจนซึ่งเป็นลูกระเบิดนิวเคลียร์แบบใหม่ที่ผลิตขึ้นได้ในขณะนั้น

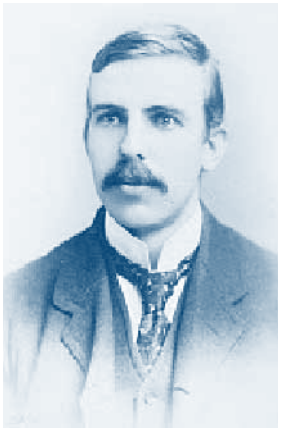
***ปี 1952 ไอน์สไตน์ได้รับข้อเสนอให้เป็นประธานาธิบดีของประเทศอิสราเอลในลักษณะตำแหน่งเพื่อเป็นเกียรติ แต่เขาได้ปฏิเสธไป เขาทำงานหนักเรื่อยมาจวบจนวาระสุดท้ายของชีวิต เขาล้มป่วยและหลับไม่ตื่นอีกเลยในกลางดึก (1.15 น.) ของวันที่ 18 เมษายน 1955 ศพของเขาได้รับการเผาอย่างไม่มีพิธีตามความต้องการของเขา คงเหลือแต่ความทรงจำให้คนรุ่นหลังจะต้องรำลึกถึงเขาตลอดกาล*** ☢

# เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด

# เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford)

## ผู้ค้นพบนิวเคลียสของอะตอม

**เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด** ผู้ให้กำเนิดแก่วิชาฟิสิกส์อะตอมสมัยใหม่ (modern atomic physics) และเป็น “**หัวขบวน**” ของยุคนิวเคลียร์ เขาเป็นหนึ่งในนักวิทยาศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของศตวรรษที่ 20 โดย แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ยกย่องว่าเขาคือ “**นิวตันคนที่สอง**” บุรุษผู้ “**มุดอุโมงค์เข้าไปถึงวัตถุตัวตนของพระเจ้าได้มากที่สุด**” ผู้เป็นนักประดิษฐ์ นักทดลอง และลูกชาวนาจากเนลสัน แคว้น (province) ที่อยู่ไกลที่สุดของอังกฤษ



*รัทเทอร์ฟอร์ด*

รัทเทอร์ฟอร์ดได้บัญญัติคำหลายคำสำหรับใช้ในสาขาวิชาฟิสิกส์อะตอม เช่น รังสีแอลฟา บีตา และแกมมา อนุภาคโปรตอนและนิวตรอน ครึ่งชีวิต (half-life) และอะตอมลูก (daughter atoms) เขามีลูกศิษย์ระดับยักษ์ใหญ่ด้านฟิสิกส์แห่งศตวรรษอยู่หลายคน เช่น นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) เจมส์ แชดวิก (James Chadwick) และ รอเบิร์ต ออปเพนไฮเมอร์ (Robert Oppenheimer)

ที่แปลกและสำคัญที่สุดก็คือ เขาไม่เคยคิดว่ามนุษย์จะสามารถนำพลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ได้ แต่เขากลับเป็นเสมือน “**พ่อ**” ผู้ให้กำเนิดแก่พลังงานนิวเคลียร์ เพราะเขาคือผู้ค้นพบ “**นิวเคลียส**” ของอะตอม

*บ้านเกิดที่สปริงโกรฟ*

ปู่และพ่อของรัทเทอร์ฟอร์ดเป็นชาวสก็อต ได้อพยพครอบครัวทั้งหมดมายังนิวซีแลนด์ก่อนเขาจะเกิดตั้งแต่ปี 1842 โดยทำฟาร์มอยู่ที่เมืองสปริงโกรฟ (Spring Grove ปัจจุบันคือ Brightwater) ใกล้เมืองเนลสัน (เมืองเอกของแคว้นเนลสัน) พ่อของรัทเทอร์ฟอร์ดมีชื่อว่า เจมส์ เป็นช่างทำล้อรถม้า ส่วนแม่ของเขามีชื่อว่า มาร์ทา ทอมป์สัน มีอาชีพครู ซึ่งก็อพยพมายังนิวซีแลนด์พร้อมกับแม่ที่เป็นม่าย เมื่อปี 1855 ดังนั้นรัทเทอร์ฟอร์ดจึงเกิดที่นิวซีแลนด์ เขาเกิดเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 1871 และมีพี่น้องถึง 12 คน (ชาย 7 และหญิง 5) เขาชอบงานหนัก งานฟาร์มกลางแจ้ง แต่ก็เป็นเด็กเรียนดี และในปี 1889 ก็ได้รับทุนการศึกษาเข้าเรียนในวิทยาลัย Canterbury College ที่มหาวิทยาลัย University of New Zealand เมืองเวลลิงตัน

ผลงานวิจัยของเขาที่นี่คือการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของแม่เหล็ก และอุปกรณ์ที่สามารถวัดช่วงเวลาขนาดหนึ่งในแสนวินาที

ในปี 1894 หลังเรียนจบ (ทั้งปริญญาตรีและปริญญาโทคือ BA. MA. และ BSc.) เขาได้รับทุนศึกษาวิจัยระดับปริญญาโทที่ห้องปฏิบัติการคาเวนดิช (Cavendish Laboratory) ในมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ (Cambridge University) ประเทศอังกฤษ อันที่จริงเขาสอบได้ที่สอง แต่คนที่สอบได้ที่หนึ่งสละสิทธิ์เพราะมีแผนจะแต่งงานมีครอบครัว จึงเกิดเป็นจุดเปลี่ยนในชีวิตเขา ที่นั่นเขาได้เรียนกับ เจ.เจ. ทอมสัน (J.J. Thomson ซึ่งไม่นานต่อมาจะเป็นผู้ค้นพบอิเล็กตรอน) และในเวลาไม่นาน ทอมสันก็เห็นแววและสนับสนุนให้เขาร่วมวิจัยเกี่ยวกับรังสีเอกซ์ซึ่งเพิ่งถูกค้นพบมาไม่นาน (ค.ศ. 1895) อันเป็นจุดเริ่มต้นของอาชีพด้านฟิสิกส์ของอะตอมที่รัทเทอร์ฟอร์ดทำมาจนตลอดชีวิต และมีผลงานโดดเด่นเหนือกว่าใคร

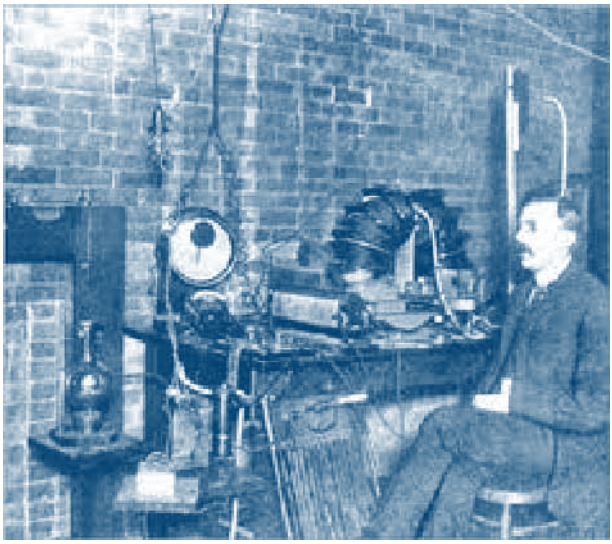
ปี 1897 รัทเทอร์ฟอร์ดจบการศึกษา และเป็นปีที่ทอมสันค้นพบอิเล็กตรอน (เป็นครั้งแรกที่มีการค้นพบว่ายังมีสิ่งที่เล็กกว่าอะตอม) และในปีถัดมาเขารายงานว่ารังสีที่ยูเรเนียมปล่อยออกมาว่ามีรังสีแอลฟาและบีตา รวมทั้งได้ศึกษาสมบัติบางประการของรังสีดังกล่าว คือพบว่ารังสีแอลฟาเป็นอนุภาคที่มีประจุบวก และรังสีบีตาเป็นอนุภาคที่มีประจุลบ ในระยะนั้น ประจวบว่าตำแหน่ง Macdonald Chair in Physics ในภาควิชาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยแมกจิลล์ (McGill University) เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดาว่างลง เขาจึงไปรับตำแหน่งนี้ที่แคนาดา งานวิจัยของเขาที่นี่ประสบความสำเร็จสูงมาก และสร้างประเพณีนิยมความสำเร็จด้านฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัยแห่งนี้มาจนทุกวันนี้

ที่ McGill ในตอนต้น ๆ เขาทำวิจัยต่อเนื่องเกี่ยวกับรังสีแอลฟาและบีตา ซึ่งเขาพบว่าธาตุกัมมันตรังสีทั้งหลายที่รู้จักในขณะนั้น ล้วนปลดปล่อยรังสี 2 ชนิดนี้ และจากการศึกษาการปล่อยรังสีของธาตุทอเรียมร่วมกับโอเวน (R.W. Owen) ก็ได้ค้นพบแก๊สมีสกุล (noble gas) ชนิดใหม่ซึ่งเป็นไอโซโทปหนึ่งของแก๊สเรดอน และต่อมารู้จักกันในชื่อว่าแก๊สทอรอน (thoron)

ปี 1900 เฟรเดอริก ซอดดี (Frederick Soddy) จากมหาวิทยาลัยออกซ์ฟอร์ดมาร่วมงานกับรัทเทอร์ฟอร์ด และในปี 1901-1902 ทั้งคู่ช่วยกันสร้างทฤษฎีการสลาย (disintegration theory) จากปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี (radioactivity) ว่ากระบวนการสลาย

เกิดในระดับอะตอมไม่ใช่ระดับโมเลกุล โดยมีหลักฐานมากมายจากการทดลองการสลายของธาตุกัมมันตรังสีอาทิเช่น ธาตุเรเดียม อันทำให้ค้นพบธาตุกัมมันตรังสีใหม่ ๆ หลายธาตุซึ่งเกิดจากการสลายอย่างต่อเนื่อง จากอะตอมของธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งแปรธาตุเป็นอะตอมของธาตุกัมมันมันตรังสีอีกชนิดหนึ่งได้เอง โดยการขับเอาชิ้นส่วนของอะตอมออกมาด้วยความเร็วสูง (เช่นรังสีแอลฟาและบีตา) ซึ่งเกิดขึ้นเป็นทอด ๆ (เช่น ธาตุ A สลายเป็นธาตุ B จากนั้นธาตุ B สลายต่อไปอีกเป็นธาตุ C และ...จนถึงธาตุสุดท้ายซึ่งเป็นธาตุเสถียร เช่น ตะกั่ว) เรียกว่าอนุกรมกัมมันตรังสี (radioactive series) นักวิทยาศาสตร์จำนวนมากในยุคนั้นหยันแนวคิดนั้นว่าเป็นพวกเล่นแร่แปรธาตุ (alchemy) โดยยังยึดติดกับความเชื่อคร่ำครึที่ว่า อะตอมนั้นแบ่งแยกไม่ได้และเปลี่ยนแปลงไม่ได้ แต่พอถึงปี 1904 ผลงานตีพิมพ์และความสำเร็จของรัทเทอร์ฟอร์ดก็เป็นที่ยอมรับ รัทเทอร์ฟอร์ดเป็นนักวิจัยที่เปี่ยมด้วยพลัง เพียงในระยะเวลา 7 ปีที่ McGill เขาก็ตีพิมพ์ผลงานออกมาถึง 80 เรื่อง

ผลงานเด่นอีกเรื่องหนึ่งของเขาที่แคนาดาก็คือ เขาได้แสดงให้เห็นว่าธาตุกัมมันตรังสีทุกชนิดมีกัมมันตภาพรังสีลดลงในเวลาที่สม่ำเสมอและเฉพาะตัวหรือที่เรียกว่าครึ่งชีวิต



*รัทเทอร์ฟอร์ดที่ McGill*

(half-life) จนท้ายที่สุดสลายกลายเป็นธาตุเสถียร ครึ่งชีวิต คือระยะเวลาที่สารกัมมันตรังสีใช้ในกระบวนการสลายกัมมันตรังสี เพื่อลดกัมมันตภาพเหลือครึ่งหนึ่งของกัมมันตภาพตั้งต้น เช่น ยูเรเนียม-238 มีครึ่งชีวิตประมาณ 4,500 ล้านปี หรือโคบอลต์-60 มีครึ่งชีวิตประมาณ 5.26 ปี

ข้อสังเกตประการหนึ่งขณะรัทเทอร์ฟอร์ดอยู่ที่แคนาดาก็คือ ระหว่างปี 1905-1906 ออทโท ฮาน (Otto Hahn) ผู้ที่ต่อมาจะค้นพบ**การแบ่งแยกนิวเคลียส** (nuclear fission) ก็เคยทำงานเป็นลูกมือของรัทเทอร์ฟอร์ดในห้องปฏิบัติการที่มอนทรีออลด้วย

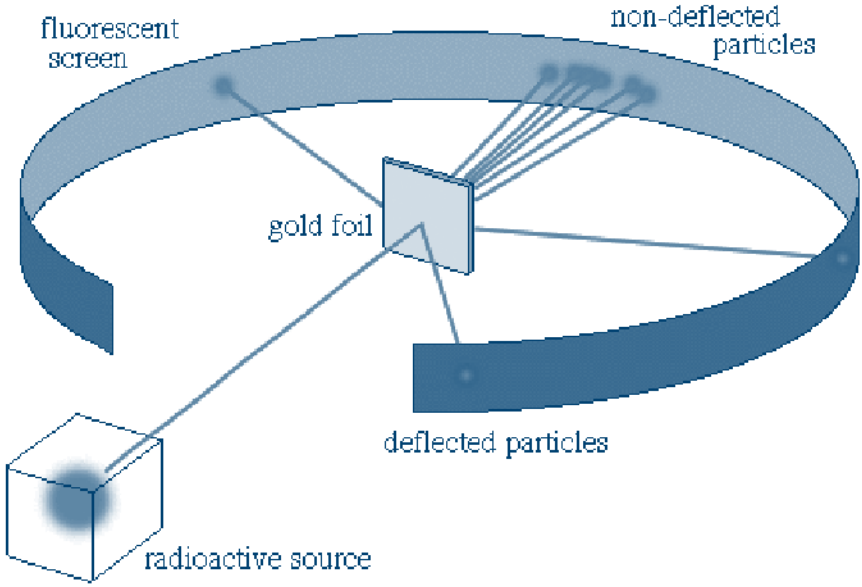
ในปี 1907 รัทเทอร์ฟอร์ดก็กลับมายังประเทศอังกฤษ รับตำแหน่งศาสตราจารย์ทางฟิสิกส์ (Langworthy Professor of Physics) ที่มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ งานวิจัยแรก ๆ ที่นี่ของเขาคือการศึกษาต่อเนื่องเกี่ยวกับสมบัติของการสลายของธาตุเรเดียม รวมทั้งสมบัติของรังสีแอลฟา และร่วมกับลูกศิษย์ที่ชื่อว่าฮันส์ ไกเกอร์ (Hans Geiger ผู้ประดิษฐ์เครื่องวัดรังสีไกเกอร์เคาน์เตอร์) ก่อตั้งศูนย์ศึกษาด้านรังสีขึ้นที่นั่น

ปี 1908 รัทเทอร์ฟอร์ดก็ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีจากผลงานด้านกัมมันตภาพรังสี เขารู้สึกขัดใจบ้างเพราะเขาเป็นนักฟิสิกส์และถือตัวว่าเหนือกว่านักเคมี ซึ่งครั้งหนึ่งเขาเคยกล่าวว่า **“วิทยาศาสตร์ต้องฟิสิกส์เท่านั้น นอกนั้นเหมือนการเล่นสะสมแสตมป์”** (“In science there is only physics; all the rest is stamp collecting.”) นอกจากนี้ ในการกล่าวสุนทรพจน์ในวันที่เขาไปรับรางวัล เขายังได้กล่าวติดตลกในทำนองว่า จากการวิจัย (ที่เขาได้รับรางวัลโนเบล) ของเขานี้ เขาได้เห็นการแปรธาตุจากธาตุหนึ่งเป็นอีกธาตุหนึ่งมากมายหลายครั้ง แต่ไม่มีครั้งไหนที่เร็วกว่าครั้งนี้ของตัวเขาเอง ที่แปรจากนักฟิสิกส์เป็นนักเคมี (“I had seen many transformations in my studies, but never one more rapid than my own from physicist to chemist.”)

