100
นักฟิสิกส์พลิกโลก

ศ. ดร. สุทัศน์ ยกส้าน

นามนักฟิสิกส์ปกหน้าด้านใน

Max	**Planck**
Albert	**Einstein**
Richard	**Feynman**
Niels	**Bohr**
Enrico	**Fermi**
Marie	**Curie**
Werner	**Heisenberg**
Paul	**Dirac**
Erwin	**Schrödinger**
John	**Bardeen**

คำนำ

อัจฉริยะ คือ บุคคลคุณภาพที่ทุกสังคมในโลกต้องการจะผลิตและมี เพราะบุคลากรที่มีความสามารถระดับพิเศษเหล่านี้ มีความสำคัญมากในการพลิกและเปลี่ยนโฉมหน้าของโลกไปสู่ความเจริญที่ยั่งยืน ทั้งในด้านความคิด วิธีคิด และการเนรมิตความสะดวกสบายต่าง ๆ ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีที่จะช่วยมนุษย์ในการต่อสู้ภัยพิบัติ และอนุรักษ์สภาพแวดล้อมให้ยืนยงในโลกที่มีความซับซ้อน และความแปรปรวนสูง

การเรียนรู้ประวัติความเป็นมาของนักวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะนักฟิสิกส์ นอกจากจะช่วยให้นักเรียน นิสิต ครูอาจารย์ และคนทั่วไป ได้เข้าใจความสำคัญของผลงานที่นักฟิสิกส์อัจฉริยะสร้างสรรค์แล้ว การเรียนรู้ประวัติยังช่วยผู้อ่านในการสร้างแรงบันดาลใจ ซึ่งจะกระตุ้นให้มีความมุ่งมั่นจะฟันฝ่าอุปสรรคและข้อจำกัดต่าง ๆ บนเส้นทางชีวิตที่จะนำตนไปสู่ความสำเร็จ อันจะทำให้เกิดความภาคภูมิใจในความสามารถของตนเอง ครูอาจารย์ผู้สั่งสอนและบ่มเพาะความสามารถ ตลอดจนบิดามารดาผู้ให้กำเนิด และประเทศชาติที่ตนเป็นสมาชิกคนหนึ่ง ได้รู้สึกชื่นชมด้วย

สำหรับครูผู้สอนที่ได้อ่านหนังสือเล่มนี้ ก็จะได้เนื้อหาสาระที่อาจจะไม่ได้รู้มาก่อน เพื่อจะนำไปใช้ให้การสอนมีสีสันและมีจิตวิญญาณมากขึ้น หนังสือ “100 นักฟิสิกส์พลิกโลก” ได้กล่าวถึงนักฟิสิกส์หลายคนที่ทุกคนรู้จักดี และคงมีหลายคนที่คนทั่วไปอาจจะไม่คุ้นเคย การนำเสนอบทความที่มีความสั้น-ยาวของเนื้อหา มิได้เป็นดัชนีที่ชี้บ่งความยิ่งใหญ่และความสำคัญของอัจฉริยะแต่ละคนแต่ประการใด อนึ่งในการเขียนชีวประวัติของนักฟิสิกส์ 100 คน ในกรณีที่มีผู้รับรางวัลประจำปีร่วมกันตั้งแต่สองหรือสามคน ข้าพเจ้าได้เลือกเขียนประวัติเพียงแค่หนึ่งหรือสองคนมาเล่าสู่กันฟัง เพื่อให้เข้าใจความสำคัญของผลงานที่ได้รับรางวัล มากกว่าที่จะเน้นประวัติของผู้ได้รับรางวัลทุกคน และเนื้อหาของชีวประวัติหลายส่วนได้รับการปรับแต่งจากบทความที่เคยลงในผู้จัดการออนไลน์

เนื่องในโอกาสที่ราชบัณฑิตยสภาได้ถือกำเนิดครบ 100 ปี ในปี 2569 นี้ ข้าพเจ้าจึงขอถือโอกาสเฉลิมฉลองวาระที่สำคัญมากนี้ ด้วยการเขียนหนังสือ “100 นักฟิสิกส์พลิกโลก” ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์ สุรพล อิสรไกรศีล นายกราชบัณฑิตยสภา ที่ให้โอกาสและสนับสนุนข้าพเจ้าในการสร้างสรรค์ผลงานนี้

ข้าพเจ้ายังขอขอบคุณ นายพิพัฒน์ รุ่งเรือง นางสาวเบญญาภา ตานุ และนายภัทรพล ธนลิขิต ที่ได้ช่วยทั้งแรงกายและเป็นกำลังใจข้าพเจ้าในการผลิตหนังสือเล่มนี้ ตั้งแต่ต้นจนเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์แบบครับ

ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน

ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน

B.Sc. (Hons.), A.R.C.S. จาก Imperial College, University of London ประเทศอังกฤษ

M.Sc., D.I.C. จาก Imperial College, University of London ประเทศอังกฤษ

Ph.D. จาก University of California at Riverside ประเทศสหรัฐอเมริกา

ศาสตราจารย์ระดับ 11 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์ ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สาขาฟิสิกส์และดาราศาสตร์

รางวัลนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น ปี 2530 ของมูลนิธิส่งเสริมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

รางวัลนักวิจัยดีเด่นแห่งชาติ ปี 2530 สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ ของสภาวิจัยแห่งชาติ

รางวัลนักเรียนทุนรัฐบาลดีเด่น ปี 2549

รางวัลนักวิทยาศาสตร์อาวุโส ปี 2567 จากสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

Research Associate แห่ง Abdus Salam International Center for Theoretical Physics ที่ Trieste, Italy ตั้งแต่ปี 2534-2546

Research Associate ของ Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada ที่ University of Waterloo, Ontario, Canada ปี 2530-2532

ประธานคณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์ฟิสิกส์ของราชบัณฑิตยสภา

กรรมการพิจารณาตำแหน่งทางวิชาการของมหาวิทยาลัย ทั้งของรัฐและเอกชน 17 แห่ง

ในอดีตตั้งแต่ปี 2531 เป็นต้นมา เคยเขียนบทความวิชาการลงในหนังสือพิมพ์อาทิตย์รายสัปดาห์ MAC ผู้จัดการรายวัน สารคดี วิทยาจารย์ วารสารสสวท. และ MY MATHS

ปัจจุบันเป็นคอลัมนิสต์ ในคอลัมน์ “โลกวิทยาการ” ของผู้จัดการออนไลน์ทุกสัปดาห์

ผลงานเขียนรวมเล่มมี 18 เล่ม ที่จัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์อาทิตย์ สารคดี และปาเจรา ชื่อ วิทยาการแห่งอารยะ สุดยอดนักฟิสิกส์ สุดยอดนักเคมี สุดยอดนักชีววิทยา สุดยอดนักคณิตศาสตร์ สุดยอดนักผจญภัย อารยธรรมลี้ลับ ศิลปินอัจฉริยะ ถอดรหัสดาวินชี สารพัดสัตว์โลก ศาสตร์พิศวง ศาสตร์ปริศนา ฯลฯ

TABLE OF CONTENTS

A

Akasaki, Isamu 01
Alvarez, Luis W. 10
Amano, Hiroshi 01
Ampère, André-Marie 26
Archimedes 35
Ashkin, Arthur 42

B

Bardeen, John 51
Bloch, Felix 57
Bohr, Niels 67
Boltzmann, Ludwig 74
Bose, Satyendra Nath 83
Boyle, Robert 94
Bragg, William Henry 101
Bragg, William Lawrence 101
Brahe, Tycho 108
Brattain, Walter 51

C

Cassini, Giovanni 119
Chadwick, James 137
Charpak, Georges 143
Chu, Steven 149
Clarke, John 158
Cockcroft, John 167
Copernicus, Nicolaus 175
Cornell, Eric A. 188
Curie, Marie 196

D

Davis Jr., Raymond 203
de Broglie, Louis 215
de Coulomb, Charles-Augustin 224
de Gennes, Pierre-Gilles 231
Devoret, Michel H. 158
Dirac, Paul 239

E

Einstein, Albert 247

F

Fermi, Enrico 254
Feynman, Richard 260
Franck, James 270

G

Geim, Andrey 280
Giacconi, Riccardo 288
Ginzburg, Vitaly 297
Glaser, Donald 304
Glashow, Sheldon 313
Glauber, Roy 336
Goeppert Mayer, Maria 352

TABLE OF CONTENTS

H

Haldane, Duncan 361
Hasselmann, Klaus 379
Hawking, Stephen 393
Heisenberg, Werner 404
Hofstadter, Robert 415
Hooke, Robert 421
Huygens, Christiaan 433

K

Kajita, Takaaki 203
Kepler, Johannes 443
Ketterle, Wolfgang 188
Kilby, Jack St. Clair 453
Koshiba, Masatoshi 203
Kosterlitz, J. Michael 361

L

Lamb, Willis Eugene 460
Landau, Lev 467
Lawrence, Ernest 479
Lee, Tsung-Dao 489

M

Manabe, Syukuro 379
Marconi, Guglielmo 505
Martinis, John 158
Mayor, Michel 512
McDonald, Arthur 203
Michelson, Albert 526
Moseley, Henry 535
Mourou, Gérard 42

N

Nakamura, Shuji 01
Nambu, Yoichiro 545
Novoselov, Konstantin 280

O

Onnes, Heike 553

P

Parisi, Giorgio 379
Pauli, Wolfgang Ernst 560
Peebles, James 569
Penrose, Roger 578
Planck, Max 587

TABLE OF CONTENTS

Q

Queloz, Didier 512

R

Rabi, Isidor Isaac 593
Raman, Chandrasekhara V. 600
Röntgen, Wilhelm 608
Rubin, Vera 615
Rutherford, Ernest 624
Ryle, Martin 631

S

Salam, Abdus 313
Schwinger, Julian 639
Shockley, William 51
Smoot, George 652
Strickland, Donna 42

T

Thomson, William 670
Thouless, David 361
Tomonaga, Sin-Itiro 684
Townes, Charles 690

V

van der Waals 700

W

Walton, Ernest 167
Weinberg, Steven 313
Wieman, Carl E. 188
Wigner, Eugene 708
Wilson, Kenneth G. 721
Witten, Edward 730

Y

Yang, Chen Ning 489

Shuji Nakamura (ชูจิ นากามูระ)
Hiroshi Amano (ฮิโรชิ อามาโนะ)
Isamu Akasaki (อิซามุ อาคาซากิ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2014 จากการประดิษฐ์หลอด LED ที่ให้แสงสีน้ำเงิน

Isamu Akasaki, Hiroshi Amano และ Shuji Nakamura (ตามลำดับ) ในพิธีรับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2014

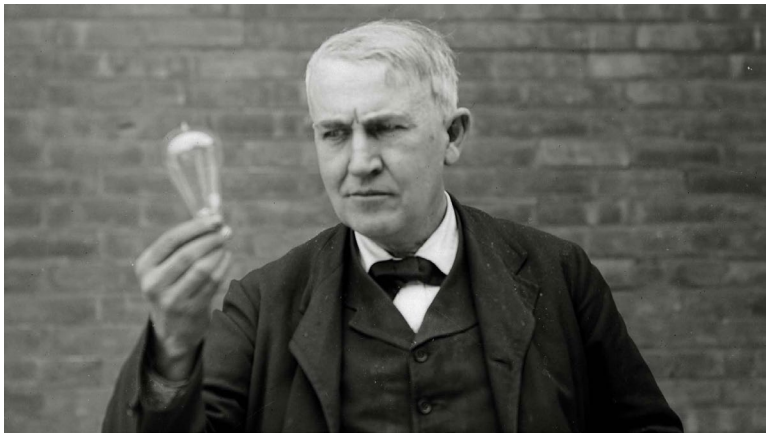
ภาพจาก alamy.com

มนุษย์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ไม่รู้จักสร้างหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่าง จนกระทั่งรู้วิธีจุดไฟ และใช้แสงไฟจากกองไฟในการให้ความอบอุ่นกับแสงสว่างที่ช่วยในการเห็น ดังนั้นจึงชอบล่าสัตว์ในเวลากลางวันที่มีแสงแดดช่วยในการเห็นสัตว์ได้ดี แต่เมื่อถึงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นเวลาที่สัตว์ป่าหลายชนิดออกหาอาหาร ผู้คนจึงต้องระมัดระวังตัวมาก เพราะมองสัตว์ร้ายไม่เห็น และสัตว์เหล่านั้นมีสายตาที่ดีกว่าตน ดังนั้น การออกเดินทางของคนในการล่าสัตว์ในเวลากลางคืนจึงจำต้องยุติ

ในเวลาต่อมาวิวัฒนาการการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ให้ความสว่างก็ได้เกิดขึ้น เมื่อมนุษย์รู้จักหุงหาอาหาร โดยนำไขสัตว์มาใช้ในการทำตะเกียง ซึ่งให้แสงสีเหลือง ดังมีหลักฐานว่า ชาวอียิปต์เป็นชนชาติแรกที่รู้จักใช้เทียนไข แล้วต่อไปเป็นชาวโรมัน วันเวลาได้ผ่านไปจนถึงยุคของตะเกียงน้ำมัน เป็นแหล่งกำเนิดให้แสงสว่างที่มนุษย์รู้จักใช้กันทั่ว

โลก ทั้งในบ้าน และนอกบ้าน เพราะตามปกติน้ำมันจะไม่ลุกไหม้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ชาวบ้านจึงต้องใช้ไม้ขีดไฟในการจุดไฟ โดยใช้ไส้ที่อาจจะทำจากชิ้นผ้าที่ดูดซับน้ำมันได้ดี ด้วยเหตุนี้เวลาจุดไฟด้วยไม้ขีดไฟ ความร้อนจากเปลวไฟจะทำให้น้ำมันซึมขึ้นตามไส้จนกลายเป็นไอ และลุกไหม้ให้แสงสว่าง

เมื่อ Alessandro Volta (1745-1827) ประดิษฐ์แบตเตอรี่ในปี 1799 นักวิทยาศาสตร์และนักเทคโนโลยีหลายคนได้หันมาทดลองใช้แบตเตอรี่ไฟฟ้าในการให้แสงสว่าง และพบว่า เวลาผ่านกระแสไฟฟ้าไปในเส้นลวด ลวดจะร้อนและเปล่งแสง แต่ปัญหาก็มีว่า เมื่อลวดร้อนมาก มันจะหลอมตัว แล้วลวดก็จะขาด มีผลทำให้แสงสว่างหมดไปในทันที



Thomas Alva Edison กับหลอดไฟฟ้าที่เขาประดิษฐ์

ภาพจาก Encyclopædia Britannica, Inc.

Thomas Alva Edison (1847–1931) เป็นบุคคลแรก ๆ ของโลกที่ได้พยายามสร้างหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่าง

หลังจากที่ได้ลงทุน และทุ่มเทความพยายามไปมากเพื่อประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าแบบไส้ธรรมดาหรือหลอดเปล่งแสง (incandescent light bulb) ลุถึงเดือนตุลาคม ค.ศ. 1879 Thomas Alva Edison นักประดิษฐ์ชาวอเมริกันก็ประสบความสำเร็จในการสร้าง

หลอดไฟฟ้าหลอดแรกของโลก โดยการปล่อยกระแสไฟให้ไหลผ่านไส้หลอดที่ทำด้วยใยไผ่ และภายในหลอดแทบเป็นสุญญากาศ

หลังจากนั้นก็ได้ใช้เวลาอีก 10 ปี เพื่อพัฒนาคุณภาพของหลอด โดยหันมาใช้ลวด tungsten ทำไส้หลอด ซึ่งเวลามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดจะร้อน และเปล่งแสงให้ความสว่าง

วิวัฒนาการของอุปกรณ์ที่ให้แสงสว่าง จากเทียนไข หลอดไฟ Edison หลอกนีออน และหลอด LED

ภาพจาก www.tcpi.com

หลอดไฟฟ้าของ Edison ได้เปลี่ยนและปฏิรูปวิถีชีวิตของผู้คนในสมัยโบราณ จากเดิมที่เคยได้แสงสว่างจากการจุดเทียนไข ซึ่งทำจาก paraffin หรือไขสัตว์ เช่น ไขวาฬ หรือจากการเผาถ่านหิน แก๊ส หรือน้ำมัน มาเป็นการได้ความสว่างจากหลอดไฟฟ้าแทน

เมื่อโลกมีหลอดไฟฟ้าใช้ ผู้คนก็สามารถทำงานกลางคืนได้ จากเดิมที่เคยพากันเข้านอน เพราะไม่สามารถเห็นอะไร และไม่มีอะไรให้ทำหลังพระอาทิตย์ตกดิน ทุกคนก็จะพากันพักผ่อน แต่เมื่อมีแสงสว่างในบ้านและอาคาร ผู้คนสามารถทำงานต่อไปได้ การมีแสงสว่างตามถนนหนทางทำให้ผู้คนสามารถออกไปพักผ่อนนอกบ้าน โดยการดูละคร

กับภาพยนตร์ และการเดินทางในเวลากลางคืนเป็นเรื่องปลอดภัย ดังนั้นใคร ๆ จึงนิยมทำกัน

แต่หลอดไฟของ Edison ยังมีข้อเสีย คือ เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ อะตอมของ tungsten ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำไส้หลอด จะระเหิดหายไปทีละน้อย ๆ ไส้หลอดจึงบางลง ๆ จนในที่สุดไส้หลอดก็จะขาด ผู้ใช้จึงต้องซื้อหลอดใหม่มาใช้แทน เป็นการสิ้นเปลือง

Edison จึงคิดหาวิธีพัฒนาหลอดไฟให้ไส้หลอดระเหิดอย่างช้า ๆ เพื่อให้หลอดสามารถใช้ได้นาน โดยได้บรรจุแก๊สเฉื่อย เช่น argon, krypton, neon หรือ xenon เข้าไปภายใน แต่หลอดไส้ธรรมดาชนิดนี้ก็ยังมีข้อเสียอีก คือใช้ไฟเปลือง เพราะจากพลังงานไฟฟ้า 100% ที่หลอดได้รับ 90% ของพลังงานจะถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อน ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ และอีก 10% ของพลังงานที่เหลือจะถูกเปลี่ยนเป็นแสง ดังนั้นประสิทธิภาพของหลอดไฟในการให้ความสว่างจึงค่อนข้างต่ำ

วิวัฒนาการขั้นต่อไปของเทคโนโลยีหลอดไฟ คือ การใช้หลอดผอม หรือหลอดวาวแสง (fluorescent bulb) ซึ่งถูกประดิษฐ์ขึ้นในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 หลอดมีลักษณะเป็นทรงกระบอกแท่งยาว ภายในหลอดบรรจุแก๊สเฉื่อย เช่น neon ที่ปนด้วยไอปรอท หรือไอโซเดียม ดังนั้นเวลาเปิดไฟ อิเล็กตรอนจากขั้วหลอดจะถูกความต่างศักย์ไฟฟ้าบังคับให้พุ่งชนอิเล็กตรอนของอะตอมแก๊สที่อยู่ภายในหลอด อิเล็กตรอนในอะตอมที่ถูกชนจะถูกกระตุ้นให้มีพลังงานสูงขึ้น แต่มันจะอยู่ในสถานะกระตุ้นได้ไม่นานก็จะหวนกลับคืนสู่สถานะเดิม พร้อมกันนั้นก็ปล่อยแสง ultraviolet (UV) ออกมา สำหรับส่วนที่เป็นขั้วหลอดนั้นมักทำด้วย tungsten และมี ballast ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไม่ให้กระแสไหลเข้ามากจนเกินไป เพราะจะทำให้หลอดขาด เมื่อขั้วหลอดมีความต่างศักย์สูง ขั้วที่ร้อนจะเร่งอิเล็กตรอนไปพุ่งชนอะตอมของแก๊สที่อยู่ภายในหลอด ให้ปล่อยแสง ultraviolet ออกมา ที่ผิวภายในหลอดผอมตามปกติมักมีสาร phosphor

เคลือบอยู่ ดังนั้นเวลาผิวภายในได้รับแสง UV ปรากฏการณ์วาวแสง (fluorescence) จะเกิดขึ้น และปล่อยแสงที่ตาเห็นออกมา

หลอดผอมสามารถประหยัดไฟมากกว่าหลอดไส้ เช่น ถ้าหลอดไส้ให้กำลังส่องสว่าง 20 lumens/watt หลอดผอมจะให้กำลังส่องสว่างได้มากถึง 60 lumens/watt อีกทั้งยังประหยัดเงินกว่าหลอดไส้ เช่น ถ้าหลอดไส้ใช้งานได้นาน 1,000 ชั่วโมง หลอดผอมจะใช้ได้นานถึง 15,000 ชั่วโมง ในขณะที่หลอดไส้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า 10% เป็นพลังงานแสง หลอดผอมจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า 20% เป็นพลังงานแสง และนี่คือเหตุผลที่หลอดผอมเป็นหลอดไฟที่โลกนิยมใช้กันมานานกว่า 116 ปี จนกระทั่งถึงยุคของหลอด LED (light emitting diode) ซึ่งจะเป็นหลอดไฟรูปแบบใหม่ที่ได้ปฏิรูประบบการให้ความสว่างของโลก เพราะนอกจากจะให้แสงสว่างได้มากกว่า และคุ้มค่ากว่าแล้ว หลอด LED ยังช่วยลดความรุนแรงของภาวะวิกฤตโลกร้อนด้วย เพราะการทำงานของหลอดไม่สร้างมลภาวะ

คำว่า ไดโอด (diode) อันเป็นชื่อส่วนหนึ่งของหลอด LED นั้น เป็นวัสดุที่บังคับให้กระแสไฟฟ้าไหลทางเดียว ไดโอดประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ ชนิด n กับชนิด p ที่ถูกนำมาประกบกัน สารกึ่งตัวนำชนิด n เช่น gallium arsenide เพราะเวลาถูกโด๊ปจะมีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าปกติ หรือเวลาถูกโด๊ปด้วยสารบางชนิดจะมีจำนวน hole มากกว่าปกติ จึงเรียกสารชนิด p (hole คือ “อนุภาค” ที่เกิดขึ้นเวลามีการโยกย้ายอิเล็กตรอนออกจากอะตอมในสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดที่ว่าง ซึ่งเรียก hole (hole มีประจุไฟฟ้าบวกตรงข้ามกับอิเล็กตรอนที่มีประจุไฟฟ้าลบ)

เวลามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด อิเล็กตรอนที่มีอยู่ในสารชนิด n จะเคลื่อนที่เข้าปะทะกับ hole ของสารชนิด p ที่บริเวณรอยต่อ การพบกันระหว่างอิเล็กตรอนกับ hole จะทำให้เกิดแสง โดยทั่วไปเวลามีการเปลี่ยนชนิดของสารกึ่งตัวนำและโด๊ป แสงที่

เกิดขึ้นจะมีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันตามขนาดของช่องว่างพลังงานที่มีในสารกึ่งตัวนำนั้น ๆ

สำหรับหลอดไฟ LED หลอดแรกของโลกนั้นเป็นผลงานของ Nick Holonyak และคณะแห่งบริษัท General Electric ซึ่งได้สร้างเมื่อปี 1962 ในครั้งนั้น Holonyak ใช้สารกึ่งตัวนำ gallium arsenide phosphide (GaAsP) ซึ่งให้แสงสีแดงที่มีความเข้มแสงต่ำ

พัฒนาการของหลอด LED ในอีก 30 ปีต่อมา โดยใช้ gallium phosphide (GaP) และ aluminium gallium arsenide (AlGaAs) ให้แสงแดง และแสงเขียว จึงยังไม่สามารถนำไปใช้ในบ้านได้

จนกระทั่งอีก 25 ปี ต่อมานักวิจัยที่บริษัท Hewlett Packard จึงได้พัฒนาหลอด LED ที่ใช้สาร aluminium indium gallium phosphide ความสว่างของหลอด LED จึงเพิ่มมากขึ้น

ในอดีตตั้งแต่ปี 1950 นักวิทยาศาสตร์สามารถผลิตไดโอด ที่เปล่งแสงสีแดง และสีเขียวได้ แต่ยังไม่มีใครสามารถประดิษฐ์ไดโอดที่เปล่งแสงสีน้ำเงินได้ เพราะไม่รู้ว่าต้องใช้สารกึ่งตัวนำชนิดใด และจะโด๊ปด้วยสารอะไรในการทำไดโอดที่ให้แสงสีน้ำเงิน

ความต้องการสร้างไดโอดที่เปล่งแสงสีน้ำเงิน จึงเป็นความประสงค์สูงสุดของนักวิทยาศาสตร์ทุกคน เพราะแสงสีน้ำเงินเป็นแม่แสงหนึ่งในสาม (แดง เขียว น้ำเงิน) ที่จำเป็นในการสร้างแสงสีขาว

ข้อจำกัดในการสร้าง LED ที่มีประสิทธิภาพสูงเกิดจากสองสาเหตุ คือ หนึ่ง อิเล็กตรอนกับ hole ในหลอด LED เวลาปะทะกันจะไม่ได้ให้แสงทุกครั้งไป แต่ให้ความร้อนแทน ประสิทธิภาพในการให้แสงจึงต่ำ และสอง เวลาที่มีแสงเกิดขึ้น แสงนั้นได้

สะท้อนกลับไปภายในหลอดแทนที่จะถูกขับออกมานอกหลอดให้ทุกคนเห็น การสะท้อนกลับไปกลับมาภายในหลอดจะทำให้แสงนั้นถูกดูดกลืนในที่สุด และทำให้หลอดร้อน

นี่คืออุปสรรคหลักที่ทำให้ gallium nitride ไม่สามารถให้แสงสีน้ำเงินได้อย่างสว่างไสว เพราะการปลูกผลึก GaN ให้บริสุทธิ์และสมบูรณ์เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก

หลังจากนั้นไม่นาน Shuji Nakamura (1954-ปัจจุบัน) แห่งบริษัท Nichi Chemical Industries และ Hiroshi Amano (1960-ปัจจุบัน) กับ Isamu Akasaki (1929-2021) แห่งมหาวิทยาลัย Nagoya ในญี่ปุ่น ก็ได้พัฒนาหลอด LED สีน้ำเงินที่ให้ความสว่างมากเป็นผลสำเร็จ โดยยังใช้ gallium nitride เคลือบบนผิวทับทิม (sapphire) ซึ่งให้แสงได้ตั้งแต่สีเขียวจนถึงสีน้ำเงิน เป็นการปูทางให้มีการสร้าง LED สีขาว

คนทั้งสามได้พยายามต่อไป โดยใช้ yttrium aluminium garnet (YAG) ที่โด๊ปด้วย cerium คือ $Y_3Al_5O_{12}$: Ce และใช้ phosphor เคลือบที่ขั้ว emitter ซึ่งสามารถดึงดูดแสงสีน้ำเงินบางส่วนไว้ แล้วปล่อยแสงสีเหลืองออกมาโดยกระบวนการวาวแสง จากนั้นแสงสีเหลืองจะรวมกับแสงสีน้ำเงินที่ได้จาก indium gallium nitride (InGaN) ให้แสงสีขาว

หลอด LED ที่ให้แสงสีขาวตามปกติให้กำลังส่องสว่างได้มากกว่าหลอดผอมหรือหลอดไส้ คือมีประสิทธิภาพมากถึง 80% อีกทั้งสามารถใช้งานได้นานกว่า ประหยัดไฟกว่าประมาณ 20% และประสิทธิภาพของหลอดก็ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ ดังนั้นจึงเป็นที่คาดว่า ในอนาคตหลอด LED จะเข้ามาแทนที่หลอดไฟชนิดอื่นทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นที่บ้าน ที่โรงงานหรือที่ใด

แต่ LED นั้นจำเป็นต้องใช้กระแสไฟตรง ในขณะที่ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเป็นกระแสสลับ ดังนั้น เวลาใช้หลอด LED ในบ้านใด บ้านนั้นจึงต้องมีหม้อแปลงไฟ และนี่เป็นข้อเสียหนึ่ง เพราะเจ้าของบ้านต้องติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเพื่อช่วยในการแปลงไฟ

แต่ข้อดีของเรื่องนี้ก็มีกว่ามาก เช่น หลอด LED มักมีขนาดเล็ก คือ มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 5 มิลลิเมตรเท่านั้นเอง คนที่ใช้หลอดจึงสามารถควบคุมทิศการเปล่งแสงได้ อีกทั้งสามารถนำไปใช้ใน smart phone ในโทรทัศน์ หรือใน computer อนาคตที่ใช้แสงแทนไฟฟ้าในการเก็บข้อมูล

การได้รับรางวัลโนเบลของคนทั้งสาม มิได้จบลงอย่างชื่นมื่น เพราะ Nakamura ได้อพยพจากญี่ปุ่นไปทำงานที่มหาวิทยาลัย California ที่วิทยาเขต Santa Barbara ในปี 2000 ได้ยื่นฟ้องบริษัท Nichia ในปี 2001 ว่า เขาได้รับเงินค่าตอบแทนในการประดิษฐ์หลอด LED สีน้ำเงินน้อยไป

ในที่สุดศาลได้ตัดสินใจใจให้ Nakamura ได้รับเงิน 300 ล้านบาทเป็นค่าความคิด

เมื่อได้รับข่าวในวันที่ 7 ตุลาคม ปี 2014 ว่า ตนกับ Amano และ Akasaki ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกัน Nakumura ก็บอกว่า เหลือเชื่อ เพราะไม่คาดฝันว่าจะได้

แต่คณะกรรมการรางวัลโนเบลก็คิดว่า คนทั้งสามสมควรได้รับรางวัล เพราะได้สร้างสรรค์ผลงานที่เป็นไปตามจุดประสงค์ของ Alfred Nobel ทุกประการ คือ ผลงานมีประโยชน์ต่อมนุษยชาติอย่างเห็นได้ชัด

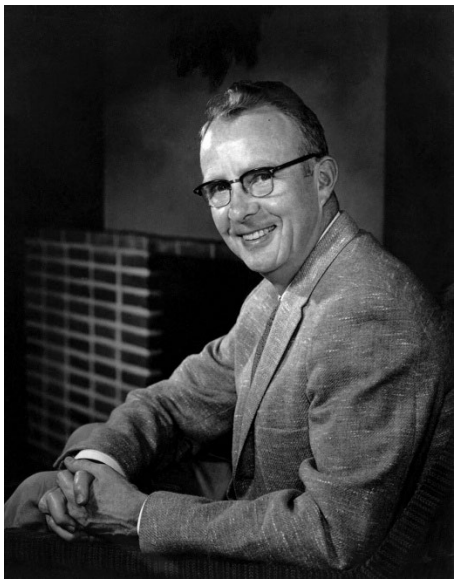
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Brilliant: The Evolution of Artificial Light โดย Jane Brox จัดพิมพ์โดย Houghton Miffin Harcourt ในปี 2010

2. Wong NA, Bahmani H (August 2022). "A review of the current state of research on artificial blue light safety as it applies to digital devices". Heliyon. 8 (8) e10282. Bibcode:2022Heliy...810282W. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10282. PMC 9420367. PMID 36042717

Luis Walter Alvarez (หลุยส์ วอลเตอร์ อัลวาเรซ)

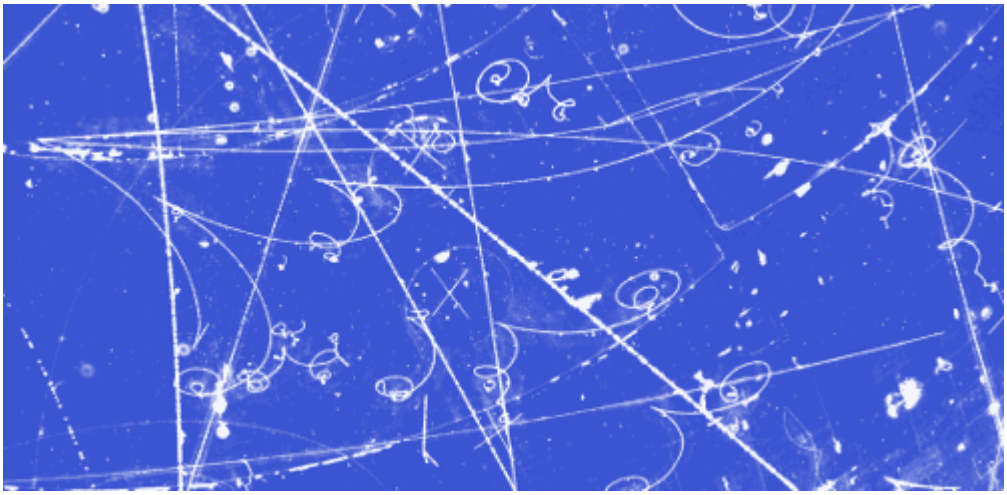
รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1968 จากการใช้ห้องเมฆบอนุภาคมูลฐานในสถานะกำทอน



Luis W. Alvarez ภาพจาก วิกิพีเดีย

Luis W. Alvarez (1911–1988) เกิดที่เมือง San Francisco รัฐ California ในสหรัฐอเมริกา เมื่ออายุ 25 ปี ได้สำเร็จการศึกษาฟิสิกส์ระดับปริญญาเอก จากมหาวิทยาลัย Chicago ต่อจากนั้นได้เข้าทำงานเป็นอาจารย์ในสังกัดมหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley

ในปี 1939 Alvarez กับ Felix Bloch (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1952) ได้วัดโมเมนต์แม่เหล็กของอนุภาคนิวตรอนเป็นครั้งแรก และได้ทุ่มเททำงานพัฒนาเทคโนโลยีด้านเรดาร์ที่สถาบัน Massachusetts Institute of Technology (MIT) เพื่อนำมาใช้ในการได้ชัยชนะในสงครามโลกครั้งที่ 2 หลังจากนั้นได้เข้าร่วมทำงานในโครงการ Manhattan เพื่อผลิตระเบิดปรมาณูที่ Los Alamos ด้วย



อนุภาคกำทอน (resonance particle) ที่เกิดขึ้นภายในห้องฟอง (bubble chamber)

ภาพจาก www.famousscientists.org

ในเวลาต่อมา Alvarez กับเพื่อน ๆ ได้ร่วมกันสร้างเครื่องเร่งอนุภาคโปรตอนให้มีพลังงานสูงมาก เพื่อใช้ศึกษาองค์ประกอบของโปรตอน โดยให้โปรตอนพุ่งชนกันในห้องฟอง (bubble chamber) แล้ว สังเกตผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น จนได้พบอนุภาคกำทอน (resonance particle) ชนิดต่าง ๆ มากมาย ผลงานนี้ทำให้ Alvarez ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1968

ตามปกติเวลานักฟิสิกส์ใช้คำว่า “การกำทอน” เขาหมายถึง วิธีการให้พลังงานแก่ระบบโดยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น เวลาแกว่งชิงช้า ถ้าออกแรงผลักชิงช้า ด้วยความถี่หนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับความถี่ตามธรรมชาติของชิงช้านั้น ชิงช้าก็จะแกว่งตัวโดยมีแอมพลิจูดของการแกว่งมากที่สุดนี้ เป็นปรากฏการณ์กำทอน

ในทำนองเดียวกัน เวลานักฟิสิกส์ยิงอนุภาคให้พุ่งชนกันด้วยพลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งถ้าเป็นพลังงานกำทอนของระบบนั้น ก็จะทำให้เกิดกลุ่มอนุภาคใหม่ที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แม้จะเป็นเวลาไม่นานมาก (คือ ประมาณ 10^(-23) วินาที) ก็ตาม กลุ่มอนุภาคเหล่านี้จะปรากฏอยู่ด้วยกัน โดยอาศัยแรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม (strong nuclear force) ที่มีพิสัยสั้นมากมายึดโยงกัน จากนั้นกลุ่มอนุภาคก็จะแตกกระจายออกเป็นอนุภาคหลาย

ชนิดมากมาย คือ เป็นอนุภาคที่มีสมบัติควอนตัมเหมือนอนุภาคมูลฐานอื่น ๆ เช่น มีมวล มีสปิน มีประจุ และมีเลขควอนตัม (quantum number) กำกับประจำตัว แล้วจึงปรากฏให้นักทดลองเห็น หลังจากที่ได้เคลื่อนที่เป็นระยะทางประมาณ 10^(-15) เมตร

ในการอธิบายแหล่งกำเนิดของอนุภาคกำทอนนี้ Murray Gell-Mann (1929-2019) (โนเบลฟิสิกส์ปี 1969) ได้เสนอคำอธิบายว่า อนุภาค hadron อันได้แก่ proton, neutron, pion ฯลฯ มักประกอบด้วยอนุภาคย่อยที่มีขนาดเล็กกว่า ซึ่งเรียกว่า quark ดังนั้นเวลามีการชนกันระหว่างอนุภาค hadron อนุภาค quark ที่อยู่ภายใน hadron จะถูกกระตุ้นให้มีพลังงานสูงขึ้น แล้วหันมาจับคู่กันเป็นอนุภาคชนิดต่าง ๆ

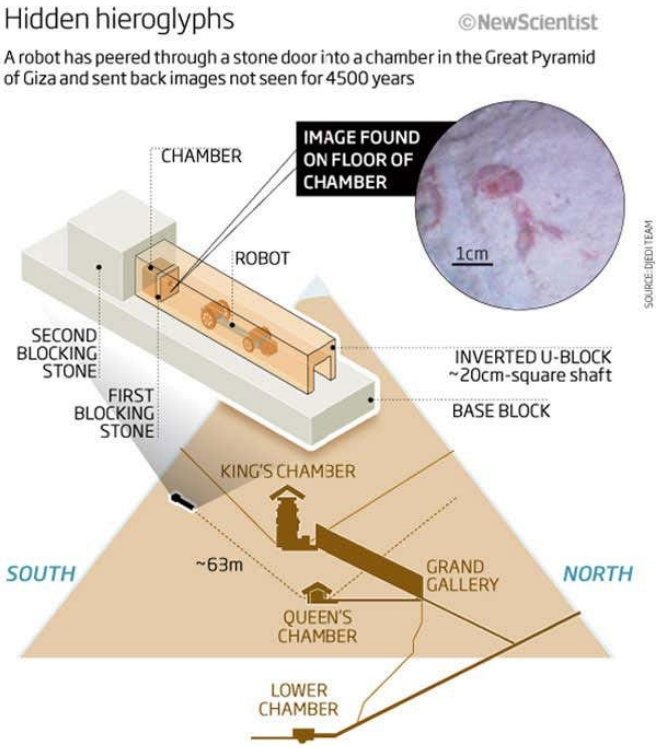
ผลงานของ Alvarez จึงเป็นหลักฐานหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่า ใน proton, neutron และ meson มีอนุภาค quark เป็นองค์ประกอบ

หลังจากที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์แล้ว Alvarez ได้เปลี่ยนวิถีชีวิตไปทำงานเป็นนักสืบ เพื่อแสวงหาคำตอบของปริศนาลึกลับต่าง ๆ เช่น ค้นดูว่ามีห้องลึกลับที่แอบแฝงอยู่ภายในพีระมิดหรือไม่ ใครคือคนลอบยิงประธานาธิบดี John F. Kennedy และอะไรคือสาเหตุที่ทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ ฯลฯ

พีระมิด Cheops ณ กรุง Cairo ในอียิปต์ ที่ Alvarez ใช้ในการค้นหาห้องลับที่แอบแฝงอยู่ภายใน

ภาพจาก www.marsaalamtours.com

ที่กรุง Cairo ในอียิปต์ มีพีระมิดขนาดใหญ่ 2 ลูก ชื่อ Cheops กับ Chephren ซึ่งถูกสร้างขึ้นเมื่อประมาณ 4,500 ปีก่อน Cheops มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ยาวด้านละ 230 เมตร และสูง 147 เมตร ส่วน Chephren นั้น มีฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ยาวด้านละ 216 เมตร และสูง 143 เมตร พีระมิดทั้งสอง เป็นสิ่งก่อสร้างที่ได้ครองสถิติอาคารที่สูงที่สุดในโลก จนกระทั่งสถิตินี้ได้ถูกลบในปี 1889 โดยหอ Eiffel ซึ่งสูง 330 เมตร ส่วนสิ่งก่อสร้างขนาดมโหฬารที่ใหญ่กว่าพีระมิด เช่น กำแพงเมืองจีน ก็ได้ถูกสร้างขึ้นเมื่อ 2,800 ปีก่อนนี้เอง



แผนภาพแสดงตำแหน่งของห้องลับของฟาโรห์และห้องของพระราชินีที่อยู่ในพีระมิด Cheops

ภาพจาก www.newscientist.com

นักโบราณคดีในอดีตได้ตรวจพบว่า ในพีระมิด Cheops มีห้องลับอยู่ 2 ห้อง คือ ห้องกษัตริย์ (King's Chamber) และห้องราชินี (Queen's Chamber) โดยห้องทั้งสองมีอุโมงค์เชื่อมต่อถึงกัน สำหรับพีระมิด Chephren นั้น กลับมีห้องลับซ่อนอยู่ภายในเพียงห้องเดียว ดังนั้นเมื่อ Luis Alvarez ได้เห็นพีระมิดทั้งสองเป็นครั้งแรก ในปี 1962 เขารู้สึกประหลาดใจมากที่พีระมิด Chephren ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยพระราชโอรสกลับมีความ “ซับซ้อน” น้อยกว่าพีระมิด Cheops ซึ่งพระราชบิดาทรงสร้าง นี่เป็นเหตุการณ์ที่ไม่ควรจะเป็นความจริง เพราะพระราชโอรสควรจะมีผลงานที่ยิ่งใหญ่กว่าพระราชบิดา ด้วยเหตุนี้คนทั่วไปจึงตั้งข้อสงสัยว่า ภายในพีระมิด Chephren คงจะมีห้องลับอีกหลายห้องที่แอบแฝงอยู่ภายในเป็นแน่

พีระมิด Chephren ที่ Alvarez ได้ค้นหาห้องลับที่แอบแฝงอยู่ภายใน

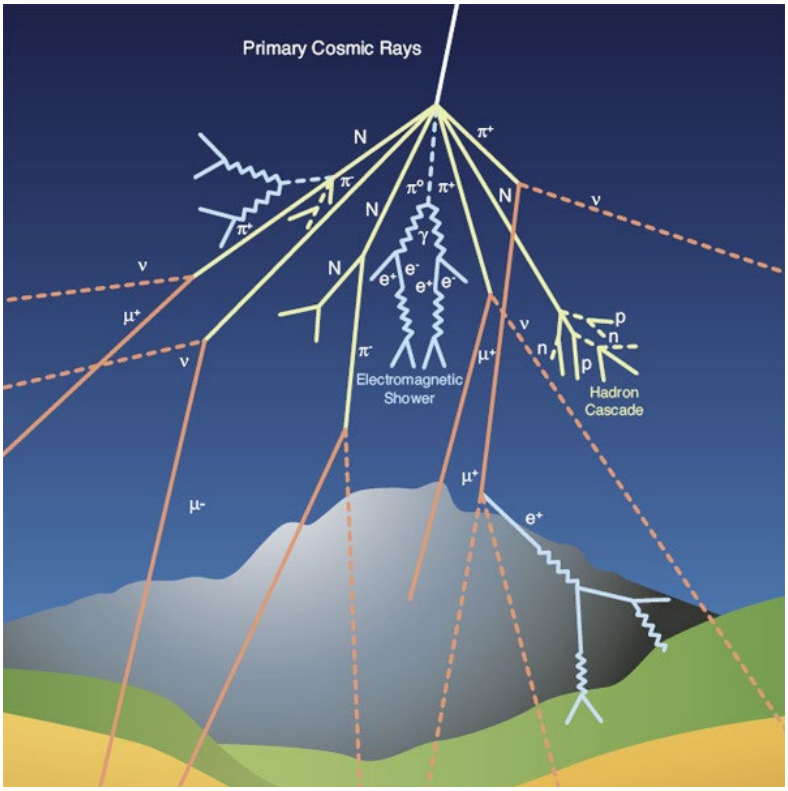
ภาพจาก www.pyramid-of-giza.com

ปัญหาที่ตามมา คือ นักวิทยาศาสตร์มีวิธีค้นหาห้องลับได้อย่างไร

นักฟิสิกส์บางคนอาจจะคิดใช้เทคโนโลยีรังสีเอกซ์ถ่ายภาพพีระมิดทั้งลูก โดยนำแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูง วางที่ฐานพีระมิด เพื่อให้ปล่อยรังสีเอกซ์ออกมาในทุกทิศทาง จากนั้นก็เอาฟิล์มถ่ายภาพวางที่ผิวหน้าของพีระมิด โดยให้ครอบคลุมผิวหน้าทั้งหมด แล้วใช้หลักการว่า ถ้าให้รังสีเอกซ์เดินทางผ่านก้อนหินที่หนามาก ความเข้มของรังสีเอกซ์ที่แผ่นฟิล์มถ่ายภาพจะได้รับก็จะมีค่าน้อย แต่ถ้ามีห้องลับแอบแฝงอยู่บนเส้นทางที่รังสีเอกซ์ผ่าน ความเข้มของรังสีที่แผ่นฟิล์มถ่ายภาพได้รับก็จะมีค่ามาก เพราะรังสีเอกซ์สามารถทะลุทะลวงผ่านอากาศภายในห้องลับได้ดีกว่าก้อนหิน ดังนั้นการวิเคราะห์ความเข้มของรังสีเอกซ์ที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มก็พอจะใช้บอกตำแหน่งของห้องลับได้

แม้แนวคิดที่ว่านี้จะดูทำได้ยาก แต่จริง ๆ แล้วเป็นเรื่องยาก เพราะความจริงมีอยู่ว่ารังสีเอกซ์ไม่สามารถเจาะทะลุผ่านก้อนหินหนาขนาดมหึมาได้ นอกจากนี้แผ่นฟิล์มที่จะใช้รับรังสีเอกซ์ก็จะต้องมีขนาดมโหฬารมากเช่นกัน ดังนั้นเทคโนโลยีถ่ายภาพพีระมิด

โดยใช้รังสีเอกซ์ จึงไม่เวิร์ค หรือถ้าใครคิดจะใช้คลื่น sonar และ radar เพื่อถ่ายภาพ ก็ไม่สามารถจะทำไม่ได้เช่นกัน



แผนภาพแสดงรังสีคอสมิกจากอวกาศ พุ่งชนโมเลกุลของไนโตรเจน (N) ในอากาศทำให้เกิดห่าฝนอนุภาคมากมาย เช่น muon (μ) และ pion (π) ภาพจาก CERN

Luis Alvarez จึงคิดจะใช้เทคโนโลยีรังสีชนิดอื่นที่คล้ายรังสีเอกซ์ คือ รังสีคอสมิก ซึ่งประกอบด้วยอนุภาค proton พลังงานสูงเป็นอนุภาคหลัก กับห้องประกายไฟ (spark chamber) รังสีคอสมิกนี้ตามปกติมีพลังงานสูงมาก และมีแหล่งกำเนิดมาจากอวกาศที่เดินทางมาสู่โลก เวลาอนุภาค proton ชนกับอะตอมของแก๊สต่าง ๆ ในบรรยากาศโลก จะทำให้เกิดอนุภาค muon จำนวนมาก เป็นห่าฝน ซึ่งจะพุ่งตกสู่พื้นโลกในทุกทิศทาง

อนุภาค muon มีสมบัติเหมือนอิเล็กตรอนทุกประการ แต่มีมวลที่มีค่ามากกว่าประมาณ 207 เท่า เวลาพุ่งผ่านสสาร muon จะพุ่งไปในแนวเกือบจะเป็นเส้นตรง เพราะ muon ที่มีพลังงานสูงมาก จะพุ่งผ่านก้อนหินที่ใช้ทำพีระมิดได้ แต่ถ้ามีก้อนหิน

หนามาขวาง อนุภาค muon ก็จะทะลุผ่านได้น้อย และนี่ก็คือเหตุผลที่ Alvarez นำเครื่องตรวจจับอนุภาค muon ชนิด spark chamber วางใต้พีระมิด Chephren เพื่อใช้ดูทิศทางที่อนุภาค muon พุ่งมา และได้พบว่า จำนวน muon ที่พุ่งผ่านห้องลับของพีระมิดจะมีจำนวนมากกว่าจำนวน muon ที่พุ่งผ่านบริเวณส่วนอื่น ๆ ซึ่งมีก้อนหินเต็มไปหมด

อุปกรณ์ spark chamber ที่ Alvarez ใช้ตรวจจับอนุภาค muon

ภาพจาก http://scicalgas.com/

Alvarez ได้ใช้อุปกรณ์ spark chamber ดักจับ muon ซึ่งเวลาเดินทางถึงอุปกรณ์ ๆ จะส่งประกายไฟแว๊บ ทุกครั้งที่อนุภาค muon พุ่งผ่าน ในการบอกพิกัดของอนุภาค muon จำต้องรู้พิกัดของ muon ณ สองตำแหน่งในเวลาไล่เลี่ยกัน ข้อมูลจะบอกทิศทางที่อนุภาค muon พุ่งผ่านอุปกรณ์ spark จะบันทึกเฉพาะ muon ที่กำลังเคลื่อนที่เท่านั้น และจะมีความไวสูงในกรณีที่ muon เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งหรือเกือบดิ่ง เพราะประสิทธิภาพของห้อง spark จะลดลง ๆ เมื่อ muon พุ่งทำมุมกับแนวดิ่งเกิน 45 องศา

เมื่ออุปกรณ์ทดลองอยู่ในสภาพพร้อม แต่การค้นหาห้องลึกลับก็ยังมิได้ดำเนินการใด ๆ เพราะได้เกิดเหตุการณ์สงครามระหว่างอาหรับกับอิสราเอล ในปี 1967 การทดลองจึงจำเป็นต้องยุติชั่วคราว เพราะอียิปต์ประกาศตัดสัมพันธภาพทางการทูตกับอเมริกา และเมื่อสงครามยุติแล้ว การค้นหาห้องลึกลับภายในพีระมิดก็ได้ดำเนินต่อไป

ในการนับจำนวน muon ที่ spark chamber บันทึกได้ ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ภายในพีระมิดไม่มีห้องลึกลับ

สมมติว่าในการพุ่งของ muon แนวหนึ่ง สามารถนับจำนวนอนุภาค muon ได้ N อนุภาค

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการนับ จึงเป็น $\sqrt{\mathrm{N}}$

ดังนั้นถ้าในการนับครั้งหนึ่ง ได้ 1,541 ครั้ง

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) = $\sqrt{1541}$ = 39 ครั้ง

และค่าที่ควรนับได้ = 1,511

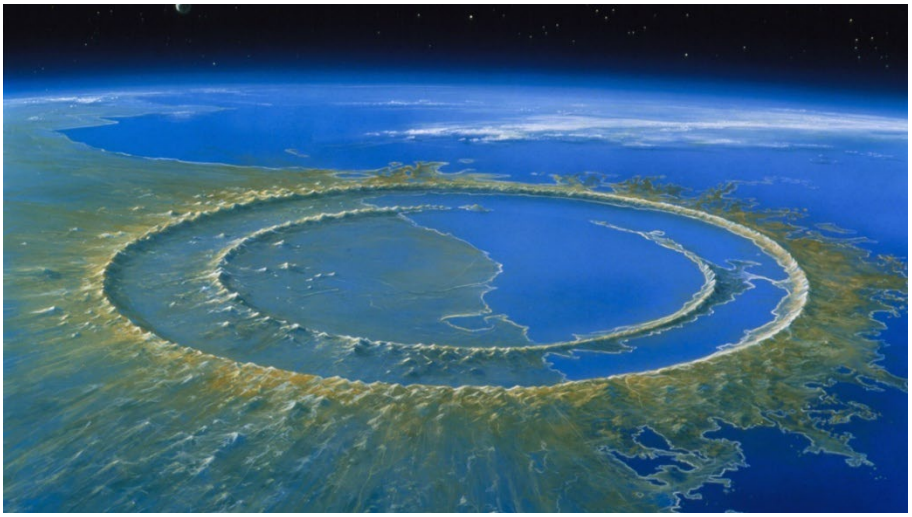
นั่นแสดงว่า ค่าจริง มีค่ามากกว่าค่าคาดหวังประมาณ 1 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนั้น ถ้ามีห้องลึกลับขนาดใหญ่แฝงอยู่ภายในพีระมิด การไม่มีก้อนหินมาขวางทำให้จำนวน muon ที่นับได้ จะมากขึ้น

ผลการทดลองของ Alvarez ได้แสดงว่า ไม่มีห้องลึกลับขนาดใหญ่อยู่ภายในวงกรวยที่มีครึ่งมุมยอดเท่ากับ 35 องศา นับจากแนวดิ่ง

การวางอุปกรณ์ spark chamber เพื่อนับ muon ในแนวอื่น ๆ ก็ไม่ได้พบห้องลึกลับอยู่ภายในพีระมิด Chephren เลย

นี่เป็นการตอบปริศนาหนึ่งที่ทำให้คนหลายคนต้องผิดหวัง แต่ทุกคนก็พอใจที่ได้รู้ความจริงว่า พีระมิด Chephren มีห้องลึกลับอยู่ภายในเพียงห้องเดียว



แผนภาพแสดงหลุม Chicxulub หลังจากเกิดเหตุการณ์โลกถูกดาวเคราะห์น้อยพุ่งชนเมื่อ 66 ล้านปีก่อน

ภาพจาก DETLEV VAN RAVENSWAAY/SCIENCE SOURCE

เทคนิคการค้นหาห้องลึกลับที่อยู่ภายในพีระมิด Chephren เป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก สำหรับนักโบราณคดีและนักประวัติศาสตร์ แต่ถ้าจะกล่าวถึงความสำคัญที่ยิ่งใหญ่ระดับโลกแล้ว การค้นหาสาเหตุที่ทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ เป็นผลงานที่ยิ่งใหญ่กว่ามาก เพราะ Luis Alvarez กับลูกชายชื่อ Walter Alvarez ได้พบว่า ดาวเคราะห์น้อยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 10 กิโลเมตร ได้พุ่งชนโลกด้วยความเร็วประมาณ 30 กิโลเมตร/วินาที (ซึ่งเร็วกว่าความเร็วของเครื่องบินราว 150 เท่า และพุ่งชนโลกโดยเอียงทำมุม 45-60 องศากับผิวโลก) ที่บริเวณคาบสมุทร Yucatán ในเม็กซิโก ทำให้เกิดหลุมขนาดใหญ่ใต้ทะเล ชื่อหลุม Chicxulub (ซึ่งในภาษา Maya แปลว่า “เห็บปีศาจ”) โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 180 กิโลเมตร และมีพื้นที่ 25,450 ตารางกิโลเมตร การอยู่ใต้ทะเลลึกทำให้เราไม่สามารถเห็นมันได้ แต่ยานอวกาศสามารถใช้เรดาร์เห็นความมโหฬารของหลุมได้

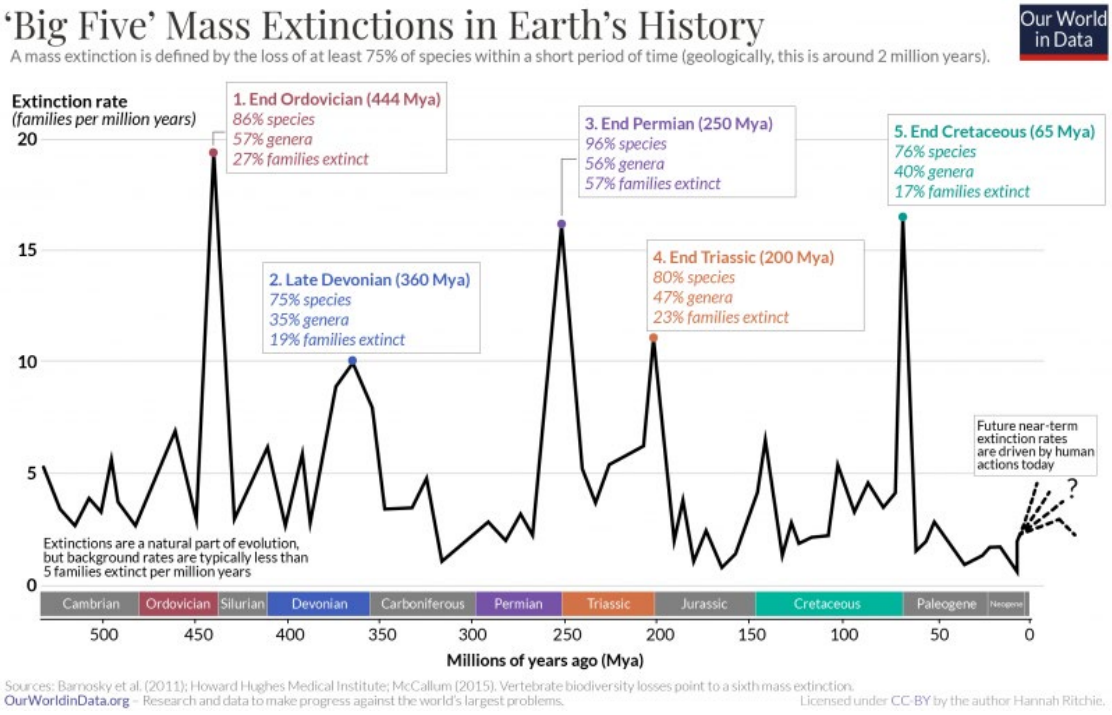
ภาพวาดแสดงเหตุการณ์ดาวเคราะห์น้อยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 10 กิโลเมตร
พุ่งชนโลกเมื่อ 66 ล้านปีก่อน ภาพจาก Don Davis Via NASA Image and Video Library

การพุ่งชนครั้งนั้นได้ทำให้สิ่งมีชีวิตทั้งหลายทั้งที่อยู่บนบกและในน้ำ ประมาณ 75% คิดเป็นจำนวนหลายล้านสปีชีส์ รวมถึงไดโนเสาร์ด้วย ต้องสูญพันธุ์ไปอย่างถาวร เพราะก่อนปี 1970 ไม่มีใครรู้ว่า อะไร คือสาเหตุที่ทำให้ไดโนเสาร์ล้มตายจนสูญพันธุ์ไป ดังนั้นจึงมีคนนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวกับสาเหตุการสูญพันธุ์ของสรรพสัตว์มากมาย เช่น ได้เกิดการระเบิดของ supernova ที่อยู่ใกล้โลก ทำให้เกิดการระบาดของโรคร้ายอย่างรุนแรงจนไดโนเสาร์ได้ล้มตายไปมากมาย บางคนสันนิษฐานว่า ภูเขาไฟที่อยู่ใต้น้ำได้ระเบิดอย่างขนานใหญ่ จนทำให้เกิดคลื่นสึนามิที่สูงกว่า 100 เมตร ไหลท่วมโลก และบางคนเชื่อว่าได้เกิดการระเบิดของภูเขาไฟบนโลกอย่างรุนแรง จนทำให้บรรยากาศของโลกเป็นพิษ ฯลฯ ซึ่งความเห็นทั้งหมดนี้เป็นเพียงการสันนิษฐาน คือ ไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ใด ๆ เลย

ในการตอบคำถามเกี่ยวกับแรงดลใจที่ทำให้ Luis Alvarez นึกถึงการมีดาวเคราะห์น้อยพุ่งชนโลก Alvarez เอ่ยถึงการได้เห็นภาพของดวงจันทร์ Phobos ซึ่งเป็นดาวบริวารดวงหนึ่งของดาวอังคารว่า มีผิวตะปุ่มตะป่ำ ภาพจึงแตกต่างไปจากความคิดเดิม ๆ ที่ว่า ผิวของ Phobos คงเนียนเรียบ ดังนั้น Phobos จึงน่าจะถูกอุกกาบาตหรือ

ดาวเคราะห์น้อยที่มีขนาดเล็กกว่ามาพุ่งชนอย่างแน่นอน Phobos นั้น มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 20 กิโลเมตร และเนื้อดาวเป็นสารประกอบ carbonaceous chondrite ดังนั้นดาวเคราะห์น้อยที่พุ่งชนโลกก็คงจะมีเนื้อดาวที่เหมือนกับของ Phobos

จินตนาการขั้นต่อไปของ Luis Alvarez คือ หลังจากที่ดาวเคราะห์น้อยพุ่งชนโลกแล้ว เมฆฝุ่น และละอองที่เกิดจากการพุ่งชนก็คงฟุ้งกระจายไปทั่วโลก แล้วได้ตกลงมาเป็นฝนฝุ่นแทรกแฝงอยู่ในชั้นดินที่หนาให้เราในเวลาต่อมาเห็น เพราะเหตุว่าอุกกาบาตหรือดาวเคราะห์น้อยมักมีธาตุ iridium ในปริมาณค่อนข้างมากผิดปกติ และธาตุชนิดนี้มักไม่พบบนโลก ดังนั้นถ้ามีการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ในชั้นดินแล้ว ก็น่าจะพบ iridium ในปริมาณมากปรากฏอยู่ในชั้นดิน



กราฟแสดงเวลาที่เกิดการสูญพันธุ์ครั้งมโหฬารของสิ่งมีชีวิต จำนวน 5 ครั้งในประวัติศาสตร์โลก

ภาพจาก ourworldindata.org/mass-extinctions

สำหรับคำถามต่อไปที่ว่า ดาวเคราะห์น้อยได้พุ่งชนโลกเมื่อใดนั้น Alvarez ได้กล่าวถึง กาลเวลาทางธรณีวิทยาว่า มีช่วงเวลาหนึ่ง คือ ยุค Cambrian ซึ่งอุบัติเมื่อ 570 ล้านปีก่อน และยุคนี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ยุคย่อย คือ ยุค Paleozoic (สัตว์อายุมาก) ที่สิ้นสุดเมื่อ 250 ล้านปีก่อน ยุคที่สอง คือ ยุค Mesozoic (สัตว์อายุปานกลาง) ซึ่งสิ้นสุดลงเมื่อ 120 ล้านปีก่อน และยุคที่สาม คือ ยุค Cenozoic (สัตว์ที่เคยดำรงชีพอยู่เมื่อเร็ว ๆ นี้) ซึ่งได้เริ่มเมื่อ 66 ล้านปีก่อน

ในช่วงเวลาระหว่างยุค Mesozoic กับ Cenozoic เป็นช่วงเวลาที่รู้จักในนามรอยต่อระหว่างยุค Cretaceous กับยุค Tertiary หรือ C-T Boundary และเป็นรอยต่อระหว่างยุคครั้งล่าสุด ซึ่งบอกเวลาที่โลกมีการสูญพันธุ์อย่างมโหฬาร ครั้งที่ 5

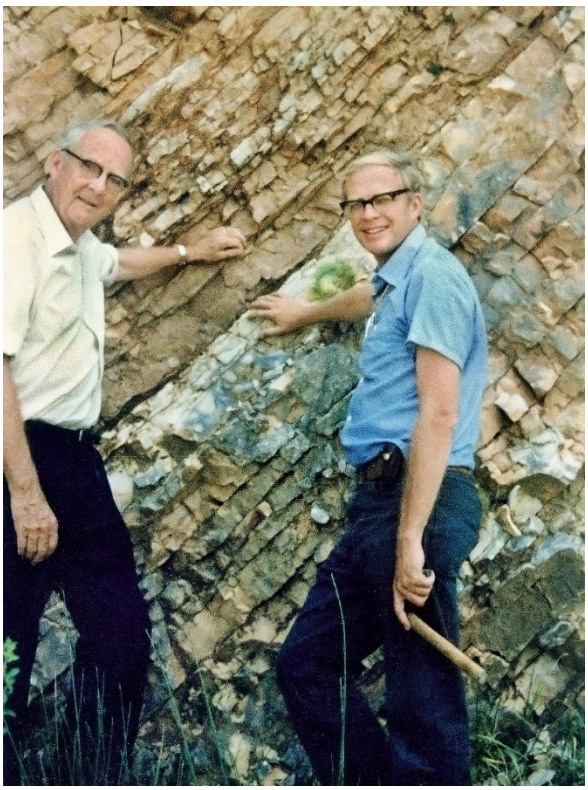
การพบชั้นดินที่มีธาตุ iridium อย่างอุดมสมบูรณ์ในหลายบริเวณบนโลก
ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โลกได้ถูกดาวเคราะห์น้อยพุ่งชน ภาพจาก http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/

การค้นหาฝุ่นผง iridium ที่ตกลงตามบริเวณส่วนต่าง ๆ ของโลก จึงเป็นเงื่อนไขสำคัญที่นำมาใช้ยืนยันความถูกต้องของสมมติฐานนี้ เพราะดาวเคราะห์น้อยมีความเร็วสูงมาก และมีมวลมาก ดังนั้นจึงมีพลังงานจลน์ที่สูงมาก ครั้นเมื่อมันพุ่งชนโลก แล้วหยุด

ในทันที พลังงานจลน์ที่สูญหายไปจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะเผาผลาญเนื้อดาวให้กลายเป็นควัน ไอ และฝุ่นลอยกลับขึ้นไปในบรรยากาศโลก แล้วลอยไปตกตามบริเวณส่วนต่าง ๆ ทั่วโลก

Walter Alvarez ซึ่งเป็นบุตรของ Luis Alvarez จึงได้เดินทางไปที่เมือง Gubbio ซึ่งตั้งอยู่เหนือของ Rome และอยู่ทางทิศตะวันออกของเมือง Siena ในอิตาลี และได้พบว่าชั้นดินเหนียวที่หนาประมาณ 2 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวที่ถือกำเนิดในยุครอยต่อ C-T และมีความเข้มข้นของ iridium ในปริมาณที่สูงกว่าปกติถึง 30 เท่า

นอกจากที่ Gubbio แล้ว นักธรณีวิทยาก็ยังได้พบธาตุ iridium ในปริมาณมากในชั้นดินที่ New Zealand, Jutland ในเดนมาร์ก, San Sebastian และ Caravaca ในสเปน ด้วย



Luis W. Alvarez (ซ้าย) และ Walter Alvarez (ขวา) กับชั้นดินรอยต่อยุค K-Pg (Cretaceous-Paleogene) ที่เมือง Gubbio ในอิตาลี เมื่อปี 1981 ภาพจาก วิกิพีเดีย

ส่วนการใช้กล้องจุลทรรศน์ค้นหาสิ่งมีชีวิตในชั้นดินต่าง ๆ บนภูเขาใกล้เมือง Gubbio ก็แสดงให้เห็นว่าที่บริเวณใกล้รอยต่อ C-T มีสัตว์ที่มีเปลือก foraminifera เป็นจำนวนมาก แล้วสัตว์สปีชีส์นี้ก็ได้สาบสูญไปอย่างไร้ร่องรอยใด ๆ ในชั้นดินที่อุบัติในเวลาต่อมา เหลือแต่สัตว์สปีชีส์ *Globigerina eugubina* เท่านั้น ในบริเวณเหนือรอยต่อ C-T ข้อมูลนี้จึงแสดงว่า สัตว์สปีชีส์นี้ได้สูญพันธุ์ไปอย่างสมบูรณ์

การพบแร่ iridium ในปริมาณมากตามสถานที่ ๆ อยู่ห่างกันถึง 15,000 กิโลเมตร แสดงให้เห็นว่า โลกได้ถูกดาวเคราะห์น้อยพุ่งชนจริง ๆ เพราะแร่ที่พบในชั้นดินเหนียวทั่วโลกมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนกันทุกประการ

ในความเป็นจริง นักธรณีวิทยาได้พบหลุม Chicxulub ตั้งแต่ปี 1991 ซึ่งเป็นเวลา 3 ปี หลังจากที่ Luis Alvarez ได้จากโลกไปแล้ว แต่การค้นพบของเขาก็ยังมีความสำคัญต่อไปจนกระทั่งถึงทุกวันนี้ คือ เขาได้ใช้รังสีคอสมิกจากนอกโลก ค้นหาห้องลับภายในพีระมิด ซึ่งรวมถึงใช้ค้นหาห้องในพีระมิดของชาว Maya ในอเมริกาใต้ด้วย และธาตุ iridium ที่เขาได้พบว่ามีมากบนดาวเคราะห์น้อย ก็คือ คำตอบสำหรับปริศนาการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ และการค้นพบนี้ยังได้ทำให้มนุษย์ตระหนักว่า มนุษย์ก็อาจจะสูญพันธุ์ได้ ถ้าโลกถูกดาวเคราะห์น้อยจากอวกาศพุ่งชนในอนาคต

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Experimental Evidence That an Asteroid Impact Led to the Extinction of Many Species 65 Million Years Ago โดย Luis W. Alvarez ใน New Directions in Physics จัดพิมพ์โดย National Academy of Sciences, Academic Press, INC ปี 1982

2. Wohl, C. G. (2007). "Scientist as detective: Luis Alvarez and the pyramid burial chambers, the JFK assassination, and the end of the dinosaurs". American Journal of Physics. 75 (11): 968. Bibcode:2007AmJPh..75..968W. doi:10.1119/1.2772290.

André-Marie Ampère (อ็องเดร-มารี อัมแปร์)

กับการพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในเส้นลวด จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

André-Marie Ampère ภาพจาก www.realnfo.com

ใคร ๆ ก็รู้ว่า กระแสไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ แต่นักฟิสิกส์รู้มากกว่าคนทั่วไปว่า Ampère คือ นักวิทยาศาสตร์ผู้บุกเบิกการศึกษาไฟฟ้าในคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยได้ศึกษาแรงที่กระทำระหว่าง เส้นลวดสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และศึกษาสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังเป็นบุคคลแรกที่ได้เสนอความเห็นว่าการที่แม่เหล็กถาวรสามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้ เพราะในแท่งแม่เหล็กมีกระแสไฟฟ้ามากมายที่ไหลวนเป็นวงเล็ก ๆ ทฤษฎีของแอมแปร์จึงเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ก่อนที่จะมีการพบอิเล็กตรอนเสียอีก

André-Marie Ampère เกิดเมื่อ 20 มกราคม ปี 1775 ที่หมู่บ้าน Polémieux บนฝั่งแม่น้ำ Rhone นอกเมือง Lyons ในฝรั่งเศส ในวัยเด็กชอบอ่านหนังสือมาก และพยายามแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการอ่านและจำข้อมูลที่มีในพจนานุกรม Ampère ได้เริ่มสนใจคณิตศาสตร์หลังจากที่ได้อ่านบทความที่ Leonhard Euler เขียน

เกี่ยวกับพีชคณิต แคลคูลัส และสถิติ เมื่อมีความรู้คณิตศาสตร์มากขึ้น Ampère เริ่มอ่านตำรากลศาสตร์ที่เรียบเรียงโดย Joseph-Louis Lagrange

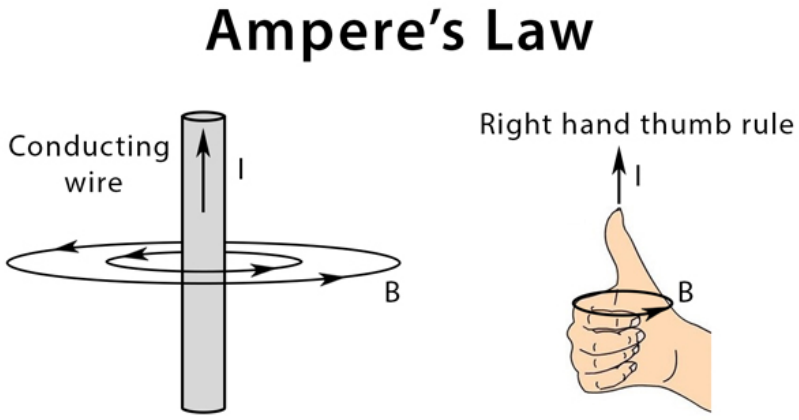
นอกเหนือจากวิชาคณิตศาสตร์แล้ว Ampère ยังสนใจชีววิทยาด้วย โดยเฉพาะผลงานของ Georges de Buffon และชอบเรียนภาษาต่างประเทศ เช่น กรีก ละติน กับอิตาเลียน ในยามว่างชอบพักผ่อนโดยการอ่านวรรณคดีฝรั่งเศส และแต่งกลอน

ในฐานะที่เป็นลูกชายโทนของครอบครัวที่มีฐานะดี Ampère สามารถใช้ชีวิตอย่างอิสระโดยไม่จำเป็นต้องทำงานใด ๆ และมีความสุขมาก จนมีอายุครบ 18 ปี บิดาซึ่งมีความจงรักภักดีต่อสถาบันกษัตริย์ได้ถูกศาลตัดสินประหารชีวิตด้วยกิโยติน ในข้อหาว่าต่อต้านคณะปฏิวัติ Ampere รู้สึกเสียใจมาก อีก 3 ปีต่อมาภรรยาของ Ampère ได้ล้มป่วยและเสียชีวิต ทิ้งบุตรชาย Jean-Jacques ไว้ให้ดูต่างหน้า เมื่อรู้สึกว้าเหว่และเหงามาก Ampere จึงแต่งงานใหม่ และเริ่มสนใจวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์อีก เมื่ออายุ 34 ปีได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์คณิตศาสตร์แห่ง L'Ecole Polytechnique ที่ปารีส หลังจากที่ภรรยาคลอดบุตรสาว Ampère ก็ได้หย่ากับภรรยา

ในปี 1819 ชีวิตของ Ampère วัย 44 ปี เริ่มไม่มีความสุข เมื่อลูกชายหลงเสน่ห์สาวไฮโซชื่อ Madame Récamier อย่างหัวปักหัวปำ ถึงขนาดติดตามไปรับใช้เธอนานถึง 20 ปี โดยไม่เหลียวแลหรือเอื้ออาทรบิดาเลย แม้บิดาจะขอร้องให้กลับใจและกลับมาลูกชายก็ไม่ฟัง และเมื่อลูกสาวถึงวัยออกเรือนบ้าง Ampère ก็ได้จัดการให้เธอแต่งงานกับนายทหาร และรู้สึกเสียใจมากเมื่อรู้ว่า ลูกเขยติดสุรายาเมา และเป็นโรคจิต

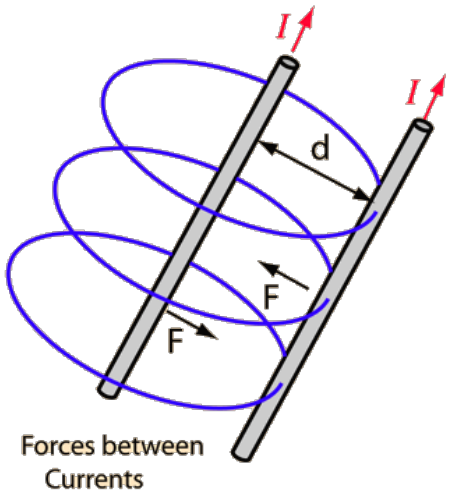
เมื่อ Ampere มีอายุ 45 ปี นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์กคนหนึ่งที่แทบไม่มีใครในโลกรู้จัก นามว่า Hans Oersted ได้พบโดยบังเอิญว่า เวลามีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดเข็มทิศที่วางอยู่ใกล้เส้นลวดนั้นจะเบี่ยงตัว นี่เป็นการสาธิตที่แสดงให้โลกรู้เป็นครั้งแรกว่า

กระแส ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นโดยรอบเส้นลวด เมื่อได้ข่าวการค้นพบนี้ Ampere ได้ทดลองเรื่องนี้ซ้ำในทันที และพบกฎของนักว่ายน้ำ ที่แถลงว่าถ้าผู้สังเกตว่ายน้ำตามทิศที่กระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวด และหันหน้าเข้าหาเข็มทิศ ขั้วเหนือของเข็มทิศจะชี้ไปที่แขนซ้ายของนักว่ายน้ำคนนั้น



กฎมือขวาของ Ampere ถ้าให้หัวแม่มือชี้ทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า
ทิศของนิ้วทั้งสี่ที่เหลือ จะบอกทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น
ภาพจาก www.sciencefacts.net

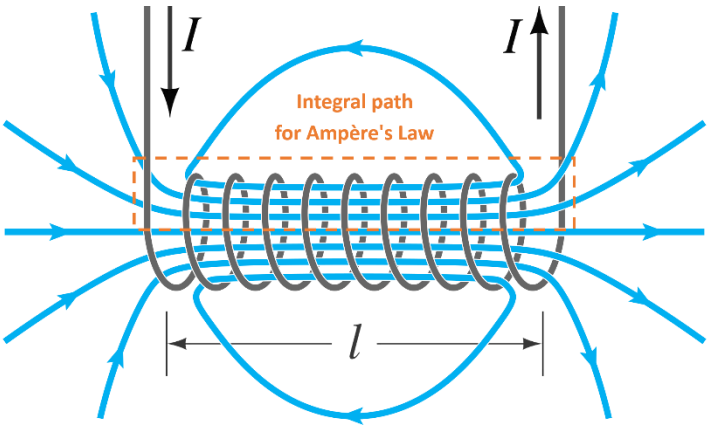
Ampere ยังได้ชื่ออีกว่า เป็นผู้พบกฎมือขวาด้วย ซึ่งกฎนี้ได้แถลงว่า ถ้าผู้สังเกตใช้มือขวาจับเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหล โดยให้หัวแม่มือชี้ไปทางทิศที่กระแสไหล นิ้วทั้งสี่ที่เหลือจะชี้บอกแนวที่เข็มทิศวางตัว กฎนี้จึงแถลงอย่างมีนัยยะว่า เวลากระแสไหลจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น และสนามแม่เหล็กที่เกิดใหม่นี้มีทิศวนไปรอบเส้นลวด



เส้นลวดตรงที่ขนานกันสองเส้น เวลามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในทิศเดียวกัน
จะมีแรงดึงดูดเกิดขึ้นระหว่างลวดทั้งสอง ภาพจาก http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/

ในการทดลองเรื่องนี้ Ampere ได้จัดวางลวดสองเส้นให้ขนานกัน โดยลวดเส้นหนึ่งตรึงอยู่กับที่ และอีกเส้นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ และได้พบว่า ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองไหลในทิศเดียวกัน ลวดที่เคลื่อนที่ได้จะถูกดึงดูดเข้าหาลวดที่อยู่กับที่ แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองไหลสวนทิศกัน จะมีแรงผลักเกิดขึ้นระหว่างลวดทั้งคู่นั้น

การทดลองของ Ampere จึงแสดงให้โลกเห็นอย่างชัดเจนว่าปรากฏการณ์ไฟฟ้าและปรากฏการณ์แม่เหล็กมีความเกี่ยวข้องกันอย่างแยกจากกันมิได้ ผลงานนี้ทำให้สถาบัน French Academy of Sciences มอบรางวัลเป็นเงิน 1,000 ฟรังก์ให้แก่ Ampere



ขดลวด solenoid ที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีความเข้มสม่ำเสมอ

ภายในขดลวด สนามแม่เหล็กจะมีความเข้มคงตัว

ภาพจาก commons.wikimedia.org

ถึงปี 1823 Ampere ได้เสนอผลงานอีกเรื่องหนึ่งที่สามารถอธิบายที่มาของสนามแม่เหล็ก โดยสมมติว่า ภายในแท่งแม่เหล็กมีกระแสไฟฟ้าที่ไหลวนเป็นวงกลมขนาดเล็กมากมาย ซึ่งกระแสเหล่านี้ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เสริมกันจนทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงมาก ดังจะเห็นได้จากเวลาแท่งแม่เหล็กดึงดูดผงตะไบเหล็ก ซึ่งแนวคิดนี้นับว่าถูกต้อง และ Ampere ได้พบก่อนที่โลกจะรู้จักอิเล็กตรอนในอีก 60 ปีต่อมา

เมื่ออายุ 52 ปี สุขภาพของ Ampère เริ่มทรุด จนทำให้ความพยายามจะทดลองวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องเป็นไปได้อย่างยากลำบาก ฐานะที่ยากจนทำให้ Ampere ต้องรับงานทุกรูปแบบ เช่น สอนพิเศษคณิตศาสตร์ และได้เริ่มสนใจปรัชญาของวิทยาศาสตร์

พัฒนาการชีวิตของ Ampère ในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ระดับสุดยอดของโลกได้รับผลกระทบจากเคราะห์กรรมต่างๆ ที่ Ampère ต้องเผชิญ และจากการที่มีความสนใจในศาสตร์หลายวิชา ตั้งแต่กลศาสตร์ (ทฤษฎีการเล่นว่าว) ดนตรี ดาราศาสตร์ ชีววิทยา และการสร้างเครื่องจักรกล จนไม่มีเวลาทุ่มเทให้กับการวิจัยด้านใดในระดับลึกเป็นพิเศษ เช่น ขณะกำลังพัฒนาวิชาไฟฟ้า Ampere ก็ยังครุ่นคิดเรื่องปรัชญา

วิทยาศาสตร์ แต่ Ampère เองกลับมิได้เห็นความผิดปกติของตนในการสนใจวิชาที่หลากหลายนี้ เพราะเชื่อว่า วิชาความรู้ทุกสาขามีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นเอกภาพ

ในช่วง 10 ปีสุดท้ายของชีวิต ความสนใจในการวิจัยวิทยาศาสตร์ของ Ampere ได้เริ่มลด และได้หันมาสนใจเรื่องฐานะทางการเงิน เพราะพี่สาวมีหนี้สินมาก และลูกชายใช้เงินมรดกที่ได้รับจากย่าไปท่องเที่ยวในต่างประเทศ เรื่องนี้ได้ทำให้พ่อและลูกต้องวิวาทกันบ่อย จนต้องแยกบ้านกันอยู่

เวลาทำงาน Ampere ชอบยืนหรือเดินคิด ไม่ชอบนั่งโต๊ะ ห้องทำงานของ Ampere มีประตูให้เพื่อนสามารถเข้าเยี่ยมได้ตลอดเวลา และก่อนเพื่อนจะกลับบ้าน Ampere มักจะท้าเล่นหมากรุก

ปัญหาหนี้สินของ Ampere ส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้เงินส่วนตัวซื้ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์มาทดลอง และความเครียดส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ทฤษฎีของตนไม่เป็นที่ยอมรับในฝรั่งเศส จะมีก็แต่ Joseph Fourier เท่านั้นที่สนับสนุน ยิ่งในต่างประเทศแล้วผลงานของ Ampere แทบไม่เป็นที่ยอมรับเลย

หลังปี 1829 Ampere ได้ล้มป่วยด้วยโรคข้ออักเสบ หลอดลมอักเสบ และโรคปอดบวม การผลิตผลงานวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ จึงยุติ และได้เดินทางไปพักฟื้นที่เมือง Marseille ถึงวันที่ 10 มิถุนายน ปี 1836 Ampere ได้ถึงแก่กรรมด้วยโรคปอดบวม สิริอายุ 61 ปี อัฐิถูกนำไปฝังที่วิหาร Montmartre และบ้านเกิดที่ Polémieux ก็ได้รับการดัดแปลงเป็นพิพิธภัณฑ์เพื่อแสดงผลงานกับชีวิตของปราชญ์ท่านนี้

การมีผลงานที่โดดเด่นด้านไฟฟ้า ชื่อ “Ampere” จึงถูกนำไปเป็นชื่อหน่วยวัดกระแสไฟฟ้า

นักเรียนทุกคนรู้ดีว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์กายภาพล้วนมีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องการวัด ซึ่งต้องวัดเป็นหน่วย โดยเฉพาะหน่วย SI (International System of Units) ที่เป็นหน่วยมาตรฐานสากล เช่น หน่วยวินาที ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นเวลาที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวน 9, 192, 631, 770 คลื่นถูกปล่อยออกมา เวลาอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ระหว่างระดับพลังงานสองระดับในอะตอม caesium-133 ขณะอยู่ในสถานะพื้นฐาน

แม้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างชนิดกันจะมีความถี่แตกต่างกัน แต่ทุกคลื่นก็เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน คือ เท่ากับความเร็วของแสงในสุญญากาศ ซึ่งมีค่า 299,792,458 เมตร/วินาที ดังนั้น หน่วยมาตรฐานของระยะทาง 1 เมตร ถูกกำหนดให้เป็นระยะทางที่แสงใช้ในการเดินทางในเวลา 1/299,792,458 วินาที

สำหรับในด้านไฟฟ้านั้น การวัดปริมาณต่าง ๆ ก็ต้องเปลี่ยนตามคำจำกัดความเดิม กระแส 1 แอมแปร์ คือ กระแสที่ไหลในเส้นลวดขนาน 2 เส้นที่มีความยาวอนันต์ (หาที่สุดไม่ได้) และลวดทั้งคู่อยู่ในสุญญากาศ เป็นลวดที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางน้อยมาก (คือแทบเป็นศูนย์) และถ้าเส้นลวดทั้งสองนี้อยู่ห่างกัน 1 เมตรจะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดเท่ากับ 2x10(-7) นิวตัน/ต่อลวดที่ยาวหนึ่งเมตร

การให้คำจำกัดความของกระแสแอมแปร์ในลักษณะนี้ทำให้ไม่มีใครคนใดในเอกภพสามารถสร้างกระแสมาตรฐาน 1 แอมแปร์ได้ เพราะไม่มีใครสามารถสร้างลวดที่ยาวไม่สิ้นสุด และมีรัศมีน้อยนิดจนแทบจะเป็นศูนย์ได้ นอกจากนี้เวลาอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปในเส้นลวด มันจะถูกแรงไฟฟ้าจากอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้เคียงผลัก ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในลวดจะไหลไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลทำให้ความแม่นยำในการวัดแรงระหว่างลวดมีค่าไม่คงตัว

ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงให้คำจำกัดความของกระแส 1 แอมแปร์ใหม่ โดยกำหนดให้ประจุของอิเล็กตรอนมีค่า 1.60217653x10(-19) คูลอมบ์ พอดิบพอดี จากนั้นคำจำกัดความของ 1 แอมแปร์ ก็จะเป็นว่ามีประจุ 1 คูลอมบ์เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งภายในเวลา 1 วินาที ความแม่นยำในการรู้จำนวนประจุที่เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งใน 1 วินาทีจึงเป็นตัวกำหนดความถูกต้องของกระแสหนึ่งแอมแปร์

ในรายงานการทดลองของ Hans Schumacher แห่ง Federal Institute of Physical and Technical Affairs ที่เมือง Braunschweig ในเยอรมนี เมื่อปี 2014 ซึ่งได้สร้างวิธีวัดกระแส 1 แอมแปร์ โดยใช้ปั๊มประจุที่ปล่อยอิเล็กตรอนออกมาทีละอนุภาคให้ทะลุทะลวงผ่านแผ่นฉนวนที่คั่นระหว่างชิ้นโลหะขนาดเล็ก ซึ่งวางเรียงกันอยู่ตามแนวยาว แล้วติดตามวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเหล่านี้ โดยการวัดจำนวนประจุ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ

เมื่อระบบมีกระแสไหลอย่างสม่ำเสมอ การเคลื่อนที่ของเหล่าอิเล็กตรอนจะมีสหสัมพันธ์กัน ทำให้ประจุที่ตำแหน่งหนึ่งเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความถี่ f

ดังนั้น ถ้าเรารู้ความถี่ f และประจุ e ของอิเล็กตรอน กระแส I ก็สามารถวัดได้จากสูตร $I = ef$

ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนใน 1 มิติทำให้กระแสที่ไหลมีความถี่ และถ้าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนมีค่าน้อย แรงผลักแบบคูลอมป์ระหว่างอิเล็กตรอนจะมีค่ามากกว่าความแปรปรวนแบบควอนตัมของมัน ดังนั้นอิเล็กตรอนจึงสามารถเคลื่อนที่เรียงตามคิวอย่างเป็นระเบียบ

นักฟิสิกส์เรียกโครงสร้างที่ประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเรียงกันเป็นระเบียบนี้ว่า ผลึก Wigner ดังนั้น การสามารถสร้างผลึก Wigner ในอุดมคติได้ จึงเป็นตัวกำหนดค่ามาตรฐานของ 1 แอมแปร์

ในปี 2018 ได้มีการประชุมขององค์การนานาชาติสากล International Bureau of Weights and Measures เพื่อตกลงเรื่องวิธีการหาค่า 1 แอมแปร์ที่ดีที่สุด เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในโลกวิทยาศาสตร์

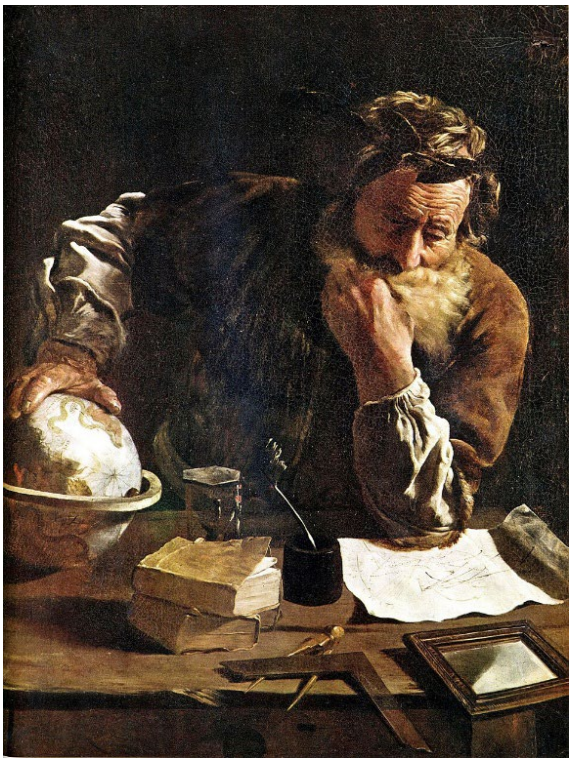
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Metrologia โดย M.J.T. Milton, R. Davis และ N. Fletcher ปี 2014

2. Duhem, Pierre Maurice Marie (9 September 2018). Ampère's Force Law: A Modern Introduction. Alan Aversa (trans.). doi:10.13140/RG.2.2.31100.03206/1 (inactive 21 October 2025). Retrieved 3 July 2019. (EPUB)

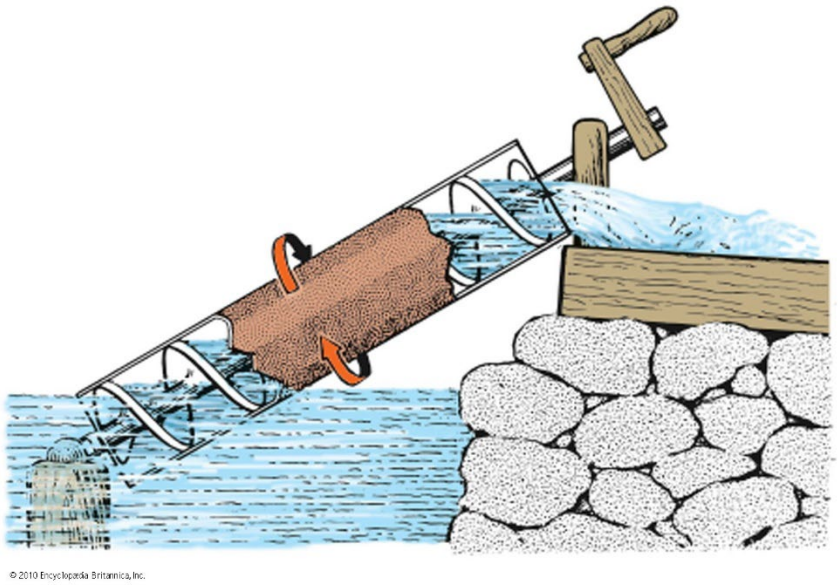
Archimedes (อาร์คิมิดีส)

ปราชญ์กรีกกับการวัดปริมาตรของวัตถุ ที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต



Archimedes ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในช่วงเวลาตั้งแต่ 264-146 ปีก่อนคริสตกาล อาณาจักรโรมันกับอาณาจักร Carthage (ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของทวีปแอฟริกา) ได้ทำสงครามกันสามครั้ง เพื่อแย่งชิงเกาะ Sardinia, เกาะ Corsica และเกาะ Sicily ที่ตั้งอยู่ในทะเล Mediterranean ในการทำสงครามครั้งที่สอง โลกก็ได้รู้จักนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสงคราม ผู้มีชื่อเสียงที่สุดในโลกโบราณ ซึ่งมีนามว่า Archimedes (287-212 ปีก่อนคริสตกาล) ผู้ถูกทหารในกองทัพของนายพล Marcellus (268–208 ปีก่อนคริสตกาล) สังหาร เมื่อ 212 ปีก่อนคริสตกาล โดยในเวลานั้น Archimedes มีอายุ 75 ปี



สกรูของ Archimedes (Archimedes’ screw) ภาพจาก Encyclopædia Britannica, Inc.