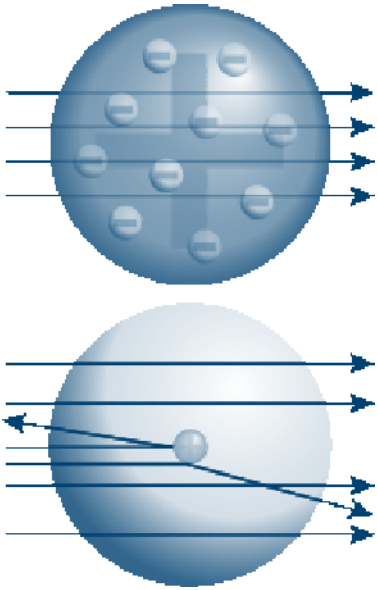
ในปี 1909 เขากับไกเกอร์และได้นักเรียนมาเป็นผู้ช่วยอีกคนชื่อว่าเออร์เนสต์ มาร์สเดน (Eenest Marsden) ก็เริ่มการทดลองที่เปลี่ยนโฉมหน้าของวิชาฟิสิกส์ทีเดียว การทดลองนี้เริ่มเห็นผลในปี 1910 เริ่มต้นจากการทดลองหาวิธีตรวจจับอนุภาคแอลฟา

เดี่ยว ๆ ที่เรเดียมปล่อยออกมาขณะเกิดการสลายกัมมันตรังสีและนับจำนวนไว้ จากนั้นพวกเขาก็นำวิธีการนี้มาใช้ศึกษาโครงสร้างของอะตอม ซึ่งลูกพี่เก่าของเขาคือ ทอมสัน ที่เพิ่งค้นพบอิเล็กตรอน และจากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (photoelectric effect) ที่อะตอมสามารถปล่อยอนุภาคอิเล็กตรอนออกมาได้ แต่การที่ประจุของอะตอมเป็นกลางก็แสดงว่าอะตอมประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบจำนวนเท่า ๆ กัน ดังนั้น ทอมสันจึงเสนอทฤษฎี “**พุดดิงลูกพลัม**” (plum pudding) โดยบอกว่าอะตอมเป็นเหมือนลูกกลม ๆ ประจุบวก ที่มีอิเล็กตรอนขนาดเล็กจิ๋วกระจายตัวอยู่แบบเดียวกับที่เนื้อลูกพลัมเล็ก ๆ กระจายตัวอยู่ในก้อนพุดดิง

รัทเทอร์ฟอร์ด ทดสอบทฤษฎีนี้โดยการปล่อยอนุภาคแอลฟาที่ถูกปล่อยออกมาจากเรเดียมให้เข้าไปที่แผ่นทองคำเปลว (gold foil) แล้วใช้วิธีตรวจจับและนับอนุภาค



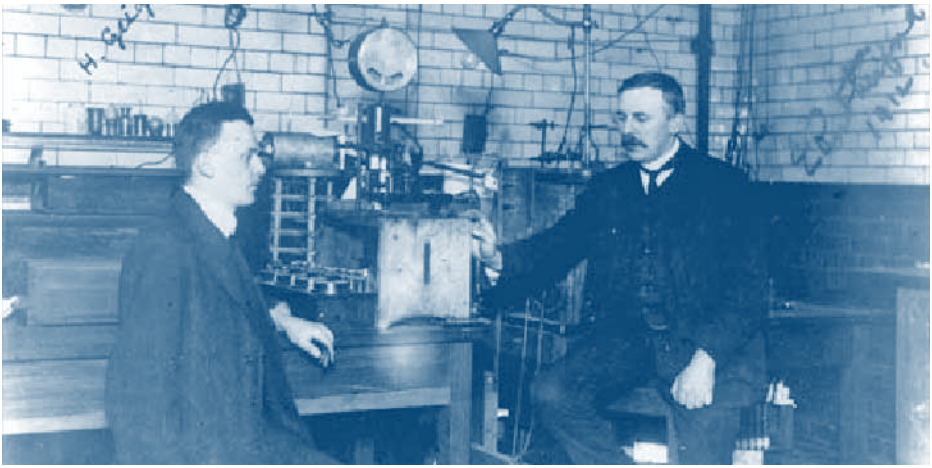

*การทดลองระดมยิงแผ่นทองคำเปลวด้วยอนุภาคแอลฟา*



*(บน) อะตอมแบบพุดดิงลูกพลัม*
*(ล่าง) อะตอมแบบของรัทเทอร์ฟอร์ด*
*ที่มีนิวเคลียสเล็กจิ๋วอยู่ตรงกลาง*

แอลฟา มาตรวจจับและนับอนุภาคแอลฟาที่ทะลุเข้าไปในแผ่นทองคำเปลว ว่าทะลุหรือหลุดกระเด็นออกมาในทิศทางใดบ้างและมีจำนวนเท่าใด ผลปรากฏว่าอนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่ทะลุผ่านไป และมีจำนวนเล็กน้อยที่กระดอนกลับหลัง แสดงว่าอะตอมมีเนื้อที่ส่วนใหญ่เป็นประจุลบ ล้อมรอบแก่นเล็ก ๆ ที่มีประจุบวกอยู่ตรงกลาง ที่ทำให้อนุภาคแอลฟาซึ่งก็มีประจุบวก ผลักกันให้กระดอนกลับหลังออกมา

นั่นคือการค้นพบ “นิวเคลียส” (nucleus) ของอะตอม และรัทเทอร์ฟอร์ดได้พัฒนา “แบบจำลองอะตอม” ขึ้น โดยคล้ายกับระบบสุริยะ กล่าวคือ อิเล็กตรอนเป็นคล้ายกับดาวเคราะห์ ที่โคจรรอบนิวเคลียสที่เป็นคล้ายกับดวงอาทิตย์ ปี 1912 ความยอมรับแบบจำลองนี้เพิ่มขึ้นหลังจากที่ นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) มาทำงานเป็นลูกมือรัทเทอร์ฟอร์ดที่แมนเชสเตอร์ และเขาใช้ทฤษฎีควอนตัม (quantum theory) ของ มัคซ์ พลังค์ (Max Planck) มาอธิบายแบบจำลองนี้ และต่อมาเมื่อได้รับการปรับปรุงตามแนวคิดของ แวร์เนอร์ ไฮเซนแบร์ก (Werner Heisenberg) แบบจำลองนี้จึงเป็นที่ยอมรับมาจนปัจจุบันนี้



*คนซ้าย ไกเกอร์ และคนขวา รัทเทอร์ฟอร์ด ที่แมนเชสเตอร์*

ปี 1913 รัทเทอร์ฟอร์ด กับ เฮนรี โมสลีย์ (H.G. Moseley) ใช้รังสีแคโทด (cathode rays) ซึ่งเป็นกระแสของอนุภาคอิเล็กตรอน ระดมยิงอะตอมของธาตุต่าง ๆ ให้ปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา ซึ่งพบว่าสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่แต่ละธาตุปล่อยออกมามีลักษณะเฉพาะตัว ทำให้สามารถกำหนดเลขเชิงอะตอม (atomic number) ของธาตุได้ ที่สำคัญคือ เลขเชิงอะตอมนี้เป็นตัวบอกสมบัติของธาตุได้ด้วย

ปี 1914 รัทเทอร์ฟอร์ด ได้รับพระราชทานเครื่องราชอิสริยาภรณ์ชั้นอัศวิน (Knight)

ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 รัทเทอร์ฟอร์ดทิ้งงานวิจัยไปช่วยกองทัพเรืออังกฤษแก้ปัญหาการตรวจจับเรือดำน้ำ งานนี้สำเร็จในเวลาไม่นานและเขาได้กลับไปที่ห้องปฏิบัติการของเขา โดยในปี 1919 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายที่แมนเชสเตอร์ของเขา รัทเทอร์ฟอร์ดทดลองระดมยิงอนุภาคแอลฟาเข้าไปในนิวเคลียสของอะตอมธาตุเบา อาทิ ธาตุไนโตรเจน สามารถทำให้อะตอมแตกสลายและปลดปล่อยอนุภาคเดี่ยวออกมา เนื่องจากอนุภาคนี้มีประจุบวก ดังนั้นมันต้องหลุดออกมาจากนิวเคลียส เขาเรียกอนุภาคชนิดใหม่นี้ว่า **โปรตอน** การทดลองนี้ภายหลังได้รับการพิสูจน์โดยแพทริก แบล็กเก็ตต์ (Patrick Blackett) ว่าอะตอมไนโตรเจนในกระบวนการนี้ได้แปรธาตุเป็นอะตอมออกซิเจน ดังนั้น รัทเทอร์ฟอร์ดจึงได้ชื่อว่ามนุษย์คนแรกที่ทำให้เกิด **"ปฏิกิริยานิวเคลียร์"**

$$^{4}_{2}\alpha + ^{14}_{7}N \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}p$$

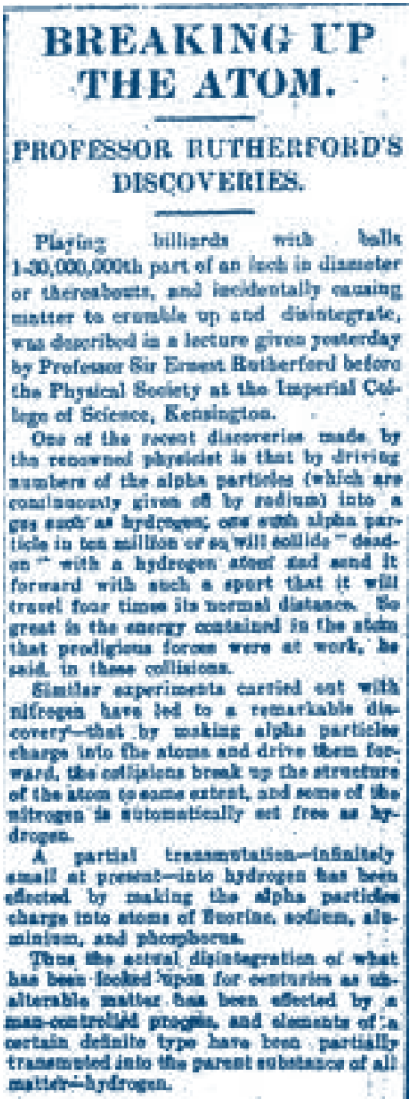
*ปฏิกิริยานิวเคลียร์ไนโตรเจนแปรธาตุเป็นออกซิเจน*

ในช่วงปี 1919 นี้เช่นกัน รัทเทอร์ฟอร์ดยังได้เสนอทฤษฎีว่านิวเคลียสของอะตอมนอกจากมีประจุบวกจากโปรตรอนแล้ว ยังประกอบด้วยอนุภาคที่ไม่มีประจุซึ่งเขาเรียกว่า “**นิวตรอน**” ซึ่งจะได้รับการพิสูจน์ความถูกต้องในอีก 13 ปีข้างหน้าโดยลูกศิษย์ของเขาเอง

ในปี 1919 นั้นเอง รัทเทอร์ฟอร์ดก็อำลาแมนเชสเตอร์ มารับตำแหน่งผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการคาเวนดิชต่อจากทอมสัน ด้วยบุคลิกภาพอันอบอุ่นและเปิดเผย รวมทั้งความสำเร็จทางวิทยาศาสตร์ของเขา ทำให้เขาเป็นพี่เลี้ยงผู้มีชื่อเสียงแก่นักวิจัยที่ทำให้แห่กันมาร่วมงานด้วย รัทเทอร์ฟอร์ดริเริ่มการทดลองส่วนใหญ่ที่คาเวนดิช และด้วยการสอนแนะและชี้นำของเขาที่นี่ ได้กรุยทางให้นักวิจัยรุ่นน้องประสบความสำเร็จยิ่งใหญ่และได้รับรางวัลโนเบลกันเป็นทิวแถว เช่น เจมส์ แชดวิก ผู้ค้นพบอนุภาคนิวตรอน แพทริก แบล็กเก็ตต์ ผู้ค้นพบโพซิตรอน (ชาวอเมริกัน เออร์เนสต์ ลอว์เรนซ์ ก็ค้นพบโพซิตรอนในเวลาไล่เลี่ยกัน) ค็อกครอฟต์กับวอลตัน ผู้ร่วมกันประดิษฐ์เครื่องเร่งอนุภาค และแอสตัน ผู้ประดิษฐ์สเปกโทรมิเตอร์มวล

คนที่รู้จักคลุกคลีกับรัทเทอร์ฟอร์ดยกย่องว่าเขาเป็นนักทำการทดลองวิทยาศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในศตวรรษ และในคริสต์ทศวรรษ 1920 และ 1930 เขาได้ทำให้เคมบริดจ์กลายเป็นเมืองหลวงของการทดลองทางฟิสิกส์ของโลก และมีชาวอเมริกันมากมายที่มาร่ำเรียนกับเขา จากนั้นก็นำเอาวิธีการทำงานที่ผสมผสานการทดลองกับทฤษฎีกลับไปใช้ที่บ้านเกิด ก่อให้เกิดการปฏิวัติทางเทคโนโลยี ทำให้สหรัฐอเมริกากลายเป็นประเทศที่ก้าวหน้าที่สุดในโลก

ในยุคของรัทเทอร์ฟอร์ด เครื่องไม้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เจริญก้าวหน้า เขาค้นพบสิ่งต่าง ๆ มากมายได้ด้วยเครื่องมือง่าย ๆ ซึ่งครั้งหนึ่งเขาเคยกล่าวว่า ***“ต่อให้อยู่ที่ขั้วโลกเหนือ ผมก็ทำงานวิจัยได้”*** (´I could do research at the North Pole.´)



# BREAKING UP THE ATOM.

## PROFESSOR RUTHERFORD'S DISCOVERIES.

Playing billiards with balls 1-30,000,000th part of an inch in diameter or thereabouts, and incidentally causing matter to crumble up and disintegrate, was described in a lecture given yesterday by Professor Sir Ernest Rutherford before the Physical Society at the Imperial College of Science, Kensington.

One of the recent discoveries made by the renowned physicist is that by driving numbers of the alpha particles (which are continuously given off by radium) into a gas such as hydrogen; one such alpha particle in ten million or so will collide "dead-on" with a hydrogen atom and send it forward with such a spurt that it will travel four times its normal distance. So great is the energy contained in the atom that prodigious forces were at work, he said, in these collisions.

Similar experiments carried out with nitrogen have led to a remarkable discovery—that by making alpha particles charge into the atoms and drive them forward, the collisions break up the structure of the atom to some extent, and some of the nitrogen is automatically set free as hydrogen.

A partial transmutation—infinitely small at present—into hydrogen has been effected by making the alpha particles charge into atoms of fluorine, sodium, aluminium, and phosphorus.

Thus the actual disintegration of what has been looked upon for centuries as unalterable matter has been effected by a man-controlled process, and elements of a certain definite type have been partially transmuted into the parent substance of all matter—hydrogen.

1921 - Sir Ernest Rutherford
*The Daily Mail*, Saturday, June 11, 1921.

## BREAKING UP THE ATOM.

---

## *PROFESSOR RUTHERFORD'S DISCOVERIES.*

---

*Playing billiards with balls 1-30,000,000th part of an inch in diameter or thereabouts, and incidentally causing matter to crumble up and disintegrate, was described in a lecture given yesterday by Professor Sir Ernest Rutherford before the Physical Society at the Imperial College of Science, Kensington.*

*One of the recent discoveries made by the renowned physicist is that by driving numbers of the alpha particles (which are continuously given off by radium) into a gas such as hydrogen; one such alpha particle in ten million or so will collide "dead-on" with a hydrogen atom and sent it forward with such a spurt that it will travel four times its normal distance. So great is the energy contained in the atom that prodigious forces were at work, he said, in these collisions.*

*Similar experiments carried out with nitrogen have led to a remarkable discovery--that by making alpha particles charge into the atoms and drive them forward, the collisions break up the structure of the atom to some extent, and some of the nitrogen is automatically set free as hydrogen.*

*A partial transmutation--infinitely small at present--into hydrogen has been effected by making the alpha particles charge into atoms of fluorine, sodium, aluminium (sic), and phosphorus.*

*Thus the actual disintegration of what has been looked upon for centuries as unalterable matter has been effected by a man-controlled process, and elements of a certain definite type have been partially transmuted into the parent substance of all matter--hydrogen.*

*ภาพจระเข้บนผนังที่เคมบริดจ์ เป็นเกียรติแก่รัทเทอร์ฟอร์ด เพราะที่เคมบริดจ์เขามีฉายาว่า* ***"จระเข้"***

ปี 1925 รัทเทอร์ฟอร์ดได้รับเครื่องราชอิสริยาภรณ์ชั้นเมริต (Order of Merit) และถึงปี 1931 เขาเป็นคนแรกที่ได้รับบรรดาศักดิ์บารอนแห่งเนลสัน (Baron of Nelson) ทำให้เขาสามารถเข้าร่วมประชุมในสภาขุนนาง (House of Lords) ได้ เขาได้รับรางวัลเกียรติยศอื่น ๆ อีกมากมาย รวมทั้งปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์จากมหาวิทยาลัยทั่วโลกไม่น้อยกว่า 20 แห่ง

เกียรติยศอีกประการหนึ่งของรัทเทอร์ฟอร์ดที่ไม่อาจมองข้ามไปได้ก็คือ ระหว่างปี 1925-1930 เขาได้ดำรงตำแหน่งเป็นนายกแห่งราชสมาคม (The Royal Society) ซึ่งเขาได้รับเลือกให้เป็นภาคีสมาชิกมาตั้งแต่ปี 1903

รัทเทอร์ฟอร์ดมีวาทะอันคมคายหลายครั้งดังกล่าวมาบ้างแล้วข้างต้น และยังมีอีกหนึ่ง "**วรรคทอง**" ที่แม้จะผิดพลาด แต่กลับสร้างชื่อเสียงให้กับเขาเป็นอย่างมาก คือ "**ความคิดที่จะเอาพลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์เป็นเรื่องเหลวไหล**" ("The energy produced by the breaking down of the atom is a very poor kind of thing. Anyone who expects a source of power from the transformation of these atoms is talking moonshine.") โดยทุกวันนี้เรามีไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานนิวเคลียร์ใช้อยู่ทั่วโลก

รัทเทอร์ฟอร์ดแต่งงานกับ แมรี นิวตัน เมื่อปี 1900 และมีบุตรสาวคนเดียวชื่อไอลีน (Eileen) การพักผ่อนหย่อนใจที่เขาโปรดปรานคือ กอล์ฟและรถยนต์

***รัทเทอร์ฟอร์ดถึงแก่กรรมที่เคมบริดจ์เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 1937 อัฐิธาตุของเขาได้รับเกียรติยศอย่างสูงให้ฝังในสุสานที่โบสถ์เวสต์มินสเตอร์ ทางด้านตะวันตกของหลุมศพของนิวตัน และอยู่เคียงข้างกับหลุมศพของลอร์ดเคลวิน***

***ท้ายที่สุด ชื่อของ รัทเทอร์ฟอร์ด ยังได้รับเกียรตินำไปตั้งเป็นชื่อธาตุลำดับที่ 104 คือ* ***รัทเทอร์ฟอเดียม*** *(Rutherfordium) อีกด้วย*** ☢

# ออทโท ฮาน

# ออทโท ฮาน (Otto Hahn)

## ผู้ค้นพบการแบ่งแยกนิวเคลียส

**ออทโท ฮาน** (Otto Hahn) เป็นผู้บุกเบิกด้านเคมีรังสี (radiochemistry) และเขาได้ชื่อว่าเป็น “**บิดาแห่งวิชาเคมีนิวเคลียร์**” (the father of nuclear chemistry) และ “**ผู้ก่อตั้งยุคปรมาณู**” (founder of the atomic age) ฮานเป็นคนเงียบ ๆ และถ่อมตัว แต่ฝีมือของเขาเป็นเอก พิสูจน์ได้จากนักวิทยาศาสตร์นับสิบ ที่แข่งทำการทดลองแบบเดียวกัน แต่สุดท้ายฮานเป็นผู้ไขกุญแจสู่พลังงานนิวเคลียร์ที่ซ่อนอยู่ในนิวเคลียสของอะตอมได้สำเร็จ

ฮานเกิดเมื่อวันที่ 8 มีนาคม 1879 ที่ถนนไมน์ในเมืองแฟรงค์เฟิร์ท บิดาชื่อว่าไฮน์ริช ฮาน (Heinrich Hahn) เป็นช่างกระจกหน้าต่าง แม่ชื่อ ชาร์ลอทท์ กีเซอ (Charlotte Hahn, née Giese) และมีน้องชาย 3 คน ฮานเริ่มสนใจวิชาเคมีตั้งแต่อายุได้ 15 ปี และทำการทดลองง่าย ๆ ในห้องซักผ้าที่บ้าน ปี 1897 หลังเรียนจบมัธยมปลายเขาไปเรียนต่อมหาวิทยาลัย โดยเลือกเรียนวิชาเคมีที่มหาวิทยาลัยมาร์บูร์ก (Marburg University) และปีที่ 3 และ 4 ไปเรียนที่มหาวิทยาลัยมิวนิก (Munich University) ปี 1901 ฮาน

ได้รับปริญญาเอกที่มาร์บูร์กด้านเคมีอินทรีย์ (organic chemistry) จากนั้นฮานได้งานเป็นผู้ช่วยในสถาบันเคมีที่มาร์บูร์กนั่นเอง และทำงานที่นั่นอยู่ 2 ปี หลังจากนั้นเขาตั้งใจว่าจะทำงานในบริษัทเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเคมีที่มีเครือข่ายระหว่างประเทศ ทำให้เขาต้องการพัฒนาภาษาอังกฤษของเขา ดังนั้นระหว่างฤดูใบไม้ร่วงจนถึงฤดูร้อนปี 1904 เขาจึงเดินทางไปประเทศอังกฤษ และได้ทำงานกับ เซอร์วิลเลียม แรมเซย์ (Sir William Ramsay เป็นผู้ค้นพบแก๊สเฉื่อยหลายชนิด) ที่มหาวิทยาลัย University College ในลอนดอน ซึ่งเพียงไม่นานเขาก็แสดงให้เห็นทักษะในฐานะนักวิจัยฝีมือดี โดยประสบความสำเร็จ สามารถค้นพบสารกัมมันตรังสีชนิดใหม่คือ radiothorium (ทอเรียม-228) ขณะกำลังเตรียมเกลือเรเดียมให้บริสุทธิ์