Archimedes เกิดที่เมือง Syracuse บนเกาะ Sicily บิดาชื่อ Phidias เป็นนักดาราศาสตร์แห่งราชสำนักในกษัตริย์ Hieron และพระโอรสนามว่า Gelon นักประวัติศาสตร์กรีก Diodorus Siculus ได้เขียนบันทึกชีวประวัติของ Archimedes ว่าในวัยหนุ่มเคยเดินทางไปศึกษาที่เมือง Alexandria ในอียิปต์ และขณะพำนักอยู่ที่นั่น Archimedes ประดิษฐ์สกรูที่มีรูปทรงเป็นเกลียว (Archimedes’ screw) ให้ชาวนาได้ใช้ทดน้ำเข้านา ตั้งแต่วันนั้นตราบจนวันนี้

นอกจากจะออกแบบก่อสร้างอุปกรณ์แล้ว Archimedes ยังได้เรียนรู้ดาราศาสตร์จากปราชญ์ Conon แห่งเกาะ Samos (280-220 ปีก่อนคริสตกาล) ซึ่งเป็นคนตั้งชื่อกลุ่มดาว Coma Berenices ตามพระนามของพระราชินี Berenice แห่งอียิปต์ ผู้ทรงมีพระเกศาที่สลวยงดงาม และ Eratosthenes แห่งเมือง Cyrene (276-194 ปีก่อนคริสตกาล) ซึ่งเป็นบุคคลแรกที่ได้พยายามวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก และเป็นผู้ที่พยากรณ์ว่า ภูเขาสูงที่สุดในโลก จะสูงไม่เกิน 1/8,000 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง

เมื่อเกิดสงคราม ในปี 213-212 ปีก่อนคริสตกาล กองทัพเรือโรมันได้บุกเข้าโจมตีเมือง Syracuse Archimedes ได้เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกของโลกที่ออกมาต่อสู้ป้องกันประเทศ ด้วยการเป็นทหาร โดยได้ประดิษฐ์อุปกรณ์เหวี่ยงก้อนหินหนักไปทำลายเรือข้าศึก และประดิษฐ์ระบบลูกรอกพวงที่สามารถดึงลากเรือ โดยใช้กำลังของคนเพียงไม่กี่คน ความชาญฉลาดของ Archimedes เช่นนี้ มีผลทำให้กองทัพของนายพล Marcellus ทำอะไรเมือง Syracuse ไม่ได้เลย จึงได้แต่ล้อมเมืองไว้ จนกระทั่งชาวเมืองประสบปัญหาอาหารขาดแคลน เมืองจึงได้แตกในที่สุด

ภาพวาดแสดงการจบชีวิตของ Archimedes ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อทหารบุกเข้าเมืองได้แล้ว Marcellus ได้สั่งทหารให้ค้นหา Archimedes แต่มิให้ฆ่า เพราะเห็นว่า Archimedes เป็นศัตรูคนสำคัญ แต่มีทหารคนหนึ่ง เมื่อได้เห็นชายชราท่าทางแก่เรียน กำลังขูด-ขีดรูปและแผนภาพคณิตศาสตร์บนชายหาด จึงเดินเข้าไปหา แต่ถูกชายชราตะโกนห้ามไม่ให้เข้ามารบกวนทหาร จึงบันดาลโทสะ แล้วใช้ดาบแทงชายชราคนนั้นจนเสียชีวิต

เมื่อ Marcellus ทราบเรื่อง ก็ได้จัดการฝังศพของ Archimedes อย่างสมเกียรติ โดยได้สร้างอนุสาวรีย์ประดับหลุมฝังศพ เป็นทรงกลมบรรจุอยู่ในภาชนะทรงกระบอก ที่

มีส่วนสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานทรงกระบอกที่ยาวเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมพอดี เพราะ Archimedes ได้เคยปรารภว่า การพบว่าปริมาตรของกระบอก/ปริมาตรของทรงกลม มีค่า 3/2 เป็นการค้นพบทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่สุดของเขา

อีก 150 ปีต่อมา เมื่อ Cicero (79 ปีก่อนคริสตกาล-ค.ศ.31) ซึ่งเป็นรัฐบุรุษชาวโรมันได้เห็นสภาพทรุดโทรมของหลุมฝังศพ จึงสั่งให้บูรณะ แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานถึง 2,000 ปี หลุมฝังศพก็ได้สาบสูญไปอีก ตราบจนวันนี้ก็ไม่มีใครรู้ว่าหลุมฝังศพที่แท้จริงของ Archimedes อยู่ ณ ที่ใด

ผลงานกลศาสตร์ที่สำคัญ ๆ ของ Archimedes มีมากมาย เช่น ได้พบหลักการทำงานของคาน โดยได้พบว่า ถ้าแขนความพยายามมีค่ามาก แรงที่ใช้ยกน้ำหนักจะมีค่าน้อย แล้ว Archimedes ก็ได้ทูลกษัตริย์ Hieron ว่า ถ้ามีใครหาที่ให้เขายืนอยู่นอกโลกได้ เขาก็จะสามารถใช้คานยาวยกโลกทั้งใบได้

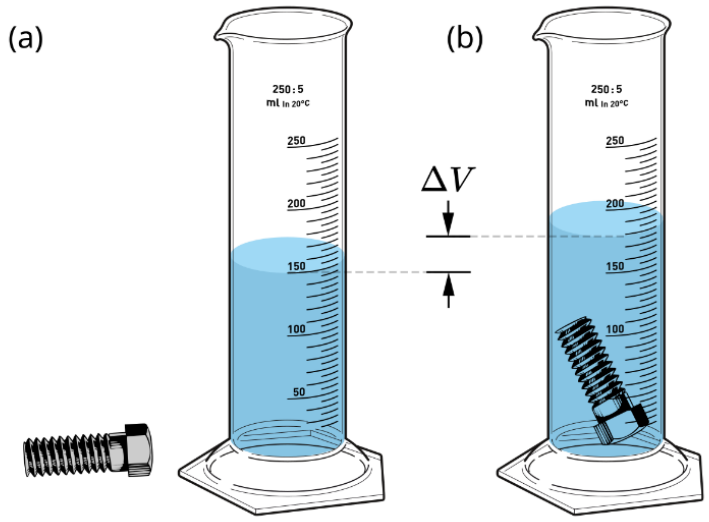
Archimedes ยังพบวิธีหาจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นกระดานรูป parabola, รูปครึ่งวงกลม, รูปครึ่งทรงกลม และรูปกรวยด้วย

แต่การค้นพบที่สำคัญที่สุดในทางกลศาสตร์ของ Archimedes คือ การพบแรงพยุง (buoyancy force) ที่ทำให้วัตถุในน้ำมีน้ำหนักน้อยลง เวลานำไปชั่งในของไหล (ซึ่งอาจจะเป็นน้ำหรืออากาศ) โดยแรงพยุงนี้มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่มีปริมาตรเท่าวัตถุที่จมอยู่ในของไหลนั้น

ตำนานเกี่ยวกับการพบกฎแรงพยุงมีว่า กษัตริย์ Hieron ทรงมอบทองคำบริสุทธิ์ให้ช่างทำมงกุฎมาถวาย เมื่องานสำเร็จลุล่วง ได้มีการกล่าวหาว่า ช่างได้ยักยอกทองคำส่วนหนึ่งไป แล้วนำโลหะเงินที่มีน้ำหนักเท่ากับทองคำมาใส่แทน

กษัตริย์ Hieron จึงทรงโปรดให้ Archimedes ตรวจสอบข้อกล่าวหานี้

Archimedes ได้ครุ่นคิดหาวิธีตรวจสอบตามที่ได้รับมอบหมาย เพราะรู้ดีว่าทองคำมีความหนาแน่นมากกว่าเงิน ดังนั้นถ้าโลหะทั้งสองชนิดมีน้ำหนักเท่ากัน มงกุฎที่มีทองคำปนเงิน จะต้องมีปริมาตรมากกว่ามงกุฎที่ทำด้วยทองคำบริสุทธิ์



การหาปริมาตรของวัตถุที่คำนวณปริมาตรไม่ได้ โดยใช้วิธีการแทนที่น้ำ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ปัญหาที่ตามมา คือ เขาจะมีวิธีหาปริมาตรของมงกุฎได้อย่างไร โดยไม่หลอมมงกุฎที่มีราคาแพงและมีรูปร่างซับซ้อน จนไม่มีสูตรคณิตศาสตร์ใด ๆ จะใช้คำนวณหาปริมาตรของมงกุฎได้

วันหนึ่ง ขณะ Archimedes เดินไปอาบน้ำในที่สาธารณะ ซึ่งมีอ่างบรรจุน้ำเต็ม ขณะเขาก้าวเท้าลงไปในอ่าง ก็ได้พบว่าน้ำจะล้นออกจากอ่าง เมื่อรู้ว่าปริมาตรของน้ำที่ล้นออกนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรของตัว Archimedes ที่จมน้ำอยู่

Archimedes ก็ตระหนักว่า ได้พบวิธีวัดปริมาตรของวัตถุรูปทรงใด ๆ ได้ โดยนำวัตถุนั้นมาแทนที่น้ำ แล้ววัดปริมาตรของน้ำ Archimedes ก็รู้สึกดีใจมาก จนถึงกับร้องตะโกนออกมาว่า “Eureka” ซึ่งแปลว่า “ข้าได้พบความจริงแล้ว”

ผลที่ตามมา คือ Archimedes รู้ปริมาตรของมงกุฎที่ทำด้วยทองคำบริสุทธิ์ ว่ามีค่าน้อยกว่าปริมาตรของมงกุฎทองคำที่ผสมด้วยเงิน

การค้นพบนี้จึงแสดงให้เห็นว่า ช่างมงกุฎได้ยักยอกทองคำไปส่วนหนึ่งจริง และการค้นพบของ Archimedes ยังเป็นวิธีที่เราทุกคน ณ วันนี้ใช้ในการหาปริมาตรของวัตถุที่มิได้มีรูปทรงเรขาคณิต และการค้นพบนี้อาจแสดงได้ในรูปของแรงพยุงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนักน้อยลงเวลาเรานำวัตถุนั้นไปชั่งในของเหลว คือ แรงพยุงสามารถคำนวณหาค่าได้จากน้ำหนักของ ๆ เหลวที่มีปริมาตรเท่าวัตถุ

แม้ Archimedes จะเสียชีวิตไปนานร่วม 2,000 ปีก็ตาม ผลงานของเขาก็ยังปรากฏให้โลกเห็นจนทุกวันนี้ ในเอกสาร palimpsest ซึ่งเป็นจารึกทางวิชาการบนแผ่นกระดาษที่ถูกเขียนทับคำจารึกทางศาสนา

เมื่อครั้งที่กรุง Constantinople แตกในปี 1204 โดยพลังของกองทัพครูเสด (Crusade) ในสงครามศาสนา ต้นฉบับของตำราที่เขียนโดยศิษย์ของ Archimedes ได้ถูกนำไปยังดินแดน Palestine ในตะวันออกกลาง และถูกเขียนทับด้วยคำสอนในคริสต์ศาสนา เพราะในสมัยนั้น กระดาษเป็นของมีค่าที่หายาก ดังนั้นจึงต้องมีการประหยัดกระดาษ และนี่คือที่มาของเอกสารที่เรียกว่า palimpsest

ตำราของ Archimedes ที่พบเมื่อปี 1906 ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี 1899 เมื่อนักประวัติศาสตร์ชื่อ Johan Heiberg (1791–1860) ได้พบเอกสาร palimpsest เขาได้ถ่ายภาพเอกสารในปี 1906 และได้เห็นลายมือเลือนลางที่เขียนเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ของ Archimedes

ในวันที่ 16 กรกฎาคม ปี 1907 หนังสือพิมพ์ The New York Times ได้รายงานข่าวการค้นพบนี้ ซึ่งได้ทำให้วงการประวัติศาสตร์และวงการวิชาการตื่นเต้นมาก

หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้รังสีเอกซ์ รังสีอินฟราเรด และแสงธรรมชาติ ถ่ายภาพลายมือในเอกสาร แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อความดั้งเดิมที่ปรากฏอยู่บนจารึก โลกจึงรู้ว่า ตำราของ Archimedes ได้บันทึกความรู้ของ Archimedes ว่า มีเนื้อหาอะไรบ้าง

อ่านเพิ่มเติม

1. “How Much Does ‘Nothing’ Weigh?” โดย Manon Bischoff ใน scientificamerican ฉบับเดือนพฤษภาคม 2023

2. Powers, J. (2020). "Did Archimedes do calculus?" (PDF). maa.org. Retrieved 14 April 2021.

Arthur Ashkin (อาเทอร์ แอชคิน)
Gérard Mourou (เจอราร์ด มูรู)
Donna Strickland (ดอนนา สตริกแลนด์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2018: จากการประดิษฐ์คีมแสง (optical tweezer) และเลเซอร์ความเข้มซูเปอร์สูง

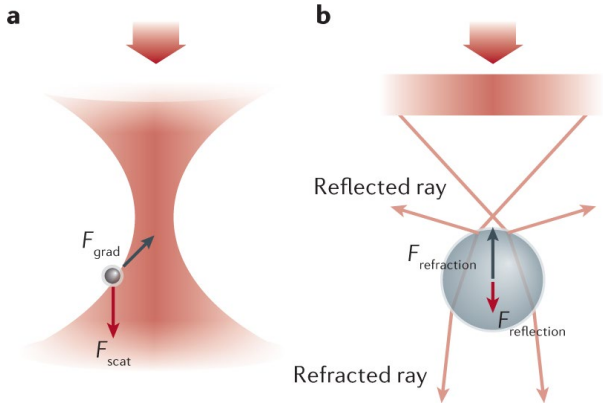
Arthur Ashkin, Gérard Mourou และ Donna Strickland (ตามลำดับ)

ภาพจาก www.voathai.com

ทุกปีจะมีการมอบรางวัลโนเบลฟิสิกส์ให้แก่ผู้ที่พบปรากฏการณ์สำคัญ หรือเสนอทฤษฎีที่สามารถอธิบายเหตุการณ์ทางกายภาพ หรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ อันเป็นประโยชน์ต่อวงการวิทยาศาสตร์หรือสังคม ดังจะเห็นได้จากรางวัลโนเบลที่มอบให้แก่ผู้พบคลื่นโน้มถ่วง และผู้พบอนุภาคพระเจ้า (Higgs boson) ซึ่งคนนอกวงการฟิสิกส์แทบไม่มีใครรู้ว่า สิ่งเหล่านั้นมีความสำคัญเพียงใด แต่ในกรณีการมอบรางวัลโนเบลให้แก่ผู้ที่พัฒนาหลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) สังคมก็ตระหนักได้ในทันทีว่ามีประโยชน์ต่อมนุษยชาติ เพราะมันช่วยประหยัดไฟ ลดปัญหาภาวะโลกร้อน และให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพเหนือกว่าหลอดไฟธรรมดามาก

สำหรับปี 2018 รางวัลโนเบลฟิสิกส์ได้ตกเป็นของผลงานที่ได้พัฒนาแสงเลเซอร์ให้เป็นอุปกรณ์สองรูปแบบ คือ เป็นคีมใช้หนีบจับยึดอนุภาคเล็กระดับไมครอน (10^{-6} เมตร) ซึ่งรวมถึงเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เชื้อโรคและไวรัสให้อยู่นิ่ง หรือจับเคลื่อนย้ายมันไปสู่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อให้นักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาธรรมชาติของวัตถุได้อย่างใกล้ชิดเป็นเวลานาน ๆ

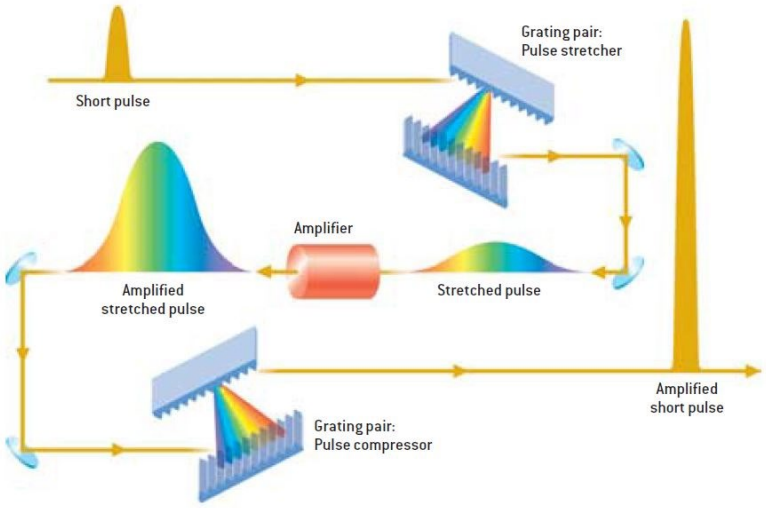
และอีกรูปแบบหนึ่งเป็นผลงานที่สามารถสร้างห้องแสงเลเซอร์ (pulse) ที่มีพลังงานสูงมาก เพื่อใช้ในการผ่าตัดตา และวิเคราะห์ปฏิกิริยา fusion รวมถึงสามารถถ่ายภาพปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 10^{-15} วินาทีได้



แผนภาพแสดงการทำงานของคีมแสง (optical tweezer)

ภาพจาก www.nature.com

คณะกรรมการรางวัลโนเบลฟิสิกส์ได้ประกาศว่า เจ้าของรางวัลครึ่งหนึ่ง คือ Arthur Ashkin วัย 96 ปี จากผลงานประดิษฐ์ คีมแสง (optical tweezer) ที่ใช้หนีบแบคทีเรีย โปรตีน และอะตอมให้อยู่นิ่ง หรือให้เคลื่อนที่ไปในทิศที่ประสงค์ นี่เป็นผลงานที่ Ashkin ได้ทำมาตั้งแต่ปี 1986 ที่ห้องปฏิบัติการ Bell Laboratories ในอเมริกา การต้องคอยนานถึง 32 ปี ทำให้ Ashkin เป็นผู้มีอาวุโสมากที่สุดคนหนึ่งในประวัติศาสตร์การได้รับรางวัลโนเบล



แผนภาพแสดงการทำงานของอุปกรณ์ CPA (Chirped Pulse Amplification)

ภาพจาก ttps://cuos.engin.umich.edu

ส่วนอีกครึ่งหนึ่งของรางวัลตกเป็นของ Gerard Mourou วัย 74 ปีแห่งสถาบัน Ecole Polytechnique ในฝรั่งเศสกับ Donna Strickland วัย 59 ปี แห่งมหาวิทยาลัย Waterloo ในแคนาดา จากการสร้างเทคโนโลยี CPA (Chirped Pulse Amplification) ที่ใช้เพิ่มความเข้มของห้วงแสง (pulse) ให้สูงมหาศาล เพื่อรักษามะเร็ง เชื่อมตัดแผ่นเหล็กหนา และใช้ในการสร้างสสารเฟสใหม่ คือ Bose-Einstein Condensate (BEC) ซึ่งเป็นสสารควอนตัมมีอุณหภูมิต่ำถึง 10^{-9} องศาเคลวินได้

ประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับ Donna Stickland คือ เธอเป็นสตรีคนที่สามที่ได้รับ 1/4 ของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ หลังจาก Madam Marie Curie ได้รับ 1/4 ของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ในปี 1903 จากผลงานการศึกษาธรรมชาติของกัมมันตรังสี และได้รับรางวัลโนเบลเคมีเพียงคนเดียว เมื่อปี 1911 จากการพบเรเดียม ส่วนสตรีคนที่สอง คือ Maria Goeppert Mayer ซึ่งได้รับ 1/4 ของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1963 จากการเสนอทฤษฎี Nuclear Shell Model ซึ่งเกี่ยวกับโครงสร้างของนิวเคลียสในอะตอม เพื่ออธิบายสมบัติทางกายภาพของนิวเคลียสว่าเกิดจากอันตรกริยาระหว่าง spin และโมเมนตัมเชิงมุมของ

บรรดานิวคลีออนในนิวเคลียส และเป็นทฤษฎีหลักที่นักฟิสิกส์ใช้เวลาต้องการสร้างธาตุใหม่

ส่วนสถิติการมอบรางวัลโนเบลฟิสิกส์ตั้งแต่ปี 1901 จนถึง 2018 มีผู้ชายได้รับรางวัล 206 คน และผู้หญิงได้รับ 3 คน ซึ่งเป็นเพียง 0.014% ของผู้ชาย นั่นคือถ้าผู้ชายได้รับรางวัล 1,000 คน จะมีผู้หญิงที่ได้รางวัลโนเบลฟิสิกส์เพียง 14 คนเท่านั้นเอง

ตลอดเวลาร่วม 120 ปี มีสตรีนักฟิสิกส์หลายคนที่สมควรจะได้รับ แต่ไม่ได้ เพราะถูกสังคมวิชาการกีดกัน และเข้าใจผิดที่คิดว่า ผู้หญิงไม่มีความสามารถทัดเทียมผู้ชาย แม้แต่ Madam Curie เองก็เคยถูกกล่าวหาว่า “เกาะ” สามี Pierre Curie เธอจึงต้องพิสูจน์ โดยทำงานวิจัยคนเดียว จนได้พบธาตุ radium

ด้าน Lise Meitner ชาวเยอรมัน ก็เป็นนักฟิสิกส์สตรีอีกคนหนึ่งที่สมควรได้รับรางวัลฟิสิกส์จากการได้อธิบายปรากฏการณ์แบ่งแยกนิวเคลียสของ U-235 เวลาถูกยิงด้วยอนุภาคนิวตรอนที่มีความเร็วต่ำ ซึ่งจะแยกตัวออกเป็นนิวเคลียสของ barium กับ krypton เรียกปรากฏการณ์ fission ที่ใช้สร้างระเบิดปรมาณู และให้พลังงานในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ทั้ง ๆ ที่ Otto Hahn เป็นผู้ที่เห็นเหตุการณ์นี้เป็นคนแรก แต่ไม่สามารถอธิบายได้ ครั้นเมื่อมีการประกาศรางวัลโนเบลเคมีปรากฏว่า Hahn ได้รับรางวัลแต่เพียงผู้เดียว และ Meitner ไม่ได้ เพราะเธอเป็นผู้หญิง อีกทั้งมีเชื้อชาติยิวด้วย

สตรีคนที่สองที่พลาดรางวัลโนเบลฟิสิกส์ คือ Madam C.S. Wu ผู้ได้ทดลองพบว่า เวลาธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวที่ให้รังสีบีตา (อนุภาคอิเล็กตรอน) โดยอาศัยอันตรกริยาอ่อน (weak interaction) เหตุการณ์นี้จะขาดสมบัติของสมมาตร parity เพราะอิเล็กตรอนที่ออกมาจากการสลายตัวจะมี spin ชี้ทิศขึ้นในจำนวนไม่เท่ากับ spin ที่ชี้ทิศลง นี่เป็นการค้นพบที่สำคัญมาก สำหรับทฤษฎีฟิสิกส์ของอนุภาคมูลฐาน ผลการทดลอง

ของเธอได้ยืนยันว่าทฤษฎีของ Tsung-Dao Lee กับ Chen Ning Yang ถูกต้อง แต่เมื่อถึงเวลาตัดสิน ปรากฏว่า Lee กับ Yang ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1957 แต่เธอไม่ได้รับรางวัล เพราะเป็นผู้หญิง และมีเชื้อชาติจีน

สตรีคนที่สามที่พลาดรางวัลโนเบลฟิสิกส์คือ Jocelyn Bell ผู้ได้สังเกตเห็นห้วงคลื่นวิทยุจากอวกาศที่ถูกส่งมาอย่างสม่ำเสมอ แต่เธอไม่เข้าใจที่มาของสัญญาณว่าเกิดจากสาเหตุใด และถูกส่งโดยใคร จึงนำข้อมูลไปรายงานอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของเธอ เมื่อ Anthony Hewish ได้วิเคราะห์สัญญาณ ก็พบว่า ต้นกำเนิดของห้องสัญญาณคือ ดาวนิวตรอนที่ส่งมาในทุก 1.33730113 วินาที คำอธิบายของ Hewish ทำให้เขาได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1974 แต่ Bell ไม่ได้ เพราะเธอเป็นเพียงนิสิตหญิงที่กำลังทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก

เหตุการณ์ทำนองเดียวกันนี้ได้เกิดขึ้นกับนิสิต Donna Strickland และอาจารย์ที่ปรึกษา Gerard Mourou แต่ผลกลับไม่เหมือนกันเลย เพราะ Donna โชคดีที่เธอเกิดในยุค Metoo จึงได้รับ 1/4 ของรางวัลโนเบลฟิกส์

ภัทรพล ธนลิขิต (ซ้าย) กับ Donna Strickland (ขวา) ภาพจาก ภัทรพล ธนลิขิต

ตั้งแต่ที่มีการจัดตั้งรางวัลโนเบล เมื่อปี 1901 จนถึงปี 2018 สำหรับรางวัลโนเบลทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้แก่ เคมี สรีรวิทยา หรือแพทย์ศาสตร์ และฟิสิกส์ ได้มีนักวิทย์ผู้ชายที่ได้รับรางวัลรวมทั้งสิ้น 609 คน เป็นผู้หญิงมีเพียง 20 คน ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ ในสาขาเคมี ผู้ชายที่ได้รับรางวัลมี 204 คน ผู้หญิง 5 คน สาขาแพทย์มีผู้ชายรับรางวัล 199 คน ผู้หญิง 12 คน และสาขาฟิสิกส์มีผู้ชายรับ 206 คน ผู้หญิง 3 คน ความไม่สมดุลทางเพศ (100:3) ทำให้คณะกรรมการรางวัลโนเบลได้ขอร้องให้มีการเสนอชื่อบุคคลโดยคำนึงถึงสมดุลทางเพศ ชาติ และหัวข้อวิจัยเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการให้รางวัลด้วย ตั้งแต่ปี 2019 เป็นต้นไป

สิ่งประดิษฐ์คีมที่ทำด้วยแสง (optical tweezer) ของ Ashkin ใช้หลักการว่า แสง (อัลตราไวโอเลต, แสงที่ตาเห็น, อินฟราเรด, รังสีเอ็กซ์ และรังสีแกมมา) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า โดยมีแอมพลิจูด (amplitude) กว้างแล้วลดลงจนหมด จากนั้นสนามก็กลับทิศ ด้วยเหตุนี้ถ้าเราสามารถควบคุมสนามได้ ทั้งในประเด็นทิศและแอมพลิจูด เราก็จะสามารถเปลี่ยนอันตรกริยาระหว่างคลื่นกับสสารได้ และนี่ก็คือเทคนิคที่ Ashkin คิดได้เป็นคนแรก โดยได้ใช้วัสดุโปร่งใสเป็นเม็ดพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 10^{-6} เมตร โดยเม็ดพลาสติกมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า (คือมีประจุบวกและลบเท่ากัน) ดังนั้นเวลาเม็ดพลาสติกถูกสนามไฟฟ้าที่มีในแสงกระทำประจุบวกในเม็ดจะแยกไปทางทิศหนึ่ง และประจุลบก็จะแยกตัวไปอีกทางทิศหนึ่ง เม็ดพลาสติกจึงมีสภาพเป็นขั้วคู่ไฟฟ้า (electric dipole)

สำหรับลำแสงเลเซอร์ตามปกติ ความเข้มของแสงที่บริเวณส่วนกลางของลำแสงจะมีค่ามากที่สุด และจะมีความเข้มน้อยที่บริเวณขอบของลำแสง อันตรกริยาระหว่างสนามไฟฟ้าที่มีค่าไม่สม่ำเสมอนี้จะทำให้เกิดแรงที่มีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของลำแสง ถ้าลำแสงมีความสมมาตร แรงลัพธ์ที่กระทำต่อเม็ดพลาสติกก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งมีผล

ทำให้เม็ดพลาสติกอยู่นิ่ง ดังนั้นถ้ามีการเลื่อนลำแสง เม็ดพลาสติกจะถูกเลื่อนตามไปด้วย เสมือนมันถูกหนีบโดยคีมแสงนั้น

ในการทดลองเบื้องต้น Ashkin ได้นำเม็ดพลาสติกทรงกลมไปติดที่ปลายข้างหนึ่งของโมเลกุล DNA เมื่อเม็ดพลาสติกถูกเลื่อน โมเลกุลทำ DNA ก็จะยืดตัวออก การยืดของโมเลกุลทำให้นักชีววิทยารู้สมบัติเชิงกลของ DNA และรู้ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง DNA กับสภาพแวดล้อม

ในปี 1987 Ashkin ได้ใช้คีมแสงยึดแบคทีเรียให้อยู่นิ่ง โดยมันไม่เป็นอันตราย ปัจจุบันนี้นักชีววิทยาใช้คีมแสงสังเกตดูการทำงานของ organelle ในเซลล์ และแพทย์ใช้แยกเซลล์ดีออกจากเซลล์ติดเชื้อ

ความจริง Ashkin น่าจะได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ตั้งแต่ปี 1997 เพราะเขากับ Steven Chu ได้พัฒนาเทคโนโลยี laser cooling ที่ใช้ทำให้อะตอมมีความเร็วน้อยลง ๆ ด้วยแสงเลเซอร์ ดังนั้นเมื่อความเร็วของอะตอมลดลง อุณหภูมิของอะตอมก็ลดลงตาม เทคนิคนี้สามารถทำให้อุณหภูมิของอะตอมลดถึง 10^{-9} องศาเคลวินได้ จึงทำให้เกิดสสารชนิดใหม่ คือ สารควบแน่น Bose-Einstein Condensate แต่ Ashkin ไม่ได้รับรางวัล เพราะ Chu ได้รับรางวัลโนเบลร่วมกับ William Philips และ Claude Cohen-Tannoudji ครบ 3 คนแล้ว ดังนั้น Ashkin จึงเป็นส่วนเกิน แต่อีก 20 ปีต่อมา ความผิดหวังก็ได้กลายเป็นความสมหวัง แม้ในงานมอบรางวัลโนเบล Ashkin จะเดินทางไปรับด้วยตนเองไม่ได้ เพราะมีอายุมากแล้ว แต่ Chu ก็ได้รับเชิญไปร่วมเป็นสักขีพยานแทน

ด้าน Mourou กับ Strickland ได้คิดสร้างเทคนิค CPA เพราะรู้ว่า ในบางโอกาส และในบางสถานการณ์ นักฟิสิกส์ต้องการใช้ห้วงแสงเลเซอร์ที่มีกำลังสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ และได้พบว่า ถ้าความเข้มของแสงเพิ่มมากจนเกินไป ในที่สุดตัวกลางที่แสงเคลื่อนที่ผ่าน

จะถูกทำลาย ดังนั้นก่อนที่ Mourou กับ Strickland จะพัฒนา CPA ขึ้นมา ความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ผลิตได้จึงมีค่าจำกัด ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในเตาปฏิกรณ์ fusion หรือถ่ายภาพปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเวลาสั้นระดับ 10^{-15} วินาทีได้ รวมถึงไม่สามารถจะเห็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในอะตอมได้ ฯลฯ

ในการเอาชนะข้อจำกัดนี้ ในปี 1985 Strickland ซึ่งเป็นนิสิตปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Rochester ในอเมริกา ซึ่งมี Mourou เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาจึงได้เสนอวิธีก้าวข้ามอุปสรรค โดยการแยกแสงเลเซอร์ห้วงสั้นออกตามความถี่ โดยใช้ปริซึม เส้นใยนำแสง กระจก และเกรตติง (grating) เป็น pulse ย่อย ๆ แล้วทำให้ pulse ย่อยมีความยาวคลื่นมากขึ้น โดยใช้ amplifier ครั้นเมื่อแอมพลิจูดของคลื่นลด กำลังของ pulse ก็จะลดด้วย จากนั้นก็เพิ่มแอมพลิจูด โดยใช้ amplifier แล้วรวม pulse ย่อยที่มีแอมพลิจูดมากนี้ เป็น pulse สั้นเดียว ความเข้มของ pulse จึงเพิ่มตามที่ต้องการ

พัลส์ของแสงที่คนทั้งสองใช้มีความยาวคลื่นระดับ micrometer (10^{-6}) เมตร และมีกำลังระดับ 10^{22} วัตต์/ตารางเมตร จึงมีประโยชน์มากในการทำศัลยกรรมตา เพราะทำให้คนทั้งโลกไม่จำเป็นต้องใช้แว่น งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยชิ้นแรกของ Strickland ที่ทำให้เธอได้รับปริญญาเอก และได้รับรางวัลโนเบลด้วย ขณะมีการประกาศผลว่าเธอมีตำแหน่งวิชาการเป็นแค่รองศาสตราจารย์ อธิบการบดีของมหาวิทยาลัย Waterloo ได้เข้ามาชี้แจงว่า ตั้งแต่วันนี้เป็นต้นไป เธอคงไม่ต้องส่งเอกสารเพื่อเข้ารับการประเมินผลให้เป็นศาสตราจารย์มากเหมือนคนอื่น แต่โลกก็มีข้อสังเกตอีกประการหนึ่งว่า คุณภาพของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Rochester ให้นั้น มีระดับสูงมาก คือ ถ้าใครจบจากที่นี่ได้ ก็อาจจะได้รับรางวัลโนเบล

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Acceleration and Trapping of Particles by Radiation Pressure โดย A. Ashkin ใน Physical Review Letters ฉบับที่ 24 วันที่ 26 มกราคม ปี 1970

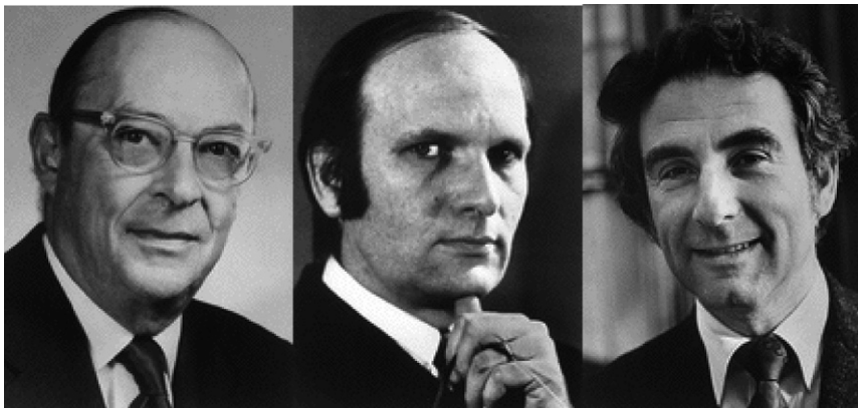
2. Popmintchev, Dimitar; Wang, Siyang; Xiaoshi, Zhang; Stoev, Ventzislav; Popmintchev, Tenio (2020-08-30). "Theory of the Chromatic Dispersion, Revisited". arXiv:2011.00066 [physics.optics].

John Bardeen (จอห์น บาร์ดีน)
Walter Brattain (วอลเตอร์ แบรตเทน)
William Shockley (วิลเลียม ชอกลีย์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1956 จากผลงานการสร้างทรานซิสเตอร์

John Bardeen ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อ John Bardeen เสียชีวิตในวันที่ 30 มกราคม ปี 1991 วันนี้นับเป็นวันที่โลกได้สูญเสียนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดคนหนึ่ง เพราะ Bardeen เป็นผู้ที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ถึง 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกในปี 1956 จากการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ โดยได้รับร่วมกับ Walther Brattain และ William Shockley ส่วนครั้งที่สอง จากผลงานการสร้างทฤษฎีที่ใช้อธิบายสภาพนำยวดยิ่ง โดยรับร่วมกับ Leon Cooper และ Robert Schrieffer ในปี 1972 และผลงานทั้งสองนี้ได้ปฏิรูปโลกเทคโนโลยีและโลกวิทยาศาสตร์อย่างมหาศาล



John Bardeen, Robert Schrieffer และ Leon Cooper (ตามลำดับ)

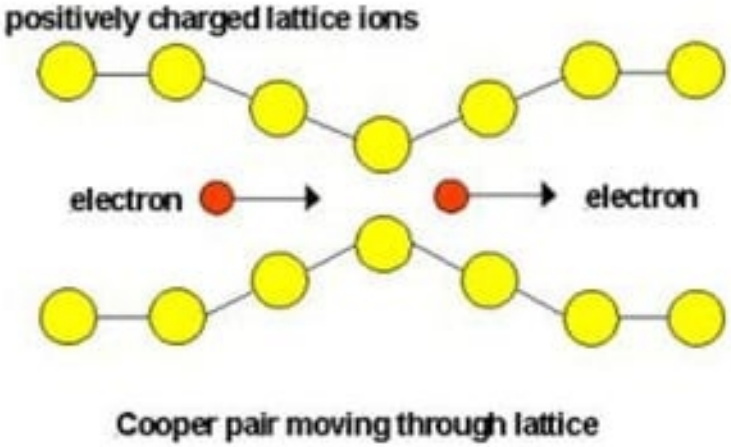
ภาพจาก www.researchgate.net

แม้ผลงานการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์แบบ point-contact จะแสดงการทำงานอย่างได้ผลดี แต่ในเวลาต่อมาผลงานของ Bardeen กับ Brattain ที่ทำไป ได้ถูกแทนที่โดยทรานซิสเตอร์แบบ junction ที่ Shockley ออกแบบ ความสำคัญของงานที่ Bardeen ทำคือ ได้เน้นให้เห็นความสำคัญเป็นครั้งแรกของพาหะส่วนน้อย (minority carrier) ในสารกึ่งตัวนำ และงานนี้ได้ถูกนำไปพัฒนาต่อทำให้โลกมีธุรกิจ อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์จนตราบวันนี้

John Bardeen, William Shockley กับ Walter Brattain (ตามลำดับ)

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ส่วนผลงานชิ้นที่สองนั้นเกิดจากความต้องการของ Bardeen ที่จะเข้าใจสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์สภาพนำยวดยิ่ง ที่ Kamerlingh Onnes พบเมื่อปี 1911 (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1913) แต่ยังไม่มีใครสามารถอธิบายต้นเหตุการเกิดปรากฏการณ์นี้ได้ครั้นเมื่อ Herbert Frohlich เสนอกลไกที่อิเล็กตรอนสองอนุภาคในของแข็งใช้ ทำให้สามารถดึงดูดกันได้ โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนอนุภาค phonon กัน ทฤษฎีของ Frohlich ได้พยากรณ์ว่าอุณหภูมิวิกฤติของสารตัวนำยวดยิ่งขึ้นกับมวลไอโซโทปของสารตัวนำยวดยิ่ง ในเวลาต่อมาคำทำนายนี้ได้รับการยืนยันว่าถูกต้องโดยการทดลองของ B. Serin กับ E. Maxwell Bardeen กับศิษย์จึงเสนอทฤษฎีของสภาพนำยวดยิ่งโดยใช้กลไกของ Frohlich แต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของตัวนำยวดยิ่งได้ดี



การเกิด Cooper pair ที่อิเล็กตรอนสองอนุภาคดึงดูดกัน โดยอาศัยการสั่นไหวของ lattice

ภาพจาก i.sstatic.net

ลุถึงปี 1956 Leon N. Cooper ซึ่งเป็นนักวิจัยหลังปริญญาเอกได้เดินทางมาทำงานวิจัยร่วมกับ Bardeen ที่มหาวิทยาลัย Illinois ที่ Urbana, Champaign และได้พบว่า การจับคู่ของอิเล็กตรอนซึ่งในเวลาต่อมาเรียกคู่ของคูเปอร์ (Cooper pair) ในตัวนำยวดยิ่งจะทำให้ระบบอยู่ในภาวะไม่เสถียร

J. Bardee, L. Cooper และ R. Schrieffer (ซึ่งคนหลังสุดในเวลานั้นเป็นนิสิตปริญญาเอก) จึงได้พัฒนาแนวคิดนี้ต่อ เพื่อสร้างทฤษฎี BCS แล้วส่งไปตีพิมพ์ในวารสาร Physical Review ผลงานที่มีความยาว 30 หน้า ใช้คณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนมาก แต่แทบไม่มีที่ผิดเลย ในเวลาต่อมา BCS ก็ได้รับการพัฒนาให้เป็นที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยใช้คณิตศาสตร์การแปลงของ Bogoliubov–Valatin

แม้ว่าทฤษฎี BCS จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแม่เหล็กที่ให้ความเข้มของสนามค่อนข้างสูงและสร้างอุปกรณ์ที่มีระบบร่อยต่อแบบ Josephson ในโลกอุตสาหกรรม ความสำคัญและผลกระทบของงานชิ้นนี้ก็นับว่ายังไม่ยิ่งใหญ่เท่าทรานซิสเตอร์ แต่ถ้าจะพิจารณาแนวคิดฟิสิกส์ที่โดดเด่น คือ การจับคู่ หาร้ามิเตอร์และพารามิเตอร์ของความเป็นระเบียบ (order parameter) หรือ off-diagonal, long-range order และ symmetry breaking แล้วทฤษฎี BCS นับเป็นทฤษฎีบุกเบิกที่มีความสำคัญมากที่สุดทฤษฎีหนึ่งของฟิสิกส์

ตากปกติ Bardeen เป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎีที่สามารถมองเห็นแก่นแท้ของปัญหาได้อย่างทะลุปรุโปร่ง และมักเพิกเฉยส่วนที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อย ดังนั้น เวลาสร้างทฤษฎี Bardeen จะคิดแบบจำลองอย่างง่าย ๆ ก่อน เช่นให้อันตรกริยาระหว่างอิเล็กตรอนในคู่ Cooper มีค่าคงตัว และนำเทคนิคคณิตศาสตร์ที่ง่ายที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา ในเวลาเดียวกันก็จะเสนอแนะโจทย์ให้นักทดลองทำ เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีด้วย

Bardeen เกิดเมื่อปี 1908 ที่เมือง Madison ในรัฐ Wisconsin สหรัฐอเมริกา บิดาเป็นคณบดีแพทยศาสตร์ Bardeen ได้เข้าศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย Wisconsin และได้ไปฝึกงานด้านธรณีฟิสิกส์ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท Gulf Research Laboratories หลังจากนั้นได้เปลี่ยนความสนใจจากวิศวกรรมศาสตร์

มาเป็นคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ในระดับปริญญาเอกที่ Institute for Advanced Studies ที่ Princeton โดยทำวิทยานิพนธ์เรื่องฟังก์ชันงานในโลหะ

หลังสงครามโลกครั้งที่สอง Bardeen ได้ไปทำงานที่ห้องปฏิบัติการ Bell Telephone Labs และได้สร้างทรานซิสเตอร์เครื่องแรกของโลกที่นั่น ต่อมาได้ย้ายไปสอนที่มหาวิทยาลัย Illinois ในตำแหน่งศาสตราจารย์วิศวกรรมไฟฟ้าและฟิสิกส์ และครองตำแหน่งนี้จนกระทั่งเกษียณ

นอกเหนือจากรางวัลโนเบลที่ได้รับสองรางวัลแล้ว Bardeen ยังได้รับการยกย่องจากองค์การวิชาการอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น ได้รับเหรียญ Presidential Medal of Freedom เป็นที่ปรึกษาของประธานาธิบดีสหรัฐฯ หลายคน และเป็นสมาชิกของสมาคม Roval Society แห่งอังกฤษด้วย

แม้จะได้รับการยกย่องมากมายสักปานใด Bardeen ก็ยังเป็นคนเดิม คือ เงียบขรึม มีน้ำใจโอบอ้อมอารีต่อนิสิต มักให้เวลาปรึกษาปัญหาอย่างเต็มที่ เวลาถูกนิสิตถาม Bardeen จะใช้เวลาคิดนาน ก่อนจะตอบและคำตอบที่ทุกคนได้ยินมักเป็นข้อความที่รัดกุม เข้าใจง่าย รวมถึงมีคุณค่าด้วย

นอกจากฟิสิกส์แล้ว Bardeen ยังชอบเล่นกอล์ฟ Bardeen มีลูกชาย 2 คนเป็นนักฟิสิกส์ทั้งคู่ ส่วนลูกสาวก็แต่งงานกับนักฟิสิกส์

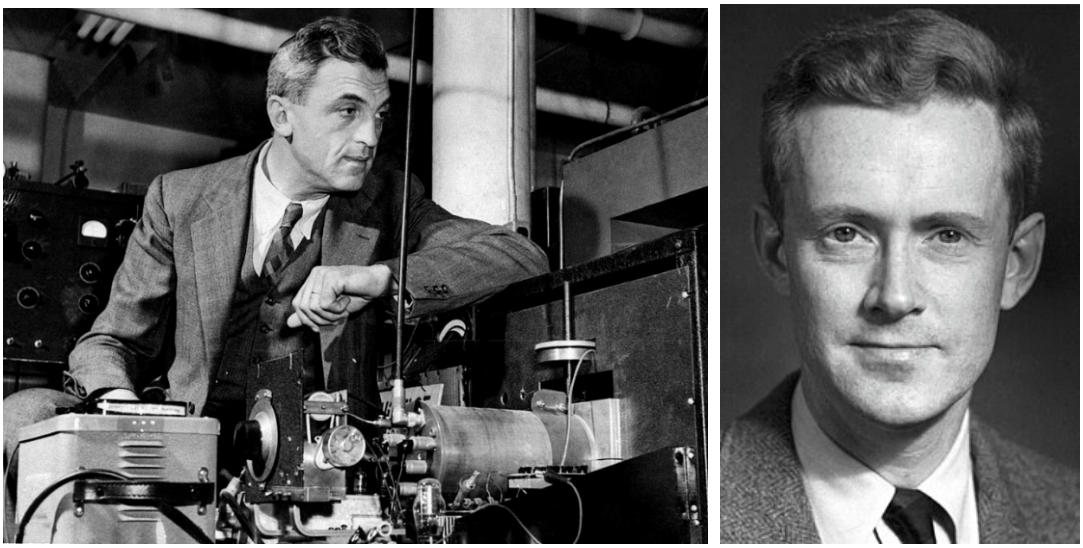
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "John Bardeen – Biographical". Nobel Foundation. Archived from the original on December 20, 2025. Retrieved November 1, 2007.

2. Hoddeson, Lillian; Daitch, Vicki (2002). True Genius: The Life and Science of John Bardeen. Joseph Henry Press. ISBN 978-0-309-16954-7. John's mother, Althea, had been reared in the Quaker tradition, and his stepmother, Ruth, was Catholic, but John was resolutely secular throughout his life. He was once "taken by surprise" when an interviewer asked him a question about religion. "I am not a religious person," he said, "and so do not think about it very much." He went on in a rare elaboration of his personal beliefs. "I feel that science cannot provide an answer to the ultimate questions about the meaning and purpose of life. With religion, one can get answers on faith. Most scientists leave them open and perhaps unanswerable, but do abide by a code of moral values. For a civilized society to succeed, there must be a common consensus on moral values and moral behaviour, with due regard to the welfare of our fellow man. There are likely many sets of moral values compatible with successful civilized society. It is when they conflict that difficulties arise."

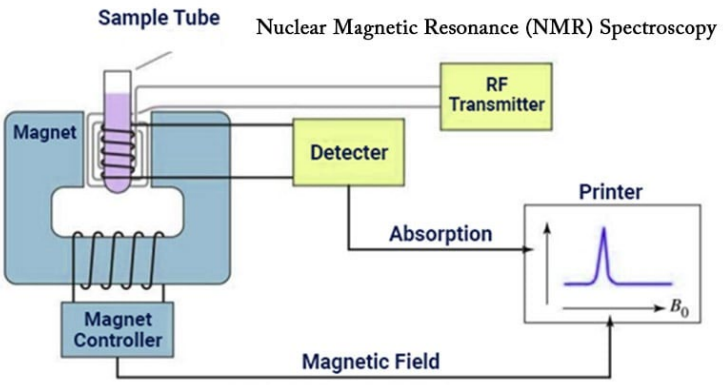
Felix Bloch (เฟลิกซ์ บล็อก)
Edward Mills Purcell (เอ็ดเวิร์ด มิลส์ เพอร์เซลล์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1952 จากผลงานที่นำไปสู่เทคโนโลยี NMR



Felix Bloch (ซ้าย) กับ Edward Mills Purcell (ขวา) ภาพจาก วิกิพีเดีย

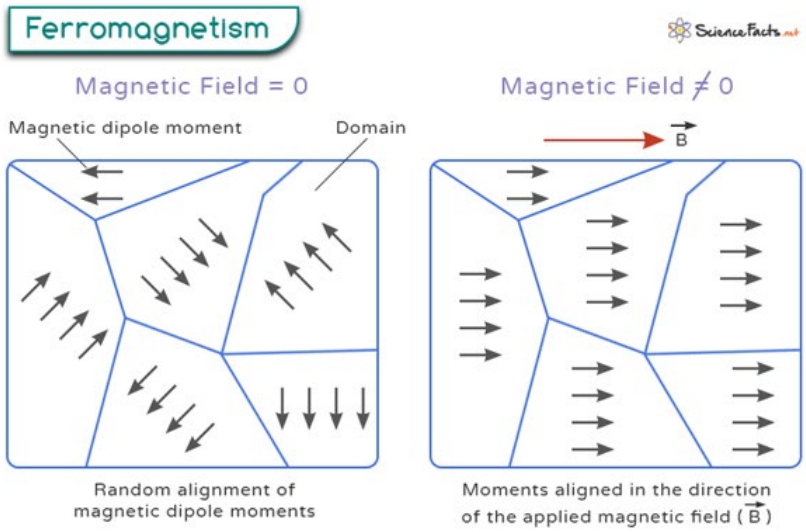
Felix Bloch ผู้มีวัยใกล้เคียงกับ Hans Bethe (1906-2005) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967) และ Lev Landau (1908–1968) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1962) เป็นนักฟิสิกส์คนแรก ๆ ของโลกที่นำกลศาสตร์ควอนตัมของ Werner Heisenberg (1901-1976), Wolfgang Pauli (1900-1958), Erwin Schrödinger (1887-1961) และ Paul Dirac (1902-1984) มาอธิบายสมบัติกายภาพของสสาร ตลอดจนถึงอธิบายสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ และคุณประโยชน์กลศาสตร์ควอนตัมทางด้านเทคโนโลยีด้วย แต่ถ้าพิจารณาการมีความคิดบุกเบิกที่แปลกใหม่และสง่างามแล้ว Bloch ชนะ Bethe กับ Landau อย่างชนิดขาดลอย



เทคโนโลยี Nuclear Magnetic Resonance (NMR) ที่ใช้วิเคราะห์โครงสร้างของโมเลกุล

ภาพจาก microbenotes.com

ในปี 1952 Bloch ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกับ Edward Purcell (1912-1997) จากผลงานการพบปรากฏการณ์สั่นพ้องเชิงแม่เหล็กของนิวเคลียส (Nuclear Magnetic Resonance) หรือ NMR ซึ่งเป็นหนึ่งในสี่ของการค้นพบที่สำคัญมากที่สุดของ Bloch



ปรากฏการณ์การเกิดแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetism)

เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กมากระทำ (ภาพซ้าย) โมเมนต์แม่เหล็กในแต่ละภาคส่วนชี้ทิศสะเปะสะปะ แต่เมื่อมีสนามแม่เหล็กมากระทำ (ภาพขวา) โมเมนต์แม่เหล็กในทุกภาคส่วนจะชี้ทิศของสนามแม่เหล็กนั้น

ภาพจาก www.sciencefacts.net

การค้นพบแรกได้แก่ การเสนอทฤษฎีอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโลหะ การค้นพบที่สอง คือ การสร้างทฤษฎีปรากฏการณ์แม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetism) ที่อุณหภูมิต่ำ การค้นพบที่สาม คือ วิธีวัดโมเมนต์แม่เหล็กของอนุภาคนิวตรอน และความสำเร็จที่ยิ่งใหญ่ที่สุด คือ การประดิษฐ์เทคโนโลยี NMR ซึ่งเป็นผลงานที่ Bloch, W. Hansen (1909-1949) ได้ทำร่วมกับ M. Packard เมื่อปี 1946 และในเวลาไล่เลี่ยกัน M. Purcell, R.V. Pound และ H.C.Torrey ก็ได้ประดิษฐ์เทคโนโลยีรูปแบบเดียวกันนี้ด้วย

อุปกรณ์ MRI ที่ใช้ตรวจสุขภาพของร่างกาย

ภาพจาก samitivejchinatown.com

ความสำคัญของเทคโนโลยี NMR คือ ช่วยให้นักเคมี นักชีวเคมี นักชีววิทยา และแพทย์ ฯลฯ สามารถทำงานอาชีพได้อย่างมั่นใจ เช่น Paul C. Lauterbur (1929–2007) ได้นำองค์ความรู้ NMR ไปพัฒนาต่อยอดจนเป็นเทคโนโลยี MRI (Magnetic Resonance Imaging) ที่ใช้ในการถ่ายภาพอวัยวะภายในร่างกายคน

Felix Bloch เกิดที่เมือง Zurich ในสวิสเซอร์แลนด์ เมื่อวันที่ 23 ตุลาคม ปี 1905 บิดาเป็นพ่อค้าขายเมล็ดพืช มารดาเป็นชาวออสเตรีย (คำ Felix ในภาษาละติน

แปลว่า โชคดี) Bloch มีพี่สาวคนหนึ่งที่เขารักมาก ดังนั้นจึงรู้สึกเสียใจเป็นที่สุด เมื่อพี่สาวเสียชีวิต

เมื่ออายุ 12 ปี Bloch ได้ไปเรียนที่โรงเรียนมัธยม Gymnasium ที่เมือง Zurich โดยเรียนฝรั่งเศส อังกฤษ อิตาเลียน ละติน คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี รวมถึงเรียนวิธีเล่นเปียโนด้วย เมื่อจบการศึกษาก็ได้ไปเรียนต่อที่ Eidgenossische Technische Hochschule (หรือ ETH) เพราะตั้งใจจะประกอบอาชีพเป็นวิศวกร

หลังจากที่ได้เรียนผ่านไปเพียงหนึ่งภาคการศึกษา Bloch ก็พบว่า ไม่ชอบวิชาวาดแผนภาพ (drawing) เลย จึงเปลี่ยนใจไปเรียนฟิสิกส์แทน แม้จะถูกทัดทานโดยอาจารย์ Hermann Weyl (1885-1955) ผู้เป็นนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียงมาก Bloch วัย 19 ปีก็ไม่เปลี่ยนใจ เพราะคิดว่าได้ตรึกตรองดีแล้ว

ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานที่ ETH Bloch มีอาจารย์สอนชื่อ Peter Debye (1884–1966) (รางวัลโนเบลเคมี ปี 1936) ซึ่งเป็นอาจารย์ที่มีลีลาการสอนดีมาก จนทำให้ Bloch ประจักษ์ว่า Debye เป็นครูผู้ให้ความรู้มากยิ่งกว่าอาจารย์คนอื่น ๆ และเมื่อได้อ่านตำรา “Atomic Structure and Spectral Lines” ของ Arnold Sommerfeld (1868-1951) เขาก็รู้สึกดื่มด่ำ ซาบซึ้ง และสนุก จนอยากจะเรียนวิชาควอนตัมทั้ง ๆ ที่ยังไม่เคยเรียนวิชานี้เลย แต่ก็ได้พยายามอ่านตำราเล่มนั้น จนเข้าใจ

ในปี 1926 Bloch ได้เข้าฟังสัมมนาฟิสิกส์ที่สถาบัน ETH จัดร่วมกับมหาวิทยาลัย Zurich หลังการสัมมนา วิถีชีวิตของ Bloch ก็มาถึงจุดเปลี่ยน เพราะในวันนั้น Debye ได้ขอให้ Erwin Schroedinger (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933) บรรยายเนื้อหาเชิงคณิตศาสตร์ของงานวิจัยที่ Louis de Broglie (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1929) ตีพิมพ์เผยแพร่ ซึ่งกำลังเป็นที่โจษจันกันมาก ในการให้สัมมนาครั้งต่อไป

อีกหนึ่งสัปดาห์ต่อมา Schroedinger ก็ให้สัมมนาตามที่ Debye ได้ขอไว้ โดยได้แสดงให้เห็นที่มาของสูตรต่าง ๆ ในงานวิจัยของ de Broglie เช่น $\lambda = h/m\nu$ เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่น h คือค่าคงตัวของ Planck m คือ มวล และ ν คือ ความเร็วของอนุภาค ซึ่งเป็นสูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติด้านความยาวของคลื่น (λ) กับสมบัติโมเมนตัมของอนุภาค (mv) เป็นครั้งแรก นอกจากนี้ Schroedinger ก็ยังแสดงให้เห็นที่มาของสูตรโมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน ว่ามีค่าเท่ากับจำนวนเต็มคูณกับค่าคงตัว h และหารด้วย 2π ว่า มีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนคลื่นที่มีอยู่ในเส้นรอบวงโคจรของอิเล็กตรอน

เมื่อ Schroedinger จบคำบรรยาย Debyed ก็ได้ตั้งข้อสังเกตว่า คำอธิบายของ de Broglie นั้นง่ายไป เพราะเวลานักฟิสิกส์พูดถึงคลื่น เขาจะต้องมีสมการของคลื่นนั้นกำกับด้วย เพื่อใช้คำนวณหาสมบัติของคลื่นในด้านต่าง ๆ ด้วย

ในขณะที่ผู้เข้าฟังสัมมนาคนอื่น ๆ ไม่สนใจกับข้อสังเกตของ Debye ตัวผู้บรรยาย คือ Schroedinger กลับครุ่นคิดหนัก อีกสามสัปดาห์ต่อมา Schroedinger ได้ให้สัมมนาอีก และเริ่มการบรรยายโดยกล่าวว่า เพื่อนของข้าพเจ้าคนหนึ่งได้เสนอแนะว่า ใครก็ตามที่พูดถึงคลื่น ควรนำเสนอสมการของคลื่นด้วย ดังนั้นในวันนี้ข้าพเจ้าจะเสนอสมการดังกล่าว เมื่อสิ้นสุดการบรรยาย Schroedinger ได้กล่าวว่า ผลงานเรื่อง “Quantization as Eigenvalue Problem” ของเขาจะลงเผยแพร่ในวารสาร Annalen der Physik ฉบับต่อไป

ณ เวลานั้น Bloch ยังเป็นเด็กเกินที่จะเข้าใจความสำคัญของการสัมมนาครั้งนั้น ครั้นเมื่อเหลียวหลังไปดูผู้ฟังคนอื่น ๆ ก็รู้สึกในทันทีว่า มีอะไรบางอย่างที่สำคัญมากได้เกิดขึ้นในโลกแล้ว

ส่วน Debye ซึ่งเป็นคนเสนอแนะ Schroedinger ให้คิดสร้างสมการคลื่น ได้ปรารภในเวลาต่อมาว่า รู้สึกเสียดายที่ตนไม่ได้คิดวิธีคำนวณเรื่องที่ตนเสนอ

เมื่อ Debye ย้ายไปทำงานที่มหาวิทยาลัย Leipzig ในเยอรมนี เขาได้ชวน Bloch ไปทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกที่นั่น โดยจะจัดให้มีอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ศาสตราจารย์ Werner Heisenberg (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1932) ซึ่งในเวลานั้นมีอายุเพียง 26 ปี จึงมีอายุมากกว่า Bloch เพียง 4 ปี แต่มีชื่อเสียงโด่งดังมาก และ Heisenberg ก็ได้กำหนดหัวข้อวิทยานิพนธ์ของ Bloch ว่าให้ศึกษาการประยุกต์กลศาสตร์ควอนตัมเพื่ออธิบายสมบัติการนำความร้อนในโลหะ ซึ่งกำลังเป็นปัญหาร้อนในเวลานั้น เพราะนักฟิสิกส์ระดับบิ๊ก เช่น P. Drude (1863-1906), H.A. Lorentz (1853-1928), W. Pauli (1900-1958) และ A. Sommerfeld (1868–1951) ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการนำไฟฟ้ากับสมบัติการนำความร้อนในโลหะได้

ในความพยายามอธิบายปัญหานี้ Bloch ได้อาศัยผลงานของ W. Heitler (1904-1981) และ F. London (1900-1954) เป็นพื้นฐาน เพราะนักฟิสิกส์ทั้งสองได้พบว่า การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมในโมเลกุล จะทำให้เกิดพันธะเคมีชนิด covalent แต่โมเลกุลกับผลึกมีความแตกต่างกันในประเด็นที่ว่า ผลึกมีโมเลกุลอยู่เป็นจำนวนมาก และต่างก็อยู่เรียงกันอย่างเป็นระเบียบ โดยมีลักษณะเป็นคาบ (period) และโมเลกุลเองถึงจะประกอบด้วยอะตอมไม่มาก แต่อะตอมก็อยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ

ดังนั้น Bloch จึงพยายามคำนวณหาฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอน ในผลึกที่มีสนามศักย์เป็นคาบ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ Fourier ทำให้ได้พบว่า ฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอนมีสองส่วน คือ ส่วนที่แสดงสมบัติความเป็นคลื่นระนาบ กับส่วนที่แสดงสมบัติความเป็นคาบ ซึ่งถ้าดูเผิน ๆ จะเห็นว่าไม่มีอะไรน่าสนใจ แต่เมื่อ Heisenberg ได้

เห็นสิ่งที่ Bloch นำเสนอ เขาถึงกับอุทานออกมาว่า “ใช่เลย” เพราะฟังก์ชันคลื่นเช่นนี้เองที่ได้ทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ไปในโลหะ โดยไม่ได้ปะทะกับไอออนเลย

Bloch จึงเรียบเรียงวิทยานิพนธ์เรื่อง “The Quantum Mechanics of Electrons in Crystal Lattices” ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ในปี 1928 ผลงานนี้มีความสำคัญตรงที่ได้วางรากฐานเรื่อง ทฤษฎีแถบพลังงานของอิเล็กตรอนในผลึก ซึ่งทำให้โลกรู้ว่าอิเล็กตรอนไม่สามารถจะมีพลังงานมาก-น้อยอะไรก็ได้ แต่จะมีได้เฉพาะเพียงบางค่าเท่านั้น และค่าพลังงานที่เป็นไปได้จะอยู่เรียงกันเป็นแถบพลังงาน (energy band) ส่วนค่าพลังงานที่เป็นไปไม่ได้ทำให้เกิดบริเวณช่องว่างที่เรียกว่า แถบพลังงานต้องห้าม (forbidden band) โดยที่ขนาดและตำแหน่งของแถบพลังงานกับแถบพลังงานต้องห้ามสามารถอธิบายสาเหตุที่ทำให้สารมีสมบัติเป็นโลหะ ฉนวน อโลหะ และสารกึ่งตัวนำได้

จากนั้น A.H. Wilson ก็ได้ใช้คลื่น Bloch และสถานะ Bloch ของอิเล็กตรอนที่ Bloch นำเสนอนี้แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างโลหะกับฉนวน และกับสารกึ่งตัวนำ ในเวลาต่อมาความรู้นี้ได้ถูกนำไปพัฒนาสารกึ่งตัวนำ เพื่อใช้ทำทรานซิสเตอร์สำหรับวิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ

ในช่วงปี 1928-1929 Bloch ได้เป็นผู้ช่วยของ Pauli ที่มหาวิทยาลัย Zurich เพื่อทำวิจัยเรื่องปรากฏการณ์ magnetoresistance กับ ferromagnetism และได้พบว่าที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ ระบบทั้งสองนี้จะมีคลื่น spin (spin wave) ที่สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจำเพาะกับสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (magnetization) ของสารแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnet) ที่อุณหภูมิใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์ได้ ในเวลาต่อมา Bloch ได้พัฒนาแนวคิดนี้ต่อ จนได้พบว่า ภายในสารแม่เหล็ก ferromagnet มี

บริเวณที่ถูกแบ่งเป็นเขตเรียก magnetic domain ซึ่งมีผนัง (Bloch wall) กั้น และทิศของสมบัติความเป็นแม่เหล็กในแต่ละเขตสามารถเปลี่ยนได้

ในปี 1935 Bloch ได้ทำงานวิจัยร่วมกับ Niels Bohr (1885-1962) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1922) โดยศึกษาสมบัติแม่เหล็กของอนุภาคนิวตรอน ซึ่งเป็นที่รู้กันดีว่าไม่มีประจุไฟฟ้า แต่มีโมเมนต์แม่เหล็ก และได้แสดงให้เห็นว่า นิวตรอนมีสมบัตินี้ โดยการยิงอนุภาคนิวตรอนที่มีความเร็วต่ำผ่านสารแม่เหล็ก ferromagnet และได้พบว่า อนุภาคนิวตรอนที่ทะลุสาร ทุกอนุภาคแสดงทิศของโมเมนต์แม่เหล็กได้ว่ามีค่า –(1.935 ±0.02) nuclear magneton

องค์ความรู้เหล่านี้เป็นการค้นพบสำคัญของ Bloch ที่ได้นำเขาไปสู่การประดิษฐ์เทคโนโลยี NMR ซึ่งทำให้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ในที่สุด โดย Bloch เล่าว่า ขณะ Bloch เดินทางไป Washington D.C. เพื่อเข้าประชุมประจำปี 1939 ของสมาคม American Physical Society เขาได้พบสุภาพสตรีคนหนึ่งชื่อ Lore Misch ซึ่งเป็นนักผลึกศาสตร์ที่ได้อพยพหนีกองทหาร Nazi มาอเมริกาเช่นเดียวกับตน หลังจากที่ได้รู้จักกันมานาน ทั้งสองได้ตัดสินใจแต่งงานกันเมื่อวันที่ 14 มีนาคม ค.ศ.1940 ที่ Las Vegas ครอบครัว Bloch มีลูกชาย 3 คน และลูกหญิง 1 คน การแต่งงานได้ทำให้ Bloch มีสมาธิว่าจะสร้างเทคโนโลยี NMR ซึ่งมีหลักการทำงานว่า อนุภาคโปรตอนมีสมบัติแม่เหล็ก ดังนั้นเวลามีสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำ โมเมนต์แม่เหล็กของโปรตอนจะหมุนควงส่ายไปรอบทิศของสนามแม่เหล็ก ในทำนองเดียวกันกับการหมุนรอบตัวเองและการหมุนส่ายของลูกข่าง โดยทิศของโมเมนต์แม่เหล็กจะวนไปรอบทิศของสนามแม่เหล็ก แต่ถ้ามีสนามแม่เหล็กอีกสนามหนึ่งที่ถูกส่งเข้าไปกระทำในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กเดิม โดยให้ความถี่ของสนามแม่เหล็กใหม่มีค่าเท่ากับความถี่ในการส่ายควงของโมเมนต์แม่เหล็กของโปรตอนพอดี โปรตอนก็จะดูดกลืนคลื่น (เป็นปรากฏการณ์

resonance) แล้วโมเมนต์แม่เหล็กของโปรตอนก็จะกลับทิศในทันที ครั้นเมื่อสนามแม่เหล็กกระตุ้นถูกนำออกไป โปรตอนจะปลดปล่อยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อกลับคืนสู่สภาพเดิม ข้อมูลนี้ทำให้รู้สถานะพลังงานของนิวเคลียสก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลง Bloch ได้ใช้เทคนิคนี้ศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ในเวลาต่อมาเทคนิค NMR ได้ถูกนำไปใช้ในการรักษาโดยแพทย์ เพื่อถ่ายภาพเนื้อเยื่อ เทคนิคนี้จึงมีชื่อว่า Magnetic Resonance Imaging MRI ที่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างเนื้อเยื่อปกติ และเนื้อเยื่อที่เป็นโรคได้ เพราะเนื้อเยื่อเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางด้านชีวภาพ นอกจากนี้แพทย์ยังใช้ MRI ตรวจการทำงานของอวัยวะอื่น ๆ เช่น สมอง ไต และกระดูกสันหลัง ผลที่ตามมาคือ ผู้พัฒนาเทคนิค MRI ที่ชื่อ Lauterbur, Paul C. (1929-2007) กับ Peter Mansfield (1933–2017) ได้รับรางวัลโนเบลสาขาการแพทย์ประจำปี 2003

ในด้านชีวิตส่วนตัว Bloch เป็นนักฟิสิกส์ทดลองและนักสรีรวิทยา ผู้ที่มีความตระหนักดีในขอบเขตและความสามารถของอุปกรณ์ที่ตนใช้ อีกทั้งยังเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบอุปกรณ์ทดลอง จนนักศึกษาทุกคนที่ทำงานร่วมกับ Bloch ต่างรู้สึกซาบซึ้งและชื่นชมในความสามารถ และความเมตตาของอาจารย์

ในด้านอุปนิสัยใจคอ Bloch ชอบเล่นดนตรี อ่านวรรณกรรม สนใจธรรมชาติ ชอบปีนเขา และเล่นสกี บ้านของ Bloch ไม่มีห้องสมุด ซึ่งแสดงว่าเขาเป็นคนที่ชอบแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาตำรา

ในปี 1965 Bloch ได้รับเลือกเป็นประธานของสมาคม American Physical Society และเสียชีวิตเมื่อวันที่ 10 กันยายน 1983 ที่เมือง Zurich ใน Switzerland สิริ

อายุ 77 ปี โดยได้ทิ้งผลงานเรื่อง NMR, องค์ความรู้เรื่อง Bloch wall, Bloch’s Theorem, Bloch wave และ Bloch’s equations ไว้เบื้องหลัง

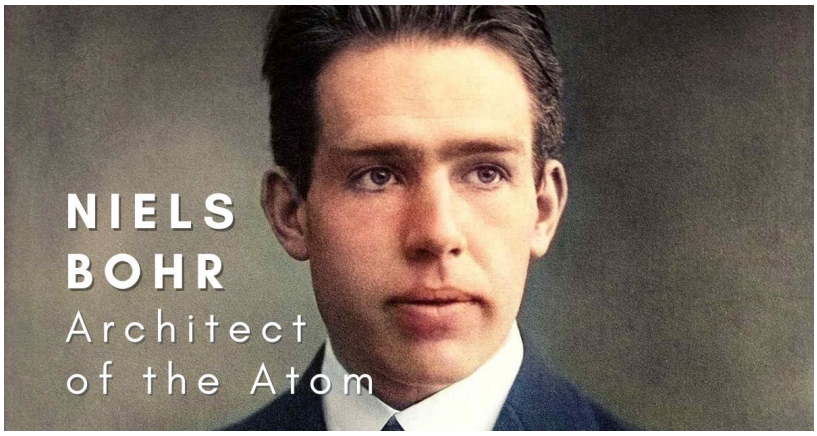
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Felix Bloch". Mathematics Genealogy Project. North Dakota State University. Retrieved 29 May 2025.

2. "Felix Bloch". physics.stanford.edu. Archived from the original on 7 February 2026. Retrieved 23 April 2026.

Niels Bohr (นีลส์ โบร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1922 จากการเสนอทฤษฎีควอนตัมของอะตอมไฮโดรเจน



Niels Bohr ภาพจาก www.atomstoastronauts.com

Niels Bohr (นีลส์ โบร์) เกิดเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม ปี 1885 ที่กรุงโคเปนเฮเกน (Copenhagen) ในเดนมาร์ก บิดาเป็นศาสตราจารย์สรีรวิทยาที่มหาวิทยาลัยโคเปนเฮเกน โบร์เป็นบุตรคนที่ 2 ของตระกูลที่มีลูก 3 คน เมื่ออายุ 6 ขวบ โบร์ได้ไปเรียนที่โรงเรียนมัธยมในเมือง แต่มิได้ประสบความสำเร็จมาก ขณะเรียนหนังสือเพราะสอบได้ที่ 3 หรือ 4 ของห้องอย่างสม่ำเสมอ จากจำนวนนักเรียน 20 คน

ความสามารถที่โดดเด่นของโบร์ในวัยเด็ก คือ เก่งทางพลศึกษา เพราะได้เป็นนักฟุตบอลตัวยงของโรงเรียน ก่อนสำเร็จระดับมัธยมศึกษา โบร์ได้ตัดสินใจที่จะเรียนฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ เพราะรู้สึกชอบวิชาทั้งสองนี้เป็นพิเศษ เมื่อโบร์พบว่าครูที่สอนคณิตศาสตร์ไม่สามารถอธิบายหรือตอบคำถาม หรือไขปริศนาที่ตนสงสัยให้เข้าใจได้ จึงมุ่งมั่นจะเรียนฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ให้เข้าใจลึกซึ้งยิ่งขึ้น ครั้นเมื่อได้รับการสนับสนุนจากบิดา โบร์จึงตัดสินใจเรียนฟิสิกส์ในระดับมหาวิทยาลัย และเข้าเรียนที่มหาวิทยาลัยโคเปนเฮเกน เมื่อปี 1903 โดยเลือกฟิสิกส์เป็นวิชาเอก และคณิตศาสตร์เป็นวิชาโท นอกจากทั้งสองวิชานี้แล้ว ก็ยังศึกษาดาราศาสตร์และเคมีด้วย

ขณะที่ศึกษาในมหาวิทยาลัย โบร์ไม่ได้เรียนฟิสิกส์ด้านการทดลอง เพราะในสมัยนั้นมหาวิทยาลัยโคเปนเฮเกนยังไม่มีห้องปฏิบัติการให้นักศึกษาฝึก แต่โบร์ก็ได้ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของบิดาในการทดลองเรื่องที่ตนสนใจแทน โครงการวิจัยของโบร์เรื่อง สมบัติความตึงผิวของน้ำขณะไหลพุ่งจากท่อ ได้รับรางวัลวิจัยยอดเยี่ยมจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ของเดนมาร์ก ทั้ง ๆ ที่ในเวลานั้นโบร์ ยังเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี โบร์สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท เมื่ออายุ 24 ปี และได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตในอีก 2 ปีต่อมา จากการทำผลงานวิทยานิพนธ์เรื่อง ทฤษฎีของอิเล็กตรอนในโลหะ ซึ่งโบร์ได้ตั้งข้อสังเกตว่า ทฤษฎีที่ใช้ยังไม่สามารถอธิบายสมบัติเชิงแม่เหล็กของโลหะได้ โบร์ได้อุทิศงานวิทยานิพนธ์ของตนให้บิดา ซึ่งได้ถึงแก่อนิจกรรมก่อนที่จะสำเร็จการศึกษาเพียงสองเดือน

ในปี 1911 โบร์ได้รับทุนวิจัยจากมูลนิธิคาร์ลสเบิร์ก (Carlsberg) ให้เดินทางไปทำวิจัยต่อที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ (Cambridge) ในอังกฤษกับเซอร์ทอมสัน (Sir J. J. Thomson) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษรางวัลโนเบล ปี 1906 ผู้มีชื่อเสียง ในฐานะที่พบอิเล็กตรอน แต่ทั้งสองมีสไตล์การทำงานที่แตกต่างกัน เพราะทอมสันเป็นนักฟิสิกส์ทดลอง แต่โบร์ถนัดฟิสิกส์ทฤษฎี ขณะฝึกงานที่เคมบริดจ์ เมื่อโบร์ได้พบเออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford) โบร์รู้สึกพอใจที่จะได้ทำงานกับรัทเทอร์ฟอร์ดมากกว่า จึงขอย้ายจากมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ไปทำงานกับรัทเทอร์ฟอร์ดที่มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ ในปี 1912 ซึ่งในเวลานั้นเป็นศูนย์กลางการศึกษาทฤษฎีอะตอม เพราะรัทเทอร์ฟอร์ดเพิ่งพบว่า ทุกอะตอมมีนิวเคลียส

โบร์จึงใช้แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดในการอธิบายสเปกตรัมของแสงที่อะตอมไฮโดรเจนปล่อยออกมา และได้พบว่าบรรยากาศการทำงานที่มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์มีชีวิตชีวามาก เพราะรัทเทอร์ฟอร์ดเป็นคนที่สนใจทุกสิ่งทุกอย่างที่นิสิตทุก

คนกำลังศึกษา ในที่สุดโบร์ก็ได้พบว่าถ้าเขาใช้ความคิดของพลังค์ (Planck) กับไอน์สไตน์ (Einstein) มาเสริมในการอธิบายธรรมชาติอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ก็จะพบความจริงว่า อิเล็กตรอนในอะตอมไม่สามารถจะมีพลังงานอะไร ๆ ก็ได้ แต่จะมีพลังงานได้เฉพาะบางค่าเท่านั้น นอกจากนี้เวลาอิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจรจากวงนอกสู่วงใน อะตอมจะปล่อยแสง และเวลาอิเล็กตรอนอยู่ในวงโคจรในรับพลังงานแสง มันจะกระโจนไปโคจรอยู่ ณ ตำแหน่งที่มีพลังงานสูงกว่า

แม้โบร์และรัทเทอร์ฟอร์ดจะมีบุคลิกภาพที่แตกต่างกันมาก แต่ทั้งสองก็มีจุดสนใจร่วมกัน คือ รักฟิสิกส์เหมือนกัน โบร์รักรัทเทอร์ฟอร์ดเหมือนศิษย์รักครู แม้จะได้แยกตัวมาทำงานวิจัยอย่างอิสระ แต่โบร์ก็มิได้ลืมรัทเทอร์ฟอร์ต โดยยังส่งจดหมาย ติดต่อกับรัทเทอร์ฟอร์ดอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งรัทเทอร์ฟอร์ดเสียชีวิต

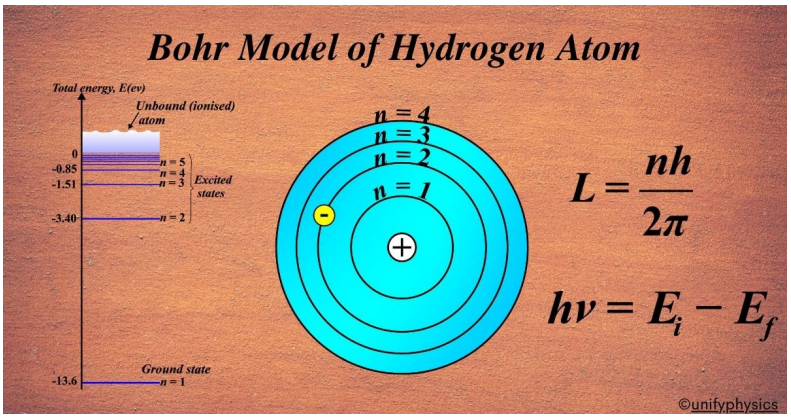
โบร์เดินทางกลับโคเปนเฮเกนในปี 1912 ทั้ง ๆ ที่งานคำนวณเกี่ยวกับทฤษฎีอะตอมไฮโดรเจนยังไม่ลุล่วง เขายังทำงานพัฒนาทฤษฎีของเขาต่อจนเสร็จในปี 1913 และได้ตีพิมพ์ผลงานชิ้นสำคัญในปีนั้นเอง

ผลงานของโบร์ที่ทำให้นักฟิสิกส์ทุกคนในสมัยนั้นตระหนักรู้ได้เป็นครั้งแรกว่า ในการอธิบายพฤติกรรมของอะตอม นักฟิสิกส์จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีควอนตัมของพลังค์

ในเบื้องต้น นักฟิสิกส์หลายคนไม่ยอมรับทฤษฎีของโบร์ เพราะโบร์ใช้สมมติฐานมากมายที่ไร้เหตุผลและขัดกับความรู้ฟิสิกส์ในสมัยนั้น แต่เมื่อการทดลองต่าง ๆ ยืนยันว่าได้ผลตรงกับที่โบร์ทำนาย การยอมรับก็เริ่มบังเกิด และโบร์ก็เริ่มมีชื่อเสียงมากขึ้น ๆ แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับในเดนมาร์ก โบร์จึงเดินทางกลับไปหารัทเทอร์ฟอร์ดที่มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ เพื่อทำงานที่นั่นต่ออีก 2 ปี และได้พัฒนาแบบจำลองอะตอม

ให้ครอบคลุมอะตอมที่มีมวลกว่าอะตอมไฮโดรเจนด้วย จนได้รับการยอมรับว่าโบร์เป็นนักฟิสิกส์ที่รู้เรื่องอะตอมดีที่สุดในโลก

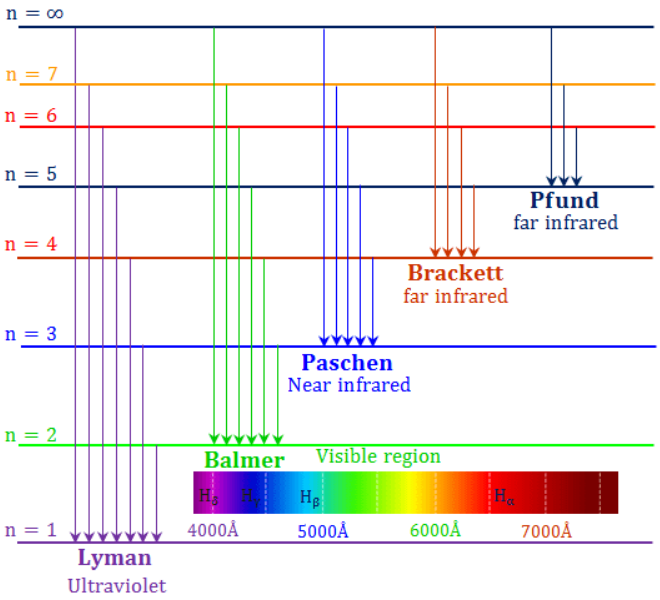
ในปี 1916 โบร์เดินทางกลับเดนมาร์กเพื่อไปดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยโคเปนเฮเกน ขณะทำงานที่นั่นเขาได้จัดตั้งสถาบันวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎี อีก 4 ปีต่อมา ก็ได้ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการของสถาบัน จนกระทั่งเสียชีวิต ในสมัยนั้นสถาบันวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีของโบร์เป็นตักศิลาที่นักฟิสิกส์ทฤษฎีทุกคนต้องหาโอกาสไปเยือน หรือไปทำงาน เพราะสถานที่นั้นมีคนที่รู้ทฤษฎีอะตอมดีที่สุดในโลก



แบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนของโบร์

ภาพจาก unifyphysics.com

ในปี 1922 โบร์ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์จากผลงานเรื่องทฤษฎีอะตอมของไฮโดรเจน แม้โบร์ไม่สามารถอธิบายที่มาของสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ แต่เขาก็เชื่อว่าการศึกษาวิจัยฟิสิกส์ในอนาคตจะช่วยอธิบายข้อสงสัยทั้งหลายได้



แผนภาพแสดง Hydrogen Spectrum

ภาพจาก www.priyamstudycentre.com

ความคาดหวังของโบร์ได้กลายเป็นความจริงในปี 1925 เมื่อโลกเริ่มรู้จักวิชากลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) ของไฮเซนเบิร์ก (Heisenberg) และชเรอดิงเงอร์ (Schrodinger) และโบร์ก็ได้มีบทบาทมากในการช่วยพัฒนาวิชากลศาสตร์ โดยช่วยอธิบายความหมายของหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก ให้ทุกคนเข้าใจในความสำคัญ นอกจากนี้โบร์ก็ยังเสนอความคิดเกี่ยวกับสมบัติความเป็นคลื่น และอนุภาคของอิเล็กตรอนด้วยว่า สสารทุกชนิดสามารถแสดงสมบัติความเป็นทวิภาพนี้ได้ คือ จะแสดงสมบัติด้านใดก็ขึ้นกับสภาพแวดล้อม ผลงานที่โดดเด่นอีกชิ้นหนึ่งของโบร์ คือ หลักการคล้องจอง (correspondence principle) ซึ่งมีใจความว่าเมื่อระบบควอนตัมมีขนาดใหญ่ ทฤษฎีควอนตัมกับทฤษฎีคลาสสิกของนิวตัน และแมกซ์เวลล์จะต้องให้ผลตรงกัน

นอกจากจะสนใจอะตอมแล้ว โบร์ยังสนใจนิวเคลียสในอะตอมด้วย และได้เสนอความคิดว่านิวเคลียสซึ่งประกอบด้วยนิวตรอนและโปรตรอน มีสภาพเหมือนหยด

ของเหลวที่สามารถแบ่งแยกได้เหมือนอะมีบา (amoeba) และแนวคิดนี้ ทำให้นักฟิสิกส์ในเวลาต่อมาสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ฟิชชัน (fission) ที่เกิดขึ้น เมื่อนิวเคลียสของธาตุหนัก เช่น ยูเรเนียม 235 แบ่งแยกตัวเองเป็นนิวเคลียสของคริปตอน (krypton) กับแบเรียม (barium) เวลารับอนุภาคนิวตรอนเข้าไป

ในปี 1937 เมื่อรัทเทอร์ฟอร์ดถึงแก่กรรม โบร์ได้เดินทางไปลอนดอนเพื่อเข้าร่วมพิธีฝังศพของรัทเทอร์ฟอร์ด ที่มหาวิหารเวสต์มินสเตอร์ (Westminster Abbey) และได้กล่าวสุนทรพจน์ในงานว่า รู้สึกเป็นเกียรติที่ได้ทำงานร่วมกับรัทเทอร์ฟอร์ด และแม้รัทเทอร์ฟอร์ดจะเป็นนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่และเขาเป็นนักฟิสิกส์ที่ไร้ชื่อเสียง แต่รัทเทอร์ฟอร์ดก็ยังฟังความคิดเห็นของเขา และช่วยแนะในการทำงานตลอดเวลา

ในปี 1940 เมื่อยุโรปถูกกองทัพนาซีคุกคาม โบร์ซึ่งมีเชื้อสายยิวจากฝ่ายมารดาถูกบังคับให้อพยพลี้ภัย เมื่อกองทัพนาซีเข้ายึดครองเดนมาร์ก โดยได้ปลอมตัวลงเรือไปสวีเดน แล้วบินต่อไปอังกฤษ จากที่นั่นก็เดินทางต่อไปที่ลอส อลามอส (Los Alamos) ในสหรัฐอเมริกา เพื่อเข้าทำงานในโครงการแมนฮัตตัน (Manhattan Project) ผลิตระเบิดปรมาณู

เมื่อสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุด โบร์รู้สึกกังวลใจเกี่ยวกับการแข่งขัน สร้างระเบิดปรมาณูของบรรดาประเทศมหาอำนาจต่าง ๆ ในปี 1950 เขาจึงเขียนจดหมายเปิดผนึกถึงองค์การสหประชาชาติ ขอให้ทุกชาติมุ่งใช้ปรมาณูในทางสันติ เมื่อปี 1950

โบร์เสียชีวิตเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน ปี 1962 ด้วยโรคหัวใจวาย ที่กรุงโคเปนเฮเกน สิริอายุ 77 ปี นักวิทยาศาสตร์และนักการเมืองทั่วโลก ต่างพากันแสดงความอาลัย แม้แต่ประธานาธิบดี จอห์น เอฟ เคนเนดี้ ก็ยังกล่าวคำสดุดีว่า คนอเมริกัน

ทุกคนระลึกและเสียใจในการจากไปของโบร์ ณ วันนี้หลุมอุกกาบาตหลุมหนึ่งบนดวงจันทร์ได้รับการขนานนามว่า หลุมโบร์

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Kragh, Helge (2012). Niels Bohr and the quantum atom: the Bohr model of atomic structure, 1913–1925. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-965498-7. OCLC 769989390

2. Wheeler, John A. (1985). "Physics in Copenhagen in 1934 and 1935". In French, A. P.; Kennedy, P. J. (eds.). Niels Bohr: A Centenary Volume. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. pp. 221–226. ISBN 978-0-674-62415-3.

Ludwig Boltzmann (ลูดวิก โบลท์มันน์)

นักฟิสิกส์ทฤษฎีผู้เชื่อมโยงทฤษฎีของ Maxwell กับ Einstein

Ludwig Boltzmann ภาพจาก physicsworld.com

วารสาร Physics Today เมื่อปี 2004 ได้สำรวจความคิดเห็นของนักฟิสิกส์ว่าสมการฟิสิกส์และสมการคณิตศาสตร์ใดมีชื่อเสียงเป็นที่น่าชื่นชมมากที่สุด ผลการลงคะแนนปรากฏว่า สมการ Maxwell ที่กับสมการ Euler ($e^{i\pi} + 1 = 0$) มาอันดับหนึ่งร่วมกัน สมการ Einstein (E=mc 2) มาเป็นอันดับสาม สมการ Pythagoras ($a^2 + b^2 = c^2$) มาเป็นที่สี่ สมการ Newton (F=ma) มาเป็นอันดับห้า และสมการ Boltzmann (S=klnW) มาเป็นอันดับหก (ในที่นี้ k คือ ค่าคงตัว Boltzmann และ W คือ จำนวนวิธีที่จัดเรียงอนุภาคในระบบ ภายใต้เงื่อนไขว่าพลังงานที่คงตัวจะให้ค่า entropy S

Ludwig Boltzmann เกิดเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ ปี 1844 ที่กรุง Vienna ออสเตรีย ณ เวลานั้น Vienna เป็นศูนย์กลางการค้าและวัฒนธรรมของยุโรป ระดับเดียวกับ Paris

และ Rome เมื่อ James Maxwell มีอายุ 23 ปี Dmitri Mendeleyev อายุ 10 ปี ส่วน Wilhelm Röntgen, Pierre Curie, J.J. Thomson, Antoine – Henri Becquerel และ Albert Einstein จะเกิดในอีก 1 ปี, 15 ปี, 12 ปี, 8 ปี และ 35 ปีต่อมา ตามลำดับ ทฤษฎีอะตอมก็ยังไม่มี เพราะยังไม่มีใครเคยเห็นอะตอม และการอธิบายปฏิกิริยาเคมีด้วยกฎสอัตราส่วนคงตัวของ Dalton ก็เป็นเพียงคำอธิบายวิธีหนึ่งในบรรดาคำอธิบายที่มีอีกมากมาย

บิดาเป็นเจ้าหน้าที่สรรพากร มารดาเป็นลูกสาวของพ่อค้าที่มีฐานะดีแห่ง Salzburg ครอบครัวมีฐานะปานกลาง หลังจากที่ Boltzmann ลืมตาดูโลกได้ไม่นาน ครอบครัวได้อพยพไป Linz ซึ่งอยู่ห่างจาก Vienna ไปทางทิศตะวันตกประมาณ 200 กิโลเมตร

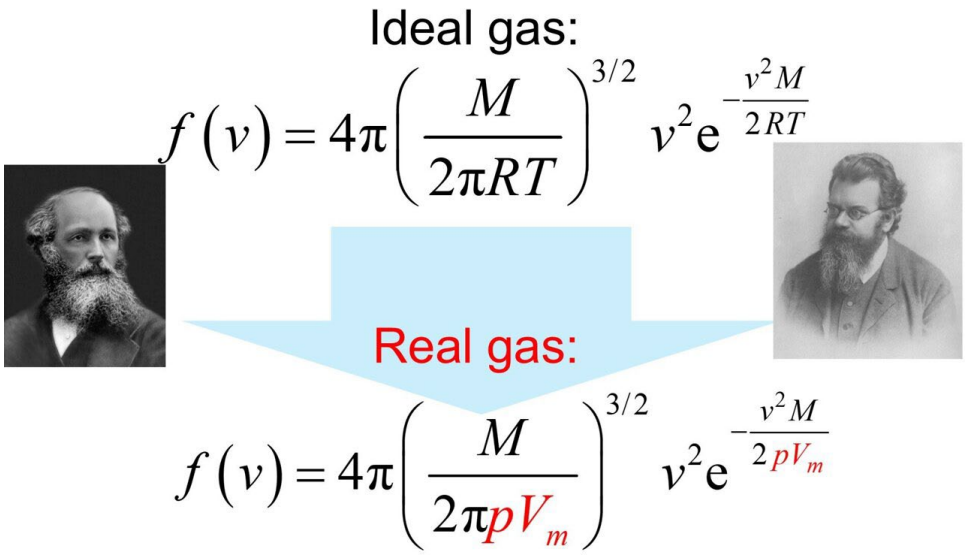
เมื่อถึงวัยต้องเข้าโรงเรียน มารดาได้จ้างครูมาสอนลูก ๆ ทั้งสามคนที่บ้าน ครูสอนชื่อ Anton Brickmer มีอาชีพที่สองเป็นนักเล่นออร์แกนประจำมหาวิหารแห่ง Linz การมีครูดนตรีที่สามารถมาก ทำให้ Boltzmann มีความสามารถในการเล่นเปียโนได้ดี

ในวัยเด็กของ Boltzmann มีปัญหาบ้าง เพราะมารดาเป็นคุณระเบียบ และมีอารมณ์พลุ่นพล่านบ่อย เช่น เวลาครู Brickmer ถอดเสื้อฝนที่เปียกโชกวางลงบนเตียง มารดาได้ไล่ครูออกจากงานในทันที

เมื่ออายุ 15 ปี Boltzmann กำพร้าบิดา ซึ่งได้จากไปด้วยวัณโรค อีกหนึ่งปีต่อมาก็กำพร้าน้องชายวัย 14 ปี ด้วยโรคเดียวกัน การสูญเสียบุคคลทั้งสองอันเป็นที่รักมาก ทำให้ Boltzmann ตั้งใจเรียนหนังสือให้ดีที่สุด เพื่อมารดาจะดีใจ และภูมิใจ เมื่อสำเร็จการเรียนระดับมัธยมศึกษา Boltzmann สอบได้เป็นที่หนึ่งของห้อง และได้เข้าเรียนคณิตศาสตร์ฟิสิกส์ระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย Vienna การมีฐานะไม่ดี ทำให้อ่าน

หนังสือโดยใช้เทียนไข ที่ให้แสงสว่างไม่พอนั้น ทำให้สายตาเสีย ในปี 1863 ครอบครัวที่มีแต่แม่และน้อง 2 คน จึงต้องอพยพกลับไป Vienna

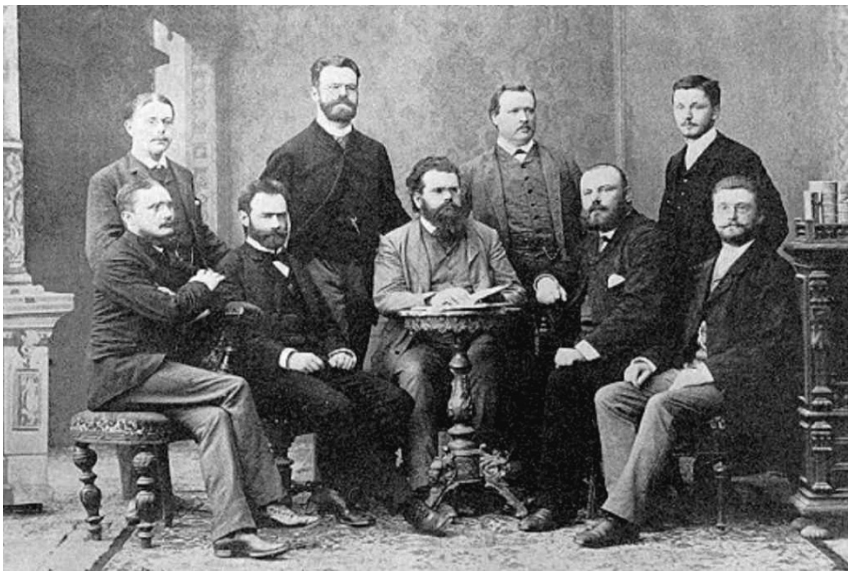
ขณะเป็นนิสิต Boltzmann มี Joseph Stefan เป็นอาจารย์สอน (ผู้พบกฎของ Stefan ที่แถลงว่า อัตราการสูญเสียพลังงานรังสีของวัตถุขึ้นกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ยกกำลังสี่) และ Josef Loschmidt (ผู้พบวิธีวัดขนาดของโมเลกุล) Stefan ซึ่งสอนวิชาแม่เหล็กไฟฟ้าได้นำทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของ Maxwell มาให้ Boltzmann อ่าน เพราะ Boltzmann ไม่มีความรู้ภาษาอังกฤษ จึงอ่านไม่เข้าใจ แต่ก็สามารถเข้าใจสมการที่ปรากฏในงานวิจัยได้ หลังจากที่พยายามอยู่เป็นเวลานาน Boltzmann ก็เข้าใจวิธีคิดของ Maxwell และรู้สึกชื่นชมผู้คิดมาก ที่สามารถสังเคราะห์องค์ความรู้แม่เหล็ก ด้านไฟฟ้า และแสง เข้าเป็นทฤษฎีหนึ่งเดียว ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทั้งสามเรื่องได้อย่างมีเอกภาพ



สูตรการแจกแจงความเร็วโมเลกุลของแก๊สอุดมคติและแก๊สจริง

ภาพจาก https://phys.org/

Boltzmann จบปริญญาเอกภายในเวลา 3 ปี เมื่ออายุ 22 ปี โดยมี Stefan เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาด้วย การทำวิทยานิพนธ์เรื่องทฤษฎีจลน์ของแก๊ส หลังจากได้อ่านผลงานของ Maxwell เรื่องทฤษฎีการแจกแจงความเร็วโมเลกุลแก๊สที่ Maxwell ใช้วิเคราะห์หา ซึ่งได้ทำให้ Boltzmann รู้สึกว่า เป็นวิธีคิดที่แยบยลมาก เพราะในเวลานั้นนักวิทยาศาสตร์ยังไม่เชื่อว่าธรรมชาติมีโมเลกุล และคิดว่าโมเลกุลเป็นเพียงวิธีการอุปมาเพื่อใช้อธิบาย จึงเป็นสิ่งสมมติที่เลื่อนลอย แต่ Boltzmann เชื่อว่าโมเลกุลมีจริง จึงพยายามพัฒนาทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยนำวิธีการคิดทางสถิติเข้ามาใช้ เพราะโมเลกุลในแก๊สมีจำนวนมาก (10^{23} ในหนึ่งลูกบาศก์เมตรมี 10^{23} โมเลกุล) ทำให้โลกรู้จักสถิติแบบ Maxwell-Boltzmann และเมื่อเทคนิคนี้ถูกเสริมด้วยการคำนวณตามแบบกลศาสตร์ของ Newton กลศาสตร์สถิติ (Statistical Mechanics) จึงถือกำเนิด



Boltzmann กับเพื่อนร่วมงานที่มหาวิทยาลัย Graz ในออสเตรีย Nernst, Streintz, Arrhenius, Hiecke, (ตามลำดับการยืนจากทางซ้าย) Aulinger, Ettingshausen, Boltzmann, Klemenčič, Hausmanninger (ตามลำดับการนั่งจากทางซ้าย) ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในทฤษฎี Maxwell Boltzmann ได้แสดงให้เห็นว่า พลังงานความร้อนที่มีในสสารแท้จริง คือ พลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล และพลังงานนี้เป็น

ปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิของระบบ ในกรณีอะตอมเดี่ยว พลังงานจลน์ของอะตอม $1/2mv^2 = 3/2\ kT$ เมื่อ m, v และ T คือ มวลของอะตอม ความเร็ว และอุณหภูมิ ตามลำดับ ส่วน k = 1.3806505(24)x10^(-23) J/K คือ ค่าคงตัว Boltzmann แนวคิดนี้จึงขจัดความเชื่อของนักฟิสิกส์ในเวลานั้นที่ว่า ความร้อนเป็นสสารที่สามารถไหลถ่ายเทไปมาได้ แต่ในมุมมองของ Boltzmann ความร้อนเป็นพลังงานกลของโมเลกุล ผลงานนี้ทำให้ Boltzmann ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎีที่มหาวิทยาลัย Graz แล้วพยายามเชื่อมโยงสมบัติของโมเลกุลกับสมบัติทางกายภาพของโมเลกุลจำนวน 10^25

กระนั้นนักฟิสิกส์ส่วนใหญ่ก็ยังไม่เชื่อเรื่องโมเลกุล ด้วยเหตุผลว่าไม่มีใครเคยเห็นอะตอม หรือโมเลกุล โดยเฉพาะ Wilhelm Ostwald (รางวัลโนเบลเคมี ปี 1909) และ Ernst Mach ซึ่งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่แห่งมหาวิทยาลัย Graz และเป็นเจ้าของแนวคิดเรื่องความเร็วเหนือเสียง Mach 1, Mach 2, ... โดยได้ประกาศหลักการว่า วงการวิทยาศาสตร์จะไม่ยอมรับอะไรก็ตามที่ไม่มีหลักฐาน ความรู้วิทยาศาสตร์จะเป็นสิ่งที่เห็นและวัดได้เท่านั้น

สมมติเราเป็น Boltzmann ในสมัยนั้น เวลาถูกต่อต้านอย่างรุนแรงด้วยการบริภาษว่า “สติเฟื่อง” ของ “อรหันต์” เช่น Mach หรือ Lord Kelvin เราคงรู้คิดว่า Boltzmann ก็คงจะรู้สึกเหมือน Galileo ยามถูกตุลาการศาลศาสนาประณาม แต่ Boltzmann ก็ยังยืนยัน เพราะรู้ตลอดเวลาว่า ตนกำลังอธิบายธรรมชาติที่มาความร้อน ในขณะที่นักฟิสิกส์คนอื่น ๆ สนใจด้านเรื่องความสามารถในการทำงานของความร้อน

เมื่อถูกทัวร์ลง Boltzmann จึงหลบหน้าไปที่มหาวิทยาลัย Heidelberg ในเยอรมนี เพื่อทำงานกับ Robert Bunsen, Gustav Kirchhoff กับ Hermann von

Helmholtz และได้พัฒนาทฤษฎีกลศาสตร์สถิติต่อ เพื่ออธิบายที่มาของกฎ 1 และ 2 ของ Thermodynamics และได้พบว่า การเปลี่ยนแปลงทุกรูปแบบของธรรมชาติจะเป็นไปในทิศทางที่ระบบมีปริมาณความไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้นเสมอ เช่น เวลาเปิดขวดน้ำหอม โมเลกุลของน้ำหอมจะฟุ้งกระจายออกไปทั่วห้อง และจะอยู่กระจัดกระจายไปอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยไม่มีวันหวนกลับมารวมกันในขวดอีก (มีก็แต่ Mary Poppins เท่านั้นที่สามารถเดินทางย้อนเวลาได้ โดยการกระดิกนิ้ว) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้จึงสามารถบอกทิศของเวลาได้ Boltzmann ได้กำหนดให้ค่าความไม่เป็นระเบียบได้จากการวัดปริมาณที่เรียกว่า entropy จากสูตร $S = k \ln W$ เมื่อ S คือ entropy, k คือ ค่าคงตัว Boltzmann และ W คือ จำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้ในการจัดพลังงานของอนุภาคทั้งหมดในระบบ โดยที่พลังงานทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง

สูตรนี้จึงมีความสำคัญมากเพราะได้เชื่อมโยงสมบัติมหภาค (S entropy) กับสมบัติจุลภาค (โมเลกุล) จากนั้นได้พัฒนาทฤษฎีบท H-theorem ของ Boltzmann ยังให้เห็นอีกว่า ในการเปลี่ยนแปลงแบบย้อนกลับไม่ได้ entropy ของระบบจะเพิ่มค่าเสมอ Einstein เรียกหลักการนี้ว่า หลักการของ Boltzmann

ขณะดำรงตำแหน่งอาจารย์ในสังกัดมหาวิทยาลัย Vienna Boltzmann ผู้มีรูปร่างอ้วนกลมเหมือน Santa Claus เพราะ มีใบหน้ากลม ใบหูใหญ่ เคราแดง ผมหยักศกสีน้ำตาล สวมแว่นตา สายตาสั้น อารมณ์เคร่งขรึม และท่าทางเป็นผู้แก่เรียน เป็นคนที่มีจิตเมตตาต่อศิษย์มาก เพราะใจดีในการให้คะแนน ศิษย์ทุกคนจึงรัก Boltzmann และมีศิษย์เก่งหลายคน เช่น Paul Ehrenfest, Svante Arrhenius กับ Walther Nernst (รางวัลโนเบลเคมีปี 1903 และ 1921 ตามลำดับ) และ Lise Meitner (ผู้อธิบายปรากฏการณ์ fission ในนิวเคลียสเวลารับ nucleus เข้าไป) ซึ่งศรัทธาใน Boltzmann

มาก ว่าเป็นนักฟิสิกส์ในอุดมคติ ผู้มีความเชื่อมั่นว่าวิชาฟิสิกส์สามารถใช้หาความจริงในธรรมชาติได้หมด

ในด้านความเป็นครู Boltzmann สอนฟิสิกส์ชัดเจนและสนุก ในการแสดงปาฐกถาเกียรติยศเนื่องในโอกาสที่เข้ารับตำแหน่งศาสตราจารย์แทน Joseph Stefan ที่มหาวิทยาลัย Vienna หอประชุมมีคนเข้าฟังการบรรยายกว่า 600 คน หลายคนต้องยืนฟัง หลังจากการบรรยาย จักรพรรดิ Franz Joseph แห่งอาณาจักรออสเตรียทรงโปรดให้ Boltzmann เข้าเฝ้าที่พระราชวังเป็นการส่วนพระองค์ เพื่อทรงแสดงความยินดี

นอกจากจะชอบสอนหนังสือแล้ว Boltzmann ยังชอบเขียนบทความวิทยาศาสตร์ให้สังคมอ่านในคอลัมน์ Populäre Schriften ด้วย

ด้านชีวิตครอบครัว Boltzmann เป็นพ่อที่รักลูก และชอบอธิบายวิทยาศาสตร์ให้ลูกฟัง เช่น ได้เล่าเรื่องการเดินทางรอบโลกของ Darwin ด้วยเรือรบหลวง Beagle ประสบการณ์ได้จากการจินตนาการ จนสามารถสร้างทฤษฎีวิวัฒนาการได้ ในความรู้สึกส่วนตัวนั้น Boltzmann ศรัทธาทฤษฎีของ Darwin มาก จนภรรยาถามเชิงว่า จะสามารถอธิบายความรักที่เขามีต่อเธอได้หรือไม่ ด้วยทฤษฎีวิวัฒนาการของ Darwin

ภรรยาของ Boltzmann รู้ดีว่า จิตใจและอารมณ์ของสามีเธออ่อนไหวและเปราะบางมาก รวมถึงเป็นโรค bipolar ด้วย เพราะเวลามีใครมาดูแคลนทฤษฎีโมเลกุล Boltzmann จะมีอาการซึมเศร้า เธอจึงได้ขอร้องสามีให้พักผ่อนบ้าง ดังนั้นในปี 1903 Boltzmann จึงเดินทางไปอเมริกาและได้เขียนบทความเรื่อง Reise eines Deutschen Proffessors in Eldorado (การเดินทางของศาสตราจารย์เยอรมันคนหนึ่งในอาณาจักรทองคำ ซึ่งเป็น California)

ในขณะที่มีการประชุมฟิสิกส์ ณ เมือง St.Louis ประเทศสหรัฐอเมริกา Boltzmann ไม่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมประชุม เพราะที่ประชุมมีความเห็นต่อต้านทฤษฎีของ Boltzmann อย่างรุนแรง ปี 1905 จึงเป็นเวลาที่ Boltzmann มีอาการซึมเศร้ามาก จึงนำครอบครัว ซึ่งประกอบด้วยภรรยาและลูกสาวไปพักผ่อนที่หมู่บ้าน Duino ที่ตั้งอยู่ใกล้เมือง Trieste บนฝั่งของทะเล Adriatic ในประเทศอิตาลี ขณะภรรยาและลูกกลับจากว่ายน้ำมา ถึงบ้านพักก็ได้พบว่า Boltzmann ได้ผูกคอตายแล้ว ด้วยความตรอมใจ เมื่อวันที่ 5 กันยายน 1905 สิริอายุ 62 ปี เป็นการจบชีวิตของอัจฉริยะผู้ได้พยายามอธิบายที่มาของกฎข้อที่สองของวิชา Thermodynamics ด้วยการใช้แนวคิดเรื่องสถิติของอนุภาคจำนวนมาก และถูกต่อต้านโดย “ผู้รู้” ทั้งหลายอย่างรุนแรงว่า เป็นความคิดที่เหลวไหล

หลุมฝังศพของ Boltzmann ที่มีแผ่นจารึกสูตร S = k ln W

ภาพจาก Ayushphy Cosmological

บนหลุมฝังศพของ Boltzmann มีป้ายที่จารึกสูตร S = k ln W เป็นอนุสรณ์ที่ระลึกถึงนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่คนนี้

ในระหว่างที่เกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 ข้อมูลเอกสารฉบับของ Boltzmann ถูกเผาทำลาย บันทึกที่เหลือได้ถูกนำไปเขียนเป็นภาษาชวเลข โดยหลานสาวของ ชื่อ Ilse Fasol - Boltzmann

ในปี 1998 Carlo Cereignani ได้เรียบเรียงหนังสือ “Ludwig Boltzmann: The Man Who Trusted Atoms” ซึ่งจัดพิมพ์โดย Oxford University Press ได้กล่าวถึงอิทธิพลของ Boltzmann ที่มีต่อ Einstein และ Planck รวมถึงอิทธิพลของ Maxwell และ Gibbs ที่มีต่อ Boltzmann ด้วย ว่า Boltzmann คือ คนที่ได้เชื่อมโยงความคิดเรื่องทฤษฎีโมเลกุลของ Maxwell ให้ต่อเนื่องกับ Einstein สร้างทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบ Brown หนังสือนี้ยังกล่าวถึงความสามารถในการเขียนเรียงความของ Boltzmann ด้วยว่า เคยเขียนเรื่อง Beethoven im Himmel (บีโทเฟ่นในสวรรค์) ซึ่งได้เล่าว่าขณะ Boltzmann อยู่บนสวรรค์เขาได้ยินเสียงเพลง คนตรีเล่น Beethoven บรรเลง ซึ่งเขาเชื่อว่า พระเจ้าได้ทรงมีบัญชาให้บรรดาทูตสวรรค์ร้องเพลงของ Beethoven ให้เขาฟัง

แต่หนังสือนี้ก็มิได้เจาะลึกถึงวินาทีสุดท้าย ก่อนที่ Boltzmann จะปิดฉากชีวิตของตนเองว่า กำลังคิดอะไรอยู่ และเหตุใดจึงทำเช่นนั้น

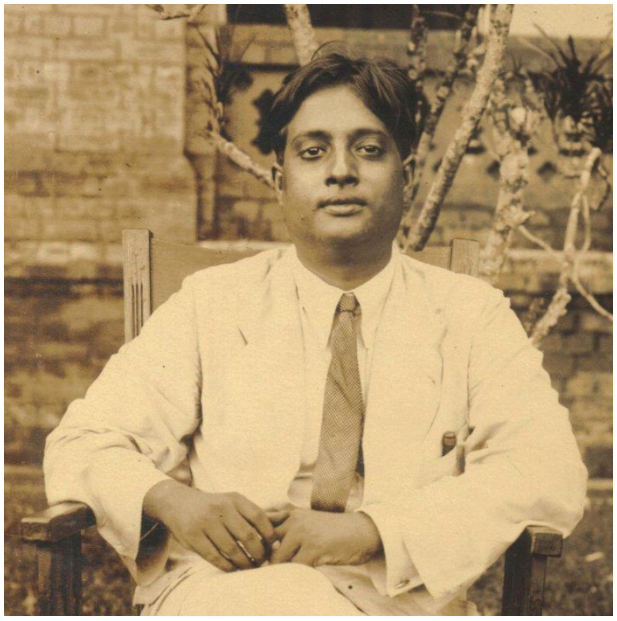
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Boltzmann, L. (1974). The second law of thermodynamics. p. 20

2. Uffink, Jos (2022), "Boltzmann's Work in Statistical Physics", in Zalta, Edward N. (ed.), The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2022 ed.), Metaphysics Research Lab, Stanford University, retrieved 28 May 2024

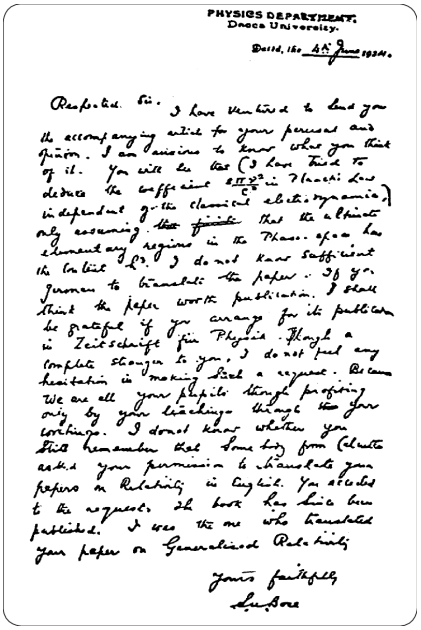
Satyendra Nath Bose (สัตเยนทระ นาถ โบส)

นักฟิสิกส์ทฤษฎีชาวอินเดีย ผู้พบสถิติใหม่แบบ Bose-Einstein



Satyendra Nath Bose ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อวันที่ 4 มิถุนายน ปี 1924 Satyendra Nath Bose รองศาสตราจารย์วัย 30 ปี แห่งมหาวิทยาลัย Dacca ในแคว้น Bengal ทางทิศตะวันออกของอินเดียได้ส่งงานวิจัยที่เขาเพิ่งทำเสร็จ ไปให้ Albert Einstein ซึ่งในเวลานั้นครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Berlin ในประเทศเยอรมนีอ่าน และได้แนบจดหมายแนะนำตนไปด้วยว่า



PHYSICS DEPARTMENT,
Dacca University.

Dated, the 4th June 1924.

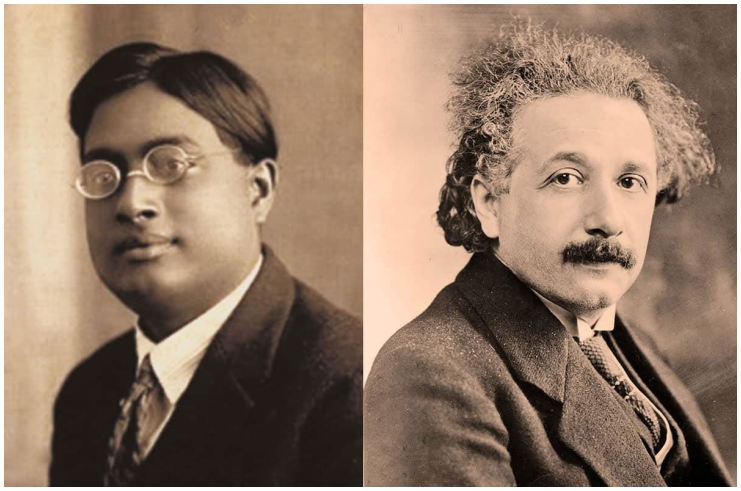
Respected Sir, I have ventured to send you the accompanying article for your perusal and opinion. I am anxious to know what you think of it. You will see that (I have tried to deduce the coefficient $\frac{8\pi\nu^2}{c^3}$ in Planck's Law independent of the classical electrodynamics,) only assuming that the elementary regions in the Phase-space has the extension h^3. I do not know sufficient German to translate the paper. If you think the paper worth publication, I should be grateful if you arrange for its publication in Zeitschrift für Physik. Though a complete stranger to you, I do not feel any hesitation in making such a request. Because We are all your pupils through profound admiration by your teachings through your writings. I do not know whether you still remember that some boy from Calcutta asked your permission to translate your papers on Relativity in English. You acceded to the request. The book has since been published. It was the one who translated your paper on Generalised Relativity

Yours faithfully
Sd/- Bose

จดหมายที่ Bose เขียนถึง Einstein เมื่อปี 1924 ภาพจาก www.researchgate.net

ท่านศาสตราจารย์ที่นับถือเป็นอย่างสูง

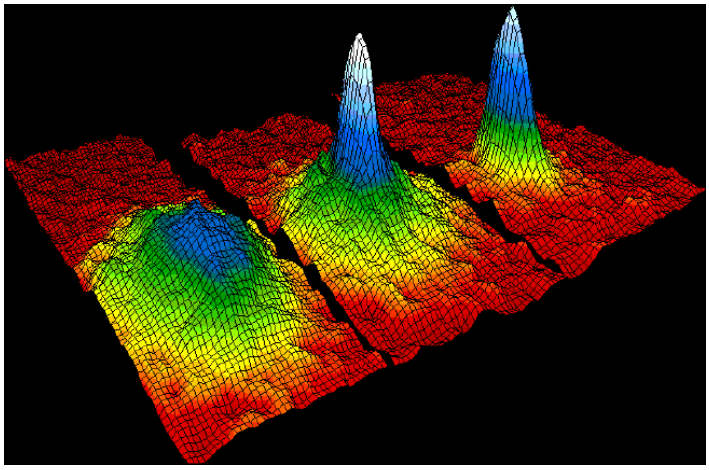
กระผมได้บังอาจเอื้อมส่งงานวิจัยของผมมาพร้อมจดหมายฉบับนี้เพื่อให้ท่านอ่านและใคร่ขอความเห็นว่า ท่านมีความคิดเช่นไรกับผลงานนี้ โดยผมได้คำนวณสัมประสิทธิ์ $8\pi\nu^2/c^3$ ในสูตรของ Planck โดยไม่ได้ใช้ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ใช้เพียงสมมติฐานที่ว่าหน่วยของปริภูมิ phase มีปริมาตรเท่ากับ h^3 (ν คือ ความถี่ c คือ ความเร็วแสง และ h คือค่าคงตัวของพลังค์) กระผมไม่มีความรู้ภาษาเยอรมันดีพอที่จะเรียบเรียงงานวิจัยเรื่องนี้เป็นภาษาเยอรมันได้ ถ้าท่านคิดว่าผลงานชิ้นนี้สำคัญ และควรค่าแก่การได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ กระผมจะยินดีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าท่านจัดการให้งานนี้ลงพิมพ์ในวารสาร Zeitschrift für Physik แม้กระผมจะเป็นคนแปลกหน้าที่ท่านไม่เคยรู้จักมาก่อน แต่ผมก็ใคร่ขอร้องท่านให้ช่วยกระผมด้วย เพราะนักฟิสิกส์ทุกคนล้วนเป็นศิษย์ของท่านที่ท่านได้สอน และพวกเราได้เรียนรู้ฟิสิกส์จากตำรา และงานเขียนมากมายของท่าน.....