ในระยะนั้น เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford) เป็นหัวขบวนนำการศึกษาปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี (radioactivity) ซึ่งธาตุกัมมันตรังสีเกิดการแปรธาตุจากธาตุหนึ่งเป็นอีกธาตุหนึ่งเป็นทอด ๆ จนกว่าจะแปรเป็นธาตุที่เสถียร เช่น ตะกั่ว ลำดับธาตุทั้งหมดนี้เรียกว่าอนุกรมกัมมันตรังสี (radioactive series) ดังนั้นการค้นพบ radiothorium ก็คือการค้นพบไอโซโทป ในขณะนั้นยังไม่ทราบกันว่าแต่ละธาตุมีได้หลายไอโซโทป คำนี้บัญญัติขึ้นใช้ในปี 1913 โดย เฟรเดอริก ซอดดี (Frederick Soddy) หนึ่งของธาตุทอเรียมที่มีกัมมันตภาพรังสี แต่ไม่ได้เป็นการค้นพบธาตุใหม่ อย่างไรก็ดี การค้นพบเช่นนี้แสดงถึงความสามารถด้านวิชาเคมีและความละเอียดลออของฮาน

ระหว่างฤดูใบไม้ผลิปี 1905 ข้ามไปถึงฤดูร้อนของปี 1906 ฮานย้ายไปอยู่ที่สถาบันฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยแมกจิลล์ (McGill) เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา โดยทำงานเป็นลูกมือของ เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด การย้ายไปครั้งนี้จากการแนะนำของเซอร์แรมเซย์ ซึ่งให้คำรับรองกับรัทเทอร์ฟอร์ดว่าฮานเป็นคนทำงานเก่งมาก ซึ่งในระยะเวลาสั้น ๆ ที่นี่ฮานค้นพบ radioactinium และช่วยรัทเทอร์ฟอร์ดตรวจสอบรังสีแอลฟาจาก radiothorium และ radioactinium รัทเทอร์ฟอร์ดพอใจผลงานของฮานถึงกับกล่าวว่า “ฮานมีจมูกไว ว่ามีธาตุใหม่ ๆ แอบซุกอยู่ที่ไหน” จากนั้นฮานก็ย้ายกลับไปยุโรปที่มหาวิทยาลัยเบอร์ลิน ในประเทศเยอรมนีบ้านเกิด โดยทำงานที่สถาบันเคมี

และได้บรรจุเป็นอาจารย์ในปี 1907 ผลงานในปีนี้คือการค้นพบ mesothorium I (ก็คือ เรเดียม-228 สำหรับก่อนหน้านี้ที่มาดามคูรีและสามีค้นพบก็คือ เรเดียม-226) และ mesothorium II **จากการค้นพบ mesothorium I นี้ มีผู้เสนอชื่อเขาเข้ารับรางวัลโนเบลด้วย** ก็เพราะการมีความสามารถสูงเช่นนี้ ฮานจึงก้าวหน้าในมหาวิทยาลัยอย่างรวดเร็ว

ที่เบอร์ลินนี้เอง ฮานกำลังมองหาผู้ร่วมงานและได้พบกับ ลิเซอ ไมท์เนอร์ (Lise Meitner เป็นผู้หญิงคนที่สองที่ได้รับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเวียนนา ประเทศออสเตรีย เมื่อปี 1905) ซึ่งมาฟังการบรรยายของ มัคซ์ พลังค์ ที่เบอร์ลิน พอถึงปลายปี 1907 ไมท์เนอร์ก็ย้ายจากเวียนนามาที่เบอร์ลิน และได้ร่วมงานกับฮาน โดยในปีแรกทั้งคู่ต้องดัดแปลงโรงช่างไม้เป็นห้องทดลอง เนื่องจากมหาวิทยาลัยไม่ยอมรับให้ผู้หญิงทำงานอย่างเป็นทางการ ต่อมาไมท์เนอร์ได้กลายเป็นผู้ร่วมงานกับฮานอยู่นานกว่า 30 ปี และเป็นเพื่อนสนิทกันไปตลอดชีวิต ผลงานที่ทั้งคู่ทำร่วมกันก็มีการดูดกลืนและสเปกตรัมแม่เหล็กของรังสีบีตา การใช้การสะท้อนกลับเชิงกัมมันตรังสี (radioactive recoil คือการสะท้อนกลับหลังของนิวเคลียสในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาออกไป) เพื่อให้เกิดการแปรธาตุใหม่ ๆ

*ลิเซอ ไมท์เนอร์*

ปี 1910 ฮานได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ พอถึงปี 1912 ทีมของฮานย้ายไปที่สถาบันเคมีไกเซอร์วิลเฮล์ม (Kaiser Wilhelm Institute for Chemistry) ซึ่งเพิ่งตั้งขึ้นใหม่ในเบอร์ลิน โดยฮานเป็นหัวหน้าภาควิชาเกี่ยวกับรังสี และภายหลังได้เป็นผู้อำนวยการสถาบันนี้ยาวนานถึง 18 ปี

ปี 1911 ฮานไปร่วมการประชุมทางวิชาการที่โปแลนด์และได้พบกับ เอดิท ยุงฮานส์ (Edith Junghans) นักศึกษาวิชาศิลปะ พอถึงปี 1913 (วันที่ 22 มีนาคม) ทั้งคู่ก็แต่งงานกันและมีลูกชายโทนชื่อฮานโน (Hanno)

*สถาบันเคมีไกเซอร์วิลเฮล์ม ปัจจุบันคือ "อาคารออทโทฮาน" ของมหาวิทยาลัย Freie Universität*

ระหว่างปี 1914 ถึง 1918 งานของฮานชะงักไปจากการต้องไปรบในสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยไม่ต้องออกรบ แต่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญอาวุธเคมีคือการใช้แก๊สคลอรีนและแก๊สมัสตาร์ด ส่วนไมท์เนอร์ก็ไปเป็นพยาบาลอาสาด้านรังสีเอกซ์ในกองทัพออสเตรีย และทั้งคู่กลับมาร่วมงานกันอีกในปี 1918 คราวนี้ได้ค้นพบธาตุโพรแทกทิเนียม (protactinium) ซึ่งเป็นธาตุแม่อายุยาวในอนุกรมกัมมันตรังสีแอกทิเนียม (actinium series) ฮานได้เปรียบจากการเป็นนักเคมีทำให้ค้นพบไอโซโทปได้มากกว่านักฟิสิกส์ทั่วไป ดังนั้นต่อมาเขาก็ยังค้นพบ uranium Z (โพรแทกทิเนียม-234) ซึ่งกรณีนี้เป็นกรณีแรกของการค้นพบอะตอมชนิดที่เรียกว่า **"ไอโซเมอร์"** (isomer คือนิวไคลด์ที่มีจำนวนนิวตรอนและโปรตอนเท่ากันแต่มีสถานะพลังงานต่างกัน **จากผลงานนี้ ฮานได้รับการเสนอชื่อเข้ารับรางวัลโนเบลอีกครั้งหนึ่ง**)

ต้นคริสต์ทศวรรษ 1920 ฮานริเริ่มการใช้การแผ่รังสีที่เรียกว่า emanation method มาใช้วิเคราะห์ปริมาณของสารต่าง ๆ เกิดเป็น **"ศาสตร์ใหม่"** เรียกว่า **"เคมีรังสีประยุกต์"** (Applied Radiochemistry) โดยฮานนำเอากรรมวิธีทางกัมมันตรังสีมาประยุกต์ตรวจสอบการดูดกลืนและการตกตะกอนของสารในปริมาณที่ต่ำมาก ๆ ได้

ตลอดจนการตรวจสอบการตกผลึกว่าปกติหรือผิดปกติ นอกจากนี้ฮานยังพัฒนาการใช้ธาตุสตรอนเชียมสำหรับหาอายุทางธรณีวิทยาด้วย

ปี 1924 ฮานได้รับเลือกเป็นภาคีสมาชิกบัณฑิตยสถานแห่งปรัสเซีย (Prussian Academy of Sciences) จากการเสนอของหลาย ๆ คนรวมทั้ง แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) และ มัคซ์ พลังค์ (Max Planck)

ระหว่างปี 1928-1946 ฮานได้เป็นผู้อำนวยการของสถาบันเคมีไกเซอร์วิลเฮล์ม

ปี 1932 เมื่อ เจมส์ แชดวิก (James Chadwick) ค้นพบนิวตรอนที่ไม่มีประจุ ทำให้เกิดแนวทางใหม่ โดยเปลี่ยนจากการใช้อนุภาคแอลฟาซึ่งมีประจุบวก เปลี่ยนมาใช้นิวตรอนสำหรับระดมยิงนิวเคลียสของอะตอมซึ่งการไม่มีประจุทำให้นิวตรอนทะลวงเข้าไปในนิวเคลียสที่มีประจุบวกได้ผลดีกว่าเพราะไม่ถูกผลักออกมา ซึ่งวิธีนี้ริเริ่มโดย เอนริโก แฟร์มี (Enrico Fermi) ดังนั้น ตั้งแต่ปี 1934 ฮานจึงร่วมขบวนศึกษาด้านนี้ไปกับเขาด้วย โดยร่วมงานกับไมท์เนอร์ และมีลูกศิษย์นักเคมีชื่อว่า ฟริทซ์ ชตราสส์มันน์ (Fritz Strassmann) เป็นลูกมือ โดยมาร่วมงานตั้งแต่ปี 1929 พวกเขาเน้นการทดลองระดมยิงนิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียม (และทอเรียม) ด้วยอนุภาคนิวตรอน โดยคาดหมายผลลัพธ์เช่นเดียวกับคนอื่น ๆ รวมทั้งแฟร์มีว่าน่าจะได้แก่การเกิดอะตอมของธาตุใหม่ที่มีขนาดใกล้เคียงกับธาตุตั้งต้นคือยูเรเนียม

*ออทโท ฮาน เล่นกีตาร์อยู่ท้ายรถบรรทุกนำทหารไปสู่แนวหน้าระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1*

ปี 1938 ไมท์เนอร์ซึ่งมีเชื้อสายยิวจึงต้องลี้ภัยนาซี โดยฮานมีส่วนช่วยเหลือในการลอบข้ามชายแดนออกจากเยอรมนี และไปทำงานอยู่ที่สถาบันโนเบล กรุงสตอกโฮล์ม ประเทศสวีเดน ต่อมาได้ไปทำงานร่วมกับหลานชาย

*ไมท์เนอร์ กับ ฮาน ที่สถาบันเคมีไกเซอร์วิลเฮล์ม เมืองเบอร์ลิน เมื่อปี 1928*

ชื่อว่า ออทโท ฟริช (Otto Frisch) ที่สถาบันนีลส์โบร์ (Niels Bohr's institute) กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก จึงเหลือฮานร่วมงานกันต่อไปกับชตราสส์มันน์

การค้นพบที่น่าแตกตื่นที่สุดของฮานกับชตราสส์มันน์ เกิดขึ้นตอนปลายปี 1938 ก็คือเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พวกเขาตรวจพบธาตุที่ไม่ได้คาดหมายคือ **"แบเรียม"** ซึ่งเบากว่ายูเรียมมาก ปนอยู่ในอะตอมธาตุหนักอื่น ๆ คือเรเดียมและ mesothorium ฮานประหลาดใจว่าการทดลองของเขาทำให้ยูเรเนียม "ระเบิด" ออกเป็นธาตุขนาดกลางได้ เขาได้รายงานการตรวจพบนี้ให้ไมท์เนอร์ทราบ ซึ่งไมท์เนอร์กับฟริชได้ใช้แบบจำลองนิวเคลียสของโบร์มาคำนวณ ซึ่งก็พบว่ามีความเป็นไปได้ว่านิวเคลียสของยูเรเนียมถูกแบ่งแยก และได้แจ้งกลับไปยังฮานว่าพวกเขาได้ค้นพบ **"การแบ่งแยกนิวเคลียส"** (fission คำนี้บัญญัติโดย ออทโท ฟริช) เข้าแล้ว

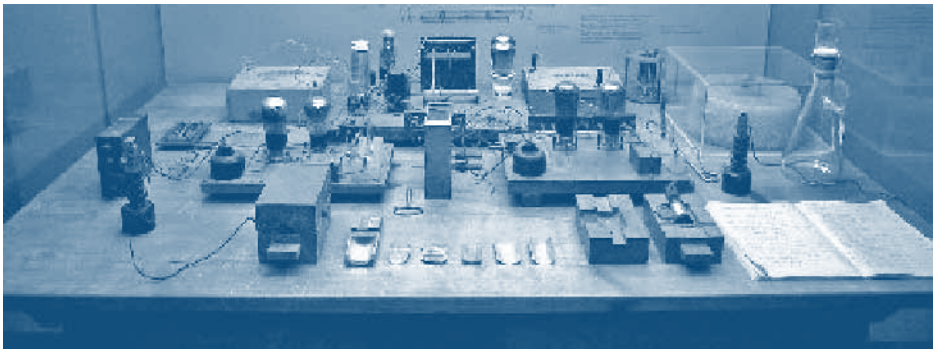
เรื่องการแบ่งแยกนิวเคลียสนี้ทราบถึงโบร์และต้นปี 1939 เมื่อโบร์ไปบรรยายที่มหาวิทยาลัยพรินซ์ตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา และปูดข่าวนี้ออกไป เป็นที่ตื่นเต้นกันไปทั่ว

ส่วนฮานต่อมาก็ได้ตีพิมพ์ผลงานนี้ในวารสาร *Naturwissenschaften* ฉบับวันที่ 6 มกราคม และ 10 กุมภาพันธ์ (ต้นปี 1939) หลังจากนั้นฮานก็ยังคงก้มหน้าก้มตาทำงานตรวจสอบและแยกธาตุอีกหลายธาตุที่เกิดจากการแบ่งแยกนิวเคลียสของเขาต่อไป

ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ภายใต้ปฏิบัติการเอปสิลอน (Operation Epsilon) ของฝ่ายสัมพันธมิตร ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ถึง 30 มิถุนายน 1945 นักวิทยาศาสตร์เยอรมันที่มีชื่อเสียง 10 คนรวมทั้งฮาน ถูกควบคุมตัวอยู่ที่ประเทศอังกฤษเพื่อสอบสวนว่ารู้เห็นเกี่ยวกับการสร้าง “**ลูกระเบิดอะตอม**” (atomic bomb) หรือไม่ หลังจากนั้นระหว่างวันที่ 3 กรกฎาคม 1945 จนถึง 3 มกราคม 1946 พวกเขาก็ถูกนำไปกักตัวต่อที่บ้านที่ติดเครื่องดักฟังหลังหนึ่งชื่อว่า Farm Hall ดังนั้น หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลงแล้วเมื่อเดือนสิงหาคม 1945 และพอถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน 1945 เมื่อราชบัณฑิตยสถานวิทยาศาสตร์สวีเดน (Royal Swedish Academy of Sciences) ประกาศให้ฮานได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีประจำปี 1944 จากผลงานการแบ่งแยกนิวเคลียส ฮานจึงได้ทราบข่าวจากหนังสือพิมพ์เดลีเทเลกราฟของอังกฤษ และรู้สึกประหลาดใจมาก การที่กำลังถูกกักตัว ทำให้พวกเขาต้องฉลองกันเอง และฮานต้องไปรับรางวัลในอีกปีถัดมา

*ฟริทซ์ ชตราสส์มันน์*

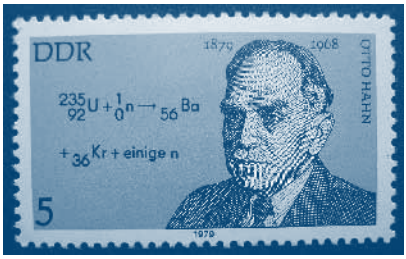
อันที่จริงฮานเกลียดชังฮิตเลอร์มากและเคยบอกกับเพื่อนว่า หากผลงานของเขาช่วยให้ฮิตเลอร์นำไปใช้ผลิตลูกระเบิดอะตอม เขาจะฆ่าตัวตายเสียดีกว่า แต่อันที่จริงการค้นพบของเขาถูกสหรัฐอเมริกาแทนที่จะเป็นเยอรมนีบ้านเกิดของเขาเอง นำไปพัฒนาลูกระเบิดอะตอมได้สำเร็จ และยังนำไปทำลายล้างชีวิตมนุษย์อันเป็นรอยด่างอันอัปลักษณ์ในประวัติศาสตร์ที่ควรจะมีแต่การสร้างสรรค์อันงดงามของพลังงานนิวเคลียร์



*แบบจำลองอุปกรณ์การทดลองที่ฮานค้นพบการแบ่งแยกนิวเคลียส*

จากความสำเร็จของ ฮาน ทำให้เขาได้รับเกียรติคุณมากมาย ปี 1933 เขาเป็นศาสตราจารย์อาคันตุกะ (Visiting Professor) ของมหาวิทยาลัยคอร์แนล (Cornell University, Ithaca, New York) โดยได้บรรยาย “ศาสตร์ใหม่” หรือ “เคมีรังสีประยุกต์” ไว้หลายครั้ง และในปีเดียวกันก็ได้รวบรวมตีพิมพ์เป็นหนังสือภาษาอังกฤษชื่อว่า Applied Radiochemistry

ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 1946 ฮานเป็นประธานสมาคมไกเซอร์วิลเฮล์ม (Kaiser Wilhelm Society) โดยเป็นประธานคนสุดท้าย (สมาคมนี้ล้มเลิกเนื่องจากเยอรมนีแพ้สงครามโลกครั้งที่ 2) และตั้งแต่วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 1948 เขาได้ดำรงตำแหน่งประธานคนแรกของสมาคมมัคซ์พลังค์ (Max Planck Society) โดยเขาเองเป็นผู้ก่อตั้งขึ้นทดแทนสมาคมไกเซอร์วิลเฮล์มที่ล้มเลิกไป และเดือนพฤษภาคม 1960 เมื่อลงจากตำแหน่งแล้วแต่เขาก็ยังได้รับเกียรติเป็นประธานกิตติมศักดิ์ของสมาคมนี้ต่อไปอีก ฮานได้รับเกียรติเป็น




*แสตมป์พิมพ์ปฏิกิริยาการแบ่งแยกนิวเคลียสอะตอมยูเรเนียม ออกเป็นอะตอมแบเรียมและคริปทอน*

*ฮาน อธิบายการทดลองการแบ่งแยกนิวเคลียสเมื่อเดือนธันวาคม 1938 ของเขา (30 มิถุนายน 1962)*

สมาชิกของบัณฑิตยสถานมากมายหลายแห่ง ได้แก่ เบอร์ลิน (Academies of Berlin) เกิททิงเงน (Göttingen) มิวนิก (Munich) ฮัลเลอ (Halle) สตอกโฮล์ม (Stockholm) เวียนนา (Vienna) บอสตัน (Boston) มาดริด (Madrid) เฮลซิงกิ (Helsinki) ลิสบอน (Lisbon) ไมนส์ (Mainz) โรม (วาติกัน) (Rome (Vatican)) อัลลาฮาบัด (Allahabad) โคเปนเฮเกน (Copenhagen) รวมทั้งบัณฑิตยสถานวิทยาศาสตร์แห่งอินเดีย (Indian Academy of Sciences)

***ฮานถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 1968 เขามีอายุยืนถึง 90 ปี และศพของเขาถูกฝังที่สุสานเมืองเกิททิงเงน ในเยอรมนีตะวันตก*** ☢

# สีโอ ซีลาร์ด

# ลีโอ ซีลาร์ด (Leó Szilárd)

## ผู้คิดปฏิกริยาลูกโซ่นิวเคลียร์

นักประวัติศาสตร์จำนวนหนึ่ง สืบย้อน **"จุดกำเนิดของยุคปรมาณู"** ไปที่ ค.ศ. 1939 จากเหตุการณ์ที่ แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ลงชื่อในจดหมายที่ส่งถึงประธานาธิบดี แฟรงกลิน ดี. โรสเวลต์ (Franklin D. Roosevelt) แห่งสหรัฐอเมริกาเมื่อ 1 เดือนหลังจาก เยอรมนีบุกเข้าโปแลนด์ อันเป็นการเริ่มต้นสงครามโลกครั้งที่ 2 ข้อความในจดหมาย มีว่า ด้วย "**ปฏิกิริยาลูกโซ่**" (chain reaction) ธาตุยูเรเนียมอาจจะถูกแปลงให้เป็น แหล่งกำเนิดพลังงานที่มีความสำคัญหรือแม้แต่นำไปสร้างลูกระเบิดที่ทรงพลานุภาพได้อีก ทั้งยังเตือนว่า เยอรมนีอาจจะเข้ายึดเหมืองยูเรเนียมของประเทศเชโกสโลวะเกีย

ก็เพราะไอน์สไตน์เป็นนักวิทยาศาสตร์เรืองนาม โดยเฉพาะกับสมการ $E = mc^2$ ที่หากยูเรเนียมแปลงเป็นพลังงานได้จริง ก็จะเป็นพลังงานที่มากมหาศาลจริง ๆ ดังนั้น ประธานาธิบดีโรสเวลต์จึงไม่ได้โยนจดหมายลงตะกร้า และมีการดำเนินการหลาย ประการ รวมถึงโครงการแมนแฮตตัน (Manhattan Project) ที่เริ่มขึ้นเมื่อปี 1945 เพื่อ สร้าง **"ลูกระเบิดอะตอม"** (atomic bomb) หรือที่เรียกติดปากกันว่า **"ลูกระเบิด ปรมาณู"** และถูกนำไปถล่มประเทศญี่ปุ่นที่เมืองฮิโรชิมาและนางาซากิ

ชื่อ ลีโอ ซีลาร์ด (Leó Szilárd) อาจไม่ค่อยคุ้นหู แต่ในประวัติศาสตร์นิวเคลียร์แล้ว ชื่อนี้ไม่ธรรมดา ประการหนึ่งเพราะแท้จริงแล้วเขาเป็นผู้เขียนจดหมายถึงประธานาธิบดี และขออาศัยความมีชื่อเสียงของ ไอน์สไตน์ ให้ช่วยลงชื่อในจดหมาย นอกจากนี้ ซีลาร์ด ยังมีบทบาททางนิวเคลียร์ที่สำคัญอีกหลายประการ...ขอเชิญติดตามได้จากประวัติ อันพิสดารของเขาต่อไป

**ลีโอ ซีลาร์ด** เกิดวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 1898 ในครอบครัวชาวยิวที่เมืองบูดาเปสต์ ประเทศฮังการี มีบิดาเป็นวิศวกรโยธา ปี 1916 ขณะศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ที่ Budapest Technical University ก็ถูกเกณฑ์เข้าในกองทัพออสเตรีย-ฮังการี อยู่ในหน่วยทหารปืนใหญ่ ให้ไปรบในสงครามโลกครั้งที่ 1 ระหว่างนั้นคือปี 1918 มีไข้หวัดใหญ่ระบาดและคนในยุโรปเสียชีวิตไปถึง 20 ล้านคน แต่ก็ทำให้ซีลาร์ดรอดตายเพราะนอนแซ่วจากโรคหวัดอยู่บนเตียง ในขณะที่เพื่อนทหารในหน่วยทหารปืนใหญ่ของเขาต้องเสียชีวิตในสนามรบ

หลังสงคราม ปี 1919 เขาหนีออกจากฮังการีที่ปกครองด้วยลัทธิต่อต้านยิว (anti-semitism) ไปศึกษาที่มหาวิทยาลัยเบอร์ลิน และได้เรียนกับไอน์สไตน์ซึ่งมีชื่อเสียงจากทฤษฎีสัมพัทธภาพเป็นศาสตราจารย์ทำงานวิจัยที่นั่น ไอน์สไตน์ได้ช่วยเขาอ่านวิทยานิพนธ์และรู้สึกชื่นชม ซีลาร์ดได้รับปริญญาเอกเกียรตินิยมชั้นสูงสุดในสาขาฟิสิกส์เมื่อปี 1922

นี่นับเป็นจุดเริ่มความสัมพันธ์ฉันท์เพื่อนอันแนบแน่นของไอน์สไตน์กับซีลาร์ด

*บ้านในวัยเด็กของซีลาร์ด*
*เลขที่ 33 Városligeti Fasor*

ซีลาร์ดสนทัดเรื่องการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) ได้ออกแบบและยื่นขอสิทธิบัตรกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron microscope) เครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น (linear accelerator) ไซโคลทรอน (cyclotron) รวมทั้งได้เสนอ Szilard's engine และไอน์สไตน์เองก็เป็นนักประดิษฐ์ด้วย ซึ่งก่อนหน้านี้ขณะพำนักในสวิตเซอร์แลนด์ ทักษะนี้ทำให้เขาได้งานทำที่สำนักงานสิทธิบัตร ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่ซีลาร์ดกับไอน์สไตน์ใช้เวลาถึง 7 ปี ช่วยกันคิดค้นการประดิษฐ์ตู้เย็นที่ปลอดภัย โดยสมัยนั้นตัวทำความเย็นที่ใช้คือแก๊สแอมโมเนียซึ่งมีการกัดกร่อนสูง จึงมักรั่วซึมง่าย และเคยทำให้คนตายทั้งครอบครัวจากแก๊สพิษ อย่างไรก็ดี ตู้เย็นของพวกเขาไม่มีการสร้างออกจำหน่าย เพราะไม่นานต่อมาในสหรัฐอเมริกาก็มีการออกแบบใช้ฟรีออนแทนแอมโมเนียซึ่งยังมีใช้กันมาจนปัจจุบัน

ปี 1933 ก็ถึงเวลาลาจากประเทศเยอรมนีเมื่ออะดอล์ฟ ฮิตเลอร์ (Adolph Hitler) ขึ้นเถลิงอำนาจ และมีนโยบายต่อต้านพวกยิว ทั้งไอน์สไตน์และซีลาร์ดต่างก็มีเชื้อสายยิวทั้งคู่ จึงต้องลี้ภัยออกจากเยอรมนีไปคนละทิศละทาง

ไอน์สไตน์ไปอยู่ที่สหรัฐอเมริกาที่มหาวิทยาลัยพรินซ์ตัน (Princeton University) ในขณะที่ซีลาร์ดลี้ภัยไปอยู่ที่ประเทศอังกฤษ ซึ่งก่อนหน้านั้น 1 ปี (ปี 1932) เพิ่งมี**การค้นพบนิวตรอน**โดย เจมส์ แชดวิก (James Chadwick) และนับแต่นั้นนิวตรอนนี้เองก็**เชื่อมซีลาร์ดเข้ากับพลังงานนิวเคลียร์อย่างแนบแน่น**

วันนั้นคือวันที่ 12 กันยายน 1933 ขณะที่ซีลาร์ดเดินไปทำงานที่โรงพยาบาล St. Bartholomew's Hospital และกำลังยืนรอสัญญาณไฟข้ามถนน Southamton Row ในย่าน Bloomsbury ใจกลางกรุงลอนดอน เขาเกิดความคิดแว่บขึ้นมาถึงความเป็นไปได้ว่า การแปรธาตุจากปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี มีการปลดปล่อยพลังงานออกมาด้วย ดังนั้น หากสามารถทำให้เกิดซ้ำ ๆ จนกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ซึ่งจะปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมาที่สามารถนำมาใช้ได้ในทางสันติ หรืออาจนำไปใช้ผลิตอาวุธที่มีการทำลายล้างสูงก็ได้เช่นกัน มีเรื่องเล่าว่า ความคิดทำนองนี้เกิดขึ้นกับซีลาร์ดก็เพราะเขาค้างคาใจกับสุนทรพจน์ที่สรุปย่อ

มาลงในหนังสือพิมพ์เดอะไทม์ ของ เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford) ที่บอกปัดการพูดถึง **พลังงานนิวเคลียร์** ว่า **เป็นเรื่องเพ้อฝัน** (สำนวนที่ใช้คือ talking moonshine)

ปี 1936 ซีลาร์ดได้จดสิทธิบัตรปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างลับ ๆ ไว้กับกระทรวงทหารเรืออังกฤษ (เลขทะเบียนคือ GB patent 630726) การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่จะต้องอาศัยธาตุหรือไอโซโทปที่มีการจับยึดนิวตรอนได้ดี อะตอมเมื่อจับยึดนิวตรอนไว้แล้ว ก็เกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ที่นิวเคลียสของอะตอม พร้อมกับปลดปล่อยพลังงานและนิวตรอนอิสระออกมามากกว่าที่จับยึดไว้ แล้วนิวตรอนพวกนี้ก็จะถูกจับยึดอีกทีละทอด ๆ กลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ซีลาร์ดทั้งรู้สึกตื่นเต้นและกังวลใจ หวังลึก ๆ ว่าสิ่งที่เขาคิดจะเป็นไปไม่ได้ เพื่อไม่ให้ใครนำไปผลิตอาวุธที่มีอำนาจทำลายล้างสูง

เพื่อทดสอบความคิดของเขา ซีลาร์ดไปขอใช้ห้องทดลองคาเวนดิช (Cavendish Laboratory) ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ แต่ถูกรัทเทอร์ฟอร์ดปฏิเสธ ในที่สุดเขาได้รับอนุญาตให้ใช้ห้องทดลองของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในกรุงลอนดอน และทำการทดลองการจับยึดนิวตรอนกับธาตุเบริลเลียมและอินเดียม และรู้สึกโล่งอกกับผลการทดลองที่ไม่เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสจนเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

ซีลาร์ดโยกย้ายมาอยู่ที่สหรัฐอเมริกาในปี 1938 แล้วความกลัวเกี่ยวกับลูกระเบิดอะตอมก็ตามกลับมาหลอนเขาในปีถัดมา ในวันหนึ่งเมื่อเขาเดินทางไปพรินซ์ตันเพื่อพบกับเพื่อนเก่าคนหนึ่งชื่อว่า **พอล วิกเนอร์** (Paul Wigner) ทั้งคู่มีเชื้อชาติฮังการีและเคยทำงานด้วยกันในเยอรมนีก่อนที่จะหนีภัยนาซี วันนั้นเขาได้ฟังวิกเนอร์เล่าให้ฟังว่านักเคมีรังสีชื่อว่า **ออทโท ฮาน** (Otto Hahn) ได้ค้นพบการแบ่งแยกนิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียมด้วยนิวตรอนแล้ว เรื่องนี้รั่วไหลออกมาจากที่ฮานได้ขอคำปรึกษาจาก **ลิเซอ ไมท์เนอร์** (Lise Meitner) ซึ่งเป็นเพื่อนร่วมงานเก่า เกี่ยวกับการทดลองการจับยึดนิวตรอนของอะตอมยูเรเนียมของเขา ว่าเขาตรวจพบอะตอมที่เล็กลงคืออะตอมของธาตุแบเรียมได้อย่างไร อันที่จริงไมท์เนอร์เองก็มีเชื้อสายยิวและก็ได้เคยร่วมงานกับซีลาร์ดในเยอรมันมาก่อน และก็ได้ลี้ภัยนาซีออกจากเยอรมนีเช่นกัน

*ไอน์สไตน์ กับ ซีลาร์ด*

ระหว่างที่ไมท์เนอร์กับหลานชายนักฟิสิกส์ชื่อ ออทโท ฟริช (Otto Frisch) เดินคุยกันในสวนสาธารณะในกรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก ทั้งคู่สรุปการทดลองของฮานว่าอะตอมยูเรเนียมได้เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสเป็นอะตอมที่เล็กลงคือแบเรียม และไมท์เนอร์ ใช้สมการ $E = mc^2$ คำนวณพลังงานที่ปล่อยออกมา ส่วนฟริชซึ่งทำงานกับ **นีลส์ โบร์** (Niels Bohr) ก็ลองคำนวณเช่นกันโดยใช้วิธีแบบจำลอง surface tension model of the nucleus และได้ผลลัพธ์ออกมาไม่ต่างกัน โดยพยากรณ์ว่า พลังงานแต่ละอะตอมที่เกิดการแบ่งแยก มากพอจะ**ยกเม็ดทรายที่มีขนาดโตตามองเห็นได้ให้ลอยขึ้นมาสูงพอสังเกตเห็นได้**

ข่าวนี้รั่วมาถึงสหรัฐอเมริกาผ่านทาง นีลส์ โบร์ ที่เดินทางมาร่วมการประชุมทาง

วิชาการที่กรุงวอชิงตันเมื่อเดือนมกราคม 1939 แต่ทว่าการค้นพบครั้งนี้ถูกบดบังจากอุบัติเหตุทางประวัติศาสตร์ก็คือ การเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเริ่มขึ้นในทวีปยุโรป และเหตุการณ์นี้ผลท้ายที่สุดคือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอำนาจทางทหารของโลก

ซีลาร์ดโยกย้ายอีกครั้ง คราวนี้ไปที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบียและได้ร่วมงานกับผู้ลี้ภัยชาวอิตาลีอีกคนคือ **เอนรีโก แฟร์มี** (Enrico Fermi) ผู้มีภรรยาเชื้อสายยิวและก็ต้องพลอยหลบหนีจากระบอบฟาสซิสต์ แฟร์มีทำการทดลองคล้าย ๆ กับที่ซีลาร์ดทดลองลับ ๆ ที่อังกฤษ แต่แฟร์มีมีห้องทดลองและลูกมือที่ดีจึงประสบผลสำเร็จมากกว่า คือพบว่า เขาสามารถใช้พาราฟินหรือแกรไฟต์ทำให้นิวตรอนเคลื่อนที่ช้าลงซึ่งทำให้โอกาสการจับยึดนิวตรอนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหมายถึงการเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น และแฟร์มีได้รับรางวัลโนเบลในปี 1938 การทดลองของแฟร์มีแสดงให้เห็นว่ามีนิวตรอนถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ถูกจับยึดไว้ ดังนั้น ความคิดเรื่องปฏิกิริยาลูกโซ่ของซีลาร์ดจึงเป็นไปได้ หากมีแกรไฟต์ที่บริสุทธิ์ขึ้นกับมีเชื้อเพลิงยูเรเนียมที่ดีพอเหมาะ กล่าวคือต้องเป็นไอโซโทปยูเรเนียม-235 ซึ่งพบว่านิวเคลียสแบ่งแยกได้ง่ายกว่า และได้จากการเสริมสมรรถนะ (enrichment) หรืออีกทางหนึ่งก็คือ เพราะว่าไอโซโทปยูเรเนียม-238 มีความอุดมกว่าเป็นอย่างมาก (ยูเรเนียมในธรรมชาติเป็นยูเรเนียม-235 เพียง 0.72 เปอร์เซ็นต์และเป็นยูเรเนียม-238 มากถึง 99.27 เปอร์เซ็นต์) แต่ถ้าสร้างเครื่องปฏิกรณ์ที่ผลิตนิวตรอนจำนวนมากไปทำให้ยูเรเนียม-238 แปรธาตุเป็นพลูโทเนียม-239 ซึ่งก็เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสได้ดี (เรียกว่าวัสดุเกิดฟิชชันได้ หรือ fissionable material ซึ่งก็คือทั้งยูเรเนียม-235 และพลูโทเนียม-239) เรื่องนี้ทำให้ซีลาร์ดต้องวิตกกังวลขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีข่าวมาว่านักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อว่าพอล ฮาร์เทค (Paul Harteck) ก็ได้แจ้งเรื่องนี้ให้ฮิตเลอร์ทราบ และเริ่มทำการทดลองสร้างอาวุธร้ายบ้างแล้ว ซีลาร์ดจึงคิดว่าฝ่ายสัมพันธมิตรโดยสหรัฐอเมริกา **จำเป็นต้องทดลองสร้างอาวุธชนิดนี้ให้สำเร็จได้ก่อนเยอรมนีผู้กระหายสงคราม**

ในฐานะคนอพยพที่ไร้ชื่อเสียง ความหนักใจของซีลาร์ดก็คือจะหาทางแจ้งเรื่องอันเป็นเสมือนลางไม่ดีนี้ให้ประธานาธิบดีแฟรงกลิน ดี. โรสเวลต์ (Franklin D. Roosvelt)

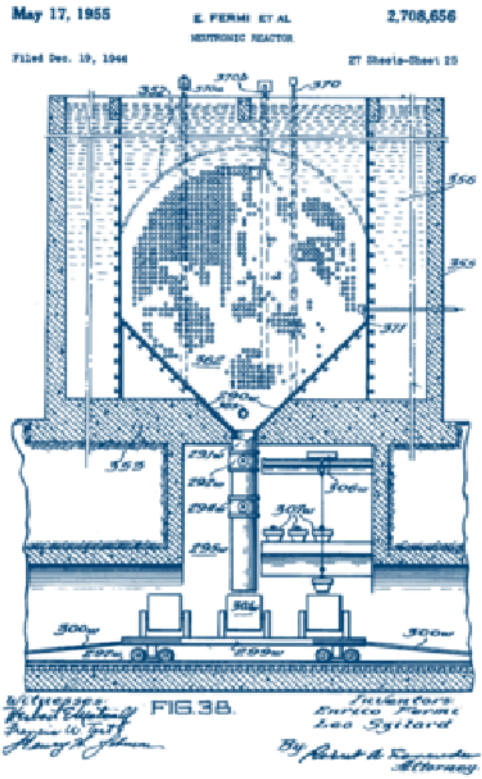
*พอล วิกเนอร์*

*เอ็ดเวิร์ด เทลเลอร์*

ทราบได้อย่างไร เขาคิดถึง ไอน์สไตน์ว่าน่าจะเป็นผู้ถ่ายทอดคำเตือนของเขาให้ท่านประธานาธิบดียอมเชื่อได้ แต่ขณะนั้นไอน์สไตน์กำลังพักผ่อนเล่นเรืออยู่แถวลองไอส์แลนด์ (Long Island) พอล วิกเนอร์ ซึ่งเห็นดีเห็นงามด้วยกับซีลาร์ดจึงอาสาขับรถให้ และซีลาร์ดก็ได้พบกับ ไอน์สไตน์ซึ่งไม่รู้เรื่องเกี่ยวกับการค้นพบนี้ แต่เขาก็ฟังและตอบว่าไม่เคยคิดถึงปฏิกิริยาลูกโซ่มาก่อน แต่ก็เห็นว่าเป็นไปได้