Satyendra Nath Bose (ซ้าย) กับ Albert Einstein (ขวา) ภาพจาก physicsworld.com

เมื่อ Einstein ได้อ่านผลงานที่ Bose ส่งมาจบ ก็รู้สึกประทับใจในความคิดของ Bose มาก จึงจัดการแปลงานนั้นเป็นภาษาเยอรมันด้วยตนเอง แล้วส่งผลงานไปให้บรรณาธิการของวารสาร Zeitschrift für Physik พิจารณา โดยได้ตั้งชื่อผลงานว่า “Planck’s Law and the Hypothesis of Light Quanta” (กฎของ Planck และสมมติฐานเกี่ยวกับควอนตัมแสง) ในจดหมายแนะนำผลงานของ Bose ต่อบรรณาธิการ Einstein ได้กล่าวว่า ในความเห็นของข้าพเจ้า วิธีหาสูตรของ Planck ที่ Bose นำเสนอในที่นี้ เป็นผลงานที่สำคัญมาก และวิธีการเดียวกันนี้สามารถนำไปใช้ในทฤษฎีควอนตัมของแก๊สอุดมคติได้ด้วย ซึ่งข้าพเจ้าจะเสนอวิธีประยุกต์เทคนิคนี้อย่างละเอียดในโอกาสหน้า

เพียงหนึ่งสัปดาห์ หลังจากที่ได้ตอบจดหมายของ Bose ในวันที่ 10 กรกฎาคม ปี 1924 Einstein ก็ได้เสนองานวิจัยเรื่อง “On the Quantum Theory of the Monoatomic Gas” ต่อที่ประชุมของ Prussian Academy of Sciences เป็นงานที่ต่อยอดงานวิจัยของ Bose ที่ได้ศึกษาอนุภาคแสงที่ไม่มีมวล แต่ Einstein สนใจแก๊ส ซึ่งประกอบด้วยอะตอมที่มีมวล



การเกิดสสารควบแน่นแบบ BEC เมื่ออุณหภูมิสูงถึงต่ำ (จากซ้ายไปขวา)

ภาพจาก NIST/JILA/CU-Boulder - NIST Image

อีกหนึ่งปีต่อมา Einstein ได้นำเสนอผลงานอีกสองชิ้น ซึ่งได้พยากรณ์ว่าธรรมชาติยังมีสสารอีกสถานะหนึ่ง (นอกเหนือจาก ของแข็ง ของเหลว แก๊ส และพลาสมาที่รู้จักกันแล้ว) แต่ยังไม่มีใครรู้จักสสารสถานะนี้ และยังไม่มีใครเห็น จนอีก 70 ปีต่อมา สสารสถานะใหม่ที่ว่า คือ สารควบแน่นแบบ Bose-Einstein (Bose-Einstein condensate หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า BEC)

งานวิจัยของ Bose ที่แสดงวิธีหาสูตรของ Planck มีประเด็นที่สำคัญ 3 ประการ คือ หนึ่ง รังสีไม่มีมวล แต่มีพลังงาน $h\nu$ และโมเมนตัม $h\nu/c$ สอง Bose ไม่ได้ใช้สมมติฐานเรื่องการสั่นของคลื่นภายในกล่อง และสาม สถิติที่ Bose ใช้ในการหาสูตรของ Planck นั้น เป็นสถิติรูปแบบใหม่ที่เน้นการไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างอนุภาคแสงได้

สถิติที่ Bose นำเสนอ และ Einstein ได้ตบแต่งเพิ่มเติมจนสมบูรณ์ ปัจจุบันเป็นที่รู้จักในนามสถิติแบบโบส-ไอน์สไตน์

S.N. Bose เกิดที่เมือง Kolkata (เดิมชื่อ Calcutta) ในอินเดีย เมื่อวันที่ 1 มกราคม ปี 1894 เป็นลูกชายคนเดียว และบุตรหัวปีของครอบครัว Bose มีน้องสาวร่วมตระกูล 7 คน บิดาเป็นพนักงานบัญชีในสังกัดการรถไฟที่ดินแดน East India (บังคลาเทศในปัจจุบัน) ได้รับการศึกษาตามรูปแบบของอังกฤษ ซึ่งเป็นชาติที่กำลังปกครองอินเดีย การมีบิดาเป็นคนที่รักวิชาการทำให้ Bose มีความสนใจหลากหลาย ตั้งแต่วัยเด็กคือ สนใจทั้งคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และปรัชญา

Bose เติบโตในครอบครัวที่อบอุ่น เพราะมารดาและญาติเป็นคนมีเมตตา แต่พ่อค่อนข้างเข้มงวด เมื่ออายุ 5 ขวบ Bose ได้เข้าเรียนชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนใกล้บ้าน แล้วย้ายไปเรียนต่อที่โรงเรียนสอนศาสนาฮินดูอีก 3 ปีต่อมา เพราะที่นั่นครูสอนดีกว่า ครูที่สอนบอกว่า Bose มีแววของความเป็นอัจฉริยะมาตั้งแต่เด็ก แม้สายตาจะสั้น แต่ Bose ก็ชอบอ่านหนังสือภาษาอังกฤษ สันสกฤต และเบงกอล หรือแม้กระทั่งบทประพันธ์ของ Rabindranath Tagore และ Alfred Lord Tennyson Bose ก็อ่านหมด ส่วนครูคณิตศาสตร์ก็รู้ว่า Bose มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์สูงมาก และคิดว่าในอนาคต Bose จะเป็นคนที่โลกอาจจะรู้จักในนาม Laplace หรือ Cauchy แห่งอินเดีย

เมื่ออายุ 15 ปี Bose เข้าเรียนที่ Presidency College ในนคร Calcutta แม้จะมีความสามารถด้านภาษาและมนุษยศาสตร์ค่อนข้างสูง แต่ Bose ก็ตัดสินใจเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะเชื่อว่า วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นวิทยาการที่สามารถทำให้อินเดียมีความก้าวหน้าทัดเทียมนานาประเทศที่พัฒนาแล้วได้

การตัดสินใจเช่นนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากสาเหตุทางการเมืองด้วย เพราะอินเดียในขณะนั้นเป็นประเทศเมืองขึ้นของอังกฤษ และกำลังต่อสู้ทุกวิถีทางเพื่อเอกราช เช่น ประกาศเลิกซื้อสินค้าต่างชาติ เผาโรงงานทอผ้าของอังกฤษเพื่อทุกคนซื้อผ้าที่คนอินเดีย

ทอเอง และตามถนนหนทางมีการร้องเพลงปลุกใจให้รู้สึกรักชาติ ดังนั้น Bose จึงคิดว่าในฐานะที่ตนเป็นคนมีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นบทบาทเดียวที่ Bose จะสามารถช่วยชาติได้คือ เป็นนักวิทยาศาสตร์

ในปี 1909 ที่ Bose เข้าเรียนที่ Presidency College มีนิสิตที่เรียนเก่งหลายคน ซึ่งล้วนเป็นเพื่อนของ Bose เช่น Magnad Saha (เจ้าของสมการ Saha ในวิชาฟิสิกส์พลาสมา) และคนเหล่านี้ได้เข้าร่วมในขบวนการกู้เอกราชของอินเดียด้วย เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 นิสิตมหาวิทยาลัยบางคนได้หนีออกนอกประเทศเพื่อลอบนำอาวุธจากเยอรมนีเข้าต่างประเทศ แต่ Bose ถูกบิดาห้ามไม่ให้ข้องเกี่ยวกับกิจกรรมการเมืองอย่างเด็ดขาด เพราะเกรงจะเป็นอันตรายถึงชีวิต ทำให้ครอบครัวต้องสูญเสียลูกชายคนเดียวที่เป็นที่พึ่งของทุกคนในครอบครัว Bose เชื่อฟังคำห้ามของบิดา แต่ยังแอบช่วยเพื่อน ๆ ที่มีอุดมการณ์เดียวกันในการกู้เอกราชของชาติ เช่น ให้บ้านพักเป็นที่หลบหนีจากเจ้าหน้าที่ผู้ติดตาม หรือบางครั้งก็แอบให้เงิน และเป็นคนนำสาร ในเวลากลางคืน Bose จะเปิดห้องเรียนสอนหนังสือให้คนมทั่วไป เพราะ Bose เชื่อว่าอินเดียจะยิ่งใหญ่ได้ถ้าประชาชนส่วนใหญ่ได้รับการศึกษา

แม้ Bose จะเป็นลูกที่อยู่ในโอวาทของบิดา แต่ก็ปฏิเสธไม่ฟังคำสั่งห้ามไม่ให้เล่นดนตรี เพราะบิดาคิดว่านอกจากจะทำให้เสียเวลาแล้ว ยังไม่สามารถทำเป็นอาชีพได้ ทั้ง ๆ ที่รู้ว่า Bose ชอบดนตรีเป็นชีวิต และเป็นนักดนตรีที่มีความสามารถรอบด้าน โดยเฉพาะการเล่นขลุ่ย และซอ

Bose สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 19 ปี และปริญญาโทในอีก 2 ปีต่อมา โดยทำคะแนนได้เป็นที่หนึ่งทั้งสองหลักสูตร แต่กระนั้นก็ไม่มีงานให้ทำและไม่มีโอกาสจะเรียนต่อ จึงต้องหาเงินด้วยการเป็นครูสอนพิเศษ ในเวลานั้น มารดาของ Bose

ต้องการให้ลูกชายแต่งงาน ตั้งแต่ Bose ได้เข้าพิธีสมรสกับ Ushabati Ghosh ผู้เป็นบุตรสาวของแพทย์ที่มีฐานะดี และไม่ได้เรียกสินสอดจากครอบครัวเจ้าสาว อีกทั้งไม่ได้ขอเงินพ่อตาไปศึกษาต่อที่เมืองนอก แต่กลับไปสมัครเรียนปริญญาเอกสาขาคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Calcutta เมื่อที่ปรึกษากล่าวตำหนิอาจารย์ที่เคยสอน Bose ในอดีต Bose รู้สึกทนไม่ได้จึงลาออก แล้วไปสมัครงานเป็นครูสอนหนังสือที่โรงเรียนมัธยมในแคว้น Bihar แต่ไม่ได้งาน เพราะคุณวุฒิเกิน การสมัครงานที่สถาบันอุตุนิยมวิทยาก็ไร้ผล ในขณะที่ชะตาชีวิตตกต่ำนี้ Bose ได้งานที่ University College of Science เพราะอธิการบดีสนใจการวิจัยคณิตศาสตร์ และต้องการจัดหลักสูตรการสอนในมหาวิทยาลัยให้ทันสมัย เพราะในช่วงเวลานั้น โลกฟิสิกส์กำลังมีการปฏิวัติที่ยิ่งใหญ่ โดย Planck, Einstein และ Bohr อธิการบดีจึงมอบให้ Bose สอนทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษของ Einstein ทั้ง ๆ ที่ไม่มีตำราที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้ให้ Bose อ่านเลย

Bose จึงขอยืมตำราเยอรมันจากเพื่อนที่เคยเรียนที่เยอรมนี และหัดอ่านภาษาเยอรมัน เพื่อเตรียมตัวสอนหนังสือ

ในปี 1919 เมื่อทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein ได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง คือ แสงจากดาวฤกษ์จะเดินทางเป็นเส้นโค้งขณะผ่านใกล้ขอบของดวงอาทิตย์ Bose ได้แปลผลงานวิจัยของ Einstein เป็นภาษาอังกฤษให้นักวิทยาศาสตร์อินเดียได้รับรู้ทันที

อีก 2 ปีต่อมา Bose ได้ไปประจำที่ Dhaka University ในแคว้นเบงกอลตะวันออก (คือบังคลาเทศในปัจจุบัน) และจัดตั้งภาควิชา โดยการหาตำราที่ทันสมัย และหาอาจารย์ใหม่ ๆ ร่วมมือสร้างห้องปฏิบัติการขั้นสูง โดย Bose เป็นคนสอนวิชาอุณหพลศาสตร์ และทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า แต่สอนได้ไม่ถึงปี ความขัดแย้งระหว่างรัฐบาลอินเดีย

กับผู้บริหารแคว้นเบงกอลก็บังเกิด จากนั้นตำแหน่งอาจารย์ของ Bose ก็ถูกถอดถอน เพราะมหาวิทยาลัยถูกตัดงบประมาณ

ในช่วงเวลาที่สับสนและวุ่นวายนี้ Bose ได้เขียนงานวิจัยที่ทำให้ตนมีชื่อเสียง และส่งไปถึงบรรณาธิการของวารสาร Philosophical Magazine เมื่อต้นปี 1924 และได้รับจดหมายตอบว่า กองบรรณาธิการไม่เห็นด้วยกับเนื้อหาและข้อสรุปที่ Bose เขียน จึงปฏิเสธไม่ลงพิมพ์ให้

Bose ได้ส่งงานวิจัยที่ถูกปฏิเสธนี้ไปให้ Einstein อ่าน เพราะ Saha บอก Bose ว่าได้เห็นงานที่ Einstein กับ Ehrenfest ทำเรื่องอันตรกริยาระหว่างสสารกับรังสี Bose จึงรีบเขียนงานวิจัยชิ้นที่สองเรื่องอันตรกริยาระหว่างสสารกับรังสี และส่งไปให้ Einstein อ่านในเวลาไล่เลี่ยกับการส่งงานชิ้นแรก

ในวันที่ 2 กรกฎาคม ค.ศ.1924 Einstein ได้ส่งโปสการ์ดถึง Bose และบอกว่ากองบรรณธิการได้ตอบรับจะตีพิมพ์ผลงานเผยแพร่ให้ และบอกอีกว่าผลงานของ Bose เรื่องสถิติของรังสี เป็นผลงานที่สำคัญ

คำอวยพรในโปสการ์ดฉบับนั้นทำให้ Bose ได้มีสิทธิลาไปทำผลงานวิชาการเพิ่มเติมเป็นเวลานานสองปี เมื่อเดินทางถึง Paris ในเดือนตุลาคม ค.ศ.1924 ด้วยเงินที่น้อยนิด Bose ได้เช่าห้องราคาถูกอยู่รวมกับนักศึกษาชาวอินเดียคนอื่น ๆ ที่มีหัวรุนแรงและเป็นนักเคลื่อนไหวต่อต้านอังกฤษ Bose ตั้งใจศึกษาหาความรู้ใหม่ ๆ จากห้องปฏิบัติการของ de Broglie และ Marie Curie แต่มาดาม Curie ขอให้ Bose พยายามเรียนภาษาฝรั่งเศสก่อนจะเริ่มทำงานในห้องปฏิบัติการของเธอ เพราะ Curie ได้พูดภาษาอังกฤษไม่คล่อง Bose บอกเธอว่า เขาเรียนภาษาฝรั่งเศสมาประมาณสิบปีแล้ว จะอย่างไรก็ตาม Bose ก็เชื่อเธอ

Bose ได้เขียนจดหมายขอบคุณ Einstein ที่ช่วยแปลงานวิจัย และส่งไปลงพิมพ์ ซึ่ง Bose ได้เห็นงานวิจัยนั้นปรากฏในวารสาร ก่อนเขาจะออกเดินทางจากอินเดีย และได้ขอความเห็นของ Einstein เกี่ยวกับงานชิ้นที่สอง เรื่อง “Thermal Equilibrium in the Radiation Field in the Presence of the Matter” และ Bose ได้จบจดหมายว่า ใคร่จะได้ไปทำงานกับ Einstein เพราะนั่นคือ จะเป็นความฝันสูงสุดที่มีเป็นเวลานานแล้ว

ในวันที่ 3 พฤศจิกายน Einstein ได้ตอบจดหมายของ Bose และบอกยินดีที่จะให้พบในสนทนากัน Bose พร้อมกันนั้นก็บอกว่า งานวิจัยชิ้นที่สองของ Bose ก็ได้รับการตีพิมพ์เช่นกัน แต่มีหลายประเด็นที่ Einstein ไม่เห็นด้วยกับวิธีคิดของ Bose ดังนั้นจึงต้องการจะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในเรื่องที่แตกต่าง เวลาพบกันที่ Berlin หลังจากที่ Bose ได้ฟังข้อคิดเห็นของ Einstein แล้ว เขียนงานวิจัยชิ้นที่สาม เพื่อส่งให้ Einstein อ่านอีก แต่คำวิจารณ์ของ Einstein ทำให้งานชิ้นที่ 2 และ 3 ของ Bose ไม่มีใครสนใจมากเท่างานวิจัยชิ้นแรก

ในเดือนตุลาคม ค.ศ.1925 Bose เดินทางไปพบ Einstein ที่ Berlin และ Einstein ได้แนะนำให้ Bose รู้จักนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงของเยอรมนี เช่น Fritz Haber, Otto Hahn, Lise Meitner และ Walter Gordon ในช่วงเวลานั้นทฤษฎี Quantum เพิ่งถือกำเนิด งานของ Heisenberg และ Schroedinger กำลังทำให้ทุกคนรวมถึง Einstein ด้วย รู้สึกตื่นเต้นมาก แต่การเยี่ยม Einstein ในครั้งนั้นไม่ได้ทำให้ Bose มีผลงานใด ๆ ที่สำคัญเพิ่มเติม

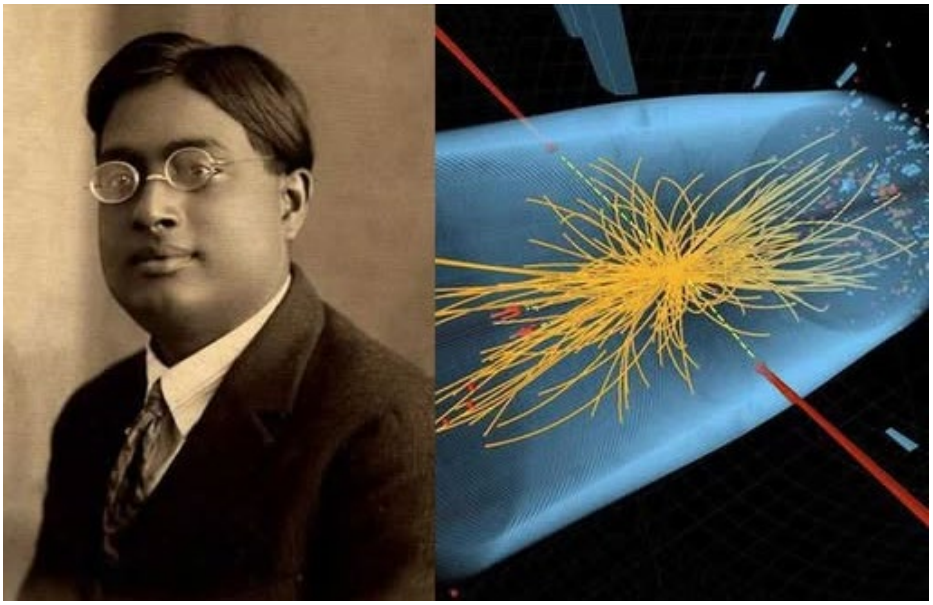
มหาวิทยาลัย Dacca ประเทศอินเดีย เมื่อปี 1950 ภาพจาก Wikipedia Commons

หลังจากเวลาผ่านไปสองปี Bose ได้เดินทางกลับไปเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Dacca และเมื่อมหาวิทยาลัยมีอัตราว่างในตำแหน่งศาสตราจารย์ จดหมายรับรองที่ Bose ได้จาก Einstein, de Broglie และ Langevin ก็ทำให้ Bose ได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย Dacca

ประสบการณ์ที่ห้องปฏิบัติการกล้องของ de Broglie และ Curie ทำให้ Bose ตระหนักในความสำคัญของการทดลองวิทยาศาสตร์ ดังนั้น เมื่อตันฉบับกลับถึงบ้านเกิด Bose ได้หันมาสนใจงานทดลอง โดยได้ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ เอง นอกจากจะสอนหนังสือและคุมวิทยานิพนธ์แล้ว Bose ยังทำงานบริหารเป็นหัวหน้าภาควิชาและคณบดีด้วย ผลงานวิจัยในช่วงนี้ มีทั้งเคมี คณิตศาสตร์ และฟิสิกส์

ในปี 1945 Bose ได้ขอลาออกจากมหาวิทยาลัย Dacca ไปเป็นอาจารย์สอนที่มหาวิทยาลัย Calcutta และได้เกษียณในอีก 10 ปีต่อมา แต่ยังพำนักอยู่ที่ Calcutta จนเสียชีวิตในปี 1974

Bose รัก นับถือ และกตัญญูต่อ Einstein มาก จนตลอดชีวิตของเขา แม้จะไม่ได้รับวีซ่าไปอเมริกาเพื่อเยี่ยม Einstein แต่ Bose ก็ยังระลึกถึงครูเทพของเขาตลอดเวลา



Bose ผู้มีบทบาทสำคัญในการทำนายการมีอยู่จริงของอนุภาค Higgs Boson แต่ก็ไม่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ภาพจาก thebetterindia.com

ความสำเร็จของ Bose แม้จะไม่มากเท่าของ Saha และ Ramann เพราะ Bose เป็นคนที่ให้ความสำคัญกับความคิดที่ดีสุดยอดเท่านั้นจึงจะให้ตีพิมพ์ แต่เขาก็เป็นนักฟิสิกส์อัจฉริยะคนหนึ่งของโลกที่เป็นชาวอินเดีย

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. S.N. Bose: The Man and His Works: Collected Scientific Papers โดย P. Ghose ที่มี C.K. Majumdar เป็นบรรณาธิการในปี 1994

2. Singh, Rajinder (2016) India's Nobel Prize Nominators and Nominees – The Praxis of Nomination and Geographical Distribution, Shaker Publisher, Aachen, pp. 26–27. ISBN 978-3-8440-4315-0

Robert Boyle (โรเบิร์ต บอยล์)

ผู้พบความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซอุดมคติ เมื่ออุณหภูมิของก๊าซคงที่

Robert Boyle ภาพจาก commons.wikimedia.org

ถ้าไม่มี Isaac Newton ในเวลานั้น Robert Boyle ก็จะไม่ได้เป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุด

Robert Boyle เป็นนักเคมี เกิดที่ปราสาท Lismore ที่เมือง Waterford ในไอร์แลนด์ เมื่อปี 1627 (รัชสมัยพระเจ้าทรงธรรม) และเป็นบุตรคนที่ 14 ของท่าน Earl of Cork ซึ่งมีฐานะมั่งคั่งที่สุดในประเทศ จากการมีทำงานทางธุรกิจ แต่บิดาไม่ต้องการให้ Boyle เป็นคนจับจด จึงจัดส่งไปอาศัยอยู่กับครอบครัวชาวนา ตั้งแต่ยังแบเบาะ ทำให้ Boyle ไม่ได้พบหน้าค่าตามารดาบ่อย และแม่ได้เสียชีวิตไปตั้งแต่ Boyle มีอายุสาม

ขวบ บิดาจึงรับ Boyle กลับไปพำนักที่ปราสาท Lismore ซึ่งได้ซื้อจาก Sir Walter Raleigh ซึ่งเป็นนักเดินเรือชาวอังกฤษที่เดินทางรอบโลกเป็นคนที่สอง

Boyle ได้พำนักอยู่กับบิดาจนกระทั่งอายุ 8 ขวบ ไปเรียนหนังสือ ซึ่งเป็นโรงเรียนประจำสำหรับเด็กผู้ชาย ที่ Eton และเรียนได้ดี เพราะมีพรสวรรค์ด้านภาษาโบราณ กรีก และละติน แม้ครูที่ Eton จะสอนดีและความรู้มาก แต่ Boyle ก็ไม่มีความสุข เพราะโรงเรียนมีกฎระเบียบที่เข้มงวด และการลงโทษที่รุนแรง เช่น ถ้าใครคนใดทำผิดหรือประพฤติตนไม่เหมาะสมก็จะถูกโบย กฎเกณฑ์นี้ทำให้ Boyle รู้สึกกลัวจนลนลาน จนเวลาพูดจะมีอาการติดอ่าง

เมื่ออายุ 15 ปี บิดาได้ให้ Boyle เดินทางไปทัศนาจรยุโรป ซึ่งเป็นประเพณีนิยมในสมัยนั้น เพื่อเปิดหูเปิดตาและเพิ่มประสบการณ์ชีวิต Boyle ได้เดินทางไปกับพี่ชายไปเมือง Florence ในประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ Galileo เพิ่งเสียชีวิต เมื่อ Boyle ได้อ่านชีวประวัติกับผลงานของ Galileo ก็รู้สึกประทับใจมาก จนมีความรู้สึกเสมือนว่า Galileo มีความประสงค์จะให้ Boyle เป็นนักวิทยาศาสตร์ และ Boyle ก็ต้องการเช่นนั้น จึงตั้งใจจะทำงานวิทยาศาสตร์เมื่อโตเป็นผู้ใหญ่

ในเวลานั้น Evangelista Torricelli และ Vincenzo Viviani ซึ่งเป็นศิษย์ของ Galileo ได้พบว่าอากาศมีความดัน แต่ไม่ตระหนักว่า อากาศประกอบด้วยแก๊สหลายชนิด เช่น ออกซิเจน และไนโตรเจน Boyle เองก็สนใจเรื่องอากาศ ดังนั้นเมื่อกลับถึงอังกฤษจึงได้ทดลองจนพบว่า ในอากาศมีอะไรบางอย่างที่ช่วยให้ไฟลุกไหม้ได้ และสิ่งนั้นก็สามารถช่วยสัตว์ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วย

ในขณะที่ Boyle กำลังทดลองวิจัยเรื่องนี้ ประเทศอังกฤษกำลังปั่นป่วน เพราะผู้คนออกมาฆ่าและห้ำหั่นกัน การต่อสู้ได้เกิดขึ้นระหว่างสมาชิกสภาผู้แทนราษฎรที่

ต้องการกำจัดระบบกษัตริย์กับสถาบัน บรรดาขุนนางที่จงรักภักดีต่อสถาบัน ครอบครัวของ Boyle เอง ซึ่งมีสมาชิกส่วนใหญ่สนับสนุนกษัตริย์ แต่พี่สาวของ Boyle มีความเห็นแย้ง ด้าน Boyle เองไม่ต้องการจะฝักใฝ่กับฝ่ายหนึ่งฝ่ายใด

ส่วนในประเทศไอร์แลนด์ก็มีคนรักชาติกลุ่มหนึ่งที่ประกาศเป็นกบฏต่อต้านกษัตริย์อย่างโจ่งแจ้ง รัฐบาลอังกฤษจึงได้ส่งกองทหารไปปราบปราม การต่อสู้อย่างรุนแรงทำให้พี่ชายของ Boyle สองคนต้องเสียชีวิต ในที่สุดสงครามกลางเมืองก็ได้ทำให้ฐานะทางการเงินของครอบครัวเริ่มมีปัญหา Boyle จึงต้องไปใช้ชีวิตอยู่อย่างยากลำบากที่เมือง Oxford จนกระทั่งสงครามยุติ เมื่อบิดาเสียชีวิต Boyle ได้รับมรดกเป็นเงินมหาศาล จนทำให้เป็นหนุ่มที่ร่ำรวย จนสามารถอยู่เฉย ๆ ได้โดยไม่ต้องประกอบอาชีพอะไร หรือต้องขวนขวายหาเงินเพิ่มเติม เมื่อมีความมั่นคงด้านฐานะ Boyle ก็ได้ตัดสินใจจะมีอาชีพเป็นนักวิทยาศาสตร์

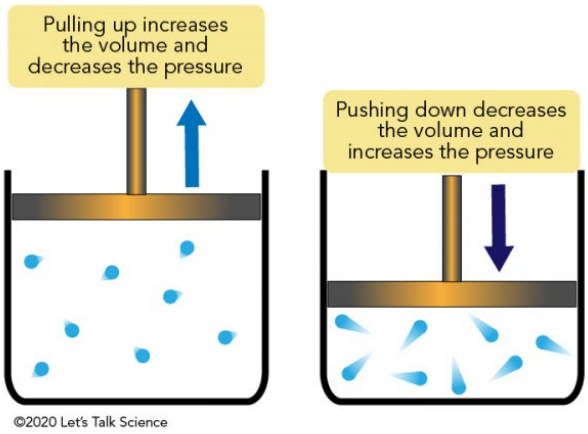
งานวิทยาศาสตร์ชิ้นแรก ๆ ที่ทำ คือ การพยายามค้นหาศิลานักปรัชญา (Philosopher's stone) ที่สามารถแปรธาตุทุกชนิดที่มีค่าน้อย ให้เป็นทองคำได้ การค้นพบที่สำคัญ คือ ได้พบวิธีวิเคราะห์ชนิดของโลหะโดยการเผาไฟ โดย Boyle ได้พบว่าโลหะแต่ละชนิดเมื่อนำไปเผาไฟจะให้เปลวไฟที่มีสีไม่เหมือนกัน เช่น ตะกั่วจะให้แสงสีน้ำเงิน โซเดียมให้แสงสีเหลืองแสด ทองแดงให้แสงสีเขียว และแคลเซียมให้แสงสีแดงส้ม Boyle จึงใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการวิเคราะห์ธาตุที่มีปนในของผสม นี่เป็นการบุกเบิกวิชาเคมีวิเคราะห์ที่มีประโยชน์มาก เพราะชาวยุโรปในสมัยนั้นกำลังคลั่งไคล้ทองคำ และการทดสอบง่าย ๆ นี้ของ Boyle จะทำให้ทุกคนสามารถรู้ได้ว่าอะไรคือทองคำบริสุทธิ์ และอะไรคือทองปลอม (pyrite)

เทคนิคการทดลองลักษณะนี้ทำให้ Boyle ได้พบสารประกอบชนิดใหม่มากมาย เช่น potassium nitrate (saltpeter), potassium aluminum sulfate (alum) และ ferrous sulfate (vitriol) แต่ Boyle ไม่รู้ว่าสารประกอบที่ได้นั้นมีธาตุอะไรเป็นองค์ประกอบบ้าง

ผลงานเหล่านี้ทำให้ Boyle สามารถเข้าใจความหมายและความแตกต่างระหว่างธาตุกับสารประกอบ จึงตั้งคำจำกัดความของธาตุว่าเป็นสิ่งที่ไม่สามารถแยกเป็นอะไรอื่นใดได้อีก แต่สามารถรวมกันเป็นสารประกอบได้ ในทำนองตรงกันข้าม สารประกอบก็สามารถถูกแบ่งแยกออกเป็นธาตุชนิดต่าง ๆ ได้

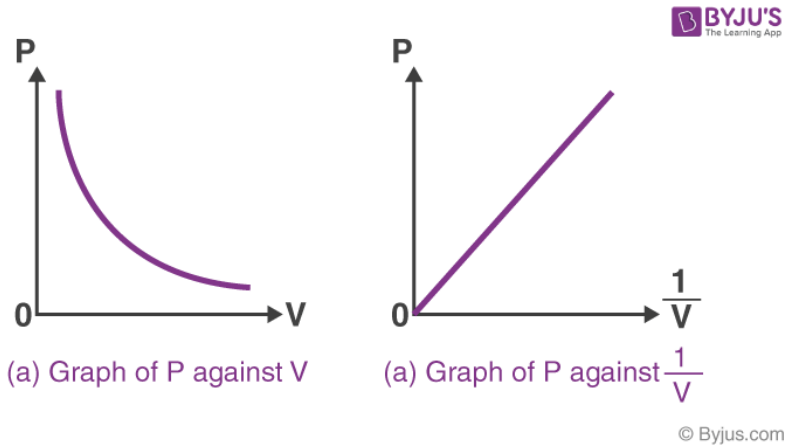
ในปี 1657 Boyle วัย 30 ปี ได้ขอให้ Robert Hooke (ศัตรูคนสำคัญของ Isaac Newton) มาช่วยสร้างปั๊มสูบ-อัดอากาศ งานประดิษฐ์ของ Hooke ชิ้นนี้ ช่วยทำให้ Boyle ได้พบว่า เมื่อสูบอากาศออกจากขวด จนภายในขวดเป็นสุญญากาศ ถ้าปล่อยขนนก และเหรียญให้ตกภายในขวดพร้อมวัสดุทั้งสองชนิดจะตกถึงก้นขวดในเวลาเดียวกัน

การทดลองของ Boyle และ Hooke ยังแสดงให้เห็นอีกว่า อากาศเป็นสารที่สามารถบีบอัดและขยายได้



การทดลองของ Boyle ในการอัดก๊าซ ภาพจาก letstalkscience.ca

ในปี 1662 Boyle ได้ทดลองพบว่า เวลาอัดอากาศ ปริมาตรอากาศจะลด แม้มวลของอากาศนั้นจะยังคงเดิม แต่ความดันของอากาศจะเพิ่ม ถ้าอุณหภูมิของอากาศในขณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลง Boyle จึงได้แถลงผลการทดลองของเขาเป็นกฎว่า ถ้าอุณหภูมิของอากาศคงตัว (คือ ไม่เปลี่ยนแปลง) ปริมาตรของอากาศจะแปรผกผันกับความดันที่กระทำต่ออากาศนั้น นั่นคือ ถ้าความดันเพิ่ม ปริมาตรจะลด และถ้าความดันลด ปริมาตรจะเพิ่ม



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซ เมื่ออุณหภูมิคงตัว

ภาพจาก byjus.com

แต่กฎนี้ไม่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ เลย ดังที่ Samuel Peppys ซึ่งเป็นนักประวัติศาสตร์คนสำคัญของอังกฤษได้บันทึกว่า เมื่อสมเด็จพระเจ้า Charles ที่ 2 ทรงทราบว่า บรรดานักวิทยาศาสตร์แห่งสมาคม Royal Society ของอังกฤษ เวลาเข้าประชุม ไม่ได้ทำอะไรนอกจากเอาอากาศมาทดลองเล่น ด้วยการเปลี่ยนปริมาตรอากาศ พระองค์จึงทรงพระสรวล อันที่จริง กฎของ Boyle มีความสำคัญยิ่งกว่านั้น คือ ได้แสดงให้ทุกคนเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงทุกอย่างที่พบในธรรมชาติเป็นไปตามกฎเกณฑ์

มีอยู่ครั้งหนึ่งที่ Boyle ได้ไปฟังคำบรรยายของ Francis Bacon และสามารถจับประเด็นได้ว่า Bacon ตระหนักในความสำคัญของการทดลองวิทยาศาสตร์ โดยได้เน้นให้นักวิทยาศาสตร์บันทึกข้อมูลทุกตัวอย่างรอบคอบในทุกขั้นตอน ประสบการณ์เหล่านี้ทำให้ Boyle สามารถนำความคิดมาเรียบเรียงลงในหนังสือ “The Sceptical Chymist” เมื่อปี 1661 ซึ่งชื่อของหนังสือนี้มีความหมายว่า Boyle กำลังสงสัยในความมีเหตุผลของวิทยาการเล่นแร่แปรธาตุ ที่มีแต่เรื่องลึกลับ ปาฏิหาริย์ และมหัศจรรย์ โดย Boyle ได้ชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างวิชาเคมีกับวิชาแพทยศาสตร์ โดยใช้ตัวละครสามคน (ตามสไตล์การเขียนของ Galileo) มาถกเถียงเชิงวิชาการกัน แต่ความแตกต่างระหว่าง Boyle กับ Galileo อยู่ตรงที่ Galileo เขียนให้ Simplicio ซึ่งเป็นคนที่สนับสนุน Aristotle เป็นไอ้โง่ แต่ Boyle เรียก Simplicio ในหนังสือที่เขียนอย่างรุนแรงว่า ไอ้ควาย

กฎของ Boyle ได้ทำให้คนทั้งหลายตั้งประเด็นสงสัยว่า อากาศประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง Boyle เองคิดว่า อากาศประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กที่ล่องลอยไปมาในที่ว่าง ดังนั้นเราจึงสามารถอัดและขยายอากาศได้ นอกจากนี้อากาศก็มีสมบัติยืดหยุ่น

แต่นักวิชาการส่วนใหญ่ไม่สนใจในความคิดนี้ เพราะไม่มีใครเคยเห็นอนุภาคที่ Boyle อ้าง แต่ในสวิตเซอร์แลนด์ มีนักคณิตศาสตร์คนหนึ่งชื่อ Daniel Bernoulli ซึ่งศรัทธาวิธีคิดของ Boyle มาก จึงได้นำความคิดนี้ไปสร้างทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เพื่ออธิบายที่มาของกฎของ Boyle

ตามปกติ Boyle ไม่ชอบการเมือง และเป็นคนเคร่งศาสนานิกาย Protestant มาก ฐานะที่ร่ำรวยทำให้ Boyle สามารถอุทิศเงินเพื่อส่งเสริมศาสนาได้ และได้สนับสนุนให้มีการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในคัมภีร์ไบเบิลให้คนทั่วไปเข้าใจ นอกจากนี้ Boyle ยังอุทิศเงินสนับสนุน Halley ในการจัดพิมพ์ตำรา Principia ของ

Newton ในปี 1687 ด้วย เพราะตระหนักว่าความรู้วิทยาศาสตร์ของ Newton เป็นสิ่งประเสริฐที่คนทั่วไปสมควรรู้

แต่ความใจดีของ Boyle ในบางเรื่องก็ได้ทำให้ถูกโกง เพราะมักมีคนมาหา Boyle เพื่อขอเงินเดินทางไปติดต่อกับปราชญ์ตะวันออก และสัญญาจะนำสารละลาย alkahist ที่สามารถละลายสรรพสิ่งได้มาให้ และหลังจากที่ได้เงินไปแล้ว คนนั้นก็หายสาบสูญไป

Boyle เสียชีวิตในปี 1691 สิริอายุ 64 ปี บุคคลสำคัญที่มีชีวิตร่วมรุ่นกับ Boyle ได้แก่ Galilei Galileo ซึ่งเสียชีวิตขณะ Boyle อายุ 15 ปี นักดาราศาสตร์ Jean-Dominique Cassini ผู้พบช่องว่างในวงแหวนรอบดาวเสาร์ มีอายุมากกว่า Boyle 2 ปี Christian Huygens นักฟิสิกส์ผู้พบดวงจันทร์ Titan ของดาวเสาร์ มีอายุน้อยกว่า Boyle 2 ปี Blaise Pascal นักคณิตศาสตร์ผู้พบทฤษฎีความเป็นไปได้ มีอายุมากกว่า Boyle 4 ปี Isaac Newton นักฟิสิกส์ผู้พบแรงโน้มถ่วงอายุน้อยกว่า Boyle 15 ปี Gottfried Leibniz นักคณิตศาสตร์ผู้พบวิชาแคลคูลัส อายุน้อยกว่า Boyle 19 ปี และ Edmond Halley นักดาราศาสตร์ผู้พบดาวหาง Halley อายุน้อยกว่า Boyle 29 ปี

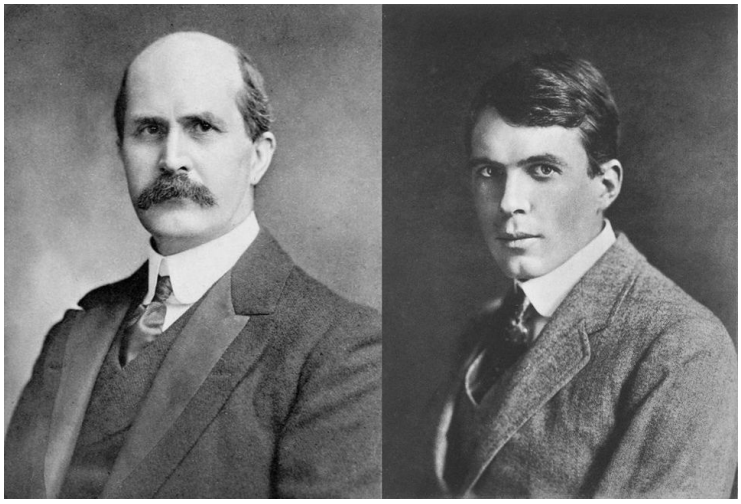
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Aspiring Adept: Robert Boyle and his Chemical Quest โดย Lawrence Principe จัดพิมพ์โดย Princeton University Press ปี 1998

2. "Robert Boyle's prophetic scientific predictions from the 17th century go on display at the Royal Society". Telegraph.co.uk. 3 June 2010. Archived from the original on 12 January 2022. Retrieved 24 February 2016.

William Henry Bragg (วิลเลียม เฮนรี แบร็กก์)
William Lawrence Bragg (วิลเลียม ลอว์เรนซ์ แบร็กก์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1915 จากการบุกเบิกวิทยาการผลึกศาสตร์รังสีเอกซ์



William Henry Bragg กับ William Lawrence Bragg

ภาพจาก www.innovation-intelligence.com

William Henry Bragg เกิดเมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม ปี 1862 ที่เมือง Westward ที่อยู่ใกล้ Lake District ในอังกฤษ ครอบครัวมีฐานะยากจน เพราะบิดา Robert John Bragg หลังเกษียณได้ใช้ชีวิตทำไร่ ส่วนมารดามาจากครอบครัวที่เป็นนักเทศน์ เมื่อ Bragg มีอายุ 7 ขวบ มารดาได้เสียชีวิต พ่อจึงนำไปฝากให้ลุงเลี้ยง เพราะต้องการจะให้ลุงช่วยสอนหนังสือให้ ชีวิตในวัยเด็กของ Bragg จึงเป็นชีวิตที่เงียบสงบ เพราะลุงที่เลี้ยงดูเป็นคนไม่ชอบสังคม

เมื่ออายุ 11 ปี Bragg ได้เข้าเรียนที่ Market Marlborough Grammar School และเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับภาษาต่างประเทศได้ดี แต่สอบวิชาประวัติศาสตร์ตก ถึงชีวิตส่วนใหญ่ของ Bragg จะใช้ไปกับการอ่านหนังสือตามลำพัง แต่ Bragg ก็มีความ

ทะเยอทะยาน และชอบพึ่งตนเอง เพราะมีความมั่นใจในตัวเองสูง และพอใจกับชีวิตเงียบ ๆ

หลังจากที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ลุงต้องการให้ Bragg เรียนต่อที่ King William's College ซึ่งตั้งอยู่ที่เกาะ Isle of Man ทั้ง ๆ ที่บรรยากาศความเป็นอยู่ในโรงเรียนนั้นตึงเครียด เพราะมีรุ่นพี่ที่เข้มงวด และกฎบังคับของโรงเรียนมีมากมาย แต่ Bragg ก็เรียนหนังสือได้ดีมาก โดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ เมื่ออายุ 18 ปี Bragg ได้รับรางวัลการเรียนเป็นตำราแม่เหล็กไฟฟ้าของ James Clerk Maxwell 2 เล่ม การอ่านตำรานี้มีผลทำให้ Bragg ตั้งใจจะเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Oxford หรือ Cambridge

เมื่ออายุ 19 ปี Bragg ได้ทุนการศึกษาไปเรียนคณิตศาสตร์ที่ Trinity College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge โดยได้เรียนกับอาจารย์ที่มีชื่อเสียง คือ E. T. Routh การมีบุคลิกภาพเก็บตัว ทำให้ชีวิตนิสิตของ Bragg ค่อนข้างเหงา และมีเพื่อนไม่มาก

เมื่ออายุ 21 ปี Bragg สอบ Mathematical Tripos ของมหาวิทยาลัยได้ที่สาม จึงเป็น Third Wrangler ความสำเร็จนี้ทำให้ Bragg ได้เข้าฝึกงานวิจัยฟิสิกส์ที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish กับ J.J. Thomson (1856-1940) นักฟิสิกส์รางวัลโนเบลปี 1906 ผู้พบอิเล็กตรอน

วันหนึ่งขณะ Thomson กับ Bragg เดินเล่นในยามเช้า Thomson ได้ปรารภว่ามหาวิทยาลัย Adelaide ในออสเตรเลียกำลังต้องการศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎี และ Thomson คิดว่า Bragg มีโอกาสมากที่จะได้งานนี้ ถ้า Thomson เขียนคำรับรองให้ เมื่อ Bragg ตอบว่าสนใจ ทั้ง ๆ ที่มีคนสมัครงานในตำแหน่งนี้มากถึง 23 คน แต่คำรับรองของ Thomson ก็ได้ทำให้ Bragg วัย 23 ปี ได้งานทำในตำแหน่งศาสตราจารย์

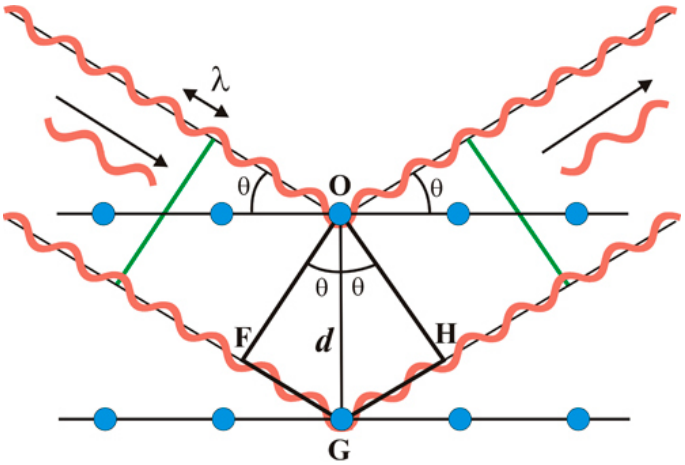
คณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ดังนั้น Bragg จึงเดินทางเรือไปออสเตรเลีย และใช้เวลาขณะเดินทางอ่านตำราฟิสิกส์ตลอดเวลา เพราะรู้ดีว่าตนมีความรู้ฟิสิกส์ค่อนข้างน้อย

ที่ออสเตรเลีย Bragg ได้พบว่ามหาวิทยาลัย Adelaide มีปัญหาเรื่องนิสิตส่วนใหญ่ไม่มีเงินค่าเล่าเรียน และคนที่เรียนฟิสิกส์มีจำนวนน้อย Bragg ได้ใช้เวลานานในการเตรียมการสอน จึงไม่มีเวลาทำงานวิจัยใด ๆ

ที่มหาวิทยาลัยนี้มีนักวิทยาศาสตร์ที่เก่งมากคนหนึ่งชื่อ Charles Todd (1826-1910) ผู้มีชื่อเสียงในฐานะเป็นผู้รับผิดชอบการวางสายโทรศัพท์ข้ามออสเตรเลียจาก Adelaide ถึง Darwin เมื่อ Bragg ได้พบกับ Gwendoline Todd ผู้เป็นลูกสาวของ Charles Todd ทั้งสองได้แต่งงานกัน ขณะนั้น Bragg มีอายุ 27 ปี ครอบครัว Bragg มีลูกสามคน คนแรกชื่อ Lawrence Bragg (ผู้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกับพ่อ) คนที่สองชื่อ Robert Charles และคนที่สามเป็นผู้หญิงชื่อ Gwendolen

เมื่ออายุ 35 ปี Bragg ได้นำครอบครัวกลับไปเยือนบ้านเกิดที่อังกฤษ และได้ข่าวการพบกัมมันตรังสีของ Antoine Becquerel กับการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของธาตุ radium โดย Madame Marie Curie (1867-1934) ข่าวนี้ทำให้ Bragg ซื้อเรเดียมตัวอย่างมาทดลอง และได้ส่งผลการทดลองไปให้ Ernest Rutherford พิจารณา เพราะ Rutherford เป็นนักฟิสิกส์ผู้เชี่ยวชาญกัมมันตรังสีดีที่สุดในเวลานั้น จดหมายตอบของ Rutherford ทำให้ Bragg รู้สึกมีกำลังใจมาก และสนใจจะทำงานวิจัยวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง จนได้ตีพิมพ์งานวิจัยชิ้นแรกเมื่ออายุ 37 ปี จากนั้นชื่อเสียงของ Bragg ก็เริ่มเป็นที่รู้จักมากขึ้น จนอายุ 45 ปี Bragg ได้รับเลือกเป็น Fellow the Royal Society (F.R.S.) และได้รับเชิญให้ไปดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Leeds ซึ่งตั้งอยู่ไม่ไกลจากมหาวิทยาลัย Manchester ที่ Rutherford ทำงาน

หลังจากที่ได้ทำงานในออสเตรเลียเป็นเวลา 22 ปี Bragg ได้ตัดสินใจกลับไปดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย Leeds ส่วนลูกชาย Lawrence Bragg ได้ไปเรียนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Cambridge ขณะสอนอยู่ที่มหาวิทยาลัย Leeds William Bragg ได้โต้เถียงกับ Charles Groves Barkla (1877-1944) แห่งมหาวิทยาลัย London เรื่องธรรมชาติของแสงว่า แสงเป็นคลื่นหรือเป็นอนุภาค เพราะ Bragg คิดว่า แสงเป็นอนุภาค แต่ Barkla คิดว่าแสงเป็นคลื่น

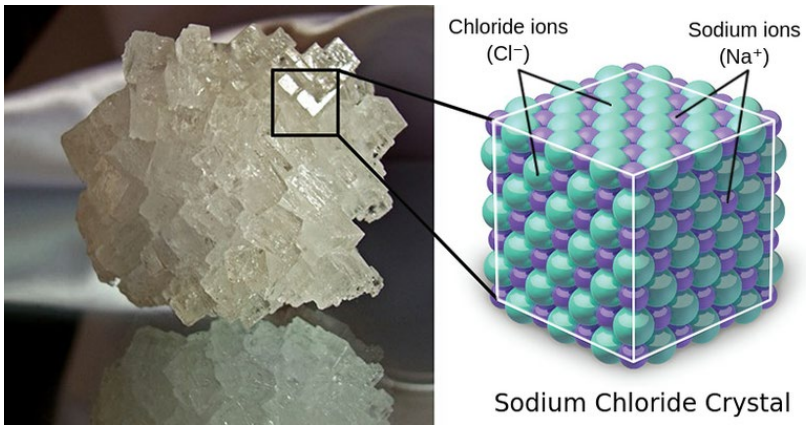


กฎของ Bragg $n\lambda = 2d \sin\theta$

ภาพจาก www.xtal.iqf.csic.es/

เมื่ออายุ 50 ปี Bragg ได้รู้ข่าวว่า Max von Laue (1879-1960) ประสบความสำเร็จในการแสดงปรากฏการณ์เลี้ยวเบนรังสีเอกซ์โดยผลึก ในทำนองเดียวกับแสงทั่วไปที่สามารถแสดงปรากฏการณ์เลี้ยวเบนได้ โดยให้แสงผ่านหรือกระทบ grating แต่ grating เป็นวัสดุ 2 มิติ ในขณะที่ผลึกเป็นวัสดุใน 3 มิติ นอกจากนี้ สมการของ Laue ที่ใช้คำนวณโครงสร้างของผลึกก็ยุ่งยากและซับซ้อนมาก Bragg จึงออกแบบอุปกรณ์ชื่อ Bragg diffractometer เพื่อใช้วัดความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์โดยใช้ผลึก และได้ทำงานร่วมกับ Lawrence Bragg ผู้เป็นลูกชาย ในการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกเกลือแกงจนรู้ว่า อะตอมโซเดียมและคลอรีนในผลึกมีการเรียงตัวแบบลูกบาศก์ นอกจากนี้ก็ยังได้พบ

กฎของ Bragg ที่ว่า n λ= 2d sin θ เมื่อ n คือ จำนวนเต็ม λ คือ ความยาวคลื่น d คือ ระยะห่างระหว่างระนาบของอะตอม θ คือ มุม Bragg ผลงานนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์รู้ว่า เหตุใดเพชรจึงแตกต่างจากถ่าน ทั้ง ๆ ที่ทั้งสองสารประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนชนิดเดียวกัน



เกลือแกง กับโครงสร้างผลึกเกลือแกง

ภาพจาก Blausen Medical Communications, Inc.

ผลงานนี้ทำให้ทั้ง William และ Lawrence Bragg ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1915 แต่ William Bragg ไม่ได้เดินทางไปรับรางวัลที่ Stockholm ด้วยตนเอง เพราะในช่วงเวลานั้น เขากำลังวิจัยเรื่องวิธีตรวจจับเรือดำน้ำให้กองทัพเรือ

เมื่ออายุ 53 ปี William Bragg ได้ลาออกจากมหาวิทยาลัย Leeds เพื่อไปรับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่ University College แห่งมหาวิทยาลัย London และได้จัดตั้งศูนย์วิจัยผลึกศาสตร์ที่ London โดยมีนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ที่เก่ง เช่น A. Müller, G. Shearer, J. D. Bernal และ K. Longsdale มาร่วมทำงานด้วย Bragg ได้รับเหรียญ Rumford ของสมาคม Royal Society เมื่ออายุ 54 ปี

เมื่ออายุ 58 ปี Bragg ได้รับโปรดเกล้าฯ ให้ดำรงตำแหน่งท่าน Sir และเมื่อ Sir James Dewar (1842-1923) ซึ่งเป็นผู้อำนวยการของ Royal Institution ถึงแก่กรรม

คณะกรรมการของสถาบันได้ตั้งใจจะเชิญ Rutherford มาเป็นผู้อำนวยการแทน แต่ Rutherford ต้องการทำวิจัยที่มหาวิทยาลัย Cambridge มากกว่า Rutherford จึงเสนอให้กรรมการติดต่อเชิญ William Bragg วัย 61 ปี และ Bragg ก็ตอบตกลงเมื่อรู้ว่าสถาบัน Royal Institution จะจัดห้องปฏิบัติการส่วนตัวให้

ขณะเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่ Royal Institution บทบาทหนึ่งของศาสตราจารย์ที่นั่น คือ ต้องบรรยายเรื่องวิทยาศาสตร์ให้ประชาชนทั่วไปฟัง Bragg มีพรสวรรค์ประการหนึ่ง คือ สามารถพูดเรื่องยากให้เข้าใจง่ายได้ ดังนั้น เมื่อถึงวันคริสต์มาสของทุกปี Bragg จะบรรยายให้ประชาชนทั่วไปได้ฟังในหัวข้อต่างๆ เช่น “World of Sound” และ “Crystal Structure” โดย Bragg ได้ยึดหลักการบรรยายว่าจะไม่เน้นเรื่องตัวเลขของข้อมูล แต่เน้นเรื่องที่คนฟังสามารถเล่าเรื่องที่ตนได้ยินมาให้คนอื่นรู้เรื่องได้ด้วย

Bragg ทำงานที่ Royal Institution อย่างขยันขันแข็ง และได้เดินไปประชุมที่ Royal Society บ่อย เพราะ Royal Society ตั้งอยู่ห่างจาก Royal Institution ประมาณหนึ่งกิโลเมตร แต่ต้องหยุดพักกลางทางบ่อย เพราะรู้สึกเหนื่อยง่าย

เมื่ออายุ 69 ปี Bragg ได้รับเกียรติยศสูงสุดจากกษัตริย์ George ที่ 5 ให้ครองตำแหน่ง Order of Merit (O. M.) ทั้งๆ ที่มีอายุมากแล้ว Bragg ก็ยังทำงานหนัก โดยอ้างเหตุผลว่า กลัวเป็นคนรู้น้อย

เมื่ออายุ 73 ปี Bragg ได้เข้าครองตำแหน่ง President of the Royal Society (P.R.S.) ทั้ง ๆ ที่ไม่สนใจการเมืองเลย แต่ก็ทำงานบริหารได้ดี

ผลงานเขียนของ Bragg ที่สำคัญ คือ ตำราเรื่อง Studies in Radioactivity by X rays and Crystal Structure และ The Universe of Light Bragg ได้รับปริญญา

ดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์จาก 16 มหาวิทยาลัยทั่วโลก และถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ 10 มีนาคม ปี 1942 ในวัย 79 ปี โดยมีการจัดพิธีศพที่มหาวิหาร Westminster ในลอนดอน

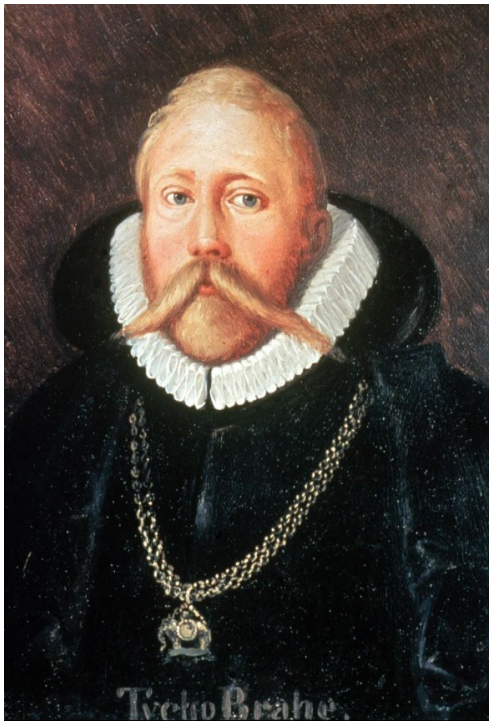
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. William and Lawrence Bragg, Father and Son: The Most Extraordinary Collaboration in Science โดย John Jenkins ซึ่งจัดพิมพ์โดย Oxford University Press ปี 2007 หนา 474 หน้า ISBN 987-0-19-923520-9

2. Stoddart, Charlotte (1 March 2022). "Structural biology: How proteins got their close-up". Knowable Magazine. doi:10.1146/knowable-022822-1. Retrieved 25 March 2022.

Tycho Brahe (ไทโค บราเฮ)

นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์กผู้ยิ่งใหญ่ ซึ่งเป็นอาจารย์ของ Johannes Kepler



Tycho Brahe ภาพจาก Kean Collection/Getty Images

Tycho Brahe เกิดเมื่อวันที่ 14 ธันวาคม ปี 1546 ที่ปราสาท Knutstorp ในเมือง Scania ในสวีเดน ซึ่งเป็นเวลาที่นักดาราศาสตร์ Nicolaus Copernicus ได้เสียชีวิตไปแล้วประมาณ 3 ปี ศิลปิน Michelangelo มีอายุ 71 ปี จักรพรรดิ Suleiman แห่งอาณาจักร Ottoman มีพระชนมายุ 52 พรรษา แพทย์ William Gilbert ผู้ศึกษาธรรมชาติของแม่เหล็กมีอายุ 2 ปี ส่วน Galileo และ Johannes Kepler ยังไม่เกิด จนอีก 18 ปี และ 25 ปีต่อมาตามลำดับ

เด็กหนุ่ม Tycho ซึ่งกำลังสังเกตดูตำแหน่งของดาวต่าง ๆ

ภาพจาก SHEILA TERRY / SCIENCE PHOTO LIBRARY

ในวัยเด็กชื่อ Tycho เป็นภาษาเดนมาร์กว่า Tyge จนกระทั่งอายุ 15 ปี จึงได้เปลี่ยนชื่อเป็นภาษาละตินว่า Tycho บิดาชื่อ Otto เป็นผู้ว่าราชการแห่งเมือง Helsingborg ในเดนมาร์ก (ซึ่งในสมัยนั้นเดนมาร์กอยู่ใต้การปกครองของสวีเดน) มารดาชื่อ Beate เป็นนางสนองพระโอษฐ์ในกษัตริย์เดนมาร์ก ดังนั้นตระกูล Brahe จึงมีฐานันดรศักดิ์สูง เมื่อ Beate ตั้งครรภ์เป็นครั้งแรก แพทย์ตรวจพบว่าเธอกำลังจะคลอดลูกแฝด พ่อจึงสัญญากับพี่ชาย Joergen ว่า จะมอบลูกคนแรกให้เป็นบุตรบุญธรรม เพราะพี่ชายไม่มีทายาท แต่เมื่อลูกแฝดคนน้องเสียชีวิต พ่อแม่ของ Tycho ได้เปลี่ยนใจและคิดจะเก็บ Tycho ไว้เลี้ยงเอง ซึ่งได้ทำให้พี่ชายรู้สึกโกรธมาก จึงขโมยทารก Tycho ไปซ่อนที่ปราสาท Hvedborg ในเมือง Funen

แต่ทั้ง พ่อแม่ของ Tycho ก็ไม่ผิดหวัง เพราะในเวลาต่อมา มารดาได้ให้กำเนิดทายาทอีก 9 คน และบิดาก็ได้ยกโทษให้พี่ชาย

Tycho ได้รับการเลี้ยงดูเป็นอย่างดีเหมือนลูกแท้ ๆ ของลุงและป้า ในเวลาต่อมาได้เป็นสมาชิกเพียงคนเดียวของตระกูล Brahe ที่มีชื่อเสียงระดับโลก

เมื่ออายุ 12 ปี ลุงได้ส่ง Tycho ไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัย Copenhagen (ทั้ง ๆ ที่ Tycho มีอายุน้อย แต่ก็สามารถเข้าเรียนได้ เพราะเส้นใหญ่) ลุงหวังให้ Tycho เรียนกฎหมายเพื่อจะได้ถวายงานอย่างใกล้ชิดต่อกษัตริย์ Frederick ที่ 2 เป็นการสืบทอดชื่อเสียงของวงศ์ตระกูล ซึ่ง Tycho ก็ได้ทำตามที่ลุงต้องการ

ขณะเรียนชั้นปีที่ 1 ที่มหาวิทยาลัย Tycho ได้ยินข่าวการทำนายของโหรหลวงว่าจะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงในวันที่ 21 สิงหาคม ปี 1560 ซึ่งก็เกิดจริง Tycho รู้สึกอัศจรรย์ใจมากที่มนุษย์สามารถล่วงรู้เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นบนสวรรค์ได้อย่างแม่นยำ ถึงระดับที่สามารถทำนายเวลาและสถานที่ ๆ เหตุการณ์จะเกิดได้ จึงไปซื้อตำรา Almagest ของ Ptolemy และตำรา Tractatus de Sphaera มาอ่าน แทนที่จะซื้อตำรากฎหมาย

เมื่อลุงทราบข่าวของหลานจึงคิดว่า ความสนใจเรื่องดาราศาสตร์ของ Tycho เป็นเพียงอารมณ์ชั่วคราว และคาดว่าอีกไม่นาน Tycho ก็จะเปลี่ยนใจ ดังนั้นจึงส่งหลานไปเรียนกฎหมายที่มหาวิทยาลัย Leipzig ในเยอรมนี เพื่อให้มั่นใจว่าหลานคนนี้ไม่ “ทรยศ” ลุงได้จ้างคนไปเฝ้าดูการใช้ชีวิตและติดตามการเรียนของ Tycho อย่างใกล้ชิด แต่ Tycho ก็จะแอบไปนั่งดูดาวในยามดึก เวลาคนเฝ้าหลับ นอกจากนี้ก็ยังได้ไปลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วย ซึ่งคนเฝ้าก็ได้พยายามยื้อไม่ให้ Tycho เรียน โดยอ้างว่าหัวหน้าภาคคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Copenhagen เรียนมากจนเสียสติ แต่ Tycho ก็ไม่สนใจใยดีในคำขู่ กลับซื้อหนังสือต้องห้ามของ Copernicus มานั่งอ่านให้เห็นอีกด้วย

เมื่ออายุ 18 ปี Tycho ได้สร้างอุปกรณ์ง่าย ๆ เพื่อใช้ส่องดูดาว และพบว่า แผนที่ดาวฤกษ์ที่นักดาราศาสตร์ในสมัยนั้นใช้มีหลายส่วนไม่ถูกต้อง จึงตัดสินใจทำแผนที่ของดาวฤกษ์ในท้องฟ้าเองเป็นงานค้นคว้าตลอดชีวิต

ข่าวการตัดสินใจนี้มิได้ทำให้ครอบครัว Brahe รู้สึกดีและเป็นสุขเลย เพราะทุกคนตระหนักดีว่าถ้า Tycho ตัดสินใจเรื่องอะไรแล้ว จะไม่เปลี่ยนใจอีกเลย

ระหว่างปี 1563 – 1565 ที่เกิดสงครามระหว่างเดนมาร์กกับสวีเดน Tycho ซึ่งในเวลานั้นมีอายุ 19 ปี ถูกลุงเรียกตัวกลับบ้าน เมื่อกลับถึงบ้านทั้ง ๆ ที่ยังไม่ทันได้สนทนากัน ลุงก็ต้องตามเสด็จกษัตริย์ Frederick ที่ 2 ออกสงคราม ขณะกษัตริย์ทรงม้าข้ามสะพาน เพราะพระองค์ทรงดื่มน้ำจัณฑ์มากและเมา จึงทรงพลัดตกจากหลังม้าลงน้ำ และลุงได้กระโดดลงไปช่วยชีวิตพระองค์ไว้ และลุงเองได้ล้มป่วยด้วยโรคปอดบวม จนเสียชีวิต

เมื่อไม่มีลุง ความกดดัน และการบีบบังคับทางจิตใจก็ไม่มีอีกต่อไป Tycho จึงตัดสินใจเป็นนักดาราศาสตร์ตามที่ใจต้องการ และได้เดินทางไปหาความรู้เพิ่มเติมที่มหาวิทยาลัย Wittenberg กับ Rostock ในเยอรมนี และที่มหาวิทยาลัย Basel กับ Augsburg ในสวิสเซอร์แลนด์ด้วย

ขณะเรียนที่ Wittenberg Tycho ซึ่งเป็นคนที่มีนิสัยชอบวางตัวสูง และภูมิใจว่าเป็นผู้ดี จึงแต่งตัวด้วยเครื่องประดับมากมาย และใส่เสื้อผ้าสีแดง กับสีทอง ซึ่งเป็นสีที่ห้ามคนชั้นต่ำใช้อย่างเด็ดขาด ได้ถูกเพื่อนคนหนึ่งล้อเลียน Tycho ซึ่งเป็นคนอารมณ์ร้อน จึงท้าดวลดาบและดั้งจมูกของ Tycho ถูกดาบฟันจนขาด จึงต้องหาเลี่ยมเงินปนทองคำมาทำจมูกปลอมแทน และ Tycho ได้สวมดั้งเทียมนี้จนตลอดชีวิต

อีกสองปีต่อมา กษัตริย์ Frederick ที่ 2 ทรงโปรดให้ Tycho ดำรงตำแหน่งเป็นบาทหลวงแห่งมหาวิหาร Roskilde ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีบารมีมาก จนไม่ต้องทำงาน แต่ได้เงินเดือน Tycho เข้ารับทำงานนี้ ทั้ง ๆ ที่ Tycho มิได้เคยร่ำเรียนวิชาศาสนาเลย แต่เมื่อเป็นพระราชประสงค์ในกษัตริย์ หรืออาจจะเพราะกษัตริย์ทรงสำนึกผิดที่ได้ทำให้ลุงของ Tycho ตาย จึงทรงพยายามหาวิธีชดใช้ความรู้สึกผิดนั้น นอกจากเหตุผลนี้แล้ว Tycho ยังเป็นปราชญ์ดาราศาสตร์ผู้มีความรู้โหราศาสตร์มากด้วย ดังนั้น จึงสามารถทำหน้าที่โหรหลวงได้ ถ้าได้อยู่ถวายงานใกล้พระองค์

Tycho จึงทุ่มเททำงานดาราศาสตร์ที่ใจรัก และเป็นนักดาราศาสตร์เต็มตัวทั้ง ๆ ที่ไม่มีใครในตระกูลคาดหวังหรือต้องการให้เป็นเช่นนั้นเลย เท่านั้นยังไม่พอ Tycho ยังได้แต่งงานกับหญิงชาวนาที่มีฐานะต่ำต้อยกว่ามากด้วย นี่จึงเป็นการสมรสที่ผิดประเพณีของสังคมในยุคนั้นอย่างร้ายแรง ท่ามกลางเสียงคัดค้านของบรรดาญาติ แต่ Tycho ก็ไม่ฟัง ทำนองยิ่งว่าเหมือนยิ่งยุ เพราะ Tycho รักภรรยาจริง และมีลูกด้วยกันถึง 8 คน

คิดจะทำแผนที่ดาวฤกษ์ให้ดีกว่าแผนที่เก่า Tycho ต้องประสบปัญหามากมาย เช่น ในสมัยนั้นไม่มีใครรู้ว่าดาวฤกษ์ต่าง ๆ อยู่ห่างจากโลกเพียงใด และอยู่ห่างไกลจากกันเพียงใด Tycho จึงต้องวัดระยะทางเหล่านี้ให้ถูกต้องที่สุดด้วยอุปกรณ์ที่ทำเอง (ในสมัยนั้นยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์ใช้) และใช้ตาเปล่าในการสังเกต

ในคืนวันที่ 11 พฤศจิกายน ปี 1572 ขณะ Tycho สำรวจท้องฟ้า เขาเห็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งปรากฏสว่างจ้าในหมู่ดาวค้างคาว (Cassiopeia) เป็นดาวที่ไม่มีใครเคยเห็นมาก่อน เพราะไม่ปรากฏในตำราดาราศาสตร์ใด ๆ เลย Tycho แทบไม่เชื่อสายตา เพราะคิดว่า ตาฝาดจึงเรียกคนใช้มาดู และคนใช้ก็ยืนยัน แม้จะเป็นเวลากลางวัน ทุกคนก็ยังเห็นดาวดวงนี้ว่าสว่างยิ่งกว่าดาวศุกร์ การติดตามสังเกตในเวลาต่อมา ทำให้ Tycho

พบว่า ความสว่างของดาวดวงนี้ได้เพิ่มขึ้น ๆ จนถึงจุดสูงสุด แล้วแสงก็มัวลง ๆ จนดับหายไปในอีก 6 เดือนต่อมา

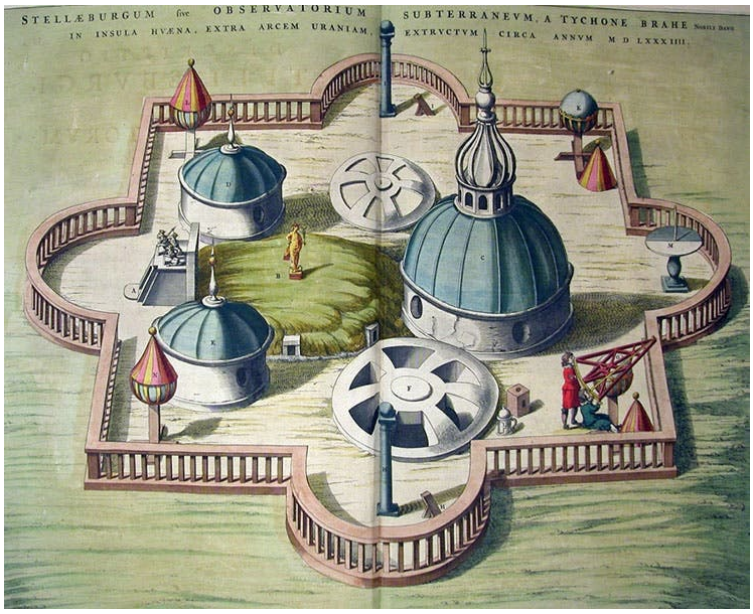
เหตุการณ์นี้แสดงว่า ดาวต่าง ๆ บนสวรรค์มีการเปลี่ยนแปลง จึงนับว่าไม่ตรงกับคำสอนของ Aristotle ที่แถลงว่า สรรพสิ่งบนสวรรค์มีความเป็นอมตะนิรันดร์

คนส่วนใหญ่ในสมัยนั้นคิดว่าดาวดวงนี้เป็นดาวหาง แต่ศิลปิน George Busch เชื่อว่ามันคือดาวหางที่พระเจ้าส่งมาเตือนมนุษย์ มิให้ทำบาป แต่ Tycho ไม่เชื่อว่ามันเป็นดาวหางอย่างแน่นอน เพราะ Aristotle บอกว่า ดาวหางทุกดวงโคจรอยู่ระหว่างโลกกับดวงจันทร์ แต่หลังจากที่ได้จับตาดู เป็นเวลาหลายเดือน ดาวดวงนี้ไม่ได้เลื่อนตำแหน่งเลย Tycho จึงคิดว่า มันจะต้องอยู่ท่ามกลางดาวฤกษ์ดวงอื่น ๆ แน่นอน เทคนิคการวัดระยะทางอย่างง่าย ๆ ทำให้ Tycho รู้ว่า ดาวอยู่ห่างโลกประมาณ 700 เท่าของระยะทางจากโลกถึงดาวเสาร์ (ความจริงดาวอยู่ห่างประมาณ 20,000 ปีแสง และเป็นดาวฤกษ์ที่ระเบิดตัวเองเมื่อถึงเวลาแตกดับ ปัจจุบันเราเรียกดาวระเบิดนี้ supernova)

เมื่อมีข้อมูลใหม่และมีความรู้ใหม่ Tycho จึงเขียนตำราชื่อ De Nova Stella (The New Star) ซึ่งได้ทำให้ Tycho เป็นนักดาราศาสตร์วัย 26 ปี ที่มีชื่อเสียงมาก เพราะได้พบดาวฤกษ์ดวงใหม่ที่ไม่มีใครเคยเห็นมาก่อนในช่วงเวลา 2,000 ปีที่ผ่านมา

หลังจากนั้น Tycho ได้เดินทางไปทั่วยุโรปเพื่อแสวงหาคนอุปถัมภ์โครงการทำแผนที่ดาว และได้ไปบรรยายถวายกษัตริย์ Wilhelm ที่ 4 แห่งเยอรมนี ซึ่งได้ทำให้พระองค์ทรงประทับใจมาก จึงทรงลงนามบันทึกในพระราชสาส์นถึงกษัตริย์ Frederick ที่ 2 ว่า จะต้องไม่ทรงอนุญาตให้ Tycho ไปทำงานในต่างประเทศ นอกจากในประเทศเดนมาร์กเท่านั้น ทั้งนี้เพราะ Tycho คือ มหาสมบัติทรงคุณค่าของชาติ

พระเจ้า Frederick ที่ 2 จึงทรงโปรดให้ Tycho เข้าเฝ้า และทรงตรัสว่า จะเป็นผู้อุปถัมภ์ Tycho เอง ครั้นเมื่อ Tycho ทูลขอสถานที่สำหรับติดตั้งกล้องดูดาว พระองค์จึงทรงประทานเกาะ Hven ให้ เกาะนี้ตั้งอยู่ในทะเลระหว่างสวีเดนกับเดนมาร์ก เป็นเกาะขนาดเล็กที่ Tycho ชอบไปเดินโดยรอบ เพื่อวัดขนาดและพบว่า ต้องเดินถึง 8,160 ก้าว บนเกาะมีผู้คน 40 ครอบครัว และกษัตริย์ทรงประทานเงินมหาศาลให้ Tycho ใช้ก่อสร้างหอดูดาวขนาดใหญ่ที่สุดในยุโรป Tycho จึงได้ใช้ชีวิตเยี่ยงกษัตริย์



หอดูดาวใต้ดิน Stjerneberg ของ Tycho ภาพจาก Linda Hall Library

Tycho ได้สร้างปราสาทชื่อ Uraniborg (ตามชื่อ Urania ผู้เป็นเทพเจ้าแห่งดาราศาสตร์) ที่มี Stjerneberg เป็นหอดูดาวซึ่งมีอุปกรณ์ดาราศาสตร์ครบครัน เช่น sextant, quadrant ขนาดใหญ่ซึ่งสามารถวัดมุมได้ละเอียดถึง 1/60 องศา อีกทั้งมีที่พัก ที่ทำงานของ Tycho กับผู้ช่วย มีห้องน้ำ ห้องปฏิบัติการทดลองเคมี โรงพิมพ์ และห้องสมุดที่มีหนังสือประมาณ 3,000 เล่ม หอดูดาวนี้ได้เป็นศูนย์กลางดาราศาสตร์ของโลก เพราะมี Tycho เป็นหัวหน้า ในเวลาต่อมา Tycho ได้นำเสนอแบบจำลองของเอกภพใหม่ที่แตกต่างจากเอกภพของ Ptolemy กับ Copernicus

ภาพจำลองของหอดูดาว Stjerneberg ที่เกาะ Hven ในทะเลเหนือระหว่างเดนมาร์กและสวีเดน

ภาพจาก วิกิพีเดีย

เพราะ Ptolemy เชื่อว่าโลกคือศูนย์กลางของเอกภพ แต่ Copernicus คิดว่าดวงอาทิตย์ต่างหากที่เป็นศูนย์กลาง ดังนั้น Tycho ซึ่งไม่รู้ว่าใครกันแน่ที่คิดถูก จึงเสนอความคิดใหม่ว่า โลกอยู่นิ่งโดยมีดวงจันทร์และดวงอาทิตย์โคจรไปรอบโลก (ตามแนวคิดส่วนหนึ่งของ Ptolemy) แต่ Tycho ก็ได้นำความคิดของ Copernicus มาใช้ปนด้วย โดยให้ดาวเคราะห์อื่น ๆ เช่น พุธ ศุกร์ อังคาร พฤหัสบดี และเสาร์โคจรรอบดวงอาทิตย์ สำหรับดาวฤกษ์อื่น ๆ ทุกดวงให้ถูกตรึงอยู่บนผิวทรงกลมแก้วที่ล้อมรอบโลก

ในเดือนพฤศจิกายน ปี 1577 (ในปี Galilei Galileo มีอายุ 13 ปี ส่วน Kepler อายุ 6 ปี และ Giordano Bruno อายุ 29 ปี) ได้มีดาวหางดวงหนึ่งปรากฏในท้องฟ้าเป็นเวลานาน 2 เดือน การเฝ้าสังเกตวงโคจรของดาวหางทำให้ Tycho รู้ว่า ดาวหางดวงนี้อยู่นอกวงโคจรของดวงจันทร์รอบโลก และดาวหางได้ทะลุผ่านทรงกลมเอกภพเข้ามาใกล้โลก หรืออีกนัยหนึ่ง Tycho รู้ว่าทรงกลมเอกภพของ Ptolemy ไม่มีในธรรมชาติ

ชะตาชีวิตของ Tycho เริ่มตกต่ำเมื่อกษัตริย์ Frederick ที่ 2 เสด็จสวรรคต และองค์รัชทายาทคือสมเด็จพระเจ้า Christian ที่ 4 เสด็จขึ้นครองราชย์แทน กษัตริย์พระองค์ใหม่ทรงไม่โปรด Tycho เพราะทรงเห็นว่า Tycho เป็นคนหยิ่งจองหอง และชอบสำคัญตัวว่ายิ่งใหญ่ ครั้นเมื่อ Tycho ถูกชาวบ้านบนเกาะ Hven ทูลฟ้องกษัตริย์ว่า Tycho ชอบใช้อำนาจกดขี่ชาวบ้านเยี่ยงทาส กษัตริย์ Christian ที่ 4 จึงทรงยึดเกาะ Hven กลับคืน และไม่ทรงประทานเงินให้ Tycho อีก และทรงโปรดให้รื้อถอนอุปกรณ์ดาราศาสตร์ที่ปราสาท Uraniborg ออก เพื่อนำไปสร้างหอดูดาวใหม่ที่ Copenhagen

Tycho จึงต้องเดินทางออกจากเดนมาร์กในปี 1597 เพื่อไปทำงานที่ออสเตรียในฐานะนักดาราศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ และโหรประจำราชสำนักในจักรพรรดิ Rudolf ที่ 2 แห่งอาณาจักรออสเตรีย และพระองค์ทรงโปรดให้สร้างหอดูดาวที่ Prague เพื่อให้ Tycho สามารถทำงานด้านดาราศาสตร์ต่อไป

Tycho ได้ประกาศหานักดาราศาสตร์ผู้ช่วย มีผู้สนใจมาสมัครมากมาย แต่ Tycho เลือกไว้ได้คนหนึ่งชื่อ Johannes Kepler ซึ่งเป็นหนุ่มวัย 28 ปี ที่มีความเชี่ยวชาญด้านทฤษฎีดาราศาสตร์ และเป็นคนที่มีจินตนาการสูงระดับสุดยอด ความสามารถของ Kepler จึงเติมเต็มความสามารถของ Tycho วัย 53 ปี ซึ่งเป็นนักทดลอง แต่ตลอดเวลา 4 ปีที่ทำงานร่วมกัน ปรากฏว่าคนทั้งสองทำงานเข้ากันได้ไม่ดีนัก

ลุถึงวันที่ 24 ตุลาคม ปี 1601 Tycho ก็ถึงแก่กรรมที่ Prague ศพถูกนำไปฝังที่ Church of Our Lady ใกล้จัตุรัส Old Town Square และจักรพรรดิ Rudolf ที่ 2 ทรงจัดพิธีศพให้อย่างสมเกียรติ ท่ามกลางความสงสัยว่า Tycho ตายเพราะถูกวางยาพิษที่มีปรอทปน แต่บางคนคิดว่า Tycho ตายเพราะบริโภคปรอทเพื่อรักษาโรคซิฟิลิสของตน เพราะได้มีการพบ mercuric chloride ที่เส้นผมของ Tycho ในปริมาณมาก

หลังจากที่ Tycho เสียชีวิตไปแล้ว จักรพรรดิ Rudolf ที่ 2 ทรงสละราชสมบัติในปี 1611 เพราะพระสติฟั่นเฟือน ถึงปี 1619 Kepler ได้อาศัยข้อมูลดาราศาสตร์ส่วนที่เกี่ยวกับดาวอังคารของ Tycho มาสรุปเป็นกฎข้อที่ 3 เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ (Kepler ได้เสนอสองกฎแรกตั้งแต่ปี 1597) ซึ่งเป็นการยืนยันว่าแบบจำลองเอกภพของ Copernicus นั้นถูกต้อง และของ Tycho ซึ่งเป็นนายเก่า ผิด

แผ่นโลหะที่ประดับบนหลุมฝังศพของ Tycho Brahe ณ โบสถ์ Lady of Týn ที่กรุง Prague ประเทศเช็ก ภาพจาก wordpress.com

ปี 1901 เป็นเวลาครบ 3 ศตวรรษที่ Tycho เสียชีวิต ได้มีการขุดศพของ Tycho กับภรรยา Kisstine ขึ้นมา ศพทั้งสองยังมีสภาพดีเพราะถูกเคลือบด้วยน้ำมัน แต่ส่วนที่เป็นจมูกของ Tycho ปรากฏเป็นรูโหว่ เพราะได้มีคนขโมยดั้งจมูกทองคำปนเงินไป

ณ วันนี้โลกดาราศาสตร์มีหลุมอุกกาบาต Tycho crater และ Tycho Brahe crater บนดวงจันทร์และดาวอังคารตามลำดับครับ

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. On Tycho’s Island: Tycho Brahe and his Assistants 1570-1601 โดย John Robert Christianson จัดพิมพ์โดย Cambridge University Press, New York ปี 2000

2. Kaempe, Thykier, Pedersen. "The cause of death of Tycho Brahe in 1601". Proceedings of the 31st TIAFT Congress, Leipzig 1993, Contributions to Forensic Toxicology. Molina Press, Leipzig 1994, pp. 309–315

Giovanni Cassini (จีโอวันนี คัสซีนี)

ผู้พบดวงจันทร์ Titan ที่ใหญ่ที่สุดของดาวเสาร์

Giovanni Cassini ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในขณะที่โลกมีดวงจันทร์บริวารเพียงดวงเดียว และดาวอังคารมีสองดวง (คือ Deimos กับ Phobos ซึ่งพบโดย Asaph Hall (1829-1907) ในปี 1877 ดาวพฤหัสบดีมีดวงจันทร์ 97 ดวง (ที่สำคัญ คือ Io, Europa, Ganymede และ Callisto ที่พบโดย Galilei Galileo (1564-1642) ในปี 1610 ซึ่งตรงกับรัชสมัยสมเด็จพระเอกาทศรถ) ดาว Uranus มีดวงจันทร์ 29 ดวง (ที่สำคัญ คือ Titania และ Oberon ที่พบโดย William Herschel (1738–1822) เมื่อปี 1787) กับดาว Neptune ที่มีดวงจันทร์บริวาร 16 ดวง (ที่สำคัญ คือ Triton ที่พบโดย William Lassell (1799–1880) ในปี 1846 และดวงจันทร์ Nereid ที่พบโดย Gerard P. Kuiper (1905-1973) ในปี 1949)

ดาวจันทร์ 5 ดวง ของดาวยูเรนัส ภาพจาก vocal.media

แต่ดาวเสาร์กลับมีดวงจันทร์มากถึง 274 ดวง ซึ่งมากกว่าจำนวนดวงจันทร์ทั้งหมดที่สุริยะระบบมี ทั้ง ๆ ที่เมื่อ 10 ปีก่อน ดาวเสาร์มีดวงจันทร์เพียง 62 ดวงเท่านั้นเอง โดยมีดวงจันทร์ที่สำคัญ ได้แก่ Titan ที่พบโดย Christiaan Huygens (1629-1695) ในปี 1653 และ Iapetus ที่พบโดย Giovanni Cassini (1625–1712) ในปี 1671 เป็นต้น

การค้นพบดวงจันทร์จำนวนมากถึง 192 ดวง เป็นความสามารถพิเศษของนักดาราศาสตร์นาม Edward Ashton ซึ่งเป็นบุคลากรของสถาบัน Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics ที่ Taiwan ผู้ได้พบดวงจันทร์หลายดวงในปี 2018 หลังจากอาจารย์ที่ปรึกษาได้แนะนำให้เขาทำวิจัยเรื่องนี้ เป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย British Columbia ในแคนาดา

กล้องโทรทรรศน์ Canada–France–Hawaii Telescope (CFHT)

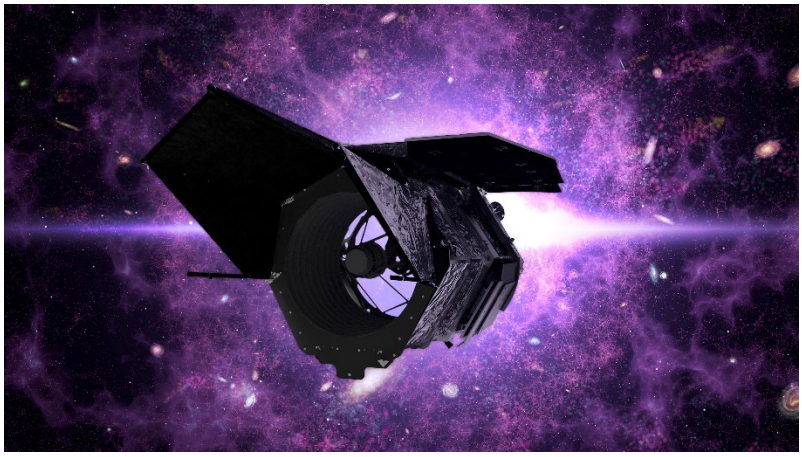
ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในการค้นหาดวงจันทร์ดวงใหม่ ๆ นี้ Ashton ได้ใช้กล้องโทรทรรศน์ชื่อ Canada–France–Hawaii Telescope (CFHT) ที่ติดตั้งบนเกาะ Hawaii ถ่ายภาพอวกาศในบริเวณเดียวกันจำนวน 44 ภาพ โดยใช้เวลา 3 ชั่วโมง ด้วยการใช้หลักการว่า ถ้าในบริเวณนั้นมีดวงจันทร์จริง ดวงจันทร์ก็จะโคจรเปลี่ยนตำแหน่ง ในขณะที่ดาวฤกษ์ทั้งหลายที่อยู่เบื้องหลังจะอยู่กับที่ การนำภาพมาเรียงซ้อนกัน โดยให้เหลื่อมกันเล็กน้อย จะทำให้เห็นเส้นแสงสั้น ๆ นี้เป็นเทคนิคที่มีชื่อเรียกเป็นทางการว่า Shifting and Stacking

การถ่ายภาพติดต่อกันอีกหลายครั้งในเวลาต่อมานานเป็นเดือนและปี ได้ทำให้ทีมวิจัยพบดวงจันทร์ใหม่หลายดวง แม้เทคนิคดังกล่าวนี้จะเคยใช้ในการค้นหาดวงจันทร์ของดาว Neptune และ Uranus มาแล้ว แต่ดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ทั้งสองนี้อยู่ไกลจากโลกยิ่งกว่าดาวเสาร์ ดังนั้นบริเวณที่ใช้สำรวจหาดวงจันทร์ จึงมีพื้นที่น้อยกว่ามาก

Ashton ได้กล่าวเสริมว่า ถ้าทีมวิจัยของเขามีกล้องโทรทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพสูงยิ่งกว่ากล้อง CFHT เช่น กล้อง James Webb Space Telescope (JWST) การค้นหาก็

จะง่ายขึ้น เพราะกล้อง JWST โคจรอยู่ในอวกาศ ดังนั้นการค้นหาดวงจันทร์จะปราศจากการถูกรบกวนโดยบรรยากาศโลก



กล้องโทรทรรศน์อวกาศ Nancy Grace Roman Space Telescope

ภาพจาก GSFC/SVS

แต่ในอนาคต เมื่อ NASA ส่งกล้อง Nancy Grace Roman Space Telescope ขึ้นอวกาศ กล้องนี้มีมุมกล้องใหญ่ การค้นหาดวงจันทร์ของดาวเคราะห์ต่าง ๆ ก็เป็นที่คาดหวังว่าจะสามารถทำได้ดียิ่งขึ้นไปอีก

การรู้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะวงโคจร มวล และขนาดของบรรดาดวงจันทร์บริวาร นอกจากจะทำให้นักดาราศาสตร์รู้ประวัติความเป็นมาของดาวเคราะห์ต่าง ๆ แล้วยังทำให้เรารู้ว่าดวงจันทร์บริวารดวงใด ถือกำเนิดจากดาวเคราะห์ดวงใด

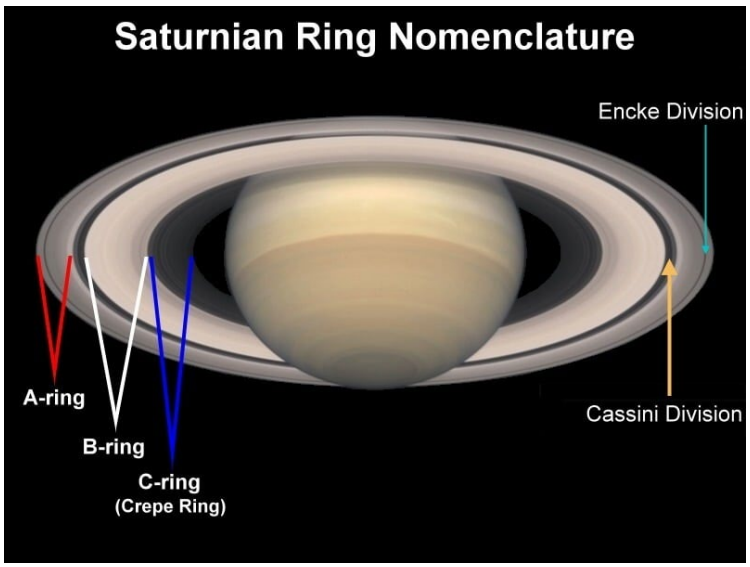
อนึ่งการค้นพบดวงจันทร์ใหม่ ๆ จำนวนนับร้อยดวงของ Ashton ได้นำมาซึ่งคำถามว่าจะมีปัญหาในการตั้งชื่อดวงจันทร์เหล่านี้ แม้คนพบจะเป็นคนที่มีสิทธิ์ตั้งชื่อก็ตาม แต่ก็ยังทำไม่ได้ เพราะนักดาราศาสตร์ยังไม่รู้ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดทางกายภาพของมัน

ดังนั้นนักดาราศาสตร์จึงต้องคอยข้อมูลวงโคจรและมวลของดวงจันทร์ จึงจะตั้งชื่อได้ ดังนั้นในขณะนี้ก็ให้เรียกชื่อของดวงจันทร์เป็นตัวเลขไปก่อน

ประวัติการศึกษาดาวเสาร์และดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์มีความเป็นมาดังต่อไปนี้

ในปี 1610 Galileo Galilei ได้ใช้กล้องโทรทรรศน์สังเกตดูดาวเสาร์ แต่พบว่ารูปทรงมิได้เป็นทรงกลมเหมือนดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ คือ มี “หูสองหู” อยู่ข้าง ๆ เหมือนหูคน การที่เป็นเช่นนี้ เพราะกล้องโทรทรรศน์ที่ Galileo ใช้ในการสังเกตดูนั้น ด้อยคุณภาพ และเลนส์ที่ใช้มีความคลาด (aberration) มาก ดังนั้นภาพดาวเสาร์ที่ถ่ายได้ จึงบิดเบี้ยว

ในปี 1656 Christiaan Huygens (1629-1695) ได้พบว่า “หู” ของดาวเสาร์ที่ Galileo เห็นนั้น แท้จริงคือวงแหวน ซึ่งได้ทำให้ดาวเสาร์ดูโดดเด่นและแปลกจนดูเสมือนเป็นดาวอัญมณีแห่งท้องฟ้า



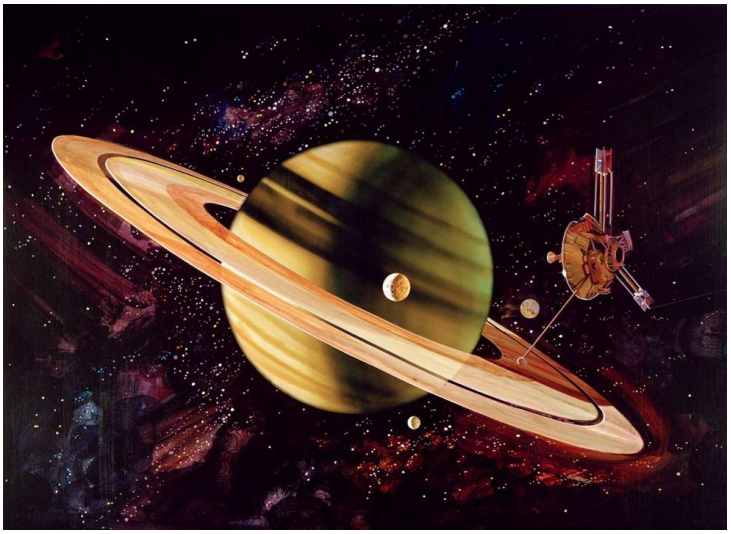
วงแหวน A, B, C และช่องว่าง Cassini กับช่องว่าง Encke วงแหวนของดาวเสาร์

ภาพจาก stargazerslounge.com

ในปี 1675 Giovanni Cassini (1625–1712) ได้พบช่องว่าง Cassini (Cassini Division) มีความกว้างถึง 4,800 กิโลเมตร จนทำให้นักดาราศาสตร์สามารถใช้กล้องธรรมดาสังเกตเห็นช่องว่างนี้ ได้จากโลก แต่ในความเป็นจริงช่องว่างนี้มิได้มีสภาพเป็น

สุญญากาศ เพราะมีอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมากที่มีความหนาแน่นน้อยลอยอยู่ในช่องว่าง ในปี 1837 Johann Encke (1791-1865) นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้พบช่องว่าง Encke กว้าง 325 กิโลเมตร ปรากฏอยู่ในวงแหวนของดาวเสาร์อีกช่องหนึ่ง โดยในช่องว่างนี้มีดาวจันทร์ชื่อ Pan ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 30 กิโลเมตร โคจรอยู่ภายในช่องว่าง

ในเวลาต่อมาการศึกษาธรรมชาติของวงแหวนอย่างละเอียดได้แสดงให้เห็นว่าวงแหวนประกอบด้วยก้อนน้ำแข็ง ก้อนหินใหญ่-น้อย และอุกกาบาตขนาดต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก เกิดจากการแตกแยกสลายตัวของดวงจันทร์ดวงหนึ่งที่นักดาราศาสตร์คาดการณ์ว่ามีขนาดตั้งแต่ 100 ถึง 300 กิโลเมตร เมื่อดวงจันทร์ดวงนี้โคจรเข้าใกล้ดาวเสาร์มากเกินไป เมื่อ 100 ล้านปีก่อน เหตุการณ์นี้ได้ทำให้ดวงจันทร์ถูกทำลายด้วยแรงโน้มถ่วงที่มากมหาศาลของดาวเสาร์จนดวงจันทร์แตกเป็นสะเก็ดเล็ก สะเก็ดน้อยจำนวนมาก กระจัดกระจายกลายเป็นวงแหวนที่มีความหนาไม่สม่ำเสมอ โดยมีความหนาตั้งแต่ 10 ถึง 200 เมตร และไม่ได้เป็นวงแหวนเนื้อตัน ซึ่งสมบัตินี้ James Clerk Maxwell (1831-1879) เป็นผู้ที่ได้พบเป็นคนแรกว่า วงแหวนประกอบด้วยอนุภาคใหญ่-น้อยจำนวนมาก



ภาพวาดแสดงยานอวกาศ Pioneer 11 ที่ถูกส่งขึ้นอวกาศ ไปสำรวจดาวเสาร์ เมื่อปี 1973

ภาพจาก Rick Guidice.

ในปี 1973 NASA ได้ส่งยานอวกาศ Pioneer 11 ขึ้นไปโคจรผ่านดาวเสาร์ที่ระยะใกล้ เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของวงแหวน และศึกษาธรรมชาติของดาวเสาร์ ยาน Pioneer 11 ได้พบดวงจันทร์ Epimetheus ว่า โคจรอยู่ห่างจากดาวเสาร์เป็นระยะทางประมาณ 151,000 กิโลเมตร และมีลักษณะเหมือนมันฝรั่งที่มีขนาด 116x105x80 กิโลเมตร

ในปี 1980-1981 ยานอวกาศ Voyager 1 และ 2 ได้ออกเดินทางไปถ่ายภาพของวงแหวนดาวเสาร์ ยาน Voyager 1 ได้ถูก NASA กำหนดให้ไปสำรวจดวงจันทร์ Titan ที่ระยะใกล้ เพื่อจะได้ศึกษาบรรยากาศเหนือ Titan ว่า มีธาตุอะไรและความหนาแน่นเพียงใด ส่วนยาน Voyager 2 นั้นได้ถูกกำหนดให้โคจรผ่านดวงจันทร์ Enceladus กับ Tethys ของดาวเสาร์ กับให้สำรวจธรรมชาติของสนามแม่เหล็กของดาวเสาร์ด้วย

ในช่วงปี 2004 ถึง 2017 โครงการ Cassini-Huygens ของ NASA ได้ส่งยานอวกาศ Cassini จากโลกเข้าสู่วงโคจรรอบดาวเสาร์ และยานได้เห็นวงพายุรูปหกเหลี่ยมที่ขั้วของดาวเสาร์ด้วย

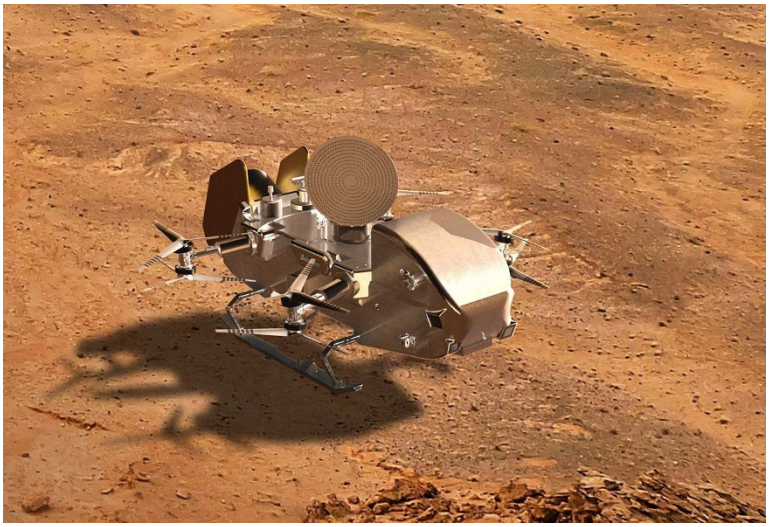
ภาพวาดแสดงบรรยากาศฝน methane ตกบนดวงจันทร์ Titan

ภาพจาก David A. Hardy, AstroArt / NASA.