ดังนั้นซีลาร์ดจึงกลับไปร่างจดหมายและเขาต้องหาคนขับรถให้อีกครั้ง โดยคราวนี้เข้าต้องการลายเซ็นของไอน์สไตน์ ซีลาร์ดเลือกได้เพื่อนชื่อว่า เอ็ดเวิร์ด เทลเลอร์ (Edward Teller) ซึ่งก็เป็นผู้อพยพลี้ภัยชาวฮังการีเช่นกัน ซึ่งอีกหลายปีต่อมาเทลเลอร์ผู้นี้จะได้ชื่อว่า “**บิดาแห่งลูกระเบิดไฮโดรเจน**” (father of hydrogen bomb) ซึ่งลูกระเบิดชนิดนี้มีอำนาจการทำลายล้างสูงกว่าลูกระเบิดอะตอมมาก และเทลเลอร์มักพูดติดตลกเสมอว่า เพราะเขาเป็นคนขับรถของซีลาร์ด จึงได้มีโอกาสพบกับไอน์สไตน์ผู้มีชื่อเสียงโด่งดัง

ด้วยความเป็นผู้รักสันติ ไอน์สไตน์จึงลงชื่อในจดหมายลงวันที่ 2 สิงหาคม และปีนั้น (ค.ศ. 1939) กองทัพเยอรมันกรีฑาทัพเข้าไปในประเทศโปแลนด์ในเดือนกันยายน และ

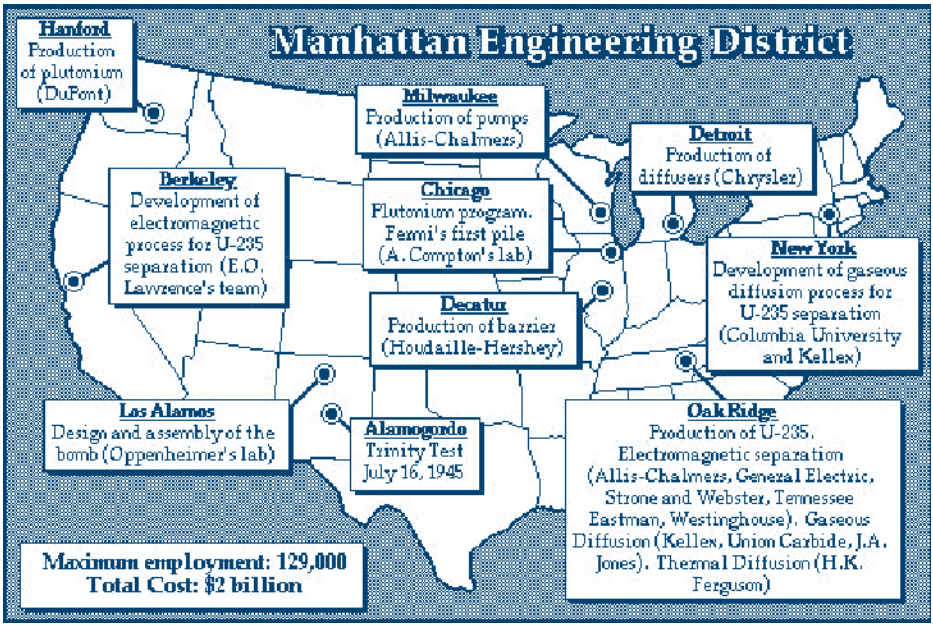



*ภาพวาด "เครื่องปฏิกรณ์นิวทรอนิก" "neutronic reactor" จากสิทธิบัตรของแฟร์มีและซีลาร์ด*

จดหมายถูกส่งถึงมือประธานาธิบดีในเดือนตุลาคมผ่านทาง อะเล็กซานเดอร์ ซาคส์ (Alexander Sachs) ผู้เป็นทั้งนักธุรกิจ นักชีววิทยา และนักเศรษฐศาสตร์

โรสเวลต์สนองตอบโดยการให้ทุนซีลาร์ด 6,000 ดอลลาร์สำหรับตระเตรียมการผลิตแกรไฟต์ที่ไม่ปนเปื้อนธาตุโบรอนซึ่งสามารถจับยึดนิวตรอนได้ดี อันจะทำให้นิวตรอนไปทำปฏิกิริยามีจำนวนลดลง

ซีลาร์ดและแฟร์มีได้ย้ายไปที่มหาวิทยาลัยชิคาโก และออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ยูเรเนียมธรรมชาติกับแกรไฟต์ที่ทำให้บริสุทธิ์ขึ้นนี้ พอถึงวันที่ 2 ธันวาคม 1942 (1 ปี หลังจากสหรัฐอเมริกาเข้าสู่สงครามโลกครั้งที่ 2) พวกเขาก็สามารถทำให้เกิด




*พื้นที่ต่าง ๆ ของโครงการแมนแฮตตันที่กระจายอยู่ทั่วสหรัฐอเมริกา*

ปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ควบคุมได้ ได้สำเร็จ ซึ่งเป็นเวลาถึงสี่ปีนับจากการค้นพบว่านิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียมสามารถทำให้แบ่งแยกได้ จนถึงวันที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ควบคุมได้ (ค.ศ. 1938 - 1942) และอีก 13 ปีต่อมาหลังจากที่เทคโนโลยีนี้หมดจากชั้นความลับแล้ว ซีลาร์ดกับแฟร์มีก็ได้รับสิทธิบัตรหมายเลข 2,708,656 ของสหรัฐอเมริกาสำหรับ “**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรก**” ของโลกที่ชื่อ “**ชิคาโกไพล์-1**” เครื่องนี้

หลังความสำเร็จในการควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่ในปี 1942 พัฒนาการด้านพลังงานนิวเคลียร์ได้ยกระดับขึ้นเป็นอันมาก โครงการร่วมด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมในขนาดใหญ่โตจนคาดไม่ถึงและเป็นไปอย่างลับๆ เกิดขึ้นในชื่อรหัสลับว่า “**โครงการแมนแฮตตัน**” (Manhattan Project) มีนาย**พลเอกเลสลีย์ โกรฟส์** (General Leslie Groves) ผู้มีผลงานควบคุมการก่อสร้างอาคารกระทรวงกลาโหมหรือเพนทากอน

มาก่อน มาเป็นผู้อำนวยการโครงการนี้ ผู้อำนวยการด้านการวิจัยได้แก่ **รอเบิร์ต ออปเพนไฮเมอร์** (Robert Oppenheimer) พื้นเพเป็นคนนิวยอร์ก จบการศึกษาจากฮาร์วาร์ด และศึกษาฟิสิกส์ทฤษฎีจากประเทศอังกฤษและเยอรมนี

พื้นที่ลับขนาดใหญ่หลายแห่งถูกสร้างขึ้นในรัฐเทนเนสซี วอชิงตัน และนิวเม็กซิโก สำหรับเสริมสมรรถนะยูเรเนียม ผลิตพลูโทเนียม ประกอบแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และทดสอบ โครงการนี้ทำทั้งสองทางเลือกคือ ทั้งเสริมสมรรถนะยูเรเนียม-235 และผลิตพลูโทเนียม-239 จากยูเรเนียม-238 ซึ่งพอถึงฤดูใบไม้ผลิปี 1945 ทั้งสองวิธีล้วนประสบผลสำเร็จ

ไอน์สไตน์ผู้เกลียดชังสงครามถูกเรียกตัวเข้าร่วมโครงการเพียงระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อวิเคราะห์การสกัดยูเรเนียม แล้วก็ถูกกันออกไปด้วยเหตุผลด้านความมั่นคง และให้ไปเป็นที่ปรึกษาด้านระเบิดให้กองทัพเรือด้วยค่าจ้างวันละ 5 ดอลลาร์ สำหรับซีลาร์ดก็ยังคงอยู่ที่ชิคาโก ทำหน้าที่แก้ไขปัญหาทางฟิสิกส์และวิศวกรรมของเครื่องปฏิกรณ์สำหรับผลิตพลูโทเนียม เช่น ปัญหาเกี่ยวกับการทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดได้ต่อเนื่อง (sustaining chain reaction) ผลผลิตการแบ่งแยกนิวเคลียส (fission products) โครงสร้าง (structure) และระบบทำให้เย็น (cooling system) ในระหว่างนั้นซีลาร์ดได้เสนอความคิดเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ผลิตเชื้อเพลิง (breeder reactor) สำหรับการใช้พลังงานทางพลเรือน ซึ่งสามารถผลิตพลูโทเนียม-239 ซึ่งเกิดฟิชชันได้ ได้มากกว่าการสูญเสียเชื้อเพลิงยูเรเนียม-235 ที่ถูกใช้ไป

ปี 1943 ซีลาร์ดได้รับสัญชาติเป็นชาวอเมริกัน พอถึงฤดูใบไม้ผลิปี 1945 ก็เป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อว่าเยอรมนีกำลังจะยอมแพ้สงคราม และได้รู้ว่า**เยอรมนีไม่ได้มีการสร้างลูกระเบิดอะตอม** ในขณะที่สหรัฐอเมริกากำลังจะมีทั้งยูเรเนียมเสริมสมรรถนะและลูกระเบิดพลูโทเนียม **ความกังวลใหม่ของซีลาร์ดก็คือ ลูกระเบิดจะถูกนำไปใช้กับประเทศญี่ปุ่นและสร้างความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินแก่พลเรือนซึ่งเขายอมรับไม่ได้ และที่อาจตามมาก็คือการแข่งขันกันสร้างสมอาวุธ ซึ่งจะเป็นภัยคุกคามต่ออารยธรรมของโลก**

แล้วซีลาร์ดก็ไปปรารภเรื่องนี้กับไอน์สไตน์เช่นเคย ซึ่งคราวนี้ไอน์สไตน์ก็ลงชื่อในจดหมายให้เขาอีกฉบับหนึ่ง ฉบับนี้ลงวันที่ 25 มีนาคม 1945 เนื้อความกล่าวถึงความห่วงกังวลอย่างยิ่งของซีลาร์ดเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารกันที่กระท่อนกระแท่นระหว่างนักวิทยาศาสตร์ที่กำลังพัฒนาอาวุธชนิดใหม่กับประธานาธิบดีและคณะรัฐมนตรีซึ่งรับผิดชอบด้านนโยบาย แต่จดหมายไม่ได้รับการตอบสนอง ซ้ำร้ายอีก 16 วันต่อมา โรสเวลต์ก็ถึงแก่กรรม ผู้ที่ดำรงตำแหน่งแทนก็คือรองประธานาธิบดี**แฮรี ทรูแมน** (Harry Truman) และต้องมารับช่วงโครงการสร้างลูกระเบิดอะตอมด้วย

ซีลาร์ดเป็นตัวตั้งตัวตีทำหนังสือร้องเรียนโดยมีนักวิทยาศาสตร์ในโครงการร่วมกันลงชื่อ 155 คน ส่งถึงประธานาธิบดีคนใหม่ถามหาจริยธรรมหากจะใช้อาวุธชนิดใหม่นี้ พลเอกโกรฟส์พยายามจับผิดว่าซีลาร์ดอาจเป็นสายลับแต่ไม่พบหลักฐานเช่นว่า เขาจึงเก็บหนังสือเอาไว้ไม่ให้ส่งเวียนต่อไป

ในไม่ช้า**ความห่วงกังวลของซีลาร์ดและไอน์สไตน์ก็เป็นจริง เมื่อประธานาธิบดีทรูแมนสั่งให้ทิ้งลูกระเบิดอะตอมที่เมืองฮิโรชิมาและนางาซากิของประเทศญี่ปุ่นเมื่อเดือนสิงหาคม 1945** ไอน์สไตน์ใช้เวลา 10 ปีที่เหลือของเขาที่พรินซ์ตันต่อต้านการแข่งขันสร้างอาวุธนิวเคลียร์โดยไร้ผล และความพยายามพัฒนาทฤษฎีเอกภาพของแรง (unified theory of forces) ก็ไม่ประสบผลสำเร็จเช่นกัน

ซีลาร์ดรณรงค์การใช้พลังงานนิวเคลียร์อย่างสันติพร้อมกับเพียรพยายามหยุดการแข่งขันสร้างอาวุธและป้องกันการใช้อาวุธนิวเคลียร์ต่อไป ในปี 1945 เขาร้องขอให้พลเรือนเป็นผู้ควบคุมการใช้พลังงานนิวเคลียร์ ซีลาร์ดยังจัดการประชุมนานาชาติและก่อตั้ง Council for Livable World และยังทำภารกิจเหมือนทูตสันติเป็นการส่วนตัว

ที่จริงซีลาร์ดยังมีผลงานด้านนวนิยายวิทยาศาสตร์ เรื่องเสียดสี และอารมณ์ขันด้วย เขาเขียนเรื่อง Voice of Dolphins และนิยายสะท้อนสังคมซึ่งเขียนเกี่ยวกับการแข่งขันสร้างสมอาวุธ ศีลธรรมกับสงคราม และความไม่ลงตัวระหว่างความสามารถของมนุษย์ทางเทคนิคสมัยใหม่กับระดับทางศีลธรรมของมนุษย์

*ครูชอฟกับเคนเนดี*

ต่อมาซีลาร์ดก็ขยับงานวิจัยจากฟิสิกส์ไปเป็นด้านวิทยาศาสตร์สิ่งมีชีวิต (life science) และกลายเป็นนักชีววิทยาด้านเซลล์หรือที่เรียกว่าชีววิทยาระดับโมเลกุล (molecular biology) เขาศึกษาการเปลี่ยนตามวัย (ageing) และการกลายพันธุ์ (mutation) ในขณะเดียวกันก็ประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องทดลอง ซีลาร์ดได้รู้จักสนิทสนมกับ **โจนาส ซอลก์** (Jonas Salk) **ผู้ค้นพบวัคซีนโปลิโอ** และซีลาร์ดเป็น 1 ใน 5 ของผู้ก่อตั้งสถาบัน Salk Institute for Biological Studies อีกคนที่ซีลาร์ดได้รู้จักคือ **ฟรานซิส คริก** (Francis Crick) ซึ่งเป็น**หนึ่งในผู้ร่วมค้นพบดีเอ็นเอ**เมื่อปี 1953

ปี 1951 ด้วยวัย 53 ปี ลีโอ ซีลาร์ด ได้แต่งงานกับแพทย์หญิงที่เป็นเพื่อนกันชื่อ **เกอร์ทรูด ไวสส์** (Gertrude Weiss) ต่อมาเมื่อซีลาร์ดพบว่าตนเองเป็นมะเร็งกระเพาะ

ปัสสาวะ (bladder cancer) เขาและภรรยาก็ช่วยกันพัฒนาวิธีการรักษาโดยใช้รังสี และสามารถรักษาจนหายดี สามารถลุกจากเตียงคนไข้ไปถกแถลงเรื่องการแข่งขันสร้างอาวุธกับผู้นำโซเวียตคือ นีกีตา ครูชอฟ (Nikita Khrushchev) ที่มาเยือนนครนิวยอร์กและองค์การสหประชาชาติ ซีลาร์ดเสนอให้ติดตั้งโทรศัพท์ “**สายด่วน**” (hot line) ระหว่างมอสโกกับวอชิงตัน แต่ไม่ได้รับการตอบสนอง

***จากวิกฤตขีปนาวุธคิวบา (Cuban missile crisis) ระหว่างปี 1962 ทำให้สหภาพโซเวียตกับสหรัฐอเมริการ่ำ ๆ จะระเบิดสงครามนิวเคลียร์เข้าใส่กัน ความเสี่ยงที่จะเกิดสงครามโดยอุบัติเหตุก่อตัวขึ้นก็เพราะการขาดการสื่อสารกันระหว่างครูชอฟกับประธานาธิบดีจอห์น เอฟ. เคนเนดี (John F. Kennedy) ในที่สุดก็มีการติดตั้งสายด่วนตามที่ซีลาร์ดเคยเสนอ และสองปีต่อมาขณะนอนหลับ ซีลาร์ดได้ถึงแก่กรรมจากอาการหัวใจล้มเหลวด้วยวัย 66 ปี วันนั้นตรงกับวันที่ 30 พฤษภาคม 1964*** ☢

# เอนรีโก แฟร์มี

# เอนรีโก แฟร์มี (Enrico Fermi)

## ผู้ประดิษฐ์เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลก

เมื่อเอ่ยถึงนักวิทยาศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่ คนส่วนใหญ่มักนึกถึงไอน์สไตน์ อีกจำนวนหนึ่งอาจนึกถึงนิวตัน แต่ถ้าบอกว่าให้นึกถึงนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ชื่อแรกที่ปรากฏก็น่าจะเป็นกาลิเลโอ แต่สำหรับนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีใน “**ยุคใหม่**” แล้ว ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดก็ต้องยกให้ **เอนรีโก แฟร์มี** (Enrico Fermi) นักฟิสิกส์ผู้ยอดเยี่ยมทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติ

เอนรีโก แฟร์มี ได้ชื่อว่า บิดาแห่งฟิสิกส์นิวเคลียร์ (father of nuclear physics) ในประวัติศาสตร์ฟิสิกส์สมัยใหม่ ยากจะหานักฟิสิกส์คนใดโดดเด่นเทียบกับเขาได้ แฟร์มี มีความสามารถอย่างเอกอุทั้งทางทฤษฎีฟิสิกส์บริสุทธิ์และการทำการทดลอง โดยเขาทั้งออกแบบและสร้างเครื่องมือทำการทดลองที่ใช้งานได้ดีด้วยตัวเอง ยกตัวอย่างผลงานทางทฤษฎี แฟร์มี มีผลงานคณิตสถิติศาสตร์ (mathematical statistics) เรียกว่า **“สถิติเฟอร์มี-ดิแรก”** (Fermi-Dirac statistics) ที่สามารถใช้อธิบายพฤติกรรมของ “อนุภาคย่อยกว่าอะตอม” (sub-atomic particles) กลุ่มใหญ่ที่เรียกว่า “เฟร์มิออน” (fermion) ส่วนด้านการทดลอง เขาสร้าง “**ทฤษฎีการสลายให้อนุภาคบีตา**” (beta decay theory) และค้นพบวิธีใช้อนุภาคนิวตรอนเหนี่ยวนำ