ในปี 2005 ยาน Huygens ในโครงการ Cassini-Huygens ได้ร่อนลงสำรวจดวงจันทร์ Titan และได้เห็นทะเล methane แผ่นดิน เนินทราย และภูเขาสูง ตลอดจนได้เห็นเกาะในทะเลด้วย

ในช่วงปี 2005-2010 ยาน Cassini ได้สำรวจขั้วใต้ของดวงจันทร์ Enceladus และเห็นน้ำพุที่พุ่งขึ้นจากผิวดวงจันทร์ด้วยความเร็ว 400-800 เมตร/วินาที เป็นระยะทางสูงถึง 100 กิโลเมตร เหตุการณ์นี้ได้ทำให้นักดาราศาสตร์สันนิษฐานว่า ใต้ผิวดวงจันทร์ Enceladus ที่เป็นน้ำแข็ง มีทะเลและมหาสมุทร

ในวันที่ 25 กันยายนของปี 2017 เมื่อยาน Cassini สิ้นสุดภารกิจ ยานได้ทำลายตัวเอง โดย NASA ได้บังคับให้ยานพุ่งชนดาวเสาร์ ทำให้เกิดแรงการเสียดทานระหว่างชั้นบรรยากาศของดาวเสาร์กับผิวยาน Cassini จนยานลุกไหม้



ภาพวาดแสดงโดรนชื่อ Dragonfly ที่กำลังสำรวจผิวดวงจันทร์ Titan ของดาวเสาร์

ภาพจาก NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben

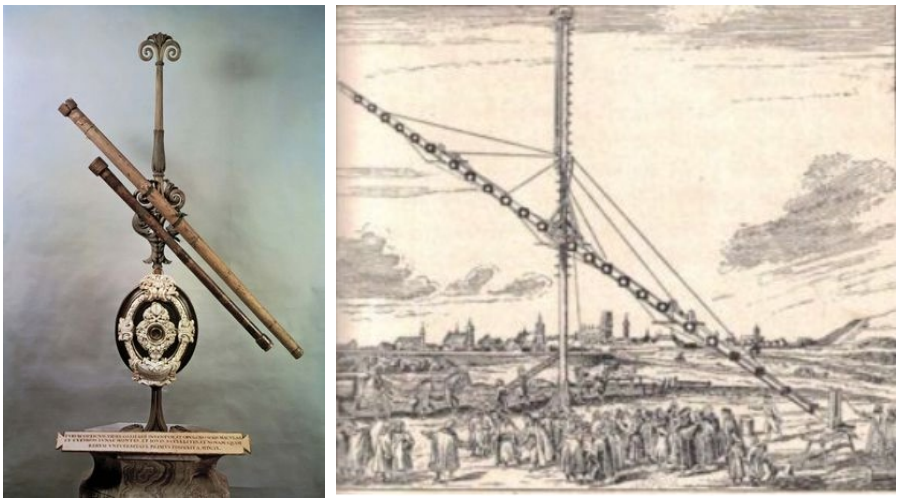
ปี 2030 NASA มีกำหนดจะส่งโดรนชื่อ Dragonfly ไปลงสำรวจดวงจันทร์ Titan

ลำดับเหตุการณ์ประวัติการสำรวจดวงจันทร์ของดาวเสาร์

นักดาราศาสตร์คนแรก ที่ได้เห็นดวงจันทร์ของดาวเสาร์ คือ Christiaan Huygens ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวดัตช์ ที่มีบิดาเป็นกวีผู้มีชื่อเสียง Huygens เกิดที่กรุง Hague ในเนเธอร์แลนด์ จากนั้นได้เข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัย Leiden และได้ไปทำงานที่ Paris ในฝรั่งเศส อีกทั้งเป็นปราชญ์ผู้มีบทบาทมากในการจัดตั้งสถาบัน French Academy of Sciences ของฝรั่งเศสขึ้นในปี 1666 เมื่อได้พบว่า การที่ตนเป็นคริสต์ศาสนิกชนนิกาย Protestant จึงเป็นศัตรูกับชาวฝรั่งเศสที่นับถือคริสต์ศาสนานิกาย Roman Catholics ความขัดแย้งนี้ได้ทำให้ Huygens ตัดสินใจเดินทางกลับบ้านเกิด เพื่อทำงานด้านทัศนศาสตร์ จนมีชื่อเสียงมากทั่วยุโรป จะเป็นรองก็แต่ Isaac Newton (1642–1727) เท่านั้น

ความสำเร็จทางด้านกลศาสตร์ของ Huygens คือ มีผลงานสร้างนาฬิกา pendulum ที่เที่ยงตรง เพราะ Huygens ได้พบว่า ลูกตุ้มเพนดูลัมที่แกว่งไปมา โดยมี

วิถีของลูกตุ้มเป็นส่วนโค้งของวงกลม ถ้าแอมพลิจูดของการแกว่งมีช่วงกว้างมาก คาบการแกว่งจะขึ้นกับมุมแกว่ง จึงทำให้ไม่สามารถใช้ลูกตุ้มทำเป็นนาฬิกาได้และ Huygens ก็ได้ประดิษฐ์ลูกตุ้มรูปแบบใหม่ โดยให้แกว่งไปมาเป็นเส้นโค้ง cycloid ในปี 1657 ทำให้ลูกตุ้มนี้มีคาบการแกว่งที่คงตัว จึงสามารถนำไปสร้างนาฬิกาได้ และนาฬิกาของ Huygens รูปแบบนี้ ก็ได้เป็นนาฬิกามาตรฐานของวงการฟิสิกส์มาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 17



กล้องโทรทรรศน์ของ Galileo (ซ้าย) กับกล้องโทรทรรศน์ของ Huygens (ขวา)

ภาพจาก www.britannica.com และ www.telescopenerd.com

ส่วนผลงานด้านดาราศาสตร์ของ Huygens ที่โดดเด่นมาก คือ ได้ปรับปรุงและดัดแปลงกล้องโทรทรรศน์ของ Galileo จนมีประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้สังเกตดูดาวเสาร์ ทำให้ได้เห็นดวงจันทร์ Titan ที่ใหญ่ที่สุด ในปี 1655 ณ วันนี้นักดาราศาสตร์ได้พบแล้วว่า Titan มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 6,150 กิโลเมตร อยู่ห่างจากดาวเสาร์ 1,222,200 กิโลเมตร และหมุนรอบตัวเอง โดยใช้เวลา 15.945 วัน อีกทั้งเป็นดวงจันทร์ดวงหนึ่งในระบบสุริยะของเราที่น่าจะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้

ความสำเร็จที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของ Huygens คือ การสร้างผลงานฟิสิกส์เรื่องทฤษฎีคลื่นของแสง เมื่อปี 1690 โดยได้พบว่า แสงมีสมบัติของคลื่น คือ สามารถกระจายออก

จากแหล่งกำเนิด เป็นคลื่นที่มีแอมพลิจูด ความถี่ และคาบ เหมือนคลื่นทั่วไป Huygens ยังได้พบอีกว่า ความเร็วของแสงในน้ำมีค่าน้อยกว่าความเร็วของแสงในอากาศ ซึ่งผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคลื่นแสงของ Huygens แต่ทฤษฎีนี้ก็ยังไม่สมบูรณ์ทีเดียวนัก เพราะ Huygens ได้พิจารณาว่าแสงเป็นคลื่นตามยาว (longitudinal wave) จึงไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ polarization ของแสงได้

ด้าน Newton เองมีความคิดว่า แสงมีสมบัติของอนุภาค ความคิดนี้จึงขัดแย้งกับความเห็นของ Huygens แต่ในเวลาต่อมาการทดลองเรื่องการแทรกสอดของแสง โดย Thomas Young (1773-1829) ได้แสดงให้เห็นว่า แสงมีสมบัติของคลื่น แต่ในปี 1905 Albert Einstein (1879–1955) ก็ได้กลับมายืนยันอีกครั้งหนึ่งว่า แสงมีสมบัติของอนุภาค ซึ่งเป็นการยืนยันว่า แสงแสดงสมบัติทั้งของคลื่นและของอนุภาคได้

บุคคลที่สอง ที่ได้ศึกษาดวงจันทร์ของดาวเสาร์ คือ Giovanni Cassini ชาวอิตาเลียน ผู้ถือกำเนิดเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน ปี 1623 ที่ตำบล Perinaldo แห่งเมือง Genoa ในอิตาลี

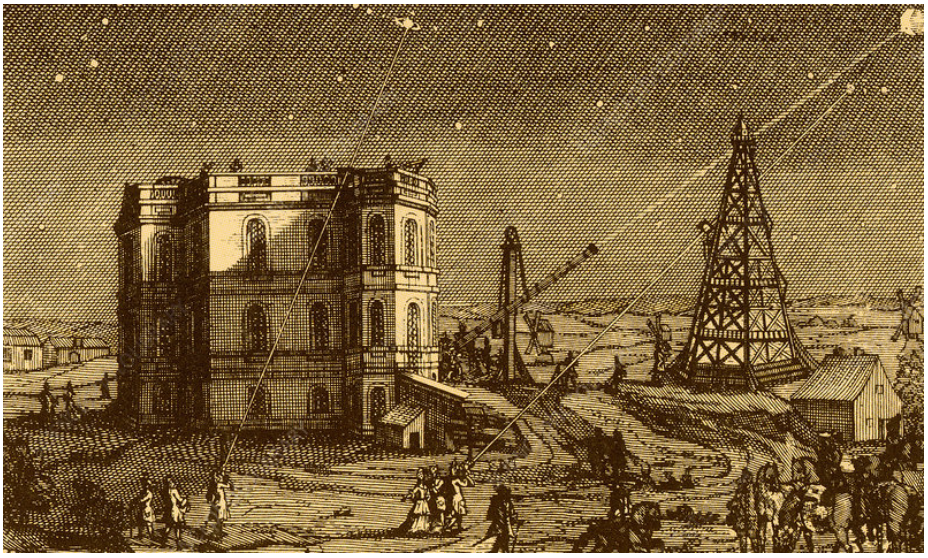
Cassini เป็นปราชญ์ทางคณิตศาสตร์ผู้มีพรสวรรค์ในการเข้าสังคม เพราะเป็นคนที่มีมนุษยสัมพันธ์ดีมาก จนทำให้บุคคลสำคัญทางการเมืองทั้งหลายพากันเลื่อมใส ในปี 1650 เมื่อ Cassini มีอายุ 25 ปี องค์สันตะปาปา Clement ที่ 9 ทรงโปรดแต่งตั้ง Cassini เป็นศาสตราจารย์ดาราศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัย Bologna พระองค์ยังทรงโปรดให้รับเงินเดือนสูงลิบลิ่ว จนเพื่อนร่วมงานของ Cassini พากันอิจฉา หรือเวลาใดที่สันตะปาปาทรงมีปัญหาก็จะทรงเรียกใช้ Cassini เมื่อครั้งที่สมเด็จพระราชินี Christina แห่งสวีเดน เสด็จเยี่ยมเยือน Rome และองค์สันตะปาปาทรงต้องการจะให้พระนางทรงเปลี่ยนการนับถือมาเป็นคริสต์ศาสนิกชนนิกาย Catholic พระองค์ได้ทรงโปรดให้ Cassini ถวายงานพระนางอย่าง “ใกล้ชิด” หรือเวลาพระองค์ทรงต้องการจะสำรวจ

เส้นทางการไหลของแม่น้ำจากเทือกเขา Apennine หรือต้องการจะสร้างป้อมปราการ พระองค์ก็จะทรงนึกถึง Cassini ก่อนคนอื่น ๆ

สมเด็จพระเจ้า Louis ที่ 14 (Sun King) แห่งฝรั่งเศส ภาพจาก วิกิพีเดีย

ประจวบกับในเวลานั้น สมเด็จพระเจ้า Louis ที่ 14 ผู้ทรงฉายาว่าสุริยะกษัตริย์แห่งฝรั่งเศส กำลังทรงวางแผนจะจัดตั้งสถาบันวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์แห่งชาติขึ้นที่กรุง Paris และทรงประสงค์จะสร้างหอดูดาวประจำสถาบันด้วย จึงทรงปรึกษากับบรรดาองคมนตรีว่า จะให้ใครเป็นคนสร้างดี และองคมนตรี Jean-Baptiste Colbert (1619-1683) ก็ได้ทูลตอบว่า คนที่ตรงสเปคในพระทัยมากที่สุด คือ G. Cassini และพระองค์จะต้องทรงขอยืมตัวจากสันตะปาปามาทำงานถวาย ณ เวลานั้น สันตะปาปาเองก็ทรงประสงค์จะมีสัมพันธไมตรีที่ดีกับฝรั่งเศส จึงทรงประทานอนุญาต Cassini จึงได้เดินทางมาทำงานถวายพระเจ้า Louis ที่ 14 ด้วยการสร้างหอดูดาว และได้รับเงินเดือนมากเป็นสามเท่าของเงินเดือนที่มหาวิทยาลัยเดิมเคยให้ นอกจากนี้ Cassini ก็ยังได้รับเงินเดือนของมหาวิทยาลัย Bologna ด้วย เหตุการณ์นี้ได้ทำให้เพื่อนร่วมงานของ

Cassini ออกมาเรียกร้องขอความยุติธรรม แต่องค์สันตะปาปาทรงไม่สน ด้วยการทำพระกรรณทวนลม



ภาพวาดหอดูดาว Paris ในฝรั่งเศส ที่มี G. Cassini เป็นผู้อำนวยการคนแรก

ภาพจาก NEW YORK PUBLIC LIBRARY / SCIENCE PHOTO LIBRARY

เมื่อ Cassini สร้างหอดูดาวที่ Paris เสร็จ ในปี 1682 และได้ใช้หอดูดาวที่นั่นค้นพบช่องว่าง Cassini Division ที่อยู่ในวงแหวนของดาวเสาร์ อีกทั้งยังได้พบดวงจันทร์ของดาวเสาร์ชื่อ Iapetus, Rhea, Tethys และ Dione ด้วย

แต่เมื่อ Cassini ร่วมมือกับ Jean-Félix Picard (1620–1682) และ Philippe de la Hire (1640-1718) ในการทำแผนที่ใหม่ของประเทศฝรั่งเศส โดยใช้วิธีหาตำแหน่งของเส้นแวง (longitude) ที่ลากผ่านเมืองต่าง ๆ เขาก็ได้ตัวเลขพื้นที่ประเทศฝรั่งเศสใหม่ว่ามีค่าน้อยกว่าพื้นที่เดิมถึง 20% พื้นที่ลดลงนี้ ได้ทำให้สมเด็จพระเจ้า Louis ที่ 14 ทรงไม่พอพระทัย ที่ Cassini ซึ่งเป็นบุคคลที่ทรงโปรดให้ทำงานถวาย และประทานเงินเดือนสูง แต่ผลงานของ Cassini ได้ลดพื้นที่ของฝรั่งเศสเป็นการตอบแทน

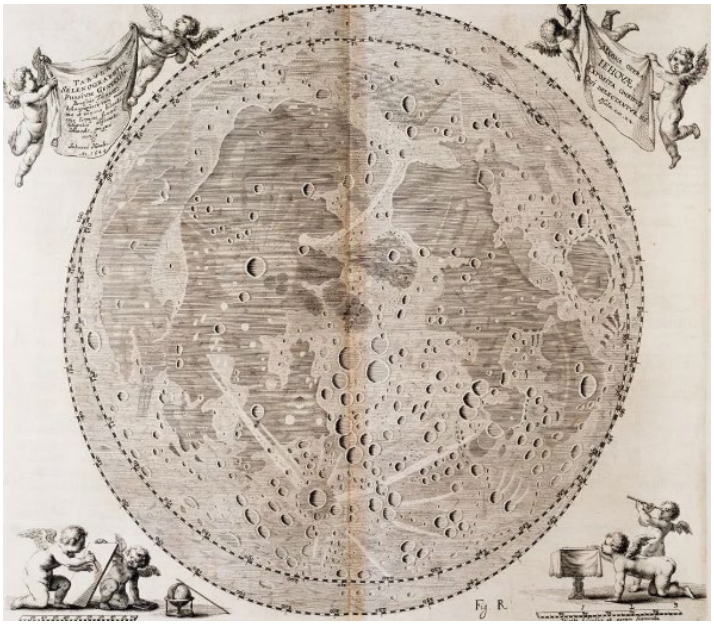
สำหรับหอดูดาวที่พระเจ้า Louis ที่ 14 ทรงสร้างขึ้นที่กรุง Paris นั้น ในที่สุดก็ไม่ได้เป็นศูนย์กลางของวงการดาราศาสตร์ เพราะบรรดานักดาราศาสตร์ฝรั่งเศสได้พบว่า

การเดินทางไปประชุมที่หอดูดาว เป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลานานและไม่สะดวก นอกจากนี้ หอดูดาวที่ Cassini ออกแบบ ก็มีสภาพเหมือนพระราชวังมากกว่าจะเป็นห้องปฏิบัติการของนักดาราศาสตร์

ผลงานสำคัญที่ Cassini ทำ ในฐานะผู้อำนวยการคนแรกของหอดูดาว คือ การได้พบในปี 1676 ว่า แสงมีความเร็วจำกัด คือ มิได้มีความเร็วมากถึงอนันต์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงสามารถวัดความเร็วของแสงได้ นอกจากนี้ Cassini ก็ได้เริ่มโครงการค้นหาดาวเคราะห์ดวงที่ 8 (Neptune) ด้วย

หอดูดาวนี้ได้ถูกดัดแปลงให้เป็นพิพิธภัณฑ์สะสมอุปกรณ์ดาราศาสตร์ของนักดาราศาสตร์ฝรั่งเศสในสมัยนั้นด้วย โดยมีกล้องโทรทรรศน์ของ Leon Foucault (1819-1868) ซึ่งมีแผ่นกระจกที่เคลือบด้วยเงิน เพื่อใช้ในการสะท้อนแสงเป็นครั้งแรกด้วย

เมื่อเกิดการปฏิวัติครั้งใหญ่ในฝรั่งเศส ในปี 1789 ห้องสมุดที่ Cassini สร้าง ได้กลายเป็นสถานที่เก็บเอกสารทำงานของนักดาราศาสตร์คนสำคัญจากโปแลนด์ชื่อ Johannes Hevelius (1611–1687) ซึ่งมีทั้งหมดจำนวน 16 กล่อง และในกล่องเอกสารนั้นยังมีภาพแผนที่ดวงจันทร์ที่ Hevelius วาดเป็นครั้งแรกด้วย



ภาพวาดแผนที่ภูมิประเทศบนดวงจันทร์ชิ้นแรก โดย Johannes Hevelius ในปี 1647

ภาพจาก DEA / G. CIGOLINI / Getty Images

แม้ Cassini จะเป็นนักดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงมาก แต่นักประวัติศาสตร์ก็ได้พบว่าฝีมือการวาดแผนที่ของ Cassini ไม่ดีเลย กระนั้นก็ตาม คนที่ไปเยือนพิพิธภัณฑ์ในทุกวันนี้ เมื่อได้เห็นลายมือและฝีมือวาดภาพของ Cassini ต่างก็รู้สึกชื่นชมในความพยายามของคนวาด

ในบรรดาดวงจันทร์ทั้งหมดของระบบสุริยะของเรา มีดวงจันทร์หลายดวงที่มีแนวโน้มว่าจะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ เช่น ดวงจันทร์ Triton ของดาว Neptune ดวงจันทร์ Europa ของดาวพฤหัสบดี และดวงจันทร์ Titan กับ Enceladus ของดาวเสาร์ เป็นต้น

สำหรับกรณีดวงจันทร์ Titan ที่ Huygens เป็นผู้เห็นเป็นคนแรกเมื่อปี 1655 นั้น การสำรวจได้แสดงให้เห็นว่าดวงจันทร์ดวงนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 5,158 กิโลเมตร มีขนาดใหญ่เป็นที่สองรองจากดวงจันทร์ Ganymede ของดาวพฤหัสบดี และโคจรอยู่ห่างจากดาวเสาร์เป็นระยะทาง 1,222,200 กิโลเมตร อีกทั้งหมุนรอบตัวเองโดยใช้เวลานาน 16 วัน บรรยากาศของ Titan มีไนโตรเจน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ใต้ผิวดาว

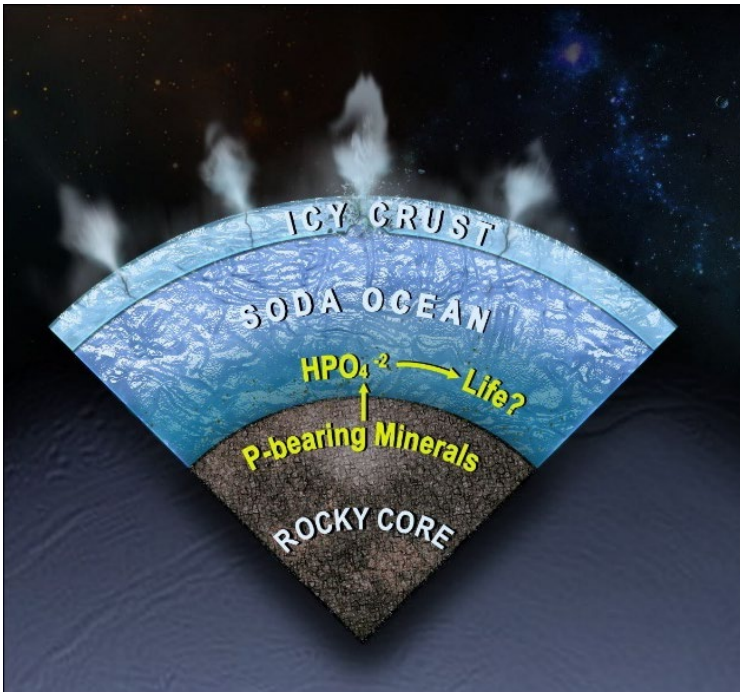
ซึ่งเป็นน้ำแข็งที่หนา 50-200 กิโลเมตร มีน้ำเหลวที่ประกอบด้วย ammonia 5-15%, $MgSO_4$, NaCl และทะเลนี้มีความลึกตั้งแต่ 100-200 กิโลเมตร การเคลื่อนที่ของเปลือกผิว ดวงจันทร์ก็ได้ทำให้เกิดการเสียดสีจนเกิดความร้อน นอกจากนี้การมีทะเลลึกอยู่ใต้ผิวดาว ได้ทำให้ดวงจันทร์ Titan เวลาหมุนรอบตัวเองมีอาการโคลงเคลง นอกจากนี้ดวงจันทร์ Titan ก็ยังมีภูเขาไฟที่ปกคลุมด้วยน้ำแข็งด้วย

น้ำพุที่พุ่งจากบริเวณขั้วใต้ของดวงจันทร์ Enceladus

ภาพจาก NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

ส่วนดวงจันทร์ Enceladus นั้น ถูกพบโดย William Herschel เมื่อปี 1789 ดวงจันทร์มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 500 กิโลเมตร โคจรอยู่ห่างจากดาวเสาร์ที่ระยะทาง 238,200 กิโลเมตร และหมุนรอบตัวเองโดยใช้เวลา 1.370 วัน ผิวดวงจันทร์เป็นน้ำแข็งที่สะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดี และที่ขั้วใต้ของดวงจันทร์มีน้ำพุ ซึ่งสามารถพ่นน้ำพุได้สูงถึง 100 กิโลเมตรด้วย

ยาน Cassini ได้สำรวจพบว่าน้ำพุบนดวงจันทร์มีอุณหภูมิสูงถึง 211 องศาเซลเซียส และมหาสมุทรใต้ Enceladus มีปริมาตรน้ำมากถึง 20 ล้านลูกบาศก์กิโลเมตรด้วย



ภาพโครงสร้างภายในทางธรณีวิทยาของดวงจันทร์ Enceladus

ภาพจาก NASA/JPL-Caltech

ในวารสาร Geophysical Research Letters เมื่อเร็ว ๆ นี้ นักวิจัย Colin Meyer แห่ง Dartmouth College ได้รายงานว่า เมื่อยาน Cassini โคจรผ่านน้ำพุที่พุ่งออกมาจากผิวดวงจันทร์ Enceladus ในปริมาณ 300 กิโลกรัม/วินาที ผิวดวงจันทร์ดวงนี้มีความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 25 กิโลเมตร และผิวน้ำแข็งที่ขั้วใต้มีความหนาเพียง 6 กิโลเมตรเท่านั้นเอง ยานยังได้พบอีกว่าในน้ำพุมีไอน้ำ, ก๊าช carbon dioxide, methane, ammonia, carbon monoxide, เกลือ และ silica และนี่ก็คือสถานที่ที่ NASA จะจัดส่งโดรน Dragonfly ไปเจาะทะเลผิวน้ำแข็ง เพื่อค้นหาสิ่งมีชีวิตที่อาจอยู่ใต้ดาว ในทศวรรษของปี 2030 อันใกล้นี้

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “Interview: exploring icy moons of the Solar System for signs of life” โดย Iain Todd เผยแพร่เมื่อ April 14, 2020

2. "Giovanni Domenico Cassini: The rings and moons of Saturn". Surveyor in Berlin.de. Archived from the original on 24 June 2013. Retrieved 31 October 2012

James Chadwick (เจมส์ แชดวิก)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1935: จากการพบอนุภาคนิวตรอน

James Chadwick ภาพจาก www.famousscientists.org

James Chadwick เกิดเมื่อปี 1891 ที่เมืองเล็ก ๆ Bollington ที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของ Manchester ในอังกฤษ บิดาเป็นช่างปั่นฝ้าย ครอบครัวมีฐานะยากจน ในเวลาต่อมาได้อพยพไปอยู่ที่ Manchester เมื่อบิดากับมารดาได้หย่ากัน Chadwick จึงตกอยู่ในความดูแลของตากับยาย และรู้สึกห่างเห็นกับบิดา การมีปมด้อยเพราะขาดพ่อได้ทำให้ Chadwick เป็นคนขี้อาย และพูดน้อย

เมื่ออายุ 17 ปี Chadwick ได้รับทุนเรียนดีจากมหาวิทยาลัย Manchester และได้ไปสัมภาษณ์ แต่เข้าห้องสัมภาษณ์ผิด คือ แทนที่จะไปสัมภาษณ์เรียนคณิตศาสตร์ Chadwick ได้เข้าห้องสัมภาษณ์ฟิสิกส์ ทำให้ต้องเรียนฟิสิกส์อย่างไม่ตั้งใจ และได้เรียนกับ Ernest Rutherford (รางวัลโนเบลเคมีปี 1908) ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์อังกฤษที่มีชื่อเสียงมากที่สุดในเวลานั้น Chadwick สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เมื่ออายุ 21 ปี โดยได้เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง อีกหนึ่งปีต่อมาก็ได้รับปริญญาโท แล้วได้ทุนไปทำวิจัยที่

ห้องปฏิบัติการ Physikalish - Technische Reichsanstalt ของ Hans Geiger ซึ่งเป็นศิษย์ของ Rutherford ที่ Berlin ในเยอรมนี

ขณะปฏิบัติงานที่นั่น Chadwick วัย 23 ปี ได้พบว่าปรากฏการณ์กัมมันตรังสีมีการปล่อยอิเล็กตรอน (รังสีบีตา) ซึ่งมีพลังงานจลน์หลายค่าต่าง ๆ กัน เป็นแถบ spectrum ที่ต่อเนื่อง การค้นพบที่สำคัญนี้แสดงว่า ในการสลายตัวดังกล่าว จะมีอนุภาคชนิดอื่นเล็ดรอดออกมาด้วย แต่ก็ไม่มีใครเห็น

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่หนึ่งในปี 1914 Chadwick ซึ่งกำลังทำวิจัยอยู่เยอรมนี ได้ถูกทหารนาซีกักบริเวณให้อยู่ภายในคอกม้าแข่งที่หมู่บ้าน Ruhleben นอกกรุง Berlin และได้อยู่ร่วมกับนักฟิสิกส์อังกฤษคนอื่น ๆ แต่ Chadwick ก็ยังหมกมุ่นทดลองเรื่องกัมมันตรังสีต่อไป โดยใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ ที่เพื่อนนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้หามาให้ใช้

เมื่อสงครามโลกยุติในเดือนพฤศจิกายน ปี 1918 Chadwick ได้เดินทางกลับ Manchester ในสภาพอิดโรย เพราะเป็นโรคขาดอาหารอย่างรุนแรง และได้ติดตาม Rutherford ไปทำงานวิจัยที่มหาวิทยาลัย Cambridge

James Chadwick (นั่งซ้ายสุด) กับ Ernest Rutherford (คนนั่งกลาง) ที่เยอรมนี เมื่อปี 1932

ภาพจาก Wikimedia commons

Chadwick สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก เมื่ออายุ 30 ปี และได้ตำแหน่งเป็นผู้ช่วยของ Rutherford ที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish อีก 4 ปีต่อมาได้เข้าพิธีสมรสกับ Aileen Stewart-Brown ซึ่งเป็นลูกสาวของเศรษฐีหุ้นแห่งเมือง Liverpool ครอบครัว Chadwick มีลูกสาวฝาแฝด 2 คนในปี 1927

ในปี 1932 Chadwick ได้พบอนุภาคนิวตรอน นี่เป็นการค้นพบที่ยิ่งใหญ่และสำคัญมากที่สุดของเขา เพราะก่อนนั้น โลกมีอนุภาคเพียง 2 ชนิด คือ โปรตอนซึ่งมีประจุบวก กับอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ เมื่อทุกคนประจักษ์ว่า การมีอนุภาคเพียง 2 ชนิดไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดในอะตอมได้ เช่น ในกรณีของฮีเลียม ซึ่งนิวเคลียสมีมวลประมาณ 4 เท่าของโปรตอน ดังนั้นนักฟิสิกส์ทุกคนจึงคิดว่า นิวเคลียสของ helium ประกอบด้วยโปรตอน 4 อนุภาค จึงต้องมีประจุบวก 4 แต่การทดลองแสดงให้เห็นว่านิวเคลียสฮีเลียมมีประจุบวก 2 ดังนั้นจึงมีการตั้งสมมุติฐานว่า การที่เป็นเช่นนี้เพราะในนิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่อีก 2 อนุภาค ทำให้อิทธิพลบวก 4 ของโปรตอนลดลงเป็นบวก 2 แต่การมีอิเล็กตรอนอยู่ในนิวเคลียสจะทำให้มันมีพลังงานสูงมาก ตามหลักความไม่แน่นอนของ Heisenberg ดังนั้นมันจะต้องทะลุกำแพงศักย์ออกมา แต่ยังไม่มีใครเคยเห็นนิวเคลียสฮีเลียมสลายตัวให้อิเล็กตรอน

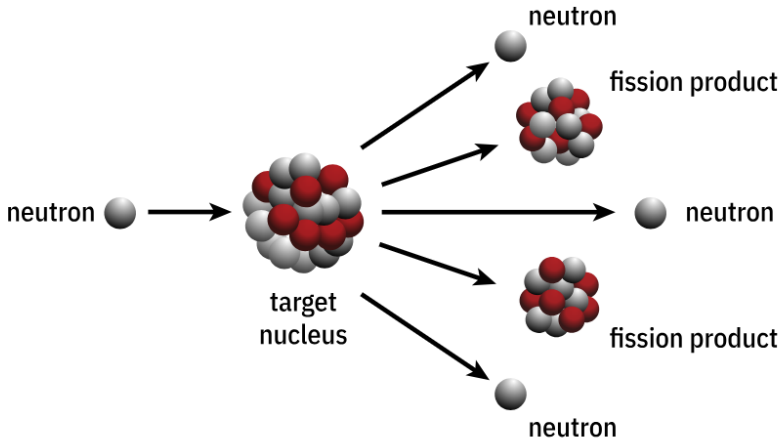
ย้อนอดีตไปเมื่อ 10 ปีก่อนนั้น Rutheford ได้เคยคิดว่า ธรรมชาติอาจจะมีอนุภาคที่เป็นกลาง คือ ไม่มีประจุไฟฟ้าเลย ความคิดของ Rutherford ได้ผลักดันให้ Chadwick พยายามหาอนุภาคที่เป็นกลาง โดยการระดมยิงนิวเคลียสของ aluminum ด้วยอนุภาคแอลฟา ซึ่งให้ผลการทดลองที่น่าสนใจ คือ ได้รังสีที่มีพลังงานสูงมากสำหรับการทะลุทะลวง ในเวลาไล่เลี่ยกัน Irene กับ Frederick Joliot-Curie ซึ่งเป็นลูกสาวและลูกเขยของ Marie Curie ก็ได้พบว่า รังสีที่ Chadwick เห็นนั้น ถ้าปล่อยให้ผ่านแท่ง paraffin ที่มี hydrogen เป็นองค์ประกอบหลัก จะทำให้ได้อนุภาคโปรตอนที่ถูกขับ

ออกมาด้วยความเร็วสูง สองสามี-ภรรยา จึงลงความเห็นว่า รังสีดังกล่าวต้องเป็นรังสีแกมมา ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมากอย่างแน่นอน

แต่ Chadwick กลับแสดงให้เห็นว่า ตามปรกติรังสีแกมมาจะไม่สามารถทำให้โปรตอนกระเด็นออกจาก paraffin ได้ ดังนั้นการที่มีโปรตอนพุ่งออกมา คงเพราะถูกอนุภาคชนิดใหม่ที่มีมวลใกล้เคียงกับโปรตอนชน เมื่อรังสีพลังงานสูงที่ทุกคนเห็นไม่มีประจุ ดังนั้นอนุภาคชนิดใหม่ก็ไม่มีประจุด้วย Chadwick จึงตั้งชื่ออนุภาคว่า neutron

การค้นพบ neutron ทำให้ Chadwick ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1935 และทำให้โลกมีอนุภาคเพิ่มอีกหนึ่งชนิด อีกทั้งทำให้เรารู้ว่า นิวเคลียสของฮีเลียมประกอบด้วยโปรตอน 2 อนุภาคกับนิวตรอน 2 อนุภาคจึงมีมวลประมาณ 4 เท่าของโปรตอน เพราะนิวตรอนมีมวลมากกว่าโปรตอนเพียงเล็กน้อย นิวเคลียสฮีเลียมจึงมีประจุบวก 2 ดังที่ทุกคนเห็น

หลังจากที่ Chadwick ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ความขัดแย้งทางวิชาการระหว่าง Chadwick กับ Rutherford ก็เริ่มเกิด เพราะ Chadwick ต้องการสร้างเครื่องเร่งอนุภาค cyclotron ที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish แต่ Rutherford ไม่เห็นด้วย สถานการณ์ได้คลี่คลายไปในทางดี เมื่อ Chadwick ขอลาออกจากตำแหน่งผู้ช่วยของ Rutherford ที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish เพื่อไปทำงานวิจัยที่มหาวิทยาลัย Liverpool ในปี 1936 และได้สร้าง cyclotron เครื่องแรกของอังกฤษขึ้นที่นั่น



ปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ใช้นิวตรอนยิงนิวเคลียสของยูเรเนียม-235

ภาพจาก www.atomicarchive.com

เมื่อใกล้จะเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง Otto Frisch กับ Rudolph Peierl ได้คำนวณพบว่า ถ้าใครสามารถสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ เขาคนนั้นจะมีระเบิดปรมาณู นักฟิสิกส์จึงหันมาสนใจเรื่องนี้ และ Chadwick ได้เป็นผู้นำนักฟิสิกส์อังกฤษไปร่วมทำงานในโครงการ Manchester เพื่อสร้างระเบิดปรมาณูของสหรัฐฯ Chadwick และครอบครัวจึงเดินทางไปที่ Los Alamos ในช่วงปี 1944-45 และพำนักอยู่ที่นั่นเป็นเวลา 1 ปี

ความสำเร็จในการมีบทบาทสร้างระเบิดปรมาณูได้ทำให้ Chadwick ได้รับโปรดเกล้าให้ดำรงตำแหน่ง Sir ในปี 1945 เพราะเขาเป็นบุคคลเดียวที่สามารถเข้าถึงหน่วยวิจัย และหน่วยผลิตทุกหน่วยของโครงการได้ตลอดเวลา เขาจึงมีข้อมูลระเบิดปรมาณูอย่างเต็มที่

ในปี 1958 ศาสตราจารย์ Chadwick ได้ขอลาออกจากมหาวิทยาลัย Liverpool เพื่อไปดำรงตำแหน่งอธิการบดีแห่งวิทยาลัย Gonville ของมหาวิทยาลัย Cambridge และ Caius ที่ตนเคยเป็นนิสิต แต่ไม่ประสบความสำเร็จในงานบริหารมาก เพราะมีความขัดแย้งกับเพื่อนร่วมงานหลายคน ในช่วงระยะหลัง Chadwick รู้สึกกลัวการสอนหนังสือ

และพยายามหลีกเลี่ยงการไปบรรยาย เพราะร่างกายเริ่มมีปัญหาสุขภาพ คือ เจ็บหลัง บ่อย และนอนไม่หลับ จนต้องกินยานอนหลับทุกคืน

เมื่ออาการระแวงมีมากขึ้น Chadwick จึงขอลาออก แล้วอพยพครอบครัวไปพำนักในชนบทที่ Wales โดยการทำสวนและพักผ่อน แต่ก็ยังติดต่อกับโลกภายนอกบ้างโดยการเป็นบรรณาธิการจัดพิมพ์ผลงานรวมเล่มของ Rutherford

ในปี 1968 Chadwick วัย 77 ปีเดินทางกลับ Cambridge อีก เพื่อมาอยู่ใกล้ลูก ๆ และเสียชีวิตเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม ปี 1974 สิริอายุ 82 ปี

นอกจากรางวัลโนเบลฟิสิกส์แล้ว Chadwick ยังได้รับเหรียญ US Medal for Merit ของสหรัฐฯ ด้วยในฐานะที่ได้ทำให้สัมพันธภาพระหว่างสหรัฐฯ กับอังกฤษยืนยงจนฝ่ายสัมพันธมิตรชนะสงครามโลก

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Neutron and the Bomb: A Biography of Sir James Chadwick โดย ew Brown จัดพิมพ์โดย Oxford University Press ปี 1997

2. Monteagudo, B.; Marqués, F. M.; Gibelin, J.; Orr, N. A.; Corsi, A.; Kubota, Y.; Casal, J.; Gómez-Camacho, J.; Authelet, G.; Baba, H.; Caesar, C.; Calvet, D.; Delbart, A.; Dozono, M.; Feng, J. (2024-02-23). "Mass, Spectroscopy, and Two-Neutron Decay of $^{16}\mathrm{Be}$". Physical Review Letters. 132 (8) 082501. doi:10.1103/PhysRevLett.132.082501. OSTI 2473832. PMID 38457706.

Georges Charpak (จอร์จ ชาร์ปัก)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1992 จากการสร้างอุปกรณ์ตรวจจับอนุภาคที่เป็นห้อง Multiwire Proportional Chamber

Georges Charpak ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี ค.ศ. 1992 จอร์จ ชาร์ปัก (Georges Charpak) ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์จากผลงานการสร้างอุปกรณ์ตรวจจับและวัดสมบัติของอนุภาคพลังงานสูง Multiwire Proportional Chamber อุปกรณ์นี้ได้ปฏิรูปกระบวนการเก็บข้อมูลการทดลองที่มีจำนวนมากมหาศาล ทำให้นักฟิสิกส์สามารถพบอนุภาคมูลฐานตัวใหม่ ๆ ที่ไม่มีใครเคยพบเห็นมาก่อน และสมบัติต่าง ๆ ของอนุภาคที่วัดได้ด้วย อุปกรณ์นี้ได้ยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีควอนตัมให้นักฟิสิกส์ สามารถใช้ต่อไปได้ในอนาคต

ชาร์ปักถือกำเนิดในโปแลนด์ เมื่อปี 1924 ในครอบครัวยิวที่มีฐานะยากจน ในวัยเด็กมีชื่อว่า Grisha แต่ได้เปลี่ยนเป็น Georges ในภายหลัง ความยากจนทำให้ครอบครัวต้องอพยพบ่อย เช่น เคยไปที่ปาเลสไตน์ แต่เมื่อบิดารู้ว่าการอยู่ปารีสจะทำให้ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวดีขึ้น บิดาจึงตัดสินใจไปตั้งรกรากที่ปารีส

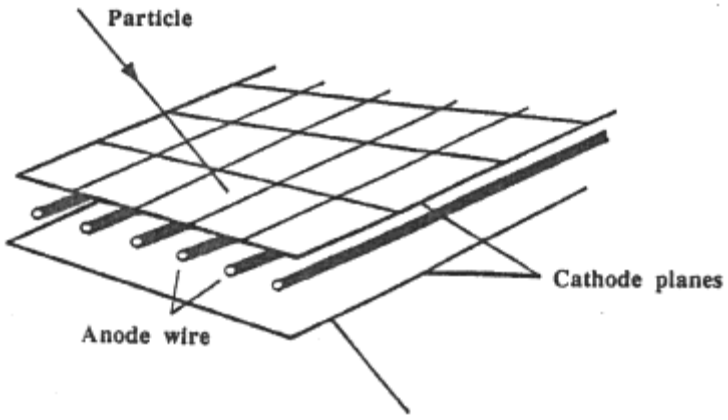
ในปี 1940 เมื่อฝรั่งเศสตกอยู่ภายใต้การยึดครองของกองทัพนาซี ชาร์ปักผู้มีเชื้อสายยิวถูกบังคับให้สวมเสื้อ สีเหลืองที่มีตราดาวเดวิด (Star of David) ติดที่หน้าอก เพราะนาซีต้องการให้สังคมดูถูกและประณามคนยิว ชาร์ปักได้ขัดขืนและเริ่มใช้ชีวิตต่อต้านนาซีอย่างแข็งขัน โดยได้เข้าเป็นสมาชิกของสมาคม Red Falcons เมื่ออายุ 21 ปี ชาร์ปักถูกทหารนาซีจับได้ จึงถูกส่งไปกักขังที่ค่ายกักกัน Dachau แต่หลบหนีออกมาได้ เพราะทหารยามนาซีคิดว่าเขาเป็นเพียงนักโทษการเมือง หาใช่คนยิว

หลังสงครามโลกครั้งที่สอง ชาร์ปักได้แปลงสัญชาติเป็นชาวฝรั่งเศส และได้เห็นรัฐบาลฝรั่งเศสอ่อนแอเวลาถูกพรรคคอมมิวนิสต์คุกคาม ชาร์ปักจึงตัดสินใจเลิกสนใจการทำงานการเมือง และหันมาทุ่มชีวิตศึกษาฟิสิกส์อย่างเต็มตัว

ในช่วงเวลานั้น การเรียนฟิสิกส์ในฝรั่งเศสเป็นการศึกษาที่เน้นทฤษฎี ชาร์ปักได้เข้าศึกษาฟิสิกส์นิวเคลียร์ที่ College de France และทำวิทยานิพนธ์โดยมีเฟรเดริก ฌอลีโย-กูว์รี (Frédéric Joliot-Curie) รางวัลโนเบลเคมี ปี 1934 เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา หลังสำเร็จการศึกษา ชาร์ปักได้มีโอกาสพบ ลีออน เอ็ม. เลเดอร์แมน (Leon M. Lederman) รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1988 ซึ่ง Lederman ได้เปลี่ยนความสนใจของชาร์ปักให้ไปศึกษาฟิสิกส์ของอนุภาคพลังงานสูงแทน ชาร์ปักจึงย้ายที่ทำงานไปที่เซิร์น ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยฟิสิกส์อนุภาคพลังงานสูงของยุโรป ที่กรุงเจนีวาในสวิตเซอร์แลนด์

Charpak กับอุปกรณ์ Multiwire Proportional Chamber ภาพจาก CERN

ในปี 1968 ชาร์ปักได้เริ่มพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับอนุภาคที่เขาเรียกว่า Multiwire Proportional Chamber



หลักการทำงานของ Multiwire Proportional Chamber

ภาพจาก www.nobelprize.org

ตามปกติ เวลาอนุภาคที่มีพลังงานสูงพุ่งชนกันในเครื่องเร่งอนุภาค จะมีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเกิดใหม่เป็นจำนวนมากมหาศาล และอนุภาคเหล่านี้จะทำให้อะตอมของ

ก๊าซที่มีในเครื่องตรวจจับ แตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวก และ อิเล็กตรอนที่มีประจุลบ ในช่วงเวลาก่อนที่ชาร์ปักจะก้าวเข้าสู่วงการ นักฟิสิกส์ใช้ห้องฟอง (bubble chamber) ที่มีไฮโดรเจนเหลวเป็นอุปกรณ์หลัก แต่ห้องฟองนี้ถ่ายภาพได้เร็วเพียงวินาทีละภาพ จึงมีความสามารถค่อนข้างจำกัดมาก ดังนั้นถ้าเหตุการณ์ที่น่าสนใจบังเกิดขึ้นเร็ว หรือสิ้นสุดเร็ว และมีจำนวนมาก ห้องฟองก็ไม่สามารจะ “เห็น” เหตุการณ์ทั้งหมดได้

ชาร์ปักได้ความคิดให้เส้นลวดจำนวนมากวางเรียงขนานกันในห้องทดลองที่บรรจุก๊าซ โดยให้เส้นลวดวางห่างกันประมาณ 1 มิลลิเมตร และแต่ละเส้นถูกเชื่อมโยงต่อไปยังเครื่องขยาย (amplifier) และอุปกรณ์ทำงานโดยใช้หลักการว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุผ่านเข้าไปในอุปกรณ์ การแตกตัวของอะตอมก๊าซจะทำให้อิเล็กตรอนและไอออนเคลื่อนที่ไปที่ลวด ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน ชาร์ปักได้ตระหนักว่า ไอออนบวก คือ ตัวที่ทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าเป็นห้วง ๆ (pulse) ดังนั้น เมื่อสัญญาณถูกส่งตรงเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์จะสามารถบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดในช่วงเวลา 10^(-8) วินาทีได้อย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือ ห้องลวดมีประสิทธิภาพในการบันทึกเหตุการณ์ดีกว่าห้องฟองประมาณ 100 ล้านเท่า

Samuel Ting ผู้พบอนุภาค J/ψ โดยใช้อุปกรณ์ที่ Charpak ประดิษฐ์

ภาพจาก ams02.space

ผลที่ตามมา คือ นักฟิสิกส์ได้ใช้อุปกรณ์ที่ชาร์ปักประดิษฐ์ J/ψ ซึ่งได้พบอนุภาค แซมวล ติง (Samuel Ting) ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ เมื่อปี 1976 และคาร์โล รุบเบีย (Carlo Rubbia) ก็ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1984 จากการพบอนุภาค W และ Z ซึ่งนักฟิสิกส์ทั้งสองคนนี้จะไม่สามารถพบอนุภาค J/ψ และ W กับ Z ได้ ถ้าไม่ใช้ห้องลวดของชาร์ปัก ดังนั้นคณะกรรมการรางวัลโนเบลจึงเห็นสมควรให้ชาร์ปักได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ด้วย แต่ให้รับในปี 1992

หลังจากที่ประสบความสำเร็จสูงสุดในชีวิตทำงานแล้ว ชาร์ปักได้อุทิศตัวในการทำงานเพื่อสังคม เช่น จัดตั้งองค์การเผยแพร่ความรู้วิทยาศาสตร์สู่โรงเรียนระดับประถมศึกษา และเรียบเรียงหนังสือชื่อ “Debunked! ESP, Telekinesis and other Pseudo-science” เพื่อกำจัดความเมามัวของสังคมฝรั่งเศสในเรื่องไสยศาสตร์และโหราศาสตร์ รวมถึงได้สนับสนุนให้ฝรั่งเศสจัดสร้างโรงงานไฟฟ้าพลังงานปรมาณู

ชาร์ปักใช้ชีวิตอย่างมีคุณค่าและเป็นที่น่าชื่นชม จากสภาพเด็กที่ยากจนและขาดแคลน แต่การไฝ่รู้และอยากรู้ได้ทำให้เขาประสบความสำเร็จในวัยหนุ่ม และเป็นบุคคลของโลกในบั้นปลายของชีวิตของเขา

เมื่อวันที่ 29 กันยายน ปี 2010 ชาร์ปักได้จากโลกไปอย่างสงบ สิริอายุ 86 ปี

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Giomataris, I. (2010). "Georges Charpak (1924–2010)". Nature. 467 (7319): 1048. Bibcode:2010Natur.467.1048G. doi:10.1038/4671048a. PMID 20981084

2. Schotanus P; Van Eijk CWE; Hollander RW; CWE Van Eijk (1988). "Detection of LaF3:Nd3+ scintillation light in a photosensitive multiwire chamber". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A. 272 (3): 913–916. Bibcode:1988NIMPA.272..913S. doi:10.1016/0168-9002(88)90780-2.; > G. Charpak Research on particle imaging detectors p.537 World Scientific, 1995 Retrieved 2012-02-28

Steven Chu (สตีเวน ชู)
Claude Cohen-Tannoudji (คล็อด โคเฮน-ทันนูจิ)
William D. Phillips (วิลเลียม ดี ฟิลลิปส์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1997 กับการพบวิธีใช้เลเซอร์ในการทำให้อะตอมมีอุณหภูมิใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์

Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji และ William D. Phillips (ตามลำดับ) ผู้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1997 ร่วมกัน ภาพจาก www.nobelprize.org

บุคคลที่เป็นรัฐมนตรีและเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับรางวัลโนเบลมีชื่อว่า Steven Chu แห่งมหาวิทยาลัย Stanford สหรัฐอเมริกา เขาได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1997 ร่วมกับ Claude Cohen-Tannoudji (1933-ปัจจุบัน) แห่ง College de France และ William D. Phillips (1948-ปัจจุบัน) แห่ง National Institute of Standards and Technology ในสหรัฐอเมริกา ด้วยผลงานการสร้างเทคโนโลยีกักขังอะตอมที่เป็นกลางให้ลอยอยู่นิ่ง ๆ โดยใช้สนามไฟฟ้า แสงเลเซอร์และสนามแม่เหล็ก เพื่อทำอะตอมให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิต่ำเกือบถึงศูนย์องศาสัมบูรณ์

กลศาสตร์ควอนตัมเป็นวิชาที่สามารถอธิบายสมบัติทางกายภาพของอะตอม และอนุภาคมูลฐานได้ดี ถ้าอะตอมหรืออนุภาคอยู่โดดเดี่ยวเป็นเอกเทศ ในสภาพนิ่งสนิท โดยไม่มีอันตรกริยาใด ๆ จากอนุภาคอันใด หรือจากสนามภายนอกมารบกวน แต่ใน

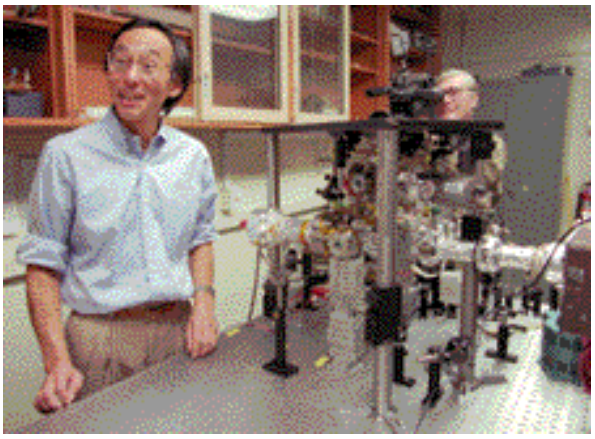
ธรรมชาติที่เป็นจริง อะตอมจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา แม้ในห้องซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส อะตอมก็จะมีความเร็วสูงถึง 1,000 เมตร/วินาที การมีความเร็วมากเช่นนี้ทำให้สมบัติกายภาพต่าง ๆ ของอะตอม เช่น คลื่นแสงที่อะตอมปล่อยออกมาแตกต่างจากเวลาที่มันอยู่นิ่ง ดังนั้น ค่าที่วัดได้จะไม่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการคำนวณ เพราะทฤษฎีควอนตัมถูกสร้างขึ้นจากการพิจารณาอะตอมที่อยู่นิ่ง และไม่ถูกรบกวนเลย ด้วยเหตุนี้การตรวจสอบความถูกต้องของทฤษฎีควอนตัมจะเกิดได้ นักฟิกส์จึงต้องบังคับให้อะตอมอยู่นิ่งเท่าที่จะเป็นไปได้

ในที่สุดความฝันและความต้องการก็เป็นจริงด้วยความสามารถของ Chu, Cohen-Tannoudji และ Phillips

Steven Chu ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี 1985 Chu ซึ่งกำลังทำวิจัยอยู่ที่ห้องปฏิบัติการ Bell Laboratory ณ เมือง Holmdel รัฐ New Jersey สหรัฐฯ สามารถกักขังกลุ่มอะตอมโซเดียมในภาชนะทดลองที่ภายในเป็นสุญญากาศ แล้วทดลองยิงกลุ่มอะตอมด้วยเลเซอร์ใน 6 ทิศทาง คือ ตาม

แกน +x, -x, +y, -y, +z และ –z เมื่อปรับความถี่ของแสงให้เหมาะสม อะตอมโซเดียมจะดูดกลืนอนุภาค photon ของแสง แล้วเคลื่อนที่ช้าลงๆ จนกระทั่งมีความเร็วโดยเฉลี่ยเท่ากับ 30 เซนติเมตร/วินาที ซึ่งเป็นความเร็วของอะตอมที่มีอุณหภูมิ 240 ไมโครเคลวิน (0.00024 องศาสัมบูรณ์) Chu เรียกกลุ่มอะตอมนี้ว่า optical molass (วุ้นแสง)



อุปกรณ์ที่ Chu ใช้กักเก็บอะตอมโซเดียม ภาพจาก www.nature.com

แต่อะตอมเหล่านี้ไม่สามารถเกาะกันเป็นกลุ่มได้นาน เพราะแต่ละอะตอมมีความเร็วและทิศแตกต่างกัน ดังนั้นอะตอมที่มีความเร็วน้อยกว่าค่าเฉลี่ยจะถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงให้พลัดพรากจากกลุ่ม ด้วยเหตุนี้ภายในเวลาเพียงเศษเสี้ยวของวินาที วุ้นอะตอมก็จะแตกกระจาย

เพื่อแก้ปัญหานี้ ในปี 1988 William D. Phillips จึงใช้สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มน้อยและสม่ำเสมอ กระทำที่วุ้นอะตอม ตรงบริเวณเหนือและต่ำกว่าที่วุ้นอะตอมอยู่เพียงเล็กน้อย ก็ได้พบว่า สนามแม่เหล็กทำให้ระดับพลังงานของอะตอมเปลี่ยน แรงที่เกิดขึ้นใหม่จะช่วยยึดอะตอมให้อยู่นิ่งเป็นเวลานาน จึงทำให้ระบบมีอุณหภูมิต่ำถึง 40 ไมโครเคลวิน (หรือ 0.00004 องศาสัมบูรณ์)

ส่วน Cohen-Tannoudji ซึ่งได้ทดลองโดยใช้กลุ่มอะตอมฮีเลียมก็พบเช่นกันว่า สามารถทำให้อุณหภูมิของวุ้นอะตอมฮีเลียมลดต่ำถึง 0.18 ไมโครเคลวิน (หรือ 0.000018 องศาสัมบูรณ์) และที่อุณหภูมินี้ วุ้นอะตอมฮีเลียมจะอยู่ในสถานะมืด (dark state) คือ ไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับแสงเลย

เทคนิคการทำอุณหภูมิของสสารให้ลดต่ำมาก ๆ โดยนักฟิสิกส์ทั้งสามคน ได้ถูกนำไปประยุกต์ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ระดับซูเปอร์ไฮเทค เช่น นาฬิกาอะตอมที่เดินผิดไม่เกิน 1 วินาทีใน 5,000 ล้านปี ทั้งนี้ก็เพราะแสงที่ออกมาจากอะตอมซึ่งมีความเร็วน้อยนิดมีความยาวคลื่นที่นักฟิสิกส์สามารถวัดได้อย่างแม่นยำที่สุด คือ แทบไม่ผิดเลย ปัจจุบันเทคนิคนี้ได้ถูกนำไปใช้สร้างสสารชนิดใหม่ คือ สสารควบแน่นแบบ Bose-Einstein Condensate (BEC) และอุปกรณ์ที่สามารถแสดงปรากฏการณ์แทรกสอดและเลี้ยวเบนของอะตอมและโมเลกุล

Steven Chu เกิดเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ ปี 1948 ที่ St.Louis แห่งรัฐ Missouri ในสหรัฐอเมริกา ครอบครัว Chu มีบรรยากาศเป็นวิชาการมาก เพราะบิดาเป็นศาสตราจารย์วิศวกรรมเคมีแห่งมหาวิทยาลัย Washington ที่ St.Louis ส่วนมารดาจบการศึกษาปริญญาตรีสาขาเศรษฐศาสตร์ ตาได้รับปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัย Cornell ลุงศึกษาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Sorbonne ในฝรั่งเศส Gilbert พี่ชายของ Chu เป็นศาสตราจารย์ชีวเคมีที่มหาวิทยาลัย Stanford น้องชาย Morgan สำเร็จปริญญาเอกด้านกฎหมาย Chu ได้กล่าวเสริมว่า ลูกพี่ลูกน้องของ Chu ทุกคนเป็นแพทย์ และเรียนสูงถึงระดับด็อกเตอร์ เพราะบรรดาญาติทุกคนเรียนหนังสือเก่ง ดังนั้นบิดาจึงได้ขอร้องไม่ให้ Chu มีครอบครัว จนกว่าจะได้จบการศึกษาระดับปริญญาเอก

ขณะยังเป็นเด็ก Chu เรียนหนังสือไม่เก่งมาก คือ เก่งและดีที่ระดับ A- จึงทำให้ดูเสมือนมีความสามารถด้อยกว่าสมาชิกคนอื่น ๆ ของตระกูล Chu ได้ตัดสินใจไม่เรียนที่มหาวิทยาลัย Ivy League แต่ไปเรียนที่มหาวิทยาลัย Rochester แทน จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เมื่ออายุ 22 ปี จากนั้นได้ไปเรียนต่อระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley ด้วยทุนของ National Science Foundation จนเรียนสำเร็จในปี 1976 แล้วไปฝึกทำวิจัยหลังปริญญาเอกต่ออีก 2 ปี ก่อนย้ายไปประจำที่สำนักงาน Bell Laboratories เพื่อทำวิจัยเรื่องเทคนิคการทำสสารให้มีอุณหภูมิต่ำโดยใช้แสงเลเซอร์ (laser cooling)

ในอดีตเมื่อ 40 ปีก่อน Otto Frisch ได้เคยใช้เทคนิคการกระเจิงแสงในการทำสารให้มีอุณหภูมิต่ำมาก ด้วยการยิงอะตอมโซเดียมด้วยแสง และพบว่า แสงทำให้อะตอมโซเดียมเบี่ยงเบนทิศการเคลื่อนที่ เพราะเวลาอนุภาค photon ของแสงปะทะอะตอม โมเมนตัมของอะตอมจะลดลง และเปลี่ยนไปตามทิศการชนของแสง ดังนั้นถ้ามีอนุภาค photon หลายอนุภาคพุ่งชนอะตอมซ้ำแล้วซ้ำอีก แม้โมเมนตัมของ photon จะมีค่าน้อย แต่ถ้าการชนเกิดขึ้นหลายครั้ง การเปลี่ยนแปลงลัพธ์ก็จะมีค่ามาก ในทำนองเดียวกับการระดมยิงลูกบาสเก็ตบอลที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยกระสุนลูกปิงปองจำนวนมาก ก็สามารถทำให้ความเร็วของลูกบาสเก็ตบอลลดลงได้เช่นกัน นักฟิสิกส์ได้ตั้งข้อสังเกตว่าเลเซอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้จะต้องมีการปรับความถี่ ให้ photon ของแสงมีพลังงานพอดีให้อะตอมสามารถดูดกลืนได้ เพราะความถี่ของแสงขึ้นกับชนิดของอะตอม ทิศการเคลื่อนที่ และความเร็ว และถ้าไม่ปรับความถี่ของแสงเลย คลื่นแสงก็จะข้ามอะตอมไปโดยไม่ทำให้ความเร็วของอะตอมเปลี่ยนแปลง

แต่หลังจากที่อะตอมดูดกลืน photon แล้ว อีกไม่นานก็จะปล่อย photon ออกมาในทิศต่าง ๆ อย่างสะเปะสะปะ นั่นคืออะตอมก็มีการเคลื่อนที่แบบ Brownian

คือสะเปะสะปะด้วย อันเป็นผลที่เกิดจากการชนกันระหว่างอะตอมซึ่งทำให้อะตอมมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความขัดแย้งระหว่างปัจจัยทั้งสองที่เกิดขึ้นนี้ คือ ขีดจำกัดที่ทำให้นักฟิสิกส์ไม่สามารถทำให้มีอุณหภูมิของอะตอมลดต่ำมากได้

ดังนั้น ในการทำให้อะตอมมีอุณหภูมิซูเปอร์ต่ำ นักฟิสิกส์จึงจำต้องอาศัยเทคนิคอื่นช่วย นั่นคือใช้ กระบวนการระเหย อันเป็นวิธีเดียวกับที่เราทุกคนใช้เวลาต้องการทำให้กาแฟร้อนมีอุณหภูมิลดลง คือ เป่าลมไปเหนือผิวน้ำกาแฟ การทำเช่นนี้จะช่วยให้โมเลกุลน้ำที่มีอุณหภูมิสูงหลุดออกจากน้ำกาแฟ โมเลกุลน้ำที่เหลือจึงมีพลังงานลดลง คือมีอุณหภูมิเย็นลง ด้วยเหตุผลเดียวกันนี้ เวลากลุ่มอะตอมที่มีอุณหภูมิสูงระเหยไป กลุ่มอะตอมที่เหลือก็จะมีอุณหภูมิลดลงด้วย

ในการพัฒนาเทคนิคนี้ Chu, Cohen-Tannoudji และ Phillips ได้พบว่าสามารถทำวุ้นอะตอมให้มีอุณหภูมิเย็นจัดจนใกล้อุณหภูมิใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์ได้เป็นเวลานานหลายวินาที และได้เห็นแหล่งอะตอมที่ถูกกักขังเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เสมือนถูกขังอยู่ในวุ้น ดังนั้นเมื่ออะตอมมีความเร็วต่ำมาก นักฟิสิกส์จะสามารถประยุกต์และวัดสมบัติของอะตอมได้อย่างแม่นยำ จนสามารถนำมันไปใช้ทำนาฬิกาอะตอมที่เดินเที่ยงตรงที่สุดในโลก หรือใช้ในกระบวนการ atomic lithography เพื่อทำคอมพิวเตอร์ชิพซึ่งมีขนาดเล็กกว่าชิพที่ใช้เทคนิคธรรมดาทำหลายพันเท่า

หลังจากที่ประสบความสำเร็จในการวิจัยจนได้รับรางวัลโนเบลประจำปี 1997 แล้ว Chu ได้ย้ายไปเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Stanford ในปี 1987 และเริ่มโครงการ Bio-X ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่นักชีววิทยาและแพทย์ทำงานร่วมกัน โดยมี Chu เป็นหัวหน้าในการขอทุนวิจัยจากองค์กรภายนอกมหาวิทยาลัยมาสนับสนุน

ในเดือนสิงหาคม ปี 2004 Chu ได้รับแต่งตั้งเป็นผู้อำนวยการแห่งห้องปฏิบัติการ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) ซึ่งมีจุดประสงค์หลักคือวิจัยและพัฒนาพลังงานทุกรูปแบบ เช่น พลังนิวเคลียร์ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวมวล ฯลฯ เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าในการต่อสู้กับภัยโลกร้อน อเมริกาและจีนจำต้องลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน และน้ำมัน Chu เองได้เคยเสนอให้หลังคาของทุกบ้าน และถนนทุกสายในโลก ทาสีขาว หรือสีอ่อน ๆ เพื่อให้สามารถสะท้อนแสงอาทิตย์กลับสู่อวกาศ ซึ่งเขาเชื่อว่าวิธีนี้สามารถทำให้อุณหภูมิโลกลดลงได้เร็ว เพราะเท่ากับการที่คนทั้งโลกไม่ใช้รถยนต์เป็นเวลานาน 1 ปี

Chu จึงเป็นนักเคลื่อนไหวด้านพลังงานผู้ได้กล่าวเตือนสังคมให้ตระหนักเรื่องภัยโลกร้อน การเคลื่อนไหวนี้ทำให้ Chu ได้รับเลือกเป็นกรรมการคนหนึ่งในคณะกรรมาธิการ Copenhagen Climate Council ซึ่งเป็นองค์การที่มีนักวิทยาศาสตร์และนักธุรกิจมาทำงานร่วมกัน

Steven Chu กับประธานาธิบดี Barack Obama ในปี 2009 ภาพจาก วิกิพีเดีย

ด้วยความพยายามจะให้โลกมีพลังงานสะอาดใช้ ในปี 2008 ประธานาธิบดี Barack Obama แห่งสหรัฐจึงเลือก Steven Chu เป็นรัฐมนตรีกระทรวงพลังงาน

เพราะ Obama ต้องการส่งสัญญาณให้โลกและประชาชนอเมริกันรู้ว่า สหรัฐฯ ต้องการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยให้นักวิทยาศาสตร์ระดับสุดยอดพยายามค้นหาเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ในการสร้างพลังงานสะอาดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม Chu จึงเป็นนักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบลคนแรกที่ได้รับตำแหน่งรัฐมนตรีในคณะรัฐบาลของ Obama และนั่นก็หมายความว่าในการประชุม ครม.ทุกครั้งจะมีนักฟิสิกส์รางวัลโนเบลเข้าร่วมประชุมด้วย

จากตำแหน่งผู้อำนวยการที่ LBNL ซึ่งได้รับงบประมาณปีละ 600 ล้านดอลลาร์ และมีบุคลากรใต้บังคับบัญชาประมาณ 4,000 คน มาดำรงตำแหน่งรัฐมนตรีกระทรวงเกรด A ที่ต้องบริหารเงินงบประมาณปีละ 24,000 ล้านดอลลาร์ และต้องมีบทบาทบังคับบัญชาบุคคลในห้องปฏิบัติการแห่งชาติ 17 แห่งเพื่อวิจัยหาพลังงานทดแทน พัฒนาพลังงานนิวเคลียร์ เลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการกำจัดกากกัมมันตรังสี วิจัยฟิสิกส์อนุภาคมูลฐาน พัฒนาจุลินทรีย์ให้สามารถแปลง cellulose เป็นเชื้อเพลิงได้ รวมถึงต้องการสร้างเทคโนโลยีที่ทำให้เชื้อเพลิงชีวภาพมีประสิทธิภาพสูงด้วย

ในอดีตที่ผ่านมา คนที่จะมาเป็นรัฐมนตรีพลังงานมักเป็นนักการเมืองหรือนักธุรกิจที่ไม่มีภูมิหลังด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นเมื่อ Obama ตัดสินใจเลือก Chu ทำงานในตำแหน่งนี้ หลายคนจึงมีความกังวลว่า ความสามารถในห้องปฏิบัติการของ Chu อาจจะไม่เพียงพอที่ทำให้ความประสงค์ของ Obama ลุล่วง เพราะรัฐมนตรีต้องทำหน้าที่ทุกเรื่องอย่างประนีประนอม โดยต้องชักจูงให้ทุกฝ่ายเห็นคล้อยตาม ต้องพยายามอธิบายข้อจำกัดต่างๆ ของวิทยาศาสตร์ให้สมาชิกสภาผู้แทนราษฎรเข้าใจ ต้องพบปะสมาชิกสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสมาชิกอย่างสม่ำเสมอ และต้องใช้เหตุผลหักล้างความเห็นของคนที่ไม่เห็นด้วย ซึ่งเหล่านี้ล้วนเป็นงานที่เหนื่อย แต่ Chu ก็เชื่อว่า รางวัลโนเบลของเขาคงมีน้ำหนักพอให้ทุกคนเชื่อคำอธิบาย คำชี้แจง และเขาหวังว่าการ

สนทนากันจะทำให้นักการเมืองคิดอะไรๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น แทนที่จะยึดติดอุดมการณ์ส่วนตัว โดยไม่ฟังเหตุผลและมุมมองของนักวิทยาศาสตร์เลย

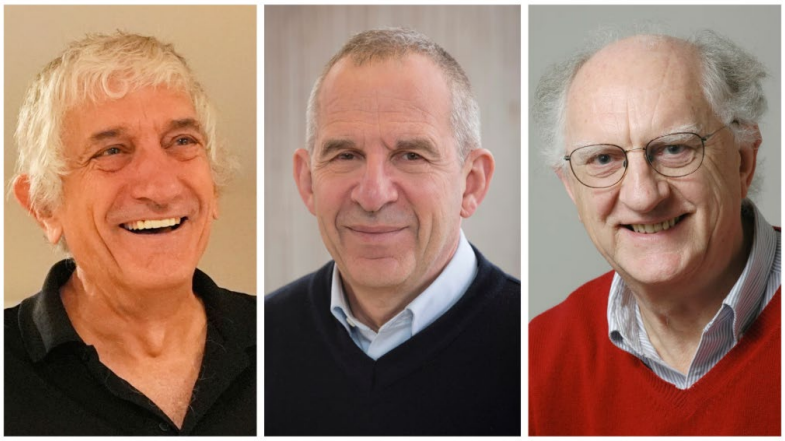
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. " Seminars & Colloquia | Professor Steven Chu, Stanford University: "Climate Change and needed technical solution for a sustainable future" | Amherst College". www.amherst.edu. Retrieved 2018-08-01.

2. "Prof Steven Chu". Stanford Who directory. Retrieved 2025-12-03.

John Martinis (จอห์น มาร์ตินิส)
Michel H. Devoret (มีแชล เดอโวเรต์)
John Clarke (จอห์น คลาร์ก)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2025 จากการพบปรากฏการณ์ทะลุทะลวงในวงจรไฟฟ้ามหภาค

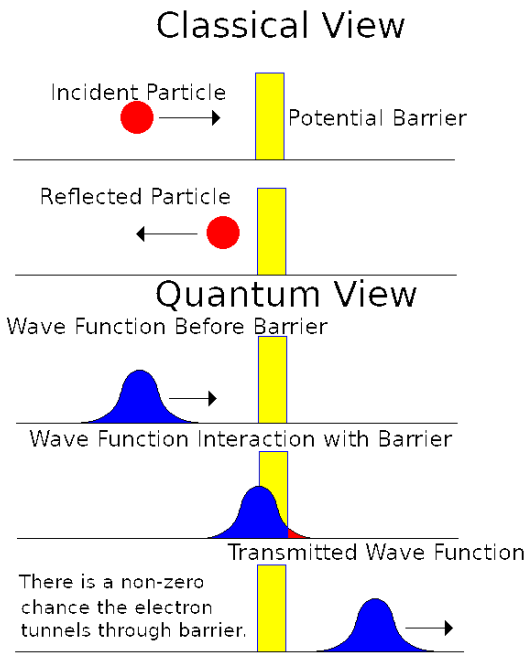


John Martinis, Michel H. Devoret และ John Clarke. นักฟิสิกส์รางวัลโนเบล ปี 2025

ภาพจาก Mark J. Terrill, Harold Shapiro via AP, University of California, Berkeley via AP

ในการรับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2025 ที่ John Clarke (1942-ปัจจุบัน) แห่งมหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley กับเพื่อนร่วมทีม อันได้แก่ Michel Devoret (1954-ปัจจุบัน) แห่งมหาวิทยาลัย Yale และ John Martinis (1985-ปัจจุบัน) ได้รับรางวัลจากผลงานการพบปรากฏการณ์ทะลุทะลวงแบบควอนตัมในวงจรไฟฟ้าว่าระบบนี้มีพลังงานเป็นหน่วย (quantum) คือ มิได้มีค่าต่อเนื่องแบบคลาสสิก และระบบมีสมบัติความพัวพันแบบควอนตัม ฯลฯ ดังนั้นมันจึงเป็นอะตอมประดิษฐ์ (artificial atom) ที่มีขนาดใหญ่จนตาเปล่าสามารถเห็นได้

ในวิชากลศาสตร์ยุคเก่า (classical mechanics) ของ Newton ในกลศาสตร์คลาสสิก เวลามีอนุภาคพุ่งชนกระทบกำแพง ถ้าพลังงาน (E) ของอนุภาคมีค่าต่ำกว่าพลังงานศักย์ของกำแพง อนุภาคจะทะลุทะลวงไปไม่ได้ ตามสมการ



ความแตกต่างในการทะลุทะลวงกำแพงของอนุภาคคลาสสิก กับอนุภาคควอนตัม

ภาพจาก medium.com

พลังงานทั้งหมด (E) ของอนุภาค = พลังงานจลน์ 1/2 (mv^2) + พลังงานศักย์ (V)

เมื่อ m คือ มวลของอนุภาค

และ v คือ ความเร็วของอนุภาค

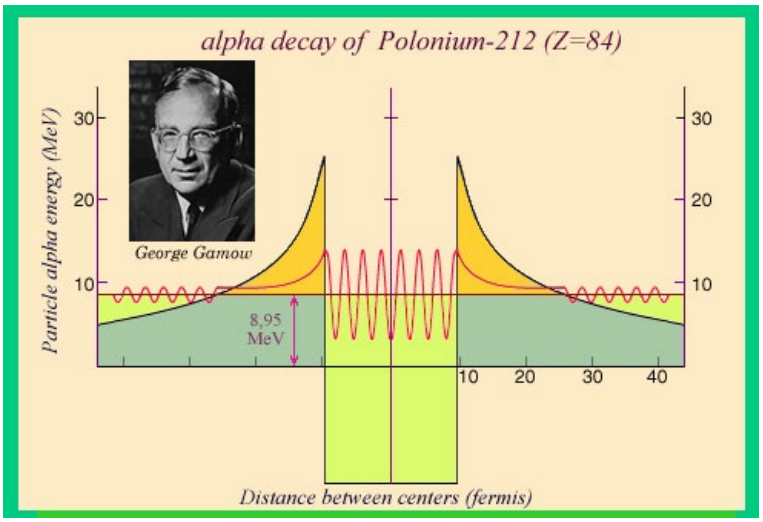
จากสมการข้างบนนี้ เราจะได้ v^2 = 2(E-V)/m

สมการนี้แสดงให้เห็นว่า ถ้า E>V เราก็สามารถหาค่าจริงของ v ได้ ซึ่งหมายความว่าอนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้จริง

แต่ถ้า E<V v จะมีค่าจินตภาพ นั่นคือ อนุภาคจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านกำแพงไปได้ และจะกระดอนกลับ ดังรูป classic view

แต่ในกรณีอนุภาคควอนตัม ซึ่งเป็นอนุภาคที่ต้องใช้กลศาสตร์ควอนตัมในการอธิบายพฤติกรรม

แม้ E จะมีค่าน้อยกว่า V ก็ตาม อนุภาคซึ่งแสดงสมบัติเป็นคลื่นได้ ก็สามารถจะทะลุไชชอนเข้าไปในกำแพงศักย์ได้ และถ้ากำแพงศักย์นั้นมีความหนาไม่มาก อนุภาคก็จะมีโอกาสทะลุผ่านกำแพงศักย์ได้ ดังรูป quantum view



George Gamow กับการอธิบายกระบวนการปล่อยรังสี alpha
โดยนิวเคลียสของธาตุ polonium-212 ภาพจาก IN2P3

การอธิบายเหตุการณ์ทะลุทะลวงของอนุภาคผ่านกำแพงศักย์ ได้เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ในการอธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ที่มีการปล่อยอนุภาคแอลฟา (alpha) ออกจากนิวเคลียส โดย George Gamow (1904-1968) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวรัสเซีย ที่ได้นำทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมของ Schrödinger มาอธิบายปรากฏการณ์นี้ในปี 1928 ว่า อนุภาคแอลฟา ซึ่งเป็นนิวเคลียสที่ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนอย่างละ 2 อนุภาค เวลาอยู่ในนิวเคลียส อนุภาคแอลฟาจะมีสภาพเหมือนตกอยู่ในปล่องภูเขาไฟ แต่ก็สามารถทะลุผนังภูเขาไฟออกมาได้ โดยใช้หลักการของกลศาสตร์ควอนตัม นี่นับเป็นการใช้กลศาสตร์ควอนตัมที่ได้ประสบความสำเร็จในการอธิบายปรากฏการณ์กัมมันตรังสีเป็นครั้งแรก และสามารถอธิบายได้ว่า ธาตุกัมมันตรังสีชนิดต่าง ๆ มีครึ่งชีวิต

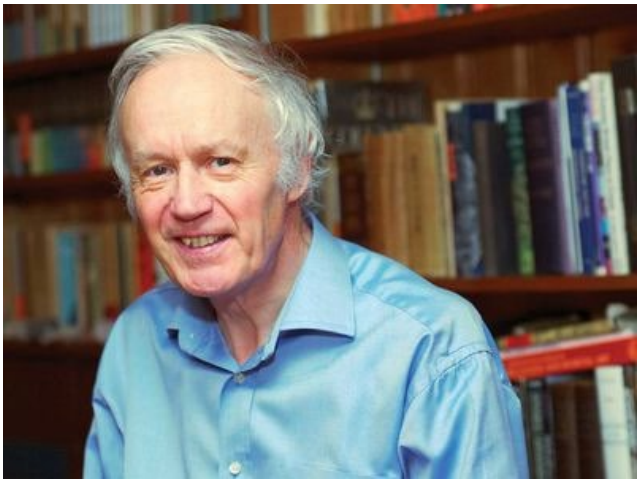
ที่แตกต่างกันมาก เพราะเหตุใด เช่น U-238 มีครึ่งชีวิตนาน 4,500 ล้านปี และ Ra-214 (radium) มีครึ่งชีวิตนาน 2.5x10^(-7) วินาที เป็นต้น

ความสำเร็จนี้ได้ทำให้คนบางคนคิดประเมินโอกาสที่นักโทษขณะติดคุก ได้พยายามหลบหนีออกจากคุก โดยเดินชนกำแพงคุกซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อใช้ความรู้กลศาสตร์ควอนตัมช่วยในการหนีออกจากคุก

นอกจากกลศาสตร์ควอนตัมจะสามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์กัมมันตรังสีได้แล้ว หลักการของวิชานี้ก็ยังสามารถอธิบายการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Tunneling Microscope, STM) และการเกิดปฏิกิริยาแบบ fusion บนดวงอาทิตย์ก็ได้ด้วย

ในความเป็นจริงวิชากลศาสตร์ควอนตัม ได้รับการพัฒนาขึ้นจากความต้องการของนักฟิสิกส์ที่จะอธิบายพฤติกรรมของอะตอม ซึ่งเป็นระบบจุลภาค (microscopic) ที่มีขนาดเล็กระดับนาโนเมตรหรือน้อยกว่า ส่วนกลศาสตร์คลาสสิกนั้น ใช้หลักการของ Newton ที่เหมาะสำหรับการอธิบายสมบัติของระบบที่มีขนาดใหญ่ (มหภาค) (macroscopic) เช่น ดาวเคราะห์ การตกของแอปเปิล เอกภพ และการไหลของน้ำ เป็นต้น

คำถามจึงมีอยู่ว่า วิชาฟิสิกส์มีเส้นแบ่งบริเวณระหว่างกลศาสตร์ควอนตัมกับกลศาสตร์คลาสสิกหรือไม่ และถ้ามี เส้นแบ่งนั้นจะอยู่ ณ ที่ใด



Anthony Leggett นักฟิสิกส์รางวัลโนเบลปี 2003 จากการเสนอทฤษฎีของเหลวยวดยิ่ง He-3

ภาพจาก www.britannica.com

คำถามนี้ ได้จุดประกายให้นักฟิสิกส์โนเบลทั้งสามคน (คือ John Martinis, Michel H. Devoret และ John Clarke) พยายามหาคำตอบด้วยการทดลอง โดยได้รับแรงดลใจจากคำเสนอแนะของ Anthony Leggett (1938-ปัจจุบัน) ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2003 จากการนำเสนอทฤษฎีของเหลวยวดยิ่ง He-3 โดย Leggett ได้แนะนำว่า ให้ใช้รอยต่อ Josephson เป็นอุปกรณ์ทดลอง เพราะรอยต่อนี้มีอนุภาคเป็นจำนวนมากร่วม 10^9 อนุภาค และสามารถแสดงปรากฏการณ์ทะลุทะลวงแบบควอนตัมได้

การทำงานของรอยต่อ Josephson เป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้ คือ

$I = I_0 \sin \delta$ เมื่อ $\delta = \phi_1 - \phi_2$ (1)

โดยที่ I_0 คือ กระแสวิกฤต

ϕ_1 , ϕ_2 คือ เฟสของตัวนำยวดยิ่งที่ 1 กับที่ 2 ตามลำดับ

ดังนั้น δ จึงเป็นความต่างเฟสของตัวนำยวดยิ่งทั้งสอง

ส่วนสมการที่ 2 คือ $\frac{d\delta}{dt} = \frac{2eV}{h}$ (2)

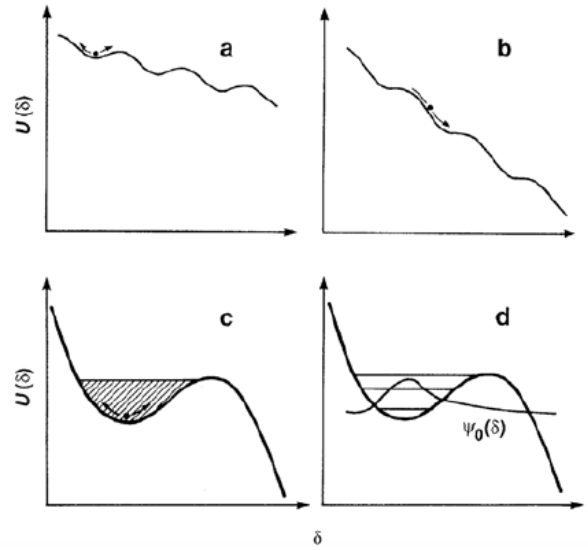
แต่ถ้าวงจรไฟฟ้ามีตัวจุ (Capacitor) C เราก็จะได้

$I = I_0 \sin \delta + \frac{h}{2e} C \frac{d^2\delta}{dt^2}$ (3)

จากสมการนี้ เราสามารถหาพลังงานศักย์ของระบบได้ว่า มีค่า

$U(\delta)$ แปรโดยตรงกับ $\left[-\cos \delta - \frac{I}{I_0}\delta\right]$ (4)

พลังงานศักย์ของระบบดังที่ปรากฏในสมการ (4) จึงมีลักษณะเป็นลูกคลื่น เหมือนผิวของกระดานซักผ้า (washboard) ที่มีไม้เรียงกันเป็นลอน



กราฟแสดงพลังงานศักย์ที่มีผิวโค้งเป็นคลื่นแบบผิวของกระดานซักผ้า

รูป (a) เมื่อกระแส I มีค่าน้อยกว่า I_0 (กระแสวิกฤต) อนุภาคจะอยู่ในแอ่ง ณ ตำแหน่งที่มีพลังงานศักย์ต่ำสุด

รูป (b) เมื่อ I มีค่ามากกว่า I_0 แนวของผิวจะเอียงลาดโค้งลงมาอีก อนุภาคจะเคลื่อนที่ลงมาตามผิว ทำให้เกิดแรงไฟฟ้า V

รูป (c) แสดงพลังงานของอนุภาคที่ต่อเนื่องแบบคลาสสิก และไม่มีการทะลุทะลวงแต่อย่างใด

รูป (d) แสดงพลังงานที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete) แบบควอนตัม และอนุภาคสามารถทะลุทะลวงผ่านเนินออกไปได้

ภาพจาก Kungl. Vetenskapsakademien

ครั้นเมื่อให้กระแสเริ่มต้น $I<I_0$, กราฟของ $U(\delta)$ จะเป็นรูป (a)

แต่เมื่อ $I>I_0$, $U(\delta)$ จะมีลักษณะเป็นดังรูป (b)

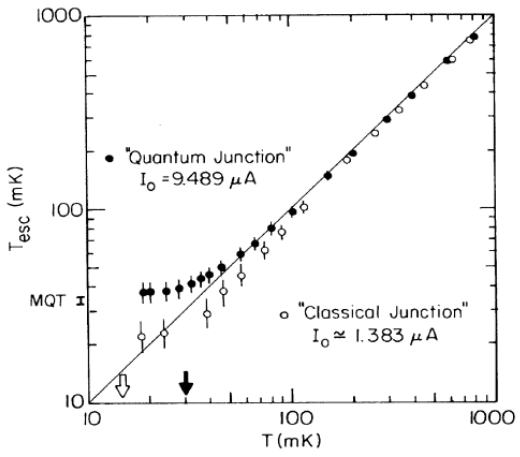
ซึ่งรูป (c) แสดงแอ่งศักย์ ที่อนุภาคอยู่ในแอ่ง และจะไม่เคลื่อนที่เลย ทำให้แรงดันไฟฟ้า = 0

แต่ถ้าเป็นอนุภาคควอนตัม มันจะทะลุทะลวงออกจากแอ่ง ผ่านเนินออกไปได้ ดังรูป (d) ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า

รูป (c) แสดงอนุภาคแบบคลาสสิกอยู่ในแอ่ง และอนุภาคนี้มีพลังงานต่อเนื่องที่น้อยกว่าพลังงานศักย์ จึงตกค้างอยู่ในแอ่งตลอดเวลา ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์

รูป (d) พลังงานของอนุภาคควอนตัมในแอ่งจะมีค่าเป็นชั้น ๆ (E_1,E_2) ที่ไม่ต่อเนื่อง แม้พลังงานแต่ละค่าจะมีค่าน้อยกว่าพลังงานศักย์ก็ตาม แต่ก็มีโอกาสทะลุออกจากวงจรได้

ในการกระตุ้นคู่คูเปอร์จากสถานะพื้น ไปเป็นสถานะกระตุ้น อาจจะกระทำได้โดยส่งคลื่น microwave เข้าไป ซึ่งถ้าพลังงานของคลื่นสอดคล้องกับค่าความแตกต่างของพลังงานระหว่าง E_1 กับ E_2 คู่คูเปอร์ก็จะรับพลังงานเข้าไป และเคลื่อนที่ออกจากวงจร ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่นักทดลองสามารถวัดได้



กราฟแสดงความแตกต่างระหว่างรอยต่อแบบควอนตัมกับรอยแต่แบบคลาสสิก
แกน y ของกราฟแสดงอุณหภูมิที่มีการทะลุทะลวงแบบมหภาค และแกน x แสดงอุณหภูมิของรอยต่อ
ภาพจาก Kungl. Vetenskapsakademien

การทดลองของนักฟิสิกส์ทั้งสาม ได้แสดงให้เห็นว่าวงจรไฟฟ้าที่มีรอยต่อ Josephson สามารถทำหน้าที่เสมือนเป็น qubit ได้ นี่จึงเป็นเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ ที่ใช้ superconducting qubit ในการสร้างคอมพิวเตอร์ควอนตัมได้

นอกเหนือจากการทำ qubit รูปแบบอื่น ๆ อันได้แก่

(1) trapped ion qubit

(2) spin qubit

(3) photonic qubit

(4) neutral atom qubit

และ (5) topological qubit ฯลฯ

ดังนั้นในอนาคต นอกจากโลกจะมีวิศวกรไฟฟ้า วิศวกรโยธา วิศวกรเครื่องกล โลกก็จะมีวิศวกรควอนตัมด้วย

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Quantum-tunnelling time is measured using ultracold atoms – Physics World". 22 July 2020.

2. The Feynman Lectures on Physics Vol. III Ch. 21: The Schrödinger Equation in a Classical Context: A Seminar on Superconductivity, Section 21-5: Superconductivity". feynmanlectures.caltech.edu. Retrieved 2020-01-12.

John Cockcroft (จอห์น ค็อกครอฟต์)
Ernest Walton (เออร์เนสต์ วอลตัน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1951 จากผลงานการเปลี่ยนแปลงชนิดของธาตุ โดยการยิงนิวเคลียส ด้วยอนุภาคพลังงานสูง

John Cockcroft (ซ้าย) กับ Ernest Walton (ขวา)

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ปี 1932 นับเป็นปีทองของวงการฟิสิกส์ เพราะในเดือนมีนาคมของปี James Chadwick (1891–1974) แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ได้พบอนุภาคนิวตรอน ด้าน Carl Anderson (1905-1991) แห่งมหาวิทยาลัย California ที่ Berkley ก็พบ positron ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุบวกตรงข้ามกับอิเล็กตรอนที่มีประจุลบ แต่มีมวลเท่ากัน และที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge John Cockcroft (1897-1967) กับ Ernest Walton (1903-1995) ได้ประสบความสำเร็จในการใช้เครื่องเร่งอนุภาคยิงโปรตอนให้พุ่งชนนิวเคลียสของธาตุ lithium ทำให้ได้อนุภาคแอลฟา 2 อนุภาค และมีพลังงานเกิดขึ้น ตามสมการ

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow 2^{4}_{2}He + (14.3 \pm 2.7)\ MeV$$

(MeV คือ 1 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์)

นี่คือการทดลองครั้งแรกของโลกที่ยืนยันว่า สมการ E=mc^2 ของ Einstein ที่แถลงว่า มวลและพลังงานสามารถเปลี่ยนไปมากันได้นั้น ถูกต้องทุกประการ การทดลองนี้ยังแสดงให้เห็นอีกว่า แม้แรงไฟฟ้าที่นิวเคลียสของ lithium ใช้ในการผลักโปรตอนที่มีประจุบวกเหมือนกันจะมีค่ามาก แต่สมบัติการเป็นอนุภาคควอนตัมของโปรตอนได้ช่วยให้มันสามารถทะลวงกำแพงศักย์ของนิวเคลียส lithium เข้าไปรวมตัวกับนิวคลีออนที่อยู่ภายในนิวเคลียส ทำให้ได้อนุภาคแอลฟาสองอนุภาค

การทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นเป็นครั้งแรกว่า มนุษย์สามารถเปลี่ยนแปลงชนิดของธาตุได้ นอกจากนี้ก็ยังทำให้เกิดเทคโนโลยีการเร่งอนุภาคมูลฐานให้มีพลังงานสูง ผลงานนี้ทำให้ Cockcroft กับ Walton ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 1951 ร่วมกัน

John Douglas Cockcroft เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม ปี 1897 ที่เมือง Todmorden ในอังกฤษ บรรพบุรุษของตระกูลประกอบอาชีพทอฝ้ายในโรงงานอุตสาหกรรม

ในวัยเด็ก Cockcroft เรียนที่ Todmorden Secondary School จนสำเร็จขั้นมัธยมศึกษา จึงไปเรียนต่อในสาขาคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Manchester เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง Cockcroft ต้องเข้ารับราชการทหาร จึงขอลาพักการเรียนชั่วคราว เพื่อเข้าประจำการในกองทหารปืนใหญ่ จนสงครามโลกยุติ จึงกลับไปเรียนต่อที่ College of Technology แต่เรียนวิศวกรรมไฟฟ้าแทน และถูกส่งไปฝึกงานที่โรงงาน Metropolitan Vickers Electrical Company เป็นเวลา 2 ปี จากนั้นได้ไปเรียนต่อที่ St. John's College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge

Ernest Walton กับ Ernest Rutherford และ John Cockcroft (ตามลำดับ)

ภาพจาก AIP Emilio Segrè Visual Archives.

Cockcroft สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 27 ปี และได้งานเป็นผู้ช่วยวิจัยของ Ernest Rutherford (1871–1937) เพราะ Rutherford มีความเห็นว่า Cockcroft เป็นคนมีประสบการณ์หลากหลายรูปแบบ คือ มีความสามารถใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการและมีความรู้ฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ในระดับดีมาก นอกจากนี้ Rutherford ยังมีเหตุผลส่วนตัวอีกประการหนึ่งในการรับ Cockcroft เข้าทำงาน คือ คนทั้งสองจบจากมหาวิทยาลัย Manchester เดียวกัน

ขณะทำงานที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish Cockcroft มีเพื่อนร่วมงานชื่อ Peter Kapitza (1894-1984) (รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี 1978) คนทั้งสองได้พยายามสร้างแม่เหล็กที่ให้สนามความเข้มสูง แต่ Cockcroft ไม่รู้สึกตื่นเต้นกับงานชิ้นนี้จึงเบนความสนใจไปศึกษาผลที่เกิดเวลามีการยิงโปรตอนพลังงานสูงไปชนนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ และหัวข้อวิจัยนี้เองที่ทำให้ Cockcroft ได้เพื่อนร่วมงานคนใหม่เป็นชาวไอริช คือ E.T.S. Walton (1903-1995)

ในปี 1932 ทั้งสองได้ประสบความสำเร็จในการใช้โปรตอนที่มีพลังงานสูงยิงนิวเคลียสของ lithium และเปลี่ยนนิวเคลียสนั้นเป็นอนุภาคแอลฟา

ผลที่เกิดตามมา คือ นักฟิสิกส์มีเทคนิคการเปลี่ยนแปลงธาตุ โดยใช้อนุภาคยิง เช่น โปรตอนหรือ deuteron ยิงนิวเคลียส ความสำเร็จนี้ทำให้ Cockcroft ได้รับการแต่งตั้งเป็นหัวหน้าห้องปฏิบัติการ Mond Laboratory แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge

ในปี 1939 Cockcroft ได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ แต่ในเวลานั้นสงครามโลกครั้งที่สองใกล้จะอุบัติ Cockcroft จึงหวนกลับไปรับราชการทหารอีกครั้งหนึ่ง ในสังกัดหน่วยเรดาร์ซึ่งมีจุดมุ่งหมายจะพัฒนาเทคโนโลยีชนิดนี้เพื่อป้องกันประเทศ งานวิจัยนี้ทำให้มีโอกาสเดินทางไปทำงานในต่างประเทศหลายแห่ง เช่น อเมริกา และแคนาดา

หลังสงครามโลก Cockcroft ได้เดินทางกลับอังกฤษ เพื่อรับตำแหน่งผู้อำนวยการศูนย์วิจัยนิวเคลียร์เพื่อสันติภาพของอังกฤษที่ Harwell

ถึงปี 1951 Cockcroft และ Walton ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกันด้วยผลงาน “การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของธาตุโดยการยิงด้วยอนุภาคพลังงานสูง”

Cockcroft แต่งงานเมื่ออายุ 28 ปี ครอบครัวมีลูกสาว 4 คน และลูกชาย 1 คน และเสียชีวิตเมื่อวันที่ 18 กันยายน ปี 1967 สิริอายุ 70 ปี

ด้าน Ernest Walton เกิดเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม ปี 1903 ที่เมือง Dungarvan ในไอร์แลนด์ บิดาเป็นนักเทศน์ที่ต้องเดินทางไกลบ่อย ดังนั้นในวัยเด็ก Walton จึงต้องย้ายบ้าน และเปลี่ยนโรงเรียนตามบิดาทุก 2-3 ปี สุดแท้แต่บิดาจะไปทำงาน ณ ที่ใด

เมื่ออายุ 12 ปี Walton ได้เข้าโรงเรียน Methodist College ในเมือง Belfast และพบว่าสามารถเรียนคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ได้ดี จนอายุ 19 ปี จึงไปเรียนต่อที่ Trinity College ในเมือง Dublin โดยได้ทุนการศึกษา ไปเรียนฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์เป็นวิชาเอก Walton สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 23 ปี ด้วยคะแนนเกียรติ

นิยมอันดับหนึ่ง ในปีต่อมาได้รับปริญญาโท และได้ทุนวิจัยของมหาวิทยาลัย Cambridge เพื่อทำงานวิจัยภายใต้ความดูแลของ Ernest Rutherford จนสำเร็จปริญญาเอก แล้วเดินทางกลับไปเป็นอาจารย์ที่ Trinity College ที่ตนเคยเรียน

งานวิจัยชิ้นแรกของ Walton เป็นงานทางด้านอุทกศาสตร์ แต่เมื่อมาทำงานที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish เขาก็หันไปสนใจการผลิตอนุภาคความเร็วสูง โดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้นที่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงมากเร่งอนุภาค

การทดลองของ Cockcroft กับ Walton ได้แสดงให้เห็นว่า นิวเคลียสของธาตุที่มีมวลเบาหลายชนิดสามารถเปลี่ยนชนิดได้ เวลาถูกยิงด้วยโปรตอนพลังงานสูง

ในปี 1938 Walton กับ Cockcroft ได้รับเหรียญ Hughes ของสมาคม Royal Society แห่งอังกฤษ ครอบครัวของ E.T.S Walton มีบุตรชาย 2 คน และบุตรสาว 2 คน

Walton เสียชีวิตเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน ปี 1995 สิริอายุ 91 ปี

ในปาฐกถาที่ Cockcroft บรรยายเนื่องในโอกาสที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ เขาเล่าว่า ในปี 1928 หลังจากที่ George Gamow (1904–1968) ได้ไปเยือนสถาบัน Bohr ในกรุง Copenhagen ที่เดนมาร์ก และได้แวะเยือน Rutherford ที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish ขณะพักอยู่ที่ Cambridge Gamow ได้ให้สัมภาษณ์เรื่อง ทฤษฎีการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา ซึ่ง Gamow ได้นำทฤษฎีควอนตัมมาประยุกต์เพื่ออธิบายว่า แม้อนุภาคแอลฟาที่อยู่ภายในนิวเคลียสจะมีพลังงานน้อยกว่ากำแพงศักย์ และตามหลักการของกลศาสตร์นิวตัน อนุภาคแอลฟาจะไม่มีวันทะลุกำแพงศักย์ออกมาได้ แต่ในกลศาสตร์ควอนตัมอนุภาคแอลฟาสามารถทะลุกำแพง

ศักย์ออกมาได้ เพราะอนุภาคแอลฟามีสมบัติคลื่น ดังนั้นเวลากระทบกำแพงศักย์มันจะมีโอกาสทะลุกำแพงศักย์ออกมาได้

Cockcroft จึงพิจารณาในแนวย้อนกลับว่าถ้าอนุภาคแอลฟาสามารถเล็ดรอดออกจากนิวเคลียสได้ อนุภาคอื่นก็ต้องสามารถทะลุกำแพงศักย์เข้าไปภายในนิวเคลียสได้เช่นกัน

เครื่องเร่งอนุภาคที่ John Cockcroft กับ Ernest Walton ใช้ในการแปลงชนิดของธาตุ

ภาพจาก

http://scientificsentence.net/Equations/Nuclear_Physics/Cockcroft_Walton_accelerator.png

การคำนวณโดยประมาณแสดงให้เห็นว่า โปรตอนที่ถูกเร่งด้วยความต่างศักย์เพียง 300 กิโลโวลต์สามารถพุ่งเข้าถึงนิวเคลียสของธาตุ boron ได้ แต่ถ้าใช้นิวเคลียสของ lithium เป็นเป้า การทะลวงจะง่ายขึ้น ทันทีที่เข้าใจวิธีคิดของ Cockcroft Rutherford ได้อนุญาตให้ Cockcroft เดินหน้า โดยมี Walton เป็นผู้ช่วย ทั้งสองได้สร้างเครื่องเร่งอนุภาคขึ้น เพื่อเร่งโปรตอนให้มีพลังงานสูง สำหรับใช้ยิงนิวเคลียสของ

lithium และความสำเร็จก็บังเกิด ในวันที่ 13 เมษายน ปี 1932 เมื่อโปรตอนพลังงานสูงพุ่งชนนิวเคลียสของ lithium และทุกคนเห็นแสงวาบเกิดขึ้นที่จอรับอนุภาค เมื่อ Walton หยุดเครื่อง แสงวาบก็หายไป ทั้งสองได้ทดลองซ้ำจนแน่ใจว่าแสงวาบเป็นผลที่เกิดจากการยิงโปรตอน และมีอนุภาคลึกลับพุ่งมาปะทะจอรับ ทั้งสองจึงโทรศัพท์ถึง Rutherford เพื่อรายงานเหตุการณ์ที่เห็น และ Rutherford ได้เสนอแนะให้เพิ่มศักย์ไฟฟ้า เพื่อเพิ่มพลังงานให้แก่โปรตอน แต่แสงวับก็ยังปรากฏ Rutherford จึงบอกว่าแสงวับเกิดจากอนุภาคแอลฟาพุ่งชนจอที่ถูกฉาบด้วย zinc sulfide นั่นคือ Cockcroft และ Walton ได้ประสบความสำเร็จในการเร่งอนุภาคเบาให้พุ่งชนนิวเคลียสมวลหนักทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ นับเป็นครั้งแรกที่มนุษย์สามารถเปลี่ยนแปลงชนิดของธาตุได้

การทดลองนี้ได้ชี้นำนักฟิสิกส์ให้หันมาสนใจเทคโนโลยีการสร้างเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูง เพื่อใช้ศึกษาธรรมชาติของนิวเคลียส

เครื่องเร่งอนุภาค Large Hadron Collider (LHC) ที่ได้รับการพัฒนาต่อยอดจากความคิดของ John Cockcroft กับ Ernest Walton ภาพจาก Maximilien Brice/CERN

ปัจจุบันนี้โลกมีเครื่องเร่งอนุภาค Large Hadron Collider (LHC) ที่ CERN ในปี 2028 จีนจะสร้างโรงงานผลิตอนุภาค Higgs ที่มีเส้นรอบวงยาว 52 กิโลเมตร เพื่อเร่งอิเล็กตรอน และโพซิตรอนให้ขนกัน และจะใช้อุปกรณ์นี้ศึกษาสมบัติของอนุภาค Higgs อย่างละเอียดเพื่อจะวิเคราะห์ว่า Higgs เป็นอนุภาคมูลฐานจริง (คือมิได้ประกอบด้วยอนุภาคอื่น ๆ ที่เล็กกว่า) หรือไม่ ซึ่งการใช้เครื่องเร่งอนุภาค Supercollider ทั้งหลายในอนาคต ล้วนเป็นผลที่เกิดจากงานบุกเบิกของ Cockcroft และ Walton ทั้งสิ้น

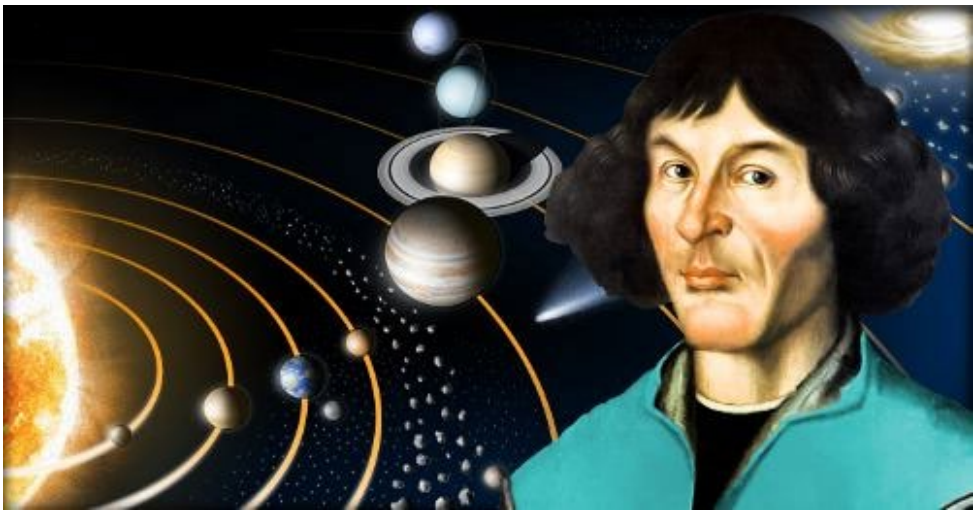
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Cathcart, Brian. (2005), The Fly in the Cathedral. Penguin.

2. "ALICE detects the conversion of lead into gold at the LHC". CERN. May 8, 2025. Retrieved May 13, 2025.

Nicolaus Copernicus (นิโคเลาส์ โคเปอร์นิคัส)

นักดาราศาสตร์ผู้สามารถยกโลกได้ด้วยปากกา



Nicolaus Copernicus กับแบบจำลองสุริยะจักรวาล ที่มีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง

ภาพจาก www.famousscientists.org

วิทยาศาสตร์มีวิวัฒนาการเหมือนสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย คือ สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ในหลายทิศทางตลอดเวลา จนไม่มีใครสามารถรู้ได้อย่างมั่นใจว่า จุดเริ่มต้นของการค้นพบใหม่ได้บังเกิดขึ้น เมื่อใดและ ณ ที่ใด

แม้การระบุวัน เดือน และปีที่การค้นพบจะบังเกิดเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก แต่นักประวัติวิทยาศาสตร์ก็ได้แบ่งช่วงเวลาของวิทยาศาสตร์เป็นยุค ๆ โดยมีปราชญ์คนสำคัญ เช่น ยุค Thales แห่ง Miletus, ยุค Anaximander แห่ง Miletus, ยุค Pythagoras แห่ง Samos และยุค Archimedes แห่ง Abdera เป็นต้น เพราะบุคคลเหล่านี้ได้พลิกโลกทั้งในด้านความคิดด้วยการสร้างองค์ความรู้ที่ถูกต้อง จนได้รับการยอมรับโดยทุกคนว่า เป็นผู้บุกเบิกวิทยาศาสตร์

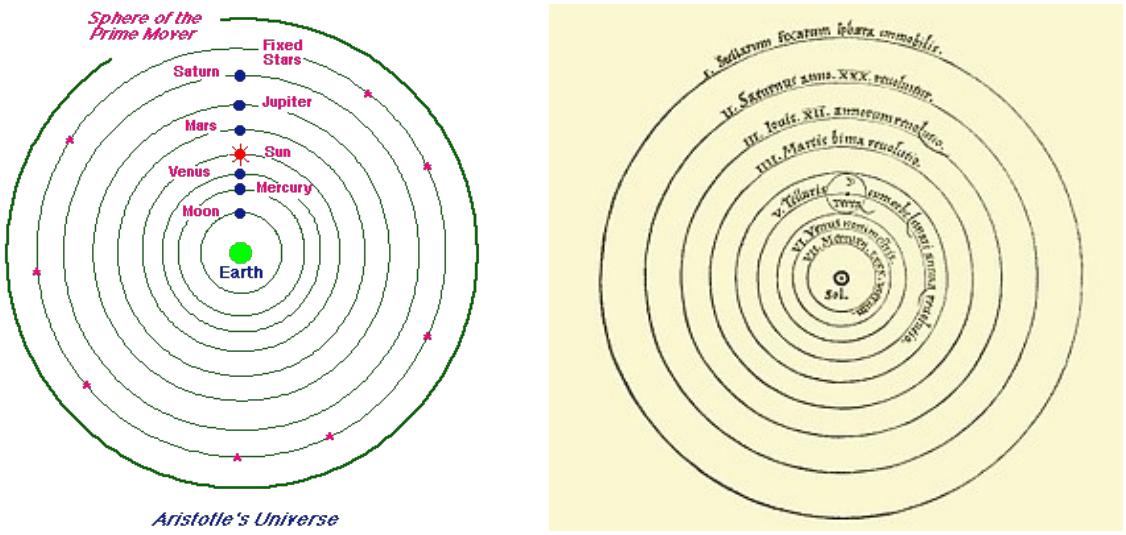
ในยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยา (Renaissance) เมื่อ 500 ปีก่อน Nicolaus Copernicus นับเป็นผู้มีบทบาทสำคัญมากที่สุดคนหนึ่งในการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ โดยนำวิธีคิดและวิธี

ทำงานของนักวิทยาศาสตร์ยุคก่อน ๆ มาปรับแต่ง และผลที่เกิดตามมา คือ การได้ปฏิรูปความคิดของมนุษย์ จากที่ได้หลงเชื่อเรื่องบางเรื่องอย่างงมงายเป็นเวลานานกว่าพันปี

ปี 2013 เป็นวาระครบ 540 ปีแห่งชาติกาลของ Copernicus เพราะ Nicolaus Copernicus เกิดเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ ปี 1473 ที่เมือง Torun ปัจจุบันอยู่ในโปแลนด์ บิดาเป็นพ่อค้า ครอบครัวมีฐานะปานกลางและบรรพบุรุษมีเชื้อชาติเยอรมัน

ในวัยเด็ก เมือง Torun ของ Copernicus ตกอยู่ภายใต้การปกครองของกษัตริย์โปแลนด์ และในอดีต Torun เคยถูกปกครองโดยกษัตริย์เยอรมัน การแย่งชิงอำนาจกันระหว่างสองชาติได้ ทำให้บรรดาคนคลั่งชาติทั้งหลายในเวลาต่อมาต่างก็อ้างว่า Copernicus มีสัญชาติเดียวกับตน

เมื่ออายุ 10 ปี Copernicus ได้กำพร้าบิดา จึงตกอยู่ในความอุปถัมภ์ของน้าชาย Lucas Watzenrode ผู้มีฐานะดี และสนับสนุนหลานรักได้ไปเล่าเรียนถึงระดับมหาวิทยาลัยที่มหาวิทยาลัย Cracow Copernicus ในวัย 18 ปี ได้เรียนหลายวิชา เช่น ศาสนา ดนตรี กฎหมาย วิทยศาสตร์ ฯลฯ แต่สนใจดาราศาสตร์มากที่สุด



โครงสร้างของเอกภพในมุมมองของ Aristotle ซึ่งมีโลกอยู่ที่จุดศูนย์กลาง (ซ้าย)
กับเอกภพในสายตาของ Copernicus (ขวา) ภาพจาก www.pas.rochester.edu

หลังจากที่เรียนจบระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย Cracow Copernicus ได้ไปศึกษาต่อที่อิตาลีเพื่อเพิ่มพูนความรู้ เพราะที่นั่นคือแหล่งกำเนิดของศาสตร์ชั้นสูง และเป็นศูนย์กลางการปฏิรูปความรู้ในยุค Renaissance ซึ่งทำให้โลกมีอัจริยะนักวิทยาศาสตร์หลายคน เช่น Leonardo da Vinci, Andreas Vesalius และ Galileo Galilei เป็นต้น Copernicus คาดหวังจะได้เป็นปราชญ์ผู้รอบรู้ทุกเรื่อง (uomo universale) บ้าง จึงเข้าเรียนกฎหมายที่มหาวิทยาลัย Bologna แต่เมื่อนั่งฟังการสอนดาราศาสตร์โดยศาสตราจารย์ Domenico Maria Novara ก็รู้ว่า มีนักดาราศาสตร์กรีกคนหนึ่งชื่อ Aristarchus แห่งเมือง Samos ซึ่งเคยมีชีวิตในช่วง 320-250 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งได้เคยแถลงความเชื่อว่าโลกเคลื่อนที่ได้ ซึ่งถ้อยแถลงนี้นอกจากจะขัดแย้งกับสามัญสำนึกของคนทุกคนในเวลานั้นแล้ว ยังขัดแย้งกับคำสอนของปราชญ์ เช่น Ptolemy และ Aristotle ซึ่งเชื่อว่าโลกอยู่นิ่ง และดาวทุกดวงตลอดจนดวงอาทิตย์ก็ล้วนโคจรรอบโลกด้วย ดังนั้น โลกจึงเป็นศูนย์กลางของเอกภพ ซึ่งก็ตรงกับคำสอนที่ปรากฏในคัมภีร์ไบเบิลว่า พระเจ้าทรงสร้างโลก และสรรพสิง รวมถึงมนุษย์ และพระองค์ได้ทรงกำหนดให้มนุษย์อาศัยอยู่บนโลก ดังนั้นโลกจึงเป็นศูนย์กลางของเอกภพ

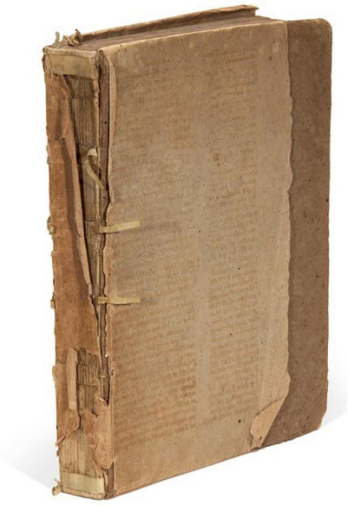
ความเชื่อนี้ได้รับการยอมรับตลอดมาจนถึงคริสต์ศตวรรษที่ 15 เมื่อ Nicolaus แห่งเมือง Cusa (1401-1464) เรียบเรียงตำราชื่อ "On Learned Ignorance" ซึ่งมีใจความว่า เอกภพมีขนาดใหญ่โตมโหฬารมากจนไม่มีใครสามารถจะวัดขนาดได้ Nicolaus จึงเชื่อว่า เอกภพไม่มีจุดศูนย์กลาง

หลังจากที่สำเร็จการศึกษาวิชากฎหมายที่มหาวิทยาลัย Bologna Copernicus ได้เดินทางไปศึกษาวิชาแพทยศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Padua จนมีความรู้เรื่องการดูแลรักษาคนไข้ได้ดีพอสมควร และได้เดินทางกลับบ้านเกิดเมื่อปี 1506 เพื่อทำงานในตำแหน่งเลขานุการของบาทหลวงแห่งเมือง Varmia ซึ่งเป็นน้าแท้ ๆ ของ Copernicus อีกหนึ่งปีต่อมา เมื่อบาทหลวงละสังขาร Copernicus ซึ่งไม่ต้องการตำแหน่งบริหารใด ๆ จึงได้ขอย้ายไปประจำเป็นนักเทศน์ที่วิหารแห่งเมือง Frauenburg โดยมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานศาสนาทุกเรื่อง รวมถึงการเป็นแพทย์รักษาคนไข้ด้วย ในยามว่างจากงานประจำ Copernicus มักจะแอบไปอ่านหนังสือดาราศาสตร์ และสังเกตดูดาวต่าง ๆ บนท้องฟ้าจากหอคอยโบสถ์ในเวลากลางคืน

ในช่วงเวลาที่ Copernicus ต้องอยู่คนเดียว เขาจะครุ่นคิดตามอยู่ภายในบริเวณที่เป็นกำแพงโบสถ์ เพื่อหาทางหลุดพ้นจากทุกข์ และได้ทุ่มเทเวลาค้นคว้าหาความลึกลับบนสวรรค์ เพราะเขาคิดว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ลึกซึ้งและยากเกินกว่าที่สมองคนทั่วไปจะเข้าใจได้ ดังนั้น Copernicus จึงต้องการผู้ร่วมงานที่ฉลาด ความคิดของ Copernicus เช่นนี้ เป็นไปในทำนองเดียวกับ Plato ซึ่งได้เขียนคำจารึกที่ประตูสำนักของตนว่า “ห้ามคนที่ไม่รู้เรขาคณิต เดินเข้าสำนัก”

สไตล์การทำงานอีกแบบหนึ่งของ Copernicus คือ การเสนอความคิดหลัก ๆ มากกว่าการนำเสนอข้อมูลละเอียด เพราะเชื่อว่าความคิดรวบยอดมีความสำคัญยิ่งกว่า

ตัวเลข และคนที่จะเป็นอัจฉริยะได้ ต้องสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้โดยการพิจารณาจากข้อมูลที่ยังไม่ครบสมบูรณ์ ดังนั้น Copernicus จึงอาศัยการสังเกตทางดาราศาสตร์ของดาวบางดวง แล้วเสนอทฤษฎีโครงสร้างของระบบสุริยะ ส่วน Tycho Brahe นั้นยังไม่ถือว่าเป็นอัจฉริยะ เพราะแม้จะรู้ข้อมูลตำแหน่งของดาวอังคารอย่างละเอียด หลังจากที่ได้พยายามวัดเป็นเวลานานถึง 20 ปี ก็ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า วงโคจรของดาวอังคารและดาวเคราะห์ทุกดวงรอบดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นวงรี จนกระทั่ง Johannes Kepler ประกาศแถลงกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ สามข้อ



หนังสือ “De Revolutionibus Orbium Coelestium” (On the revolutions of the heavenly spheres) ที่ Copernicus เขียนและถูกตีพิมพ์เป็นครั้งแรก ในปี 1543 ภาพจาก newatlas.com

ในปี 1514 Copernicus เขียนบทความชื่อ “Litle Commentary on the Hypothesis of Celestial Motions” และได้วิจารณ์เอกภพของ Ptolemy ว่า ให้คำพยากรณ์ที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ดังนั้น Copernicus จึงเสนอความคิดเห็นใหม่ว่า

(1) ดาวเคราะห์ทุกดวงโคจรอบดวงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้ ดวงอาทิตย์จึงเป็นศูนย์กลางของเอกภพ

(2) ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์สั้นกว่าความสูงของท้องฟ้าที่ตาเห็น

(3) การเห็นดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก เพราะโลกหมุนรอบตัวเอง

(4) การเห็นดาวเคราะห์บางดวงเคลื่อนที่ย้อนกลับ (retrograde) เพราะดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน

Copernicus ยังมีความเห็นอีกว่า การบังคับให้โลกเคลื่อนที่ ในขณะที่ดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ทั้งหลายอยู่นิ่งนั้น เป็นการกระทำที่ง่ายสำหรับพระเจ้า ยิ่งกว่าการให้โลกอยู่นิ่ง แล้วให้ดาวทั้งหลายโคจรรอบโลก เมื่อเขียนบทความเสร็จ Copernicus ได้ส่งไปให้เพื่อน ๆ อ่าน

แต่เมื่อสถาบันศาสนาที่โรมได้อ่านบทความนี้ สันตะปาปา Leo ที่ 10 ก็ทรงบัญชาให้พระคาร์ดินัลที่ทำงานถวายพระองค์เขียนจดหมายถึง Copernicus เพื่อขอรายจะเอียดเพิ่มเติม เพราะข้อเสนอเรื่องโครงสร้างของระบบสุริยะที่ Copernicus แถลง มีความขัดแย้งกับสามัญสำนึกของคนทั่วไป และขัดกับคำสอนที่ปรากฏในคัมภีร์ไบเบิลด้วย ดังที่ Martin Luther ซึ่งเป็นนักบวชผู้ปฏิรูปสังคมในยุโรปได้ออกมาต่อต้าน Copernicus ด้วยการอ้างว่า ในคัมภีร์ไบเบิลมีเหตุการณ์ตอนหนึ่งที่เขียนว่า “Joshua ได้สั่งให้ดวงอาทิตย์หยุดเคลื่อนที่” นั่นแสดงว่าดวงอาทิตย์ต้องเคลื่อนที่ ดังนั้นถ้า Copernicus อ้างว่า ดวงอาทิตย์อยู่นิ่ง นั่นก็หมายความว่า Copernicus กำลังกล่าวหาว่า คำสอนในคัมภีร์ไบเบิลเป็นคำสอนที่เหลวไหล

ในการวิเคราะห์ความเป็นอัจฉริยะของ Copernicus ในประเด็นนี้ เราจะเห็นได้ว่า Copernicus เชื่อว่า สามัญสำนึกของคนมิสามารถบอกความจริงที่เกี่ยวกับธรรมชาติ

ได้ เพราะความจริงในธรรมชาติอาจขัดแย้งกับความรู้สึกของคนทั่วไป ยิ่งไปกว่านั้นในบางครั้ง ความจริงอาจเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น แรงโน้มถ่วง หรือแรงไฟฟ้า ซึ่งมีในธรรมชาติทุกหนแห่ง แต่ตามองไม่เห็น ดังนั้นเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่มนุษย์เห็นแล้วไม่เข้าใจ จึงทำให้เรารู้สึกเสมือนว่า ธรรมชาติได้พยายามซ่อนเร้นความจริงไม่ให้มนุษย์รู้ และคนที่จะพบความจริงได้ จะต้องมีสติปัญญาสูงมาก จึงจะสามารถเห็นทะลุผ่านภาพลวงตาทั้งหลายได้

ดังนั้น จึงเป็นเรื่องไม่น่าประหลาดใจที่ Copernicus จะถูกสังคมทั่วไป ทั้งนักบวชและนักวิชาการพากันออกมาต่อต้าน โดยกล่าวหาว่า Copernicus เป็นคนมีจิตฟุ้งซ่าน การถูกวิจารณ์ยิ่งมาก ยิ่งทำให้ Copernicus รู้สึกไม่ต้องการจะเผยแพร่ผลงานฉบับสมบูรณ์ เพราะคิดว่าตนจะถูกสถาบันศาสนาลงโทษ ด้วยข้อกล่าวหาว่า ปฏิเสธไม่ยอมรับศาสนา จากที่ได้เคยกล่าวว่าคัมภีร์ไบเบิลมีคำสอนที่เหลวไหล ทำให้สถาบันศาสนาไม่เป็นที่เชื่อถืออีกต่อไป และอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ Copernicus ไม่ได้นำเสนอผลงานเต็มรูปแบบ คือ ยังไม่มีหลักฐานมาสนับสนุนความคิดนี้ เช่น ไม่มีอุปกรณ์ตรวจสอบดูปรากฏการณ์ข้างขึ้น-ข้างแรมของดาวศุกร์ และไม่มีวิธีวัดการเห็นปรากฏการณ์ parallax ของดาวฤกษ์ที่ใช้แสดงให้เห็นว่าโลกเคลื่อนที่ได้

ผลที่ตามมา คือ สังคมวิชาการได้พากันประณาม Copernicus ว่าเป็นคนนอกรีต อีกทั้งเป็นคนที่ต้องการจะล้มสถาบันศาสนา จึงเป็นคนที่ไม่เห็นความสำคัญของมนุษย์ เพราะไม่ยินยอมให้มนุษย์บนโลกเป็นจุดศูนย์กลางของเอกภพอีกต่อไป โดยให้อาศัยอยู่บนโลก ซึ่งเป็นดาวบริวารของดวงอาทิตย์

นี่จึงเป็นความขัดแย้งครั้งแรกที่เกิดขึ้นระหว่างนักวิทยาศาสตร์กับสถาบันศาสนา เพราะ Copernicus ได้พบองค์ความรู้ใหม่ ที่แสดงว่า คำสอนบางเรื่องของศาสนาไม่

ถูกต้อง แต่เขาไม่มีหลักฐานใด ๆ มาสนับสนุน และคิดว่าความเชื่อตั้งอยู่บนพื้นฐานของความศรัทธาเท่านั้น ในเวลาต่อมา เมื่อนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ได้ศึกษาวิชาธรณีวิทยา บรรพชีวินวิทยา ชีววิทยา จักรวาลวิทยา ฯลฯ ทุกคนก็ได้พบองค์ความรู้ที่ขัดแย้งกับคำสอนต่าง ๆ ในคริสต์ศาสนามากขึ้น แต่ก็ไม่มีใครกล้าออกมาตำหนิ เพราะกลัวจะถูกพิพากษาลงโทษหนัก ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์บางคนจึงรู้สึกเสมือนว่า ถ้าโลกจะให้วิทยาศาสตร์เจริญเติบโต ศาสนาจะต้องตายก่อน

Copernicus ได้เก็บตัวทำงานต่อไปคนเดียวอย่างเงียบ ๆ และได้เขียนตำราชื่อ “On the Revolution of the Celestial Spheres” ซึ่งทำให้โลกสั่นสะเทือน และได้เรียบเรียงเสร็จก่อนปี 1530 แต่ยังไม่กล้าตีพิมพ์ เพราะเกรงจะถูกตุลาการศาสนาเรียกตัวมาสอบสวน

อีก 9 ปีต่อมา คือในปี 1539 มีนักดาราศาสตร์หนุ่มคนหนึ่งชื่อ Georg Joachim Rheticus ซึ่งได้เดินทางมาพบ Copernicus เพื่อขอทำงานดาราศาสตร์กับ Copernicus เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แต่กลับอยู่นานถึง 2 ปี

การเดินทางมาพบ Copernicus โดย Rheticus ในครั้งนั้นมีความสำคัญมากในประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ เพราะเป็นเหตุการณ์ที่ยิ่งใหญ่เทียบเท่ากับการพบปะระหว่างจักรพรรดิ Alexander กับพระอาจารย์ Aristotle หรือระหว่างนายพล Cortez กับกษัตริย์ Montezuma แห่งอาณาจักรอินคา และระหว่างนักดาราศาสตร์ Johannes Kepler กับ Tycho Brahe ระหว่าง Edmond Halley กับ Isaac Newton และระหว่าง Karl Marx กับ Friedrich Engels เพราะหลังการพบในทุกกรณีดังกล่าว โลกได้เปลี่ยนแปลงอย่างมโหฬาร

ในช่วงเวลาที่ Rheticus ทำงานร่วมอยู่กับ Copernicus นั้น เขาได้ศึกษาผลงานของ Copernicus ที่ถูกซุกซ่อนจากสายตาของโลกภายนอก และได้เขียนรายงานส่งไปให้อาจารย์ชื่อ Johannes Schoemer อ่านในปี 1540 เพื่อนำออกเผยแพร่ภายใต้นามแฝงว่า Narratio Prima เพราะมีจุดมุ่งหมายจะอธิบายผลงานสำคัญของ Copernicus ให้โลกภายนอกเข้าใจ

เพราะผลงานนี้มีเนื้อหามาก ดังนั้น Rheticus จึงได้ส่งต้นฉบับทั้งหมดไปให้ Andreas Osiander ซึ่งเป็นนักบวชแห่งเมือง Nuremberg ในเยอรมนีจัดพิมพ์เป็นเล่ม และนี่คือที่มาของ หนังสือ De Revolutionibus ที่มี Osiander เป็นบรรณาธิการ

ในคำนำของหนังสือเล่มนั้น Copernicus ได้ชี้แจงเหตุผลที่นำเสนอแนวคิดเพราะได้รับแรงกระตุ้นจากพระคาร์ดินัลแห่ง Capua และจากบิชอบแห่ง Klum และจากนักวิชาการอีกหลายท่าน แต่ไม่ได้เอ่ยถึง Rheticus เลย ซึ่งทำให้ Rheticus รู้สึกผิดหวัง ที่ตนเป็นหมอสูติฯ ให้ทารกมหัศจรรย์ที่ตนทำคลอดออกมาดูโลก แต่บิดาของทารกไม่ได้พูดถึงตนเลย

ทั้งนี้เพราะ Copernicus รู้ดีว่าหนังสือมีเนื้อหาหลายเรื่องที่ขัดแย้งกับคำสอนในคัมภีร์ไบเบิล ดังนั้นเพื่อให้สถาบันศาสนาไม่รู้สึกขุ่นเคือง เขาจึงได้เขียนคำนำอุทิศคุณความดีของหนังสือถวายต่อองค์สันตะปาปา Paul ที่ 3 แล้วให้ Osiander ซึ่งเป็นบรรณาธิการเป็นผู้พิสูจน์อักษร Osiander ซึ่งรู้สัจธรรมของโลกเป็นอย่างดี จึงเขียนชื่อบทความในหน้าแรก โดยไม่ลงนามผู้เขียน ในทำนองให้คนอ่านคิดว่าข้อความทั้งหลายที่ปรากฏในหนังสือเป็นเพียงข้อสันนิษฐาน ที่คนทุกคนจะไม่คิดไปว่าเป็นเรื่องจริง การหลบเลี่ยงเช่นนี้ทำให้หนังสือของ Copernicus รอดพ้นจากการถูกสถาบันศาสนาประณามเป็นเวลานานถึง 73 ปี

ตำนานมีเรื่องเล่าว่า เมื่อหนังสือเล่มนั้นได้รับการตีพิมพ์ในปี 1543 Copernicus กำลังจะสิ้นใจ Osiander จึงนำหนังสือเล่มแรกที่พิมพ์ไปให้ Copernicus ได้เห็น และถือไว้ในมือก่อนสิ้นใจ

De Revolutionibus เป็นหนังสือที่คนทั่วไปอ่านเข้าใจได้ยาก จนทำให้เชื่อกันว่าไม่มีนักดาราศาสตร์คนใดสามารถจะอ่านและเข้าใจได้ตั้งแต่หน้าแรกจนถึงหน้าสุดท้าย เพราะภาษาที่ Copernicus เขียนเป็นภาษาละตินโบราณ และอ่านยากจนไม่มีใครต้องการจะอ่านต้นฉบับ ซึ่งถือเป็นเรื่องปกติ ก็เช่นเดียวกับนิสิตและอาจารย์มหาวิทยาลัยในปัจจุบัน ก็ไม่มีใครต้องการอ่านผลงานต้นฉบับของ Kepler, Newton, Carnot, Maxwell, Einstein และ Bohr เพราะทุกผลงานดังที่กล่าวมาล้วนเขียนด้วยภาษาที่อ่านยาก จึงต้องอาศัยการแปลเป็นภาษาที่อ่านง่าย รวมถึงการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ต้องมีความเป็นปัจจุบันด้วย การสื่อสารจากผู้เขียนถึงผู้อ่าน จึงจะบรรลุผล

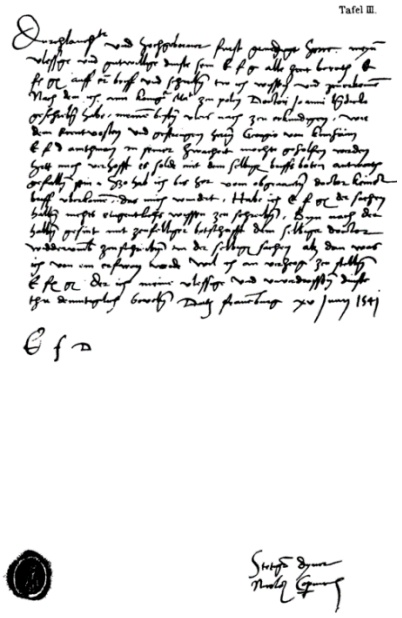
แม้แบบจำลองสุริยะจักรวาลของ Copernicus จะได้พลิกโฉมความเข้าใจของมนุษย์เกี่ยวกับเอกภพอย่างมโหฬารก็ตาม แต่ในเบื้องต้นหนังสือเล่มนี้ได้ถูกนักวิชาการพากันถากถางเยาะเย้ยและวิพากษ์วิจารณ์ในทางลบ และก็ไม่ถูกใครกล้ากล่าวประณาม Copernicus โดยตรง จนกระทั่งปี 1615 เมื่อ Galileo Galilei ใช้กล้องโทรทรรศน์ที่เขาประดิษฐ์ ส่องดูดาวต่าง ๆ ในท้องฟ้า ก็ได้พบว่า คำสอนต่าง ๆ ของ Copernicus ถูกต้องทุกประการ

อีกหนึ่งปีต่อมา หนังสือซึ่งเป็นตำราที่สำคัญระดับสุดยอด Magnum Opus (แปลว่า Most Important Work) ของ Copernicus ก็ถูกสำนักวาติกันสั่งห้ามตีพิมพ์ซ้ำ ถูกห้ามนำไปเผยแพร่ ถูกห้ามผู้คนอ่าน ครูถูกห้ามใช้สอน และห้ามใครใดเก็บหนังสือไว้ในบ้าน เพราะมันเป็นหนังสือต้องห้าม ที่จะต้องถูกกำจัดให้สิ้นซาก

สำหรับ Galileo เองก็ถูกบังคับให้ไม่เชื่อ และไม่ให้สอนความรู้ที่ Copernicus พบ แต่ในปี 1632 Galileo ได้แถลงยืนยันอีกครั้งว่า คำสอนของ Copernicus ถูกต้องทุกประการ จึงถูกตุลาการศาสนาตัดสินลงโทษ ให้ถูกกักบริเวณจนเสียชีวิต ในช่วงเวลานั้น Johannes Kepler ได้ออกมาแถลงว่า แบบจำลองของสุริยะจักรวาลตามแนวคิดของ Copernicus ถูกต้อง ดังในหนังสือ Epitome of Copernicus Astronomy ที่ Kepler เขียน Kepler ได้แถลงกฎการโคจรของดาวเคราะห์ (รวมทั้งโลก) รอบดวงอาทิตย์ และกฎทั้งสามของ Kepler ได้ชี้นำให้ Newton ได้พบกฎการเคลื่อนที่และกฎแรงโน้มถ่วง ซึ่งทำให้วิทยาศาสตร์ได้เข้ามาเปลี่ยนแปลงโลก ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา

สำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับหนังสือ De Revolutionibus ของ Copernicus ในเวลาต่อมา คือ ในปี 1939 ได้มีความพยายามแปลตำรานี้เป็นภาษาอังกฤษ และผู้แปลได้พบว่าเป็นงานที่ยากมาก เมื่อตำราดาราศาสตร์นี้เป็นตำราระดับไอคอน (icon) ดังนั้นตำราเล่มที่ตีพิมพ์ครั้งแรกจึงมีมูลค่าสูงถึง 350,000 เหรียญ (ประมาณ 10 ล้านบาท)

ลุถึงปี 1976 Noel Swerdlow และ Otto Neugebauer ได้เรียบเรียงผลงานของ Copernicus เป็นภาษาอังกฤษภายใต้ชื่อว่า The Mathematical Astronomy in Copernicus' De Revolutionibus ซึ่งได้อธิบายเนื้อหาทั้งหมดอย่างสมบูรณ์และอ่านเข้าใจง่าย



ลายมือของ Copernicus เป็นภาษาเยอรมันถึง Duke Albert แห่ง Prussia

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ณ วันนี้ Copernicus ผู้มีชื่อในภาษาโปแลนด์ว่า Mikolaj Kopernik และมีชื่อในภาษาเยอรมันว่า Niklas Koppernigk (สำหรับชื่อ Copernicus นั้นเป็นชื่อภาษาละตินที่ Copernicus ใช้เรียกตนเอง) ได้รับการยกย่องว่าเป็นบุคคลสำคัญคนหนึ่งของโลก

เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม ปี 2009 คณะนักฟิสิกส์แห่งสถาบัน Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung ที่เมือง Darmstadt ในเยอรมนี ได้เสนอตั้งชื่อธาตุ 112 ที่พบใหม่ว่า copernicium (สัญลักษณ์ Cn) โดยให้เหตุผลว่านักวิจัยจากสถาบันวิจัยได้พบธาตุที่ 110 ชื่อ darmstadium (สัญลักษณ์ Ds) ซึ่งเป็นชื่อเมืองที่สถาบันตั้งอยู่ รวมถึงธาตุที่ 108 ชื่อ hassium (สัญลักษณ์ Hs) ซึ่งเป็นชื่อของแคว้นที่สถาบันนี้ตั้งอยู่ มาคราวนี้สถาบันได้พบธาตุใหม่ จึงต้องการตั้งชื่อธาตุใหม่ โดยใช้ชื่อที่คนทั้งโลกรู้จัก แม้จะเป็นชาวโปแลนด์ก็ตาม แต่ Copernicus ก็มีเชื้อชาติเยอรมัน

หลุมฝังศพของ Copernicus ที่ Cathedral เมือง Frombork ในโปแลนด์

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ดังนั้นเมื่อถึงวันเกิดครบ 537 ปีแห่งชาติกาล ของ Copernicus องค์การ international Uhion of Pure and Applied Chemistry จึงยอมรับชื่อที่สถาบันวิจัยไอออนหนักของเยอรมันเสนอให้ Copernicium เป็นชื่อของธาตุใหม่ เพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลผู้ใช้ปากกายกโลกออกจากจุดศูนย์กลางของจักรวาล และเมื่อ Copernicus สะบัดปลายปากกาอีกครั้ง โลกกับดาวต่าง ๆ ในสุริยจักรวาลก็เริ่มหมุนรอบตัวเองและเคลื่อนที่ทันที

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Copernicus Revolution ของ T.S. Kuhn ที่จัดพิมพ์โดย Harvard University Press, Carbridge, Massachusetts ในปี 1957

2. George Saliba (27 April 2006). "Islamic Science and the Making of Renaissance Europe". Library of Congress. Retrieved 1 March 2008.

Eric A. Cornell (เอริค คอร์เนลล์)
Wolfgang Ketterle (โวล์ฟกัง เคทเทอร์เล)
Carl E. Wieman (คาร์ล วีแมน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2001 จากการสร้างสสารควบแน่นแบบโบส-ไอน์สไตน์

Carl E. Wieman, Wolfgang Ketterle และ Eric A. Cornell (ตามลำดับ)

ภาพจาก www.denverpost.com

ปราชญ์กรีกเมื่อ 2,500 ปีก่อนเคยตั้งคำถามว่า เอกภพประกอบด้วยอะไรบ้าง ใครเลยจะรู้ว่าคำถามนี้ได้ทำให้วิทยาศาสตร์ถือกำเนิด และนักวิทยาศาสตร์ยังพยายามตอบจนกระทั่งวันนี้

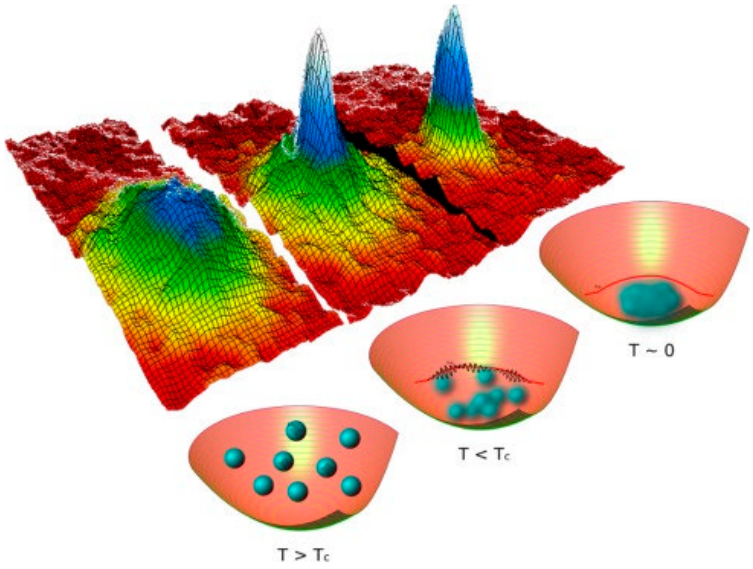
ถึงวันนี้นักวิทยาศาสตร์ได้พบแล้วว่า สสารที่มีในธรรมชาตินั้นประกอบด้วยธาตุธรรมชาติ 92 ชนิด และธาตุทุกชนิดมีองค์ประกอบที่เล็กที่สุดแตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่าอะตอม (atom) เพราะมาจากคำว่า atomos ที่แปลว่าแยกต่อไปอีกไม่ได้

ความรู้ปัจจุบันเกี่ยวกับอะตอมมีว่ามีขนาดเล็กมาก (10^{-10} เมตร) คือ เล็กขนาดว่าถ้าขยายน้ำหนึ่งหยดให้มีขนาดใหญ่เท่าโลก อะตอมจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 1 เมตร การมีขนาดเล็กมากเช่นนี้ ทำให้ตาเปล่ามองอะตอมไม่เห็น การศึกษาอะตอมใน

เวลาต่อมาทำให้นักวิทยาศาสตร์รู้เพิ่มเติมว่า อะตอมมีแกนกลาง ที่เรียกว่า nucleus ซึ่งเป็นที่อยู่ของอนุภาคประจุบวกหรือโปรตอน (proton) และอนุภาคที่ไม่มีประจุ คือ นิวตรอน (neutron) และมีอิเล็กตรอนที่มีประจุไฟฟ้าลบโคจรไปรอบ ๆ

ตามปกติอะตอมที่อยู่ในธาตุหรือสารประกอบ จะไม่อยู่นิ่ง คือ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่าง ๆ ตลอดเวลา ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วของอะตอมก็จะสูง เมื่อเวลาก๊าซเย็นลง ความเร็วอะตอมก็จะลดลงด้วย การมีความเร็วที่น้อยลง ทำให้อะตอมมีขนาดใหญ่ขึ้น ตามหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก (Heisenberg) ก็แถลงว่าถ้าความเร็วของอนุภาคลดลง ขนาดของอนุภาคจะเพิ่มขึ้น และในทางตรงกันข้าม ถ้าความเร็วของอนุภาคเพิ่ม ขนาดของอนุภาคก็จะลดลง

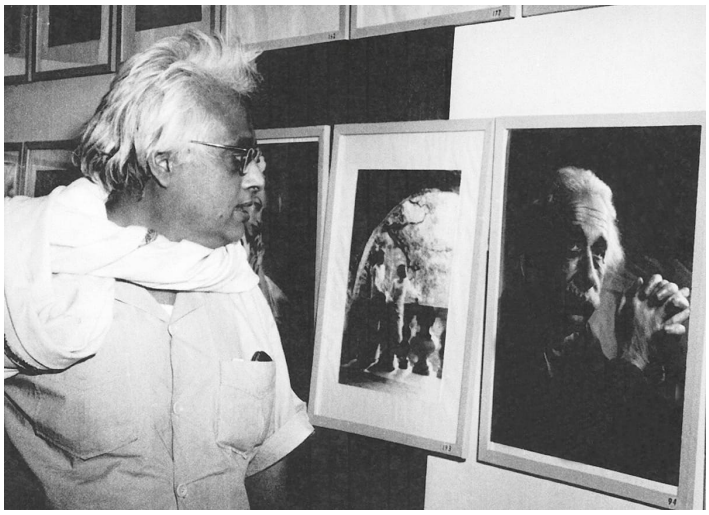
ดังนั้นเราจึงเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของก๊าซลด อะตอมจะมีความเร็วน้อยลงด้วย ซึ่งนั่นก็หมายความว่า อะตอมจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ๆ จนกระทั่งอะตอมที่อยู่ใกล้กันหลอมรวมกันเป็นมหาอะตอมที่มีขนาดใหญ่มาก เพราะประกอบด้วยอะตอมหลายหมื่นตัว เป็นซูเปอร์อะตอม (super atom) ที่ใหญ่จนเราสามารถเห็นด้วยตาเปล่าได้



ภาพแสดงการเกิดสสารควบแน่นแบบ Bose-Einstein Condensation (BEC)

ภาพจาก www.sciencedirect.com

นักฟิสิกส์เรียกซูเปอร์อะตอมที่เกิดลักษณะนี้ว่า Bose-Einstein Condensation หรือ BEC เพราะ Einstein เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ได้ทำนายการมีสสารชนิดนี้โดยใช้สถิติของ Satyendra Bose ที่ เสนอไว้เมื่อปี 1924



Satyendra Nath Bose

ภาพจาก AIP Emilio Segrè Visual Archives, Gift of Kameshwar Wali and Etienne Eisenmann

สัตเยนทระ นาถ โบส (Satyendra Nath Bose) เป็นนักฟิสิกส์ชาวอินเดีย ที่เกิดเมื่อปี 1894 บิดามีอาชีพเป็นกรรมกรขนของที่สถานีรถไฟ ในวัยเด็ก โบสเรียนเก่ง และเรียนคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ได้ดีมาก อีกทั้งมีพรสวรรค์ด้านภาษาด้วย

การมีความรู้ฟิสิกส์ และอ่านภาษาเยอรมันกับภาษาอังกฤษได้ ทำให้โบสสามารถแปลทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ฉบับภาษาเยอรมันได้จนเสร็จ แต่ได้พบว่ามีบริษัทหนึ่งในอังกฤษได้จดลิขสิทธิ์การแปลตำราเล่มนั้นเรียบร้อยแล้ว ด้วยเหตุนี้งานแปลของโบส จึงไม่มีสิทธิ์ถูกนำออกจำหน่าย โบสได้ตัดสินใจเขียนจดหมายถึงไอน์สไตน์ที่เบอร์ลิน (Berlin) ในเยอรมนี เพื่อขอให้ไอน์สไตน์ขอร้องบริษัทอังกฤษนั้นให้อนุญาตหนังสือโบสสามารถวางจำหน่ายในอินเดียได้ และไอน์สไตน์ก็ยินดีทำตามที่โบสขอ

การได้รับความช่วยเหลืออย่างมีน้ำใจจากนักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดของโลกในครั้งนั้น ได้ทำให้โบสซึ่งในเวลานั้นเป็นอาจารย์สอนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยดักกา (Dacca) เขียนจดหมายถึงไอน์สไตน์อีกในปี 1924 เพื่อให้ไอน์สไตน์ช่วยตรวจวิธีพิสูจน์ทฤษฎีการแผ่รังสีของวัตถุร้อนที่โบสได้เรียบเรียง และไอน์สไตน์ก็ได้แปลงานวิจัยของโบส ที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษเป็นภาษาเยอรมัน เพื่อส่งไปลงในวารสารวิชาการของเยอรมนี โดยได้ปรับปรุงสำนวนงานวิจัยให้กระชับ และมีเหตุผลยิ่งขึ้น งานชิ้นนี้ได้ทำให้โลกมีสถิติรูปแบบใหม่ใช้ซึ่งทุกวันนี้ เรียก สถิติแบบโบส-ไอน์สไตน์ (Bose-Einstein statistics) แม้ว่าโบสจะไม่ได้รับรางวัลโนเบล แต่ ณ วันนี้โลกก็รู้จักโบส ในฐานะนักฟิสิกส์คนที่มีผลงานคู่ไอน์สไตน์ ซึ่งเป็นเกียรติที่นักวิทยาศาสตร์น้อยคนจะได้รับ

โลกต้องคอยนานถึง 70 ปี จึงได้เห็น สิ่งที่ไอน์สไตน์ทำนายว่ามีจริง เพราะในการจะเห็นซูเปอร์อะตอมนั้น ก๊าซจะต้องมีอุณหภูมิต่ำมากราว -270 องศาเซลเซียส หรือที่เรียกว่าใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์

ดังนั้นการแถลงข่าวของคอร์เนลล์ (Eric A. Cornell) แห่ง National Institute Standards and Technology และวีแมน (Carl E. Wieman) แห่งมหาวิทยาลัยโคโลราโด (Colorado) ในสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน ปี 1995 จึงทำให้โลกตื่นเต้นมาก เมื่อคนทั้งสองแถลงว่า ได้ประสบความสำเร็จในการทำให้อะตอมของรูบิเดียม-87 จำนวนประมาณ 2,000 อะตอมหลอมรวมกัน เป็นซูเปอร์อะตอมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวถึง 0.00008 เซนติเมตร โดยก่อนรวมตัวกันอะตอมแต่ละตัวมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น มีความเร็วต่างกัน หรือเคลื่อนที่ในทิศทางต่างกัน ได้กำจัดความแตกต่างทั้งหลายทุกอย่างที่เคยมี มาหลอมรวมกันซูเปอร์อะตอมที่มีขนาดใหญ่ จนคอร์เนลล์และไวแมนสามารถเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนได้

ในการทำซูเปอร์อะตอมนั้น นักฟิสิกส์ทั้งสองได้พบว่า ถ้าเขาทำอุณหภูมิของก๊าซให้เย็นจัดถึงระดับไมโครเคลวิน (10^{-8} องศา) และให้อะตอมของรูบิเดียม-87 ลอยอยู่ในภาชนะที่ภายในเป็นสุญญากาศ จากนั้นได้ฉายแสงเลเซอร์ให้พุ่งชนอะตอมใน 6 ทิศทาง คือ ขึ้น-ลง หน้า-หลัง และซ้าย-ขวา แล้วปรับความถี่ของแสงเลเซอร์ให้อะตอมเคลื่อนที่ช้าลง ๆ จนในที่สุดอะตอมทุกตัวจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 1 เซนติเมตร/วินาที จากเดิมที่เคยเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 1,000 เมตร/วินาที เหมือนเวลาทหารที่ก่อนจะมีการบรรเลงเพลงสวนสนามให้ทหารทุกคนเดิน จากคนละจังหวะและคนละทาง แต่ทันทีที่มีเพลงมาร์ชทหารทุกคนจะเข้าแถวและก้าวเดินด้วยลีลาและท่าทางอย่างพร้อมเพรียงกัน

อีก 3 เดือนต่อมาโวล์ฟกัง เคทเทอร์เล (Wolfgang Ketterle) แห่งสถาบัน Massachusetts Institute of Technology ในสหรัฐอเมริกาก็ได้ออกข่าวเช่นกันว่าเขาสามารถทำให้อะตอมของโซเดียม-23 ประะมาณ 4 แสนอะตอมหลอมรวมกันเป็นซูเปอร์อะตอมได้เช่นกัน

ถึงวันนี้ นักฟิสิกส์ได้พบว่าไม่เพียงพอแต่โซเดียม รูบิเดียมเท่านั้น ที่สามารถหลอมรวมกันเป็นซูเปอร์อะตอมได้ แม้แต่อะตอมลิเทียม-7 หรือ ฮีเลียม-4 และ โพแทสเซียม-39 ก็สามารถรวมกันเป็นซูเปอร์อะตอมได้เช่นกัน

เพราะซูเปอร์อะตอมประกอบด้วยอะตอมที่มีสมบัติเหมือนกันทุกประการ ดังนั้น สสารชนิดนี้จึงมีขนาดใหญ่ จนใช้ทดสอบทฤษฎีควอนตัมได้ ณ วันนี้ นักเทคโนโลยีก็ได้ใช้ซูเปอร์อะตอมทำนาฬิกาอะตอม ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำเลเซอร์ความเข้มสูง และคอมพิวเตอร์ควอนตัม

คุณประโยชน์นานับประการนี้ทำให้ สถาบัน The Royal Academy of Sciences แห่งสวีเดน ตัดสินมอบรางวัลโนเบล ประจำปี 2001 ให้แก่ คอร์เนลล์ วีแมน และเคทเทอร์เล จากผลงานที่สามารถสร้างสสารสถานะที่ 5 (เดิมสสารมี 4 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ และพลาสมา) เพราะสสารมีประโยชน์มหาศาลทั้งในการประยุกต์และทางทฤษฎี

คอร์เนลล์ (Cornell) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford) เมื่อปี 1981 และได้รับปริญญาเอกจากสถาบัน MIT โดยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง spectroscopy ของไอออนเดี่ยว ปัจจุบันดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยโคโลราโด (Colorado)

วีแมน (Wieman) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจาก MIT เมื่อปี 1978 และปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด โดยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง spectroscopy ของ hydrogen ปัจจุบันดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยโคโลราโดเช่นกัน

ภัทรพล ธนลิขิต (ซ้าย) กับ J. Ketterle (ขวา) ภาพจาก ภัทรพล ธนลิขิต

ส่วนเคทเทอร์เล (Ketterle) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่ Technical University ที่เมืองมิวนิค (Munich) ในเยอรมนี โดยการทำวิทยานิพนธ์ฟิสิกส์ทฤษฎี และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกทาง spectroscopy ที่ Ludwig Maximilians University ในเมืองมิวนิค กับ Max Planck Institute for Quantum Optics ที่เมืองกาชิง (Garching) ปัจจุบันเคทเทอร์เลเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ประจำที่ MIT ในสหรัฐอเมริกา

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Bose–Einstein Condensation in Alkali Gases" (PDF). The Royal Swedish Academy of Sciences. 2001. Archived (PDF) from the original on 9 October 2022. Retrieved 17 April 2017.

2. Chun-Chia Chen; Rodrigo González Escudero; Jiří Minář; Benjamin Pasquiou; Shayne Bennetts; Florian Schreck (2022). "Continuous Bose–

Einstein Condensation". Nature. 606 (7915): 683–687. Bibcode:2022Natur.606..683C. doi:10.1038/s41586-022-04731-z. PMC 9217748. PMID 35676487. S2CID 237532099

Marie Curie (มารี คูรี)
Pierre Curie (ปีแอร์ คูรี)
Henri Becquerel (อ็องรี แบ็กแรล)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1903 จากการศึกษาธรรมชาติของปรากฏการณ์กัมมันตรังสี

Henri Becquerel, Pierre และ Marie Curie ผู้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1903 ร่วมกัน

ภาพจาก http://serious-science.org/

มารี คูรี (Marie Curie) นักวิทยาศาสตร์ที่โลกรู้จักดีที่สุดว่าเป็นผู้พบธาตุเรเดียม (radium) และโปโลเนียม (polonium) และนอกจากผลงานการพบธาตุใหม่ที่ทำให้เธอได้รับรางวัลโนเบลเคมี (เธอกับสามียังได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์จากการศึกษาปรากฏการณ์กัมมันตรังสีด้วย

มันยา สโคลโดฟสกา (Manya Sklodowska) ถือกำเนิดเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน ปี 867 ที่กรุงวอร์ซอ (Warsaw) ในโปแลนด์ พ่อเป็นครูสอนฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ ในวัยเด็กเธอสนใจเล่นอุปกรณ์ฟิสิกส์ที่บิดาใช้ในการสอนมาก เธอเรียนหนังสือเก่งและมีความทรงจำเป็นเลิศ เมื่ออายุ 16 ปี ก็สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมและได้รับรางวัลเหรียญทอง จากนั้นเธอต้องทำงานเป็นครูสอนหนังสือนาน 8 ปี เพื่อเก็บสะสมเงินไว้

สำหรับใช้ในการเดินทางไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัยซอร์บอนท์ (Sorborne) ในฝรั่งเศส เพราะมหาวิทยาลัยในโปแลนด์มิยินยอมรับนิสิตผู้หญิง

ในปี 1891 เธอเดินทางจากโปแลนด์ไปลงทะเบียนเรียนคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยซอร์บอห์น และได้เปลี่ยนชื่อเป็นมารี (Marie) เพื่อให้ดูเป็นคนฝรั่งเศสมากขึ้น ขณะเรียนที่นั่นเธอได้พบนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงหลายคน เช่น ฌอน เพอร์ริน (Jean Perrin) ผู้วัดค่าจำนวนอาโวกาโดร (Avogadro number) ได้เป็นคนแรก แม้จะใช้ชีวิตนักศึกษาอย่างยากลำบาก แต่เธอก็สามารถทำคะแนนสอบฟิสิกส์ในการศึกษา ปีสุดท้ายได้เป็นที่หนึ่งของห้อง และทำคะแนนคณิตศาสตร์ได้เป็นที่สอง ต่อจากนั้นก็เข้าทำงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อหาเงินเลี้ยงตัวเอง

Pierre กับ Marie Curie ภาพจาก www.trinitynews.ie

เมื่ออายุได้ 27 ปี เธอพบนักฟิสิกส์ ชื่อปิแอร์ คูรี (Pierre Curie) อีกหนึ่งปีต่อมาก็ได้สมรสกัน และนั่นก็คือจุดเริ่มต้นของตำนานการทำงานของสามีภรรยาที่มีชื่อเสียงมา

จนทุกวันนี้ เพราะทั้งสองทำงานในลักษณะเกื้อหนุนกันและกัน ในเวลากลางวันและในยามค่ำคืนก็ปรึกษาปัญหากัน เมื่อมารีให้กำเนิดบุตรสาวคนแรก ชื่อ ไอรีน (Irene) ในปี 1897 เธอตัดสินใจจะศึกษาฟิสิกส์ถึงระดับปริญญาเอก

ขณะที่กำลังแสวงหาหัวข้อจะทำวิทยานิพนธ์ เธอได้ข่าวการพบรังสีลึกลับโดยออง รี แบ็กเกอแรล (Henri Becquerel) เมื่อ 1896 ว่า สารประกอบของยูเรเนียม (uranium) สามารถแผ่รังสีได้ จึงตัดสินใจศึกษารังสีปริศนานั้นในทันที ภายในเวลาเพียงสองเดือน ก็ได้พบว่าความเข้มของรังสีที่สารประกอบเปล่งออกมาเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของธาตุยูเรเนียมที่สารนั้นมี และไม่ว่าเธอจะเปลี่ยนแปลงสารประกอบยูเรเนียมอย่างไร ปริมาณรังสีที่เปล่งออกมาก็ยังคงเดิม มารีจึงตระหนักว่ารังสีปริศนานั้น คงมาจากอะตอม เธอจึงได้ขนานนามปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาว่ากัมมันครังสี (radioactivity) เพราะมารีมีความสามารถสูงมาก สามีปิแอร์จึงทิ้งงานวิจัยของตนมาช่วยภรรยาวิจัยแร่ชนิดหนึ่งชื่อ พิชเบลนด์ (pitchblende) ซึ่งก็เปล่งรังสีลึกลับเช่นกัน

แร่พิชเบลนด์ (pitchblende) ที่มีธาตุ uranium กับ thorium
ซึ่ง Marie Curie ใช้ในการศึกษาธรรมชาติของกัมมันตรังสี ภาพจาก www.britannica.com

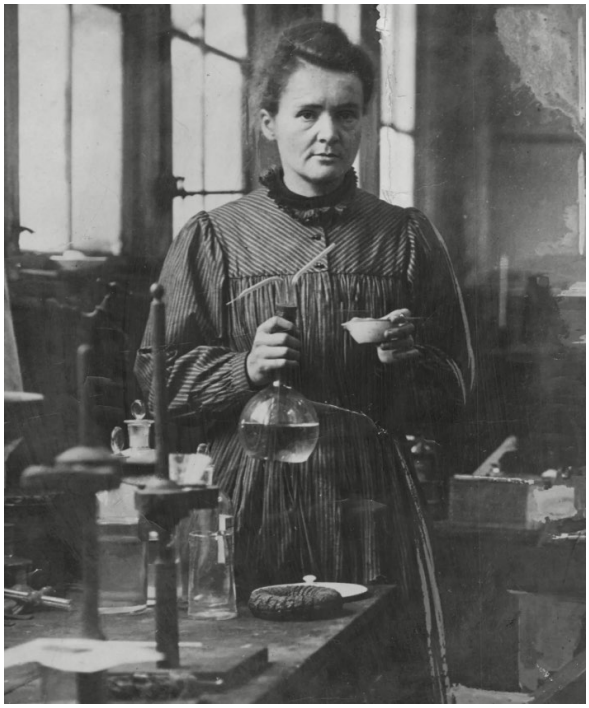
การศึกษานั้นได้ทำให้คนทั้งสองพบธาตุกัมมันตรังสีชนิดใหม่ที่ได้รับการตั้งชื่อว่า โปโลเนียม (polonium) เพื่อเป็นเกียรติแก่ประเทศบ้านเกิดของมารี แต่เมื่อเขาทั้งสองได้พบว่าโปโลเนียมก็ยังไม่สามารถเปล่งรังสีได้รุนแรงเท่าพิชเบลนด์ จึงได้ตัดสินใจวิเคราะห์พิชเบลนด์ และได้พบธาตุใหม่ชนิดหนึ่งอีก ชื่อ เรเดียม (radium)

ซึ่งสามารถแผ่รังสีได้รุนแรงกว่ายูเรเนียมถึง 2 ล้าน 5 แสนเท่า แม้คนทั้งสองจะประกาศข่าวการพบเรเดียมในปี 1899 แต่โลกต้องคอยนานถึง 4 ปี จึงจะได้เห็นเรเดียมบริสุทธิ์ในห้องปฏิบัติการคูรี ผลงานกัมมันตรังสีทำให้มารีได้รับปริญญาเอก และทำให้ปิแอร์ และมารีได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกับอองรี แบ็กเกอแรล ในปี 1903

การได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ทำให้สองสามีภรรยาชื่อเสียงโด่งดังมาก และมีเงินเพียงพอที่จะดำเนินชีวิตได้สุขสบายขึ้น เมื่อมารีอายุ 37 ปี เธอได้ให้ทายาทคนที่สอง ชื่อ อีฟ (Eve) แต่ในขณะที่รัฐบาลกำลังจะแต่งตั้งปิแอร์ให้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยซอร์บอนน์ และสร้างห้องปฏิบัติการให้มารี ปิแอร์ถูกรถม้าทับจนเสียชีวิต มารีรู้สึกเศร้าสลดใจมาก แต่ก็พยายามรวมสมาธิและจิตใจเพื่อทำงานวิทยาศาสตร์ที่ตนรักต่อไป เพื่อจะให้มารีรู้สึกดี มหาวิทยาลัยซอร์บอนน์ได้แต่งตั้งให้มารีดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ ดังนั้นเธอจึงเป็นสตรีคนแรกที่ได้เป็นอาจารย์ของมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียง และเธอก็ได้พยายามสกัดธาตุโปโลเนียมและเรเดียมที่เธอพบจนได้ในสภาพบริสุทธิ์ เพื่อศึกษาธรรมชาติที่แท้จริง ผลงานนี้ทำให้เธอได้รับรางวัลโนเบลเคมีในปี 1911 เธอจึงเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกของโลกที่ได้รับรางวัลโนเบลถึงสองรางวัล

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง มาดามคูรีและบุตรสาวชื่อ ไอรีน ได้จัดตั้งหน่วยเอกซเรย์ เพื่อรักษาและพยาบาลทหารที่ได้รับบาดเจ็บในสงคราม เธอได้ฝึกอบรมนางพยาบาลประจำหน่วยปฏิบัติการเอกซเรย์ 200 แห่ง เมื่อสงครามโลกสิ้นยุติ เธอได้

รณรงค์หาทุนสร้างโรงพยาบาลที่มีแผนกรังสีวิทยา สำหรับรักษาคนไข้ด้วยเอกซเรย์และเรเดียม ความตั้งใจของเธอสำหรับโครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากประธานาธิบดีวอร์เรน จี. ฮาร์ดิง (Warren G. Harding) แห่งสหรัฐอเมริกา และท่านประธานาธิบดีก็ได้เชื้อเชิญเธอไปเยือนสหรัฐอเมริกา เพื่อรับมอบเรเดียมบริสุทธิ์ 1 กรัม เพื่อนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการใหม่ของเธอ



Marie Curie ในห้องปฏิบัติการ

ภาพจาก Associated Newspapers/Shutterstock.com

ในปี 1914 มารี คูรี ได้รับเลือกเป็นผู้อำนวยการของสถาบันเรเดียม (Institute of Radium) ในปารีส และเธอก็ได้กล่าวปราศรัยในที่ประชุมนานาชาติหลายแห่ง เพื่อหาทุนมาสนับสนุนสถาบัน

ห้าปีก่อนจะเสียชีวิต เธอได้รับการยกย่องและยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ได้เขียนตำรา Resherches sur les Substances Radioactives เกี่ยวกับการวิจัยกัมมันตรังสีหลายเล่ม ในปี 1934 เธอล้มป่วยหนัก ด้วยอาการอ่อนเพลีย เวียนศีรษะ

และมีไข้ เธอรู้สึกได้ยินเสียงอื้อในหูอยู่ตลอดเวลา และสายตาพร่ามัว แพทย์ได้วิเคราะห์พบว่าเธอเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว เพราะร่างกายได้รับกัมมันตรังสีอย่างต่อเนื่องและยาวนาน มารี คูรีเสียชีวิตที่โรงพยาบาลเมืองซาวอย (Savoy) ในฝรั่งเศส เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม ปี 1934

Irène Joliot-Curie (ซ้าย) กับ Marie Curie (ขวา)

ภาพจาก Universal Images Group/Getty Images

ณ วันนี้ โลกรู้จักมารี คูรี ว่าเป็นนักวิทยาศาสตร์สตรีผู้มีชื่อเสียงมากที่สุดในโลก เพราะเธอเป็นบุคคลแรกที่บัญญัติคำว่า กัมมันตรังสีเป็นสตรีคนแรกของยุโรปที่ได้รับปริญญาเอก เป็นสตรีคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ เป็นสตรีฝรั่งเศสคนแรกที่ได้เป็นศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยซอร์บอนน์ เป็นบุคคลแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลสองรางวัล นอกจากจะเป็นมารดาคนแรกที่รับรางวัลโนเบลแล้ว ลูกสาวของเธอที่ชื่อไอรีน ก็ได้รับรางวัลโนเบลเคมี ประจำปี 1935 ด้วย

ข้อสังเกตหนึ่งที่น่าสนใจ คือ หลังจากที่ไอรีนได้ช่วยมารดาจัดตั้งหน่วยปฏิบัติการเอกซเรย์แล้ว เธอได้ทำงานวิจัยด้านกัมมันตรังสีต่อไป โดยได้สังเคราะห์ธาตุกัมมันตรังสี

ขึ้นเป็นครั้งแรกกับเฟรเดริก ฌอลีโย (Frédéric Joliot) ผลการค้นพบกัมมันตรังสีประดิษฐ์ (radioactivity) นี้ ได้ทำให้เธอกับสามีได้รับโนเบลเคมีร่วมกัน

ส่วนบุตรสาวของมารีอีกคนที่ชื่ออีฟ ก็ประสบความสำเร็จในการเป็นนักประพันธ์และนักดนตรี ครอบครัวคูรีจึงเป็นครอบครัวที่ประสบความสำเร็จสูงมาก เพราะสามารถพิชิตรางวัลโนเบลได้ถึง 3 รางวัล

ในปี 1895 ศพของปิแอร์ คูรี ได้ถูกนำไปประดิษฐานที่แพนธีออน (Pantheon) ในปารีส ซึ่งเป็นสถานที่ฝังศพของชาวฝรั่งเศส ที่ได้ทำชื่อเสียงให้กับประเทศชาติมาก มารี คูรี จึงเป็นสตรีฝรั่งเศสคนแรกที่ได้รับเกียรติอันสูงยิ่งอีกครั้งหนึ่ง

ในการวิเคราะห์ความยิ่งใหญ่ของ มาดามคูรีนั้น เราจะเห็นได้ชัดว่าความยิ่งใหญ่ของเธออยู่ที่การเป็นนักวิทยาศาสตร์สตรี ผู้สามารถทำงานวิจัยระดับสุดยอดได้ไม่แพ้บุรุษ ทั้ง ๆ ที่สภาพแวดล้อมและสังคมในสมัยนั้น ไม่ยอมรับและต่อต้านการทำงานของเธอตลอดเวลา แต่เธอก็สามารถพิชิตอุปสรรคเหล่านั้นได้หมดอย่างรวดเร็ว

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Akbar, Arifa (10 June 2024). "Marie Curie review – musical dash through the scientist's life leaves your head spinning". The Guardian. ISSN 0261-3077. Retrieved 27 September 2024.

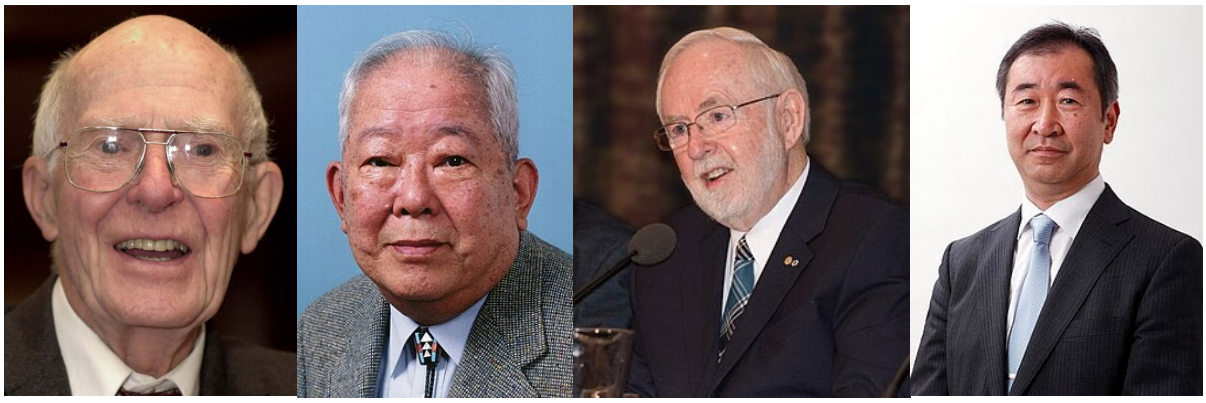
2. Spinney, Laura (11 November 2024). "The Elements of Marie Curie by Dava Sobel review – the great scientist who created her own school". The Guardian.

Raymond Davis Jr. (เรย์มอนด์ เดวิส จูเนียร์)
Masatoshi Koshiba (มาซาโตชิ โคชิบะ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2002 จากผลงานการบุกเบิกวิทยาการสาขาดาราศาสตร์นิวตริโน

Arthur McDonald (อาร์เธอร์ แมคโดนัลด์)
Takaaki Kajita (ทากาอากิ คาจิตะ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2015 จากผลงานการวัดมวลของนิวตริโนทั้งสามชนิด



Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiba, Arthur McDonald และ Takaaki Kajita (ตามลำดับ)

ภาพจาก Stefan Zaklin—Getty Images/Thinkstock และ วิกิพีเดีย

ก่อนปี 1945 การศึกษาปรากฏการณ์กัมมันตรังสีที่เกิดเวลานิวเคลียสสลายตัวและปล่อยอนุภาคบีตาออกมา ทำให้นักฟิสิกส์ได้พบว่าอนุภาคบีตามีพลังงานได้หลายค่า ทั้ง ๆ ที่ทฤษฎีระบุว่า อนุภาคบีตาทุกอนุภาคต้องมีพลังงานเท่ากัน เมื่อผลการทดลองกับคำทำนายของทฤษฎีขัดแย้งกัน Wolfgang Pauli (1900–1958) จึงเสนอทางออกว่าเวลานิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้อนุภาคบีตา นิวเคลียสมิได้ปล่อยเพียงอนุภาคบีตาเท่านั้น แต่ยังมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่งที่ไม่มีทั้งประจุและไม่มีมวลออกมาด้วย ในการจัดแบ่งพลังงานไปให้อนุภาคลึกลับนี้ บางครั้งก็มีค่ามากและบางครั้งก็มีค่าน้อย ดังนั้นอนุภาคบีตาจึงมีพลังงานน้อยบ้างและมากบ้าง ข้อเสนอของเพาลี (Wolfgang Pauli) ยังไม่เป็นที่ยอมรับจนนักฟิสิกส์สามารถจะจับอนุภาคลึกลับตัวนั้นได้

ถึงปี 1957 Enrico Fermi (1901-1954) ได้เสนอทฤษฎีการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี และตั้งชื่ออนุภาคลึกลับนี้ว่า นิวตริโน (neutrino) เพราะอนุภาคไม่มีมวลและไม่มีประจุ แต่มีพลังงาน (แสงก็เป็นอนุภาคอีกชนิดหนึ่งที่ไม่มีมวล แต่มีพลังงาน) จึงแทบไม่มีอันตรกิริยากับอนุภาคใด ๆ กระนั้นนักฟิสิกส์ส่วนใหญ่ก็เชื่อว่าธรรมชาติมีนิวตริโนแน่นอน

ปี 1971 Frederick Reines (1918-98) และ Clyde Cowan (1919-1974) ได้ประสบความสำเร็จในการ “เห็น” อนุภาคนิวตริโนได้เป็นครั้งแรก และความสำเร็จนี้ทำให้ Reines ได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1995 ส่วน Cowan ไม่ได้รับเพราะได้เสียชีวิตไปก่อน

ถังบรรจุสารละลายเปอร์คลอโรเอทีลีน ที่เหมือง Homestake ในรัฐ South Dakota ซึ่ง Davis ใช้ในการดักจับนิวตริโนจากดวงอาทิตย์ ภาพจาก วิกิพีเดีย

แหล่งกำเนิดที่สำคัญของนิวตริโน คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่ง Hans Bethe (1906-2005) รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967 ได้อธิบายว่า นิวตริโนจะเกิดเวลานิวเคลียสของไฮโดรเจน (โปรตอน) หลอมรวมกันเป็นฮีเลียม หรือเกิดจากการชนกันระหว่างรังสีคอสมิกกับโมเลกุลไนโตรเจนในบรรยากาศโลก หรือเกิดเวลาอนุภาคโปรตอนพุ่งชนเป้าโลหะหนัก

รวมถึงเกิดในเตาปฏิกรณ์ปรมาณูก็ได้ด้วย ดังนั้น Raymond Davis (1915–2003) แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลเวเนีย ในสหรัฐอเมริกา จึงพยายามจับและนับจำนวนนิวตริโนที่พุ่งมาจากดวงอาทิตย์ โดยการนำถังที่มีปริมาตร 380 ลูกบาศก์เมตรซึ่งภายในบรรจุสารละลายเปอร์คลอโรเอทีลีน (perchloroethyene: C_2C_4) บริสุทธิ์ที่หนัก 615 ตัน ไปฝังใต้ดินที่ระดับลึก 1,500 เมตรในเหมืองทองคำชื่อ Homestake ในรัฐ South Dakota ในสหรัฐอเมริกา จิตวิญญาณของการเป็นนักฟิสิกส์ที่ทำการทดลองในเหมืองที่อยู่ลึกมากใต้ดินเช่นนี้ ทำให้ Davis ได้รับการขนานนามว่า “นักฟิสิกส์คาวบอย” เพราะพื้นที่ที่เขาทำงานอยู่ห่างไกลจากแสงสี และความศิวิไลซ์ จึงไม่เหมือนกับสถานที่ทำงานของนักฟิสิกส์ทั่ว ๆ ไป

Davis รู้ว่า อนุภาคนิวตริโนที่เกิดจากปฏิกิริยา fusion ในดวงอาทิตย์เมื่อเดินทางผ่านอวกาศมาปะทะกับอะตอมคลอรีนในโมเลกุล C_2Cl_4 จะเปลี่ยนคลอรีนเป็นอาร์กอนดังปฏิกิริยา

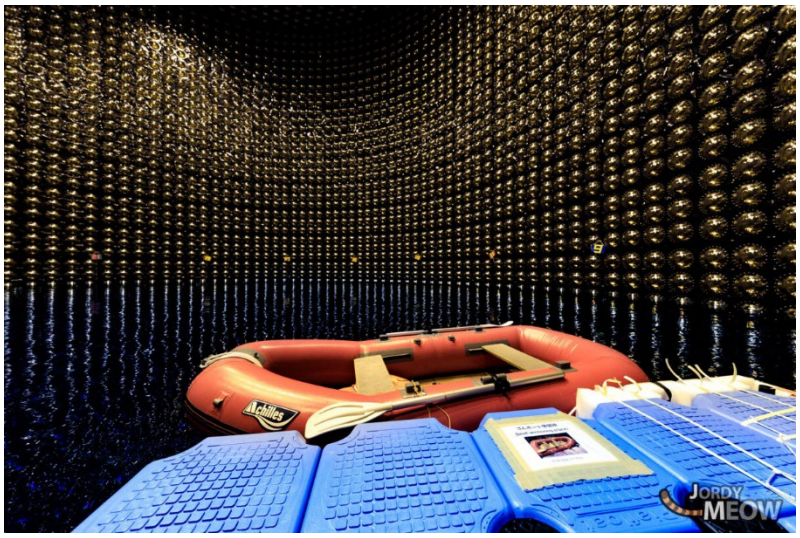
$$\nu + Cl^{37} \rightarrow Ar^{37} + e^-$$

เพราะอะตอมอาร์กอนเป็นอะตอมกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตนานประมาณ 50 วัน ดังนั้น Davis จึงสามารถเห็นอาร์กอนได้ และทฤษฎียังได้ทำนายอีกว่า จากอะตอมคลอรีนที่มี 10^{31} อะตอมในถัง จะมีเพียง 6-8 อะตอมที่ทำปฏิกิริยากับนิวตริโน แต่ Davis กลับเห็นเพียง 2.1 ± 0.3 อะตอมเท่านั้น นั่นคือเพียง 1/3 ของค่าคาดหวัง

เมื่อตัวเลขที่ได้จากการทดลองเป็นเช่นนี้ ข้อสรุปที่เป็นไปได้ คือ นักทฤษฎีจึงคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ผิดพลาด ซึ่งไม่น่าจะใช่ เพราะทฤษฎีเดียวกันนี้สามารถอธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์อื่น ๆ ได้ผลดี หรือไม่ก็ผลการทดลองของ Davis บกพร่องเพราะอนุภาคนิวตริโนได้เล็ดลอดหายไปถึง 2 ใน 3 แต่การวิเคราะห์การทำงาน

ของอุปกรณ์ทดลองของ Davis มิได้พบจุดบกพร่องใด ๆ ดังนั้นความขัดแย้งนี้จึงทำให้เกิดวิกฤตการณ์ทางสติปัญญาครั้งยิ่งใหญ่ในวงการฟิสิกส์

ในปี 1987 Masatoshi Koshiba (1926–2020) แห่งห้องปฏิบัติการคามิโอะคันเดะ (Kamiokande) ในญี่ปุ่น หลังจากประสบความสำเร็จในการตรวจจับนิวตริโนจาก supernova 1987A แล้วไต้หันมาสนใจตรวจหานิวตริโนจากดวงอาทิตย์ และผลการวัดของ Koshiba ก็สอดคล้องกับการทดลองของ Davis อีก นั่นคือ นิวตริโนจากดวงอาทิตย์มีเพียง 0.403 ± 0.013 ของค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี



แห่งห้องปฏิบัติการ Kamiokande ในญี่ปุ่น ภาพจาก JORDY MEOW

นักฟิสิกส์จึงพยายามหาทางออกสำหรับความขัดแย้งนี้ Bruno Pontecorvo (1913–1993) ได้เสนอความเห็นว่า ถ้าเอกภพมีนิวตริโน 3 ชนิด (3 flavor) คือ electron neutrino, muon neutrino และ tau neutrino ซึ่งเกิดพร้อมกับอนุภาค electron, muon และ tau ตามลำดับและนิวตริโนทั้งสามชนิดนี้ไม่มีประจุในขณะที่ electron, muon และ tau มีประจุลบ การที่นิวตริโนทั้งสามชนิดมีมวลแตกต่างกันอาจทำให้นิวตริโนชนิดหนึ่งกลายพันธุ์ไปเป็นอีกชนิดหนึ่งได้ ขณะมันเดินทางจากดวงอาทิตย์สู่โลก

เจ้าหญิง Sofia แห่งสวีเดน (ซ้าย) กับ Takaaki Kajita (ขวา) ในพิธีรับรางวัลโนเบล ปี 2015 ภาพจาก Nobel Media AB 2015/Alexander Mahmoud

ดังนั้นในปี 2002 Raymond Davis แห่งมหาวิทยาลัย Pennsylvania สหรัฐอเมริกา กับ Masatoshi Koshiba แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว จึงได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลในเบลฟิสิกส์ในฐานะผู้เปิดโลกวิทยาการดาราศาสตร์นิวตริโนใน (neutrino astronomy) ซึ่งใช้นิวตริโนเป็นปัจจัยหลักในการสำรวจและศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเอกภพ

นิวตริโนแตกต่างจากอนุกาคอิเล็กตรอน อนุภาคมิวออน และอนุภาคทาว คือ มวลของมันมีค่าไม่คงตัว โดยนิวตริโนหนึ่งอนุภาคจะมีนิวตริโนอิเล็กตรอน นิวตริโนมิวออน และนิวตริโนทาวอยู่ปนกัน ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพราะมวลของนิวตริโนทั้งสามเปลี่ยนในอัตราเร็วที่แตกต่างกัน โดยความเร็วในการเปลี่ยนขึ้นกับความแตกต่างมวลพลังงานของนิวตริโน และค่าคงตัวที่กำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลง ในแบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model) อนุภาคนิวตริโนทั้งสามชนิดและโฟตอนไม่มีมวล ดังนั้น

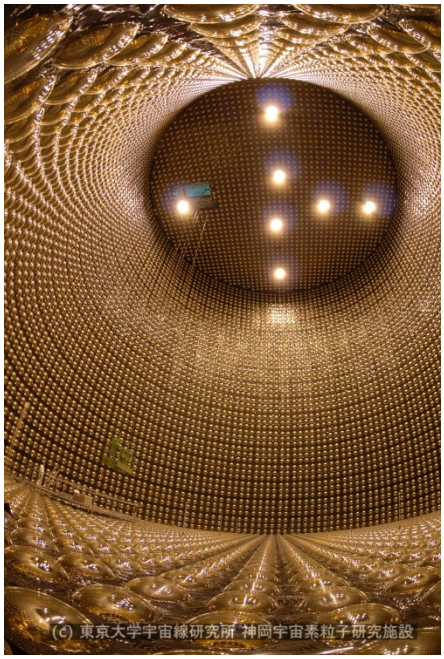
ความเร็วของอนุภาคนิวตริโนจึงต้องเท่าความเร็วแสง แต่ถ้านิวตริโนเปลี่ยนแปลงได้ มันต้องมีมวล จึงมีความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำกว่าแสง

การวัดมวลของนิวตริโนทั้งสามชนิดจึงเป็นประเด็นสำคัญมาก และทำให้ฟิสิกส์เป็นประเด็นที่โด่งดัง เพราะในปี 1998 ที่มวิจัยซึ่งประกอบด้วยนักฟิสิกส์ 120 คน ภายใต้การนำของ Takaaki Kajita (1959-ปัจจุบัน) แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวแห่งห้องปฏิบัติการ Super-Kamiokande ที่รัฐบาลญี่ปุ่นสนับสนุนและได้จัดสร้างด้วยเงิน 4 หมื่นล้านบาท ได้แถลงผลการทดลองที่แสดงว่านิวตริโนมีมวลจริง ๆ

Arthur McDonald ในพิธีรับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2015

ภาพจาก Pascal Le Segretain / Staff Getty Images

Kajita ได้ข้อสรุปนี้จากการทดลองที่ใช้ถังบรรจุน้ำบริสุทธิ์มวล 50,000 ตันฝังใต้ดินที่ระดับลึกหนึ่งกิโลเมตร์ในเหมืองสังกะสี ซึ่งอยู่ห่างจากโตเกียว 250 กิโลเมตร โดยที่ผนังถังมีหลอด photomutiplier 13,000 หลอด สำหรับรับแสงที่เกิดขึ้น เวลาอนุภาคมิวออนนิวตริโนทำปฏิกิริยากับอนุภาคโปรตอนของน้ำในถัง



ห้องปฏิบัติการ Super-Kamiokande ในญี่ปุ่น ที่ Kajita ใช้ในการวัดมวลของนิวตริโน

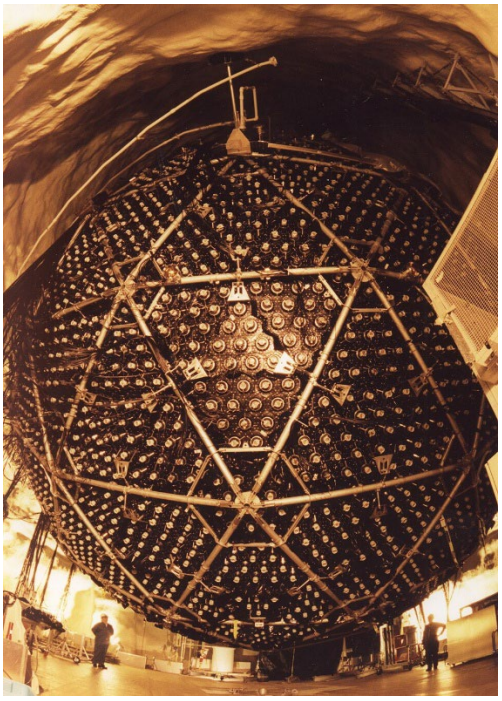
ภาพจาก Kamioka Observatory, ICRR

การติดตั้งถังที่ระดับลึกเช่นนี้ เพราะ Kajita ต้องการสกัดกั้นอนุภาคอื่น ๆ ไม่ให้ล่วงล้ำเข้ามาทำปฏิกิริยากับน้ำในถังและการใช้น้ำปริมาณมาก ก็เป็นการเพิ่มโอกาสการเกิดปฏิกิริยาระหว่างมิวออนนิวตริโนกับโปรตอน ส่วนการมี photomutiplier จำนวนนับหมื่นหลอดเรียงรายรอบถัง ก็เพื่อให้สามารถบอกทิศทางที่นิวตริโนมาและแหล่งกำเนิดของนิวตริโนได้อย่างถูกต้อง

ภัทรพล ธนลิขิต (ซ้าย) กับ Takaaki Kajita (ขวา) ภาพจาก ภัทรพล ธนลิขิต

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า จำนวนอนุภาคนิวตริโนจากดวงอาทิตย์ที่ระดับพื้นดินมีค่ามากกว่าที่ระดับสูง นั่นคือมิวออนนิวตริโน ได้เปลี่ยนมวลไป มันจึงมีมวลที่มีค่าน้อยกว่าอิเล็กตรอนประมาณ 10 ล้านเท่า

ด้าน Arthur McDonald (1943-ปัจจุบัน) แห่งมหาวิทยาลัย Queen's University ที่เมือง Kingston ประเทศแคนาดา ก็ยืนยันการค้นพบของ Kajita โดยใช้ห้องปฏิบัติการ Sudbury Neutrino Observatory (SNO) ที่มีอุปกรณ์ทรงกลม ซึ่งบรรจุน้ำมวลหนัก (heavy water) 1,000 ตัน ในการสังเกตนิวตริโนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นชนิด electron neutrino และพบว่าในการเดินทาง 150 ล้านกิโลเมตรจากดวงอาทิตย์ถึงโลก อิเล็กตรอนนิวตริโนบางส่วนได้กลายเป็นมิวออนนิวตริโนกับทาวนิวตริโน จึงเปรียบเสมือนกับการมีคนโยนมะนาวมาให้ แต่เมื่อถึงมือเรา มะนาวได้กลายไปเป็นมะม่วงกับมังคุด



ห้องปฏิบัติการ Sudbury Neutrino Observatory (SNO) ที่เมือง Sudbury ในแคนาดา

ภาพจาก วิกิพีเดีย

การทดลองทั้งที่ Super-Kamiokande ในญี่ปุ่น และที่ Sudbury Neutrino Observatory (SNO) ในแคนาดา ทำให้ Takaaki Kajita กับ Arthur McDonald ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี 2015 ร่วมกัน

เพื่อให้การทดลองวัดมวลที่แตกต่างกันของนิวตริโนเป็นไปอย่างราบรื่น แทนที่จะต้องคอยรับนิวตริโนจากอวกาศอันไกลโพ้น นักฟิสิกส์จึงสร้างห้องปฏิบัติการบนโลกที่สามารถผลิตนิวตริโนได้ในปริมาณมาก ด้วยการยิงโปรตอนไปกระทบเป้าแกรไฟต์ซึ่งจะทำให้เกิดอนุภาค muon ที่มีประจุ และมีครึ่งชีวิตสั้น เมื่อมี muon neutrino เกิดขึ้นด้วยเป็นจำนวนมาก จากนั้นมีการโฟกัสลำมิวออนนิวตริโนให้พุ่งไปที่ห้องปฏิบัติการ Super-Kamiokande ที่เมือง Kamioka ซึ่งอยู่ห่างออกไป 295 กิโลเมตร ผลการตรวจรับนิวตริโนที่ปลายทางได้พบอิเล็กตรอนนิวตริโน 6 อนุภาค นั่นคือ มิวออนนิวตริโนได้เปลี่ยนไปเป็นอิเล็กตรอนนิวตริโน ดังนั้นนิวตริโนมีมวล

ปริศนาต่อไป คือ อะไรคือสาเหตุที่ทำให้นิวตริโนมีมวลในแบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model) ไม่ได้พิจารณาอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคฮิกส์ (Higgs) กับนิวตริโน ดังนั้นแบบจำลองจึงต้องมีการปรับแก้ทฤษฎี เพื่ออธิบายสาเหตุที่ทำให้นิวตริโนทั้งสามชนิดมีมวลแตกต่างกัน

ด้านนักฟิสิกส์จีนกำลังสนใจนิวตริโน จึงได้ขอให้รัฐบาลสร้างห้องปฏิบัติการเจียงเหมิน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory) (JUNO) มูลค่า 10,500 ล้านบาท ที่เมืองเจียงเหมิน (Jiangmen) มณฑลกวางตุ้ง ในประเทศจีน เพื่อวัดมวลของนิวตริโนทั้งสามชนิด และคาดหวังจะได้คำตอบในปี 2020

นักฟิสิกส์อเมริกันก็มีโครงการวัดมวลของนิวตริโนเช่นกัน โดยให้มีความละเอียดและถูกต้องยิ่งกว่าจีนสามเท่า โครงการของอเมริกามีกำหนดจะให้ผลในปี 2025 โดยใช้

อุปกรณ์ตรวจจับที่ประกอบด้วยอาร์กอนเหลว 40,000 ตัน ซึ่งจะให้อิเล็กตรอนและแสงเวลาอะตอมอาร์กอนถูกนิวตริโนพุ่งชน

สำหรับนักฟิสิกส์ชาติอื่น ๆ ก็สนใจนิวตริโน เช่น ที่อาร์เจนตินามีหอสังเกตการณ์ปีแอร์โอเจร์ (Pierre Auger) ณ เมือง Mendoza ซึ่งจะวัดพลังงานของนิวตริโนจากอวกาศในช่วง 10^17-10^21 อิเล็กตรอนโวลต์ โดยใช้ถังน้ำขนาดเล็กจำนวน 1,600 ถัง และห้องปฏิบัติการนี้ได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2004

ที่ทวีปแอนตาร์กติกามีสถานี McMurdo ซึ่งปล่อยบอลลูนขึ้นสู่บรรยากาศสูง เพื่อตรวจจับอนุภาคนิวตริโนที่มีพลังงาน 10^17-10^21 อิเล็กตรอนโวลต์

ที่ขั้วโลกใต้มีโครงการ ICECUBE ที่ใช้น้ำแข็งปริมาตร 1 ลูกบาศก์กิโลเมตร อยู่ที่ระดับลึก 1.5 กิโลเมตร เพื่อดักจับนิวตริโนที่มีพลังงานตั้งแต่ 10^11-10^21 อิเล็กตรอนโวลต์อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่เป็นกล้องโทรทรรศน์นิวตริโน ที่ทำงานใต้น้ำแข็ง แทนที่จะโคจรอยู่ในอวกาศเหมือนกล้องโทรทรรศน์ทั่วไป และที่ระดับลึกมากนี้ ความดันของน้ำแข็งจะมากจนภายในน้ำแข็งไม่มีฟองอากาศเลย และเมื่อบรรยากาศโดยรอบก้อนน้ำแข็งมืดสนิท ดังนั้นถ้ามีแสงเกิดขึ้น นักฟิสิกส์ก็จะรู้ในทันทีว่า นิวตริโนได้พุ่งชนอะตอมออกซิเจนในน้ำแล้ว ทำให้มีอนุภาคมิวออนเกิดขึ้น ซึ่งจะเปล่งแสงให้ photomultiplier ที่อยู่เรียงรายรอบก้อนน้ำแข็งรับได้ นอกจาก ICECUBE จะวัดมวลนิวตริโนแล้ว ที่นี่ยังมีอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาสสารมืดและอนุภาค WIMP (weakly interacting massive particle) ด้วย ซึ่งถ้ามีการพบ WIMP จริง หัวหน้าโครงการ ICECUBE ก็เตรียมตัวเดินทางไปรับรางวัลโนเบลได้เลย

ด้านญี่ปุ่นก็กำลังวางแผนสร้างห้องปฏิบัติการ Hyper-Kamiokande มูลค่า 28,000 ล้านบาท ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ตรวจจับนิวตริโนที่ใหญ่ที่สุดในโลก เพราะใหญ่กว่า

Super-Kamiokande ถึง 25 เท่า อุปกรณ์นี้ใช้น้ำบริสุทธิ์ 10^6 ตัน เพื่อรับนิวตริโนจาก Japan Proton Accelerator Research Complex (J-Parc) โดยพยายามสังเกตการเปลี่ยนมวลของนิวตริโนที่เดินทางจาก J-Parc

ด้านนักทฤษฎีก็กำลังสนใจว่า ในธรรมชาติอาจจะมีนิวตริโนชนิดที่ 4 คือ นิวตริโนหมัน (sterile neutrino) ที่มีอันตรกิริยากับอนุภาคอย่างอื่นอย่างรุนแรงน้อยกว่านิวตริโนทุกชนิด ถ้านิวตริโนชนิดที่ 4 นี้มีจริง นักฟิสิกส์ก็จะสามารถอธิบายที่มาของสสารมืดได้ ถ้านิวตริโนชนิดใดได้หายตัวไปอย่างไร้ร่องรอย นั่นหมายความว่า มันได้กลายไปเป็นนิวตริโนหมันแล้ว

ประเด็นสุดท้ายที่น่าสนใจ และประหลาดใจมาก คือ นักฟิสิกส์กำลังใช้อนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุด และเกือบจะไม่มีมวล เพื่อศึกษาระบบที่มีมวลมหาศาลมโหฬารที่สุด คือ เอกภพ

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. IceCube Collaboration; Abbasi, R.; Ackermann, M.; Adams, J.; Aguilar, J. A.; Ahlers, M.; Ahrens, M.; Alameddine, J. M.; Alispach, C.; Alves, A. A.; Amin, N. M.; Andeen, K.; Anderson, T.; Anton, G.; Argüelles, C. (2022-11-04). "Evidence for neutrino emission from the nearby active galaxy NGC 1068". Science. 378 (6619): 538–543. arXiv:2211.09972. Bibcode:2022Sci...378..538I. doi:10.1126/science.abg3395. hdl:2013/ULB-DIPOT:oai:dipot.ulb.ac.be:2013/360290. ISSN 0036-8075. PMID 36378962. S2CID 253320297

2. Staff (3 November 2022). "IceCube neutrinos give us first glimpse into the inner depths of an active galaxy". IceCube. Retrieved 2022-11-03.

3. Close, F. (2010). Neutrino. Oxford University Press.

4. Overbye, Dennis (15 April 2020). "Why the Big Bang produced something rather than nothing". The New York Times. Archived from the original on 14 May 2020. Retrieved 16 April 2020. How did matter gain the edge over antimatter in the early universe? Maybe, just maybe, neutrinos.

Louis de Broglie (หลุยส์ เดอ บรอย)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1929 จากทฤษฎีทวิภาพของคลื่นและสสาร

Louis de Broglie ภาพจาก วิกิพีเดีย

การเสียชีวิตของ Louis de Broglie เมื่อวันที่ 19 มีนาคม ปี 1987 ได้ทำให้โลกสูญเสียนักฟิสิกส์คนสำคัญคนหนึ่งของโลก ซึ่งได้บุกเบิกกลศาสตร์ควอนตัม เพราะในปี 1923 de Broglie ในวัย 31 ปี ได้เสนอสมมติฐานที่ยิ่งใหญ่ว่า ในเมื่อคลื่นแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถแสดงสมบัติความเป็นอนุภาคในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้ ดังนั้นสสารที่มีมวลก็ย่อมแสดงสมบัติของคลื่นได้เช่นกัน คือ นอกจากจะมีความยาวคลื่นและความถี่แล้ว สสารยังสามารถแสดงปรากฏการณ์เลี้ยวเบน แทรกสอด หักเห และสะท้อนได้ด้วย

องค์ความรู้เรื่อง คลื่นสสาร (matter wave) ที่ de Broglie เสนอนี้นับเป็นจุดเริ่มต้นที่ได้ชี้แนะ Erwin Schrödinger (1887–1961) ให้นำไปสร้างวิชากลศาสตร์คลื่น ด้วยการสร้างสมการอนุพันธ์ที่มีฟังก์ชันคลื่นเพื่ออธิบายพฤติกรรมที่ “ผิดธรรมชาติ” ของอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก เช่น electron, proton และ neutron ฯลฯ

ในเวลาต่อมา Niels Bohr (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1922) แห่งมหาวิทยาลัย Copenhagen ในเดนมาร์กกับ Max Born (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1954) แห่งมหาวิทยาลัย Göttingen ในเยอรมนีก็ได้พัฒนาแนวคิดของ de Broglie เรื่องทวิภาพของสรรพสิ่ง จนได้ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม

ความสำคัญของสมมติฐานและทฤษฎีของ de Broglie ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1929

de Broglie เกิดเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม ปี 1892 ที่เมือง Dieppe ในแคว้น Seine-Marne ของฝรั่งเศส ครอบครัวมีบรรพบุรุษเป็นขุนนางฐานะดี เพราะได้ถวายงานรับใช้ราชวงศ์ฝรั่งเศสมาเป็นเวลานาน

เมื่อมีการปฏิวัติครั้งใหญ่ ในปี 1789 แม้สมาชิกคนหนึ่งของตระกูล de Broglie จะถูกตัดศีรษะด้วยกิโยติน แต่ชาวฝรั่งเศสทั่วไปก็ยังยอมรับว่า ตระกูล de Broglie เป็นตระกูลที่สำคัญมากตระกูลหนึ่ง

ตั้งแต่วัยเด็ก de Broglie ได้ใช้ชีวิตอย่างสุขสบายที่บ้าน และได้รับการศึกษาอย่างดีเยี่ยมที่โรงเรียน Lycee Janson แห่งเมือง Sailly จึงมีความมีความสนใจในวิทยาการหลายสาขา ฐานะที่ดีมากและตำแหน่งการงานที่สูงของบรรพบุรุษได้ชี้นำให้ de Broglie ไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัย Sorbonne โดยเลือกเรียนประวัติศาสตร์เป็นวิชาเอก เพราะรู้สึกดื่มด่ำและสนุกสนานในการเรียนวิชานี้มาก

จนกระทั่งพี่ชาย Maurice de Broglie ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ที่สนใจเรื่องรังสีเอกซ์ได้นำรายงานการประชุม Solvay Conference ที่ถูกจัดขึ้นเป็นครั้งแรกที่เมือง Solvay ในเบลเยี่ยม เมื่อปี 1911 มาให้น้องชายอ่าน

หลังจากที่ de Broglie ได้อ่านผลงานของ Albert Einstein (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1921) , Max Planck (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1918) และ Marie Curie (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1903) ฯลฯ ที่ปรากฏอยู่ในรายงาน de Broglie ก็เริ่มรู้สึกสนใจฟิสิกส์ทันที จึงตัดสินใจเปลี่ยนไปเรียนฟิสิกส์

ในช่วงเวลานั้นสงครามโลกครั้งที่ 1 กำลังใกล้จะอุบัติ ดังนั้นเมื่อสงครามโลกในปี 1914 de Broglie จึงได้เข้ารับราชการทหารในตำแหน่งวิศวกรวิทยุ ซึ่งมีหน้าที่ส่งและรับสัญญาณคลื่นวิทยุที่หอ Eiffel ในปารีส จนกระทั่งสงครามโลกยุติในปี 1918 de Broglie จึงได้กลับไปเรียนต่อระดับปริญญาเอกด้านฟิสิกส์ทฤษฎีต่อ

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$$

สูตรความยาวคลื่น de Broglie (λ) ที่มีความสัมพันธ์กับโมเมนตัม (p) ของอนุภาค

ภาพจาก www.vedantu.com

ในปี 1923 de Broglie ได้ตีพิมพ์งานวิจัยสามเรื่องในวารสาร Comptes Rendus de l' Academie des Sciences ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า อนุภาคอิสระ (คืออนุภาคที่ไม่ถูกแรงใด ๆ กระทำ) จะมีความยาวคลื่น $\lambda = h/p$ เมื่อ h คือ ค่าคงตัวของ Planck และ p คือโมเมนตัมของอนุภาคนั้น de Broglie และยังได้แสดงให้เห็นอีกว่าหลักการกิริยาน้อยที่สุด (Least Action) ของ P.L.M. de Maupertuis (1698–1759) ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอนุภาคกับหลักของ Fermat ที่ใช้กำกับพฤติกรรมของแสงเป็นคนละเรื่องเดียวกัน

เมื่องานวิจัยชิ้นนี้ได้รับการเผยแพร่ de Broglie ก็สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก และได้เรียบเรียงความคิดทั้งหมดลงในวิทยานิพนธ์ชื่อ Researches sur la Theorie des Quanta (Researches on the Quantum Theory) เพราะเนื้อหาที่เขียนน่าสนใจมาก Paul Langevin (1872-1946) ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา จึงส่งวิทยานิพนธ์ไปให้ Albert Einstein (1879–1955) อ่าน เพื่อขอความเห็น

เมื่อ Einstein อ่านจบก็ตระหนักในทันทีถึงความยิ่งใหญ่และความสำคัญของความคิดที่ de Broglie เสนอ จึงรายงานเรื่องที่อ่านไปให้วงการฟิสิกส์ทราบ และได้ตั้งข้อสังเกตว่า ทุกคนคงต้องคอยการยืนยันโดยนักทดลองว่า ธรรมชาติเป็นดังที่ de Broglie คิดหรือไม่

ในปี 1905 Einstein ได้เคยอธิบายสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกว่า แสงที่คนทั้งโลกเชื่อว่ามีสมบัติของคลื่น สามารถแสดงพฤติกรรมเสมือนว่าเป็นอนุภาคได้ มาคราวนี้ de Broglie ได้มองย้อน และแถลงว่า ถ้าแสงแสดงพฤติกรรมสองด้านคือเป็นคลื่นได้และเป็นอนุภาคก็ได้ อนุภาคย่อมแสดงสมบัติสองด้านได้เช่นกัน คือ มีทั้งโมเมนตัม และความยาวคลื่น และถ้าอนุภาคคือลูกเทนนิสก็จะมีความยาวคลื่นสั้นจนตามองไม่เห็นเพราะของลูกเทนนิสมีค่ามวลมาก แต่ถ้าอนุภาคมีมวลน้อย เช่น อิเล็กตรอน ความยาวคลื่นก็จะมีค่าเท่า ๆ กับความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์

Clinton Davisson กับ Lester Germer (ตามลำดับ)
ผู้ทดลองพิสูจน์ได้ว่า สูตรของ Louis de Broglie เป็นจริง
ภาพจาก SCIENCE PHOTO LIBRARY

ในปี 1927 สมมติฐานและสูตรที่ de Broglie นำเสนอได้รับการยืนยันว่าถูกต้องและเป็นจริงทุกประการ เมื่อ Clinton Davisson (1947-1958) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปปี 1937) กับ Lester Germer (1896–1971) ชาวอเมริกันได้ทดลองพบว่า เวลาอิเล็กตรอนตกกระทบผลึกนิเกิล จะแสดงปรากฏการณ์เลี้ยวเบน และในช่วงเวลาใกล้กัน George P. Thomson (1892–1975) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1937) `ชาวอังกฤษก็ได้เห็นปรากฏการณ์เลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนขณะพุ่งผ่านผลึกด้วย

หลังจากนั้นชื่อเสียงของ de Broglie ก็กระหึ่มดัง อีก 2 ปีต่อมา de Broglie (โดยการเสนอชื่อของ Einstein) ก็ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1929 ด้วยผลงานที่ได้วางรากฐานให้นักฟิสิกส์พัฒนาต่อ จนได้กลศาสตร์ควอนตัมในปี 1926 Erwin Schrödinger (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933) ได้สร้างวิชากลศาสตร์คลื่น (Wave Mechanics) และในปี 1937 James Hillier กับ Albert Prebus ได้นำสมบัติความเป็นคลื่นของอิเล็กตรอนมาใช้ในการสร้างกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ซึ่งทำงานได้ดีกว่าและ

มีประสิทธิภาพยิ่งกว่ากล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงในการสังเกต ณ เวลานั้นประมาณ 4 เท่า ปัจจุบันกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสามารถเห็นอะตอมแล้ว

เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก de Broglie ได้เป็นอาจารย์สอนฟิสิกส์ทฤษฎีที่สถาบัน Institut Henri Poincare ในปารีส และทุ่มเทความสนใจสร้างทฤษฎีอิเล็กตรอนของ Dirac นำเสนอเพื่อสร้างสมการคลื่นของอนุภาคมูลฐานที่มี spin เท่ากับ 1 รวมถึงได้พยายามใช้กลศาสตร์ควอนตัมอธิบายการเกิดปฏิกิริยา nuclear ด้วย

แม้จะเป็นคนหนึ่งที่ให้กำเนิดวิชากลศาสตร์ควอนตัม และทฤษฎีได้รับการพัฒนาตลอดเวลา de Broglie ก็ยังพบว่า ตนยังไม่เข้าใจความหมายของปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณนี้ จึงนำเสนอของการมีตัวแปรซ่อนเร้น (hidden variable) ในกลศาสตร์ควอนตัม เมื่อปี 1927 อีก 25 ปีต่อมา David Bohm ก็ได้นำความคิดนี้ไปพัฒนาต่อ

ในชีวิตส่วนตัว de Broglie เป็นคนสุภาพ จริงใจ และชอบใช้ชีวิตเรียบง่ายเหมือนนักพรต แม้จะมีชาติตระกูลสูง คือ เป็นถึงท่าน Duke แต่ก็สนใจหาความรู้วิทยาศาสตร์

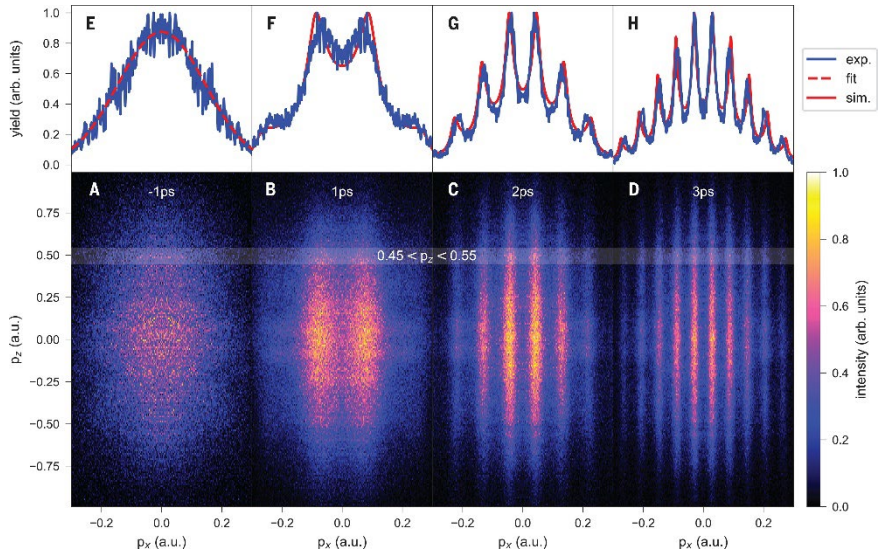
ในปี 1929 de Broglie ได้รับเหรียญ Henri Poincare เป็นคนแรก

ในปี 1933 ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ Academie des Sciences และ Academie Francaise ของฝรั่งเศส

จากนั้นได้เป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย Sorbonne

ในยามว่าง de Broglie ชอบเรียบเรียงความรู้ฟิสิกส์ให้คนทั่วไปอ่าน จึงทำให้ได้รับรางวัล Kalinga Prize ขององค์การ UNESCO ในปี 1952

de Broglie ลาโลกเมื่ออายุ 95 ปี



ปรากฏการณ์ Kapitza-Dirac ภาพจาก www.science.org

ถึงวันนี้พัฒนาการเรื่องการตรวจสอบสมบัติทวิภาพของสสารและคลื่นยังมีปรากฏในปรากฏการณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น ในปรากฏการณ์ Kapitza-Dirac ซึ่งเป็นการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าอิเล็กตรอนสามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้ และคลื่นแสงก็สามารถแสดงสมบัติของอิเล็กตรอนได้ในเวลาเดียวกัน

ในปี 1933 Peter Kapitza (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1978 จากการพบของเหลวยวดยิ่ง และ Paul Dirac รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933 จากผลงานทฤษฎี quantum electrodynamics) ได้เสนอความคิดว่าแสงที่มีสมบัติคลื่น คือ มีรูปลักษณ์สูงเป็นเนินและลุ่มเป็นแอ่งที่สม่ำเสมอ ดังนั้นถ้าให้แสงสะท้อนกลับไปกลับมาระหว่างแผ่นกระจกราบสองแผ่น จะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง (standing wave) ที่มีสภาพเป็น grating สามารถเลี้ยวเบนคลื่นอิเล็กตรอนที่ไปกระทบมันได้

ข้อเสนอเรื่องปรากฏการณ์ Kapitza-Dirac นี้ ไม่ได้รับการยืนยันว่ามีจริง โดยการทดลองเป็นเวลานานร่วม 70 ปี เพราะเทคโนโลยีที่ต้องใช้ในการพิสูจน์เรื่องนี้ยังไม่ดี และนักทดลองจำเป็นต้องใช้เลเซอร์แบบห้วง ๆ (pulsed laser) ที่มีความเข้มสูง

ในปี 2001 Herman Batelaan, Daniel Freimund และ Kayvan Aflatoon แห่งมหาวิทยาลัย Nebraska เมือง Lincoln ในสหรัฐอเมริกา ได้รายงานในวารสาร Nature ฉบับที่ 413 หน้า 142 ว่า หลังจากให้อิเล็กตรอนพุ่งผ่านเกรตติงที่ทำด้วยแสงแล้ว มันจะเลี้ยวเบน คือ ทำให้เห็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก ซึ่งมีความเข้มของการเลี้ยวเบนในลักษณะเดียวกับความเข้มของแสงที่เกิดเวลาแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงทุกประการ ปรากฏการณ์ Kapitza-Dirac จึงยืนยันว่าทั้งอิเล็กตรอนและแสงก็สามารถมีสมบัติทวิภาพได้ในเวลาเดียวกัน

ในวารสาร Proceedings of the National Academy of Sciences ฉบับที่ 474 หน้า 623 ที่เผยแพร่ในปี 2011 A. Ourjourntsev กับคณะได้รายงานผลการทดลองที่แสดงว่า เวลาโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมสองอะตอมชนิดเดียวกัน ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลต อะตอมทั้งสองจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรนอกสุดออกมาเป็นคลื่นสสารที่ไปสอดแทรกกันบนฉาก ทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่าง

ในการทดลองครั้งนั้น ผู้วิจัยได้ใช้โมเลกุลของไนโตรเจน (N_2) ซึ่งประกอบด้วยอะตอม N (ไนโตรเจน) สองอะตอมที่เหมือนกันทุกประการ และเมื่อโมเลกุลได้รับแสงเลเซอร์ อะตอมไนโตรเจนทั้งคู่จะปล่อยอิเล็กตรอนสองอิเล็กตรอนออกมา กระบวนการ photoelectron emission ที่ทำให้อิเล็กตรอนถูกปล่อยจากอะตอมโดยแสง เป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงให้เห็นว่า คลื่นสสารสามารถแสดงปรากฏการณ์แทรกสอดได้เหมือนคลื่นแสง

ในการทดลองขั้นต่อไป คือ นักทดลองจะใช้โมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมต่างชนิดกัน เช่น CO หรือ NH_3 เพื่อให้แสดงปรากฏการณ์ Fano นี้บ้าง

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Interaction of Intensed Laser Light with Free Electrons โดย M.V. Fedorov จัดพิมพ์โดย Harwood Academic Publishers ปี 1991

2. See for example the description of de Broglie's view in: David Bohm, Basil Hiley: The de Broglie pilot wave theory and the further development and new insights arising out of it, Foundations of Physics, volume 12, number 10, 1982, Appendix: On the background of the papers on trajectories interpretation, by D. Bohm, (PDF Archived 19 August 2011 at the Wayback Machine)

Charles Augustin de Coulomb
(ชาร์ลส์-ออกัสติน เดอ คูลอมบ์)

ผู้พบกฎแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า

Charles Augustin de Coulomb ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อสงคราม 30 ปีระหว่างการพบแรงระหว่างประจุไฟฟ้าอังกฤษกับฝรั่งเศสยุติ ฝรั่งเศสได้กลายเป็นชาติมหาอำนาจทางวิทยาศาสตร์ เพราะมีนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงโด่งดังหลายคน เช่น Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) ซึ่งมีชื่อเสียงและความสามารถมากพอ ๆ กับ Henry Cavendish (1731-1810) ของอังกฤษ เพราะ Coulomb มีความรู้ทั้งทฤษฎีและการทดลอง โดยมีผลงานที่สำคัญมากมาย เช่น พบกฎแรงไฟฟ้าระหว่างประจุ และได้สร้างตาชั่งบิด (torsion balance) เพื่อใช้วัดแรง ณ วันนี้นักฟิสิกส์รู้จักคูลอมบ์ว่าคือหน่วยวัดประจุไฟฟ้าที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้า

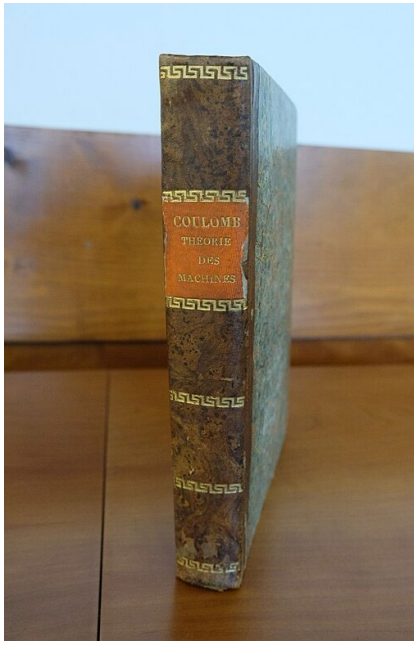
Coulomb เกิดเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน ปี 1736 ที่เมือง Angouleme ในฝรั่งเศส ญาติทางฝ่ายบิดา มีฐานะดี มีชื่อเสียงทางกฎหมายและการคลัง ส่วนญาติทางฝ่ายมารดาทำธุรกิจขนแกะและมีฐานะร่ำรวยเช่นกัน การที่บิดามีอาชีพเป็นนักกฎหมาย ทำให้ต้องย้ายที่ทำงานบ่อย ด้วยเหตุนี้ ตั้งแต่วัยเด็ก Coulomb จึงย้ายจากบ้านเกิดที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปปารีส เพื่อเรียนคณิตศาสตร์ที่ College Mazarin กับอาจารย์ชื่อ Pierre Charles Monnier ผู้สอนคณิตศาสตร์เก่งจน Coulomb ศรัทธา จึงตัดสินใจเรียนคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัย

แต่เมื่อบิดาประสบปัญหาการเงินจนต้องกลายเป็นบุคคลล้มละลาย และย้ายไปอยู่ที่เมือง Montpellier โดยทิ้งมารดาให้อยู่กับลูกชายชื่อ Coulomb ที่ Paris เพราะมารดาต้องการให้ Coulomb เรียนแพทย์ แต่ Coulomb ไม่ต้องการเป็นหมอ เมื่อเกิดความขัดแย้งเช่นนี้ Coulomb จึงตัดสินใจทิ้งแม่ไปอยู่กับพ่อ ในช่วงเวลานั้น Coulomb สนใจคณิตศาสตร์และดาราศาสตร์มาก จึงตัดสินใจจะเป็นนักคณิตศาสตร์ และได้เดินทางไปเมือง Mezieres เพื่อสอบเข้ามหาวิทยาลัย Ecole du Genie ที่มีการแข่งขันสูงมาก เพื่อความมั่นใจ Coulomb ได้ไปเรียนกวดวิชาที่ Paris ในเดือนตุลาคม ปี 2301 โดยมีครูสอนชื่อ Camus เมื่อเข้าใจตำรา Cours de Mathematique ของ Camus อย่างละเอียดแล้ว Coulomb ก็สามารถสอบเข้าได้ในอีก 2 ปีต่อมา

ในปี 1761 Coulomb วัย 25 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมโยธา และได้งานทำแผนที่เกาะอังกฤษทั้งเกาะ Coulomb ในตำแหน่งนายร้อยโทแห่งกองทัพบก ถูกส่งไปประจำการที่เกาะ Martinique ในหมู่เกาะ West Indies เมื่อเกิดสงครามระหว่างฝรั่งเศสกับอังกฤษ กองเรืออังกฤษ 17 ลำ ที่บรรทุกทหาร 8,000 คน ได้บุกโจมตีเมือง Martinique อย่างหนักหน่วง จนกระทั่งปี 1763 สงครามจึงยุติ เกาะ Martinique (ในอดีตเคยถูกเนเธอร์แลนด์ อังกฤษ และสเปนปกครอง แต่ในที่สุด

Martinique ก็ได้ตกเป็นของอังกฤษ) ขณะพำนักอยู่ที่นั่นเป็นเวลา 8 ปี Coulomb ล้มป่วยบ่อย เพราะเป็นคนที่มีสุขภาพไม่สู้ดี

ในปี 1772 Coulomb ได้งานวิศวกรรมสร้างป้อมที่เมือง Bourbon ซึ่งต้องใช้ความสามารถมาก แต่การล้มป่วยบ่อย ทำให้ Coulomb ต้องขออนุญาตเดินทางกลับปารีส



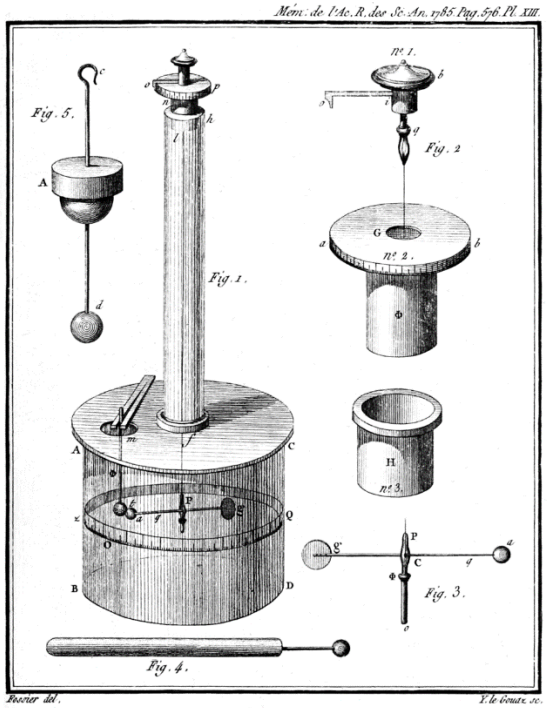
ตำรา Théorie des machines simples ที่ Coulomb เมื่อปี 1821

ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อกลับถึงปารีส Coulomb ได้เรียบเรียงตำรากลศาสตร์ประยุกต์ เพื่อนำเสนอต่อที่ประชุม Académie des Science โดยได้ศึกษาอิทธิพลของแรงเสียดทานที่มีต่อการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ซึ่งต้องใช้เทคนิค Calculus of Variations คำนวณ นอกจากเรื่องนี้แล้ว Coulomb ยังได้เสนอผลงานอื่น ๆ เช่น ปัญหาสถาปัตยกรรม ทฤษฎีความดันใต้โลก ปฐพีศาสตร์ แรงตึงในเชือก และแรงหนืด ผลงานเหล่านี้ทำให้สถาบัน Académie des Science รู้สึกประทับใจมาก จึงเสนอตำแหน่ง Borsut’s Correspondente ให้แก่ Coulomb ในวัย 38 ปี

ครั้นเมื่อ Académie des Science จัดงานประกวดงานสร้างเข็มทิศให้มีประสิทธิภาพสูงสุด Coulomb ได้เดินทางไปเมือง Cherbourg เพื่อจะได้มีเวลาเรียบเรียงทฤษฎีเข็มทิศที่จะส่งเข้าประกวด และ Coulomb วัย 41 ปี ก็ได้รับรางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยมจากสถาบัน Académie des Science

เมื่ออายุ 43 ปี มารดาของ Coulomb ได้เสียชีวิต Coulomb จึงเดินทางกลับปารีส เพื่อรับมรดก และได้ออกแบบสร้างป้อมทหารใกล้ ๆ เมือง lle d' Aix ซึ่งสร้างขึ้นด้วยไม้ล้วน เมื่อเดินทางกลับ Coulomb ได้เรียบเรียงตำรา Theorie des machenes simples เพื่อขอรับรางวัลจาก Académie des Science อีกในปี 1781 ผลงานนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับบทบาทของแรงเสียดทาน ในการไถลและกลิ้งของวัตถุ โดยเฉพาะเมื่อแรงขึ้นกับความเร็วและเวลา ผลงานนี้ทำให้ Coulomb ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของกลศาสตร์เสียดทาน



การทดลองของ Coulomb ที่ใช้ตาชั่งบิด เพื่อวัดแรงไฟฟ้าระหว่างประจุ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่ออายุ 45 ปี Coulomb ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ Académie des Science จึงทำให้ต้องทำงานวิทยาศาสตร์ที่ปารีสอย่างถาวร และไม่ได้ทำงานหรือรับงานด้านวิศวกรรมศาสตร์อีกเลย และได้ตัดสินใจทำวิจัยแต่ฟิสิกส์ โดยเฉพาะเรื่องไฟฟ้า และแม่เหล็ก เพราะในปี 1785 ที่ Coulomb มีอายุ 49 ปี Coulomb ได้พบกฎ Coulomb ที่แถลงว่า แรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้าจะแปรผกผันกับระยะทางระหว่างประจุทั้งสองยกกำลังสอง และขึ้นโดยตรงกับผลคูณระหว่างประจุทั้งสองนั้น ในการพบกฎนี้ Coulomb ต้องสร้างตาชั่งบิด (torsion balance) ที่สามารถวัดได้ละเอียดและไวมาก จนสามารถวัดแรง 10 นิวตันได้ นอกจากนี้ Coulomb ยังได้ศึกษาการกระจายตัวของประจุไฟฟ้าตามผิวของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ ด้วย

กฎของ Coulomb ซึ่งมีรูปแบบเดียวกันกับกฎแรงโน้มถ่วงของ Newton เป็นผลงานที่สำคัญที่สุดของ Coulomb ผู้ได้ทำงานอย่างใกล้ชิดกับนักฟิสิกส์อื่น ๆ หลายคน เช่น Borda (1733-1799) และ Laplace (1749- 1827)

สำหรับผลงานด้านวิทยาศาสตร์ศึกษานั้น Coulomb วัย 51 ปี ได้เคยเสนอการปฏิรูปวิชาการพยาบาล หลังจากที่ได้เดินทางไปดูงานพยาบาลที่อังกฤษ

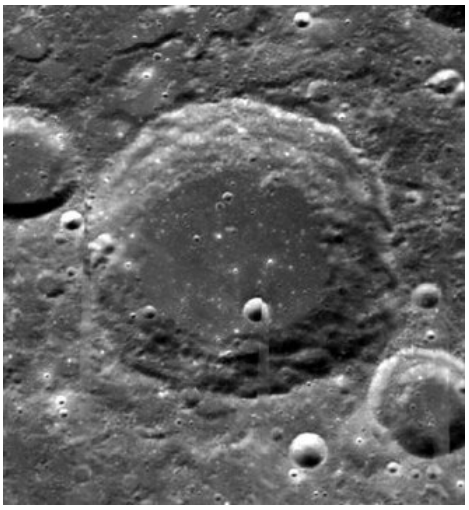
เมื่ออาย 54 ปี Coulomb มีบุตรคนแรกชื่อ Charles Augustine ที่ 2 เมื่อเกิดปฏิวัติครั้งยิ่งใหญ่ในฝรั่งเศส Coulomb ได้ทุ่มเททำงานวิจัยวิทยาศาสตร์ที่ Académie des Science เมื่อการปฏิวัติทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น สถาบันจึงถูกสั่งปิด Coulomb จึงต้องลาไปทำงานต่อที่ Blois ในชนบท

หลังการปฏิวัติฝรั่งเศส ได้มีจัดตั้ง Institut de France ขึ้นแทน Academie of Science

Coulomb วัย 59 ปี ได้รับเชิญให้กลับไปทำงานต่อที่สถาบันมาตรวิทยาในปารีสอีกครั้งหนึ่ง

ในปี 1797 ในวัย 61 ปี Coulomb ได้ลูกชายคนที่สองชื่อ Henri Louis จึงตัดสินใจแต่งงานกับ Loriese Desomeaux แม่ของลูกชายทั้ง 2 คน อย่างเป็นทางการ

เมื่ออายุ 65 ปี Coulomb ได้รับเลือกเป็นปราชญ์กิตติมศักดิ์แห่ง Institut de France ในเดือนมิถุนายน ปี 1806 Coulomb ได้ล้มป่วยลงและเสียชีวิต เมื่อวันที่ 23 สิงหาคม ปี 1806 ที่ปารีส



หลุมอุกกาบาตชื่อ Coulomb บนดวงจันทร์

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ณ วันนี้ นอกจากหน่วย Coulomb ที่ใช้วัดปริมาณของประจุไฟฟ้า แล้วโลกยังรู้จักหลุมอุกกาบาตชื่อ Coulomb บนดวงจันทร์ด้วย

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Popova, E.; Popov, V.L. (2015-06-30). "The research works of Coulomb and Amontons and generalized laws of friction". Friction. 3 (2): 183–190. doi:10.1007/s40544-015-0074-6

2. One or more of the preceding sentences incorporates text from a publication now in the public domain: Chisholm, Hugh, ed. (1911). "Coulomb, Charles Augustin". Encyclopædia Britannica. Vol. 7 (11th ed.). Cambridge University Press. p. 308.