ให้เกิดปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี (neutron-induced radioactivity) จึงไม่ต้องแปลกใจว่า ค.ศ. 1938 เขาได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์จากผลงาน **"การประดิษฐ์ธาตุกัมมันตรังสีใหม่ ๆ โดยวิธีระดมยิงด้วยนิวตรอนและสำหรับการค้นพบปฏิกิริยานิวเคลียร์อันเป็นผลจากนิวตรอนช้า"** นอกจากนี้ในปี 1942 แฟร์มียังนำทีมสร้าง "**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลก**" นับเป็นครั้งแรกที่มนุษย์สามารถควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่จากการแบ่งแยกนิวเคลียส (nuclear fission chain reaction) ได้สำเร็จ เขาเป็นยอดครูและจากการมีลูกศิษย์ชั้นยอด แฟร์มีก่อตั้งสำนักเรียนแห่งโรมด้านนิวเคลียร์ฟิสิกส์ และอีกสำนักหนึ่งที่ชิคาโก (สหรัฐอเมริกา) เขายังเป็นคนสำคัญในโครงการแมนแฮตตัน (Manhattan Project) ในการสร้าง "**ลูกระเบิดอะตอม**" (atomic bomb) ลูกแรก ด้วยเกียรติประวัติอันเอกอุ ภายหลังอนิจกรรมได้ 1 ปี เมื่อมีการค้นพบธาตุใหม่ที่มีเลขเชิงอะตอมเท่ากับ 100 ธาตุใหม่นี้จึงได้ชื่อว่า **"เฟอร์เมียม"** (fermium) เพื่อเป็นเกียรติแก่แฟร์มี

เอนรีโก แฟร์มี เกิดเมื่อวันที่ 29 กันยายน 1901 ที่กรุงโรม ประเทศอิตาลี เป็นบุตรของ อัลแบร์โต แฟร์มี (Alberto Fermi) ทำงานเป็นหัวหน้านายตรวจของการรถไฟ และแม่ชื่อ อีดา เด กัตติส (Ida de Gattis) เป็นคนเก่งมากและเป็นครูโรงเรียนประถมศึกษา พ่อกับแม่แต่งงานกันเมื่อปี 1898 ขณะพ่ออายุ 41 ปีและแม่อายุ 27 ปี เอนรีโกเป็นบุตรคนที่สาม มีพี่สาวคนโตชื่อมาเรีย (Maria) เกิดปี 1899 กับพี่ชายคนรองชื่อจูลีโอ (Giulio) เกิดปี 1900 พ่อแม่เลี้ยงดูพี่ ๆ และเอนรีโกอย่างเข้มงวด

เอนรีโกเข้าเรียนชั้นประถมศึกษาเมื่ออายุ 6 ขวบ และฉายแววเก่งโดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ เมื่อจบชั้นประถมศึกษา ด้วยอายุเพียง 10 ขวบเขาสามารถแก้โจทย์ว่าทำไมสมการ $X^2 + Y^2 = r^2$ เป็นสมการของวงกลม เมื่อต่อชั้นมัธยมศึกษา 2 ระดับ คือ จินนาซีโอ (ginnasio เทียบได้กับมัธยมศึกษาตอนต้น) 5 ปี และ ลีเซโอ (liceo เทียบได้กับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งแยกเรียนสายวิทยาศาสตร์หรือสายสังคมศาสตร์) อีก 3 ปี เพื่อเตรียมตัวเข้ามหาวิทยาลัย แฟร์มีได้รับอิทธิพลอย่างมากจากเพื่อนร่วมงานของพ่อที่ชื่อ อาดอลโฟ อามีเดอี (Adolfo Amidei) โดยให้ยืมหนังสือคณิตศาสตร์ดี ๆ หลายเล่ม

*เรอาเลสกูโอลานอร์มาเลซูแปรีโอเรดีปีซา*

*จักรพรรดินโปเลียน*

และอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แฟร์มีเป็นนักเรียนที่โดดเด่น เขาชอบวิชาวิทยาศาสตร์และสนุกกับการประกอบของเล่นติดมอเตอร์ไฟฟ้ากับพี่ ๆ น่าเสียดายว่า เมื่อเดือนมกราคม ปี 1915 จูลีโอก็ถึงแก่กรรมจากการผ่าตัดเล็กฝีที่คอหอย ขณะนั้นเอนรีโกอายุได้ 14 ปี และทำให้เขากลายเป็นคนเก็บตัว ในช่วงนี้เองเขาสนิทกับเพื่อนเรียนห้องเรียนเดียวกันชื่อ เอนรีโก แปร์ซีโก (Enrico Persico ภายหลังเป็นศาสตราจารย์ด้านฟิสิกส์ทฤษฎี) ทั้งคู่ติดนิสัยเดินคุยกันไปเรื่อย ๆ จากฟากหนึ่งไปยังอีกฟากหนึ่งของกรุงโรม โดยคุยกันทุกเรื่องซึ่งแปร์ซีโกเล่าว่า แฟร์มีมีความรู้มากกว่าที่โรงเรียนสอน และไม่เพียงแต่กฎหรือทฤษฎีวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ แต่รู้ถึงวิธีนำไปใช้ด้วย

โดยคำแนะนำของอาดอลโฟให้แฟร์มีไปศึกษาต่อที่ เรอาเลสกูโอลานอร์มาเลซูแปรีโอเรดีปีซา (Reale Scuola Normale Superiore di Pisa) สถาบันชั้นยอดด้านการวิจัย ก่อตั้งเมื่อปี 1810 โดยจักรพรรดินโปเลียน เพื่อให้เป็นสาขาของ เอโกลนอร์มัลซูเปเรียร์ (Ecole Normale Superieure) แห่งกรุงปารีส สถาบันสำหรับคนหัวกะทิอันโด่งดังของฝรั่งเศส ดังนั้น เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 1918 เอนรีโกก็สามารถสอบได้ทุนของสถาบันชั้นสูงแห่งนี้ ซึ่งขณะนั้นเป็นเครือข่ายกับมหาวิทยาลัยปีซา เขาเขียนคำตอบสำหรับคำถาม “ลักษณะเฉพาะของเสียง” (Characteristics of Sound) โดยเริ่มอธิบายด้วยระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equation) ของแห่งสั่นแล้วใช้กฎของฟูเรียร์แก้สมการ ซึ่งเหมือนการเขียนวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต

เมื่อผู้ออกข้อสอบได้อ่านก็รู้สึกประหลาดใจและนัดแฟร์มีมาสัมภาษณ์ หลังคุยกันเขาบอกแก่แฟร์มีว่า เขามั่นใจว่าต่อไปภายหน้าแฟร์มีจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียง

ที่ปีซา อาจารย์ที่ปรึกษาของแฟร์มีคือผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ชื่อ ลุยจิ ปุชชีอันติ (Luigi Puccianti) แต่เขายอมรับว่าเขาสามารถสอนแฟร์มีได้น้อยมาก และมักจะเป็นฝ่ายที่ขอให้แฟร์มีแนะนำบางอย่างแก่เขา เพียงไม่นาน (ปี 1921) แฟร์มีก็ตีพิมพ์ผลงานชิ้นแรก “ว่าด้วยพลศาสตร์ของระบบแข็งเกร็งของประจุอิเล็กตรอนเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่” (Sulla dinamica di un sistema rigido di cariche elettriche in moto traslatorio หรือ On The dynamics of a rigid system of electrical charges in translational motion) และในปีเดียวกัน อีกผลงานหนึ่งก็ตามมา จากนั้นในปีถัดมาเขาก็ตีพิมพ์ผลงานที่ดีที่สุดในบรรดาผลงานแรก ๆ ของเขา ได้แก่ “ว่าด้วยปรากฏการณ์ที่เกิดใกล้กับเวิลด์ไลน์” (Sopra I fenomeni che avvengono in vicinanza di una lina oraria หรือ On the phenomena occurring near a world line) ซึ่งแสดงผลลัพธ์สำคัญเกี่ยวกับปริภูมิแบบยูคลิด (Euclidean space) ใกล้กับเวิลด์ไลน์ในเรขาคณิตของสัมพัทธภาพทั่วไป (general relativity)

สำหรับวิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต แฟร์มีเสนอเรื่อง “ทฤษฎีบทว่าด้วยความน่าจะเป็นและการประยุกต์บางประการ” (Un theorem di calcolo delle probabilita edalcune sue applicazioni หรือ A theorem on probability and some of its applications) ในวันสอบ (7 กรกฎาคม 1922) มีกรรมการสอบ 11 ท่านในชุดโตกา (toga คือเสื้อคลุมแบบโรมัน) สีดำ และสวมหมวกยอดสี่เหลี่ยม นั่งเป็นแถวยาวอยู่หลังโต๊ะด้านหนึ่ง แฟร์มีในชุดโตกาเช่นกัน ยืนอยู่ด้านหน้าโต๊ะ และพูดเสนอผลงานด้วยทีท่าสุขุมเยือกเย็น ระหว่างที่เขาพูด กรรมการบางท่านพยายามระงับอาการหาว บางท่านเลิกคิ้วสงสัย คนอื่น ๆ ผ่อนคลายและไม่สนใจจะติดตามฟัง ก็เพราะความรู้ของแฟร์มีสูงเกินกว่าพวกกรรมการจะเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง แฟร์มีได้รับปริญญาเกียรตินิยมอันดับที่สอง “มัญญากุมลาอูเด” (magna cum laude) แต่ไม่มีกรรมการท่านใดจับมือและแสดงความยินดีกับเขา และมหาวิทยาลัยก็ละธรรมเนียม โดยไม่ให้เกียรติตีพิมพ์

วิทยานิพนธ์ของเขา (คงเกรงว่าทฤษฎีที่เสนอไม่ถูกต้อง) ซึ่งต่อมาอีกนานในปี 1962 จึงได้มีการตีพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้ไว้ในหนังสือ “รวมผลงาน” ของเขา

หลังได้รับปริญญาเอก แฟร์มีกลับกรุงโรมและเริ่มงานกับนักคณิตศาสตร์ชื่อดังหลายท่าน โดยเฉพาะกับ กาสเตลนูโอโว (Castelnuovo) เลวี-ชีวีตา (Levi-Civita) และ เอ็นรีเกวส (Enriques) รวมถึงมีการติดต่อกับผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ด้วย และในเดือนตุลาคม 1922 รัฐบาลให้ทุนเขาไปทำงานในทีมของ แม็กซ์ บอร์น (Max Born) ในครึ่งแรกของปี 1923 ที่มหาวิทยาลัยเกิททิงเงน (Goettingen) ประเทศเยอรมนี ซึ่งเขาได้รับหน้าที่สอนคณิตศาสตร์แก่นักวิทยาศาสตร์ที่นั่นในปีการศึกษา 1923-1924 ในช่วงฤดูร้อนปี 1924 หลังจากไปพักผ่อนแถบภูขาแอลป์ที่โดโลมีติ (Dolomites) แฟร์มีไปที่ไลเดน (Leiden) ประเทศเนเธอร์แลนด์ ทำงานอยู่กับ พอล เอเรนเฟสท์ (Paul Ehrenfest) จากนั้นปีการศึกษา 1924-25 เขากลับอิตาลีรับงานชั่วคราวสองปี สอนวิชาฟิสิกส์เชิงคณิตศาสตร์และกลศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยฟลอเรนซ์ ระหว่างนี้แฟร์มีตีพิมพ์ผลงานได้เป็นจำนวนมาก โดยหวังผลวิชาชีพทางการศึกษา อย่างไรก็ตาม แม้ทั้ง เลวี-ชีวีตาและวอลแตรา (Volterra) จะสนับสนุนแฟร์มี แต่เขาต้องผิดหวังเมื่อพลาดเก้าอี้หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์เชิงคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยกาลเยียรี (Cagliari) ในซาร์ดีเนีย โดยพ่ายแพ้ให้แก่ โจวานนี จอร์จี (Giovanni Giorgi) บางทีการพ่ายแพ้ครั้งนี้ก็กลับเป็นโอกาสอันดี เพราะในปี 1926 ก็มีประกาศแข่งขันตำแหน่งภาควิชาฟิสิกส์เชิงทฤษฎีในมหาวิทยาลัยแห่งโรม คราวนี้แม้จะอายุน้อยมากเพียง 25 ปีสำหรับตำแหน่งนี้ แต่เขาก็ได้รับเลือกเมื่อคณะกรรมการโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้อำนวยการสถาบันฟิสิกส์ที่ชื่อว่า ออร์โซ มารีโอ กอร์ปีโน (Orso Mario Corbino) ยอมรับคุณภาพผลงานวิทยาศาสตร์ที่สูงมากของเขา

ที่โรม แฟร์มีเริ่มงานเสริมสร้างสถาบันฟิสิกส์ที่นี่บนถนนปานิสแปร์นา (Via Panisperna) ซึ่งเมื่อแรกที่เขามารับตำแหน่ง เป็นหน่วยงานที่เล็กมากอย่างไม่น่าเชื่อ โดยกอร์ปีโนช่วยหาลูกทีมมือดีให้ด้วย เช่น เอโดอาร์โด อามัลดี (Edoardo Amaldi) บรูโน ปอนเตกอร์โว (Bruno Pontecorvo) ฟรังโก ราเซตติ (Franco Rasetti) และ เอมีลีโอ เซแกระ (Emilio Segrè) ซึ่งล้วนมีชื่อเสียงในเวลาต่อมา ทีมของแฟร์มี

มีฉายาว่า “I ragazzi di Via Panisperna” หรือ “เด็กหนุ่มแห่งถนนปานิสแปร์นา” (the boys of Via Panisperna)

ระหว่างปี 1926 นี้ แฟร์มีเริ่มศึกษากลศาสตร์เชิงสถิติของอนุภาคอิเล็กตรอน อันเป็นอนุภาคที่มีพฤติกรรมเป็นไปตาม “หลักการกีดกันของเพาลี” (Pauli exclusion principle) ที่เสนอโดย โวล์ฟกัง เพาลี (Wolfgang Pauli) และแฟร์มีเป็นคนแรกที่นำเอาหลักของเพาลีมาประยุกต์กับระบบที่อิเล็กตรอนจำนวนมากไม่ได้เกาะเกี่ยวอยู่กับอะตอมของพวกมัน ผลลัพธ์ที่ได้รู้จักกันในชื่อ **“สถิติเฟอร์มี-ดิแรก”** (Fermi-Dirac statistics) เนื่องจาก พอล ดิแรก (Paul Dirac) ก็ได้ผลสรุปอย่างเดียวกับเขา

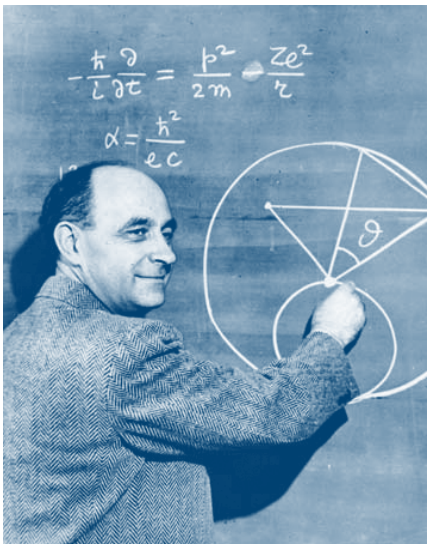
สองปีต่อมาแฟร์มีแต่งงานกับ ลอรา กาปอน (Laura Capon) เมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 1928 ทั้งคู่มีลูกสาวชื่อว่า เนลลา (Nella) เกิดวันที่ 31 มกราคม 1931 กับลูกชายอีกคนหนึ่งชื่อว่า จูลีโอ เกิดเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 1936

ปี 1929 แฟร์มีได้รับเลือกให้ไปดำรงตำแหน่งที่อักกาเดเมียเดย์ลินเซย์ (Accademia dei Lincei) ซึ่งเป็นสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งแรกของประเทศอิตาลีก่อตั้งตั้งแต่ปี 1603 อันที่จริงเขาได้รับแต่งตั้งจากมุสโสลินีโดยไม่มีการแข่งขัน คงเพราะเขา

**เด็กหนุ่มแห่งถนนปานิสแปร์นา :** *ภาพถ่ายหน้าสถาบันฟิสิกส์บนถนนปานิส-แปร์นาในกรุงโรมเมื่อปี 1934 จากซ้ายไปขวาคือ ออสการ์ ดากอสติโน เอมีลีโอ เซแกระ เอโดอาร์โด อามัลดี ฟรังโก ราเซตติ และเอนรีโก แฟร์มี ภาพนี้ถ่ายโดยบรูโน ปอนเตกอร์โว*

ไม่สนใจการเมืองและแม้ไม่ได้สนับสนุนฟาสซิสต์ แต่เหมาะกว่าการที่มุสโสลินีจะแต่งตั้งศัตรูการเมืองของตน อย่างไรก็ดี การแต่งตั้งนี้ทำให้เงินเดือนของแฟร์มีเพิ่มขึ้นมาก และมีโอกาสได้ไปเยือนมหาวิทยาลัยมิชิแกนแอนน์อาร์เบอร์ (University of Michigan at Ann Arbor) ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1930 เขาได้พบกับ จอร์จ อูเลนเบค (George Uhlenbeck) ที่อพยพมาจากฮอลแลนด์ และช่วงฤดูร้อนเอเรนเฟสท์ก็มาสมทบอีกคน ที่นี่แฟร์มีได้สอนทฤษฎีควอนตัม

ปี 1933 แฟร์มีพัฒนา **"ทฤษฎีการสลายให้อนุภาคบีตา"** (beta decay theory) เสนอหลักว่าอนุภาคนิวตรอนที่เพิ่งค้นพบ (ปี 1932 โดยแชดวิก) สลายโดยแปรเป็น โปรตอน อิเล็กตรอน และอนุภาคอีกชนิดหนึ่งที่เขาตั้งชื่อให้ว่า **"นิวทริโน"** (neutrino เป็นภาษาอิตาลีแปลว่านิวตรอนน้อย) ซึ่งการศึกษาต่อ ๆ มา พัฒนามาเป็นทฤษฎีแรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน (weak nuclear force) ที่เกาะเกี่ยวอนุภาคเหล่านี้ไว้ด้วยกัน และเป็นสาขาหลักที่ศึกษากันที่ห้องปฏิบัติการเฟอร์มีหรือเรียกสั้น ๆ ว่า **เฟอร์มิแล็บ** (Fermi National Accelerator Laboratory, Fermilab) อยู่ในปัจจุบัน



ความคิดเกี่ยวกับ **"นิวทริโน"** เป็นแนวคิดของเพาลีที่ล้ำสมัยมากเกินไป เมื่อแฟร์มีส่งบทความเรื่องนี้ให้วารสาร **"ดัง"** อย่าง Nature พิจารณา จึงถูกบรรณาธิการปฏิเสธที่จะตีพิมพ์ ดังนั้นผลงานนี้จึงตีพิมพ์ในภาษาอิตาลีและเยอรมันก่อนภาษาอังกฤษ โดยในที่สุด Nature ก็ตีพิมพ์เรื่องนี้ในวารสารฉบับวันที่ 16 มกราคม 1939 คือใน 6 ปีต่อมา

ถึงปี 1934 แฟร์มีทำงานชิ้นสำคัญที่สุดของเขาเกี่ยวกับ **"กัมมันตภาพรังสีแบบทำขึ้น"** (artificial radioactivity)