Pierre-Gilles de Gennes (ปีแยร์-กิลเลส เดอ เจนเนส)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1991 ผู้บุกเบิกวิทยาการสาขาสสารนุ่ม (Soft Matters)

Pierre-Gilles de Gennes ภาพจาก www.britannica.com

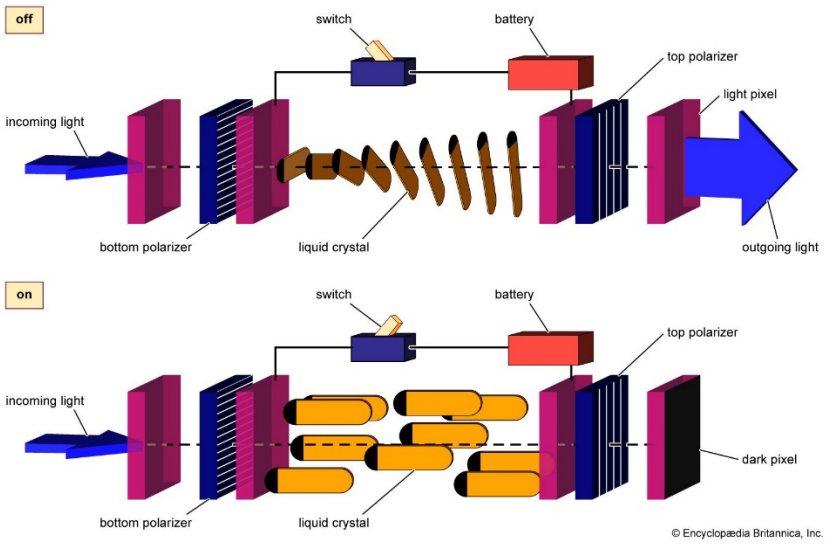
ในปี 1991 ที่ Pierre-Gilles de Gennes ได้รับการประกาศว่าเป็นผู้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ทางสถาบัน Royal Swedish Academy ของสวีเดน ได้กล่าวคำยกย่องว่าเป็นบิดาของวิชาฟิสิกส์สสารนุ่ม (soft matter) ที่ได้แก่ ผลึกเหลว (liquid crystal) พอลิเมอร์ (polymer) คอลลอยด์ (colloid) กับสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ฯลฯ ดังนั้นเมื่อ de Gennes ถึงแก่กรรมในวัย 74 ปี เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม ปี 2007 วงการวิทยาศาสตร์จึงรู้สึกเศร้าที่ได้สูญเสียนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดคนหนึ่งแห่งคริสต์ศตวรรษที่ 20 ผู้มีความรู้และประสบการณ์ฟิสิกส์ทั้งกว้างและลึก และได้ทำงานวิจัยอย่างทุ่มเท แม้ก่อนจะเสียชีวิตเพียงหนึ่งปี ก็ยังมีผลงานเรื่องปรากฏการณ์ dislocation ในสสารควอนตัม และเรื่องฐานข้อมูลในการทำงานของระบบรับกลิ่น (olfactory) ในสมองด้วย

Pierre-Gilles de Gennes เกิดเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม ปี 1932 ที่ปารีส ในฝรั่งเศส บิดาเป็นแพทย์ เมื่ออายุ 19 ปีได้เข้าเรียนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Ecole Normale Supérieure ในปารีสเป็นเวลา 4 ปี โดยมีนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียง เช่น Rudolf Peierls จากอังกฤษและ William Shockley (รางวัลฟิสิกส์โนเบลปี 1970) จากสหรัฐอเมริกา เป็นอาจารย์สอน หลังสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกเมื่ออายุ 25 ปี ได้ทำงานในสังกัด Atomic Energy Commission ที่เมือง Saclay ในฝรั่งเศส โดยทำงานวิจัยเรื่องปรากฏการณ์การกระเจิงของอนุภาคนิวตรอนในโลหะ ที่กำลังจะเปลี่ยนสมบัติเชิงแม่เหล็ก รวมถึงได้วิจัยเรื่องคลื่นสปิน (spin wave) ด้วย

ในปี 1959 de Gennes ได้รับทุนวิจัยหลังปริญญาเอกไปทำวิจัยร่วมกับ Charles Kittel แห่ง University of California ที่ Berkeley เรื่องฟิสิกส์ของสสารแข็ง และ Kittel ได้ชักนำให้ de Gennes พยายามหาวิธีอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ด้วยการใช้ภาษาง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนเพื่อให้คนทั่วไปสามารถเข้าใจได้ และหลีกเลี่ยงการใช้สมการคณิตศาสตร์ในบทความที่เขียนเผยแพร่ให้คนทั่วไปอ่าน

เมื่อกลับจากบ้านเกิดที่ฝรั่งเศส de Gennes ได้เข้ารับราชการเป็นทหารเรือในราชนาวีฝรั่งเศสเป็นเวลานาน 2 ปี แล้วไปเป็นอาจารย์ที่ University du Paris Sud ที่ Orsay ขณะสอนที่นั่น de Gennes ได้จัดตั้งกลุ่มวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมตัวนำยวดยิ่งชนิดที่ 2 (type II superconductor) กับชนิดที่ไม่มีช่องว่างพลังงาน (zero gap superconductor) โดยใช้ทั้งทฤษฎี BCS (Bardeen - Cooper - Schrieffer) กับทฤษฎี GL (Ginzburg - Landau) โดยได้นำนักฟิสิกส์ทดลองที่เชี่ยวชาญมากมาร่วมกลุ่มวิจัยด้วย เพราะคิดว่า นักทฤษฎีที่ดีต้องทำงานอย่างใกล้ชิดกับนักทดลอง

ผลงานที่สำคัญของ de Gennes ในช่วงนี้ คือ ได้พบว่า แม้สนามแม่เหล็กที่กระทำต่อตัวนำยวดยิ่งจะมีความเข้มสูงกว่าสนามวิกฤต อันเป็นสถานการณ์ที่ทุกคนคิดว่า ตัวนำยวดยิ่งจะกลายสภาพเป็นตัวนำธรรมดา แต่ de Gennes กลับพบว่า สภาพนำยวดยิ่งยังปรากฏอยู่ที่ผิว นี่คือการพบปรากฏการณ์ surface superconductivity



ผลงานของ de Gennes ที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของอุปกรณ์ที่มีผลึกเหลว

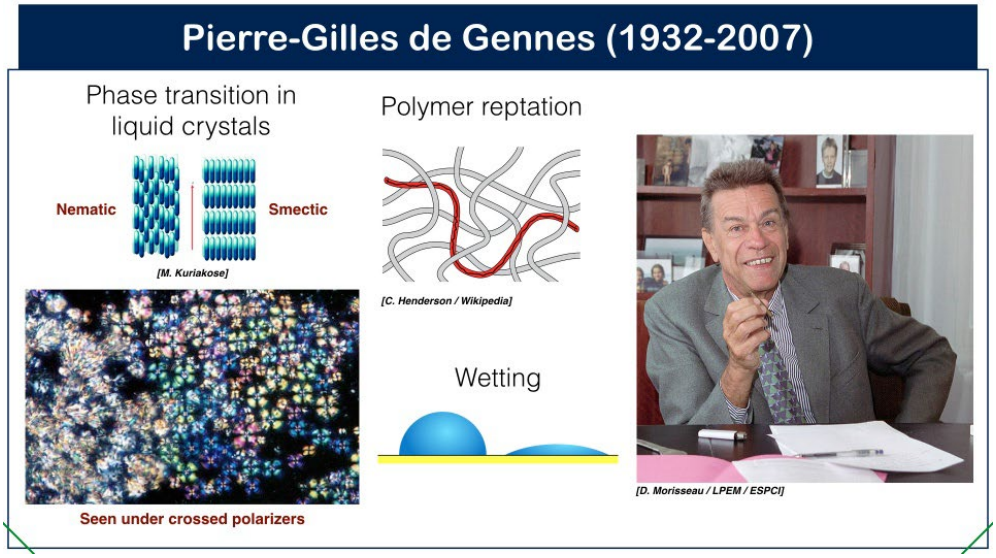
ภาพจาก Encyclopaedia Britannica, Inc.

ในปี 1986 de Gennes ได้เริ่มสนใจเรื่องผลึกเหลว ซึ่งเป็นสสารที่นักฟิสิกส์ทั่วไปไม่สนใจ เพราะโครงสร้างเชิงโมเลกุลของสสารชนิดนี้มีการเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ และยังเป็นสารอินทรีย์ด้วย จึงเหมาะสำหรับนักเคมีมากกว่า ในการศึกษาเรื่องนี้ de Gennes ได้นำความรู้ฟิสิกส์ทฤษฎีเรื่อง พารามิเตอร์ความเป็นระเบียบ (order parameter) กับสมมาตร (symmetry) ในทฤษฎีของตัวนำยวดยิ่ง มาอธิบายสมบัติกายภาพของผลึกเหลวได้ในหลายประเด็น เพราะสสารทั้งสองรูปแบบนี้มีพฤติกรรมคล้ายคลึงกัน de Gennes ยังได้เชิญนักฟิสิกส์ด้านทัศนศาสตร์ นักผลิกศาสตร์ และผู้เชี่ยวชาญเรื่องแม่เหล็กมาศึกษาปัญหานี้มาทำงานร่วมกันในลักษณะที่เป็นสหวิทยาการ ทีมวิจัยของ de Gennes ที่ Orsay (Orsay Liquid Crystal Group) ได้ประสบ

ความสำเร็จจนมีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลก เพราะมีผู้นำ de Gennes เป็นคนที่สามารถเห็นความคล้ายคลึง และความแตกต่างระหว่างสสารในระบบที่ถ้าดูผิวเผินจากภายนอกจะไม่มีอะไรที่เหมือนกันเลย

ในการแบ่งเครดิตของงานวิจัยที่ต้องทำเป็นกลุ่มนั้น de Gennes ได้กำหนดให้ผลงานของกลุ่มที่ได้ลงตีพิมพ์ต้องไม่มีชื่อของผู้วิจัยคนใด แต่ให้ใช้ชื่อของกลุ่มวิจัยแทน แต่ธรรมเนียมปฏิบัติเช่นนี้ ไม่เป็นที่ยอมรับในบรรดานักวิจัยในยุคนี้แล้ว

ในปี 1971 de Gennes วัย 39 ปี ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์แห่ง College de France ซึ่งนับเป็นเกียรติที่สูงมาก จากนั้นก็ได้เบนความสนใจไปทำวิจัยเรื่องพอลิเมอร์ คอลลอยด์ สสารเม็ด (granular matter) ปรากฏการณ์ยึดติด (adhesion) โดยได้นำนักวัสดุศาสตร์จากมหาวิทยาลัย Strasbourg และ Saclay มาร่วมตรวจสอบทฤษฎีเหล่านี้ ซึ่งปัจจุบันมีชื่อว่า ฟิสิกส์ของสารควบแน่นนุ่ม (soft condensed-matter physics)



ผลงานสำคัญของ de Gennes ที่ทำให้เขาได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์

ภาพจาก X: FrancoisLevrier

ความสำเร็จที่โด่งดังที่สุดของทีมวิจัยกลุ่มนี้ คือ การพบทฤษฎีที่แสดงให้เห็นความสมดุลที่เกิดขึ้นขณะมีการเปลี่ยนเฟสแม่เหล็ก กับสมบัติของพอลิเมอร์ที่เป็นเส้นว่าสามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าจำนวนองค์ประกอบของเวกเตอร์สภาพแม่เหล็ก (magnetisation vector) ลดจนเป็นศูนย์ แล้วทฤษฎีเฟสแม่เหล็กก็สามารถอธิบายสมบัติของพอลิเมอร์ได้ การสังเคราะห์องค์ความรู้ในทำนองนี้ มีส่วนทำให้ de Gennes ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1991

de Gennes อ้างถึงความสำเร็จของเขา ว่า เกิดจากการมองทุกสิ่งทุกอย่างในธรรมชาติเป็นภาพ เช่น เวลาศึกษาพอลิเมอร์ จะเห็นว่ามีลักษณะเหมือนแหตาข่าย จากนั้นก็นำสมการคณิตศาสตร์ เพียงไม่กี่สมการ มาอธิบายการเคลื่อนที่ของเส้นพอลิเมอร์ และพบว่ามันเคลื่อนที่คล้ายการเลื้อยของงูเข้าไปในท่อ แบบจำลองของ de Gennes เรื่องนี้ มีชื่อว่า reptation (มาจากคำละติน repere ที่แปลว่า เลื้อย) และเห็นธรรมชาติในลักษณะนี้ทำให้ de Gennes สามารถอธิบายสมบัติความหนืดของพอลิเมอร์ได้ โดยใช้สมการง่าย ๆ เพียงไม่กี่สมการ

ในเวลาต่อมา de Gennes ได้หันมาสนใจวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่มีประโยชน์โดยตรงต่อเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เพราะได้พบว่า เวลาเขานำพอลิเมอร์ใส่ในน้ำมัน การไหลของน้ำมันจะดีขึ้น และได้ศึกษาปรากฏการณ์เปียก (wetting) ซึ่งใช้อธิบายการไหลของหยดของเหลวบนผิววัสดุ

ในบั้นปลายของชีวิต de Gennes ได้ทำงานที่สถาบัน Curie Institute ในปี 2002 และสนใจการนำความรู้ฟิสิกส์ไปประยุกต์ในระบบชีววิทยา เช่น ศึกษาการเคลื่อนตัวของแบคทีเรียเวลามีสารเคมี (chemotaxi) มาสัมผัส รวมถึงได้ศึกษาความสามารถในการจำของสมองคน ซึ่งเป็นระบบที่ยุ่งยากและซับซ้อนมากที่สุดในเอกภพ

สำหรับความสามารถด้านการเขียนหนังสือนั้น de Gennes ก็ชอบเขียนข้อความเป็นบันทึกสั้น ๆ โดยใช้ภาษาที่กระชับ และใช้คำที่มีความหมายลึกซึ้ง ความสามารถนี้มีปรากฏในตำราที่ de Gennes เรียบเรียงทุกเล่ม ไม่ว่าจะเป็นเรื่อง superconductor, liquid crystal หรือ polymer และตำรา “The Physics of Liquid Crystals” ที่ตีพิมพ์ในปี 1974 นับเป็นตำราที่คลาสสิกมาก

ผลงานของ de Gennes ในด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ ได้ถูกนำไปพัฒนาอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น พลาสติก และเทคนิค DNA gel electrophoresis ที่ใช้ในการศึกษา genome และในเวลาเดียวกันเขาก็ได้นำความรู้อุตสาหกรรมเข้าสู่วงการวิทยาศาสตร์ด้วย

Collège Pierre-Gilles de Gennes ที่เมือง Le Mans ประเทศฝรั่งเศส

ภาพจาก seej.fr

ความสำเร็จเหล่านี้เกิดจากการทำงานอย่างทุ่มเทของ de Gennes ผู้มีวิสัยทัศน์ที่กว้างไกล เพราะเป็นคนที่สามารถจับประเด็นสำคัญได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นครูที่สอนหนังสือดีด้วย เช่น เวลาบรรยายที่ College de France ศาสตราจารย์ de Gennes มักจะบรรยายเรื่องต่าง ๆ อย่างช้า ๆ และเขียนกระดานอย่างเป็นระเบียบด้วย

ลายมือที่อ่านง่าย เพื่อให้ทั้งอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ นิสิต และคนทั่วไปสามารถเข้าใจได้โดยไม่รู้สึกเหนื่อยหรือเบื่อ

ในช่วง 2 ปีแรกหลังจากที่ได้รับรางวัลโนเบล de Gennes ได้เดินทางไปบรรยายตามโรงเรียนมัธยมต่าง ๆ ทั่วประเทศกว่า 150 แห่ง ในลักษณะ “Tour de France” และในบางโอกาสจะทำหน้าที่เป็นพิธีกรอ่านข่าวโทรทัศน์ แสดงบทบุรุษไปรษณีย์ในภาพยนตร์เรื่อง “Pierre-Marie Curie” และเขียนบทความลงหนังสือพิมพ์ de Gennes สุดท้ายจึงเป็นทูตวิทยาศาสตร์ของสังคม ฝรั่งเศส และเป็นคนที่ชักนำสังคมให้สนใจรู้เรื่องราววิทยาศาสตร์ และสุดท้ายมีบทบาทในการจัดตั้งรางวัล L’Oreal - UNESCO สำหรับนักวิทยาศาสตร์สตรี และยังได้จัดตั้งโรงเรียน Parisian Grande Ecole สำหรับคนที่จะเป็นวิศวกรด้วย

ในด้านชีวิตครอบครัว de Gennes มีทายาท 7 คน กับภรรยา 2 คน คือ 3 คนกับ Anne-Marie และ 4 คนกับ Francois Brochard - Wyart

de Gennes เสียชีวิตเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม ปี 2007 ต่อมาในวันที่ 5 มิถุนายนปีเดียวกัน สถาบัน French Academy of Science ก็ได้จัดงานระลึกถึง “Un grand monsieur” บุรุษผู้ยิ่งใหญ่นี้ ที่ Palais de la Decouvette โดยมีประธานาธิบดี Nicolas Sarkosy ได้เดินทางมาร่วมในพิธีไว้อาลัยด้วย

ในช่วงเวลาที่มีชีวิตอยู่ de Gennes ได้แบ่งนักฟิสิกส์ออกเป็นสองประเภท คือ พวกเล่นกอล์ฟที่ใช้ชีวิต โดยการตีลูกกอล์ฟจากหลุมสู่หลุม จนสิ้นสุดการแข่งขัน กับพวกเล่นเทนนิสที่เวลาเล่นจะตีเทนนิสไปทุกทิศทาง

ดังนั้นในมุมมองของ de Gennes เขาจึงเป็นนักเทนนิส ผู้ซึ่งนำวิทยาศาสตร์ที่เขารักมากไปสู่สังคมภายในนอกในหลายรูปแบบและทุกทิศทาง เพื่อให้สังคมเข้าใจธรรมชาติดีขึ้น

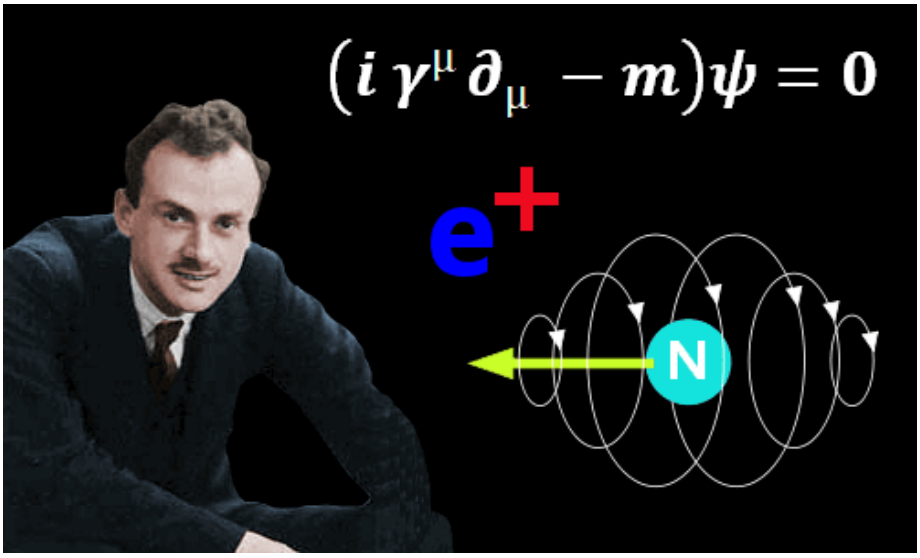
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Pierre-Gilles de Gennes โดย Tribaut de Wusstemberger, จัดพิมพ์โดย Saint-Augustine, 1998

2. Joanny, Jean-François; Cates, Michael (2019). "Pierre-Gilles de Gennes. 24 October 1932—18 May 2007". Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society. 66: 143–158. doi:10.1098/rsbm.2018.0033. S2CID 127231807

Paul Dirac (พอล ดิราค)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933 จากการเสนอทฤษฎีควอนตัมไฟฟ้าพลศาสตร์ (QED)



Paul Dirac ภาพจาก www.famousscientists.org

ในวันที่ 13 พฤศจิกายน ปี 1995 ที่มหาวิหาร Westminster ในกรุงลอนดอน อังกฤษ ซึ่งเป็นสถานที่ฝังศพของบุคคลสำคัญของชาติ Sir Michael Atiyah ซึ่งเป็นนายกของสมาคม Royal Society ของอังกฤษได้เป็นประธานในพิธีติดตั้งแผ่นจารึกชื่อของ Paul Dirac กับสมการ Dirac ในมหาวิหาร ในขณะที่ Stephen Hawking กล่าวสดุดียกย่อง Dirac ว่า ในคริสต์ศตวรรษที่ 20 ถ้าไม่นับ Albert Einstein แล้ว ทุกคนก็ยอมรับว่า Dirac คือ ผู้ที่ได้ปฏิรูปฟิสิกส์ยิ่งกว่านักฟิสิกส์คนอื่นใดทั้งหมด

Dirac เกิดที่ Bristol ในอังกฤษ เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม ปี 1902 บิดาเป็นครูสอนภาษาฝรั่งเศสที่โรงเรียน Merchant Ventures Technical College ส่วนมารดาเป็นแม่บ้าน ครอบครัวนี้มีทายาท 3 คน และ Paul เป็นคนสุดท้อง

ตั้งแต่วัยเด็ก Dirac ถูกบิดากดดันและบังคับจิตใจมาก เช่น ห้ามมารดาและบรรดาลูก ๆ ไม่ให้ต้อนรับแขกใด ๆ และลูกทุกคนต้องพูดภาษาฝรั่งเศสกับบิดา ซึ่งถ้าพูด

ผิด จะถูกลงโทษ (แต่ลูก ๆ สามารถสนทนากับมารดาเป็นภาษาอังกฤษได้) เพื่อไม่ให้ถูกบิดาเฆี่ยนตี Dirac จึงใช้วิธีนิ่งเงียบและไม่พูดจาอะไรเลย

Dirac เรียนระดับประถมศึกษาที่ Bishop Road School มีเพื่อนร่วมรุ่นที่คนทั้งโลกรู้จัก เป็นดาราภาพยนตร์ฮอลลีวูดชื่อ Cary Grant เมื่ออายุ 16 ปี Dirac เข้าเรียนวิศวกรรมไฟฟ้าที่มหาวิทยาลัย Bristol จนสำเร็จปริญญาตรีด้วยคะแนนเกียรตินิยมอันดับหนึ่ง และกลับพบว่าไม่ต้องการจะมีอาชีพเป็นวิศวกรไฟฟ้า เพราะตระหนักได้ว่าเวลาวิศวกรแก้ปัญหา พวกเขาต้องการเพียงคำตอบ และไม่ต้องการจะเข้าใจหรือสนใจที่มาของสูตรที่ใช้ Dirac จึงตัดสินใจไปเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Cambridge ทั้ง ๆ ที่มีความรู้ฟิสิกส์ค่อนข้างน้อย แต่ก็ได้อ่านผลงานของ Niels Bohr (โนเบลฟิสิกส์ปี 1922) กับ Arnold Sommerfeld มาบ้าง ประจวบกับในปี 1919 ครอบครัว Dirac ได้เปลี่ยนสัญชาติจากสวิสเป็นอังกฤษ และโลกกำลังตื่นตะลึงด้วยข่าวทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein ว่าสามารถอธิบายการเบนของแสง ขณะผ่านใกล้ขอบดวงอาทิตย์ได้ ซึ่งถูกต้องยิ่งกว่าทฤษฎีแรงโน้มถ่วงของ Newton ความอยากเรียนทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ได้ชักนำ Dirac ให้ตัดสินใจจะเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎี เพราะชอบคณิตศาสตร์อย่างเป็นชีวิตจิตใจ และไม่โปรดการทดลองเลย

Dirac เริ่มทำวิจัยด้านทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาชื่อ Ralph Fowler ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านกลศาสตร์สถิติ กับทฤษฎีควอนตัม Dirac จึงได้พยายามศึกษาโจทย์กลศาสตร์ต่าง ๆ ที่ตนได้เคยเล่าเรียนมา แล้วดัดแปลงเป็นกรณีที่ต้องใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ อธิบายเวลาระบบมีความเร็วใกล้ความเร็วแสง

ในฤดูร้อนของปี 1925 Dirac ทราบข่าวว่า พี่ชายที่ไม่ได้ติดต่อกันมานาน เพราะถูกบิดาขับออกจากบ้าน ได้เสียชีวิตลงด้วยการดื่มยาพิษ potassium cyanide การ

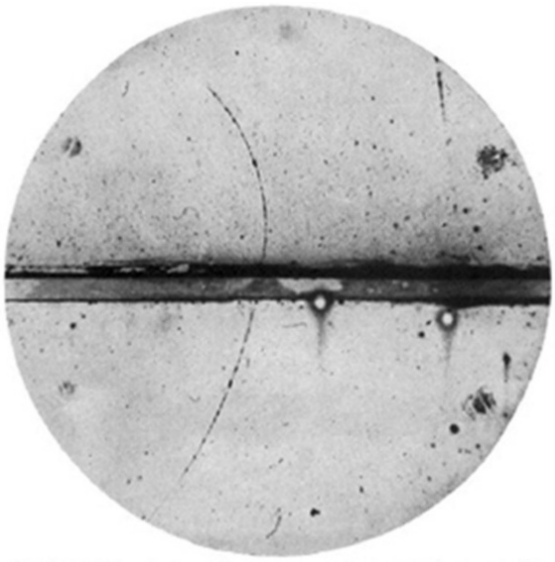
สูญเสียพี่ชาย ทำให้ Dirac รู้สึกเสียใจมาก และได้ปรักปรำบิดาที่สร้างความกดดันทางจิตใจให้แก่บรรดาสมาชิกทุกคนในครอบครัว จนทำให้รู้สึกว่า ตั้งแต่เกิดมา บิดาไม่เคยรักลูก ๆ เลย แต่เมื่อ Dirac เห็นพ่อกับแม่ร้องไห้ จึงรู้ว่า พ่อแม่ก็รักลูกเหมือนกัน

เมื่อกลับจากการพักผ่อนฤดูร้อน Dirac ได้รับจดหมายฉบับหนึ่ง ซึ่งได้เปลี่ยนวิถีชีวิตของเขาอย่างสมบูรณ์ มันเป็นจดหมายจากอาจารย์ที่ปรึกษา Fowler ซึ่งได้แนบงานวิจัยเรื่องทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมของ Werner Heisenberg (โนเบลฟิสิกส์ปี 1932) ให้อ่าน ในการอ่านครั้งแรก Dirac รู้สึกว่า คณิตศาสตร์ที่ Heisenberg ใช้ สับสนอลวน และยุ่งเหยิงมาก จนไม่อยากจะอ่านต่อ แต่อีกสองสัปดาห์ต่อมา ก็สังเกตเห็นว่างานวิจัยฉบับนั้นมีข้อความที่ Heisenberg เขียนว่า ตัวแปรตำแหน่งและตัวแปรโมเมนตัมของอิเล็กตรอนไม่ commute กัน นั่นคือ ตัวแปรตำแหน่ง (q) และตัวแปรโมเมนตัม (p) ไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์ pq=qp

Dirac ก็ตระหนักได้ในทันทีว่า เส้นทางที่จะสร้างวิชากลศาสตร์ควอนตัม เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับของวงเล็บ Poisson ในกลศาสตร์นิวตัน ดังนั้นเมื่องานวิจัยชิ้นแรกของ Dirac เรื่อง “The Fundamental Equations of Quantum Mechanics” ปรากฏ Heisenberg กับ Max Born แห่งมหาวิทยาลัย Göttingen ในเยอรมนี ก็รู้สึกประทับใจมาก และคิดว่า Dirac คงเป็นนักคณิตศาสตร์ มิใช่นักฟิสิกส์ เพราะทั้งสองไม่รู้จักนักฟิสิกส์ที่ชื่อ Dirac เลย

จากนั้น ผลงานกลศาสตร์ควอนตัมที่มีความสำคัญมากของ Dirac ก็ติดตามมาอย่างต่อเนื่อง เช่น ทฤษฎี quantum transformation, dispersion theory และ density matrix เป็นต้น

ลุถึงปี 1928 ผลงานที่สำคัญระดับสุดยอดของ Dirac ก็ปรากฏ ในรูปของสมการที่อธิบายพฤติกรรมของอิเล็กตรอนในอะตอม ผลงานนี้ได้จากการสังเคราะห์ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมรกับทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ และสามารถอธิบายที่มาของสปิน (spin) และโมเมนต์แม่เหล็กของอิเล็กตรอนได้เป็นครั้งแรก



การสังเกตเห็นอนุภาค positron เป็นครั้งแรก โดย C.D. Anderson

ภาพจาก physics.stackexchange.com

อีกสามปีต่อมา Dirac ได้ใช้สมการคำนวณพบว่า ธรรมชาติอาจจะมีอนุภาคชนิดหนึ่งที่มีพลังงานเป็นลบ แต่มีประจุเป็นบวก อนุภาคนี้มีมวลเท่าอิเล็กตรอน แต่ในเวลานั้นยังไม่มีใครเคยเห็นอนุภาค “ประหลาด” นี้เลย จนกระทั่ง R. Millikan (โนเบลฟิสิกส์ปี 1923) ขณะให้สัมมนาที่มหาวิทยาลัย Cambridge นำภาพที่ Carl D. Anderson (โนเบลฟิสิกส์ปี 1936) ถ่ายเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม ปี 1932 ออกแสดง เวลารังสีคอสมิกจากอวกาศผ่านเข้าไปในห้องเมฆ (cloud chamber) จะมีอนุภาคตัวหนึ่งเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งในสนามแม่เหล็ก ในทางทิศที่แสดงให้เห็นว่า อนุภาคมีมวลเท่าอิเล็กตรอนทุกประการ แต่มีประจุบวก ข่าวการพบอนุภาค positron ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร Science ฉบับเดือนกันยายน ปี 1932 ซึ่งแสดงว่าคำทำนายของสมการ Dirac

เป็นจริงทุกประการ เพราะได้ทำนายการมีอยู่ปฏิสสาร (antimatter) ก่อนนักทดลองจะพบอนุภาคนี้เสียอีก

ความสำเร็จเหล่านี้ ทำให้คณะกรรมการพิจารณารางวัลโนเบลรู้สึกประทับใจมาก ดังนั้นในเดือนพฤศจิกายน ปี 1933 ซึ่งเป็นเวลาหนึ่งปีหลังจากที่ได้ครองตำแหน่ง Lucasian Professor แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge (อันเป็นตำแหน่งที่ Isaac Newton เคยครอง) Dirac ในวัย 31 ปี ก็ได้รับการประกาศชื่อให้เป็นผู้พิชิตรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกับ Erwin Schroedinger การพิชิตรางวัลนี้ทำให้ Dirac เป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎีที่มีอายุน้อยที่สุด ซึ่งได้รับรางวัลอันทรงเกียรตินี้ (จนกระทั่งปี 1957 สถิตินี้ถูกทำลายโดย T.D. Lee) ทันทีที่ได้ข่าวว่าตนเป็นผู้พิชิตรางวัลโนเบล Dirac คิดจะปฏิเสธการรับรับรางวัล เพราะไม่ชอบให้สังคมสนใจชีวิตตน แต่ Niels Bohr ได้ชี้แจงว่า ถ้าปฏิเสธ ผู้คนก็จะยิ่งสนใจ Dirac จึงยินยอมไปรับรางวัล ในงานเลี้ยงฉลองการรับรางวัลที่ Stockholm ในสวีเดน Dirac โดยไม่ได้เชิญบิดาไปร่วมงาน แต่เชิญเฉพาะมารดา

ในเดือนมีนาคม ปี 1936 เมื่อบิดาเสียชีวิต Dirac ได้บอกเพื่อนทุกคนว่า ความกดดันที่พ่อกระทำต่อเขาได้หมดสิ้นแล้ว ต่อนี้ไปเขาจะมีเสรีภาพอย่างเต็มตัว อีก 6 เดือนต่อมา Dirac สมรสกับน้องสาวของ Eugene Wigner (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1963) ชื่อ Margit Balazs ทั้งสองมีบุคลิกภาพตรงกันข้าม เช่น Margit ชอบออกสังคม แต่ Dirac ชอบเก็บตัว Margit ชอบพูด แต่ Dirac พูดน้อย (บางครั้งก็ไม่พูดเลย) ทั้งสองจึงเป็นเสมือนปฏิยานุภาคของกันและกัน จะอย่างไรก็ตามครอบครัวนี้มีลูกสาว 2 คน

ในหนังสือ The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius ที่ Graham Farmelo เรียบเรียง และจัดพิมพ์โดย Faber ในปี 2009 ผู้เขียนได้ให้ความเห็นว่า การที่ Dirac มีบุคลิกประหลาด เพราะชีวิตเบื้องต้นของเขาขาดความ

อบอุ่น และจิตใจถูกกดดันโดยบิดาตลอดเวลา ทำให้เป็นคนเก็บตัว ไม่ว่าจะเป็นด้านนิสัย คำพูดและการทำกิจกรรม นอกจากนี้ก็ไม่ต้องการความผูกพันทางจิตใจกับใคร Dirac เคยร้องไห้ครั้งเดียวในชีวิต คือ เมื่อได้ข่าว Einstein เสียชีวิต Dirac ไม่มีเพื่อนสนิท ไม่ประสงค์จะรับนิสิตทำวิทยานิพนธ์ จน Farmelo คิดว่า Dirac น่าจะมีอาการออทิสติกเหมือนบิดา แต่โชคดีที่คนทั่วโลกยอมรับและชื่นชมความสามารถ เพราะ Dirac เป็นนักฟิสิกส์อัจฉริยะระดับสุดยอดนั่นเอง

หลังจากที่ได้รับรางวัลโนเบล Dirac เริ่มเปลี่ยนทิศทางในการวิจัย เพราะทฤษฎี quantum electrodynamics (QED) ที่ Dirac ให้กำเนิด เริ่มประสบปัญหาในการคำนวณ เพราะคำตอบมีค่ามากถึงอนันต์ (infinity) จึงหันไปสนใจเรื่องจักรวาลวิทยา และใช้ชีวิตเป็นพ่อบ้านธรรมดา ในช่วงเวลาสงครามโลกครั้งที่ 2 Dirac ได้เป็นที่ปรึกษาให้แก่นักฟิสิกส์อังกฤษที่ไปทำงานในโครงการ Manhattan เพื่อผลิตระเบิดปรมาณูที่อเมริกา

หลังจากเหตุการณ์สงครามโลกครั้งที่สองยุติ บรรดานักฟิสิกส์ทฤษฎีวัยหนุ่ม เช่น Freeman Dyson, Richard Feynman, Julian Schwinger กับ Sin – itiro Tomonaga ได้ร่วมกันพัฒนาทฤษฎี quantum electrodynamics ต่อ จนสามารถกำจัดคำตอบที่ให้ค่าอนันต์ได้ และให้ผลการคำนวณที่สอดคล้องกับผลการทดลองได้อย่างดีเยี่ยม แต่ Dirac ไม่ประทับใจ เพราะรู้สึกว่า เทคนิคคณิตศาสตร์ที่คนทั้งสี่ใช้ดูสับสนและยุ่งมาก จึงได้ถอยห่างจากเรื่อง QED และเบนความสนใจไปที่อันตรกริยาระหว่างอิเล็กตรอนกับแสง แต่ไม่สนใจอันตรกริยานิวเคลียร์ ดังนั้น Dirac จึงแยกตัวห่างจากนักฟิสิกส์ทุกคน และไม่ได้สร้างผลงานที่สำคัญใด ๆ อีกเลย

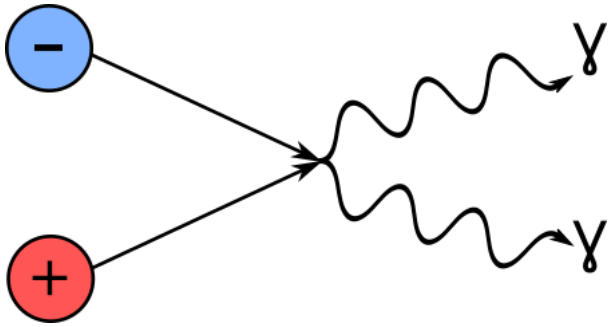
ในปี 1969 Dirac ได้ลาออกจากตำแหน่งศาสตราจารย์ Lucasian แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge และเดินทางไปรับตำแหน่งศาสตราจารย์เกียรติคุณที่มหาวิทยาลัย Florida State ที่เมือง Tallahassee ในรัฐ Florida สหรัฐอเมริกา เวลารับเชิญไปบรรยายในสถานที่ต่าง ๆ ทั่วโลก Dirac มักกล่าวถึง ความไม่งามของทฤษฎี QED และได้ตั้งความหวังว่าในอนาคต ทฤษฎีนี้จะถูกปรับเปลี่ยนให้กระชับและงาม แนวคิดนี้ได้ทำให้นักฟิสิกส์รุ่นใหม่ตระหนักว่า ยุคของ Dirac ได้ผ่านไปแล้ว

ในวันที่ 20 ตุลาคม ปี 1984 Dirac วัย 82 ปี ก็เสียชีวิตด้วยโรคหัวใจล้มเหลวที่เมือง Tallahassee ในอเมริกา

ในหนังสือ “The Strangest Man” ที่ Graham Farmelo เรียบเรียง มีการบรรยายว่า ตนได้รับแรงบันดาลใจในการเขียนประวัติของ Dirac จากการได้พบ Dirac ในสมัยที่ Farmelo ยังเป็นเด็กขายสลากกินแบ่ง และ Dirac ได้ซื้อสลากไปหนึ่งใบ ความชื่นชมนี้ได้ทำให้ Farmelo ซึ่งปัจจุบันเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Northwestern ตั้งชื่อลูกสาวของเขาว่า Paula (เลียนชื่อแรกของ Paul Dirac) ในยามว่าง Farmelo มักนำตำราชื่อ “The Principles of Quantum Mechanics” ที่ Dirac เขียนมาอ่าน และชื่อของหนังสืออัตชีวประวัติ Dirac ที่เขาเขียนนี้ Farmelo ได้มาจากคำรำพึงของ Niels Bohr ที่ได้กล่าวถึง Dirac ว่าเป็นคนประหลาดที่สุดที่ Bohr รู้จัก

ในส่วนของประเด็นการเป็นออทิสติกนั้น Farmelo ได้วิเคราะห์พบว่า Dirac เป็นคนไม่พูด (ถ้าไม่จำเป็น) ไม่มีอารมณ์อ่อนไหว อุปนิสัยค่อนข้างเย็นชา ไม่มีทักษะในการสื่อสาร เช่น หลังจากที่ได้พบสมการ Dirac เพียงเล็กน้อย เขาได้เขียนโปสการ์ดถึงมารดาว่า ไม่มีอะไรจะรายงาน บุคลิกเหล่านี้คงได้มาจากบิดา นอกจากนี้การสืบค้นประวัติ

ความเป็นมาของบรรพบุรุษของครอบครัวสกุลนี้ก็ได้พบว่า มี 6 คนที่ฆ่าตัวตายด้วยโรคซึมเศร้า



ปฏิกิริยาระหว่างอนุภาค electron (-) กับ positron (+) ให้รังสีแกมมา

ภาพจาก study.com

ถ้า Dirac เป็นออทิสติกจริง ความผิดปกติทางสมองของเขาก็สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องตรวจ positron emission tomography (PET) ซึ่งใช้ positron อันเป็นอนุภาคที่ Dirac ทำนายว่ามีในธรรมชาติ แต่โลกไม่ได้เก็บสมองของ Dirac ไว้ ดังนั้นเราจึงไม่มีทางรู้ว่า Dirac เป็นออทิสติกหรือไม่

แต่ถึงจะเป็นหรือไม่เป็น Dirac ก็เป็นนักฟิสิกส์ไอดอลคนหนึ่งของนักฟิสิกส์หลายคน

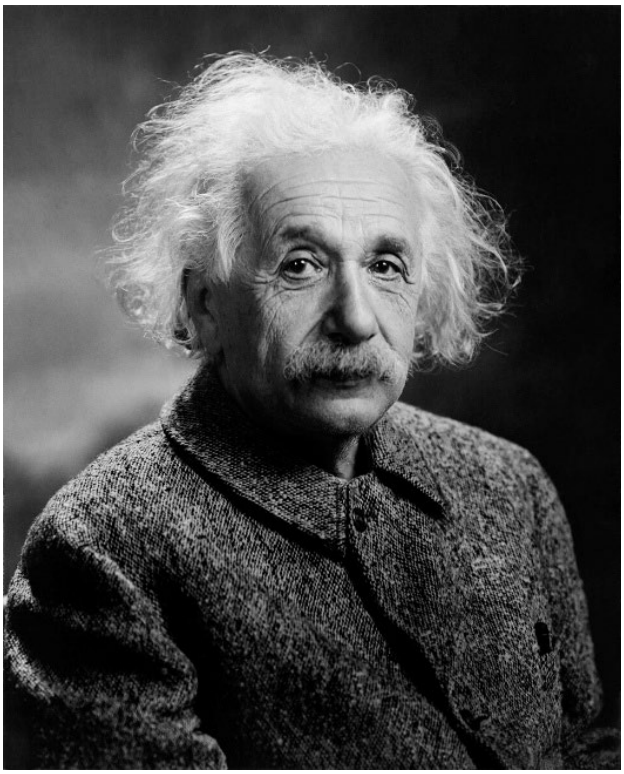
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “The Age of Wonder” โดย Richard Holmes จัดพิมพ์โดย Harper ในปี 2008

2. Berry, Michael (1 February 1998). "Paul Dirac: the purest soul in physics". Physics World. Retrieved 16 October 2023.

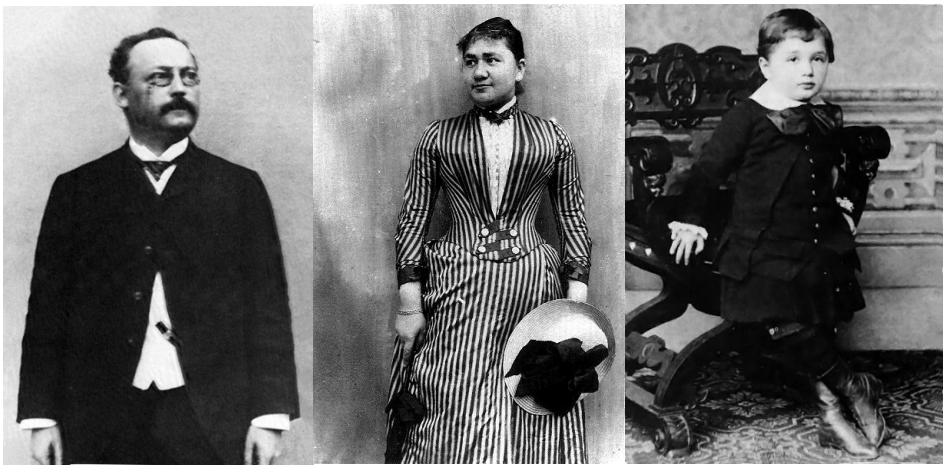
Albert Einstein (อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1921 จากการเสนอทฤษฎีปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก



Albert Einstein ภาพจาก วิกิพีเดีย

Albert Einstein เกิดเมื่อวันที่ 14 มีนาคม ปี 1879 ที่เมืองอูลม์ (Ulm) ในเยอรมนี ได้รับการศึกษาระดับประถมและมัธยมศึกษาที่เมืองมิวนิค (Munich) เมื่ออายุ 16 ปี ไอน์สไตน์ได้สอบเข้าเรียนวิศวกรรมไฟฟ้าที่โรงเรียนเทคนิคขั้นสูงแห่งเมืองซูริค (Zurich) ในสวิสเซอร์แลนด์ และต้องเข้าเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่โรงเรียนมัธยมแห่งเมืองอาเรา (Aarau) เพื่อเข้าศึกษาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ที่เมืองซูริคเพราะต้องการเรียนฟิสิกส์มาก

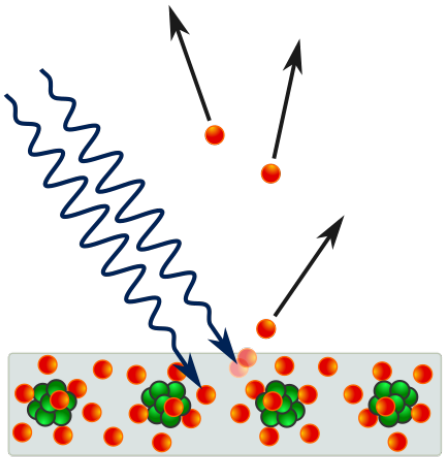


บิดา-มารดา และ Einstein เมื่ออายุ 3 ขวบ ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในที่สุดก็สามารถสอบเข้ามหาวิทยาลัยในฝันของตนได้สำเร็จและได้รับปริญญาตรี เมื่ออายุ 21 ปี จากนั้นได้ไปสมัครงานเป็นครูสอนฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ แต่งานสอนที่ได้เป็นงานชั่วคราว จึงต้องพยายามหางานใหม่ และในที่สุดก็ได้งานเป็นพนักงานจดสิทธิบัตรที่กรุงเบิร์น (Bern) ที่สวิตเซอร์แลนด์ ชีวิตของไอน์สไตน์ ในช่วงเวลา 7 ปีที่เบิร์น เป็นช่วงเวลาที่สำคัญมาก เพราะในปี 1905 ไอน์สไตน์ได้ตีพิมพ์งานวิจัย 3 เรื่อง ในวารสาร Annalen der Physik ซึ่งได้พลิกโฉมของฟิสิกส์อย่างสิ้นเชิง ทั้ง ๆ ที่ไอน์สไตน์ไม่มีเพื่อนให้คำปรึกษาและไม่มีวารสารวิชาการที่ทันสมัยให้อ่านเลย

ไอน์สไตน์สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิตด้วยวิทยาการหาขนาดของโมเลกุลในปี 1905

งานวิจัยชิ้นแรกของไอน์สไตน์ เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคเล็ก ๆ ที่ลอยในของเหลว ซึ่งไอน์สไตน์ได้พบว่าการที่อนุภาคเหล่านี้เคลื่อนที่ตลอดเวลานั้น เพราะถูกโมเลกุลของของเหลวพุ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงแสดงให้โลกเห็นเป็นครั้งแรกว่า เราสามารถ “เห็น” โมเลกุลได้ อีกทั้งยังสามารถวัดขนาดมันก็ได้ด้วย



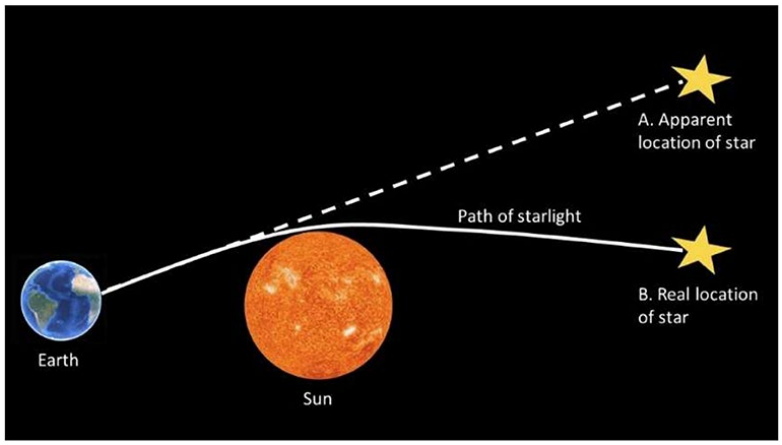
ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ที่โลหะเวลาได้รับแสงจะมีการปลดปล่อยอิเล็กตรอน

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในงานวิจัยชิ้นที่สอง ไอน์สไตน์ได้แสดงให้โลกเห็นว่า เมื่อแสงพุ่งกระทบสสาร มันจะแสดงพฤติกรรมเสมือนว่าเป็นอนุภาคก้อนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า ควอนตัม (quantum) คำอธิบายของไอน์สไตน์เช่นนี้ จึงขัดกับความรู้ของคนในยุคนั้นมาก เพราะนักฟิสิกส์ทุกคนในเวลานั้นต่างก็เชื่อว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ทฤษฎีที่ว่าแสงมีพฤติกรรมเป็นคลื่นไม่สามารถอธิบายการทดลองที่ให้แสงกระทบโลหะ แล้วมีกระแสอิเล็กตรอนพุ่งออกมาได้เลย ในขณะที่ทฤษฎีของไอน์สไตน์สามารถอธิบายผลการทดลองนี้ได้หมด ทฤษฎีของไอน์สไตน์จึงเป็นที่ยอมรับ และจากผลงานชิ้นนี้ หรือที่เรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (photoelectric effect) จึงทำให้ไอน์สไตน์ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1921

ส่วนงานวิจัยชิ้นที่สามซึ่งเป็นทฤษฎีที่ทำให้ไอน์สไตน์เป็นที่รู้จักดีที่สุดนั้น คือ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ในทฤษฎีนี้ไอน์สไตน์ได้ล้มล้างความคิดเดิม ๆ ที่เกี่ยวกับเวลา ตำแหน่ง น้ำหนัก พลังงาน ฯลฯ ว่ามีค่าคงตัว โดยได้พบว่า ปริมาณต่าง ๆ ขึ้นกับความเร็วของผู้สังเกต เช่น นาฬิกาของคนที่ยืนอยู่นิ่งกับคนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว

สม่ำเสมอ จะเดินด้วยอัตราเร็วต่างกัน หรือถ้าจรวด X มีความเร็ว 100,000 กิโลเมตร/วินาที และจรวด Y มีความเร็ว 180,000 กิโลเมตร/วินาที และกำหนดให้จรวดทั้งสองพุ่งไปในทิศเดียวกัน กลศาสตร์ของนิวตันก็จะระบุว่า มนุษย์อวกาศในจรวด X จะเห็นจรวด Y เคลื่อนที่หนี X ด้วยความเร็ว 100,000 กิโลเมตร/วินาที มิใช่ 80,000 กิโลเมตร/วินาที และเมื่อสูตรไอน์สไตน์ได้รับการทดสอบและพบว่าถูกต้องทุกสูตร โลกจึงน้อมรับในความฉลาดปราดเปรื่องระดับสุดยอดของไอน์สไตน์ในที่สุด



การเบนโค้งของแสง จากดาวฤกษ์ที่แสดงความถูกต้องของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์

ภาพจาก https://kids.frontiersin.org

ในปี 1909 ไอน์สไตน์ได้รับการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยซูริก เขาจึงลาออกจากการเป็นพนักงานจดสิทธิบัตรที่กรุงเบิร์น อีกสองปีต่อมา ก็ได้ย้ายไปทำงานที่มหาวิทยาลัยคาร์ล-เฟอร์ดินานด์ (Karl-Ferdinand) ในกรุงปราก (Prague) และในปี 1911 ไอน์สไตน์ได้คำนวณพบว่าแสงจากดาวฤกษ์ที่ผ่านใกล้ขอบของดวงอาทิตย์จะเดินทางไม่เป็นเส้นตรง แต่จะถูกสนามโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ดึงดูด ทำให้แสงพุ่งโค้งลงเล็กน้อย ไอน์สไตน์ได้เสนอแนะว่า น่าจะมีใครตรวจสอบความถูกต้องของคำพยากรณ์นี้ขณะเกิดสุริยุปราคา

ในปี 1912 ไอน์สไตน์ได้ทุ่มเทความพยายามศึกษาเหตุการณ์ ขณะผู้สังเกตเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ คือ มีความเร่งและพบว่าในการสร้างทฤษฎีใหม่นี้ เขาต้องอาศัยคณิตศาสตร์ขั้นสูงและแคลคูลัสของเทนเสอร์ จึงได้ตั้งชื่อทฤษฎีใหม่ว่าทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป และเมื่อทฤษฎีนี้ปรากฏใหม่ ๆ ก็มีเสียงร่ำลือ มีคนเพียงคน 3 คนในโลกเท่านั้น ที่อ่านทฤษฎีใหม่นี้รู้เรื่อง แต่เมื่อเวลาผ่านไป นักฟิสิกส์ต่างก็ยอมรับว่าทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์เป็นทฤษฎีที่สวยงามที่สุด เพราะได้รับการสร้างขึ้นจากสมมติฐานง่าย ๆ แต่สามารถอธิบายและทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้มากมหาศาล เช่น อธิบายได้ว่าเอกภพถือกำเนิดจากระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ (Big Bang) เอกภพกำลังขยายตัวตลอดเวลา ดาว pulsar ถือกำเนิดได้อย่างไร และธรรมชาติของหลุมดำเป็นอย่างไร ส่วนคำทำนายที่ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นโค้งขณะผ่านใกล้ขอบดวงอาทิตย์ก็ได้รับการตรวจวัดว่าถูกต้องเช่นกัน โดยอาร์เธอร์ เอ็ดดิงตัน (Arthur Eddington) เมื่อปี 1919 และทันทีที่รู้ว่าคำทำนายของไอน์สไตน์ถูกต้อง หนังสือพิมพ์ทั่วโลกก็ลงข่าวหน้าหนึ่งว่าไอน์สไตน์ คือ อัจฉริยะคนใหม่ของโลก ผู้ล้มล้างทฤษฎีของนิวตันที่ได้รับการยอมรับมานานเกือบ 250 ปี

ไอน์สไตน์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 1921 จากผลงานทฤษฎีควอนตัมของแสง มิใช่จากผลงานทฤษฎีสัมพัทธภาพ เพราะคณะกรรมการรางวัลโนเบลมีความเห็นว่า ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษเป็นเพียงทฤษฎีในจินตนาการของศาสตราจารย์สติเฟื่อง จึงไม่น่าจะมีความสำคัญใด ๆ และเมื่อถึงวันแจกรางวัลโนเบลไอน์สไตน์ก็ไม่ได้ไปรับด้วยตนเอง เพราะต้องเดินทางไปเยือนญี่ปุ่น

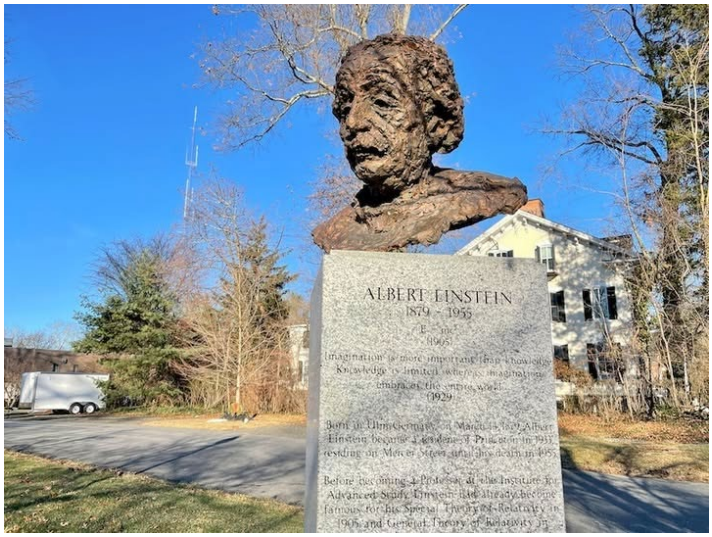
เมื่อไอน์สไตน์เป็นคนที่มีชื่อเสียงมาก จึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่จะได้รับเชิญให้ไปเยือนประเทศต่าง ๆ มากมาย เช่น มหาวิทยาลัยพรินซตัน (Princeton) ในอเมริกาได้เสนอให้ไอน์สไตน์มาทำงานเป็นศาสตราจารย์ประจำที่สถาบัน โดยให้ทำงานที่เบอร์ลิน 7 เดือน

และอยู่ที่พรินซตัน 5 เดือน ไอน์สไตน์ตัดสินใจรับข้อเสนอ และได้ดินทางจากเยอรมนีในเดือนธันวาคม ปี 1930 ไปอเมริกา ครั้นเมื่อกองทัพนาซียึดครองเยอรมัน ไอน์สไตน์ ซึ่งมีเชื้อชาติยิว จึงตัดสินใจทิ้งเยอรมนีไปอย่างถาวร และได้โอนสัญชาติเป็นคนอเมริกันอย่างสมบูรณ์ในอีก 8 ปีต่อมา

ขณะทำงานที่พรินซตัน ไอน์สไตน์ได้พยายามสังเคราะห์ทฤษฎีทางกลศาสตร์และทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าเป็นทฤษฎีหนึ่งเดียว แต่ไม่ประสบความสำเร็จ

ในด้านชีวิตส่วนตัว ไอน์สไตน์เป็นคนมีอารมณ์ขัน รักเด็ก มีนิสัยถ่อมตัว และชอบพักผ่อนโดยการแล่นเรือใบ และเล่นไวโอลิน ไม่ชอบการปกครองแบบเผด็จการของซี เป็นคนที่มีความรู้สึกชาตินิยมสูง ดังนั้นเมื่อประธานาธิบดีคนแรกของอิสราเอลถึงแก่กรรมเมื่อปี 1952 รัฐบาลอิสราเอลได้เสนอให้ไอน์สไตน์ดำรงตำแหน่งประธานาธิบดีคนต่อไป แต่ไอน์สไตน์ปฏิเสธคำเชิญ เพราะไม่ชอบการเมือง ด้านชีวิตสมรสก็ไม่ราบรื่น เพราะผ่านการสมรสถึงสองครั้งและมีบุตรสองคน โดยลูกคนหนึ่งเป็นโรคจิตเภท และอีกคนหนึ่งเป็นศาสตราจารย์วิศวกรรมศาสตร์โยธา

เมื่อไอน์สไตน์อายุ 70 ปี สุขภาพเริ่มทรุดโทรม จึงเริ่มเขียนพินัยกรรมโดยมอบเอกสารวิจัยทุกชิ้นที่เขียนให้แก่มหาวิทยาลัยฮิบรู (Hebrew) ในอิสราเอล อีกหนึ่งสัปดาห์ก่อนที่จะเสียชีวิต ไอน์สไตน์ได้เขียนจดหมายฉบับหนึ่งร่วมกับเบอร์ทรันด์ รัสเซลล์ (Bertrand Russell) แห่งอังกฤษ เพื่อขอให้ประเทศที่มีอาวุธนิวเคลียร์ในครอบครอง สัญญาว่าจะไม่ใช้อาวุธนิวเคลียร์ในการตัดสินความขัดแย้งใด ๆ



อนุสาวรีย์ของไอน์สไตน์มหาวิทยาลัย Princeton ในสหรัฐอเมริกา

ภาพจาก Facebook: Albert Einstein

ไอน์สไตน์สิ้นใจเมื่อเวลา 4 โมงเย็น ของวันที่ 18 เมษายน ปี 1955 ที่โรงพยาบาลในเมืองเทรนดัน (Trenton) รัฐนิวเจอร์ซีย์ (New Jersey) ศพถูกนำไปฌาปนกิจในวันนั้นเอง โดยศัลยแพทย์ได้ผ่ากะโหลก เพื่อเก็บสมองของไอน์สไตน์ไว้ ศึกษาหาสาเหตุของความเป็นอัจฉริยะ และส่วนเถ้าอังคารนั้นไม่มีใครรู้ว่าจนบัดนี้ญาติ ๆ ได้นำไปฝัง ณ ที่ใด

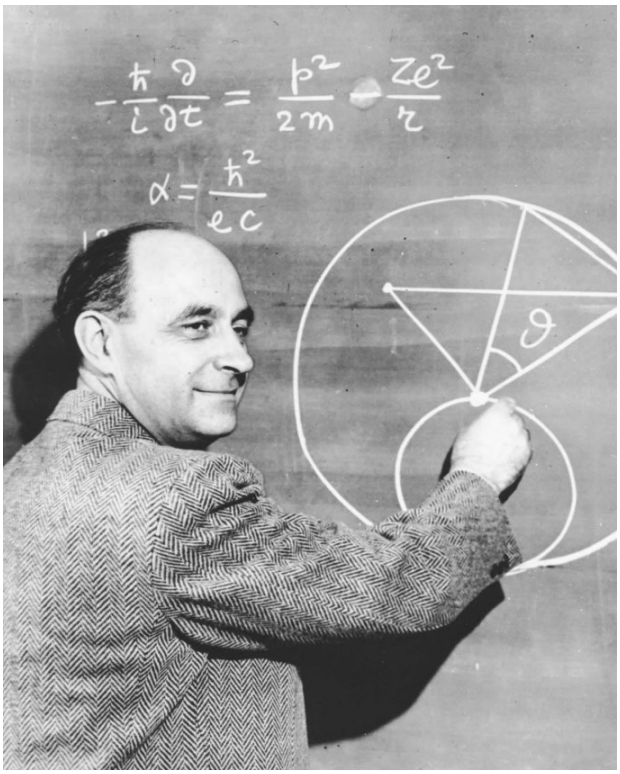
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Einstein Papers Project". California Institute of Technology. Archived from the original on 5 November 2022. Retrieved 5 November 2022.

2. Halpern, Paul (2019). "Albert Einstein, celebrity scientist". Physics Today. 72 (4): 38–45. Bibcode:2019PhT....72d..38H. doi:10.1063/PT.3.4183. S2CID 187603798. Archived from the original on 14 April 2021. Retrieved 21 February 2021.

Enrico Fermi (เอนรีโก เฟอร์มี)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1938 จากผลงานทฤษฎีการสลายตัวแบบบีตาของนิวเคลียสกัมมันตรังสี



Enrico Fermi ขณะสอนฟิสิกส์

ภาพจาก National Archives, Washington, D.C.

Edward Teller (1908-2003) ซึ่งเป็นบิดาผู้ให้กำเนิดระเบิดไฮโดรเจนของสหรัฐ ได้เคยให้สัมภาษณ์แก่ผู้สื่อข่าวว่า ในบรรดานักฟิสิกส์ที่ร่วมกันในโครงการ Manhattan เพื่อสร้างระเบิดปรมาณู ที่ใช้ยุติสงครามโลกครั้งที่สอง Enrico Fermi เป็นบุคคลเดียวเท่านั้นที่เขายกย่องมากที่สุด เพราะเป็นคนมีความฉลาดเฉลียวในทางทฤษฎี และเก่งด้านการทดลองระดับอัจฉริยะ ซึ่งถ้าคิดจะเปรียบเทียบระหว่างบรรดานักฟิสิกส์ชาวอิตาเลียนด้วยกัน Fermi จะเป็นรองก็แต่ Galileo Galilei (1564-1642) เท่านั้น หรือถ้าเปรียบให้นักฟิสิกส์เป็นคริสต์ศาสนิกชน Fermi ก็จะเสมือนองค์สันตะปาปา แห่งกรุงวาติกัน

Enrico Fermi (1901-1954) เกิดเมื่อวันที่ 29 กันยายน ปี 1901 ที่กรุงโรม ประเทศอิตาลี ในครอบครัวที่ยากจน เพราะบิดาเป็นเจ้าหน้าที่กรมรถไฟ แต่ Fermi เรียนหนังสือเก่งมากตั้งแต่เด็ก เพราะสามารถจับใจความสำคัญ และเข้าใจเนื้อหาตลอดจนมีวิธีคิดและวิธีแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว อย่างที่ไม่มีใครสามารถทำได้เหมือน เมื่ออายุ 17 ปี Enrico Fermi ได้ไปเรียนฟิสิกส์ที่ Reale Scuola Normale ในเมือง Pisa และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก เมื่ออายุ 21 ปี ด้วยการเขียนบทความวิเคราะห์ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป จนได้รับคำชื่นชมจากนักคณิตศาสตร์ชื่อดัง คือ Tullio Levi-Civita (1873-1941)

จากนั้นก็ได้ทุนไปวิจัยฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Göttingen ในเยอรมนี เพราะที่นั่นคือ นครเม็กกะ ในการวิจัยฟิสิกส์ควอนตัมของโลก เพราะมี Max Born (1882-1970), Werner Heisenberg (1901-1976) และ Wolfgang Pauli (1900–1958) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1954 , 1932 และ 1945 ตามลำดับ) เป็นนักวิจัยประจำมหาวิทยาลัย Göttingen

ในระยะแรกของการทำงาน Fermi ชอบตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารอิตาเลียน เพื่อให้คนในประเทศได้รู้จักตน แต่การทำเช่นนั้นไม่เปิดโอกาสให้ตนได้มีโอกาสไปทำงานในต่างประเทศ ดังนั้นจึงเปลี่ยนไปเขียนบทความลงเผยแพร่ในวารสารภาษาอังกฤษแทน และหวังว่านักฟิสิกส์อังกฤษหรืออเมริกันจะเชื้อเชิญตนไปทำงานในต่างประเทศบ้าง

ในปี 1926 Fermi ได้พบสถิติรูปแบบใหม่ที่ต้องใช้ในอธิบายสมบัติกายภาพของอิเล็กตรอน ซึ่งต้องเป็นไปตามหลักการห้ามซ้อนกันของ Pauli สถิตินี้ มีชื่อเรียกว่าสถิติแบบ Fermi-Dirac (เพราะได้พบโดย Paul Dirac (1902-1984) ในเวลาไล่เลี่ยกัน) และใช้กับอนุภาคควอนตัม ที่มี spin เท่ากับ 1/2 , 3/2 , 5/2 ... ซึ่งมีชื่อเรียกอนุภาค

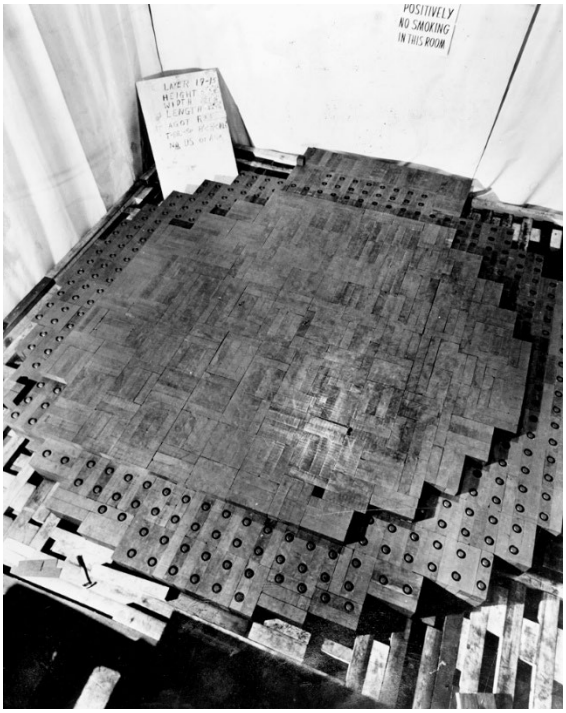
fermion (ตามชื่อของ Fermi) ผลงานนี้ทำให้ได้รับการแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย Rome ตั้งแต่มีอายุได้เพียง 26 ปีเท่านั้นเอง จึงนับเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มีอายุน้อยที่สุดในอิตาลีในเวลานั้น

ครั้นเมื่อ Fermi ศึกษานิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี เวลาปล่อยรังสีบีตาออกมา เพราะรังสีนี้เกิดจากเหตุการณ์ ที่นิวตรอนได้เปลี่ยนไปเป็นโปรตอน อิเล็กตรอน และอนุภาคแอนตินิวทริโนชนิดอิเล็กตรอน โดยใช้อันตรกิริยาแบบนิวเคลียร์อย่างอ่อน (weak nuclear interaction) Fermi จึงเสนอทฤษฎีการให้กำเนิดรังสีบีตา และผลงานนี้ก็ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1938

แต่ความสำเร็จนี้มิได้ทำให้ Fermi มีความสุขมาก เพราะ ณ เวลานั้น ผู้นำ Adolf Hitler (1889-1945) แห่งเยอรมนี กับ Benito Mussolini (1883–1945) แห่งอิตาลี กำลังเรืองอำนาจ และจอมเผด็จการทั้งสองมีนโยบาย จะกำจัดชาวยิวให้สิ้นโลก Laura Fermi ซึ่งเป็นภรรยาของ Fermi และมีเชื้อชาติยิว จึงตกเป็นเป้าสังหารโดยทหารนาซีในทันที เมื่อรู้ว่าชีวิตของภรรยาตนไม่ปลอดภัย Fermi จึงตัดสินใจอพยพลี้ภัยไปอเมริกาโดยฉวยโอกาสไป หลังจากที่ได้เดินทางไปรับรางวัลโนเบลที่สวีเดน แล้วไม่หวนกลับไปอิตาลีอีก แต่จะเลยไปอเมริกา เพื่อไปทำงานเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Columbia ใน New York

ในปี 1938 เมื่อ Otto Hahn (1879-1968) กับ Fritz Strassmann (1902–1980) ได้พบปรากฏการณ์ “fission” ซึ่งจะเกิดเวลานิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ได้รับอนุภาคนิวตรอนที่มีความเร็วต่ำเข้าไป แล้วแบ่งแยกตัวเองออกเป็นนิวเคลียสธาตุใหม่ barium กับ krypton สองนิวเคลียส พร้อมอนุภาคนิวตรอนอีก 2 ถึง 3 อนุภาค เหตุการณ์นี้ทำให้ทุกคนรู้ว่า นี่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่จะนำไปสู่การสร้างระเบิดปรมาณูได้

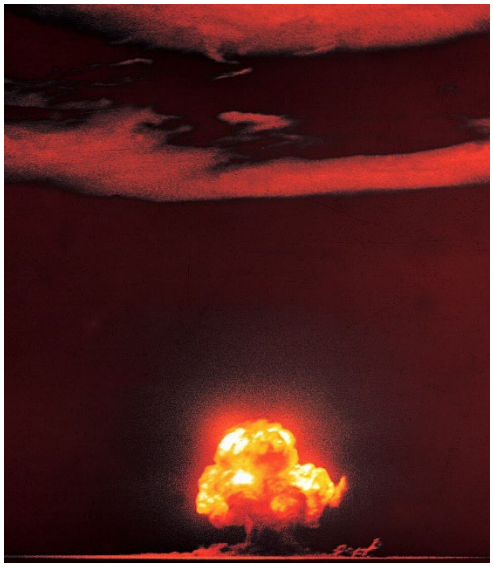
เพราะจะมีปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดขึ้น โดยใช้ยูเรเนียม-235 ที่มีมวลเหมาะสม ซึ่งเรียกว่ามวลวิกฤต (critical mass)



การสร้างเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์เตาแรกของโลก เมื่อปี 1942 ที่มหาวิทยาลัย Chicago

ภาพจาก University of Chicago Library

Fermi ได้รับมอบให้ทำงานวิจัยเรื่องมวลวิกฤตจาก Robert Oppenheimer (1904-1967) เพราะตนเป็นคนพิเศษที่มีความสามารถสูงทั้งทางทฤษฎีและทางการทดลอง (พูดง่าย ๆ คือ เก่งรอบด้าน) Oppenheimer จึงได้จัดตั้งหน่วยวิจัยที่มีชื่อว่า F. division (F. มาจากชื่อ Fermi) และในที่สุด Fermi ก็ได้ออกแบบสร้างเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเตาแรกของโลกที่สามารถเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์ไปเป็นพลังงานความร้อนโดยกระบวนการ fission ได้ และเตาปฏิกรณ์เตาแรกของโลก ได้เริ่มทำงานเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม ปี 1942 วันนั้นจึงเป็นวันสำคัญวันหนึ่งในประวัติศาสตร์ของมนุษย์ เพราะเป็นวันที่นักฟิสิกส์ได้แสดงว่าโลกได้ก้าวเข้าสู่ยุคปรมาณูแล้ว จากนั้นอีก 3 ปี สหรัฐอเมริกาก็มีระเบิดปรมาณูใช้



การทดลองระเบิดปรมาณูครั้งแรก ชื่อ Trinity ที่รัฐ New Mexico ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 ยุติ Fermi ได้กลับไปเป็นอาจารย์สอนต่อที่ Enrico Fermi Institute แห่งมหาวิทยาลัย Chicago และได้ฝึกฝนนักฟิสิกส์ จนได้รับรางวัลโนเบลหลายคน เช่น

Tsung-Dao Lee (1926-2024) และ Chen Ning Yang (1922–2025) ปี 1957 ซึ่งได้เสนอทฤษฎีที่แถลงว่า ในอันตรกิริยานิวเคลียร์อย่างอ่อน กฎการอนุรักษ์ parity (ซ้าย-ขวา) จะไม่เป็นจริง

Emilio Segrè (1905–1989) กับ Owen Chamberlain (1920-2006) ปี 1959 จากการพบอนุภาค antiproton

James Cronin (1931–2016) ปี 1980 จากการได้พบเป็นคนแรกว่า ในธรรมชาติมีสสารมากกว่าปฏิสสาร ซึ่งเรียกเหตุการณ์นี้ว่า charge-parity violation

Jack Steinberger (1921–2020) ปี 1988 จากการพบอนุภาค neutrino ชนิด muon (muon neutrino) ซึ่งเป็น 1 ใน 3 ของอนุภาค neutrino ทั้งหมดที่มีในธรรมชาติ (อีก 2 ชนิด คือ electron neutrino กับ tau neutrino)

และ Jerome Friedman (1930-ปัจจุบัน) ปี 1990 จากการพบอนุภาค quark ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ proton, neutron และ meson

เมื่ออายุ 53 ปี Fermi ได้ทราบว่า ตนกำลังป่วยเป็นมะเร็งกระเพาะอาหารขั้นสุดท้าย และเสียชีวิตเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน ปี 1954 สิริอายุ 53 ปี

แม้จะจากไปนานร่วม 70 ปีแล้วก็ตาม แต่นักฟิสิกส์ทุกคนก็ยังตระหนักในความยิ่งใหญ่และสำคัญของผลงานที่ Fermi ได้สร้างไว้ เช่น ได้รู้ว่า fermium เป็นชื่อของธาตุที่ 100 ซึ่งมีสัญลักษณ์เป็น Fm ความยาว fermi เป็นหน่วยวัดระยะทาง 10^(-15) เมตร กล้องโทรทรรศน์อวกาศ Fermi ที่ใช้รับรังสีแกมมาจากดาวฤกษ์ และกาแล็กซี อีกทั้งยังรู้จัก Fermi gas , Fermi energy , Fermi momentum , Fermi surface , Fermi coupling , Fermi transition , Fermi temperature รวมถึงรู้จักห้องปฏิบัติการ Fermi ที่เมือง Batavia ใกล้นคร Chicago และคนธรรมดาทั่วไปก็อาจจะรู้จักปัญหา Fermi (Fermi problem) กับ Fermi solution

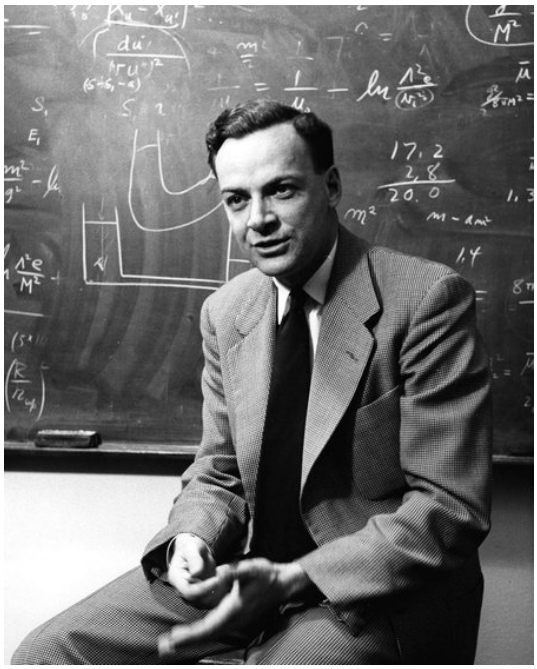
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Sullivan, Neil J. (2016). The Prometheus Bomb: The Manhattan Project and Government in the Dark. Lincoln: University of Nebraska Press. ISBN 978-1-61234-890-2. Archived from the original on 1 December 2021. Retrieved 4 December 2021

2. Liu, Shuo; Gao, Chao; Xu, Chang (2021). "Investigation of bound state β– decay half-lives of bare atoms". Physical Review C. 104 (2) 024304. Bibcode:2021PhRvC.104b4304L. doi:10.1103/PhysRevC.104.024304.

Richard Feynman (ริชาร์ด ไฟน์แมน)

1/3 รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965 จากการพัฒนาทฤษฎี QED



Richard Feynman ภาพจาก Caltech Archives

Richard Phillips Feynman คือ นักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน ผู้มีชื่อเสียงโด่งดังในฐานะผู้ให้กำเนิดวิชากลศาสตร์ควอนตัมรูปแบบที่ใช้วิธีปริพันธ์เชิงเส้น (path integration) ในการคำนวณและสร้างทฤษฎีพลวัตไฟฟ้าเชิงควอนตัม (quantum electrodynamics QED) ซึ่งผลงานทั้งสองนี้ทำให้ Feynman ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 2508 ร่วมกับ Julian Schwinger และ Sin Itiro Tomonaga

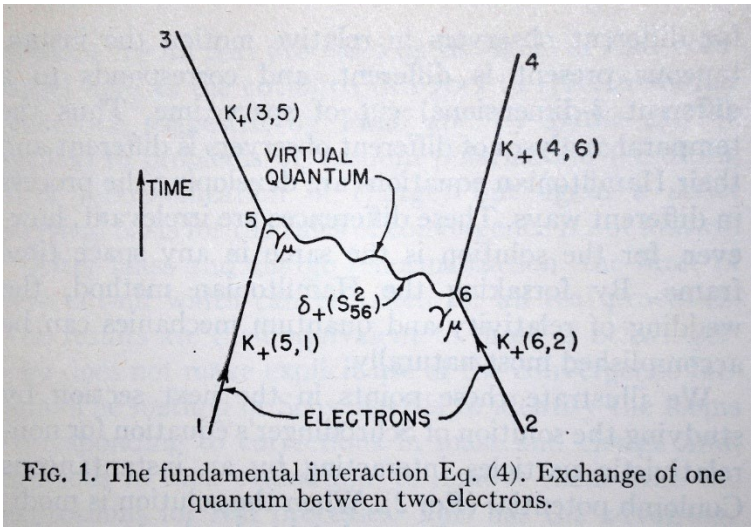


FIG. 1. The fundamental interaction Eq. (4). Exchange of one quantum between two electrons.

แผนภาพ Feynman ที่ใช้แสดงอันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างอิเล็กตรอน 2 อนุภาค

ภาพจาก https://galileo-unbound.blog

ในช่วงเวลาที่ยังมีชีวิตอยู่ Feynman เป็นนักฟิสิกส์ที่โลกที่รู้จักมากที่สุดว่า นอกจากจะมีความรู้ฟิสิกส์ที่เยี่ยมยอดแล้ว ยังมีบทบาทในโครงการ Manhattan ที่สร้างระเบิดปรมาณูเพื่อยุติสงครามโลกครั้งที่สอง อีกทั้งเป็นผู้ไขปริศนาการระเบิดของกระสวยอาวกาศ Challenger และเป็นผู้ให้กำเนิดความคิดเรื่องเทคโนโลยีนาโนกับคอมพิวเตอร์ควอนตัมด้วย ส่วนนักฟิสิกส์นั้นก็รู้จักแผนภาพ Feynman (Feynman diagram) ที่ช่วยให้เห็น เข้าใจ และคำนวณเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดในปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคมูลฐานได้ นอกเหนือจากความสามารถด้านฟิสิกส์แล้ว Feynman ยังสนใจเผยแพร่ความรู้ฟิสิกส์สู่สังคมด้วย โดยได้เรียบเรียงหนังสือหลายเล่ม เช่น “What do you care, what other people think?” และ Surely, You’re Joking, Mr. Feynman! เป็นต้น ซึ่งหนังสือเหล่านี้ ติดอันดับเป็นหนังสือขายดีที่สุดในอเมริกา

Richard Feynman เกิดที่เมือง Far Rockaway รัฐ New York ในสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2461 บรรพบุรุษของตระกูล เคยตั้งรกรากอยู่ในรัสเซียและโปแลนด์ บิดามารดาของ Feynman มีเชื้อชาติยิว ในวัยเด็ก Feynman เป็นคนพูดน้อยจนกระทั่งอายุ 3 ขวบ จึงเริ่มจ้อ และเริ่มเปลี่ยนบุคลิกภาพโดยมีบิดาเป็นคนกระตุ้น

ให้คิดและให้ซักถาม ส่วนมารดาเป็นคนมีอารมณ์ดี เมื่อโตขึ้น Feynman จึงเป็นฟิสิกส์ที่คิดลึกและมีอารมณ์ร่าเริง

Feynman ได้เข้าเรียนระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียน Far Rockaway High School และเรียนได้คะแนนดีแต่ไม่เด่น ถึงคะแนนไอคิว ของ Feynman ที่ครูวัดจะสูงถึง 125 แต่ Feynman ก็ไม่ศรัทธาในการทดสอบและวัดเชาว์ปัญญาด้วยวิธีนี้ เมื่ออายุ 15 ปี Feynman ก็รอบรู้เรื่องแคลคูลัสจนหมดสิ้นและได้พยายามสร้างแคลคูลัสรูปแบบใหม่ที่เป็นของตนเอง

เมื่อจบการศึกษาจากโรงเรียน Far Rockaway หนุ่ม Feynman ได้สมัครเข้าเรียนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Columbia แต่ถูกปฏิเสธ จึงไปเรียนต่อที่ Massachusetts Institute of Technology (MIT) และสำเร็จปริญญาตรีเมื่ออายุ 21 ปี ในขณะที่เป็นนิสิตปริญญาตรีปีที่สองFeynman ได้เข้าเรียนฟิสิกส์ทฤษฎีระดับปริญญาโทและเอกด้วยจาก MIT เขาได้สมัครเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Princeton และได้เข้าเรียนเมื่อทำคะแนนวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์เต็มทั้งสองวิชา

ขณะเป็นนิสิตปริญญาเอกที่ Princeton ในการให้สัมมนาครั้งแรกของ Feynman บุคคลที่เข้าฟังได้แก่ Albert Einstein , Wolfgang Pauli และ John von Neumann ในที่สุด Feynman เรียนสำเร็จปริญญาดุษฎีบัณฑิต เมื่ออายุ 24 ปี โดยมี John Archibald Wheeler เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “The Principle of Least Action in Quantum Mechanics”

ในช่วงเวลาที่เรียนปริญญาเอก Feynman ได้รับเชิญให้เข้าร่วมทำงานในโครงการ Manhattan ที่ Los Alamos เพื่อสร้างระเบิดปรมาณูและทำงานในกลุ่มทฤษฎี ซึ่งอยู่ภายใต้การนำของ Hans Bethe คนทั้งสองสนใจการคำนวณหาผลที่เกิดจากการแยกตัว

เองของนิวเคลียส uranium เมื่อได้รับอนุภาคนิวตรอนในปฏิกิริยา fission จนในที่สุด ก็ได้สูตร Bethe – Feynman ที่ใช้ในการวิเคราะห์เรื่องนี้ เมื่อมีการทดสอบระเบิดปรมาณูลูกแรกที่รัฐ New Mexico Feynman เป็นบุคคลหนึ่งที่ได้เห็นการระเบิดครั้งนี้ด้วยตา

การที่ Feynman ตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ Manhattan เพราะเกรงว่าฝ่ายนาซีจะสร้างระเบิดปรมาณูได้ก่อนฝ่ายสัมพันธมิตร ซึ่งจะทำให้โลกเป็นอันตราย แต่ในขณะเดียวกัน ก็รู้สึกไม่สบายใจมาก ที่ตระหนักว่า ระเบิดมหาประลัยนี้สามารถฆ่าคนได้นับแสนในพริบตา ขณะทำงานที่ Los Alamos เพราะงานที่ทำเป็นเรื่องลับสุดยอด ดังนั้น Feynman จึงต้องใช้ชีวิตอย่างโดดเดี่ยว และระมัดระวัง ถึงกระนั้นก็ได้สนทนาวิชาการกับนักฟิสิกส์อื่นๆ ที่มีชื่อเสียงเช่น Niels Bohr เพราะคนทั่วไปมักเกรงใจ Bohr ดังนั้น จึงไม่กล้าแสดงความคิดเห็นที่ขัดแย้งกับ Bohr แต่ Feynman ไม่เกรงใจ ดังนั้นเวลาเห็นข้อบกพร่องในการอธิบายของBohr เขาก็จะแสดงออกทันที ซึ่งทำให้ Bohr พอใจมาก Bohr จึงชอบสนทนาฟิสิกส์กับ Feynman บ่อย

เมื่อสำเร็จปริญญาเอก Feynman ได้งานทำเป็นช่วยศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย Wisconsin ที่ Madison และได้แวะไปปฏิบัติงานเป็นช่วง ๆ ที่ Los Alamos เมื่อสิ้นสุดสงครามโลก Feynman ไม่ได้หวนกลับไปทำงานที่ Wisconsin อีกเลย เพราะต้องการไปทำงานร่วมกับ Bethe ที่มหาวิทยาลัย Cornell อีกนาน 5 ปี จึงย้ายไปรับงานใหม่ที่ California Institute of Technology เพราะชอบสอนนิสิตมาก และชอบอากาศที่ไม่ร้อนจัด หรือหนาวจัด ของ California และนี่ก็คือเหตุผลที่Feynman ปฏิเสธการรับตำแหน่งศาสตราจารย์ที่ Institute for Advanced Study ที่ Princeton ถึงที่นั่นจะมี Albert Einstein, John von Neumann และ Kurt Gödel ทำงานประจำก็ตาม ทั้งนี้เพราะสถาบันที่ Princeton ไม่มีการเรียนการสอนนิสิตนั่นเอง

Feynman (ขวา) ขณะรับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965 จากพระหัตถ์ของกษัตริย์ Gustav VI Adolf of Sweden (ซ้าย) แห่งสวีเดน ภาพจาก Facebook: The Secrets Of The Universe

เวลาสอนหนังสือตามปกติ Feynman จะอธิบายเรื่องต่าง ๆ อย่างระมัดระวังและตั้งใจเพราะยึดหลักการว่าต้องรับผิดชอบอย่างเต็มที่ให้นิสิตเข้าใจ และถ้านิสิตปีหนึ่งไม่เข้าใจ นั่นก็หมายความว่า เรื่องที่กำลังสอนนั้นไม่มีใครเข้าใจเลย ตามปกติ Feynman ไม่ชอบให้นิสิตท่องจำ แต่ชอบให้นิสิตตอบด้วยคำตอบที่ชัดเจน มิฉะนั้นจะถูกติติง ในช่วงเวลาที่เป็นอาจารย์ที่ Caltech นั้น Feynman ทำงานวิจัยฟิสิกส์ 3 ชิ้นที่สำคัญ คือ

1.สร้างทฤษฎี QED (quantum electrodynamics) ที่ทำให้ Feynman ได้รับรางวัลโนเบล โดยใช้เทคนิค functional integration ซึ่งเน้นว่าในการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง อนุภาคจะใช้เส้นทางการเปลี่ยนแปลงจำนวนมากนับอนันต์ โดยแต่ละเส้นทาง มีโอกาสความเป็นไปได้ต่าง ๆ กัน กระนั้นผลรวมของโอกาสทั้งหมดก็ยังเป็น 100 %

2.ทฤษฎีฟิสิกส์ของไหลยวดยิ่ง (superfluid) ซึ่งได้แก่ ฮีเลียม4 ที่เวลาอุณหภูมิลดต่ำกกว่าอุณหภูมิวิกฤต จะไหลอย่างปราศจากแรงหนืดใด ๆ โดย Feynman ได้แสดงให้

เห็นว่า ฮีเลียม คือ ของไหลควอนตัมที่มีขนาดมโหฬารจนสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งแตกต่างจากระบบควอนตัมอื่น ๆ ที่มีขนาดเล็กระดับอะตอมจนตาเปล่ามองไม่เห็น

3.ทฤษฎีการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากอันตรกริยาแบบอ่อน ซึ่งใช้ทั้ง vector current และ axial current ในการคำนวณ ทฤษฎีนี้จึงอธิบายการสลายตัวของ neutron เป็น electron, proton และ anti – neutrino ได้ รวมถึงอธิบายปรากฏการณ์ parity violation ก็ได้ด้วย

นอกจากนั้น Feynman ยังได้คิดแผนภาพ Feynman ซึ่งเป็นแผนภาพที่นักฟิสิกส์ใช้คำนวณและช่วยให้เห็นเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เวลาอนุภาคมูลฐานมีอันตรกิริยากัน แผนภาพเหล่านี้สามารถช่วยให้นักฟิสิกส์ทำนายโอกาสการเกิดของเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 12

ในปี 2508 Feynman ได้รับเลือกเป็นสมาชิกต่างชาติของ Royal Society รวมทั้งได้รับรางวัลโนเบลด้วย เมื่อมีชื่อเสียง งานก็มากตาม Feynman ได้รับมอบหมายจากมหาวิทยาลัย Caltech ให้ปรับปรุงตำราเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาตรี และผลที่เกิดขึ้นคือ โลกมีตำราเรียนชุด Feynman Lectures on Physics ที่วงการฟิสิกส์ถือ ว่าคลาสสิกมาก และผลงานนี้ทำให้ Feynman ได้รับเหรียญรางวัล Oersted สำหรับการเป็นครูดีเด่น ซึ่งทำให้ Feynman รู้สึกภูมิใจมาก นอกจากชุดเรียนนี้แล้ว Feynman ยังได้จัดพิมพ์คำบรรยายของตนในที่ต่าง ๆ ออกมาเป็นเล่มเพื่อเผยแพร่ด้วย เช่น “The Character of Physical Laws” และ “QED : the Strange Theory of Light and Matter” เป็นต้น ในปี 2502 ด้วยนิสัยที่ต้องการให้สังคมสนใจวิทยาศาสตร์ Feynman ได้เสนอให้รางวัล 1,000 เหรียญแก่บุคคลที่สามารถจัดเรียงอะตอมได้ และนี่ก็คือ กำเนิดของวิทยาการ nanotechnology

ณ วันนี้ แผนภาพ Feynman เป็นเทคนิคสำคัญที่นักฟิสิกส์ใช้ในการศึกษาทฤษฎี String และ ทฤษฎี M ซึ่งเส้นใยต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนภาพได้ถูกพัฒนาให้เป็นท่อ เป็นแผ่นในหลายมิติ แต่ Feynman ไม่รู้สึกชื่นชมการดัดแปลงความคิดเดิม ๆ ของตนในทำนองนี้นัก เพราะคิดว่า ทฤษฎี String เป็นทฤษฎีที่ไม่มีผลการทดลองสนับสนุน

ในด้านชีวิตส่วนตัว Feynman แต่งงานครั้งแรกกับ Arlene Greenbaum ขณะศึกษาที่ Princeton แต่ในเวลาต่อมาเธอได้เสียชีวิตด้วยวัณโรคเมื่อปี 2488 จากนั้นอีก 7 ปี Feynman ได้เข้าพิธีสมรสใหม่กับ May Louis Bell แค่ครองชีวิตคู่ได้ไม่นานก็หย่า จึงแต่งงานใหม่กับ Gwenth Howard ผู้มีแนวคิดและอุปนิสัยในการผจญภัยชีวิตคล้าย Feynman ครอบครัวนี้มี ลูกชายชื่อ Carl และลูกเลี้ยงผู้หญิงชื่อ Michelle เพราะ Feynman และบุตรชายสนใจคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์มาก ดังนั้นคนทั้งสองจึงร่วมกันพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ที่ต้องใช้หลายเครื่องพร้อมกันในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (ณ วันนี้เทคนิคนี้เรียก Parallel Computing)

เวลาพักผ่อน Feynman ชอบเดินทางไกล เช่น ได้ไปเยือนบราซิลหลายครั้ง และชอบวาดภาพเป็นงานอดิเรก รวมถึง ชอบตีกลองสไตล์ samba และไม่ชอบดื่มของมึนเมา เพราะกลัวแอลกอฮอล์จะทำลายเซลล์สมอง

เมื่ออายุ 68 ปี Feynman ได้พบว่ากำลังป่วยเป็นมะเร็งสมองและเสียชีวิตเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2531 ขณะอายุ 69 ปี ที่ Los Angeles ใน California โดยได้ทิ้งเกียรติประวัติและผลงานไว้มากมาย เช่น เมื่ออายุ 36 ปี ได้รับ Albert Einstein Award

อายุ 44 ปี ได้รับ Ernest Lawrence Award

อายุ 47 ปี ได้รับ รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์

อายุ 54 ปี ได้รับ Oersted Medal

อายุ 61 ปี ได้รับ National Medal of Science

ในปี 2529 ที่กระสวยอวกาศ Challenger ระเบิด Feynman ได้รับเชิญให้เข้าร่วมในคณะกรรมการสอบสวนหาสาเหตุการระเบิด และได้แสดงการสาธิตง่าย ๆ ให้โลกเห็นทางโทรทัศน์ว่า เมื่ออุณหภูมิลดต่ำมาก ๆ เช่น เวลาถังบรรจุเชื้อเพลิงของกระสวยอวกาศได้รับออกซิเจนเหลวที่เย็นจัด วงแหวนเหล็กที่ใช้สวยในท่อเชื้อเพลิงจะหดตัว จนแตกทำให้เชื้อเพลิงรั่วไหล และยานลุกเป็นไฟ ซึ่งนี่ก็คือ สาเหตุที่ทำให้เกิดการระเบิดครั้งนั้น Feynman จึงได้กล่าวสรุปในรายงานว่า เทคโนโลยีจะประสบความสำเร็จถ้าผู้ใช้ให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์

หลังจากที่ Feynman เสียชีวิตไปแล้วเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 กรมไปรษณีย์ของสหรัฐได้ออกแสตมป์ 37 เซ็นต์ที่มีภาพของนักวิทยาศาสตร์อเมริกัน 4 คน ปรากฏบนแสตมป์ บุคคลทั้ง 4 คนได้แก่ Richard Feynman, John von Neumann, Barbara McClintock และ Josiah Willard Gibbs

ในปี 2535 James Gliek ได้เรียบเรียงหนังสือชื่อ Genius : Richard Feynman and Modern Physics หนังสือนี้จัดพิมพ์โดย Little Brown และหนา 544 หน้า ผู้เรียบเรียงได้ให้ภาพของ Feynman ว่าเป็นคนที่มีบารมีและมีความรู้มาก เช่น เวลาใครให้สัมมนา ถ้าคน ๆ นั้นรู้ว่า Feynman จะมานั่งฟังด้วย เขาจะต้องระมัดระวังวิธีพูดและเนื้อหา รวมถึงเหตุผลต่าง ๆ ที่จะพูดให้ดีที่สุดในชีวิต เพราะถ้าการบรรยายไม่ดี ชื่อเสียงของเขาจะถูก Feynman ทำลายจนป่นปี้ด้วยคำถามยาก ๆ และประเพณีของการสัมมนาที่ Caltech ในสมัยนั้นคือ Feynman จะเป็นบุคคลแรกที่ตั้งคำถาม และถ้า

Feynman ไม่ถามก็ไม่มีใครกล้าถามก่อน ความเงียบจึงเกิดขึ้นนานจนทุกคนรู้สึกอึดอัด แต่นั่นก็หมายความว่า เนื้อหาที่คนพูดนำมาเสนอ น่าสนใจ และเป็นที่เข้าใจ

หนังสือเล่มนี้ยังได้กล่าวถึงชีวิตในวัยเด็กของ Feynman ว่าตื่นเต้นเมื่อเห็นสมการ $\exp(i\Pi) = -1$ และ $\cos 20^\circ \cos 40^\circ \cos 80^\circ = 1/8$ และตามปกติ Feynman เป็นคนที่ไม่แคร์ในสิ่งที่คนอื่นคิด ไม่ชอบการประชุมวิชาการโดยได้เปรียบเทียบว่าเหมือนฝูงหนอนที่ไต่ยั้วเยี้ยออกจากขวด ไม่ชอบเกมส์โชว์ที่ทายปัญหาวิทยาศาสตร์ ด้วยการให้เหตุผลว่า คำถามที่ใช้ถามมักถามความจำ และถามข้อมูลแทนที่จะถามความเข้าใจและวิธีหาความรู้นั้น ๆ

เมื่อช่างภาพต้องการถ่ายภาพของ Feynman ขณะตีกลองเพื่อนำไปใช้เป็นภาพประกอบในหนังสือฟิสิกส์ โดยให้เหตุผลว่าต้องการทำให้ผู้อ่านรู้สึกว่า นักฟิสิกส์เป็นคนธรรมดาที่เล่นดนตรีเป็น Feynman ได้ปฏิเสธที่จะให้ถ่ายภาพโดยให้เหตุผลว่า การคิดเช่นนั้นเป็นการดูถูกนักฟิสิกส์เสมือนนักฟิสิกส์เป็นคนที่ต้องการให้สังคมสงสาร

สังคมมนุษย์เป็นสังคมที่ยกย่องคนเก่ง และสำหรับอัจฉริยะนักฟิสิกส์ที่ทุกคนยอมรับได้แก่ Galileo, Newton, Maxwell, Einstein, Bohr, Heisenberg, Dirac, Fermi, Feynman ฯลฯ โดยเฉพาะ Feynman นั้น โลกตระหนักว่าเขาเป็นนักฟิสิกส์ที่คิดอะไร ๆ ก็ต้นแบบ ตั้งแต่วัยเด็ก เขาชอบใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งในคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่ตนคิดเองและใช้คนเดียว อีกทั้งสนใจฟิสิกส์ทุกแขนง เป็นนักฟิสิกส์อัจฉริยะ เป็นครูวิทยาศาสตร์ที่ตระหนักในความสำคัญของการสอนฟิสิกส์ ผู้เคยพูดว่าคำถามของนักเรียน คือ ปัญหาใหม่ในการวิจัย ดังนั้น นักเรียนคือ ผู้ที่ทำให้ครูมีชีวิต การที่ Feynman สอนฟิสิกส์ได้ทุกเรื่อง เพราะเขารักฟิสิกส์มากไม่ว่าจะเป็นฟิสิกส์ระดับโรงเรียน ระดับมหาวิทยาลัย หรือระดับวิจัย

ในเรื่องของการยกย่องโดยโลกภายนอก เวลามหาวิทยาลัยใด ๆ จะมอบปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ให้ Feynman เขามีความเห็นว่า ปริญญาดังกล่าวควรมอบให้แก่คนที่ทำงานเรื่องนั้นจริง ๆ ดังนั้นเมื่อมีการมอบปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ให้แก่บุคคลที่ Feynman ไม่เห็นด้วยในพิธีที่จัดพร้อมกัน Feynman จะปฏิเสธการรับปริญญานั้นทันที

ในช่วงที่ยังมีชีวิตอยู่ Feynman เป็นที่รู้จักและชื่นชมของนิสิตในมหาวิทยาลัยและคนทั่วไป จะน้อยกว่าก็เฉพาะ Einstein ทั้ง ๆ ที่คนทั้งสองดำเนินชีวิตแตกต่างกันมากเช่น Einstein มิได้เป็นชาวเยอรมันตลอดชีวิต แต่ Feynman เป็นชาวอเมริกันแท้ ๆ Einstein สนใจปรัชญาของ Kant แต่ Feynman ไม่ชอบปรัชญาเลย เพราะคิดว่าเป็นเรื่องหนักสมองที่ต้องคิด เวลาคิดอะไรไม่ออก Einstein คิดว่าคณิตศาสตร์จะช่วยให้ฟิสิกส์พบความจริงได้ แต่ Feynman คิดว่าการหยั่งรู้เท่านั้นจะทำให้นักฟิสิกส์เข้าใจธรรมชาติได้

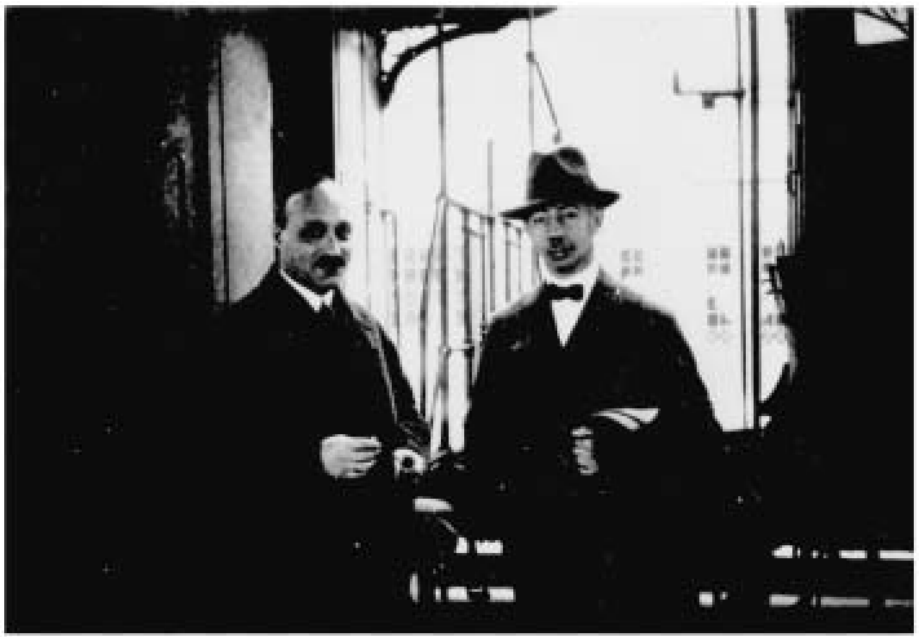
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Feynman, Richard P.; Leighton, Ralph; Hutchings, Edward (1985). "Surely you're joking, Mr. Feynman!": adventures of a curious character. New York: W.W. Norton. ISBN 978-0-393-01921-6.

2. Dubner, Stephen J. (February 7, 2024). "The Brilliant Mr. Feynman". Freakonomics. Retrieved February 9, 2024.

James Franck (เจมส์ ฟรังค์)
Gustav Hertz (กุสตาฟ เฮิร์ตซ์)

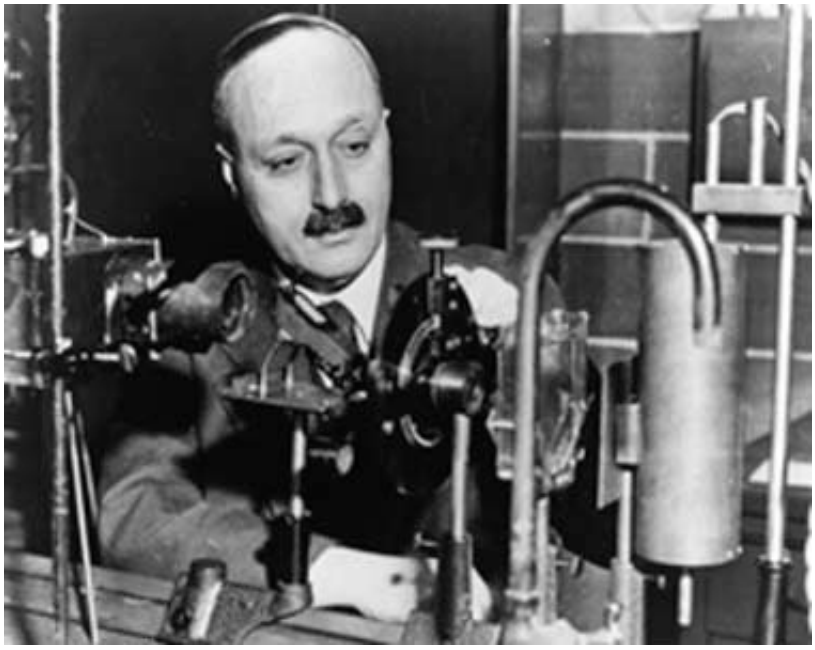
รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1925 จากการทดลองที่ยืนยันระดับพลังงานเป็นชั้น ๆ ของอิเล็กตรอนในอะตอม



James Franck (ซ้าย) กับ Gustav Hertz (ขวา) รางวัลโนเบลปี 1925

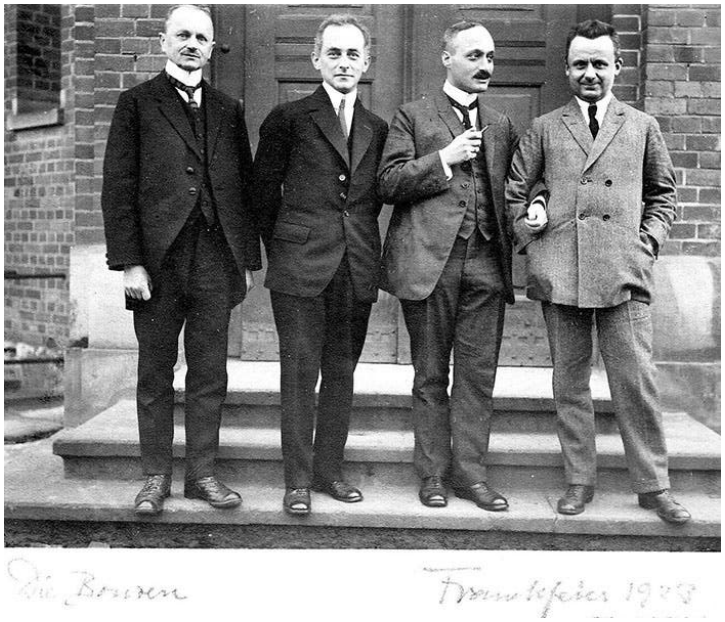
ภาพจาก www.researchgate.net

เจมส์ ฟรังค์ (James Franck) เป็นนักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ผู้มีชื่อเสียงที่คนเรียนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายรู้จักจากผลงานการทดลองโดยเจมส์ ฟรังค์ กับกุสตาฟ เฮิร์ตซ์ (Gustav Hertz) ซึ่งทำให้คนทั้งสองได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1925 และนิสิตฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัยก็มีความรู้เรื่องหลักการของฟรังค์-คองดอน (Franck-Condon) ในวิชาฟิสิกส์ของโมเลกุล



James Franck ภาพจาก วิกิพีเดีย

ฟรังค์เกิดที่เมืองฮัมบูร์ก (Hamburg) ในเยอรมนี เมื่อปี 1882 ในครอบครัวที่เป็นชนชั้นกลางสัญชาติยิว เมื่ออายุ 13 ปี ฟรังค์ได้รู้ข่าวการพบรังสีเอกซ์ โดยวิลเฮล์ม เรินต์เกน (Wilhelm Röntgen) และรู้สึกตื่นเต้นในความอัศจรรย์ของรังสีที่ตามองไม่เห็นนี้มาก เมื่อประสบอุบัติเหตุหกล้มแขนเดาะ ฟรังค์ได้ขอร้องให้เจ้าหน้าที่พยาบาลถ่ายภาพแขนของเขาโดยใช้เอกซเรย์เมื่อวันที่ 7 เมษายน ปี 1896 วันนี้ จึงเป็นวันที่โลกเริ่มใช้รังสีเอกซ์วิเคราะห์สภาพบาดเจ็บของกระดูกเป็นครั้งแรก



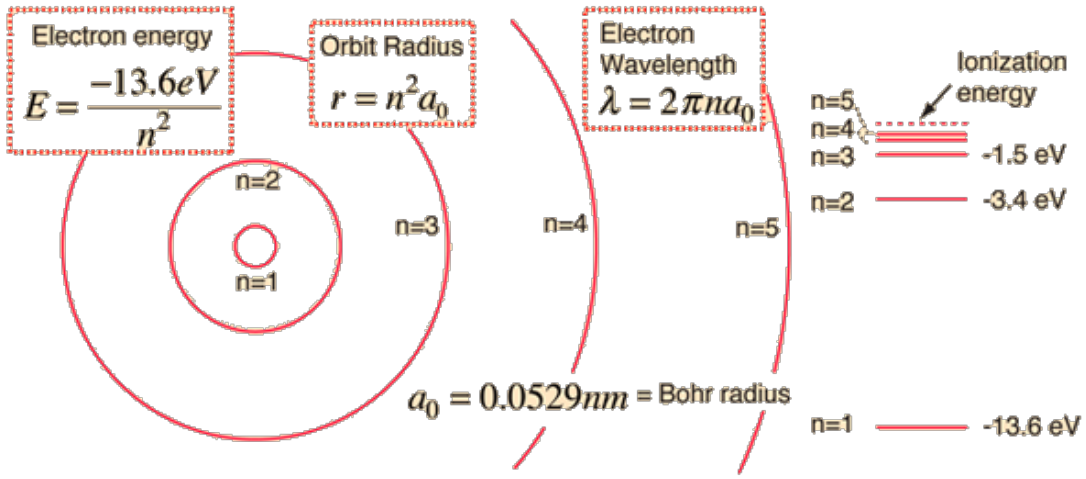
James Franck (คนที่สามจากซ้าย) กับ Max Born (คนที่สองจากซ้าย) ที่มหาวิทยาลัย Göttingen ปี 1923 ภาพจาก Wikimedia commons

แม้จะสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่เด็ก แต่บิดาซึ่งประสบความสำเร็จในธุรกิจธนาคารก็ไม่สนับสนุนให้ลูกชายเรียนฟิสิกส์ เพราะมีความเห็นว่าไม่มีทางจะร่ำรวยได้ ดังนั้นฟรังค์จึงสอบเข้ามหาวิทยาลัยไฮเดลเบิร์ก (Heidelberg) โดยตั้งใจจะเรียนนิติศาสตร์กับเคมี แต่ได้เรียนฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์แทน โดยมีมักซ์ บอร์น (Max Born) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1954) เป็นเพื่อนร่วมชั้น เพราะไม่ชอบวิธีสอนวิทยาศาสตร์ของอาจารย์ ฟรังค์จึงขอลาออกไปเรียนเคมีที่มหาวิทยาลัยฟริดริช วิลเฮล์ม (Friedrich-Wilhelms) ส่วนบอร์นได้เปลี่ยนไปเรียนคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยเกิททิงเงน (Gottingen)

หลังจากที่ได้เข้าฟังการบรรยายของมักซ์ พลังค์ (Max Planck) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1918) สอนฟิสิกส์ ฟรังค์ต้องการจะเรียนฟิสิกส์มาก จึงขออนุญาตบิดาเปลี่ยนวิชาเรียน โดยให้เหตุผลว่า ถ้าไม่ได้เรียนฟิสิกส์ ก็จะไม่มีความสุขเลยไปจนตลอดชีวิต ยิ่งเมื่อฟรังค์ได้เข้าฟังสัมมนาที่อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์

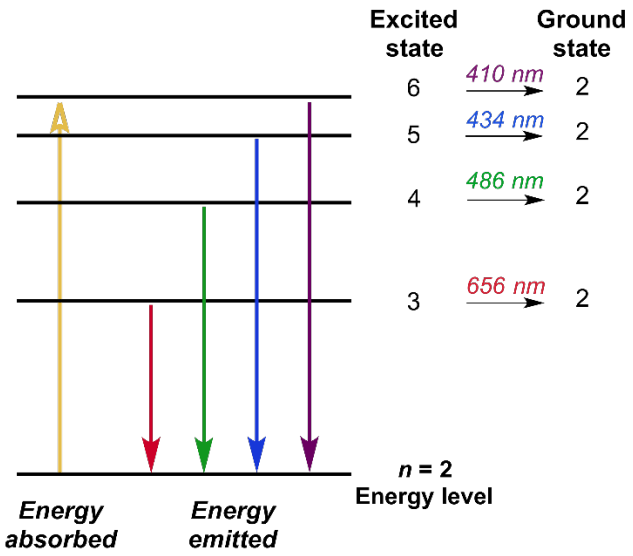
ปี 1921) และ วอลเธอร์ เนิร์นสท์ (Walther Nernst) (รางวัลโนเบลเคมีปี1925 บรรยาย ฟรังค์ก็ยิ่งเชื่อมั่นว่า การตัดสินใจเปลี่ยนวิชาถูกต้องแล้ว เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ฟรังค์ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง สภาพเคลื่อนที่ได้ (mobility) ของไอออนในหลอดปล่อยประจุ (discharge tube) ซึ่งเป็นการศึกษาที่นำเขาไปสู่การทดลองที่ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลในที่สุด

หลังสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในปี 1906 ฟรังค์ได้ทำงานต่อเป็นนักวิจัยที่เบอร์ลินเพื่อศึกษาเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงในอะตอมว่า เป็นปรากฏการณ์ควอนตัมหรือไม่ โดยการทดลองว่าเวลาไฟฟ้าไหลผ่านไอปรอท จะเกิดอะไรขึ้น โดยมีกุสตาฟ เฮิร์ตซ์เป็นผู้ช่วย ทั้งสองได้พบว่า เมื่อความต่างศักย์เพิ่ม กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มตามจนกระทั่งถึงความต่างศักย์มีค่าหนึ่ง กระแสไฟฟ้าจะลดในทันที แต่เมื่อเพิ่มความต่างศักย์ต่อกระแสไฟฟ้าก็จะเพิ่มอีก จนกระทั่งความต่างศักย์ถึงค่าหนึ่งกระแสไฟฟ้าก็จะลดอีกในทันที ช่วงศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้กระแสลดลงในกรณีไอปรอทมีค่า 4.9 โวลต์



ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน

ภาพจาก http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu



ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนกับความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา เมื่อมีการเปลี่ยนระดับ

ภาพจาก www.khanacademy.org

ในเบื้องต้นคนทั้งสองคิดว่า พลังงาน 4.9 อิเล็กตรอนโวลต์ คือ พลังงานในการแตกตัวเป็นไอออนของอะตอมปรอท เพราะไม่เคยได้อ่านทฤษฎีอะตอมไฮโดรเจนของโบร์ (Bohr) ดังนั้นจึงไม่ได้อธิบายผลการทดลองที่ได้โดยใช้ทฤษฎีอะตอมของโบร์

แต่เมื่อได้อ่านทฤษฎีของไอน์สไตน์ เรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (photoelectric) ฟรังค์กับเฮิร์ตซ์ก็ตระหนักว่า พลังงาน 4.9 อิเล็กตรอนโวลต์ ที่ลดลง คือ พลังงานจลน์ที่อิเล็กตรอนได้สูญเสียไปในการกระตุ้นอะตอมปรอทให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้น และเวลาอิเล็กตรอนกลับคืนสู่สถานะพื้น มันจะปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่น 253.6 นาโนเมตรออกมา เป็นรังสีอัลตราไวโอเลต ดังที่โรเบิร์ต วูด (Robert Wood) ได้เห็น

ฟรังค์รู้สึกยินดีมาก เมื่อรู้ว่านี่เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้หาค่าคงตัวของพลังก์ได้ และเป็นวิธีที่น่าเชื่อถือยิ่งกว่าวิธีวัดจากปรากฏการณ์การแผ่รังสีของวัตถุร้อน การทดลอง

ของฟรังค์กับเฮิร์ตซ์จึงยืนยันว่า แบบจำลองอะตอมของโบร์ที่กำหนดให้อิเล็กตรอนในอะตอมสามารถมีพลังงานได้หลายค่านั้น เป็นแบบจำลองที่ถูกต้อง

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่หนึ่งในปี 1914 ฟรังค์ได้เข้ารับราชการทหารและถูกส่งไปปฏิบัติการที่สนามรบที่อยู่ทางเหนือของฝรั่งเศส โดยอยู่ใต้บังคับบัญชาของฟริตซ์ ฮาเบอร์ (Fritz Haber) (รางวัลโนเบลเคมีปี 1918) ซึ่งใช้แก๊สพิษฆ่าศัตรู เมื่อได้ข่าวว่าได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยฟรีดริช วิลเฮล์ม (Friedrich Wilhelm) ฟรังค์จึงขอลาออกจากการเป็นทหาร เพื่อไปทำวิจัยเรื่องการใช้หน้ากากป้องกันแก๊สพิษ

เมื่อสงครามโลกครั้งที่หนึ่งยุติในปี 1918 ฟรังค์กับเฮิร์ตซ์ได้ตีพิมพ์งานวิจัย เรื่องการแตกตัวเป็นไอออนกับการกระตุ้นอะตอมของแก๊ส และได้แถลงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในโมเลกุลที่ประกอบด้วยสองอะตอม หลักการนี้ได้รับการยืนยันว่าถูกต้องโดยเอ็ดเวิร์ด คอนดอน (Edward Condon) ซึ่งใช้กลศาสตร์ควอนตัมอธิบาย ทำให้เป็นที่รู้จักในนาม “หลักการของ Franck Condon” ที่ใช้ศึกษาสเปกตรัม ที่เกิดจากการกระตุ้นโมเลกุล ซึ่งมีเนื้อหาว่า ในการดูดกลืนหรือปล่อยแสง การเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนจะเกิดขึ้นอย่างเร็วมาก จนนิวเคลียสแทบไม่ขยับ

หลังสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง คนเยอรมันส่วนใหญ่ต้องใช้วิถีชีวิตอย่างยากลำบาก เพราะความขัดแย้งมากมายได้เกิดขึ้นในสังคม เมื่อทหารนาซีและกลุ่มขวาจัดได้กล่าวหาว่าการที่เยอรมนีแพ้สงครามโลก เพราะประเทศถูกชาวยิวหักหลัง ในปี 1920 นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1922) ได้เดินทางมาเบอร์ลินเพื่อเยี่ยมชมการทดลองที่ฟรังค์ได้ใช้ยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีโบร์ คนทั้งสองจึงสนิทสนมกันมาก

ในปี 1925 ฟรังค์กับเฮิร์ตซ์ได้รับข่าวว่าเป็นผู้พิชิตรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปีนั้น ทั้ง ๆ ที่โบร์ได้เสนอชื่อของฟรังค์อย่างต่อเนื่องทุกปีตั้งแต่ปี 1921

หลังการพิชิตรางวัลโนเบล ฟรังค์ได้ข่าวว่าตนจะได้ครองตำแหน่งผู้อำนวยการสถาบัน Principal Institute ที่เบอร์ลินแทนแนนสท์ (Nernst) แต่คำสั่งแต่งตั้งถูกฮิตเลอร์ยกเลิก เพราะฟรังค์มีสัญชาติยิว ฟรังค์จึงขอลาออกจากมหาวิทยาลัย เพื่อประท้วงการกดขี่ยิวโดยกองทัพนาซี และเมื่อหนังสือพิมพ์รายงานข่าวนี้ โรงพิมพ์นั้นก็ถูกฮิตเลอร์สั่งปิด เหตุการณ์นี้ทำให้เพื่อน ๆ ต่างชาติของฟรังค์เขียนจดหมายมาเชิญชวนฟรังค์ไปทำงานด้วย

ในปี 1935 เมื่อมหาวิทยาลัยจอห์น ฮอพกินส์ (John Hopkins) ในอเมริกาเสนอตำแหน่งศาสตราจารย์ให้ฟรังค์ ซึ่งต้องการจะหนีจากกองทัพนาซี เขาจึงตอบตกลง แต่ฟรังค์ทำงานอยู่ที่มหาวิทยาลัยจอห์น ฮอพกินส์ (John Hopkins) ได้ไม่นาน เพราะมหาวิทยาลัยไม่มีทุนวิจัยสนับสนุน เขาจึงไปรับงานใหม่ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก (Chicago University) เพื่อทำวิจัยเรื่องการสังเคราะห์อาหารพืชด้วยแสง

ฟรังค์ได้เริ่มทำงานวิจัยฟิสิกส์ของแข็งที่ชิคาโกร่วมกับเอ็ดเวิร์ด เทลเลอร์ (Edward Teller) เรื่องการดูดกลืนแสงโดยผลึก เป็นการวางรากฐานทฤษฎีเอกไซตอน (exciton) ในของแข็ง และใช้แนวคิดนี้อธิบายสาเหตุที่แสงสีฟ้าสามารถกระตุ้นคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ในพืชให้ทำงาน และฟรังค์ก็ตระหนักว่า ชีววิทยาแตกต่างจากฟิสิกส์มาก เพราะในฟิสิกส์ คำตอบที่ง่ายที่สุดมักเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แต่ในชีววิทยาเหตุการณ์กลับตรงกันข้าม คือ คำตอบง่าย ๆ มักผิด เพราะธรรมชาติมีกลไกการทำงานที่ซับซ้อนในการปิดบังคำตอบ จะอย่างไรก็ตาม ผลงานของฟรังค์เกี่ยวกับเรื่องนี้ทำให้เขาได้รับรางวัลรัมฟอร์ด (Rumford Prize) ของ American Academy of Arts and Science ในปี 1935

เหตุการณ์กองทัพญี่ปุ่นโจมตีเพิร์ล ฮาเบอร์ (Pearl Harbor) ในเดือนธันวาคม ปี 1935 ได้ทำให้สหรัฐฯ ประกาศเข้าร่วมสงครามโลกครั้งที่ 2 นักฟิสิกส์อเมริกันจำนวนมาก ได้เข้าร่วมโครงการสร้างระเบิดปรมาณูและเรดาร์ โดยมีอาร์เธอร์ คอมป์ตัน (Arthur Compton) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1927) เป็นหัวหน้าโครงการแมนฮัตตัน (Manhattan) คอมป์ตันได้ขอให้ฟรังค์เป็นหัวหน้าภาควิชาเคมีที่มหาวิทยาลัยซิคาโก ซึ่งฟรังค์ก็ได้ตอบรับ ภายใต้เงื่อนไขว่า “ก่อนที่อเมริกาจะใช้ระเบิดปรมาณูถล่มญี่ปุ่น ฟรังค์ใคร่ขอเข้าชี้แจงเหตุผลด้วยตนเองต่อประธานาธิบดีสหรัฐฯ”

งานในโครงการแมนฮัตตันที่ฟรังค์รับผิดชอบ ส่วนใหญ่เป็นงานบริหาร เพราะงานเคมี มีเกล็น ซีบอร์ก (Glenn Seaborg) (รางวัลโนเบลเคมี ปี 1931) เป็นหัวหน้า

เมื่อกองทัพฝ่ายสัมพันธมิตรเริ่มได้เปรียบ และการสร้างระเบิดปรมาณูลูกแรกใกล้ลุล่วง นักวิทยาศาสตร์ทุกคนในโครงการแมนฮัตตันเริ่มตระหนักว่า ผลกระทบที่เกิดจากการใช้ระเบิดปรมาณูจะมีมากมหาศาล ทั้งในด้านการทหารและการเมือง

หลังจากที่กองทัพนาซีพ่ายแพ้กองทัพสัมพันธมิตรในเดือนพฤษภาคมปี 1945 แล้ว ฟรังค์ได้ปรารภว่า “การแข่งขันสร้างระเบิดปรมาณูจะเกิดขึ้นระหว่างสหรัฐฯ กับรัสเซีย และได้ขอให้กองทัพสหรัฐฯ แสดงสาธิตประสิทธิภาพของระเบิดปรมาณูในสถานที่ ๆ ไม่มีมนุษย์อยู่”

รายงานข่าวของฟรังค์เกี่ยวกับเรื่องนี้ มิได้มีใครนำไปเสนอต่อรัฐบาล เพราะในเดือนเมษายน ปี 1945 ประธานาธิบดีรูสเวลต์ (Roosevelt) ได้ถึงแก่กรรม และคอมป์ตันได้รับเลือกเป็นที่ปรึกษาของประธานาธิบดีแฮร์รี่ ทรูแมน (Harry Truman) คณะนักฟิสิกส์เจ้าของรางวัลโนเบลของอเมริกาได้นำรายงานของฟรังค์เสนอต่อรัฐมนตรีกลาโหม แต่รัฐมนตรีไม่ได้อ่าน ดังนั้นคอมป์ตันจึงเขียนบันทึกแนบที่รายงานว่า “ถ้ามีการใช้

ระเบิดปรมาณู สงครามจะยุติเร็ว การสู้รบจะไม่ยืดเยื้อ และชีวิตของประชาชนนับล้านจะปลอดภัย”

ประธานาธิบดีทรูแมนเห็นด้วยกับการใช้ระเบิดปรมาณูถล่มเมืองฮิโรซิม่า (Hiroshima) และนางาซากิ (Nagasaki) เพื่อยุติสงครามโลกครั้งที่สอง

หลังสงครามโลกครั้งที่สอง ฟรังค์ได้ช่วยบรรดาเพื่อน ๆ ที่ถูกทหารนาซีกลั่นแกล้งให้หลบหนีออกจากเยอรมนี โดยได้ขอให้องค์การนานาชาติช่วยด้วย เพราะหลังสงครามโลก ชาวเยอรมันตกอยู่ในสภาพขาดแคลนอาหาร ทารกที่เกิดใหม่ประมาณ 80-90% เสียชีวิต

ในปี 1947 มหาวิทยาลัยไฮเดลเบิร์ก (Heidelberg) ในเยอรมนี ได้เสนอตำแหน่งศาสตราจารย์ให้ฟรังค์ แต่ฟรังค์ปฏิเสธ โดยได้ชี้แจงว่ามีบ้านใหม่ คือ อเมริกา แต่ก็ยังตอบรับการได้รับเลือกเป็นสมาชิกของสมาคมมักซ์ พลังก์ (Max Planck) ในปี 1951 ฟรังค์ และเฮิร์ตซ์ได้รับเหรียญ Max Planck

ในปี 1964 ฟรังค์ได้หวนกลับไปเยี่ยมเพื่อนเก่าในเยอรมนี

ถึงวันที่ 21 พฤษภาคม ปี 1964 หลังอาหารเย็นกับอ็อตโต ฮาห์น (รางวัลโนเบลเคมีปี 1994 ฟรังค์ล้มลง และเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจวาย สิริอายุ 81 ปี

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Hon, Giora (1989). "Franck and Hertz versus Townsend: A Study of Two Types of Experimental Error". Historical Studies in the Physical and Biological Sciences. 20 (1): 79–106. doi:10.2307/27757636. JSTOR 27757636.

2. Franck, James (11 December 1926). "Transformations of Kinetic Energy of Free Electrons into Excitation Energy of Atoms by Impacts Nobel Lecture" (PDF). Nobel Lecture. The Nobel Foundation. Retrieved 16 June 2015.

Andrey Geim (อังเดร ไกม์)
Konstantin Novoselov (คอนสแตนติน โนโวเซลอฟ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2010 กับการพบกราฟีน (graphene)

Konstantin Novoselov (ซ้าย) กับ Andrey Geim (ขวา) ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี 1996 Richard Smalley คือ ผู้พิชิตรางวัลโนเบลเคมีร่วมกับ Harry Kroto และ Robert Curl ด้วยผลงานการพบ fullerene ซึ่งประกอบด้วยอะตอมคาร์บอน 60 อะตอมอยู่เรียงกันเป็นทรงกลมคล้ายลูกฟุตบอล ซึ่งเป็นการจัดเรียงอะตอมคาร์บอนในรูปแบบที่สาม นอกเหนือจากการจัดเรียงแบบ tetrahedron ของเพชร กับการจัดเรียงเป็นระนาบซ้อนกันหลายชั้นของ graphite ในงานเลี้ยงฉลองการรับรางวัล Smalley ได้กล่าวว่า “นักวัสดุศาสตร์ทั่วโลกกำลังค้นหาการจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนในรูปแบบอื่น ๆ อย่างไม่ลดละ” คำพยากรณ์ของ Smalley ได้กลายเป็นความจริง เมื่อสถาบัน Royal Swedish Academy of Sciences แห่งสวีเดนประกาศมอบรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์แก่ Andrey Geim และ Konstantin Novoselov แห่งมหาวิทยาลัย Manchester ในอังกฤษ จากการพบแกรฟีน ซึ่งประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนที่จัดเรียง

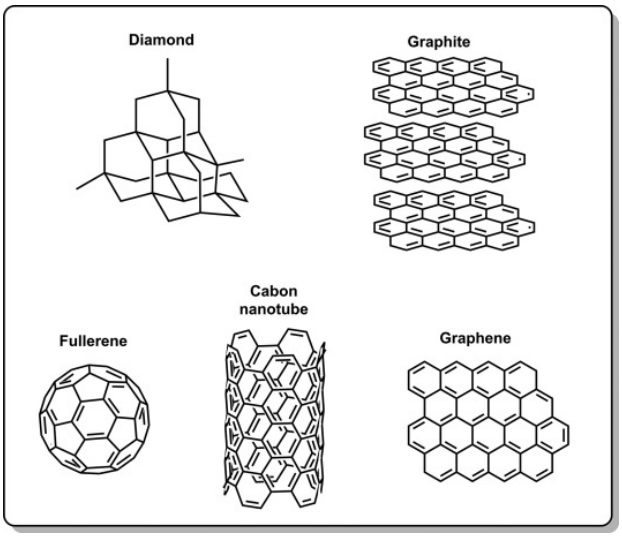
เป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าในระนาบเดียว มันจึงเป็นวัสดุที่บางที่สุดในโลก แม้จะมีความหนาน้อยนิด แต่แกรฟีนก็กำลังทำให้นักวิทยาศาสตร์ตื่นเต้น และนักเทคโนโลยีมีความคาดหวังมาก

อุปกรณ์ที่ Andre Geim ใช้ในการพบ graphene คือ ก้อน graphite และเทปพลาสติก

ภาพจาก วิกิพีเดีย

มนุษย์รู้จักแกรไฟต์มานานหลายพันปีแล้ว จากการใช้ทำไส้ดินสอ เพราะแกรไฟต์ประกอบด้วยระนาบของอะตอมคาร์บอนที่เรียงกันเป็นชั้น ๆ หลายระนาบ โดยระนาบเหล่านี้มีแรงยึดเหนี่ยวแบบ van der Waal ที่ไม่รุนแรง ดังนั้น จึงใช้ทำไส้ดินสอสำหรับเขียนหนังสือได้ เพราะเวลาลากดินสอไปบนกระดาษ อะตอมของคาร์บอนจะหลุดออกจากไส้ดินสอไปติดบนกระดาษเป็นเส้น ซึ่งถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูก็จะเห็นอะตอมคาร์บอนเรียงซ้อนกันหลายชั้น แต่ในสมัยนั้นไม่มีใครสามารถแยกชั้นอะตอมคาร์บอนออกมาได้แม้แต่เพียงชั้นเดียว หลายคนจึงมีความเห็นว่า การแยกชั้นอะตอมของสสารออกมาเพียงชั้นเดียวเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้ ดังนั้นเมื่อ Geim และ Novoselov ประกาศข่าวการพบ graphene ซึ่งประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนเพียงชั้นเดียว ด้วยการนำเทปใสทาบบนเส้นดินสอ แล้วลอกเทปออก ก็ได้อัญรูปอีกหนึ่งแบบของคาร์บอนที่แม้แต่เด็ก

อนุบาลก็สามารถ "สร้าง" แกรฟีนได้ วัสดุรูปแบบใหม่ 2 มิติ มีแต่ความกว้างกับความยาว สมบัตินี้ทำให้อิเล็กตรอนในแกรฟีน มีความสามารถแตกต่างจากอิเล็กตรอนในวัสดุอื่น ๆ เพราะสามารถนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรม ฯลฯ ได้ดีมาก



โครงสร้างอัญรูปของ carbon ห้ารูปแบบ
ได้แก่ เพชร แกรไฟต์ ฟูลเลอรีน คาร์บอนนาโนทิวบ์ และแกรฟีน
ภาพจาก www.sciencedirect.com

แม้จะเป็นวัสดุที่บางที่สุดแต่แกรฟีนก็มีความแข็งแรงที่สุด เพราะได้มีการพบว่าถ้านำแกรฟีนพื้นที่หนึ่งตารางเมตรมาทำเปลญวน แม้น้ำหนักของเปลจะน้อยกว่าน้ำหนักของหนวดแมว แต่เปลก็สามารถรับน้ำหนักของแมวทั้งตัวได้โดยไม่ขาด

สำหรับสมบัติการนำไฟฟ้าของแกรฟีนนั้นก็ดีกว่าทองแดง อีกทั้งนำความร้อนก็ดีกว่าเงินกับทองแดง แม้แกรฟีนจะโปร่งใสแสงถึงระดับ 97% แต่ก็ไม่ยอมให้อะตอมของแก๊สหรือของเหลวทะลุผ่าน

นักฟิสิกส์ทฤษฎีได้พบว่า สมบัติของแกรไฟต์ขึ้นกับพันธะแบบ covalent ระหว่าง valence electron ทั้ง 4 ของอะตอมคาร์บอน โอกาสการพบอิเล็กตรอนในเพชรตะมีค่ามากที่สุดในบริเวณระหว่างอะตอมคาร์บอน แต่แกรฟีนซึ่งมี valence electron เพียง

3 อนุภาคในพันธะ covalent กับอะตอมคาร์บอน 3 อะตอมที่อยู่ใกล้เคียง สถานะของอิเล็กตรอนในระนาบหกเหลี่ยมจึงเป็นแบบ σ – orbital และแบบที่ตั้งฉากกับระนาบเป็น π – orbital สมบัติทางกายภาพของแกรฟีน จึงขึ้นกับอิเล็กตรอนใน π – orbital ซึ่งอยู่ใกล้พลังงานเฟอร์มิ (Fermi energy)

แม้อิเล็กตรอนแกรฟีนจะเคลื่อนที่ในระนาบได้ดีมาก แต่แกรฟีนไม่ได้เป็นวัสดุ 2 มิติอย่างสมบัติ เพราะในระบบ 2 มิติพลังงานของอิเล็กตรอนจะเป็นปฏิภาคตรงกับโมเมนตัมยกกำลัง 2 ดังนั้นการกระจาย (dispersion relation) พลังงานของแกรฟีนจึงเป็นเชิงเส้น และสมการที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแกรฟีน คือ สมการ Dirac (มิใช่สมการ Schrodinger) ที่ใช้อธิบายฟิสิกส์ของอนุภาคที่มี spin 1/2 การวิจัยยังแสดงให้เห็นอีกว่า มวลยังผล (effective mass) ของอิเล็กตรอนที่พลังงานเฟอร์มิในแกรฟีนมีค่าเป็นศูนย์ และอิเล็กตรอนมีความเร็วประมาณ 10^6 เมตร/วินาที ซึ่งคิดเป็นประมาณ 1/300 ของความเร็วแสงในสุญญากาศ การมีความเร็วที่สูงมากเช่นนี้ ทำให้นักฟิสิกส์สามารถใช้แกรฟีนทดสอบทฤษฎี quantum electrodynamics ได้ในห้องทดลองที่มีขนาดเล็ก โดยไม่ต้องใช้เครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงในการทดสอบ

Andrey Konstantin Geim เกิดเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม ปี 1958 ที่เมือง Sochi ในรัสเซีย (ปัจจุบันเขาถือสัญชาติอังกฤษ-เนเธอร์แลนด์) บิดาเป็นวิศวกรเชื้อชาติเยอรมัน ยายเป็นคนยิว ด้วยเหตุที่นามสกุลระบุชัดว่ามีเชื้อชาติยิว ดังนั้น Geim จึงถูกสังคมรัสเซียต่อต้านตั้งแต่ยังเป็นเด็ก เมื่ออายุ 7 ขวบ ครอบครัวได้อพยพไปเมือง Nalchik เพื่อให้ Geim ได้เรียนในโรงเรียนที่มีการสอนเป็นภาษาอังกฤษ จากนั้นได้คิดจะไปศึกษาต่อที่สถาบัน Moscow Engineering Physics แต่สอบเข้าไม่ได้ถึง 2 ครั้ง จึงไปเรียนต่อที่ Moscow Institute of Physics and Technology แทน เมื่อปี 1982 Geim วัย 24 ปี เรียนจบปริญญาโท อีก 5 ปีต่อมาเรียนจบปริญญาเอกฟิสิกส์ของโลหะจาก Institute

of Solid State Physics แห่ง Russian Academy of Sciences ที่เมือง Chernogolovka ในช่วงที่คิดจะทำวิทยานิพนธ์ เขาไม่เคยชอบฟิสิกส์ของแข็ง แต่ชอบฟิสิกส์อนุภาคมูลฐาน และฟิสิกส์ดาราศาสตร์มากกว่า แต่เมื่อถึงวันนี้เขาตระหนักว่า เขาได้ตัดสินใจถูกแล้ว

หลังจากที่สำเร็จการศึกษา Geim ได้ไปทำงานวิจัยที่ Institute for Microelectronics Technology และพบว่างานวิจัยที่นั่นล้วนมีเป้าหมายเพื่อการทหาร ดังนั้นเมื่อสหภาพโซเวียตล่มสลาย และสถานการณ์การเมืองทวีความเลวร้าย Geim จึงอพยพไปทำงานเป็นนักวิจัยหลังปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Nottingham กับมหาวิทยาลัย Bath ในอังกฤษ และได้ไปทำงานในช่วงสั้น ๆ ที่มหาวิทยาลัย Copenhagen ในเดนมาร์กด้วย Geim ชอบบรรยากาศการทำงานที่ Nottingham มาก เพราะอาจารย์ที่นั่นไม่ถูกบังคับให้สนใจฝักใฝ่การเมือง จึงสามารถทำงานวิจัยในเวลา 6 เดือนได้เต็มตัว ทำให้ได้งานมากเท่าที่ทำในรัสเซียถึง 20-30 ปี Geim จึงตัดสินใจไม่กลับรัสเซียอีกเลย

เมื่ออายุ 36 ปี Geim ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นรองศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัย Radboud ที่เมือง Nijmegen ในเนเธอร์แลนด์ และทำวิจัยเรื่อง ตัวนำยวดยิ่ง และได้เปลี่ยนสัญชาติเป็นชาวเนเธอร์แลนด์ ขณะอยู่ที่นั่น Geim ได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของนิสิตปริญญาเอกคนหนึ่งชื่อ Konstantin Novoselov ทั้งสองทำงานวิจัยร่วมกันได้ดีมาก

ในเวลาต่อมา Geim เริ่มมีปัญหาในการทำงาน เพราะรู้ว่าชีวิตทำงานของตนกำลังถูกนักการเมืองแทรกแซงมาก และระบบทำงานที่นั่นมีขั้นตอนหยุมหยิมมากจนทำให้รู้สึกรำคาญ ครั้นเมื่อได้เห็นระบบอาจารย์ในมหาวิทยาลัยอังกฤษว่า ทุกคนมีความเท่า

เทียมกัน Geim จึงย้ายไปดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัย Manchester ในอังกฤษ เมื่อปี 2001 และได้รับตำแหน่งผู้อำนวยการของ Manchester Centre for Mesoscience and Nanotechnology ในอีกหนึ่งปีต่อมา ถึงปี 2007 Geim ก็ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ Langworthy ของมหาวิทยาลัย

ความสำเร็จของ Geim กับ Novoselov ในการประดิษฐ์แกรฟีน ซึ่งได้ลงพิมพ์ในวารสาร Science ฉบับเดือนตุลาคมปี 2004 ทำให้คนทั้งสองได้รับรางวัลและเกียรติยศมากมาย เช่นได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ Royal Society (F.R.S.) ในปี 2007 รับรางวัล Euro Physics ประจำปี 2008 และรางวัล Korfer European Science Award ในปี 2009 รางวัลศาสตราจารย์วิจัยในสังกัด Royal Society ประจำปี 2010 และได้รับเหรียญ Hughes ของ Royal Society ประจำปี 2010 เมื่อถึงวันที่ 5 ตุลาคม 2010 Geim กับ Novoselov ก็ได้รับการประกาศให้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกัน

Konstantin Novoselov เกิดเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม ปี 1974 ที่เมือง Nizhny Tagil ในรัสเซีย ได้รับการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยที่ Moscow Institute of Physics and Technology และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัย Nijmegen ในเนเธอร์แลนด์โดยมี Andrey Geim เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา หลังจากนั้นได้ย้ายมาทำงานเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Manchester ในอังกฤษเมื่อปี 2001 ปัจจุบัน Novoselov ถือสัญชาติรัสเซียและอังกฤษ

การพบแกรฟีนของ Geim กับ Novoselov ทำให้ Novoselov ได้รับรางวัลอีกมากมาย นอกเหนือจากรางวัลโนเบลที่ได้รับร่วมกับ Geim ในปี 2010 แล้ว เกียรติยศนี้ทำให้ Novoselov ได้เป็นผู้พิชิตรางวัลโนเบลที่มีอายุน้อยเป็นอันดับสาม (36 ปี) รองจาก B.D. Josephson (33 ปี) กับ Lawrence Bragg (25 ปี) Novoselov ได้รับเลือก

เป็น F.R.S. ในปี 2011 และได้รับแต่งตั้งเป็น Sir Konstantin Novoselov ในปี 2012 พร้อมอาจารย์ที่ปรึกษา คือ Sir Andrey Geim

ภัทรพล ธนลิขิต (ซ้าย) กับ Konstantin Novoselov (ขวา) ภาพจาก ภัทรพล ธนลิขิต

ในการให้สัมภาษณ์หนังสือพิมพ์หลังจากที่ทราบข่าวว่าคนทั้งสองได้รับรางวัลโนเบล Geim และ Novoselov กล่าวว่า ไม่เคยนึกว่าจะได้รางวัล และที่ทำไปนั้นก็เพราะสนุก แต่เมื่อทำได้สำเร็จก็รู้สึกว่าอาจจะได้รับรางวัล เพราะตั้งแต่ปี 2008 เป็นต้นมา ผลงานของทั้งสองได้มีนักวิจัยอื่น ๆ อ้างถึงบ่อยมาก และเพื่อน ๆ ก็ได้เย้าว่า “คงจะได้รางวัลโนเบลแน่นอน เพียงแค่ขอมีชีวิตอยู่ให้ถึงวันนั้น” ครั้นเมื่อได้รับรางวัลโนเบลจริง ๆ Geim ก็กล่าวว่า ตั้งแต่นี้คงไม่มีใครให้รางวัลอะไรอีกแล้ว

สำหรับความก้าวหน้าเกี่ยวกับการวิจัยแกรฟีนในปัจจุบันนั้น แม้แกรฟีนจะให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านไปได้อย่างรวดเร็ว แต่การเคลื่อนที่ก็ไม่ได้ทำให้แกรฟีนร้อนขึ้น กระนั้น แกรฟีนก็มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถทำให้อิเล็กตรอนหยุดเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นมันจึงเป็นตัวนำ ไม่ใช่สารกึ่งตัวนำที่มีประโยชน์มากในการใช้ทำทรานซิสเตอร์

ด้วยเหตุนี้ David Tomanek แห่งมหาวิทยาลัย Michigan State จึงได้พยายามค้นหาวัสดุอื่นที่สามารถปล่อยอิเล็กตรอนให้เคลื่อนผ่านอย่างสะดวกสบาย แม้จะไม่ดีเท่าแกรฟีน แต่ก็ดีกว่าซิลิกอน และ Tomanek ก็ได้พบว่า เขาสามารถนำฟอสฟอรัสดำมาลอกเป็นแผ่น ๆ ได้เหมือนแกรฟีน จึงได้แถลงการณ์ค้นพบนี้ เมื่อวันที่ 7 มีนาคม ค.ศ. 2014 ว่า phosphorene คือ ญาติสนิทของ graphene ที่อาจจะมีศักยภาพสูงมากในโลกเทคโนโลยีอนาคต

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Graphene: Carbon Flatland โดย Andrey K. Geim และ Alla N. Macdonald ใน Physics Today ฉบับเดือนสิงหาคม 2007

2. Pike, Jared (2023). "Is graphene the best heat conductor ever? Purdue researchers investigate with four-phonon scattering". Purdue University Mechanical Engineering News. Archived from the original on 4 March 2024. Retrieved 1 October 2024.

Riccardo Giacconi (ริคคาร์โด จีอัคโคนี่)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2002 ผู้ให้กำเนิดวิทยาการสาขาดาราศาสตร์รังสีเอกซ์

Riccardo Giacconi ภาพจาก https://nationalmedals.org

นักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ได้พบว่า ดาวฤกษ์สามารถแผ่รังสีเอกซ์ได้ เป็นนักฟิสิกส์ชาวอเมริกันชื่อ Herbert Friedman (1916-2000) ซึ่งได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดกัมมันตรังสีแบบ Geiger – Müller ในจรวดที่ถูกยิงขึ้นถึงระยะสูง 50 กิโลเมตรเหนือผิวโลกในรัฐ New Mexico ของสหรัฐฯ เมื่อวันที่ 28 มกราคม ปี 1949 และพบว่าเครื่องวัดสามารถบันทึกการรับรังสีเอกซ์จากบรรยากาศชั้น corona ของดวงอาทิตย์ได้เป็นครั้งแรก สำหรับการพบรังสีเอกซ์ในครั้งนั้น เกิดขึ้นได้เพราะเครื่องวัดอยู่ที่สูงจากผิวโลกมาก ดังนั้นรังสีเอกซ์จากดวงอาทิตย์จึงไม่ถูกบรรยากาศของโลกดูดกลืน และนั่นก็คือเหตุผลว่าเวลานักฟิสิกส์ต้องการจะรับรังสี เขาต้องติดตั้งเครื่องรับรังสีในบอลลูน ดาวเทียม หรือจรวด

ขณะได้รับทราบข่าวนี้ Riccardo Giacconi (1931–2018) มีอายุเพียง 18 ปี และใกล้จะสำเร็จชั้นมัธยมศึกษาที่เมือง Milan ในอิตาลี จึงรู้สึกตื่นเต้นมาก ทำให้ตัดสินใจจะมีอาชีพเป็นนักฟิสิกส์ดาราศาสตร์ทันที จากนั้นก็ได้ใช้เวลาอีก 13 ปีต่อมาในการบุกเบิกวิทยาการดาราศาสตร์สาขาใหม่ คือ ดาราศาสตร์รังสีเอกซ์ (X-ray astronomy) ทำให้ได้พบแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ที่เป็นดาวฤกษ์จำนวนมาก นอกจากนี้ก็ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างกล้องโทรทรรศน์อวกาศ Hubble ด้วย และได้จัดตั้งเครือข่าย Atacama Large Millimeter Array (ALMA) ที่สามารถรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตลอดสเปกตรัมตั้งแต่ gamma ray, x-ray, ultraviolet ray, infrared ray และคลื่นวิทยุได้

ผลงานเหล่านี้ทำให้ Giacconi ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2002 ครึ่งหนึ่ง และอีกครึ่งหนึ่งเป็นของ Raymond Davis (1914-2006) กับ Masatoshi Koshiba (1926-2020) จากการศึกษาธรรมชาติของอนุภาค neutrino จากอวกาศ เพราะคนทั้งสามนี้ ได้บุกเบิกวิทยาการดาราศาสตร์นิวตริโน (neutrino astronomy) ที่ใช้อนุภาค neutrino ในการศึกษาปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์

ในวันที่ 9 ธันวาคม ปี 2018 Riccardo Giacconi ก็ได้ลาจากโลกไปในวัย 77 ปี

Giacconi เกิดที่เมือง Genoa ในอิตาลีเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม ปี 1931 เป็นลูกโทนของครอบครัว บิดาเป็นนักธุรกิจ ส่วนมารดาเป็นครูสอนฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ Giacconi ชอบอ่านหนังสือ และได้ใช้ชีวิตตั้งแต่วัยเด็กจนหนุ่มที่เมือง Milan เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ได้ไปเรียนต่อระดับปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Milan

ชีวิตการเรียนของ Giacconi ในโรงเรียนเป็นไปอย่างไม่ราบรื่นนัก เพราะเวลาครูคณิตศาสตร์สอนผิด Giacconi จะลุกขึ้นบอกสิ่งที่ครูทำผิด การกระทำนี้ได้ทำให้ครูไม่พอใจนัก เมื่อเข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย Milan Giacconi ต้องเข้าฟังเลคเชอร์ที่ไม่สนุก

และต้องสอบวัดผลบ่อย แล้วชีวิตการเรียนก็เริ่มมีรสชาติ เมื่อได้ทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเรื่องสมบัติทางกายภาพของอนุภาคมูลฐาน เช่น muon และ lambda ในที่สุดก็ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง อันตรกริยาระหว่างอนุภาค proton จากรังสีคอสมิกกับอะตอมของธาตุหนัก เช่น ตะกั่ว โดยใช้ห้องเมฆ (cloud chamber) เป็นอุปกรณ์หลักในการทดลอง

หลังจากที่จบการศึกษาและได้รับปริญญาเอกแล้ว Giacconi ได้เป็นผู้ช่วยของ Giuseppe Occhialini (1907-1993) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวอิตาลีที่มีชื่อเสียง จากการได้ร่วมทำงานกับ Patrick Blackett (1897-1974) และ Cecil Powell (1903-1969) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1948 และ 1950 ตามลำดับ) จนได้พบอนุภาคมูลฐานมากมาย ครั้นเมื่อ Giacconi ขอความเห็นจาก Occhialini ว่า ควรทำวิจัยเรื่องอะไรต่อไป Occhialini ตอบสั้น ๆ เพียงว่า “Go west” นั่นคือ “ให้ไปทำวิจัยฟิสิกส์ต่อที่อเมริกา”

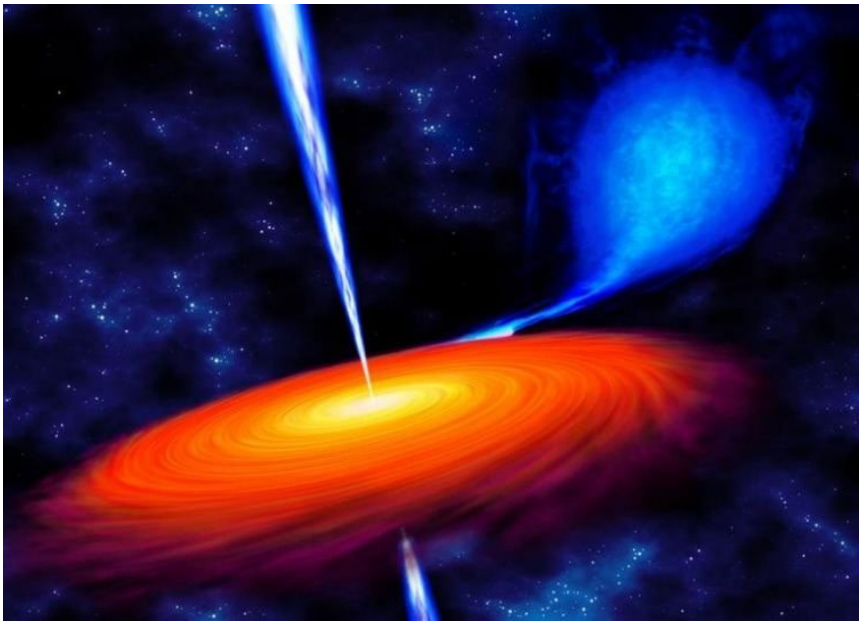
เมื่ออายุ 25 ปี Giacconi ได้รับทุน Fulbright ไปทำงานวิจัยหลังปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Indiana ในอเมริกา และได้สร้างห้องเมฆขนาดใหญ่เพื่อใช้ศึกษาอนุภาค anti-lambda ที่ Giacconi คิดว่าน่าจะเป็นเรื่องที่ทำได้สำเร็จยาก เพราะอนุภาคดังกล่าวมีน้อย และอาจจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 10 ปี จึงย้ายไปทำวิจัยที่มหาวิทยาลัย Princeton เรื่อง ธรรมชาติของอนุภาค mu-meson แทน แต่ก็ไม่ได้พบองค์ความรู้ใหม่เลย

เมื่อทุน Fulbright หมด Giacconi ได้งานใหม่ที่สถาบัน American Science and Engineering ซึ่งมีนักฟิสิกส์รังสีคอสมิกที่มีชื่อเสียง คือ Bruno Rossi (1905-1993) เป็นประธานคณะกรรมการบริหาร ณ เวลานั้นความสนใจของนักฟิสิกส์ในการทำวิจัยเรื่อง รังสีคอสมิกได้ซบเซาลงมากแล้ว เพราะไม่มีใครได้พบอนุภาคใหม่เลย Rossi จึง

แนะนำให้ Giacconi ค้นหาที่มาของแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา และรังสีเอกซ์ในอวกาศ เพราะ Rossi ได้รู้มาว่า Herbert Friedman (1916-2000) แห่งห้องปฏิบัติการ Naval Research Laboratory สามารถรับรังสีเอ็กซ์จากดวงอาทิตย์ได้ ดังนั้น Rossi จึงอนุมานว่า ถ้าดวงอาทิตย์สามารถเปล่งรังสีเอกซ์ได้ ดาวฤกษ์อื่น ๆ ก็ต้องสามารถทำได้เช่นกัน

Giacconi ได้ตรึกตรองเรื่องนี้เป็นเวลานานจนมั่นใจว่า ดาวฤกษ์อื่น ๆ ก็เปล่งรังสีเอกซ์ได้อย่างแน่นอน ถ้าอุณหภูมิของดาวฤกษ์เหล่านั้นสูงกว่า 1 ล้านองศาเซลเซียส แต่ปัญหาก็มีว่าอุปกรณ์รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทุกคนใช้ในเวลานั้นมีประสิทธิภาพดีมากพอจะรับรังสีเอกซ์ได้หรือไม่ หลังจากที่ได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบการทำงานของเครื่องวัดแบบ Geiger-Müller จนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมประมาณ 50 เท่าแล้ว Giacconi ได้นำเครื่องวัดไปติดตั้งในหัวจรวดของกองทัพอากาศสหรัฐฯ ที่จะถูกยิงขึ้นอวกาศไปรับรังสีเอกซ์ที่มาจากดวงจันทร์ เพราะเขาคิดว่า หินบนดวงจันทร์เวลาได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ จะสามารถเปล่งรังสีเอ็กซ์ได้

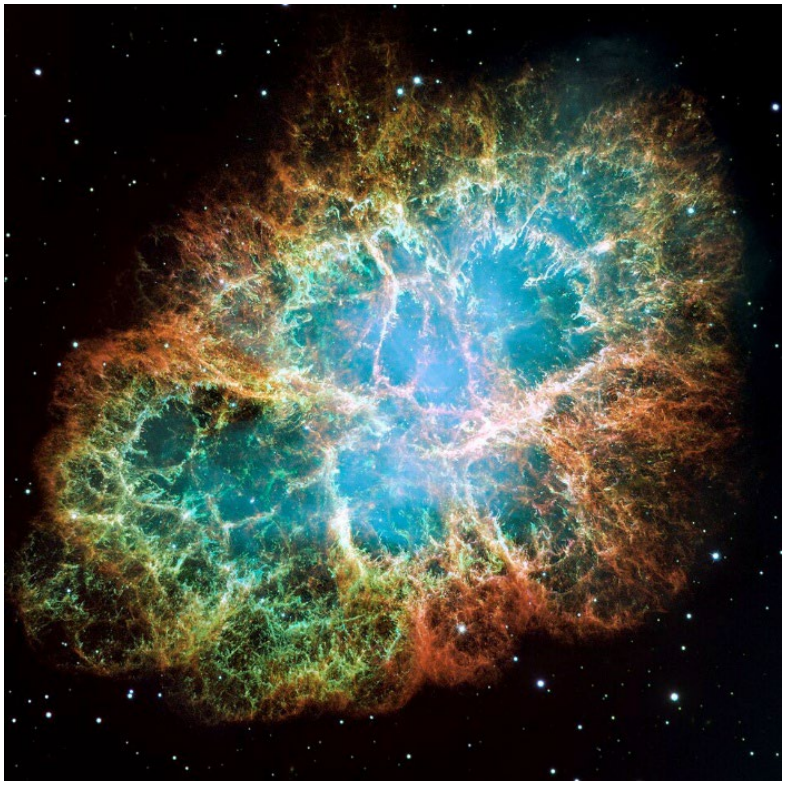
การทดลองเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน ปี 1962 ได้ผลว่า จรวดได้ทะยานขึ้นถึงระยะสูง 224 กิโลเมตรเหนือผิวโลกแล้ว และอุปกรณ์ Geiger-Müller ได้รายงานการเผชิญรังสีเอกซ์ความเข้มสูงที่มาจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นดาวฤกษ์อื่น ๆ ที่มิใช่ดวงอาทิตย์ และอยู่นอกระบบสุริยะ การตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียดได้ยืนยันผลการค้นพบนี้



Scorpius X-1 ดาวฤกษ์ที่เปล่งรังสีเอกซ์ อยู่ห่างจากโลก 9,000 ปีแสง

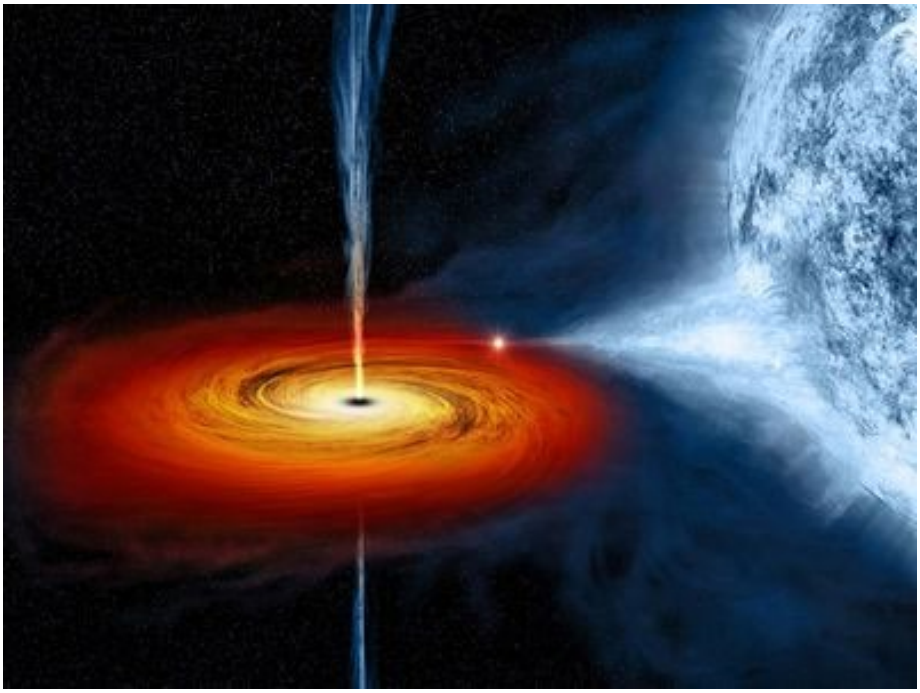
ภาพจาก https://alchetron.com

เมื่อรายงานการทดลองของ Giacconi ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารฟิสิกส์ Physical Review Letters ผลที่ตามมา คือ Giacconi ได้รับเชิญให้ไปบรรยายในที่ประชุมวิชาการที่มหาวิทยาลัย Stanford ในอเมริกา และได้ตั้งชื่อแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ที่พบว่า Scorpius X-1 เพราะแหล่งกำเนิดดังกล่าวอยู่ในกลุ่มดาวแมงป่อง (Scorpius) ส่วน X นั้น ย่อมาจากคำเอกซ์เรย์ และ 1 แสดงว่าเป็นดาวฤกษ์ดวงแรกที่ถูกพบว่าปล่อยรังสีเอกซ์ การค้นพบนี้ทำให้วิทยาการดาราศาสตร์รังสีเอกซ์ได้ถือกำเนิด



Crab nebula ภาพจาก วิกิพีเดีย

หลังจากนั้นไม่นาน Giacconi ก็พบว่า ดาวพัลซาร์ปู (Crab pulsar) นอกจากจะเปล่งแสงที่ตาเห็น และคลื่นวิทยุแล้ว ยังปล่อยรังสีเอกซ์ที่มีความเข้มสูงถึงหมื่นล้านเท่าของความเข้มรังสีเอกซ์ที่มาจากดวงอาทิตย์ด้วย ในเวลาต่อมานักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ ก็ได้พบแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ชื่อ Cygnus X-1 อยู่ในกลุ่มดาวหงส์ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นหลุมดำ (หลุมดำมิได้ปล่อยรังสีเอกซ์ แต่สสารที่กำลังเคลื่อนที่ลงหลุมดำ แผ่รังสีเอกซ์)



ภาพวาดดาวฤกษ์ Cygnus X-1 ที่ให้กำเนิดรังสีเอกซ์ จากการถูกหลุมดำดึงดูด

ภาพจาก CXC/M.Weiss/NASA

ในปี 1978 Giacconi กับคณะได้ส่งหอสังเกตการณ์ลอยฟ้าชื่อ Einstein (Einstein Observatory) ขึ้นอวกาศเพื่อค้นหาดาวที่เปล่งรังสีเอ็กซ์เพิ่มเติม และได้พบดาว quasar กับกาแล็กซีอีกเป็นจำนวนกว่า 5,000 แหล่งที่เปล่งรังสีเอกซ์ได้

การศึกษาแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ ทำให้นักดาราศาสตร์ฟิสิกส์สามารถรู้ว่า ดาวฤกษ์ต่าง ๆ ถือกำเนิดอย่างไร และหลุมดำที่อยู่ที่ใจกลางของกาแล็กซี มีวิวัฒนาการความเป็นมาอย่างไร

ในปี 1999 Giacconi ได้มีบทบาทในการสร้างหอสังเกตการณ์ลอยฟ้าจันทรา (Chandra X-ray Observatory ตามชื่อของ Subrahmanyan Chandrasekhar (1910–1995) ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1983) เพื่อใช้ค้นหาดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะ ดาวนิวตรอน สสารมืด และพลังงานมืด

นอกจากจะมีผลงานดาราศาสตร์มากมายตามที่กล่าวมาแล้ว Giacconi ยังมีส่วนร่วมในการพัฒนาฟิสิกส์ดาราศาสตร์ในยุโรปด้วย โดยได้ไปเป็นผู้อำนวยการของหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางใต้ของยุโรป (European Southern Observatory ESO)

ถึงวันนี้วิทยาศาสตร์ดาราศาสตร์รังสีเอกซ์ ได้รุกหน้าไปมากแล้ว เพราะนักดาราศาสตร์ได้พบว่า ดาวแทบทุกดวงสามารถให้กำเนิดรังสีเอกซ์ได้ ไม่ว่าจะเป็นหลุมดำ กาแล็กซี ซูเปอร์โนวา ดาวคู่ (binary stars) กระจุกดาว Orion, เนบิวลา เช่น Crab nebula ดาวฤกษ์ เช่น Proxima Centrauri, Eta Carinae, microquasar, magnetar แม้แต่ดาวเคราะห์แคระ Pluto และดวงจันทร์ก็สามารถเปล่งรังสีเอกซ์ได้ แม้จะไม่มากก็ตาม

ตามปกติในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์นี้ นักดาราศาสตร์จำเป็นต้องใช้กล้องโทรทรรศน์รังสีเอกซ์ที่ได้รับการออกแบบเพื่องานนี้โดยเฉพาะ เพราะกล้องโทรทรรศน์ธรรมดาที่ใช้แก้วทำเลนส์ไม่สามารถโฟกัสรังสีเอกซ์ได้ จากการที่รังสีเอกซ์มีความยาวคลื่นสั้นมาก ดังนั้นเวลารังสีเอกซ์เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง จึงแทบไม่หักเหเลย โดยรังสีจะพุ่งไปเป็นเส้นตรง ดังนั้นในความพยายามจะโฟกัสรังสีเอกซ์ จึงต้องใช้วิธีสะท้อน รังสีเอกซ์ที่พุ่งกระทบกระจกราบในแนวเฉียด ๆ คือ ทำมุมตกกระทบเกือบ 90° แล้วให้รังสีสะท้อนไปตกกระทบกระจกที่ทำด้วย ceramic หรือโลหะ ที่มีหลายกระจกเรียงกัน จนในที่สุดจะได้รังสีเอกซ์ไปลู่รวมกัน ทำให้เกิดให้ภาพ

ความรู้ที่น่าสนใจของวิทยาการสาขานี้ ได้แก่ การรู้ที่มาของสนามแม่เหล็กในอวกาศ ธรรมชาติของการปล่อยรังสีเอกซ์จากดาวฤกษ์ที่มีสมบัติต่าง ๆ โดยเฉพาะในกรณีรังสีเอกซ์จาก corona ของดวงอาทิตย์ ซึ่งได้พบว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 1 ล้านองศาเซลเซียสนั้น ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร

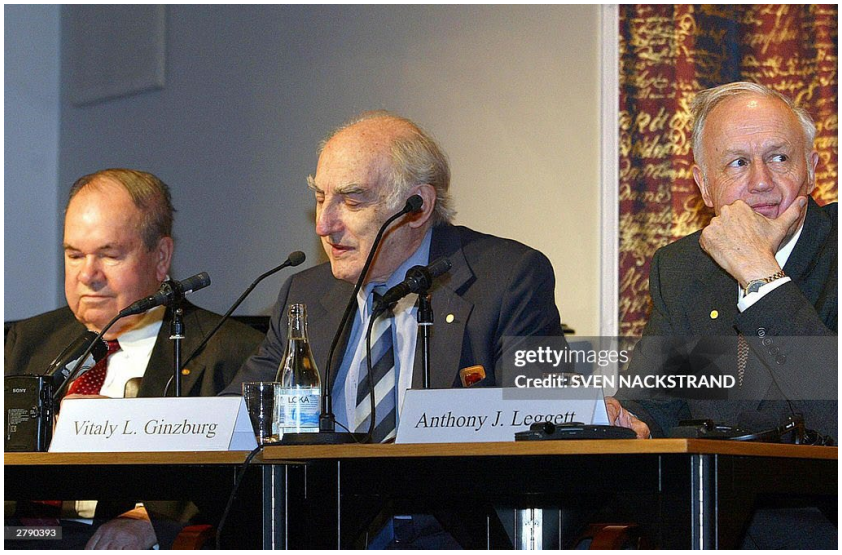
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. R. Giacconi ใน Nobel Lecture: The Dawn of X-ray Astronomy ใน Review of Modern Physics ฉบับที่ 75 ปี 2003

2. Sullivan, Walter (9 February 1983). "Pulsar Termed Most Accurate 'Clock' in Sky". The New York Times. Retrieved 2024-08-30.

Vitaly Ginzburg (วิทาลี กินซ์เบิร์ก)
Alexei Abrikosov (อะเลกเซย์ อะบริโคซอฟ)
Anthony Leggett (แอนโทนี เลกเก็ตต์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2003 จากการเสนอทฤษฎีสภาพนำยวดยิ่งและของไหลยวดยิ่ง



Alexei Abrikosov, Vitaly Ginzburg และ Anthony Leggett (ตามลำดับ)

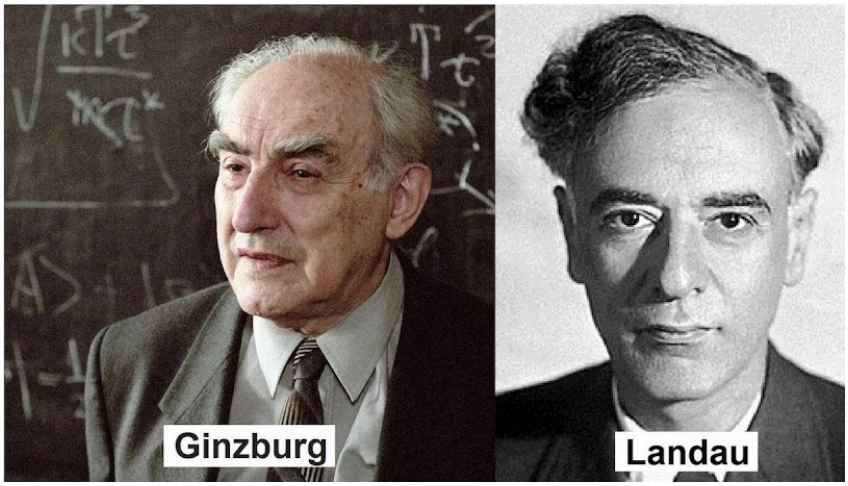
รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2003 ภาพจาก SVEN NACKSTRAND/AFP/gettyimages

เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน ปี 2009 ที่กรุง Moscow ในรัสเซีย Vitaly Ginzburg (1916–2009) นักฟิสิกส์ทฤษฎีชั้นนำของโลกได้ถึงแก่กรรมด้วยโรคกระแสโลหิตติดเชื้อ ตลอดชีวิตของ Ginzburg เขามีผลงานที่สำคัญหลายเรื่อง เช่น ทฤษฎีของสสารที่อุณหภูมิต่ำใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์ ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในพลาสมา และทฤษฎีดาราศาสตร์วิทยุ ความสำเร็จเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การสร้างทฤษฎีของตัวนำยวดยิ่ง (superconductor) และของเหลวยวดยิ่ง (superfluid) ทำให้ Ginzburg ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 2003 ร่วมกับ Alexei Abrikosov (1928-2017) และ Anthony Leggett (1938-ปัจจุบัน)

Vitaly Ginzburg ภาพจาก news.utdallas.edu

Ginzburg เกิดที่กรุง Moscow รัสเซีย เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ปี1916 บรรพบุรุษมีเชื้อชาติยิว ในเวลานั้นยุโรปกำลังตกอยู่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง และรัสเซียกำลังจะมีการปฏิวัติครั้งยิ่งใหญ่ ภาวะสงครามทำให้ชาวรัสเซียต้องใช้ชีวิตอย่างยากลำบากมาก เมื่อเกิดโรคไทฟอยด์ระบาด ได้คร่าชีวิตของมารดา Ginzburg ไปตั้งแต่ที่มีอายุได้ 4 ขวบ ความโกลาหลวุ่นวายภายในประเทศทำให้ Ginzburg ไม่ได้รับการศึกษา จนกระทั่งอายุ 11 ขวบ จึงได้เริ่มเรียนหนังสือ เมื่ออายุ 15 ปี ศาสตราจารย์ Evgeni Bakhmet'ev แห่งมหาวิทยาลัย Moscow Technical ได้หางานให้ Ginzburg ทำในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเอ็กซ์เรย์ เพราะในเวลานั้นกฎการเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยได้กำหนดว่าก่อนจะเป็นนิสิต นักเรียนต้องผ่านการฝึกงานก่อน ประสบการณ์ทำงานทำให้ Ginzburg รู้สึกสนใจฟิสิกส์มาก จึงสมัครเข้าเรียนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Moscow State ขณะมีอายุ 17 ปี และตั้งใจว่าจะเชี่ยวชาญทางฟิสิกส์ทฤษฎี แต่รู้สึกไม่มั่นใจในความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตนมาก จึงตัดสินใจจะเชี่ยวชาญด้านทัศนศาสตร์ก่อน โดยมี Grigory Landsberg เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี Ginzburg ได้ไปเรียนต่อทางฟิสิกส์ทฤษฎี โดยทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ทฤษฎีควอนตัมในปรากฏการณ์การแผ่รังสี Cerenkov (ซึ่งเป็นรังสีที่เกิดเวลาอนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เร็วกว่าความเร็วแสงในตัวกลาง แต่ยังมีความเร็วน้อยกว่าความเร็วแสงในสุญญากาศ) Ginzburg สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต เมื่ออายุ 26 ปี และได้งานทำที่ Lebedev Physical Institute ใน Moscow และได้อยู่สังกัดที่สถาบันนี้ตราบจนวาระสุดท้ายของชีวิต



ภาพจาก YouTube: David Williams

ในความเป็นจริง Ginzburg สนใจฟิสิกส์หลายสาขา เช่น ทฤษฎีควอนตัม การแผ่รังสี Cerenkov การแผ่รังสี synchrotron (ซึ่งเป็นรังสีที่ประจุไฟฟ้าซึ่งมีความเร่งปล่อยออกมา) รังสีคอสมิก รังสีแกมมา ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ การกระเจิงแสงโดยผลึก ฯลฯ แต่ผลงานที่สำคัญที่สุดของ Ginzburg คือ งานวิจัยที่ทำร่วมกับ Lev Landau (1908-1968) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1962) ในการสร้างทฤษฎีสภาพนำยวดยิ่งเมื่อปี 1950 โดยใช้แนวคิดหลักว่าในตัวนำยวดยิ่งมีคู่อิเล็กตรอน ซึ่งมีฟังก์ชันคลื่นที่เรียกว่า order parameter และเมื่อ Ginzburg กำหนดพลังงานอิสระของ Gibbs ในตัวนำยวดยิ่งให้อยู่ในรูปอนุกรมกำลังของ order parameter ทฤษฎี Ginzburg-Landau ก็สามารถอธิบายสมบัติกายภาพของตัวนำยวดยิ่งได้ดี ในเวลาต่อมาสมมติฐานเรื่อง order parameter

ของคู่อิเล็กตรอนก็ได้รับพิสูจน์ว่ามีจริง โดย L.P. Gorkov (1929-2016) ซึ่งได้ใช้ทฤษฎีของ Bardeen-Cooper-Schrieffer ในการแสดงให้เห็นว่าธรรมชาติของ order parameter ก็คือ ฟังก์ชันคลื่นของคู่อิเล็กตรอน (Cooper pair)

ในปี 1937 Ginzburg วัย 21 ปี เขาได้สมรสกับ Olga Zamska และได้หย่ากันในอีก 9 ปีต่อมา จากนั้นก็เข้าสมรสครั้งที่ 2 กับ Nina Ermakova สตรีนักเคลื่อนไหวผู้เคยถูกจับในฐานะสมคบคิดจะฆ่านายกรัฐมนตรี Stalin การถูกกล่าวหาเช่นนี้ทำให้เธอมีสถานภาพเป็นศัตรูของชาติ และเธอถูกจำคุกนาน 3 ปี แต่ถูกปล่อยตัวเมื่อได้รับอภัยโทษในปี 1945 และถูกทางการห้ามเดินทางเข้ากรุง Moscow กับ Gorky เพื่อพบสามี เมื่ออายุ 29 ปี Ginzburg ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์สาขาวิชาฟิสิกส์วิทยุ (radiophysics) ในสังกัดมหาวิทยาลัย Gorky (ปัจจุบัน คือ มหาวิทยาลัย Nizhniy Novgorod) โดยทำวิจัยเรื่องวิธีส่งคลื่นวิทยุในบรรยากาศโลก โดยเน้นการศึกษาเรื่องอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลกต่อการสะท้อนและการดูดกลืนคลื่นวิทยุ นี่เป็นจุดเริ่มต้นของการวิจัยด้านดาราศาสตร์วิทยุของ Ginzburg ในปี 1946 Ginzburg ได้พบว่า corona ของดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงถึงล้านองศา และเวลาดวงอาทิตย์ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่น 1 เมตร ออกมาด้วย

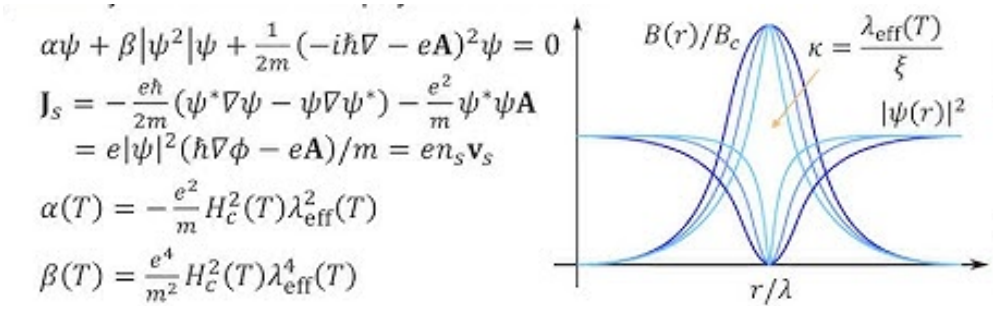
จากนั้น Ginzburg ได้เดินทางไปทำงานวิจัยที่ Moscow เป็นเวลานานถึง 7 ปี และได้ขออนุญาตทางการให้ภรรยามาอยู่ด้วย แต่คำขอถูกทางการปฏิเสธ

ในปี 1947 Ginzburg ได้ถูกวงการวิชาการรัสเซียโจมตีว่าชอบอ้างงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ต่างชาติ และไม่ชอบอ้างผลงานของคนในชาติเดียวกัน นอกจากนี้ก็เป็นพวกวัตถุนิยมจึงเป็นคนทรยศต่อชาติ การถูกกล่าวหาเช่นนี้ เพราะ Ginzburg ไม่รู้สึกภูมิใจในความเป็นคนรัสเซียเลย และยังเป็นคนไร้ศาสนาด้วย จึงถูกมองเป็นแกะดำ แต่ Igor Tamm (1895-1971) (รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 1958) ได้ยื่นมือเข้ามา

ปกป้อง โดยได้เชิญ Ginzburg ให้เข้าร่วมในโครงการผลิตระเบิดนิวเคลียร์ของรัสเซีย เพื่อแข่งกับอเมริกา โดยทำงานร่วมกับนักฟิสิกส์ชั้นนำคนอื่นๆ ของรัสเซีย เช่น Igor Kurchatov, Yarov Zeldovich, Andrei Sakharov, Igor Tamm (โนเบลฟิสิกส์ปี 1958) และ Lev Landau (โนเบลฟิสิกส์ปี 1962) การทำงานร่วมกันนี้ได้ทำให้ Ginzburg เป็นนักฟิสิกส์คนสำคัญคนหนึ่งของชาติ

ในขณะที่นักฟิสิกส์อเมริกันพยายามจะสร้างระเบิดไฮโดรเจนจากปฏิกิริยา $^{2}_{1}\mathrm{H}$ + $^{3}_{1}\mathrm{H}$ -> $^{4}_{2}\mathrm{He}$ + $^{1}_{0}\mathrm{n}$ +17.6 Mev (1 Mev = 10^6 ev) เพราะไอโซโทป tritium ($^{3}_{1}\mathrm{H}$) เป็นสารกัมมันตรังสีที่ไม่มีในธรรมชาติ Ginzburg จึงเสนอแนะให้รัสเซียใช้ปฏิกิริยา $^{0}_{3}\mathrm{Li}$ + $^{1}_{0}\mathrm{n}$ -> $^{3}_{1}\mathrm{H}$ + $^{4}_{2}\mathrm{He}$ + 4.6 Mev แทน

นี่คือ ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีการสร้างระเบิดไฮโดรเจนของอเมริกากับของรัสเซีย และเพราะความคิดนี้มีคุณค่าต่อประเทศมาก Ginzburg จึงได้รับรางวัล Order of Lenin กับรางวัล Stalin อันเป็นเกียรติสูงสุดที่รัฐบาลรัสเซียจะมอบให้แก่นักวิทยาศาสตร์ของชาติ



สมการ Ginzburg-Landau ภาพจาก YouTube: EscarHolmez

หลังจากที่ Stalin เสียชีวิตในปี 1953 Ginzburg ได้รับการยกย่องเป็นสมาชิกของ Soviet Academy of Sciences เมื่ออายุ 50 ปี แต่ก็ยังเป็นบุคคลที่ยังเป็นภัยต่อรัฐบาล เพราะภรรยาของ Ginzburg เป็นคนอยู่ในความเพ่งเล็งของตำรวจลับอย่างตลอดเวลา

การกล่าวหาเช่นนี้ ทำให้ Ginzburg ถูกห้ามอ่านหนังสือพิมพ์และวารสารวิชาการ และไม่ให้รับรู้ข่าวด้านนิวเคลียร์ด้วย เขาจึงเปลี่ยนไปวิจัยทฤษฎีของสภาพนำยวดยิ่ง จนประสบความสำเร็จในการสร้างทฤษฎี Ginzburg-Landau ได้ในที่สุด

ในด้านของความเป็นครูนั้น Ginzburg มีจิตใจกว้างในการรับฟังความคิดของศิษย์และเพื่อนร่วมงาน เพราะเป็นคนที่มีพื้นฐานแน่น จึงสามารถให้ความเห็นในเรื่องต่าง ๆ ได้มาก เวลามีสัมมนาที่สถาบัน Lebedev Ginzburg มักจะให้คำแนะนำดี ๆ แก่ผู้ให้สัมมนาฟิสิกส์ไม่ว่าจะสาขาใด และเวลาผู้บรรยายตอบสับสน Ginzburg จะสรุปประเด็นสำคัญให้ทุกคนที่เข้าฟังเข้าใจว่า ผู้บรรยายกำลังพูดเรื่องอะไร เพื่อให้คนฟังสามารถติดตามเรื่องได้ทัน ดังนั้นนักฟิสิกส์รัสเซียทุกคน จึงชอบเข้าฟังสัมมนาที่ Lebedev Institute ซึ่งมี Ginzburg เป็นผู้อำนวยการ

ชีวิตทำงานของ Ginzburg ทำให้ได้ประสบการณ์ที่หลากหลาย เพราะต้องทำงานภายใต้ความกดดันตลอดเวลา เช่น ต้องทำวิจัยขณะเกิดสงครามโลก ขณะมีการปฏิวัติที่มี Stalin กับ Lenin เป็นผู้นำ และสหภาพโซเวียตกำลังล่มสลาย ประเทศได้จองจำนักโทษการเมืองหลายคน Ginzburg ได้ประกาศต่อต้านการลงโทษหนักลักษณะนี้ และได้เขียนจดหมายถึง Vladimir Putin ให้ปลดปล่อยคนที่ถูกกล่าวหาว่าเป็นศัตรูของชาติ สำหรับเรื่องศาสนานั้น Ginzburg เป็นคนไม่มีศาสนาและไม่นับถือศาสนาใด ๆ อีกทั้งเคยต่อต้านคริสต์ศาสนานิกาย Orthodox และไม่ให้เข้ามาเกี่ยวข้องกับสถาบันการศึกษาของชาติ จึงถูกสถาบันศาสนาประกาศขับไล่ออกนอกประเทศ และในบั้นปลายชีวิต Ginzburg มีบทบาทในการต่อต้านความเชื่อทางไสยศาสตร์ในสังคมรัสเซียมาก

ผลงานเขียนที่สำคัญของ Ginzburg ได้แก่เรื่อง “What Problems of Physics and Astrophysics Seem Now to be Especially Important and Interesting? ใน

วารสาร Soviet Physics Uspekhi Vol. 14 หน้า 21 ปี 1971 ซึ่งได้กล่าวถึงปัญหาสำคัญทางฟิสิกส์ 17 ปัญหา เป็นที่น่าเสียดายที่ Ginzburg ได้จากโลกไปก่อนจะสรุปว่าในปี 2010 ว่า โลกมีปัญหาฟิสิกส์ที่ยิ่งใหญ่น่าสนใจและสำคัญอะไรบ้าง

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. หนังสือ About Science, Myself and Others โดย V.L. Ginzburg ที่จัดพิมพ์โดย Institute of Physics / Taylor and Francis ปี 2004

2. Hohenberg, P. C.; Krekhov, A. P. (2015-04-04). "An introduction to the Ginzburg–Landau theory of phase transitions and nonequilibrium patterns". Physics Reports. 572: 1–42. arXiv:1410.7285. Bibcode:2015PhR...572....1H. doi:10.1016/j.physrep.2015.01.001. ISSN 0370-1573

Donald Glaser (โดนัลด์ เกลเซอร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1960 จากการประดิษฐ์ห้องฟอง (bubble chamber)
ที่ใช้ศึกษาอนุภาคมูลฐาน

Donald Glaser

ภาพจาก www.photo-revival.com / DT COLOURISATIONS BY DOMINIC THOMAS

เหล้าองุ่นเป็นเครื่องดื่มที่สังคมชั้นสูงนิยมดื่มเวลามีงานเลี้ยง ส่วนแชมเปญ (champagne) นั้นเป็นเหล้าองุ่นที่มีฟองมาก จึงมีความพิเศษตรงที่มีรสซาบซ่า

ตำนานเรื่องเล่าของชาวยุโรปกล่าวถึงนักบวชนิกาย Benedict ชื่อ Dom Perignon ซึ่งเมื่อ 350 ปีก่อน ได้รับงานหาวิธีทำเหล้าองุ่นให้ปราศจากฟองอากาศ เพราะสังคมในเวลานั้นเชื่อว่าเครื่องดื่มที่มีฟองเป็นเครื่องดื่มของชนชั้นต่ำ แต่ในขั้นตอนการแสวงหาวิธีกำจัดฟอง Perignon กลับพบวิธีทำให้เหล้าองุ่นมีฟองมากยิ่งขึ้น และได้พบว่าน้ำองุ่นยิ่งมีฟองมาก ก็ยิ่งมีรสดี และทำให้คนดื่มรู้สึกเหมือนว่ากำลังดื่มน้ำอมฤต

ทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า ส่วนเคล็ดของการดื่มที่ทำให้มีรสชาติ คือ ผู้ดื่มที่เป็นสตรีจะต้องไม่ทาปาก หรือกินมันฝรั่งทอดก่อนดื่ม เพราะโมเลกุลไขมันในลิปสติกและมันฝรั่งจะทำให้ฟองอากาศแตก และรสซ่าจะหาย หรือถ้าเปรียบเทียบรสแชมเปญว่าขึ้นกับขนาดของฟองอากาศอย่างไร ผู้เชี่ยวชาญแชมเปญให้ความเห็นว่า ฟองยิ่งมีขนาดเล็กจะยิ่งมีรสดี ดังนั้น การไปดื่มแชมเปญบนดาวพฤหัสบดีจะทำให้รสชาติดียิ่งกว่าการดื่มบนโลก เพราะแรงโน้มถ่วงที่มหาศาลของดาวพฤหัสบดีจะทำให้ฟองอากาศในแชมเปญมีขนาดเล็กมาก

สำหรับกลวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำให้แชมเปญรสดีนั้น มีกระบวนการสองขั้นตอน คือ ในตอนแรกเป็นวิธีการหมักเพื่อทำให้เกิดแอลกอฮอล์ ด้วยการนำเหล้าองุ่นใส่ในขวดที่มียีสต์และน้ำตาล ให้ยีสต์บริโภคน้ำตาล แล้วขับแอลกอฮอล์ออกมา และพร้อมกันนั้นก็ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกมาด้วย ดังนั้น แชมเปญจึงมีความเข้มข้นของ CO_2 ค่อนข้างสูง (ประมาณ 10 กรัม/แชมเปญ 1 ลิตร) ต่อจากนั้นนำแชมเปญไปบรรจุในขวด โดยใช้ความดันประมาณ 5-6 บรรยากาศ

ด้วยเหตุนี้ ทันทีที่มีการเปิดจุกขวด อากาศในขวดก็จะไหลออกในรูปของฟองแก๊ส CO_2 ซึ่งอาจจะมีมวลมากถึง 5 ลิตร จากขวดที่สามารถบรรจุแชมเปญได้เพียง 0.75 ลิตร ฟอง CO_2 ที่ออกมาจากน้ำแชมเปญจะลอยขึ้นเป็นเส้นสายที่ยาวเสมือนสร้อยไข่มุก แต่ปริมาณฟองจะมีมากเพียงใดก็ขึ้นกับความสะอาดของผิวแก้ว คือ ตามจำนวนอนุภาคเล็ก ๆ ที่เกาะติดอยู่ และความซ่าของแชมเปญจะลดลง ๆ เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ เพราะฟอง CO_2 ที่แฝงซ่อนอยู่ในแชมเปญได้หนีออกจากขวดตลอดเวลา

โซดาและเบียร์ก็มีฟองแก๊สเช่นกัน แต่ฟองโซดาจะลอยขึ้นสู่ผิวเร็วกว่าฟองแชมเปญที่ลอยขึ้นด้วยความเร็วที่สูงกว่าฟองเบียร์ ทั้ง ๆ ที่ของเหลวทั้ง 3 ชนิด มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำ และมีสัมประสิทธิ์ความหนืดมากพอ ๆ กัน

การศึกษาวิทยาศาสตร์ของฟองนอกจากจะช่วยเพิ่มรสชาติในการดื่มเหล้าองุ่นแล้ว ยังช่วยในการวิจัยฟิสิกส์ด้วย

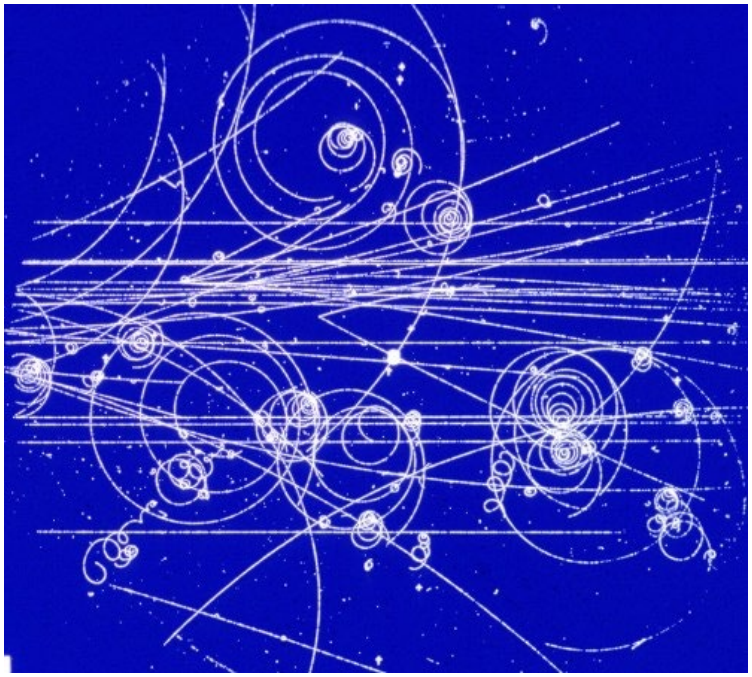
ตามปกติ เวลานักฟิสิกส์ต้องการศึกษานิวเคลียสและอนุภาคมูลฐาน ทุกคนจะรู้สึกเสมือนว่าตกอยู่ในสภาพของคนที่หลงทางในถ้ำลึก จะมีก็เพียงไฟฉายที่อยู่ในมือ ซึ่งช่วยให้เห็นสภาพภายในถ้ำ เฉพาะเวลาที่เปิดไฟเท่านั้น ในทำนองเดียวกัน การค้นพบในวิชานิวเคลียร์และอนุภาคมูลฐานก็ขึ้นกับความสามารถของอุปกรณ์ที่ช่วยให้เห็นอนุภาคเกิดใหม่ หรืออนุภาคที่สลายตัว ซึ่งอาจเป็นอนุภาคที่ทุกคนรู้จักดีแล้ว หรือบางครั้งก็มีอนุภาคประหลาด ที่ไม่มีใครเคยคิดว่าจะมี ดังนั้นการมี “เครื่องตรวจจับอนุภาค” ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่นักฟิสิกส์ปรารถนาจะมี

Ernest Rutherford เป็นบุคคลแรกที่ได้ “เห็น” นิวเคลียสในอะตอมโดยการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาทะลุผ่านแผ่นทองคำเปลว และเห็นปรากฏการณ์แสงวับ (scintillation) บนฉากวาวแสง (fluorescent screen) โดยตำแหน่งที่แสงวับปรากฏแสดงตำแหน่งที่อนุภาคแอลฟาพุ่งไปกระทบ ดังนั้นก่อนเริ่มการทดลอง Rutherford ได้เข้าไปนั่งในห้องมืดเป็นเวลานานประมาณครึ่งชั่วโมง เพื่อปรับสายตาให้ชินกับการเห็นแสงในที่มืด แต่เมื่อถึงวันนี้นักฟิสิกส์ไม่จำเป็นต้องปรับสายตาแล้ว เพราะสามารถแปลงแสงวับเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้แบบดิจิทัล

ห้องฟอง (Bubble Chamber) ที่ Glaser ประดิษฐ์

ภาพจาก nationalmaglab.org

C.T.R. Wilson ก็ได้ประดิษฐ์ห้องเมฆ (cloud chamber) ขึ้น ให้นักฟิสิกส์สามารถบันทึกเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เพื่อถ่ายภาพปฏิกิริยานิวเคลียร์ และศึกษาธรรมชาติของรังสีคอสมิก ทำให้พบอนุภาค positron, pion ฯลฯ ผลงานเหล่านี้ได้ทำให้ Wilson รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1927 แม้ห้องเมฆของ Wilson ยังเป็นที่นิยมใช้ แต่ไม่มีประสิทธิภาพมาก ดังนั้น นักฟิสิกส์จึงต้องพัฒนาอุปกรณ์ชนิดใหม่และได้ใช้ห้องฟองที่ D.A. Glaser ประดิษฐ์



ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นภายในห้องฟอง ภาพจาก galileospendulum.org

Donald A. Glaser เกิดเมื่อวันที่ 21 กันยายน ปี 1926 ที่ Cleveland รัฐ Ohio สหรัฐอเมริกา บิดามารดามีเชื้อชาติรัสเซีย ในวัยเด็ก Glaser เริ่มเรียนที่ Cleveland จนจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา แล้วไปศึกษาต่อด้านฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีที่สถาบัน Case Institute of Technology (ปัจจุบัน คือ มหาวิทยาลัย Case Western Reserve) จนสำเร็จการศึกษาเมื่ออายุ 20 ปี

ต่อจากนั้นได้ไปเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาเอกที่ California Institute of Technology จนจบ ด้วยการทำวิทยานิพนธ์เรื่องการใช้ห้องฟอง เพื่อวิเคราะห์พลังงานและโมเมนตัมของอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ ที่เกิดในปฏิกิริยานิวเคลียร์โดยรังสีคอสมิกจากอวกาศ โดยมี Carl Anderson (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1936 จากผลงานการพบอนุภาค positron) เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

หลังจากที่สำเร็จการศึกษา Glaser วัย 23 ปีได้เป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Michigan และทำงานวิจัยเรื่องรังสีคอสมิก โดยใช้อุปกรณ์ เช่น ห้องเมฆของ Wilson

และแผ่นฟิล์มถ่ายรูป เพื่อค้นหาและตรวจรับอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ จนได้พบว่า ห้องฟองที่ทำด้วยภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด และภายในบรรจุของเหลว เช่น diethyl ether, propane, xenon หรือ hydrogen เหลว ถ้าของเหลวร้อน จนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือด แต่ก็ยังไม่เดือด เพราะมันอยู่ภายใต้ความดันที่สูงมาก แล้วถ้าความดันภายในภาชนะลดลงอย่างทันทีทันใด ของเหลวนั้นจะร้อนจัด (superheat) จนอนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ผ่านของเหลว จะกระตุ้นให้โมเลกุลของเหลวแตกตัวเป็นไอออน ทำให้เกิดฟองอากาศ ปรากฏตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค ในลักษณะเดียวกับควันสีขาวที่พาดข้ามท้องฟ้ายามเครื่องบินเจ็ทบินผ่าน การถ่ายภาพฟองที่เกิดขึ้นสามารถกระทำได้โดยใช้กล้องถ่ายรูป

นวัตกรรมสำคัญที่ Glaser นำมาใช้ในการประดิษฐ์ห้องฟอง คือ การได้พบว่าขณะประจุเคลื่อนที่ผ่านห้องฟอง กับเวลาที่ลดความดันในห้องฟอง จะต้องสอดคล้องกันเพื่อให้กล้องถ่ายภาพสามารถเห็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ในช่วงเวลา 0.001 วินาทีได้

ห้องฟองของ Glaser เริ่มทำงานในปี 1952 โดยใช้ไฮโดรเจนเหลวเป็นสารบรรจุอยู่ภายในภาชนะรูปทรงกระบอกแก้วที่ยาว 3 เซนติเมตร

Glaser เล่าว่า ความคิดที่เขาใช้ในการประดิษฐ์ห้องฟองนั้น มิได้เป็นไปตามตำนานที่เล่าว่าเขาได้ความคิดจากการสังเกตฟองอากาศในแก้วเบียร์ และเมื่อนักฟิสิกส์ทราบว่าห้องฟองมีหลักการทำงานที่ง่ายมาก Enrico Fermi (ฟิสิกส์โนเบลปี 1938) ได้เคยกล่าวปรามาสว่า ห้องฟองของ Glaser จะไม่มีวันเห็นอนุภาคอะไรได้เลย

หลังจากที่ประสบความสำเร็จแล้ว Glaser ได้พัฒนาห้องฟองให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีของเหลวที่ใช้บรรจุคือ propane เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ Brookhaven National Laboratory ของสหรัฐฯ โดยมี Martin Perl (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1995 จากผลงาน

การพบอนุภาค tau electron) เป็นนักฟิสิกส์คนแรก ๆ ที่นำห้องฟองไปใช้ศึกษาอนุภาค pion

ปี 1954 เป็นปีที่เครื่องเร่งอนุภาค Bevatron ที่ห้องปฏิบัติการ Berkeley Radiation Laboratory ในอเมริกาเริ่มทำงาน โดยมีห้องฟองของ Glaser ที่ยาว 30 เซนติเมตร และใช้ xenon เป็นสารทำงาน เพื่อศึกษาการกำเนิด และการสลายตัวของอนุภาค kaon หลังจากที่โครงการทดลองนี้ลุล่วง Glaser ได้ย้ายไปทำงานที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย California ที่ Berkeley

อีกหนึ่งปีต่อมา Glaser ก็ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1960 ขณะมีอายุเพียง 34 ปี จึงเป็นคนที่มีอายุน้อยที่สุดคนหนึ่งที่ได้รับรางวัลโนเบลวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะในสาขาใด ๆ ก็ตาม

ในเวลาต่อมานักฟิสิกส์ได้ใช้ห้องฟองศึกษาธรรมชาติของอนุภาคมูลฐานอีกนานกว่าสองทศวรรษ เช่น Luis Alvarez ได้สร้างห้องฟองขนาดใหญ่ ที่ใช้ไฮโดรเจนเหลวซึ่งประกอบด้วยโปรตอนเป็นสารทำงาน นี่เป็นผลงานสำคัญที่ทำให้ Alvarez ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1968 จากการพบอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ มากมาย เพราะทำให้เข้าใจอันตรกริยาระหว่างอนุภาคเหล่านั้นด้วย ภาพถ่ายที่ได้จากห้องฟองเพราะได้ช่วยในการวิเคราะห์เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดจากอันตรกริยาระหว่างอนุภาคได้อย่างละเอียด

ตั้งแต่ปี 1980 เป็นต้นมา เทคโนโลยีการวัด ถ่าย และวิเคราะห์ภาพในห้องฟองได้เปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แทน และใช้แผง multiwire ซึ่งประกอบด้วยเส้นลวดขนาดเล็กที่เรียงรายอยู่กันอย่างแน่น ห้องฟองจึงได้ลดบทบาทลง จนปัจจุบันแทบไม่มีใครใช้อุปกรณ์นี้ศึกษาอนุภาคมูลฐานอีก ในอนาคตนักฟิสิกส์บางคนกำลังคิดจะใช้ห้องฟองค้นหาสสารมืด

หลังจากที่ประสบความสำเร็จสูงสุดด้วยการพิชิตรางวัลโนเบลแล้ว ในปี 1961 แล้ว Glaser ในวัย 35 ปี ได้เบนความสนใจจากฟิสิกส์อนุภาคมูลฐานไปศึกษาชีววิทยาเชิงโมเลกุล ไวรัส การเจริญเติบโตของเซลล์ รวมถึงวิวัฒนาการของแบคทีเรียว่า ทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนังได้อย่างไร

ตามปกติ Glaser เป็นคนชอบทำงานอิสระ ไม่ชอบทำงานเป็นกลุ่ม และประสบความสำเร็จในการพัฒนาตัวยา interleukin กับ interferon เพื่อใช้รักษามะเร็ง โดยบริษัทที่ Glaser จัดตั้ง คือ Cetus Corp ซึ่งมีชื่อเสียงจากการสนับสนุนงานวิจัย Kary Mullis ในการประดิษฐ์เทคโนโลยี Polymerase Chain Reaction (PCR) ที่ใช้ผลิต DNA ปริมาณมาก ผลงานนี้ทำให้ Mullis ได้รับรางวัลโนเบลเคมีประจำปี 1993

ประสบการณ์ของ Glaser ในการทำให้เห็นปรากฏการณ์ฟิสิกส์เป็นไปอย่างอัตโนมัติได้ มีส่วนช่วยในการวิจัยชีววิทยาโมเลกุลด้วย เมื่อ Glaser หันมาสนใจความสามารถในการเห็นของตา และความสามารถของสมองในการแปลความหมายของภาพที่เห็น นี่คืองานด้านประสาทวิทยาที่ Glaser สนใจมากเป็นพิเศษ

ชีวิตของ Glaser แสดงให้เห็นว่าเขาเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจธรรมชาติหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็นฟิสิกส์ เคมี หรือชีววิทยา ตั้งแต่ฟิสิกส์อนุภาคมูลฐานไปจนถึงประสาทวิทยา

Glaser ได้ถึงแก่กรรม เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ ปี 2013 ที่ Berkeley, California สิริอายุ 86 ปี

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Uncorked: The Science of Champagne โดย Gérald Ligen – Belair จัดพิมพ์โดย Princeton University Press ปี 2004

2. Anne Pinckard (21 July 2006). "Front Seat to History: Summer Lecture Series Kicks Off – Invention and History of the Bubble Chamber". Berkeley Lab View Archive. Lawrence Berkeley National Laboratory. Archived from the original on 2017-12-24. Retrieved 2009-10-03.