โดยได้ตีพิมพ์ผลงานในชื่อว่า Radioattivita indoota dal bombardmento di neutrons และปีต่อมาก็ได้ตีพิมพ์ในชื่อว่า Artificial Radioactivity Produces by Neutron Bombardment ในรายงานการประชุมวิชาการของราชสมาคมแห่งลอนดอน (Proceedings of the Royal Society of London) และเรื่อง On the Absorption and Diffusion of Slow Neutrons ในปี 1936 วิธีการทดลองของแฟร์มีกับทีมของเขาก็คือ การใช้อนุภาคนิวตรอนระดมยิง (bombard) ธาตุที่ใช้เป็นตัวเป้าเกือบทุกธาตุตั้งแต่ฟลูออรีนจนถึงยูเรเนียม แล้วตรวจสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยการวัดกัมมันตภาพรังสีที่เกิดขึ้นด้วยไกเกอร์เคาน์เตอร์ พร้อมกับตรวจสอบว่ามีธาตุใดเกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ซึ่งโดยปกติก็จะตรวจพบธาตุที่มีเลขเชิงอะตอม (atomic number) สูงหรือต่ำถัด ๆ กับธาตุที่เป็นตัวเป้า โดยเฉพาะเมื่อระดมยิงยูเรเนียมซึ่งมีเลขเชิงอะตอมเท่ากับ 92 พวกเขาก็ตรวจพบธาตุที่ 93 ซึ่งเท่ากับเป็นการค้นพบธาตุใหม่ ทำให้แฟร์มีได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เมื่อปี 1938 จากผลงานนี้โดยคำประกาศการได้รับรางวัลคือ **“จากผลงานประดิษฐ์ธาตุกัมมันตรังสีใหม่ ๆ และการค้นพบที่เกี่ยวข้องคือการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ด้วยนิวตรอนช้า”** และ **“นิวตรอนช้า”** นี้เอง ที่อีกหลายปีต่อมาช่วยให้ **ออทโท ฮาน** (Otto Hahn) สามารถค้นพบ **“การแบ่งแยกนิวเคลียส”** (nuclear fission) และนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายนำวิธีการนี้ไปประดิษฐ์ธาตุใหม่ ๆ ได้มากมาย

เรื่องการค้นพบ **“นิวตรอนช้า”** มีว่า เมื่อเดือนตุลาคม 1934 ขณะระดมยิงธาตุเงินด้วยนิวตรอน ทีมงานสังเกตพบว่าตำแหน่งที่วางธาตุเงินกับวัสดุรอบ ๆ (ปกติคือตะกั่วสำหรับกำบังรังสี) ที่แตกต่างไปทำให้เกิดกัมมันตภาพรังสีไม่เท่ากัน จึงเกิดความคิดทดลองแนวใหม่ตั้งแต่ต้น โดยลองใช้แผ่นตะกั่วซึ่งเป็นธาตุหนักมาวางขวางระหว่างต้นกำเนิดนิวตรอนกับเป้า แล้ววัดกัมมันตภาพรังสีเช่นเดิม ซึ่งก็พบว่ากัมมันตภาพรังสีเพิ่มขึ้นกว่าการทดลองชุดแรก ๆ เมื่อแฟร์มีได้เห็นผลการทดลอง (วันนั้นเป็นวันที่ 22 ตุลาคม) เขาแนะนำให้ใช้วัสดุที่เป็นธาตุเบา ได้แก่ แผ่นพาราฟิน (เป็นไฮโดรคาร์บอน) มาลองบังแทน ปรากฏว่าในการระดมยิงธาตุเงิน เกิดกัมมันตภาพรังสีสูงกว่าเดิมได้ถึงร้อยเท่าตัว ซึ่งแฟร์มีอธิบายว่า อะตอมไฮโดรเจนที่มีมากในพาราฟิน เกิดการชนกับอนุภาคนิวตรอน

ทำให้พลังงานลดลงและเคลื่อนช้าลง ทำให้พุ่งเข้ากระทบกับเป้าธาตุเงินได้ดีขึ้น และทีมงานได้จดสิทธิบัตรการค้นพบนี้เมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 1934

ฤดูร้อนปี 1938 มุสโสลินีเอาอย่างฮิตเลอร์ คือ เริ่มรณรงค์ต่อต้านชาวยิว แม้แฟร์มีไม่ใช่ยิว แต่ภรรยาของเขาเป็นชาวยิว และแม้ลูกทั้งสองคนจะนับถือศาสนาคริสต์นิกายโรมันแคทอลิก แต่สถานการณ์ของครอบครัวก็เริ่มไม่เป็นสุข เขาจึงตัดสินใจเขียนจดหมายติดต่อมหาวิทยาลัยหลายแห่งในสหรัฐอเมริกาอย่างลับ ๆ ไม่ให้พวกเจ้าหน้าที่ล่วงรู้ความตั้งใจของเขา วิธีคือ เขียนใบสมัครแล้วส่งจากเมืองต่าง ๆ ไม่ให้เป็นที่สังเกต มีมหาวิทยาลัย 5 แห่งตอบรับเขา หนึ่งในนั้นคือมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย (Columbia University) และการได้รับรางวัลโนเบลเป็นโอกาสดีที่ครอบครัวแฟร์มีจะหลีกลี้จากประเทศอิตาลี โดยเมื่อเดินทางไปงานพิธีรับรางวัลที่เมืองสตอกโฮล์มแล้ว จากนั้นก็เดินทางต่อไปเลยยังประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีเรื่องประหลาดคือ ก่อนได้รับวีซ่าเข้าประเทศ แฟร์มีต้องทดสอบผ่านวิชาเลขคณิตให้ได้เสียก่อน ในที่สุดแฟร์มีและครอบครัวก็เดินทางถึงนครนิวยอร์ก เมื่อวันที่ 2 มกราคม 1939

เดือนมกราคม 1939 ที่แฟร์มีเพิ่งเหยียบแผ่นดินสหรัฐอเมริกานั้นเอง ข่าวใหญ่จากยุโรปก็มาถึงสหรัฐอเมริกาเช่นกัน โดยแหล่งข่าวคือ นีลส์ โบร์ ในการบรรยายของเขาที่มหาวิทยาลัยพรินซ์ตัน เขาได้ปูดข่าวการค้นพบการแบ่งแยกนิวเคลียสของออทโท ฮาน และนักวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยโคลัมเบียที่ได้ร่วมฟังด้วย ก็รีบแจ้นกลับมาเล่าข่าวใหญ่นี้อย่างตื่นเต้นที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ไม่เพียงเท่านั้น ที่กรุงวอชิงตันมีการประชุมครั้งสำคัญ ที่เริ่มพูดถึงความเป็นไปได้ของปฏิกิริยาแบ่งแยกนิวเคลียสว่าจะเป็นแหล่งของ **“พลังงานนิวเคลียร์”** ได้หรือไม่

ที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย งานแรกของแฟร์มีจึงได้แก่การทดลองตรวจสอบความถูกต้องของผลงานของฮาน ซึ่งก็พบว่าถูกต้อง จึงมีการทดลองขยายผลต่อไปและเพียงในเวลาสั้น ๆ ทีมที่แฟร์มีร่วมทำงานก็แสดงผลการวิจัยที่น่าจะนำไปใช้การได้ โดย George Pegram ศาสตราจารย์วิชาฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัย ได้รายงานไปยังพลเรือเอกฮูเปอร์ (Admiral Hooper) แห่งกองทัพเรือสหรัฐ เมื่อวันที่ 16 มีนาคม 1939 ว่าน่าจะค้นพบ

เงื่อนไขที่ทำให้ธาตุยูเรเนียมปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินของมันออกมาได้ ซึ่งก็หมายความว่าต่อน้ำหนักลูกระเบิดที่เท่า ๆ กัน ยูเรเนียมอาจใช้ทำลูกระเบิดที่ปลดปล่อยพลังงานออกมาหลายล้านเท่าตัวมากกว่าลูกระเบิดที่ใช้กันอยู่

เดือนสิงหาคม 1939 ลีโอ ซีลาร์ด (Leo Szilard) ก็ใช้ชื่อเสียงอันโด่งดังของไอน์สไตน์มาลงนามในจดหมายเตือนประธานาธิบดีแฟรงกลิน ดี. โรสเวลต์ (Franklin D. Roosevelt) ว่าเยอรมนีอาจจะกำลังสร้าง **"ลูกระเบิดอะตอม"** แต่กว่าจะหาช่องทางส่งจดหมายได้ก็เดือนตุลาคม ซึ่งก็เป็นการดีเพราะเยอรมนีเพิ่งยาตราทัพเข้ายึดโปแลนด์เมื่อวันที่ 1 กันยายน ซึ่งทำให้ประธานาธิบดีโรสเวลต์ไม่ละเลย โดยต่อมามีการตั้งคณะกรรมการยูเรเนียมขึ้น และมีทุนสนับสนุน 6,000 ดอลลาร์ให้กับมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย นับเป็นเงินก้อนแรกสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งเงินจำนวนนี้กว่าจะได้ใช้จริง ๆ ก็ต้องถึงฤดูใบไม้ผลิปี 1940 ที่ซีลาร์ดใช้ชื่อของไอน์สไตน์ส่งจดหมายเตือนฉบับที่สอง เจ้าหน้าที่การเงินซึ่งกังวลใจเรื่องการจ่ายเงินให้กับพวกคนต่างชาติเพื่อทำวิจัยโครงการลับ จึงยอมจ่ายเงิน

เวลาผ่านไปนานพอสมควรกว่าที่โครงการเกี่ยวกับยูเรเนียมจะขับเคลื่อนต่อไป แต่ในที่สุดการผลักดันครั้งใหญ่ก็เกิดขึ้น ซึ่งบังเอิญเป็นวันก่อนเกิดเหตุญี่ปุ่นโจมตีอ่าวเพิร์ลฮาร์เบอร์เมื่อเดือนธันวาคม 1941 พอดี โดยโครงการจะย้ายไปที่**มหาวิทยาลัยชิคาโก**ร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ ที่ถูกนำมารวมกันหมดที่นั่น ซึ่งแฟร์มีไม่ค่อยชอบใจนักด้วยเหตุผลหลายข้อ ประการแรกคือเขามีความสุขมากกับการทำงานที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ประการที่สองคือการให้เขาทำหน้าที่บริหารงานมากกว่างานนักวิทยาศาสตร์ และประการที่สาม ทันทีที่สหรัฐอเมริกาประกาศสงครามกับประเทศอิตาลี คนอิตาลีในสหรัฐอเมริกาอย่างตัวเขาก็จัดอยู่ในประเภท **"คนต่างด้าวชาติศัตรู"** (enemy alien) ซึ่งถูกจำกัดการเดินทางในประเทศอย่างรุนแรง อย่างไรก็ดี ความยุ่งยากทั้งหลายผ่านไป และในฤดูร้อนปี 1942 แฟร์มีก็ไปถึงชิคาโก ภายใต้โครงการยักษ์เพื่อการผลิตลูกระเบิดอะตอมที่มีโครงข่ายกระจายอยู่ทั่วประเทศ ชื่อของโครงการคือ **"โครงการแมนแฮตตัน"** (Manhattan Project)

*ชิคาโกไพล์-1*

ที่ชิคาโก แฟร์มีกับซีลาร์ดช่วยกันออกแบบ **"เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์"** (nuclear reactor) เครื่องแรกของโลกที่มีชื่อว่า **"ชิคาโกไพล์-1"** (Chicago Pile-1) อุปกรณ์ที่สามารถจะควบคุมปฏิกิริยาแบ่งแยกนิวเคลียสให้เกิดต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ โดยต้องควบคุมให้เกิด-ให้หยุดได้ทุกเมื่อ

ชิคาโกไพล์-1 ทำจากกองอิฐแกรไฟต์บรรจุด้วยเชื้อเพลิงยูเรเนียม ติดตั้งอยู่ภายในสนามสควอช ข้างใต้อัฒจันทร์ด้านทิศตะวันตกของสนามอเมริกันฟุตบอลชื่อว่าสแต็กฟีลด์ (Stagg Field) การทดลองครั้งนี้เป็นความวาดหวังที่สูงมาก และได้ฉายให้เห็นอัจฉริยภาพของแฟร์มี เขาวางแผนทุกขั้นตอนโดยละเอียด และคำนวณตัวเลขทั้งหมดด้วยตนเอง พอถึงวันที่ 2 ธันวาคม 1942 ทีมภายใต้การนำของแฟร์มีก็สามารถควบคุมการปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์สำเร็จเป็นครั้งแรกในโลก และความสำเร็จของการทดลองครั้งนี้ถูกรายงานทางโทรศัพท์เป็นรหัสลับว่า "นักเดินเรือชาวอิตาลีเข้าเทียบฝั่งโลกใหม่แล้ว...พวกคนพื้นเมืองเป็นมิตรดีมาก" นี่เป็นการนับหนึ่งให้กับการผลิตลูกระเบิดอะตอม โดยชิคาโกไพล์กลายเป็นต้นแบบสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ขนาดมหึมาที่แฮนฟอร์ด (Hanford) เพื่อผลิตพลูโทเนียมสำหรับส่งไปผลิตเป็นลูกระเบิดที่ลอสอะลาโมส (Los Alamos) ในมลรัฐนิวเม็กซิโก ดังนั้น คงจะไม่เกินความจริงหากจะกล่าวว่ายุคใหม่ **"ยุคปรมาณู"** ได้เริ่มต้นขึ้นแล้วอย่างแท้จริงในวันนี้

*ทีมงานชิคาโกไพล์-1*

ปี 1944 แฟร์มีได้สัญชาติเป็นพลเมืองอเมริกันเต็มตัว และในปีนั้นเขาก็เริ่มเข้าร่วมโครงการเพื่อสร้างลูกระเบิดที่ลอสอะลาโมสอย่างเต็มตัวในตำแหน่งที่ปรึกษาทั่วไปที่นั่น เขาต้องบรรยายหลายหัวข้อแก่นักวิทยาศาสตร์ที่มาร่วมทำงานในโครงการ

การผลิตลูกระเบิดอะตอมประสบผลสำเร็จอย่างงดงาม โดยมีการทดสอบก่อนเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 1945 ในทะเลทรายที่อะลาโมกอร์โด (Alamogordo) จากนั้นอีกสองลูกชื่อว่า **ลิตเทิลบอย** (Little Boy) และ **แฟตแมน** (Fat Man) ถูกนำไปทิ้งที่เมืองฮิโรชิมาและนางาซากิ ตามลำดับ อันเป็นการปิดฉากสงครามโลกครั้งที่สอง

หลังสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลง แฟร์มีตัดสินใจกลับไปหาชีวิตสอนหนังสือที่มหาวิทยาลัย โดยรับงานเป็นศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก และทำงานวิจัยอยู่หลายปีโดยหันมาสนใจการกำเนิดของรังสีคอสมิก และยังวิจัยอันตรกิริยาไพออน-นิวคลีออน เพื่อแสวงหาความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรกิริยาอย่างเข้ม (strong interaction) เขายังรับเป็นอาคันตุกะวิจัย (research visit) บ่อย ๆ เช่น ทุกปีเขาไปที่ลอสอะลาโมส ปี 1947 ไปเยี่ยมมหาวิทยาลัยวอชิงตัน ปี 1948 เยี่ยมมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียแห่งเบิร์กลีย์ (University of California at Berkeley) และปี 1952 ไปเยี่ยมห้องปฏิบัติการแห่งชาติบรูกเฮเวน (Brookhaven National Laboratory) ในปี 1949 เขาไปร่วมงานประชุมวิชาการฟิสิกส์พลังงานสูง (High Energy Physics Conference) ที่เมืองโคโม (Como)

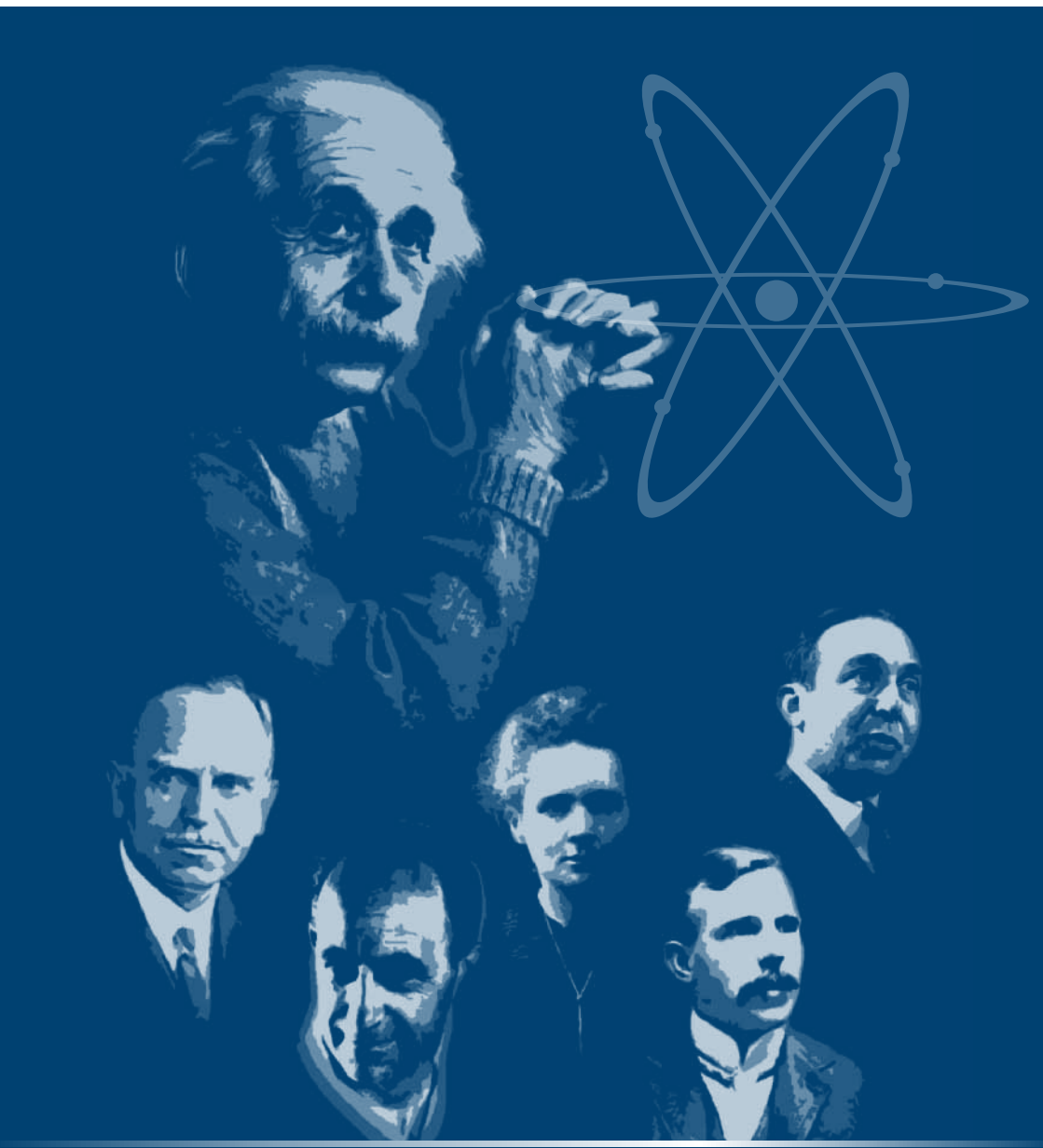
ประเทศอิตาลี และเป็นครั้งแรกที่เขากลับไปยุโรปภายหลังจากมากว่าสิบปี การมาครั้งนี้เขาได้ไปบรรยายที่อักกาเดเมียเดย์ลินเซย์ด้วยร่วมกับเพื่อนเก่าคาสเตลนูโอโว

*ป้าย* **"ถนนเอนรีโกแฟร์มี"** *ในกรุงโรม*

ฤดูร้อนปี 1954 แฟร์มีกลับไปที่อิตาลีและบรรยายเป็นชุดที่วียาโมนาสเตโร (Villa Monastero) ที่เมืองวาเรนนาริมทะเลสาบโคโม จากนั้นไปโรงเรียนภาคฤดูร้อนที่เมืองชามอนี (Chamonix) ในฝรั่งเศส ที่นี่ เขาพยายามรื้อฟื้นครรลองชีวิตที่ใช้พลังงานอย่างเคยของเขา ด้วยการเดินเขาและเล่นกีฬา แต่ก็เห็นได้ชัดว่า เขากำลังทนทรมานต่อปัญหาสุขภาพซึ่งแพทย์วินิจฉัยไม่ออก เมื่อกลับไปที่ชิคาโกจึงตรวจพบมะเร็งในกระเพาะอาหารและทำการผ่าตัด เขารอดตายจากการผ่าตัดและกลับบ้านได้ ซึ่งเขาบอกกับเพื่อน ๆ ว่า เขาจะเขียนบทเรียนสำหรับหลักสูตรวิชาฟิสิกส์นิวเคลียร์เพื่ออุทิศแก่วิทยาศาสตร์เป็นครั้งสุดท้ายหากจะมีชีวิตยืนยาวพอ แต่เขาเขียนได้เพียงแค่หน้าสารบัญที่ไม่สมบูรณ์

แฟร์มีถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 1954 ด้วยอายุ 53 ปี ที่อิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ศพของเขาถูกฝังที่สุสานโอ๊กวูดส์ (Oak Woods Cemetery) ในเมืองชิคาโก

***ในสหรัฐอเมริกามีห้องปฏิบัติการเครื่องเร่งอนุภาคชื่อว่าเฟอร์มิแล็บ (Fermilab) เป็นเกียรติแก่แฟร์มี และที่เมืองนิวพอร์ต มลรัฐมิชิแกน มีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ 2 โรงก็ตั้งชื่อตามชื่อของเขาคือ เฟอร์มี 1 และเฟอร์มี 2 นอกจากนี้เมื่อปี 1952 มีการค้นพบธาตุใหม่จากเศษวัสดุหลงเหลือจากการทดลองลูกระเบิดไฮโดรเจน ธาตุนี้มีเลขเชิงอะตอมเท่ากับ 100 และได้รับการตั้งชื่อเป็นเกียรติแก่แฟร์มีว่า เฟอร์เมียม (fermium)*** ☢



# บทส่งท้าย

# บทส่งท้าย

ท่านทราบหรือไม่ว่า แสงสว่างอันไสวบนโลกใบนี้ในยามค่ำคืนทุกวันนี้ ส่วนหนึ่งได้มาจากพลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 436 เครื่องของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วโลก ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ประมาณร้อยละ 14

นี่คือผลงานจากการค้นพบในระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 50 ปีตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 ของนักวิทยาศาสตร์นับร้อย แต่มีอยู่ 6 ท่านที่นำไปสู่ความสำเร็จ ตามที่ท่านได้อ่านผ่านตามาแล้ว

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า บทบาทการค้นหาพลังงานนิวเคลียร์ของทั้งหกท่าน ถ้าเปรียบกับ “**อาหารจานเด็ด**” ก็คือ “**ส่วนผสม**” หรือ “**Ingredients**” ที่ช่าง “**ลงตัว**” และจะ “**ขาดอย่างใดอย่างหนึ่ง**” ไปไม่ได้

และหากเปรียบ “**พลังงานนิวเคลียร์**” ว่าเป็น “**ขุมทรัพย์**” อย่างหนึ่ง การค้นพบรังสีเอกซ์ของเรินต์เกน เปรียบไปก็คือการค้นพบขุมทรัพย์พลังงานอย่างหนึ่งก่อน ที่ทำให้ผู้ออกตามล่าขุมทรัพย์คนต่อมาคือออองรี แบ็กเกอแรล ผู้พบร่องรอยของ “**ขุมทรัพย์พลังงานนิวเคลียร์**” ที่ไหลล้น “**จิ๊บ ๆ**” ออกมาจากอะตอมยูเรเนียม คงเพราะเป็นพลังงานต่ำ ๆ ที่อะตอมปล่อยออกมาเขาจึงไม่ค่อยสนใจ แต่ว่านี่คือการค้นพบ “**ปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี**” อันเป็น “**ปฐมบท**” ของการค้นพบขุมทรัพย์พลังงานนิวเคลียร์อันมหาศาล

ถึงตรงนี้ **มารี กูรี** นักศึกษาหญิง ผู้เป็นลูกศิษย์ของแบ็กเกอแรลก็โผล่ออกมา เธอเป็นเพียงผู้หญิงตัวเล็ก ๆ แต่เต็มไปด้วย “**น้ำอดน้ำทน**” ที่นำสินแร่ยูเรเนียม

หลายตันมาสกัดแยกยูเรเนียมบริสุทธิ์ที่อาจมีอยู่เพียงหนึ่งกำมือ แต่ผลตอบแทนก็คุ้มค่าเพราะไม่เพียงเจอแค่ยูเรเนียม เธอยังค้นเจอธาตุใหม่อีก 2 ธาตุคือ **เรเดียม** และ **พอโลเนียม** ซึ่งล้วนเป็น “**ธาตุกัมมันตรังสี**” ที่มีพลังงานในรูปของรังสีแอลฟาและรังสีบีตาไหลล้นออกมา “**จิ๊บ ๆ**” อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเท่ากับบอกให้ชาวโลกได้รู้ว่า **ขุมทรัพย์พลังงานนิวเคลียร์ก็คือ ธาตุกัมมันตรังสี ทั้งหลาย**

นี่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สมัยนั้นพากันค้นหาธาตุกัมมันตรังสีกันจ้าละหวั่น ซึ่งผลพวงที่ได้ก็คือ การได้รู้ว่าธาตุแต่ละธาตุมีได้หลาย “**ไอโซโทป**” และคนที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดก็คือ **เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด** ผู้มีร่างใหญ่และท่าทางซุ่มซ่าม ซึ่งก็คงเพราะเขาเป็น “**ชาวนา**” ที่มาจากเนลสันอันไกลโพ้น แต่นี่ก็คงทำให้เขาแข็งแรงกว่าคนทั่วไปด้วย โดยเฉพาะพลังสมองที่คิดแก้ไขปัญหาโดยไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย

รัทเทอร์ฟอร์ดมุ่งมั่นอยู่กับขุมทรัพย์ที่ชื่อว่ายูเรเนียม จนสามารถย้อนตามรอยลึกเข้าไปถึงภายในอะตอมยูเรเนียมจนพบ “**ประตูขุมทรัพย์**” ที่ซึ่ง “**ใต้ปากประตู**” มีพลังงานไหลท้นลอดใต้ธรณีประตูออกมา (tunneling) และ “**ประตูขุมทรัพย์**” นี้ถ้าเรียกให้เป็นวิชาการก็คือ...

“**นิวเคลียส**”

เมื่อมี “**ประตู**” ก็ต้องมี “**กุญแจประตู**” และเมื่อมีกุญแจประตูก็ต้องมี “**ลูกกุญแจประตู**” แต่หลังจากค้นพบประตูขุมทรัพย์ รัทเทอร์ฟอร์ดประกาศว่า การที่คิดจะหาลูกกุญแจประตูเพื่อไขประตูและเอาพลังงานนิวเคลียร์ออกมาใช้ประโยชน์นั้นเป็นเรื่อง “**เหลวไหล**”

ถามว่าใครจะฟัง ?

ในที่สุดก็มีคนหาเจอ “**ลูกกุญแจ**” เขาคือ **เอนรีโก แฟร์มี**

“**ลูกกุญแจ**” ที่ว่าก็คือ “**นิวตรอนช้า**” นิวตรอนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ง่ายขึ้นกว่าปกตินับร้อยเท่าตัว อันทำให้พลังงานที่ปกติไหลลอดออกมา “**จิ๊บ ๆ**” ถั่งท้นออกมาได้มากขึ้น แต่แฟร์มีกลับไม่รู้ตัวว่าเขาได้ “**แง้มประตูขุมทรัพย์**” ออกมาแล้ว

นี่คงเพราะแฟร์มีมีลักษณะของ “**วิศวกร**” อยู่มากไปบ้าง

ทักษะพิเศษประการหนึ่งของแฟร์มีก็คือการคำนวณที่รวดเร็ว แฟร์มีรู้วิธีคำนวณทางคณิตศาสตร์แทบทุกอย่างและใช้ได้อย่างรวดเร็ว โดยจดวิธีคำนวณไว้ในสมุดพร้อมหยิบขึ้นมาใช้ได้ทุกเมื่อ และมีเทคนิคประจำตัวเรียกว่า “**ขนาดของอันดับ**” (order of magnitude) ซึ่งช่วยให้เขาคำนวณโดยประมาณได้รวดเร็วกว่าทุก ๆ คน

ยกตัวอย่างจากการทดสอบการระเบิดของ “**ลูกระเบิดอะตอม**” ในโครงการแมนแฮตตัน แฟร์มี อยู่ห่างจากจุดที่เกิดการระเบิด 20 ไมล์ หลังการระเบิดผ่านไป 40 วินาที แฟร์มีค่อย ๆ ล้วงเศษกระดาษที่เตรียมไว้ออกมาจากกระเป๋า และขณะที่คลื่นแรงผลักดันฉับพลัน (blast wave) จากการระเบิดมาถึง แฟร์มีก็ปล่อยเศษกระดาษและสังเกตตำแหน่งที่มันตกลงที่พื้นว่าไปได้ไกลเท่าใด จากนั้นก็คิดคำนวณในใจอย่างรวดเร็วได้อย่างใกล้เคียงว่า แรงระเบิดครั้งนี้เทียบเท่ากับทีเอ็นทีประมาณ 20,000 ตัน

ดังนั้นหน้าที่ “**ไขประตูได้สำเร็จ**” จึงตกไปอยู่กับ **ออทโท ฮาน** นักเคมีผู้นอบน้อมถ่อมตน ฝีมือดี และละเอียดลออ ฮานใช้ลูกกุญแจของแฟร์มีคือนิวตรอนช้าไขไปที่ประตูเดียวกับที่แฟร์มีเคยไขจนประตูเปิดแง้มมาก่อน และฮานสังเกตออกว่า **ประตูขุมทรัพย์ได้เปิดออกแล้ว**

ภาษาวิชาการของ “**การไขประตูได้สำเร็จ**” ก็คือการค้นพบ “**การแบ่งแยกนิวเคลียส**”

เมื่อนิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียมเกิดการแบ่งแยกนิวเคลียส จะมีนิวตรอนหลุดออกมา 2 หรือ 3 อนุภาคกับพลังงานอีกประมาณ 200 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

ถ้าถามว่า “**200 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์**” นี่มันแค่ไหน ก็ยังต้องตอบว่า “**จิ๊บ ๆ**” อยู่นั่นเอง

$$1 \quad 1.60\times10^{-6} \quad 1.60\times10^{-3}$$

$$- \quad 200$$

$$3.2\times10^{-11} \quad - \quad 1$$

$$3.1\times10^{10}$$

1

หลอดประหยัดไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านขนาด 10 วัตต์ต้องใช้ยูเรเนียมกี่อะตอมใน 1 วินาที ก็ลองคูณเลขเอาเองเถิด และนี่เองคงไม่ผิดสำหรับคำพูด “**...เรื่องเหลวไหล**” ของรัทเทอร์ฟอร์ด

แต่ทราบหรือไม่ว่า “**อะตอม**” นั้นเล็กขนาดไหน และอะตอม 1 อะตอมมี 1 นิวเคลียสให้เกิดแบ่งแยกได้ 1 ครั้ง และยูเรเนียมขนาดก้อนเท่านิ้วก้อย (ประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร) มีน้ำหนักเกือบ 19 กรัม และถ้านับเป็นจำนวนอะตอมก็มีมากถึงราว $5x10^{22}$ อะตอม (ห้าพันล้านล้านล้านอะตอม) ซึ่งสามารถให้พลังงานได้เทียบเท่ากับกระแสไฟฟ้าสำหรับป้อนหลอดประหยัดไฟฟ้า 500 ดวงได้นาน 10 ปี

ดังนั้น ถึงตรงนี้ทุกคนรู้แล้วว่าแม้ **ประตูขุมทรัพย์** จะถูกเปิดออกแล้วก็ตาม แต่ก็เป็นเพียง “**ขุมทรัพย์จิ๊บ ๆ**” เท่านั้น และเรื่องอย่างนี้ต้องการ “**วิสัยทัศน์ยาวไกล**” ของใครบางคน

คนที่มีวิสัยทัศน์คนนั้นก็คือนักฟิสิกส์ที่มีคุณสมบัติของนักประดิษฐ์และวิศวกร ชื่อ **ลีโอ ซีลาร์ด** เขาคิดออกว่าจะต้องทำให้ประตู “**ขุมทรัพย์จิ๊บ ๆ**” นับล้าน ๆ ประตู **เปิดออกต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่** ภาษาวิชาการเรียกว่า “**ปฏิกิริยาลูกโซ่แบ่งแยกนิวเคลียส**”

แต่ซีลาร์ดมีปัญหา 3 ประการต้องแก้ไข

**ปัญหาประการแรก** คือ การเปิดประตูขุมทรัพย์ 1 ประตูต้องมีกุญแจ 1 ดอก ดังนั้น ซีลาร์ดต้องมี “**เครื่องปั๊มกุญแจ**”

**ปัญหาประการที่สอง** คือ ต้อง “**ควบคุม**” ปฏิกิริยาลูกโซ่แบ่งแยกนิวเคลียสให้ได้ด้วย มิฉะนั้นพลังงานจะพรวดออกมาพร้อม ๆ กันมหาศาลจนกลายเป็นลูกระเบิด นั่นคือ การควบคุมการไขกุญแจให้ค่อยเป็นค่อยไปได้มากน้อยตามต้องการ

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปั๊มกุญแจและควบคุมการไขประตูได้ด้วย เรียกตามภาษาวิชาการว่า “**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์**”

**ปัญหาประการที่สาม**ของซีลาร์ดก็คือ ในขณะนั้น การสร้างเครื่องปฏิกรณ์

นิวเคลียร์ เป็นเพียงทฤษฎีที่ต้องทดสอบความเป็นไปได้ จึงต้องการทั้ง “**บุคลากร**” และ “**เงินทุน**” มหาศาล ซีลาร์ดจึงต้องการ “**ยักษ์ในตะเกียงวิเศษ**” มาเสกสรรบันดาลบุคลากรและเงินทุนแก่เขา และยักษ์ตนนั้นก็คือ **โรสเวลต์** ประธานาธิบดีของสหรัฐอเมริกา ประเทศที่เขาลี้ภัยนาซีมาพึ่งใบบุญนั่นเอง

แต่คนฮังการีลี้ภัยเล็ก ๆ ที่ไร้ชื่อเสียงอย่างซีลาร์ด จะไปปลุกยักษ์โรสเวลต์ขึ้นมาคุยกับเขาได้อย่างไร และทางออกของเขาก็คือเพื่อนเก่าเกลอรักอย่าง **ไอน์สไตน์**

แล้วก็ไม่ผิดหวัง ชื่อเสียงอันโด่งดังของไอน์สไตน์ ดังพอจะปลุกยักษ์โรสเวลต์ให้ลุกขึ้นมาสนับสนุนพวกเขาได้ อันเป็นที่มาของ “**โครงการแมนแฮตตัน**” ที่ใช้เงินมากมายถึง 1,889,604,000 ดอลลาร์อเมริกัน (หนึ่งพันแปดร้อยแปดสิบเก้าล้านหกแสนสี่พันดอลลาร์)

ถึงตรงนี้บุคคลที่มีคุณสมบัติซึ่งเหมาะสมที่สุด คือ “**เป็นทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในคนเดียวกัน**” อย่าง **เอนรีโก แฟร์มี** ก็กลับออกมาที่หน้าฉากอีกครั้งหนึ่ง เขานำทีมสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลก “**ชิคาโกไพล์-1**” ได้สำเร็จ แม้ว่าจากความสำเร็จครั้งนี้จะดำเนินต่อไปสู่การผลิตลูกระเบิดอะตอมที่ถูกนำไปใช้ทำลายล้างชีวิตมนุษย์ แต่หลังจากนั้น เมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลง ชิคาโกไพล์-1 ก็ได้กลายเป็น “**ต้นแบบ**” ของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 436 เครื่อง ที่กำลังเดินเครื่องอยู่ทั่วโลกในปัจจุบัน การใช้รังสีในการรักษาโรคที่ริเริ่มโดย มารี กูรี ก็ได้ช่วยชีวิตมนุษย์มามากมายจนทุกวันนี้ และกรรมวิธีเคมีรังสีประยุกต์ของฮานก็ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทั้งในทางอุตสาหกรรมและการเกษตร

***คืนวันนี้ใต้แสงสว่างจากหลอดประหยัดไฟฟ้า คงทำให้ท่านนึกถึงนักวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ท่านบ้าง ที่ช่วยกันต่อท่อนำพลังงานออกมาจากนิวเคลียสของอะตอมให้ชาวโลกได้ใช้กันในวันนี้*** ☢

# ประวัติผู้เรียบเรียง

## นายสุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข

**การศึกษา :** - Master of Engineering Science (Chemical)
The University of Melbourne, Australia
- วท.บ. (เคมีเทคนิค) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ประสบการณ์การทำงาน :**

**ปัจจุบัน**

ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์
หน่วยงาน สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

**อดีต**

พ.ศ. 2524-2549 นักนิวเคลียร์เคมี 8 วช. - สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
พ.ศ. 2522-2524 หัวหน้าหน่วยผลิต - บริษัทสยามบรรจุภัณฑ์ จำกัด

**ความชำนาญ :**

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสกัดด้วยของเหลว (Liquid Extraction)
2. บรรณาธิการวารสารนิวเคลียร์ปริทัศน์ (พ.ศ. 2546-2549)
3. บรรณาธิการวารสาร TINT Magazine (พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน)
4. เขียนบทความด้านพลังงานนิวเคลียร์บนเว็บไซต์ TINT STKC (http://www.tint.or.th/nkc/nkc-index50.html)

**ต่างประเทศ :**

ฝรั่งเศส : เยี่ยมชมโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์
สหรัฐอเมริกา : การประชุมการสกัดธาตุหายาก (Rare Earths) โดยการสกัดด้วยของเหลว
แอฟริกาใต้ : ฝึกอบรมการใช้สารกัมมันตรังสีตามรอย (Radioactive Tracer)

6

# นักวิทยาศาสตร์

ผู้พลิกประวัติศาสตร์นิวเคลียร์โลก

ISBN 978-616-12-0088-6

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
www.tint.or.th