Abdus Salam (อับดุส ซาลาม)
Steven Weinberg (สตีเวน ไวน์เบิร์ก)
Sheldon Glashow (เชลดอน แกลชอว์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1979 จากการเสนอทฤษฎีอันตรกิริยาอย่างอ่อน (Electroweak Theory)

Sheldon Glashow, Abdus Salam และ Steven Weinberg (ตามลำดับ)

ภาพจาก www.gettyimages.com

Abdus Salam เป็นนักฟิสิกส์มุสลิมคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1979 ร่วมกับ Steven Weinberg (1933–2021) และ Sheldon Glashow (1932-ปัจจุบัน) ซึ่งเป็นชาวอเมริกันจากผลงานการเสนอทฤษฎี electroweak ที่ได้จากการรวมทฤษฎีอันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interaction) กับทฤษฎีอันตรกิริยาอย่างอ่อน (weak interaction) เข้าเป็นหนึ่งเดียว และเมื่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ทฤษฎีนี้ทำนายล้วนได้รับการยืนยันจากการทดลองว่าถูกต้องในทุกประเด็น คนทั้งสามจึงได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกัน

นอกจากจะมีชื่อเสียงโด่งดังในฐานะผู้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์แล้ว Salam ยังเป็นนักเคลื่อนไหวทางวิชาการที่มีความจริงจังในอุดมการณ์มาก โดยมุ่งมั่นทำความฝันให้เป็นจริงอย่างแข็งขันด้วยการชักชวนผู้นำของประเทศที่กำลังพัฒนาและด้อยพัฒนาให้ตระหนักในการใช้วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีพัฒนาประเทศของตน จากนั้นได้รณรงค์ให้องค์การ UNESCO สนับสนุนในการจัดตั้งสถาบัน International Center for Theoretical Physics (ICTP) ที่เมือง Trieste ในอิตาลีจนเป็นผลสำเร็จ เมื่อปี 1964

ประเด็นที่น่าสนใจของอัจฉริยะท่านนี้ คือการเป็นนักฟิสิกส์ผู้ถือกำเนิดในปากีสถาน ซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา เมื่อเติบใหญ่มีความสามารถทางฟิสิกส์ที่ทัดเทียมกับนักฟิสิกส์อัจฉริยะในประเทศที่พัฒนาแล้ว จนโลกยอมรับว่าในหนึ่งสหัสวรรษที่ผ่านมา Salam เป็นนักฟิสิกส์มุสลิมผู้ยิ่งใหญ่ที่สุด นับตั้งแต่ยุคของปราชญ์ Hasan Ibn al-Haytham (965-1040) ซึ่งเป็นทั้งนักคณิตศาสตร์ นักดาราศาสตร์และนักฟิสิกส์มุสลิมผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดในคริสต์ศตวรรษที่ 10 อันเป็นยุคทองของวิทยาศาสตร์ในโลกอิสลาม

Abdus Salam (Salam แปลว่า ผู้รับใช้สันติภาพ) การใช้เพียงชื่อต้นกับชื่อสกุลทำให้ Salam แตกต่างจากชาวมุสลิมทั่วไปที่นิยมใช้ตั้งแต่ 3 ชื่อขึ้นไป

Salam เกิดเมื่อวันที่ 29 มกราคม ปี 1926 ที่เมือง Jhang (ในเวลานั้นเมืองอยู่ในอินเดีย) ซึ่งอยู่ห่างจากนครหลวง Islamabad ของปากีสถานไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 300 กิโลเมตร บ้านที่ Salam เกิดมีเพียง 2 ห้อง เพราะครอบครัวมีฐานะยากจน บ้านจึงไม่มีไฟฟ้าใช้ จนต้องจุดตะเกียงน้ำมันก๊าดเวลาอ่านหนังสือในเวลากลางคืน บิดาเป็นข้าราชการผู้น้อยในกระทรวงศึกษาธิการ และเป็นคนที่เคร่งศาสนา

มาก แต่ก็สนับสนุนลูกชายให้ได้เรียนหนังสืออย่างเต็มที่ เพื่อจะได้เป็นข้าราชการเมื่อเติบใหญ่

เมื่อเรียนจบระดับมัธยมศึกษา Salam วัย 14 ปี ได้ทุนไปเรียนต่อที่วิทยาลัย Government College ในเมือง Lahore โดยทำคะแนนได้มากที่สุดในประวัติการสอบเข้า ความเก่งและฉลาดของ Salam ทำให้บรรดาชาวเมือง Jhang รู้สึกยินดี ชื่นชมและภาคภูมิใจมาก

อีก 3 ปีต่อมา Salam ได้เผยแพร่งานวิจัยชิ้นแรกเรื่องการหาผลเฉลยของชุดสมการที่ Srinivasa Ramanujan (1887–1920) ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์อัจฉริยะที่ได้เคยเสนอวิธีหาไว้ แต่วิธีการแก้สมการของ Salam สามารถเข้าใจได้ง่ายกว่า กระชับ และกระทัดรัดกว่า

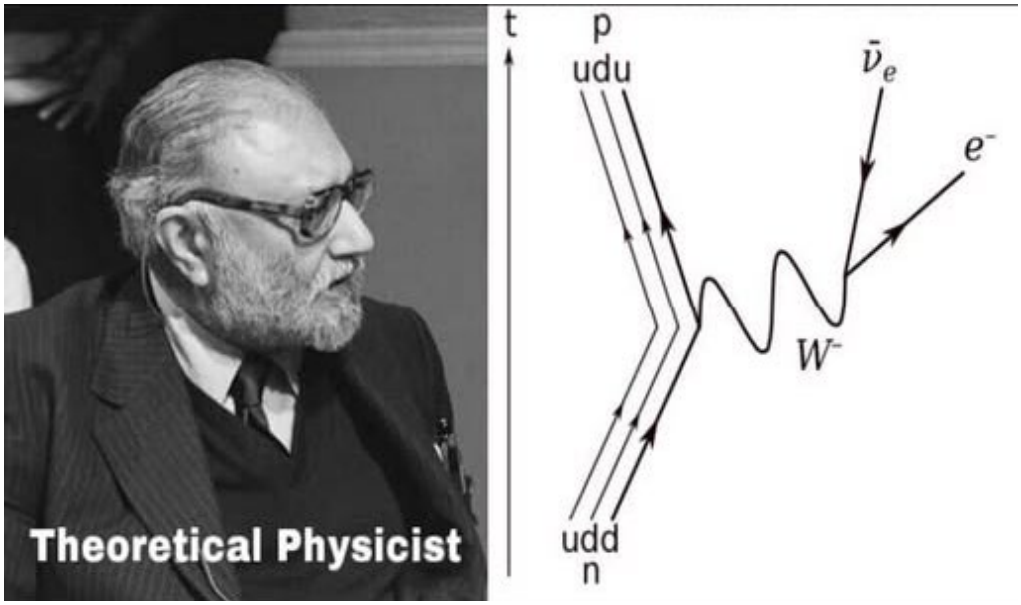
เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 การรับสมัครสอบเข้ารับราชการในอินเดียต้องหยุดตามปกติ Salam ชอบคณิตศาสตร์มาก ดังนั้นจึงเข้าเรียนคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Punjab จนกระทั่งจบการศึกษาระดับปริญญาโท จากนั้นไม่นานก็ได้ทุนไปเรียนต่อต่างประเทศที่วิทยาลัย St. John’s College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ในอังกฤษ เพื่อเข้าเรียนระดับปริญญาตรีคณิตศาสตร์ (เพราะมาตรฐานการศึกษาของอินเดียต่ำกว่าของอังกฤษ ดังนั้นแม้ Salam จะจบโทในอินเดีย แต่ก็ต้องเข้าเรียนตรีที่อังกฤษ) ในเวลาเดียวกันก็เรียนฟิสิกส์ด้วย โดยมี Paul Dirac เป็นครูสอนกลศาสตร์ควอนตัม และสำเร็จการศึกษาด้วยคะแนนเกียรตินิยมอันดับหนึ่งในสองสาขาวิชา เมื่อรู้ตัวดีว่า เป็นคนไม่มีความอดทน และไม่มีความสามารถในการทดลองฟิสิกส์เลย Salam จึงขอให้ Nicholas Kemmer เป็นที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ทางฟิสิกส์ทฤษฎี เรื่องสมบัติของอนุภาค

pion และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในปี 1952 ในเวลานั้น Salam มีอายุเพียง 26 ปี

ในช่วงเวลานั้นนักฟิสิกส์ทฤษฎีทั่วโลกกำลังสนใจการใช้เทคนิค renormalization เพื่อคำนวณมวลและประจุสุทธิของอิเล็กตรอนโดยใช้ทฤษฎี Quantum Electrodynamics (QED) ของ Julian Schwinger, Sin-Itino Tomonaga, Richard Feynman กับ Freeman Dyson ดังนั้นในการทำวิจัยหลังปริญญาเอก Salam จึงใช้ทฤษฎี QED วิเคราะห์สมบัติของอนุภาค meson ซึ่งเป็นอนุภาคสื่อในอันตรกิริยาอย่างเข้ม (strong interaction) และสามารถหาคำตอบที่ต้องการวัดได้ภายในเวลาเพียงหนึ่งสัปดาห์ เมื่อ Paul Matthews ซึ่งเป็นเพื่อนสนิทรู้ข่าวนี้ Matthews ซึ่งได้ทุนวิจัยจากสถาบัน Institute for Advanced Study ที่ Princeton ในสหรัฐอเมริกา จึงชวน Salam ให้เดินทางไปทำงานวิจัยร่วมกัน คนทั้งสองทำงานสำเร็จลุล่วงหลายชิ้น ผลที่ตามมา คือ วงการฟิสิกส์ทฤษฎีรู้สึกตื่นเต้นในความสามารถของหนุ่มปากีสถานมาก

ในปี 1953 Salam ได้เดินทางกลับปากีสถาน เพื่อเข้าพิธีสมรสและรับตำแหน่งศาสตราจารย์คณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัย Punjab และ Government College ด้วยความหวังสูงว่าจะพยายามพัฒนาฟิสิกส์ในปากีสถานให้ก้าวหน้าทัดเทียมโลกตะวันตก แต่ Salam กลับพบว่าความฝันอันสูงสุดของเขากับวิถีชีวิตในการทำงานที่นั่น เป็นเรื่องที่ไปด้วยกันไม่ได้ เพราะปากีสถานขาดแคลนคนที่สนใจฟิสิกส์อย่างจริงจัง และอุปกรณ์ที่ใช้ทำวิจัย เมื่อเวลาผ่านไป ๆ Salam ก็พบว่าตนกำลังสูญเสียความสามารถและความกระตือรือร้นในการวิจัยฟิสิกส์อย่างรวดเร็ว เพราะไม่มีโอกาสได้เสวนาฟิสิกส์กับใคร อีกทั้งไม่มีวารสารฟิสิกส์ที่ทันสมัยให้อ่านด้วย นอกจากนี้บรรดาอาจารย์มหาวิทยาลัยที่ปากีสถานก็ไม่มีใครทำงานวิจัยฟิสิกส์อย่างจริงจัง Salam จึงไม่มีเพื่อนที่สนใจปัญหาที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่ตนสนใจมาแลกเปลี่ยนความเห็น จึงตัดสินใจลาออก เพื่อกลับไปใช้

ชีวิตเป็นนักฟิสิกส์เต็มตัวที่อังกฤษ และได้เข้ารับตำแหน่งอาจารย์ที่วิทยาลัย St. John's College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ในปี 1956



Abdus Salam กับการอธิบายการสลายตัวของอนุภาคนิวตรอน (n) เป็นโปรตอน (p) พร้อมกับคายอนุภาค (W^-) ในอันตรกิริยาอย่างอ่อน ภาพจาก Physicist Page

ในปี 1953 Clyde Cowan กับ Frederick Reines (Reines ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1995 แต่ Cowan ไม่ได้รับ เพราะได้เสียชีวิตไปก่อน) จากการพบอนุภาค neutrino และ T. D. Lee กับ C. N. Yang (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1957) ได้พบหลักการ Parity Violation ในอันตรกิริยาอย่างอ่อน (weak interaction) เพื่ออธิบายความอสมมาตรในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ทำให้ electron ที่ถูกปล่อยออกมามี spin ซ้ายมากกว่า spin ขวา Salam ได้พบว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้ โดยใช้สมการของ Dirac (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933) และให้มวลของอนุภาคนิวตริโนมีค่าเป็นศูนย์ ทว่าผลงานนี้ไม่ได้รับการตีพิมพ์ เพราะ Salam ถูก Wolfgang Pauli (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1945) กล่าวตำหนิว่า คิดเหลวไหล

ข่าวความสำเร็จที่โลกภายนอกไม่รู้นี้ทำให้ Patrick Blackett (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1948) ซึ่งในเวลานั้นเป็นหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ที่ Imperial College มหาวิทยาลัยลอนดอนเชิญ Salam วัย 31 ปี ไปรับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎีที่ Imperial College และ Salam ได้ตัดสินใจรับ เหตุการณ์นี้ทำให้ชาวปากีสถานทั้งประเทศรู้สึกภาคภูมิใจมาก ที่ชาวปากีสถานได้เป็นศาสตราจารย์ในมหาวิทยาลัยของอังกฤษ

Salam เริ่มสร้างนักฟิสิกส์ทฤษฎีที่มุ่งศึกษาสมบัติของอนุภาคมูลฐาน จนมีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลก เมื่อศิษย์ของ Salam ชื่อ Yuval Ne'eman กับ Salam ได้ร่วมกันเสนอทฤษฎี พร้อม ๆ กับ Murray Gell-Mann (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1969) ว่า quark มี 3 ชนิด คือ up, down และ strange เป็นองค์ประกอบของโปรตอนกับนิวตรอน และได้พยากรณ์อีกว่า เอกภพจะต้องมีอนุภาค omega minus ด้วย ในที่สุดคำทำนายก็เป็นจริง เมื่อทีมวิจัยภายใต้การนำของ Nicholas Samios แห่งห้องปฏิบัติการ Brookhaven ในสหรัฐฯ ได้พบอนุภาคดังกล่าวในปี 1964

จากนั้น Salam กับศิษย์ Ronald Shaw ก็ได้พิสูจน์ว่าทฤษฎี Non-Abelian Gauge ของ C. N. Yang กับ R. Mills ที่ใช้อธิบายอันตรกิริยาอย่างรุนแรงระหว่างอนุภาคนิวคลีออนในนิวเคลียสสามารถนำมาใช้ในทฤษฎีอันตรกิริยาอย่างอ่อนได้ด้วย ผลงานนี้ทำให้ Salam วัย 33 ปี ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของสมาคม Royal Society (F. R. S.) แห่งลอนดอน และเป็นสมาชิกที่มีอายุน้อยที่สุดในเวลานั้น คือ 33 ปี

ลุถึงปี 1967 Salam ประสบความสำเร็จสูงสุดในชีวิต เมื่อสามารถสังเคราะห์ทฤษฎีอันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้ากับทฤษฎีอันตรกิริยาอย่างอ่อนเข้าเป็นทฤษฎีหนึ่งเดียว เรียกว่าทฤษฎี electroweak (คำนี้ Salam เป็นคนบัญญัติ) เพราะสามารถอธิบายปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้ากับปรากฏการณ์กัมมันตรังสีได้ด้วย และได้ไปบรรยาย

ผลงานนี้ในที่ประชุม Nobel Symposium แห่งปี 1967 ที่ Stockholm สวีเดน แต่ไม่มีใครสนใจมาก แม้แต่ Murray Gell-Mann (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1969) ซึ่งเป็นประธานของที่ประชุม เวลากล่าวสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการประชุม ก็ไม่ได้เอ่ยถึงผลงานของ Salam ว่าเป็นผลงานที่สำคัญ ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จะใช้สร้างทฤษฎี Standard Model ในเวลาต่อมา

วงการฟิสิกส์เริ่มสนใจผลงานของ Salam เมื่อนักฟิสิกส์ชาวอเมริกันชื่อ Steven Weinberg กับ Sheldon Glashow ซึ่งทำงานวิจัยอย่างอิสระจากกัน ได้เสนอผลงานที่มีเนื้อหาและผลลัพธ์เดียวกับทฤษฎี electronweak ของ Salam ซึ่งทำนายว่าเอกภพจะต้องมีอนุภาค W^+, W^-, และอนุภาค Z^0 ที่มีมวลและมีประจุ + , - , กับ 0 ตามลำดับ โดยอนุภาคทั้งสามนี้จะเกิดเวลานิวเคลียสกัมมันตรังสีสลายตัว ทฤษฎียังทำนายอีกว่าอันตรกิริยา neutral current ที่ไม่มีการเปลี่ยนประจุ และใช้อนุภาค Z^0 เป็นสื่อ ก็สามารถเกิดได้ด้วย เมื่อคำทำนายทั้งหมดได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง โดยนักวิจัยที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์ของยุโรป (CERN) ที่ Geneva ในสวิสเซอร์แลนด์ นักฟิสิกส์ทั้งสามจึงได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1979 ร่วมกัน

เวลาถูกสัมภาษณ์ Salam เรื่องเหตุผลที่เลือกอาชีพเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎี และเหตุผลที่ต้องเร่ร่อนไปทำงานวิจัยในต่างประเทศ Salam มักตอบว่า เขาชอบคณิตศาสตร์มาก และฟิสิกส์ทฤษฎีเป็นวิชาที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ดังนั้นฟิสิกส์จึงเป็นอาชีพที่ถนัด จะอย่างไรก็ตาม Salam ก็รู้สึกเสียใจที่ต้องจากบ้านเกิดเมืองนอนไปทำงานในอังกฤษ แต่เมื่อตระหนักได้ว่า ถ้าไม่ไปตนก็จะกลายเป็นคนไร้สมรรถภาพทางสติปัญญา ด้วยเหตุผลนี้ Salam จึงได้พยายามช่วยนักวิทยาศาสตร์ในโลกที่สาม ไม่ต้องเดินทางออกนอกประเทศไปทำงานในประเทศที่พัฒนาแล้วเหมือนตน จึงเสนอให้จัดตั้งศูนย์วิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีเพื่อให้นักฟิสิกส์ในประเทศ

ที่ด้อยพัฒนาสามารถเดินทางไปรับการอบรม เพื่อฟื้นฟูความสามารถ และบุกเบิกความสนใจในวิทยาการใหม่ๆ โดยทำงานวิจัยร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำของประเทศที่พัฒนาแล้ว ในช่วงเวลาสั้นๆ ที่สถาบัน International Center for Theoretical Physics (ICTP) ที่ Trieste ในอิตาลี

เมื่อกรอบความคิดนี้ตกผลึก Salam ได้นำความฝันนี้ไปเขียนเป็นโครงการขอความช่วยเหลือและความสนับสนุนจากองค์การ UNESCO และจากบรรดาผู้นำของประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประธานาธิบดี John F. Kennedy ของสหรัฐอเมริกา, นายกรัฐมนตรี Zhou En-lai ของจีน, ประธานาธิบดี Francois Mitterand ของประเทศฝรั่งเศส, และนายกรัฐมนตรี Margaret Thatcher ของอังกฤษ ครั้นเมื่อผู้นำทุกคนเห็นด้วยและเห็นชอบ สถาบัน ICTP จึงอุบัติ ผลงานนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทุกคนยอมรับว่านอกจาก Albert Einstein แล้ว ยังไม่มีนักฟิสิกส์คนใดในโลกมีอิทธิพลบนเวทีวิชาการนานาชาติมากเท่า Abdus Salam

ในปี 1964 ที่ ICTP ถือกำเนิด Salam ได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้อำนวยการคนแรกของสถาบัน และได้ครองตำแหน่งนี้จนกระทั่งเดือนธันวาคม ปี 1993 เมื่อ Salam ล้มป่วยด้วยโรคพาร์กินสัน จนทำให้ไม่สามารถบริหารสถาบันได้อีกต่อไป

ตามปกติเวลามีสุขภาพดี Salam จะทำงานหนักถึงวันละ 15 ชั่วโมง และได้จัดแบ่งเวลาทำงานบริหารในช่วงเช้า และให้ช่วงบ่ายเป็นเวลาทำงานวิจัย ผู้ร่วมวิจัยของ Salam มีหลายคน เช่น John Strathdee, John Ward และ Paul Matthews คนเหล่านี้ทุกคนมีความรู้สึกว่า Salam เป็นคนมีอัธยาศัยเป็นมิตรกับทุกคนและมีอารมณ์ขัน บุคลิกภาพนี้ได้ทำให้คนที่เข้าพบและสนทนาด้วยรู้สึกอบอุ่น และนึกไม่ถึงว่า อัจฉริยะคนนี้จะเป็นคนวางตัวสบาย ๆ

ในด้านชีวิตครอบครัว Salam มีภรรยา 2 คน คนแรก เป็นชาวปากีสถานชื่อ Amtul Hafeez Begum และคนที่สอง เป็นนักชีวเคมีชาวอังกฤษ ชื่อ Louise Johnson ซึ่งเธอได้เคยปรารภว่า Salam ไม่มีเวลาให้ครอบครัวมาก แต่จะมีเวลาสำหรับฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์เสมอ

Salam เองเชื่อว่า วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์เพียงหนึ่งเดียวเท่านั้นที่จะทำให้ช่องว่างความเจริญระหว่างประเทศที่ด้อยพัฒนากับประเทศที่พัฒนาแล้วสามารถแคบลงได้ จึงพยายามสนับสนุนให้ประเทศมุสลิมทั่วโลกส่งเสริมการวิจัยวิทยาศาสตร์ให้รุ่งเรืองเหมือนดังที่ปราชญ์มุสลิมในอดีตตั้งแต่ยุคของ Avicenna กับ Ibn al-Haytham เคยทำไว้ จาก ICTP Salam ก็ได้จัดตั้งสถาบันใหม่คือ Third World Academy of Sciences และได้เข้าดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการคนแรกของสถาบันนี้ ตราบจนวาระสุดท้ายของชีวิต

ย้อนอดีตไปถึงตอนที่เริ่มมีชื่อเสียง Salam ได้เคยรับตำแหน่งที่ปรึกษาของประธานาธิบดี Ayub-Khan แห่งสาธารณรัฐปากีสถาน และเป็นสมาชิกในคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสหประชาชาติ แต่เมื่อรัฐบาลของประธานาธิบดี Khan ถูกโค่นอำนาจการปฏิวัติ ความสัมพันธ์ระหว่าง Salam กับรัฐบาลใหม่ของปากีสถานก็เสื่อมลง ๆ จนถึงจุดสิ้นสุดในปี 1974 และหลังจากที่อินเดียประสบความสำเร็จในการทดลองระเบิดปรมาณูลูกแรกที่อินเดียสร้างเอง ประธานาธิบดี Zulfikar Ali Bhutto แห่งปากีสถาน ซึ่งเป็น “ศัตรู” กับอินเดียได้ออกแถลงการณ์ว่าชาวมุสลิมนิกาย Ahmadiyya (ที่มี Salam เป็นสมาชิก) ซึ่งนับถือ Mirza Ghulam Ahmad เป็นศาสดา เป็นพวกนอกรีต จึงถูกห้ามไม่ได้เดินทางไปประกอบพิธีฮัจญ์ที่นคร Mecca ใน Saudi Arabia นอกจากนี้สุเหร่าของคนนิกายนี้ก็ถูกวางเพลิง Salam เอง ถูกห้ามไม่ให้เดินทางไปเยี่ยมเยือนประเทศมุสลิมใด ๆ และเมื่อ Salam ได้รับรางวัลโนเบล

ฟิสิกส์ เขาถูกสั่งห้ามไม่ให้แสดงปาฐกถาวิชาการแม้แต่ในปากีสถานเอง อีกทั้งยังถูกปฏิเสธไม่ให้เข้าพบนาง Benazir Bhutto ซึ่งในเวลานั้นดำรงตำแหน่งนายกรัฐมนตรี โดยนางได้ให้เหตุผลว่า “ไม่มีเวลาให้พบ”

ดังนั้นแม้ Salam จะได้รับเกียรติยศทางวิชาการระดับสูงสุดจากนานาชาติ เช่น เป็นสมาชิกของสมาคมวิชาการทั้งในอังกฤษ อเมริกา สวีเดน รัสเซีย ฯลฯ รวมทั้งสิ้น 24 ประเทศ ได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ 45 ปริญญา จากมหาวิทยาลัยใน 28 ประเทศ ได้รับเหรียญ Atom for Peace และเหรียญ Copley Medal ซึ่งถือเป็นเกียรติสูงสุดจากสมาคม Royal Society ของอังกฤษ รวมถึงได้รับเหรียญและสายสะพาย KBE (Knight of the British Empire) ของอังกฤษ แต่ Salam กลับไม่ได้รับการเชิดชูและเป็นที่ยอมรับในประเทศบ้านเกิดของตนเลย เพราะนับถือศาสนาที่แตกต่างไปจากคนหมู่มาก

ในปี 1984 แพทย์ได้ตรวจพบว่า Salam เริ่มป่วยเป็นโรค supranuclear palsy (อาการหนึ่งในกลุ่มโรค Parkinson) ซึ่งทำให้ร่างกายมีอาการสั่นตลอดเวลา และการเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างยากลำบาก เพราะรู้สึกเจ็บ จนต้องนั่งรถเข็น

ในปี 1993 ทางสถาบัน ICTP ได้จัดงานเลี้ยงเพื่อขอบคุณและอำลาวิทยบุรุษผู้ให้กำเนิดสถาบัน และกำลังป่วยหนัก จนพูดไม่ได้ แต่ยังฟังรู้เรื่อง ในงานเลี้ยงมีนักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบลมาร่วมงานหลายคน เช่น C. N. Yang (ปี 1957) และ S. Weinberg (ปี 1979) แขกผู้มีเกียรติทุกคนได้กล่าวขอบคุณและชื่นชมผลงานของ Salam หลังจากที่ทุกคนได้กล่าวคำสดุดีและขอบคุณแล้ว คนพูดคนสุดท้ายเป็นนักศึกษาหนุ่มจากปากีสถาน ซึ่งได้รับทุนมาศึกษาต่อที่ ICTP หลังจากที่กล่าวคำขอบคุณจบ เขาก็

เดินไปโค้งคารวะ Salam อย่างนอบน้อม และบอก Salam ซึ่งนั่งอยู่บนรถเข็นว่า “Sir, I am a student from Pakistan. We are very proud of you”

Salam ตัวสั่นด้วยความตื้นตันใจ ใบหน้าอาบด้วยหยาดน้ำตาที่ไหลริน

ในที่สุดนักฟิสิกส์รางวัลโนเบลจากปากีสถานที่ถูกเนรเทศออกนอกประเทศ ก็จบชีวิตอย่างสงบ เมื่อเวลาเช้าตรู่ของวันที่ 21 พฤศจิกายน ปี 1996 ศพถูกนำไปฝังที่เมือง Rabwah ในปากีสถาน หลังพิธีศพเจ้าหน้าที่ของรัฐได้ขอให้ครอบครัว Salam ลบคำว่า Muslim ออกจากป้ายหลุมฝังศพ คือ จาก “The First Muslim Nobel Laureate ให้เหลือเพียง “The First Nobel Laureate” ซึ่งไม่ใช่ความหมายที่แท้จริง

ในปี 2000 วิทยาลัย Government College ที่ Salam เคยเรียน ได้อนุมัติตำแหน่ง Salam Professor of Physics เพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลผู้ได้ทุ่มเทชีวิตให้ฟิสิกส์ทุกแห่งหน ทั้งที่ Cambridge, Princeton, London และ Trieste แต่ไม่ประสบความสำเร็จมากในการพัฒนาฟิสิกส์ของประเทศโลกที่สาม

ในปี 2008 Gordon Fraser ได้เรียบเรียงหนังสือชื่อ “Cosmic Anger: Abdus Salam The First Muslim Nobel Scientist” ซึ่งจัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์ Oxford University Press ผู้ประพันธ์ได้เล่าอัตชีวประวัติ สไตล์การทำงานและบทบาททางการเมืองของ Salam ว่ามีความประสงค์จะเก่งฟิสิกส์ (ซึ่งทำได้) และมีความต้องการจะนำโลกที่สามไปสู่ความรุ่งเรืองทางวิทยาศาสตร์ (ซึ่งก็ทำได้ระดับหนึ่ง) Salam จึงเป็นนักฟิสิกส์คนหนึ่งที่ทำอะไรให้โลกได้มากกว่านักฟิสิกส์ทั่วไป แต่กลับเป็นคนที่ประเทศมาตุภูมิ ไม่ให้สร้างอนุสาวรีย์ให้ และห้ามเชิดชูเกียรติ ขณะที่ยังมีชีวิตอยู่

ในปี 2018 นายกรัฐมนตรีของปากีสถาน Nawaz Sharif ได้ออกแถลงการณ์ประกาศให้ National Centre for Physics ที่มหาวิทยาลัย Quaid-i-Azam ใน Islamabad เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น Professor Abdus Salam Centre for Physics

ทฤษฎี Quantum Electrodynamics (QED) ตั้งอยู่บนหลักสมมาตรที่เรียกว่า gauge invariance ซึ่งแถลงว่า ในอันตรกิริยาไฟฟ้าระหว่างประจุ เราสามารถเปลี่ยนค่าของสนามไฟฟ้าได้ โดยใช้สมการที่ไม่เปลี่ยนรูป การที่เป็นเช่นนี้ เพราะอนุภาค photon ซึ่งเป็นสื่อในอันตรกิริยาไฟฟ้า ไม่มีมวล

ในปี 1954 C. N. Yang กับ R. Mills ได้พยายามนำหลักสมมาตรนี้มาใช้ในการสร้างทฤษฎีอันตรกิริยานิวเคลียร์ แต่พบว่าทำไม่ได้ เพราะทฤษฎีได้พยากรณ์ว่า เอกภพจะต้องมีอนุภาคที่ไม่มีมวล แต่มีประจุ ซึ่งในเวลานั้น ยังไม่มีใครพบหรือคิดว่ามีอนุภาคดังกล่าวนั้น

Sheldon Glashow ซึ่งเป็นศิษย์ของ Julian Schwinger (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ 1965) ได้นำหลักการของ Yang-Mills ไปใช้ในการสังเคราะห์อันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้ากับอันตรกิริยาอย่างอ่อนให้เป็นหนึ่งเดียว จึงเสนอว่าพาหะที่ใช้ในอันตรกิริยาทั้งสองแบบจะต้องมี 4 ชนิด นั่นคืออนุภาค photon ที่ไม่มีมวล กับอนุภาค boson อีก 3 ชนิดที่มีมวล ซึ่งจะเกิดเวลาระบบดำเนินไปโดยใช้อันตรกิริยาอย่างอ่อน เพราะสมการมีสมมาตรไม่เหมือนเดิม (คือ แตกความเป็นสมมาตร เหตุการณ์นี้จึงเรียก symmetry breaking) ในเบื้องต้น Glashow ไม่สามารถอธิบายได้ว่า การแตกสมมาตรจะทำให้เกิดอนุภาคใหม่ที่มีมวลได้อย่างไร

ในปี 1964 Robert Brout และ Francois Englert แห่ง University of Brussel ในประเทศเบลเยี่ยม ได้เสนอทฤษฎี spontaneous symmetry breaking ที่สามารถทำ

ให้อนุภาคเกิดใหม่ สามารถมีมวลได้ โดยใช้หลักการว่า ในสุญญากาศมีสนาม Higgs ซึ่งทำหน้าที่เหนี่ยวรั้งอนุภาคทุกชนิด และการต่อต้านลักษณะนี้จะมีค่ามากหรือน้อย สามารถทำให้อนุภาคมีมวลมากหรือน้อยตามไปด้วย

สนาม Higgs ที่มีอนุภาค Higgs จึงเป็นไปในทำนองเดียวกับที่สนามไฟฟ้าที่มีอนุภาค photon

ในปี 1967-8 Steven Weinberg จาก MIT และ Abdus Salam จาก Imperial College จึงนำแนวคิดของ Glashow ไปพัฒนาต่อ โดยกำหนดให้อันตรกิริยาไฟฟ้าและอันตรกิริยาอย่างอ่อนมีพาหะ 4 ชนิด โดยอนุภาคชนิดแรก คือ photon ไม่มีมวล และอีก 3 ชนิด คือ W^+, W^-, และ Z^0 โดยที่อนุภาคทั้งสามมีมวล และ W^+, W^- มีประจุ แต่ Z^0 เป็นกลาง

ตามทฤษฎีนี้ เวลาระบบอนุภาคมีพลังงานสูงมาก อนุภาคพาหะทั้งสี่จะไม่มีมวล และมีอันตรกิริยาต่อกันเวลาอนุภาคอยู่ใกล้กันมาก ขณะนั้นความรุนแรงของอันตรกิริยาไฟฟ้า และอันตรกิริยาอย่างอ่อนจะมากพอ ๆ กัน นักฟิสิกส์กล่าวถึงเหตุการณ์ขณะระบบมีพลังงานสูงว่า อันตรกิริยา electronweak มี gauge symmetry คือ สมการที่ใช้บรรยายมีลักษณะเป็น gauge invariance ที่ไม่เปลี่ยนรูป แม้เราจะเปลี่ยนอนุภาคจากอิเล็กตรอนที่มีประจุ กับนิวตริโนที่ไม่มีประจุก็ตาม

แต่ในระบบที่มีพลังงานต่ำ เช่นในห้องปฏิบัติการทั่วไป เมื่อเหตุการณ์แตกสมมาตรเกิดขึ้น (symmetry breaking) อันตรกิริยาทั้งสองรูปจะมีความรุนแรงแตกต่างกัน และพิสัยของอันตรกิริยาก็แตกต่างกันด้วย แล้วอนุภาค W^+, W^-, และ Z^0 ในอันตรกิริยาอย่างอ่อนก็จะเริ่มมีมวล โดยอาศัยกลไก Brout–Englert–Higgs ทำให้พิสัยของ

อันตรกิริยาค่อนข้างสั้น ส่วนอนุภาค photon จะยังคงสภาพ คือ ไม่มีมวลเหมือนเดิม โดยที่พิสัยของอันตรกิริยาไฟฟ้ามีได้ไกลถึงอนันต์

ทฤษฎีของ Glashow - Salam – Weinberg ได้ทำนายว่ามวลของ W^+, W^-, และ Z^0 มีค่าประมาณ 80-90 พันล้านอิเล็กตรอนโวลท์

การค้นพบอนุภาคทั้งสามในปี 1982-3 ที่ศูนย์ปฏิบัติการนิวเคลียร์ของยุโรป (CERN) ได้ทำให้ Carlo Rubbia กับ Simon van der Meer ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1984

Abdus Salam คือนักฟิสิกส์ทฤษฎีควอนตัมชั้นนำคนหนึ่งของโลกผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 1979 ร่วมกับ Steven Weinberg และ Sheldon Glashow ด้วยการสร้างทฤษฎี Electroweak Theory ที่ได้จากการสังเคราะห์อันตรกริยา 2 ชนิด จาก 4 ชนิดที่มีในธรรมชาติ คือ อันตรกริยาแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interaction) และอันตรกริยาอ่อน (weak interaction)

นอกจากจะมีผลงานฟิสิกส์ระดับสุดยอดแล้ว Salam ยังเป็นนักเคลื่อนไหวเชิงวิชาการที่ได้พยายามทำให้ประเทศที่กำลังพัฒนาทั่วโลกเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนด้วย จึงได้รณรงค์ให้มีการจัดตั้งสถาบัน International Center for Theoretical Physics (ICTP) ขึ้นที่เมือง Trieste ในอิตาลี และ Salam ได้ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการคนแรกของสถาบันนี้จนเกษียณ

ความโดดเด่นของ Salam อยู่ที่เขาเป็นนักฟิสิกส์ชาวปากีสถานแห่งโลกที่สาม ผู้มีความสามารถทางสติปัญญาทัดเทียมกับนักฟิสิกส์ชาวยุโรปและอเมริกาแห่งโลกที่หนึ่ง

จนอาจถือได้ว่า ในช่วง หนึ่งสหัสวรรษที่ผ่านมานี้ Salam เป็นนักวิทยาศาสตร์มุสลิมผู้ยิ่งใหญ่ที่สุด ตั้งแต่ปราชญ์ Ibn al-Haytham ได้ตายจากไป

Abdus Salam (ชื่อนี้แปลว่า ทาสของสันติภาพ) เกิดที่เมือง Jhang ในปากีสถาน เมื่อวันที่ ค.ศ.1926 เมืองนี้ตั้งอยู่ห่างจาก Islamabad ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 300 กิโลเมตร บ้านที่ Salam เกิดมี 2 ห้อง และไม่มีไฟฟ้าใช้ที่บ้าน จึงต้องใช้ตะเกียงน้ำมันก๊าดในการให้แสงสว่าง บิดาของ Salam เป็นข้าราชการชั้นผู้น้อยในกระทรวงศึกษาธิการที่เคร่งศาสนามาก แต่ก็สนับสนุนให้ลูกชายเรียนหนังสือ Abdus Salam เป็นชื่อที่มีเพียง 2 คำ คือชื่อต้นกับชื่อสกุล จึงแตกต่างจากชื่อชาวมุสลิมทั่วไปที่มีตั้งแต่ 3 คำขึ้นไป การมีชื่อสั้นเช่นนี้ คงเพราะ Salam ได้รับอิทธิพลมากจากโลกตะวันตก

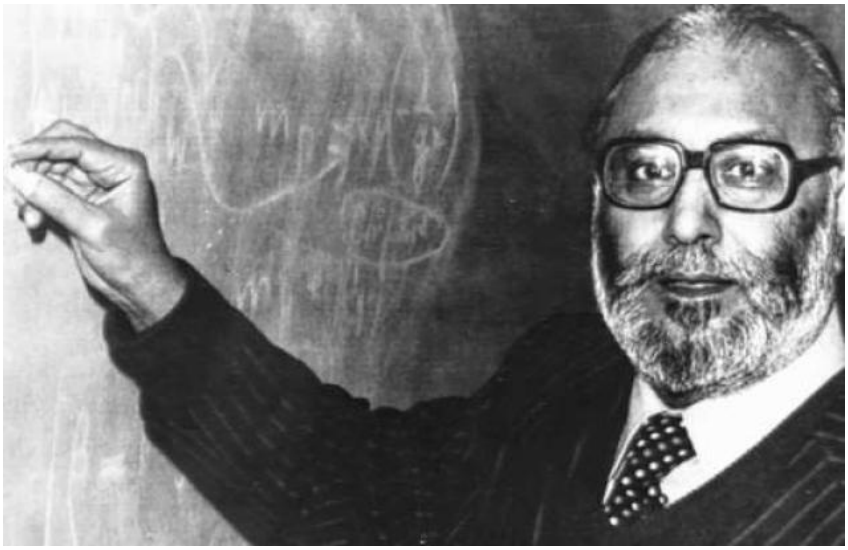
หลังจากที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาในวัย 14 ปี Salam ได้ทุนการศึกษาไปเรียนต่อที่ Government College แห่งเมือง Lahore โดยทำคะแนนได้สูงสุดในประวัติศาสตร์ของการสอบเข้า ความเก่งของ Salam ในครั้งนั้นทำให้ชาวเมืองพากันออกมาแสดงความยินดี และชื่นชม

อีก 3 ปีต่อมา Salam ได้ตีพิมพ์งานวิจัยชิ้นแรก ซึ่งเป็นผลงานคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการหาคำตอบของชุดสมการพีชคณิตที่ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่ง Srinivasa Ramanujan ได้เคยทำมาก่อน แต่เทคนิคของ Salam เป็นอะไรที่เข้าใจได้ง่ายกว่า อีกทั้งกระชับกว่าด้วย

จากนั้นอีกไม่นาน Salam ก็ได้ทุนไปเรียนต่อที่ St.John's College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge เพื่อเรียนฟิสิกส์ และจบปริญญาตรีใน 2 สาขาวิชาคือฟิสิกส์

กับคณิตศาสตร์ ด้วยคะแนนเกียรตินิยมอันดับหนึ่งทั้ง 2 วิชา และสำเร็จปริญญาเอกในปี 1952 เมื่ออายุ 26 ปี

เมื่อประจักษ์ชัดว่า เป็นคนไม่ชอบและไม่มีความสามารถด้านการทดลองฟิสิกส์ เลย Salam จึงไปหาอาจารย์ชื่อ Nicholas Kemmer เพื่อขอทำวิจัยด้านทฤษฎี และ Kemmer ได้แนะให้ไปสนทนากับ Paul Matthews ซึ่งเพิ่งสำเร็จปริญญาเอกใหม่ๆ ว่ามีประเด็นใดที่ Matthews ยังไม่ได้ทำบ้าง



นักวิทยาศาสตร์มุสลิมผู้พิชิตโนเบลคนแรก ภาพจาก comsats.org

ในช่วงเวลานั้นนักฟิสิกส์ทฤษฎีกำลังสนใจเทคนิค renormalization ในทฤษฎี Quantum Electrodynamics (QED) ของ Julian Schwinger, Sin-Itino Tomonaga, Richard Feynman และ Freeman Dyson โดย Matthews ได้ใช้ทฤษฎี QED นี้ศึกษาสมบัติของอนุภาค meson ในอันตรกริยารุนแรง (strong interaction) และพบว่าผลงานที่ทำยังไม่สมบูรณ์ จึงขอให้ Salam ช่วย และ Salam ก็ทำได้สำเร็จภายในเวลาหนึ่งสัปดาห์ ซึ่งทำให้ Matthews รู้สึกประทับใจมาก

ดังนั้น เมื่อ Matthews ได้ทุนไปวิจัยที่ Institute for Advanced Study ที่ Princeton ในอเมริกาเป็นเวลา 1 ปี Salam จึงได้ติดตามไปด้วย และทั้งสองได้ผลิตผลงานวิจัยเรื่องแรกชื่อ การทำ renormalization ในทฤษฎี meson ซึ่งได้ทำให้วงการฟิสิกส์ตื่นเต้นในความสามารถของหนุ่มปากีสถานวัย 26 ปีคนนี้มาก

ในปี 1953 Salam เดินทางกลับบ้านเกิด เพื่อเข้ารับตำแหน่งศาสตราจารย์คณิตศาสตร์แห่ง Punjab University และ Government College ด้วยความหวังที่เปี่ยมล้นว่าจะพัฒนาวิทยาศาสตร์ในประเทศปากีสถานให้ทัดเทียมประเทศในโลกตะวันตก แต่ได้พบว่าความฝันนี้เป็นไปแทบไม่ได้ นอกจากนี้ Salam ยังพบอีกว่า ตนเองก็กำลังสูญเสียความสามารถทางวิชาการอย่างรวดเร็ว เพราะไม่ได้ติดต่อหรืออ่านวารสารวิจัยฟิสิกส์เลย และไม่มีใครในมหาวิทยาลัยทำงานวิจัยมาก Salam จึงไม่มีเพื่อนที่มีความสนใจใกล้เคียงมาสนทนาแลกเปลี่ยนความเห็นกันเลย ในที่สุด Salam ได้ตัดสินใจลาออกจากมหาวิทยาลัย แล้วเดินทางกลับไปใช้ชีวิตเป็นนักฟิสิกส์เต็มตัวที่อังกฤษ โดยเข้ารับตำแหน่งอาจารย์ที่ St.John's College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ในปี 1956

เมื่อนักฟิสิกส์พบอนุภาค neutrino และ T.D.Lee กับ C.N.Yang ได้เสนอทฤษฎี Parity Violation ในอันตรกริยาอ่อน Salam ได้พยายามอธิบายที่มาของทฤษฎี Non-Conservation of Parity นี้ โดยใช้สมการ Dirac ในกรณีที่มวล m ของอนุภาคเท่ากับศูนย์ และได้ผลว่า neutrino จะมี spin ทิศเดียว และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าแสง ดังนั้นเวลานักทดลองสังเกตดูอนุภาคนี้ในกระจก ทิศของ spin จะย้อนกลับ ทำให้เห็นเป็น antineutrino

ผลงานนี้ทำให้ Patrick Blackett (รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี 1948) ซึ่งเป็นหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ที่ Imperial College เชื้อเชิญ Salam วัย 31 ปี ไปครองตำแหน่ง

ศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎีผู้มีอายุน้อยที่สุดแห่ง Imperial College ของมหาวิทยาลัยลอนดอน และ Salam ได้ขอให้ทางมหาวิทยาลัยรับโอน Matthews เข้าเป็นอาจารย์ด้วย

คนทั้งสองได้ร่วมกันผลักดัน และสร้างกลุ่มวิจัยด้านฟิสิกส์ทฤษฎีของอนุภาคมูลฐานที่ใช้ Group Theory เสาะหาอนุภาคใหม่ๆ จนภาควิชาฟิสิกส์ของ Imperial College มีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลก โดยเฉพาะศิษย์ของ Salam ที่ชื่อ Yuval Ne'eman นั้นได้เสนอทฤษฎี "Eight-Fold Way" ซึ่งนำไปสู่การพบอนุภาคตัวใหม่ คือ omega minus

นอกจากนี้ Salam กับลูกศิษย์ชื่อ Ronald Shaw ก็ยังได้พิสูจน์อีกว่าทฤษฎี Non-Abelian Gauge Theory ของ Yang และ Mills ที่ใช้ใน strong interaction สามารถนำไปใช้ใน weak interaction ได้ด้วย ผลงานเหล่านี้ทำให้ Salam ได้รับเลือกให้เป็นสมาชิกของ Royal Society ในปี 1959

ในปี 1967 Salam ได้ประสบความสำเร็จสูงสุดในชีวิต เมื่อสามารถสร้างทฤษฎีที่รวมอันตรกริยาไฟฟ้ากับอันตรกริยาอ่อนได้เป็นทฤษฎี electroweak แต่ในงานสัมมนา Nobel Symposium ที่ Stockholm Salam ได้แถลงทฤษฎีของเขา ไม่มีใครสนใจ เพราะแม้แต่ Murray Gellmann (รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี 1969) ซึ่งทำหน้าที่สรุปความสำคัญและประเด็นสำคัญของการสัมมนา ก็ไม่ได้เอ่ยพาดพิงถึงผลงานของ Salam เลย แวดวงฟิสิกส์เริ่มให้ความสนใจในผลงานเมื่อ Steven Weinberg กับ Sheldon Glashow ซึ่งทำงานวิจัยอย่างอิสระจาก Salam ได้เสนอผลงานที่มีเนื้อหาและให้ผลลัพธ์เดียวกัน คือทำนายว่า เอกภพมีอนุภาค W และอนุภาค Z ที่ยังไม่มีใครเคยเห็น และทฤษฎียังทำนายว่ามีปรากฏการณ์ neutral current ด้วย ซึ่งคำทำนายเหล่านี้ทุก

ประเด็นได้รับการยืนยันโดยนักฟิสิกส์ที่ CERN ซึ่งทำงานอยู่ใกล้กรุง Geneva ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ผลงานนี้ทำให้นักฟิสิกส์ทั้งสามได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 1979 ร่วมกัน

ในด้านความรู้สึกส่วนตัวของ Salam นั้น เขารู้สึกเสียใจที่ต้องจากบ้านเกิดเมืองนอนไปทำงานวิจัยฟิสิกส์ที่อังกฤษ แต่ก็ตระหนักดีว่า ถ้าไม่ไปตนก็จะกลายเป็นคนไร้สมรรถภาพทางสมอง ครั้นเมื่อประสบความสำเร็จจนเป็นที่ยอมรับทั่วโลกแล้ว Salam ก็ได้พยายามช่วยเหลือนักวิทยาศาสตร์คนอื่นๆ ไม่ให้ต้องละทิ้งประเทศของตนไปทำงานในต่างประเทศบ้าง

ดังนั้น จึงได้คิดจัดตั้งสถาบันฟิสิกส์ทฤษฎีนานาชาติขึ้น เพื่อเป็นศูนย์รวมให้นักฟิสิกส์จากประเทศต่างๆ ในโลกที่สามได้มาฟื้นฟูความสนใจและปฏิบัติการวิจัยร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำของโลกเป็นเวลาสั้นๆ ที่สถาบันซึ่งจะมีชื่อว่า International Center for Theoretical Physics (ICTP) ที่เมือง Trieste ในอิตาลี

Salam ได้นำความคิดนี้ไปเจรจาขอความร่วมมือจาก UNESCO และนักการเมืองชั้นนำของโลก เช่น John F. Kennedy, Zhou En-lai, Francois Mitterand และ Margaret Thatcher จนทำให้นักวิชาการทั่วโลกตระหนักว่า นอกจาก Einstein แล้วไม่มีนักฟิสิกส์คนใดมีอิทธิพลบนเวทีวิชาการมากเท่า Salam

Abdus Salam รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ จาก King Carl XVI แห่งสวีเดน เมื่อปี 1979

ภาพจาก pakistanlink.org

ในที่สุดปี 1964 ICTP ก็ถือกำเนิด โดยมี Salam เป็นผู้อำนวยการคนแรก และ Salam ได้อยู่ในตำแหน่งนี้จนกระทั่งถึงเดือนธันวาคม 1993

ตามปกติ Salam เป็นคนทำงานหนักมากถึงวันละ 15 ชั่วโมง โดยแบ่งเวลาไปทำงานบริหารในตอนเช้า และกำหนดให้ช่วงบ่ายเป็นเวลาทำงานวิจัย บรรดาผู้ร่วมวิจัยกับ Salam ทุกคนต่างก็รู้สึกว่า Salam มีบุคลิกที่มีเสน่ห์ มีอารมณ์ขัน จนรู้สึกอบอุ่นและนึกไม่ถึงว่า อัจฉริยะผู้ยิ่งใหญ่และเก่งมากจะวางตัวสบายๆ เช่นนี้

Salam เชื่อมากว่า วิทยาศาสตร์คือกุญแจเพียงหนึ่งเดียวเท่านั้นที่จะทำให้ประเทศที่ด้อยพัฒนาสามารถเจริญรุดหน้า เขาจึงสนับสนุนให้บรรดาประเทศมุสลิมส่งเสริมการทำงานวิจัยวิทยาศาสตร์เหมือนดังที่เคยทำกันในอดีตตั้งแต่ยุคของ Avicenna และ Ibn al-Haytham ในเวลาต่อมา Salam ได้จัดตั้ง Third World Academy of Sciences ขึ้นและตัว Salam เองได้ดำรงตำแหน่งนายกคนแรกของสถาบัน

ในปี 1958 Salam ได้รับตำแหน่งเป็นที่ปรึกษาของประธานาธิบดี Ayub-Khan แห่งปากีสถาน และเป็นสมาชิกของคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสหประชาชาติด้วย

แต่เมื่อรัฐบาลของ Khan ถูกโค่นอำนาจ ความสัมพันธ์ระหว่าง Salam กับรัฐบาลปากีสถานใหม่ก็เริ่มเสื่อมลง จนถึงจุดแตกหักในปี 1974 เมื่อประธานธิบดี Zulfikar Ali Bhutto (บิดาของนาง Benazir Bhutto) ประกาศว่า ชาวปากีสถานนิกาย Ahmadiyya ที่ Salam เป็นสมาชิกมิใช่มุสลิม แต่เป็นพวกนอกรีต ดังนั้น คนนิกายนี้จึงถูกห้ามเดินทางไป Mecca สุเหร่าของคนนิกายนี้ถูกเผา และถูกปาระเบิด ตัว Salam ถูกห้ามเดินทางไป Saudi Arabia และเมื่อ Salam ได้รับรางวัลโนเบล เขาถูกห้ามไม่ให้ไปบรรยายในที่ใดๆ ในปากีสถาน อีกทั้งไม่ให้พบนาง Benazir Bhutto ซึ่งขณะนั้นกำลังดำรงตำแหน่งนายกรัฐมนตรี ซึ่งให้เหตุผลว่า นางไม่มีเวลาให้พบ

ดังนั้นถึงแม้ Salam จะได้รับเกียรติยศมากมายจากหลายประเทศ เช่นได้เป็นสมาชิกของสมาคมวิชาการใน 24 ประเทศ ทั้งในอเมริกา สวีเดน รัสเซีย ฯลฯ ได้ปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิติมศักดิ์ 45 ปริญญาจาก 28 ประเทศ ได้เหรียญ Atom for Peace และได้รับเหรียญ Copley Medal ซึ่งเป็นเกียรติสูงสุดของ Royal Society รวมถึงได้ยศ KBE (Knight of the British Empire) จากอังกฤษ แต่กลับไม่ได้การยอมรับในบ้านเกิดของตนเอง

ในช่วงกลางทศวรรษที่ 1980 Salam ได้รับการตรวจพบว่าเป็นโรค supranuclear palsy (อาการคล้าย Parkinson) ที่ร่างกายตัวสั่นตลอดเวลา ทำให้เคลื่อนไหวลำบากต้องนั่งรถเข็น แต่ก็ยังพยายามทำงานวิจัย

ในปี 1993 ทาง ICTP ได้จัดงานที่ระลึกเป็นเกียรติแก่ Salam ซึ่งถือเป็นการอำลาครั้งสุดท้ายแก่ผู้ให้กำเนิดสถาบัน เพราะ Salam กำลังป่วยมากแล้ว และพูดไม่ได้เลย แต่ก็ยังฟังรู้เรื่อง ได้มีนักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบลมาร่วมงานสดุดีหลายคน และทุกคนต่างก็ได้กล่าวชื่นชมผลงานของ Salam หลังจากที่แขกผู้มีเกียรติทุกคนได้พูดแล้ว คนพูดคนสุดท้ายเป็นนักศึกษาหนุ่มจากปากีสถานซึ่งได้ทุนมาเรียนต่อที่ ICTP เมื่อเด็กหนุ่มพูดจบเขาได้เดินเข้าไปโค้งคารวะ Salam อย่างนอบน้อม แล้วบอก Salam ซึ่งนั่งอยู่บนรถเข็นว่า “Sir, I am a student from Pakistan. We are very proud of you”

Salam ตัวสั่นด้วยความตื้นตัน และน้ำตาไหลริน

ในที่สุดนักฟิสิกส์รางวัลโนเบลจากปากีสถานที่ถูกประเทศตัดขาดก็จบชีวิตอย่างสงบเมื่อเวลาเช้าของวันที่ 21 พฤศจิกายน ค.ศ.1996 ศพของเขาถูกนำไปฝังที่เมือง Rabwah ในปากีสถาน และหลังพิธีศพ เจ้าหน้าที่มุสลิมได้ขอให้ครอบครัวลบคำ Muslim ออกจากป้ายหลุมฝังศพ คือจาก “The First Muslim Nobel Laureate ให้เหลือเพียงว่า “The First Nobel Laureate”

แต่ในปี 2000 สถาบัน Government College ที่ Salam เคยเรียนได้จัดตั้งตำแหน่ง Salam Professor of Physics เพื่อเป็นเกียรติแก่ Salam บุคคลผู้ทุ่มเทชีวิตให้ฟิสิกส์ ทุกหนแห่งและตลอดเวลา ทั้งที่ Cambridge, Princeton, London และ Trieste แต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จมากในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ในโลกที่สาม

ในปี 2008 Gordon Fraser ได้เขียนหนังสือชื่อ Cosmic Anger: The First Muslim Nobel Scientist ที่จัดพิมพ์โดย Oxford University Press หนังสือได้บรรยายชีวประวัติ การทำงานฟิสิกส์ และบทบาททางการเมืองของ Salam ว่า Salam ต้องการจะเก่งฟิสิกส์ (ทำได้) และนำปากีสถานสู่ความรุ่งเรืองด้านวิทยาศาสตร์ (ทำได้ระดับหนึ่ง)

หนังสือนี้จึงให้คำอธิบายอะไรที่ครอบคลุมมากกว่าประวัติทั่วไปของนักฟิสิกส์ระดับโลกคนหนึ่งซึ่งเป็น icon ผมครับ

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Wangchuk, Rinchen Norbu (18 October 2019). "'This is Your Prize, Sir.' How a Pak Nobel Laureate Paid Tribute to His Indian Guru". The Better India. Retrieved 31 August 2021.

2. "Steven Weinberg 1933–2021". CERN Courier. July 26, 2021. Retrieved July 31, 2021.

3. Sheldon Glashow, Nobel Prize in Physics for the Electroweak Theory . La Vanguardia, 20 June 2017, raed.academy/wp-content/uploads/2017/06/Sheldon-Lee-Glashow-contraLVeng.pdf.

Roy Glauber (รอย เกลาเบอร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2005 กับผลงานการเสนอทฤษฎีทัศนศาสตร์เชิงควอนตัม

Roy Glauber ในที่ประชุมนักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบล ที่เมือง Lindau ในเยอรมนี เมื่อปี 2016

ภาพจาก Christian Flemming/Lindau Nobel Laureate Meetings

การทำนายชื่อของผู้ที่สมควรจะได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ในแต่ละปี เป็นเรื่องยาก เพราะคณะกรรมการรางวัลฯ ต้องคัดเลือกจากนักฟิสิกส์ที่มีความสำเร็จสูงสุด จากผลงานที่ครอบคลุมตั้งแต่ระดับอะตอมไปจนถึงระดับเอกภพ ในบางครั้งรางวัลก็ให้แก่การค้นพบที่เป็นนามธรรมมาก จนคนธรรมดาทั่วไปไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เลย เช่น การพบหลักการ Symmetry Breaking และการทำ Renormalization ในทฤษฎีสนามควอนตัม ฯลฯ แต่ในบางครั้งรางวัลก็มอบให้แก่ผลงานที่ทุกคนเห็นคุณค่าอย่างชัดเจน เช่น การพบรังสีเอกซ์ และการประดิษฐ์หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) เป็นต้น

รางวัลในปี 2005 เป็นเรื่องที่คาบเกี่ยวทั้งทฤษฎีฟิสิกส์และฟิสิกส์ประยุกต์ คือให้แก่ผลงานทฤษฎีควอนตัมของความอาพันธ์เชิงทัศนศาสตร์ (quantum theory of

optical coherence) ของ Roy J. Glauber วัย 80 ปี แห่งมหาวิทยาลัย Harvard สหรัฐอเมริกา

และอีกครึ่งหนึ่งเป็นของ John L. Hall (1934-ปัจจุบัน) วัย 71 ปี จากมหาวิทยาลัย Colorado ในสหรัฐอเมริกา และ Theodor Hänsch (1941-ปัจจุบัน) วัย 63 ปี จาก Ludwig-Maximilian Universitat เมือง Munich ในเยอรมนี จากผลงานเรื่องการใช้เทคโนโลยี laser spectroscopy สร้าง optical frequency comb ที่สามารถวัดความถี่ของเหตุการณ์ได้ผิดพลาดไม่เกิน 1 หน่วยจาก 10^15 หน่วย (ซึ่งหมายความว่าถ้ามีเลข 15 หลัก การวัดนี้จะให้ผลผิดพลาดเฉพาะเลขตัวสุดท้าย) ซึ่งนับว่ามีคุณค่ามาก เพราะสามารถใช้ตรวจค่าคงตัวในธรรมชาติ (เช่น ความเร็วแสง ค่าคงตัวโบลซ์มานน์ ฯลฯ) ว่า เปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือไม่ รวมถึงใช้ในอุปกรณ์ GPS ที่ช่วยเราในการเดินทาง และวัดค่ามาตรฐานของปริมาณต่าง ๆ

การมอบรางวัลด้าน quantum optics ให้ Glauber ในปี 2005 เป็นเรื่องและเป็นเวลาที่เหมาะสม เพราะเป็นการเฉลิมฉลองวาระครบหนึ่งศตวรรษของการพบอนุภาคแสง (photon) ที่ Einstein ได้นำเสนอในปี 1905 เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ photoelectric

ชีวิตในวัยเด็กของ Glauber ที่ต้องติดตามบิดาไปเร่ขายของ เมื่อปี 1930

ภาพจาก www.nobelprize.org

Roy Glauber เกิดเมื่อวันที่ 1 กันยายน ปี 1925 ในชนบทนอกเมือง New York สหรัฐอเมริกา บิดามีอาชีพเป็นเซลล์แมนที่ต้องร่อนเร่ขายของ โดยการขับรถยนต์ไปตามสถานที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ มารดาเป็นครูสอนระดับประถมศึกษา เมื่ออายุ 2 ขวบ พ่อได้นำ Glauber ติดรถไปไหนมาไหนด้วย เพราะที่บ้านไม่มีคนดูแล จึงต้องแวะพักตามเถียงนาเล็ก ๆ ที่เจ้าของนาเปิดให้นอนค้างคืน Glauber จำได้ว่าเขาต้องเดินทางทุกวัน

เมื่ออายุ 4 ขวบ Glauber รู้สึกตื่นเต้นมากเมื่อได้ยินเสียงคนพูดออกมาจากวิทยุเป็นครั้งแรก เพราะในเวลานั้นเศรษฐกิจของโลกและอเมริกาตกต่ำมาก คนว่างงานมีมาก และบริษัทที่พ่อเป็นพนักงานต้องประสบภาวะล้มละลาย รถที่พ่อใช้ในการเดินทางจึงถูกยึด พ่อจึงต้องใช้รถไฟในการเดินทางไปขายของแทน Glauber รู้สึกตื่นเต้นมาก เพราะไม่เคยโดยสารรถไฟมาก่อน

อีก 2 ปีต่อมาเมื่อ Glauber มีอายุถึงวัยที่ต้องเข้าโรงเรียน ครอบครัวจึงตัดสินใจปักหลักไม่เร่ร่อนเหมือนเมื่อก่อน และเดินทางไป New York เพราะที่นั่นมีย่าและป้าอยู่

การโยกย้ายชีวิตจากบ้านนอกเข้ากรุง เพื่อเรียนหนังสือทำให้ Glauber ต้องปรับตัวและทำใจมาก เพราะสภาพแวดล้อมและผู้คนใน New York มีความแตกต่างไปจากสภาพที่ Glauber คุ้นเคย

บิดาได้ตัดสินใจไปพำนักอยู่นอกเมืองในย่าน Queens ซึ่งเป็นถิ่นอาศัยของคนไม่มีงานทำ และผู้คนส่วนใหญ่ยากจน แต่แม่ซึ่งมีความสามารถในการเย็บปักถักร้อย ได้พยายามหารายได้มาจุนเจือครอบครัว โดยการรับจ้างเย็บผ้า เพราะแม่มีความสามารถในการวาดภาพ จึงแนะนำให้ Glauber หัดวาดภาพด้วยเป็นการระบายอารมณ์เครียดและคลายความวิตกกังวล ในเวลานั้น Glauber มีเพื่อนค่อนข้างน้อย และสภาพแวดล้อมเต็มไปด้วยความหดหู่ แม้แต่ในวันคริสต์มาสแทบทุกบ้านก็ไม่มี Santa Claus มามอบของขวัญให้เด็ก ๆ

เมื่ออายุ 7 ขวบ Glauber รู้สึกตื่นเต้นและประหลาดใจมากที่เห็นหลอดไฟสามารถเปล่งแสงได้สว่างไสวเป็นครั้งแรก และคิดว่าคงมีอะไรบางอย่างที่ไหลออกมาจากปลั๊กไฟเข้าสู่หลอดไฟ เพราะเวลาเขาดึงปลั๊กไฟออก หลอดไฟจะดับ

ในยามว่างจากการเรียนหนังสือ Glauber ชอบประดิษฐ์อุปกรณ์เครื่องใช้ และทำของเล่น เพราะพ่อไม่มีเงินจะซื้อของเล่นให้ และคิดว่าของเล่นเป็นความสุรุ่ยสุร่าย แม้แต่ชิ้นส่วนที่จำเป็นต้องใช้ในการประกอบก็เป็นของหายาก เมื่อลุงเห็นความต้องการของหลาน จึงให้เงินหลานไปสมัครเป็นสมาชิกของวารสาร Popular Mechanics ที่มีบทความดี ๆ ให้ผู้อ่านสามารถสร้างอุปกรณ์ง่าย ๆ ได้ด้วยตนเอง เช่น โต๊ะ ที่คั่นหนังสือ ที่ลับมีด ฯลฯ Glauber จึงหมกมุ่นกับงานประดิษฐ์ และละเลยงานวาดภาพ ทั้ง ๆ ที่ตั้งใจว่าจะวาดภาพให้เก่งเหมือน Michelangelo (1475-1564)

ในชั้น ป.6 ลุงได้กล่าวเตือน Glauber ว่า คงไม่สามารถยึดงานศิลปะเป็นอาชีพได้ เพราะทำเงินได้ไม่มาก ดังนั้นจึงแนะให้ Glauber เลือกอาชีพอื่น และทำงานศิลปะเป็นงานอดิเรก

ในปี 1936 Glauber วัย 10 ปี ได้ย้ายไปเรียนหนังสือที่ Bronx High School of Science เพราะที่ Bronx ไม่มีสถานที่ให้เด็กได้เล่นกีฬา Glauber จึงต้องใช้เวลาว่างอ่านหนังสือในห้องสมุดสาธารณะ และพบว่าชอบอ่านนวนิยายวิทยาศาสตร์ของ Jules Verne (1828–1905) เรื่อง Around the World in Eighty Days กับบทประพันธ์ของ Alexandre Dumas (1802-1870) เรื่อง The Three Musketeers มาก

ในด้านการเรียน ครูที่โรงเรียนได้เริ่มสอนคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยม และดอกเบี้ยทบต้น ฯลฯ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเบื่อ เพราะ Glauber คิดว่า คณิตศาสตร์ที่ตนกำลังเรียนไม่มีประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และได้เริ่มเรียนภาษาฝรั่งเศส ซึ่งต้องใช้ความจำมาก รวมทั้งได้เริ่มเรียนดนตรีด้วย

จนวันหนึ่ง Glauber ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นครั้งแรกในชีวิต และรู้สึกทั้งสนุกสนาน และตื่นเต้นมาก เช่น รู้ว่าเวลาเอาเส้นลวดพันรอบตะปู แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านเส้นลวด ตะปูจะแสดงพฤติกรรมเป็นแม่เหล็กที่สามารถดึงดูดตาปูตัวอื่นได้

ในปี 1937 ครอบครัว Glauber ได้ย้ายที่พักไปอยู่ในย่าน Manhattan เพราะนั่นมีโรงเรียนคุณภาพดีกว่าที่ Bronx Glauber ได้เริ่มเรียนวิชาพีชคณิต พลังงาน และดาราศาสตร์ ครั้นเมื่อได้ไปเยือนท้องฟ้าจำลอง Hayden Planetarium และเห็นแบบจำลองแสดงวงโคจรของดวงจันทร์ ดาวพฤหัสบดี ดาวศุกร์ และดาวเสาร์ รอบดวงอาทิตย์ Glauber เริ่มชอบดาราศาสตร์ จึงพยายามอ่านเนื้อหาในหนังสือสารานุกรมที่มี

ในห้องสมุด และพบว่าหนังสือได้บอกวิธีสร้างกล้องโทรทรรศน์ Glauber จึงพยายามสร้างกล้องโทรทรรศน์ด้วยตนเอง โดยใช้แว่นขยายแทนเลนส์นูน แต่ภาพที่ได้ไม่คมชัด นอกจากนี้ก็ยังเห็นแถบแสงสีรุ้งปรากฏตรงบริเวณขอบภาพด้วย แม้พยายามจะกำจัดสักเพียงใด ก็ทำไม่ได้ จึงเปลี่ยนใจไปสร้างกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงแทน ทำให้สามารถกำจัดความคลาดรงค์ (chromatic aberration) ของเลนส์ได้ และได้ฝึกวิธีฝนเลนส์ และขัดกระจกด้วยตนเอง ในที่สุดก็สามารถใช้กล้องที่ตนประดิษฐ์สังเกตปรากฏการณ์จันทรุปราคาในวันที่ 8 พฤษภาคม ปี 1938 ได้

หลังจากที่มีกล้องโทรทรรศน์เป็นของตนเองแล้ว Glauber วัย 12 ปี เริ่มสนใจทดสอบคุณภาพของกล้องโทรทรรศน์ที่ตนสร้าง และได้เห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางทัศนศาสตร์ เช่น ความคลาดรงค์ โพลาไรเซชัน (polarization) รวมถึงปรากฏการณ์การเลี้ยวเบน (diffraction) ด้วย ทำให้ตระหนักได้ว่า แสงมีความมหัศจรรย์มาก

ในปี 1938 องค์การ The American Institute of the City of New York ได้จัดให้มีการประชุมวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชนเป็นครั้งแรก ในช่วงเวลาที่เป็นเทศกาลคริสต์มาส เพื่อให้เด็ก ๆ ที่สนใจวิทยาศาสตร์ได้พบปะ และแลกเปลี่ยนความรู้กัน ในทำนองเดียวกับการประชุมของนักวิทยาศาสตร์ผู้ใหญ่ Glauber ได้ไปบรรยายเรื่องกล้องโทรทรรศน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 200 นิ้ว ที่จะถูกสร้างบนยอดเขา Palomar ใน California ซึ่งจะเป็นกล้องที่ใหญ่กว่ากล้องของ Glauber ประมาณ 33 เท่า ในการบรรยายครั้งนั้น ผู้อำนวยการหอท้องฟ้าจำลอง Hayden และผู้ช่วยชื่อ Dorothy Bennett ได้นั่งฟังอยู่ด้วย คนทั้งสองได้ให้คำแนะนำแก่ Glauber ในหลายประเด็น ซึ่งทำให้ Glauber รู้สึกประทับใจมาก

โดยเฉพาะคำแนะนำของ Bennett นับว่ามีประโยชน์ จนทำให้ Glauber ตัดสินใจสมัครเข้าเป็นสมาชิกของสมาคมนักดาราศาสตร์รุ่นเยาว์ ซึ่งสมาคมมีกิจกรรม

เช่น ประชุม สัมมนา การบรรยายทางวิชาการ และเสนอข่าวดาราศาสตร์ที่ทันสมัยและตื่นเต้นต่อสื่อมวลชน โดยสมาชิกต้องเสียค่าบำรุงปีละ 25 เซนต์ และสมาคมได้เงินส่วนใหญ่จากการขายหนังสือดาราศาสตร์ที่ Bennett เรียบเรียงให้ประชาชนทั่วไปได้อ่านและมีความรู้ดาราศาสตร์

เมื่ออายุ 13 ปี Glauber ได้ไปเรียนที่ Bronx High School of Science ซึ่งเน้นการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยมีครูที่เรียนจบมาใหม่ ๆ และทุกคนมีไฟแรง ในส่วนที่เกี่ยวกับเพื่อน ๆ ก็น่าสนใจกว่าเพื่อนจากโรงเรียนเดิม เพราะเด็กที่นี่ตั้งใจเรียนมากกว่า แต่ก็มีเพียงไม่กี่คน ที่ต้องการจะมีอาชีพเป็นนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต Glauber ได้เลือกเรียนวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์เป็นวิชาเอก

เมื่อครูสอนคณิตศาสตร์ชื่อ Samuel Altwerger พบว่า Glauber มีความรู้พีชคณิตดีมาก จึงแนะนำให้เรียน calculus ด้วย โดยบอกว่า Glauber สามารถเรียนด้วยตนเองได้ จากการอ่านหนังสือ calculus เล่มเล็กที่ Altwerger ซื้อให้ และให้ไปยืมเล่มใหญ่จากห้องสมุด Glauber พบว่าตนสามารถเข้าใจ calculus ได้อย่างไม่มีปัญหาใด ๆ Glauber จึงรักคณิตศาสตร์ ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา

Glauber ในการบรรยายวิทยาศาสตร์เมื่อปี 1940 กับกล้องโทรทรรศน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 15 เซนติเมตร ภาพจาก www.nobelprize.org

ในเวลาเดียวกัน Glauber ก็รักวิชาทัศนศาสตร์ด้วย หลังจากที่ได้อ่านตำราฟิสิกส์เรื่อง Spectroscopy ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์สเปกตรัมของแสง จึงคิดสร้างกล้อง spectroscope เอง แต่ไม่มีปริซึมและเกรตติง (grating) ที่จำเป็นต้องใช้ในการแยกแสง ประจวบกับในเวลานั้นครูใหญ่ Dr. Morris Meister มีปริซึม จึงให้ Glauber ยืม เพื่อสร้างกล้อง spectroscope ทำให้ Glauber ได้รับรางวัลสิ่งประดิษฐ์ในงานประกวดประจำปีของสมาคมนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์

เมื่อมีการประชุมของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐฯ ในปี 1939 Glauber ได้นำกล้อง spectroscope ของตนออกแสดง และได้รับรางวัลเป็นตั๋วเดินทางไปเยือนบริษัท Westinghouse Corporation ที่เมือง Pittsburgh ในรัฐ Pennsylvania ขณะอยู่ที่นั่น Glauber ได้เห็นเครื่องเร่งอนุภาค van de Graaf และได้สนทนากับนักฟิสิกส์ทฤษฎีควอนตัมที่มีชื่อเสียงชื่อ E.U. Condon (1902–1974)

เมื่อใกล้จะสำเร็จการเรียนระดับมัธยมศึกษา Glauber เริ่มคิดเรื่องการเรียนต่อ และครูแนะแนวได้บอก Glauber ว่า ตลาดแรงงานในเวลานั้นแทบไม่มีงานให้นักฟิสิกส์และนักดาราศาสตร์ทำเลย ดังนั้น Glauber จึงน่าจะเรียนวิศวกรรมศาสตร์มากกว่า โดยเฉพาะที่สถาบัน Rensselaer Polytechnique แต่บิดาของเพื่อนสนิทได้แนะนำให้ Glauber เรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Harvard ซึ่งมีทุนการศึกษาให้นิสิตเรียนดีแต่ยากจน แม้การสมัครเรียนที่มหาวิทยาลัย Ivy League เป็นเรื่องที่เด็กซึ่งมีฐานะสังคมต่ำ จะทำให้คนทั่วไปดูแคลนว่าเป็นคนมักใหญ่ใฝ่สูงและไม่เจียม แต่ Glauber ก็สมัคร และต้องผ่านการสอบทั้งสัมภาษณ์และข้อเขียนหลายครั้ง

ในที่สุด Glauber ก็สอบผ่านทั้งที่ Rensselaer และ Harvard แต่ที่ Rensselaer ไม่มีทุนการศึกษาให้ ส่วนที่ Harvard มีทุนให้ แต่ต้องสอบอีกหลายครั้ง จึงจะมีสิทธิเข้าเรียน ในที่สุด Glauber ได้เข้าเรียนที่ Harvard ในปี 1941 ขณะอายุ 15 ปี และรู้สึกทันทีว่าตนมีฐานะทางสังคมแตกต่างจากนิสิตคนอื่น ๆ มาก ทั้งมีอายุน้อยกว่าเพื่อน ๆ ถึง 2 ปี เพราะได้ข้ามชั้นเรียนหลายครั้ง ในขณะที่นิสิตคนอื่น ๆ คิดว่า การเรียนที่ Harvard เป็นการเพิ่มประสบการณ์ให้รู้จักและมีเพื่อนเป็นคนที่มีฐานะทางสังคมสูง Glauber กลับไม่สนใจการพบปะนิสิตคนอื่น ๆ มาก เพราะตั้งใจจะเรียนหนัก และเรียนให้ได้ดีมาก

ในวันที่ 7 ธันวาคม ปี 1941 เมื่อเครื่องบินกองทัพอากาศญี่ปุ่นบุกโจมตีฐานทัพของสหรัฐฯ ที่อ่าว Pearl Harbor ความเสียหายอย่างมหาศาลที่เกิดขึ้นทำให้สหรัฐฯ ตัดสินใจเข้าร่วมสงครามโลกครั้งที่สอง การประกาศสงครามกับญี่ปุ่นครั้งนั้นทำให้วิถีชีวิตของนิสิตและอาจารย์ทุกคนในมหาวิทยาลัยเปลี่ยน เพราะอาจารย์บางคนต้องเข้าร่วมสงครามในฐานะทหาร ทำให้ภาวะงานสอนของอาจารย์ที่เหลือต้องเพิ่ม และการเรียนของนิสิตทุกคนต้องหยุดชะงัก มหาวิทยาลัยจึงต้องจัดตารางเรียนใหม่ โดยได้ร่นเวลา

เรียนให้น้อยลง เพื่อให้นิสิตชายสามารถจบการศึกษาได้เร็ว ก่อนจะถูกเกณฑ์ไปเป็นทหาร ซึ่งในเวลานั้นอายุเริ่มต้นของการเป็นทหารคือ 18 ปี

เมื่อ Glauber มีอายุครบ 18 ปี เขาก็พร้อมจะเป็นทหารรับใช้ชาติ จึงไปที่ National Roster of Scientific Personel ซึ่งมีหน้าที่จัดหาบุคลากรที่เหมาะกับงานในสงคราม และฝึกทหารให้มีความรู้วิทยาศาสตร์ Glauber ได้งานเป็นครูสอนฟิสิกส์ทั่วไปให้แก่บรรดาทหารใหม่ และในเวลาเดียวกันก็ไปเรียนที่มหาวิทยาลัย Harvard เพื่อรับปริญญาด้วย

วันหนึ่งในเดือนตุลาคม ปี 1943 Glauber จำได้ดีว่า มีชายแปลกหน้าคนหนึ่งมาที่ภาควิชา และถามหาตน เมื่อพบกัน ชายคนนั้นได้บอกว่า Glauber ต้องการจะสนทนาด้วยเป็นการส่วนตัว โดยไม่ให้ใครรู้เห็น และบอกว่ามีงานที่น่าสนใจมากให้ทำ ณ สถานที่หนึ่งซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศ เมื่อ Glauber ตอบตกลง ชายคนนั้นได้ขอให้ Glauber กรอกข้อมูลส่วนตัว เพื่อให้หน่วยราชการลับ CIA ของอเมริกาตรวจสอบ อีกหลายสัปดาห์ต่อมา Glauber ก็ได้รับจดหมายให้จัดส่งสัมภาระส่วนตัวที่จำเป็นในการเดินทางไปที่ตู้ไปรษณีย์ 1663 ที่เมือง Santa Fe ในรัฐ New Mexico

Glauber เริ่มรู้สึกระแคะระคายและสงสัยเกี่ยวกับงานที่จะไปทำ เพราะจำได้ดีว่าในปี 1939 ได้มีข่าวการพบปรากฏการณ์ fission โดย Otto Hahn (1879-1968) (รางวัลโนเบลเคมีปี 1944) ซึ่งเป็นการแยกตัวของนิวเคลียสยูเรเนียม-235 ด้วยอนุภาคนิวตรอน และมีการปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา หนังสือพิมพ์ The New York Times ได้ขึ้นข่าวนี้ในหน้าหนึ่ง และผู้เขียนข่าวได้ปรารภสั้น ๆ ว่า ความรู้นี้อาจจะนำไปสู่การสร้างระเบิดปรมาณู จากนั้นข่าวนี้ก็ได้เลือนหายไปจากสื่อ โดยไม่มีการกล่าวถึงอีกเลย Glauber จึงไม่แน่ใจว่า ข่าว fission ที่หนังสือพิมพ์ลงไปนั้น เป็นข่าวจริง

หรือข่าวปลอม และคิดว่าถ้าจริง การทำงานครั้งนี้ คงเป็นการพยายามทำความฝันเรื่องการใช้ปฏิกิริยา fission ในการทำระเบิดมหาประลัยเป็นจริง

การเดินทางด้วยรถไฟจาก New York ทางฝั่งตะวันออกข้ามอเมริกาไปรัฐ New Mexico ทางฝั่งตะวันตกในครั้งนั้น รถไฟต้องพักกลางทางที่เมือง Santa Fe และต้องใช้เวลาเดินทางถึง 2 วันครึ่ง เมื่อถึงสถานี Santa Fe ได้มีชายร่างเตี้ยคนหนึ่งมารับ เขาสวมเสื้อหนาวสีดำ Glauber ได้รู้ในภายหลังว่า คนที่มารับชื่อ John von Neumann (1903–1957) นักคณิตศาสตร์ผู้มีชื่อเสียงโด่งดังของโลก

ในระหว่างการเดินทางจากสถานีรถไฟไปสถานที่ทำงาน ซึ่งมีชื่อเล่นว่า “The Hill” Neumann ได้สนทนากับคนขับรถ เรื่องการทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ที่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ขั้นสูงมาก ขณะ Glauber รู้สึกตื่นตาในทัศนียภาพสองข้างทาง แต่ในเวลาเดียวกันเขาก็รู้สึกตื่นใจในความรู้ฟิสิกส์นิวเคลียร์ที่คนทั้งสองกำลังสนทนากันด้วย

R. Glauber (ซ้าย) กับ E. Fermi (ขวา) เมื่อปี 1954 ในการอบรมภาคฤดูร้อน
ที่ Les Houches ในฝรั่งเศส ภาพจาก www.nobelprize.org

เมื่อเริ่มทำงาน Glauber ได้รู้เพิ่มเติมว่า Enrico Fermi (1901-1954) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1938) ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มหาวิทยาลัย

Chicago แล้ว แต่ปฏิกิริยาดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอจะทำให้ระเบิดปรมาณูทำงานได้ เมื่อรู้จุดประสงค์ที่ตนต้องทำ Glauber ก็รู้สึกประหวั่นพรั่นพรึง เพราะไม่ต้องการสร้างอาวุธสังหารคน แต่เมื่อตระหนักว่า ถ้านักฟิสิกส์เยอรมันที่รู้ฟิสิกส์มากและดีพอ ๆ กับนักฟิสิกส์สัมพันธมิตร พวกเขาก็จะสามารถสร้างระเบิดปรมาณูได้ก่อน แล้วความหายนะต่อโลกจะเกิดตามมา Glauber จึงตัดสินใจทุ่มเทความสามารถในการทำงานที่ Santa Fe อย่างเต็มที่

ขณะ Glauber เริ่มทำงาน ในโครงการ Manhattan นั้น โครงการมีอายุเพียง 3 เดือน โดยมีผู้นำของโครงการเป็นหนุ่มที่มีชื่อเสียงในโลกฟิสิกส์ ชื่อ Robert Oppenheimer (1904-1967) ซึ่งมีอายุย่างเข้า 40 ปี และเป็นคนที่เข้าใจธรรมชาติของโครงการดีมาก อีกทั้งมีความสามารถในการจูงใจคนที่อยู่ใต้บังคับบัญชาให้เชื่อตามอย่างดุษฎีภาพ นอกจากนี้ก็มี Hans Bethe (1906-2005) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967) ซึ่งเป็นหัวหน้ากลุ่มทฤษฎี Bethe เป็นนักฟิสิกส์อัจฉริยะผู้สามารถอธิบายปรากฏการณ์อะไร ๆ ก็ได้หมด Richard Feynman (1918-1988) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965) เป็นนักวิจัยอีกคนหนึ่งที่ทำงานภายใต้การดูแลของ Bethe และเป็นอัจฉริยะที่มีมุมมองใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างน่าสนใจ นอกจากนี้ก็มีชาวต่างชาติที่มาเยือนโครงการในบางเวลาชื่อ Niels Bohr (1885-1962) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1922) โดยมากับลูกชายชื่อ Aage Bohr (1922-2009) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1975) แต่เวลาพำนักอยู่ที่ Santa Fe ทุกคนจะเรียกชื่อ Bohr ว่า Nicholas Baker เพื่อไม่ให้บุคคลภายนอกรู้ว่า Bohr คือใคร

Glauber วัย 18 ปี รู้สึกว่า เวลาอยู่ท่ามกลางปราชญ์ผู้ยิ่งใหญ่เหล่านี้ ความสามารถของตนแทบไม่มีความหมายใด ๆ เลย และได้รับงานจาก Bethe ให้หามวลวิกฤติของยูเรเนียมที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างระเบิดปรมาณู ตลอดเวลา 2 ปีที่

Los Alamos Glauber ทำงานเสร็จไป 3 ชิ้น แต่ไม่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ เพราะงานทุกชิ้นเป็นความลับสุดยอด

ก่อนจะมีการทดลองประสิทธิภาพของระเบิดปรมาณูในเดือนกรกฎาคม ปี 1945 ที่ใกล้เมือง Alamogordo นักฟิสิกส์หลายคนมีความกังวลว่า ระเบิดจะไม่ทำงาน (คือด้าน) Glauber เองไม่ได้ไปดูการทดลองสด เพราะเป็นเพียงนักวิจัยผู้น้อย จึงต้องไปยืนสังเกตอยู่บนเนินเขา Sandia ที่อยู่ใกล้เมือง Albuquerque ซึ่งอยู่ห่างจากตำแหน่งศูนย์ระเบิด (ground zero) 150 กิโลเมตร เมื่อการทดลองประสบความสำเร็จดีมาก จึงมีการนำไปใช้จริงในวันที่ 6 สิงหาคม ปี 1945 ที่เมือง Hiroshima ในญี่ปุ่น ซึ่งได้ทำให้สงครามโลกครั้งที่สองยุติ และโลกมีสันติภาพ

หลังจากที่สงครามโลกครั้งที่สองยุติ ทุกชีวิตที่ Santa Fe ได้เริ่มคืนสู่สภาพปกติ Glauber เดินทางกลับไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Harvard ในปี 1946 และพบว่า ชีวิตของตนมีปัญหา เพราะได้ทิ้งการเรียนไปนานถึง 3 ปี แต่ก็ปรับตัวได้ และตั้งใจเรียนต่อระดับปริญญาเอก โดยมี Julian Schwinger (1918-1994) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965) เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพราะ Glauber เคยพบ Schwinger ที่ Los Alamos ในช่วงปลายปี 1945 และรู้สึกประทับใจในความสามารถทางทฤษฎีของ Schwinger มาก ที่ Harvard ในเวลานั้น กระดาษจดคำสอนทุกคำของ Schwinger ในห้องสอน มีราคายิ่งทองคำ และนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาแทบทุกคนต้องการจะมี Schwinger เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ แต่ Schwinger ไม่มีเวลาให้ใครเลย ผลงานของนิสิตที่อยู่ในความดูแลของเขาจึงไม่เด่น แม้จะมี Schwinger เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาก็ตาม แต่ Glauber ก็ได้พบว่าตนสามารถทำงานวิจัยได้เอง และทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ทฤษฎีสนามควอนตัมของสนาม meson

หลังจากที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก อดีตผู้อำนวยการโครงการ Manhattan ชื่อ Robert Oppenheimer (1904-1967) ได้เชิญ Glauber ไปทำวิจัยหลังปริญญาเอกที่ Institute for Advanced Study ที่เมือง Princeton ในปี 1950 Wolfgang Pauli (1900–1958) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1945) ได้เดินทางมาเยือนสถาบัน เมื่อ Pauli ต้องกลับยุโรป Glauber ได้ติดตาม Pauli ไปที่ Zurich ในสวิสเซอร์แลนด์ เพื่อเพิ่มประสบการณ์การทำวิจัย แล้วเดินทางกลับ Princeton เพื่อรับงานเป็นอาจารย์สอนที่สถาบันตามคำรับรองของ Oppenheimer จากนั้นได้ย้ายไปสอนที่ California Institute of Technology โดยต้องสอนแทน Richard Feynman เป็นเวลาหนึ่งปี เพราะ Feynman ต้องเดินทางไปเพิ่มพูนความรู้ที่ Brazil ดังนั้น Caltech จึงต้องการให้ Glauber สอนวิชากลศาสตร์ควอนตัมแทน

ภาควิชาเคมีที่ Caltech มี Linus Pauling (1901–1994) (รางวัลโนเบลเคมีปี 1954) เป็นนักวิจัยที่มีชื่อเสียงมากที่สุดของสถาบัน แม้ Glauber จะไม่สนใจเรื่องการกระเจิงอิเล็กตรอนโดยโมเลกุล แต่ปัญหานี้ก็ได้ทำให้เขาสนใจปัญหาการกระเจิงของอนุภาคที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าพิสัยของอันตรกริยาระหว่างอนุภาค ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการอธิบายผลทดลองการกระเจิงของอนุภาคพลังงานสูงโดยนิวเคลียส เพราะอนุภาคที่ถูกเร่งด้วยเครื่องเร่งอนุภาค ขณะชนนิวเคลียสแบบเฉียง ๆ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เลี้ยวเบน (nuclear diffraction) คล้าย ๆ กับการเลี้ยวเบนของแสง เพราะนักวิจัยต้องพิจารณาการชนแบบไม่ยืดหยุ่นระหว่างอนุภาคกับนิวเคลียส

ในปลายทศวรรษของยุค 1950 Glauber ได้กลับไปเป็นอาจารย์สอนที่ Harvard และโลกเริ่มมีเลเซอร์ (laser) Glauber ได้เบนความสนใจไปที่ทฤษฎีควอนตัมของเลเซอร์ และรู้สึกประหลาดใจที่รู้ว่า การทดลองของ Hanbury-Brown กับ Twiss ในปี 1956 ได้แสดงปรากฏการณ์สหสัมพันธ์เชิงควอนตัม (quantum correlation) ของแสง

เลเซอร์ Glauber ได้เริ่มศึกษาเรื่องสถิติของอนุภาคแสง (photon statistics) และได้ให้คำจำกัดความของความอาพันธ์เชิงควอนตัม (quantum coherence) ที่แสดงให้เห็นว่าแม้อนุภาค photon จะถูกส่งออกมาจากแหล่งเป็นก้อน ๆ ก็ตาม แต่ photon ละก้อนก็มีสมบัติอาพันธ์ (coherent) กัน คือ มิได้เคลื่อนที่อย่างเป็นอิสระ แต่มีความพัวพันกันแบบคลื่น

ในปี 1960 Glauber ได้แต่งงานกับ Cynthia Rich อีก 3 ปีต่อมา ในวัย 38 ปี Glauber ได้ลูกชายคนแรก และอีก 7 ปีต่อมาก็ได้ลูกสาวคนแรก

การเปลี่ยนแปลงทางสังคมในยุค 1960 ได้ทำให้ชีวิตสมรสของ Glauber เปลี่ยนแปลงมาก ภรรยาของ Glauber ได้ตัดสินใจขอหย่า Glauber จึงกลายเป็นพ่อเลี้ยงเดี่ยว แต่ก็ยังทำงานวิจัยต่อไป

สำหรับผลงานที่ทำให้ Glauber ได้รับรางวัลโนเบล คือ การสร้างทฤษฎีความอาพันธ์เชิงควอนตัมของแสง

ดังที่ทุกคนรู้ดีว่า แสงมีสมบัติของคลื่นตามทฤษฎีของ Maxwell และมีสมบัติของอนุภาคตามทฤษฎีของ Einstein ดังจะเห็นได้ชัดในการนำสมบัตินี้มาใช้ในเทคโนโลยีปัจจุบัน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ มอเตอร์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งทำงานได้ เพราะแสงมีความถี่ และเฟสที่สม่ำเสมอ เราจึงสามารถใช้แสงในการสื่อสารได้ (แต่ถ้าความถี่ของแสงแปรปรวน การสื่อสารจะเป็นไปไม่ได้)

แต่ในเวลาเดียวกัน อุปกรณ์ที่เราใช้ในการรับแสงก็ทำงานโดยใช้หลักการว่า แสงที่มาตกกระทบจะถูกดูดกลืน ซึ่งถ้าเป็นกรณีวัตถุ การดูดกลืน photon (อนุภาคแสง) จะทำให้อิเล็กตรอนกระเด็นออกจากอะตอมของวัตถุพุ่งไปสู่เครื่องรับ ดังนั้นเครื่องรับจะนับจำนวนอิเล็กตรอนที่พุ่งมา และไม่ได้นับจำนวน photon ที่พุ่งไปกระทบโดยตรง เราจึงรู้

จำนวน photon ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นี้โดยทางอ้อม และในการรับรู้นี้บาง photon ได้อันตรธานไป อย่างไม่มีให้ใครเห็นอีก

เมื่อเป็นเช่นนี้ เราจึงเห็นการขาดความต่อเนื่องของเหตุการณ์ เวลาคลื่นแสงทำปฏิกิริยากับสสาร ด้วยการแสดงพฤติกรรมแสดงความเป็นอนุภาค

ในปี 1963 Glauber เป็นบุคคลแรกที่ได้แสดงให้รูปแบบที่เป็น ทฤษฎีควอนตัมของอันตรกริยาระหว่างอนุภาคแสงกับสสาร เพราะ Glauber ได้พบว่า การดูดกลืน photon แม้แต่หนึ่งอนุภาคโดยสสาร จะเปลี่ยนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของเหล่าอนุภาค photon ที่เหลือ ซึ่งจะมีผลทำให้โอกาสการดูดกลืน photon ตัวต่อไปถูกกระทบกระเทือนด้วย

การตระหนักในความจริงนี้ทำให้นักฟิสิกส์รู้วิธีลดความผันผวน (fluctuation) ของสัญญาณแสง จนทำให้สามารถใช้สื่อสารได้ดีขึ้น เช่น ในกรณี laser, การเข้ารหัส (quantum cryptography) ฯลฯ และในการใช้เครื่องรับแสงหลายเครื่องทำงานประสานกันจะทำให้นักฟิสิกส์รู้ความพัวพันระหว่าง photon เป็นค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ที่ไม่มีใครเคยรู้มาก่อนด้วย

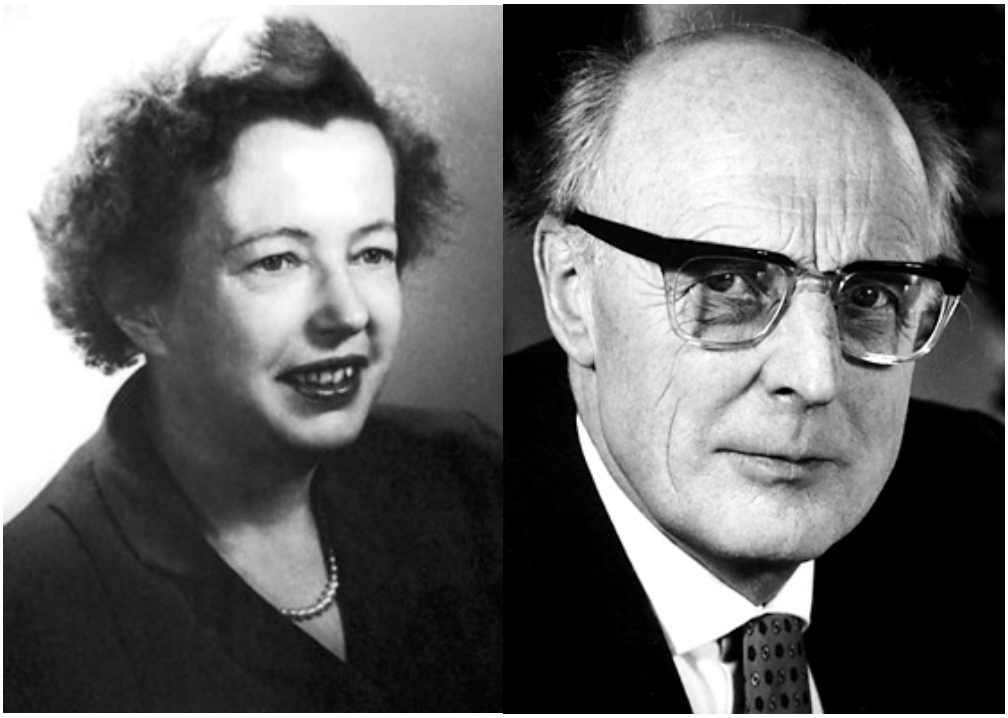
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Boffin: A Personal Story of the Early Days of Radar, Radio Astronomy and Quantum Optics โดย R. Hanbury Brown จัดพิมพ์โดย Adam Hilger, Bristol UK ปี 1991

2. Latorre, José Ignacio; Soto-Sanfiel, María Teresa (2023). The Last Voice: Roy J. Glauber and the Dawn of the Atomic Age. doi:10.1007/978-3-031-29984-1. ISBN 978-3-031-29983-4. Retrieved 9 March 2025.

Maria Goeppert Mayer (มาเรีย เกิพเพิร์ด เมเยอร์)
J. Hans D. Jensen (เจ. ฮันส์ ดี. เจนเซ่น)

1/2 รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1963 จากการเสนอทฤษฎีโครงสร้างพลังงานของนิวเคลียสในอะตอม



Maria Goeppert Mayer (ซ้าย) กับ J. Hans D. Jensen (ขวา) ภาพจาก วิกิพีเดีย

Maria Gertrude Kate Goeppert (มาเรีย เกอร์ทรูด เคท เกิพเพิร์ด) เป็นชื่อเต็มในวัยเด็กของ Maria Goeppert Mayer (1906-1972) ผู้มีผมสีบลอนด์ ตาสีฟ้า มีนิสัยเคร่งขรึม และชอบอ่านหนังสือ เธอเกิดเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม ปี 1906 ที่เมือง Katowice ประเทศโปแลนด์ (อดีตเมืองนี้เคยอยู่ในความปกครองของเยอรมนี) ในตระกูลชนชั้นกลางที่มีฐานะดี เพราะบิดา Friedrich Goeppert เป็นศาสตราจารย์ทางกุมารเวชศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัย Katowice ส่วนมารดาเป็นครูสอนภาษาฝรั่งเศสและดนตรี

การเป็นบุตรสาวคนเดียวของครอบครัวทำให้บิดาคาดหวังว่า เมื่อเติบใหญ่ เธอจะต้องทำอะไร ๆ ได้มากกว่าการเป็นเพียงแม่บ้าน Maria เล่าว่า เธอมักรู้สึกปวดหัวบ่อย

และหนักใจที่ต้องแบกภาระอันเป็นความคาดหวังสูงของวงศ์ตระกูล เพราะย้อนหลังไปหกชั่วอายุคน ครอบครัว Goeppert มีประวัติว่า สมาชิกของตระกูลทุกรุ่นอย่างน้อยหนึ่งคน ต้องดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์

เมื่อ Maria อายุ 4 ขวบ ครอบครัวอพยพไปอยู่ที่ Göttingen ในเยอรมนี เพราะบิดาได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย Georgia-Augusta ทำให้ครอบครัวเธอมีโอกาสต้อนรับนักคณิตศาสตร์ผู้มีชื่อเสียง เช่น David Hilbert (1862–1943) ในฐานะเพื่อนบ้าน

Maria Goeppert Mayer แต่งตัวเป็นมนุษย์ค้างคาว

ภาพจาก Photohaus, courtesy of AIP Emilio Segrè Visual Archives, Born Collection

Maria เข้าเรียนที่โรงเรียนมัธยมใน Göttingen และมีประวัติการเรียนว่ามีความสามารถสูงในด้านภาษาและคณิตศาสตร์ เมื่ออายุ 18 ปี เธอสอบเข้ามหาวิทยาลัย Georgia-Augusta ได้ และเลือกเรียนคณิตศาสตร์เป็นวิชาเอก ในเบื้องต้น Maria มีความตั้งใจคล้ายนิสิตหญิงคนอื่น ๆ ในสมัยนั้น คือ เรียนมหาวิทยาลัยเพื่อรับประกาศนียบัตรครู แต่เธอพบว่าวิธีสอนคณิตศาสตร์ของอาจารย์ในเวลานั้น ไม่ทำให้เธอ

รู้สึกตื่นเต้นและไม่น่าสนใจเลย เธอจึงคิดจะเรียนแพทย์แทน แต่ถูกพ่อคัดค้าน เพราะรู้ดีว่าลูกสาวสุดที่รักของตนจะมีอารมณ์เครียดมาก ถ้าเห็นคนไข้ตาย

Victor Weisskopf, Maria Goeppert Mayer และ Max Born (ตามลำดับ) ที่มหาวิทยาลัย Göttingen
ภาพจาก AIP Emilio Segrè Visual Archives, Physics Today Collection, Gift of Jost Lemmerich

นอกจากมหาวิทยาลัย Georgia-Augusta จะมีชื่อเสียงด้านการวิจัยคณิตศาสตร์แล้ว การวิจัยด้านฟิสิกส์ทฤษฎีของที่นี่ก็มีชื่อเสียงโด่งดังไม่แพ้กัน เมื่อปี 1927 เมื่อ Maria ได้เข้าฟังการบรรยายของ Max Born (1882-1970) ผู้พิชิตรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1954 จากการแปลความหมายของฟังก์ชันคลื่นในกลศาสตร์ควอนตัม เพราะ Born เป็นคนสอนฟิสิกส์ให้เธอได้เข้าใจได้ เธอจึงตัดสินใจเรียนฟิสิกส์ทันที ในปีเดียวกันนั้นเอง บิดาของเธอเสียชีวิตอย่างไม่คาดฝัน และเมื่อเธอรู้ว่าบิดาได้คาดหวังในตัวเธออย่างไร เธอจึงได้อุทิศตัวเรียนฟิสิกส์ จนสำเร็จการศึกษาปริญญาระดับดุษฎีบัณฑิต โดยมี Max Born เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์

Joseph Mayer, Maria Goeppert Mayer และ Max Born (ตามลำดับ) ที่บ้านของ Born ในเมือง Bad Pyrmont, West Germany เมื่อปี 1964

ภาพจาก Fotofrost, courtesy of AIP Emilio Segrè Visual Archives, Born Collection

เมื่อบิดาจากไปแล้ว รายได้ของครอบครัวก็ลดลง มารดาของ Maria จึงต้องหารายได้เสริม โดยเปิดห้องว่างที่บ้านให้นิสิตและอาจารย์มหาวิทยาลัยที่ยังไม่มีครอบครัวมาเช่า Maria รู้จัก Joseph Mayer (1803–1886) ดอกเตอร์หนุ่มชาวอเมริกันเชื้อชาติออสเตรีย ซึ่งเป็นผู้เช่าคนหนึ่งที่มีแม่เป็นชาวอเมริกัน คนทั้งสองได้รักและสมรสกันในปี 1930 ขณะนั้น Maria อายุ 24 ปีและกำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “On Elemental Processes with Two Quantum Jumps” เพื่อศึกษากระบวนการธรรมชาติ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงควอนตัมสองครั้ง

เมื่อ Joseph สิ้นสุดเวลาเยือนมหาวิทยาลัย Georgia-Augusta เขาได้งานเป็นอาจารย์เคมีที่มหาวิทยาลัย Johns Hopkins ในสหรัฐอเมริกา สองสามีภรรยาจึงเดินทางไปเมือง Baltimore ในสหรัฐอเมริกา แต่ในเวลานั้นมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกายังไม่กระตือรือร้นที่จะรับสตรีเข้าเป็นอาจารย์ ยิ่งไปกว่านั้นมหาวิทยาลัยบางแห่ง เช่น

มหาวิทยาลัย Johns Hopkins ยังมีระเบียบห้ามสามีและภรรยาทำงานในภาควิชาหรือคณะเดียวกันด้วย การมีระเบียบเช่นนี้ทำให้แรงต้านในการรับ Maria เข้าทำงานจึงมีมาก แต่เมื่อ Max Born ได้เขียนจดหมายรับรองอย่างแข็งขันว่า เธอเป็นผู้มีความสามารถในด้านทฤษฎีควอนตัมมาก มหาวิทยาลัย Johns Hopkins จึงรับเธอเข้าทำงาน Karl Herzfeld (1892-1978) ซึ่งเชี่ยวชาญเคมี แต่เธอพบว่า เธอไม่รู้สึกสนใจเคมีเลย เมื่อการปรับตัวให้เข้ากับชีวิตทำงานในอเมริกาเป็นไปอย่างยากลำบาก เธอจึงเดินทางกลับไปทำงานกับ Max Born ที่มหาวิทยาลัย Göttingen อีก

ในเวลาต่อมาเธอตีพิมพ์งานวิจัยเรื่องทฤษฎีของการสลายตัวแบบบีตาคู่ (double beta decay) ร่วมกับ Born ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยการปล่อยอนุภาคบีตา ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียสเปลี่ยนไปเป็นโปรตอน อนุภาคบีตา และอนุภาคแอนตินิวตริโน แต่ในกรณีการสลายตัวแบบบีตาคู่นั้น อนุภาคนิวตรอนสองอนุภาคในนิวเคลียสถูกเปลี่ยนไปเป็นโปรตอนสองอนุภาค อิเล็กตรอนสองอนุภาค และแอนตินิวตริโนสองอนุภาคในเวลาพร้อมกัน ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นในกรณีธาตุ selenium-76 และนักทดลองได้เห็นเหตุการณ์นี้เป็นครั้งแรกในปี 1946 แต่ในทางตรงกันข้าม อนุภาคโปรตอนสองอนุภาคในนิวเคลียส เมื่อได้รับอิเล็กตรอนสองอนุภาคที่โคจรอยู่รอบนิวเคลียส ก็สามารถเปลี่ยนเป็นอนุภาคนิวตรอนสองอนุภาคกับนิวตริโนสองอนุภาคก็ได้เช่นกัน

ในฤดูใบไม้ผลิ ปี 1933 Maria โอนสัญชาติเป็นอเมริกัน และมีชื่อในวงวิชาการว่า Maria Goeppert Mayer แต่เวลาอยู่ในสังคมอื่น เธอจะใช้ชื่อง่าย ๆ ว่า Maria Mayer เธอมีลูกสองคนชื่อ Maria Anne และ Peter Conrad แต่เด็กทั้งสองคนเมื่อเติบใหญ่ก็ไม่มีใครเป็นนักวิทยาศาสตร์ตามบิดาหรือมารดา

เมื่อปี 1937 สามีของเธอได้รับแต่งตั้งเป็นรองศาสตราจารย์เคมีแห่งมหาวิทยาลัย Columbia ครอบครัว Mayer จึงไปนิวยอร์ก ถ้ามีเวลาว่าง Mayer กับสามีจะร่วมกันเรียบเรียงตำรา Statistical Mechanics ซึ่งเป็นตำราที่มีชื่อเสียงมาก กระนั้นคนอ่านส่วนใหญ่ก็มักคิดว่าหนังสือเล่มนี้เป็นผลงานของสามีมากกว่าของ Maria

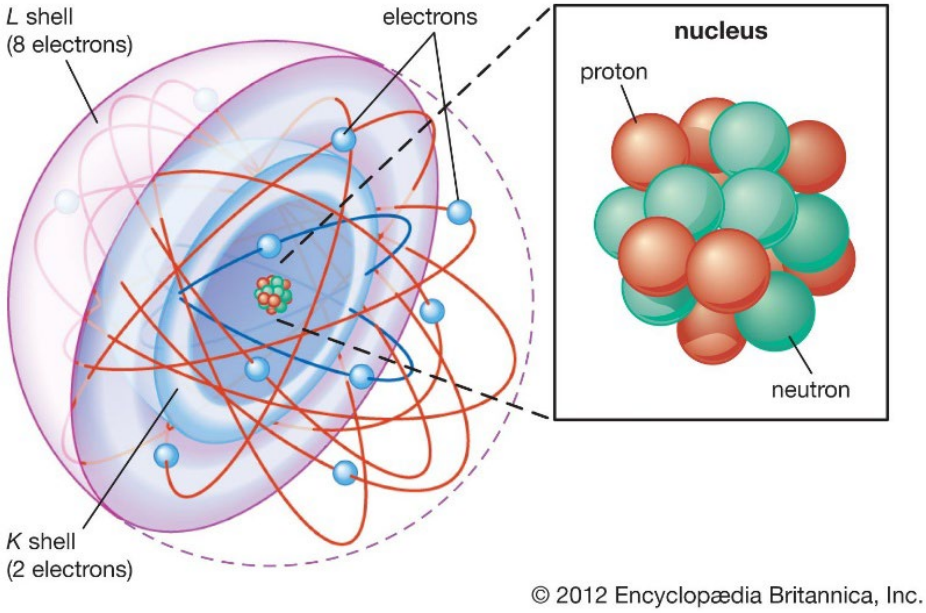
Maria เข้าร่วมวิจัยฟิสิกส์ในโครงการ Manhatton เพื่อสร้างระเบิดปรมาณู ขณะเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง ทั้ง ๆ ที่เธอมีเชื้อชาติเยอรมัน และเธอมักบอกกับครอบครัวว่าเธอทำงานวิจัยนี้ เพื่อต่อสู้และกำจัดพวกนาซี ไม่ใช่เพื่อฆ่าชาวเยอรมัน เพราะ Adolf Hitler เป็นทรชนที่โลกต้องกำจัด งานวิจัยที่เธอทำร่วมกับ Edward Teller (1908-2003) ซึ่งบิดาของระเบิดไฮโดรเจน ในการหาวิธีแยกยูเรเนียม-235 ออกจากยูเรเนียม-238 ในปี 1945 เมื่อญี่ปุ่นถูกถล่มด้วยระเบิดปรมาณู Maria ไม่รู้สึกกังวลหรือเศร้าใจนัก เพราะเธอมีได้มีบทบาทสำคัญในการสร้างระเบิดมหาประลัยทั้งสองลูกนั้นมาก เมื่อสงครามยุติ สามีของเธอย้ายไปเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Chicago และ Maria ได้รับแต่งตั้งเป็นรองศาสตราจารย์ ที่ไม่มีเงินเดือนประจำตำแหน่ง ในขณะที่สามีได้เงินเดือนเต็ม

เมื่อครั้งที่ Maria ทำงานวิจัยร่วมกับ Teller เธอสนใจศึกษาปัญหาว่า เหตุใดนิวเคลียสของธาตุบางชนิดจึงไม่เสถียร นั่นคือจะสลายตัวโดยการปล่อยอนุภาคต่าง ๆ และรังสีแกมมาออกมา และเธอก็ได้พบว่า เวลานิวเคลียสได้รับอนุภาคนิวตรอนหรือโปรตอนเข้าไป พลังงานที่ยึดเหนี่ยวอนุภาคต่าง ๆ ในนิวเคลียส อาจจะมากขึ้นหรือน้อยลงก็ได้ และเมื่อใดก็ตามที่นิวเคลียสมีจำนวนโปรตอนกับนิวตรอนรวมกันเท่ากับ 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126... อนุภาคต่าง ๆ ในนิวเคลียสเหล่านั้น จะถูกยึดเหนี่ยวกันอย่างรุนแรงที่สุด นั่นคือนิวเคลียสที่มีจำนวนอนุภาคโปรตอนกับนิวตรอนเท่ากับ จำนวน 2, 8,

20, 28, 50, 82, 126... เป็นนิวเคลียสที่เสถียร และนักฟิสิกส์เรียกจำนวนเหล่านี้ว่า จำนวนกล (magic number)

ในการอธิบายที่มาของตัวเลขเหล่านี้ Maria ได้คิดทฤษฎีโครงสร้างของนิวเคลียสขึ้นมา โดยพิจารณาว่า อนุภาคโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสมีวงโคจรเป็นชั้น ๆ (shell) และอยู่กันอย่างหนาแน่นในนิวเคลียส แต่อนุภาคก็ไม่ชนกัน ตามหลักการห้ามซ้อนทับของ Pauli ในวิชากลศาสตร์ควอนตัม ดังนั้นอนุภาคแต่ละตัวจึงเคลื่อนที่เสมือนเป็นอิสระในสนามของแรงที่เกิดจากอิทธิพลของอนุภาคตัวอื่น ๆ อนุภาคเหล่านี้จึงมีพลังงานแตกต่างกัน และอยู่เรียงกันเป็นชั้น ๆ ในลักษณะเดียวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่โคจรอยู่นอกนิวเคลียส ซึ่งก็มีพลังงานแตกต่างกันเป็นชั้น ๆ ด้วย

ทฤษฎีโครงสร้างนิวเคลียสที่ Maria พบนี้แสดงให้เห็นอีกว่า นิวเคลียสที่มีอนุภาคโปรตอนหรือนิวตรอนรวมกันแตกต่างไปจาก 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126... มันจะไม่เสถียร และจะสลายตัวโดยการปล่อยกัมมันตรังสีออกมา



Shell Model ภาพจาก Encyclopædia Britannica, Inc.

เมื่อเธอตีพิมพ์ผลงานเรื่อง “Shell Model” ในปี 1948 เธอพบว่า Johannes Hans Daniel Jensen (1907–1973) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันแห่งมหาวิทยาลัย Heidelberg ได้ศึกษาเรื่องเดียวกันนี้ และได้ผลลัพธ์เหมือนกับเธอ

ขณะที่สงครามโลกครั้งที่สองกำลังดำเนินอยู่ Maria ได้สูบบุหรี่จัด เธอจึงมีปัญหาเรื่องสุขภาพปอด เมื่ออายุ 50 ปี หูข้างหนึ่งของเธอหนวก และต่อมาเธอและสามีวัย 53 ปี ก็ได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย California ที่ San Diego หลังจากนั้นไม่นานเธอได้ล้มป่วยเป็นอัมพฤกษ์ จากอาการเส้นเลือดในสมองอุดตัน ในปี 1963 Maria ได้รับการประกาศให้เป็นผู้พิชิต 1/4 ของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกับ Jensen จากผลงานทฤษฎี Shell Model ของนิวเคลียส ส่วนรางวัล อีก 1/2 เป็นของ Eugene Wigner (1902-1995) ผู้มีผลงานการใช้ทฤษฎี Group ศึกษาปรากฏการณ์ควอนตัมของอะตอม

หลังจากได้รับรางวัลโนเบลแล้ว Maria ก็ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของNational Academy of Sciences (NAS) ซึ่งมีศักดิ์ศรีเท่าเทียมกับ Royal Society of London และได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์จากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ มากมาย

ในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ ปี 1972 Maria เสียชีวิตด้วยโรคหัวใจล้มเหลว ชีวิตของเธอได้แสดงให้เห็นว่า เธอต้องต่อสู้กับประเพณีความอยุติธรรมของสังคมหลายเรื่อง แต่เธอก็ไม่ย่อท้อ เพราะได้รับแรงสนับสนุนจากบุรุษหลายคนที่เธอรู้จัก เช่น Max Born, Edward Teller และ Enrico Fermi (ผู้พิชิตรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1938) การสนับสนุนเหล่านี้ได้ทำให้เธอเพียรพยายามทำงานวิจัยฟิสิกส์ จนกระทั่งโลกยอมรับ โดยเริ่มทำงานกับ Born ในการทำวิจัยด้านทฤษฎีควอนตัม แล้วเปลี่ยนไปสนใจวิจัยเคมีเชิงฟิสิกส์ จากนั้นก็หันกลับมาศึกษานิวเคลียสตามความสนใจของ Teller และเมื่อได้รับคำแนะนำจาก Fermi เธอก็ได้สร้างทฤษฎี Shell Model จนประสบความสำเร็จในที่สุด

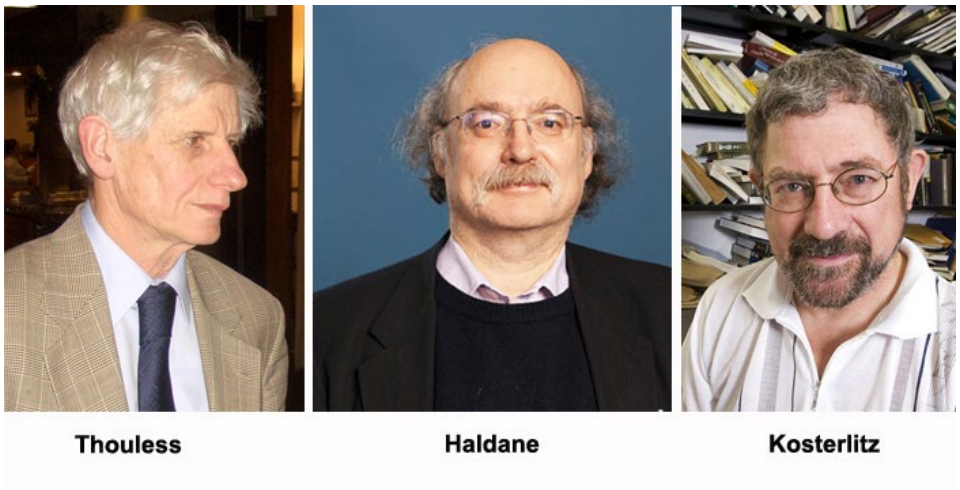
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Haxel, Otto; Jensen, J. Hans D.; Suess, Hans (June 1949). "On the "Magic Numbers" in Nuclear Structure". Physical Review. 75 (11): 1766. Bibcode:1949PhRv...75R1766H. doi:10.1103/PhysRev.75.1766.2.

2. "Women win Nobel Prize in chemistry, physics for first time same year". Usatoday.com. Retrieved 2018-10-08.

David Thouless (เดวิด ทูเลสส์)
J. Michael Kosterlitz (เจ. ไมเคิล คอสเตอร์ลิทซ์)
Duncan Haldane (ดันแคน ฮาลเดน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2016 จากการเสนอทฤษฎีทอพอโลยี (topology)
อธิบายสมบัติของสสารบางชนิด



David Thouless, J. Duncan Haldane และ Michael Kosterlitz

ภาพจาก Gordon Watts/Physics Department Awards Dinner/CC BY.

ในความเข้าใจของคนทั่วไป สสารในเอกภพมี 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งองค์ความ “รู้” นับว่ายังไม่สมบูรณ์ทีเดียวนัก

สำหรับของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ที่นักวิทยาศาสตร์จัดเป็นสามสถานะนั้น เราอาจพบเห็นได้ ในสถานการณ์ที่มีอุณหภูมิไม่สูงมากและไม่ต่ำมาก แต่ถ้าระบบมีอุณหภูมิสูงมากหรือต่ำกว่าปกติมาก สสารก็จะมีเพิ่มอีก 3 สถานะ ได้แก่ พลาสมา (plasma) สารควบแน่นแบบโบส-ไอน์สไตน์ (Bose-Einstein condensate) และสารควบแน่นแบบเฟอร์มิออน (Fermionic condensate)

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในความเข้าใจ นักฟิสิกส์จึงแบ่งสสารเป็นกลุ่ม ๆ ในทำนองเดียวกับที่นักชีววิทยาแบ่งสัตว์เป็นสปีชีส์ วงศ์ สกุล ฯลฯ แต่ในบางครั้งก็แบ่งตามสีที่เห็น

เช่น เขียว แดง ฯลฯ หรือตามสมบัติเชิงไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้ากับฉนวน และสารกึ่งตัวนำ หรือแบ่งเป็นสารอินทรีย์กับสารอนินทรีย์ เป็นต้น

ในการแบ่งสสารตามสมบัติเฉพาะ ที่เราเรียกว่า เฟส (phase) เช่น เฟสแม่เหล็กกับเฟสเหล็กธรรมดาที่แตกต่างกัน เพราะเวลาเผา แม่เหล็กจะกลายสภาพเป็นเหล็กธรรมดา นี่เป็นเหตุการณ์การเปลี่ยนเฟส (phase transition) จากเฟสแม่เหล็กที่สามารถดึงดูดสารเหล็กได้ กลับเป็นเฟสเหล็กธรรมดาที่ดูดสารเหล็กไม่ได้ หรือในกรณีตัวนำธรรมดาถ้าถูกทำให้มีอุณหภูมิต่ำมาก ตัวนำก็จะกลายเป็นตัวนำยวดยิ่ง (superconductor) นั่นคือ เฟสตัวนำธรรมดาที่มีความต้านทานไฟฟ้ากลายเป็นเฟสตัวนำยวดยิ่งที่มีความต้านทานไฟฟ้าเป็นศูนย์ โดยทั่วไปหลังการเปลี่ยนเฟส สมบัติของเฟสใหม่และเก่าจะแตกต่างกันมาก ดังในกรณีน้ำเหลวกลายเป็นไอน้ำ หรือการเปลี่ยนเฟส ระหว่างแม่เหล็กกับเหล็ก และการเปลี่ยนเฟสระหว่างตัวนำธรรมดากับตัวนำยวดยิ่งที่มีสมบัติแตกต่างกันราวฟ้ากับเหว เป็นต้น

การศึกษาเรื่องการเปลี่ยนเฟสของสสารทั้งในทางทฤษฎี และในการทดลองจึงมีความสำคัญ และความน่าสนใจ ในอดีตที่ผ่านมาเป็นเวลานานกว่าศตวรรษ รางวัลโนเบลฟิสิกส์หลายรางวัลได้ตกเป็นของบุคคลที่ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนเฟส เช่น ในปี 1913 Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926) ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์จากการพบ ตัวนำยวดยิ่งในปี 1962 Lev Landau (1908-1965) ได้เสนอทฤษฎีการเปลี่ยนเฟสของฮีเลียมจากของเหลวธรรมดาเป็นของเหลวยวดยิ่ง (superfluid) ในปี 1970 Louis Néel (1904-2000) ได้รางวัลจากการศึกษาสมบัติของเฟสแม่เหล็กแบบ antiferromagnetism กับแบบ ferrimagnetism รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1972 ตกเป็นของ John Bardeen (1908-1991), Leon Cooper (1930-ปัจจุบัน) กับ Robert Schrieffer (1931-2019) จากการเสนอทฤษฎีตัวนำยวดยิ่ง รางวัลปี 1978 ตกเป็นของ

Peter Kapitza (1894-1984) จากการพบปรากฏการณ์ของเหลวยวดยิ่ง ในปี 1982 Kenneth Wilson (1936-2013) ผู้ได้รับรางวัลจากการใช้เทคนิค renormalization group ในทฤษฎีการเปลี่ยนเฟสของสสาร ปี 1987 Johannes Bednorz (1950-ปัจจุบัน) และ Karl Muller (1927-2023) ได้รางวัลจากการพบตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูง ปี 1991 Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007) ได้รางวัลจากการเสนอทฤษฎีของผลึกเหลว กับพอลิเมอร์ ปี 1996 รางวัลเป็นของ David Lee (1931-2024), Douglas Osheroff (1975-ปัจจุบัน) และ Robert Richardson (1937-2013) ในการพบว่า helium-3 เป็นของเหลวยวดยิ่ง ปี 1998 Robert Laughlin (1950-ปัจจุบัน), Horst Stormer (1949-ปัจจุบัน) และ Daniel Tsui (1939-ปัจจุบัน) ได้รางวัลจากการอธิบายสมบัติกายภาพของของเหลวควอนตัม ปี 2001 Eric Cornell (1961-ปัจจุบัน), Carl Wieman (1951-ปัจจุบัน) และ Wolfgang Ketterle (1957-ปัจจุบัน) ได้รางวัลจากการพบสสารควบแน่นแบบ Bose Einstein รางวัลปี 2003 เป็นของ Alexei Abrikosov (1928-2017), Vitaly Ginzburg (1916-2009) และ Anthony Leggett (1938-ปัจจุบัน) จากการสร้างทฤษฎีของเหลวยวดยิ่ง และตัวนำยวดยิ่ง

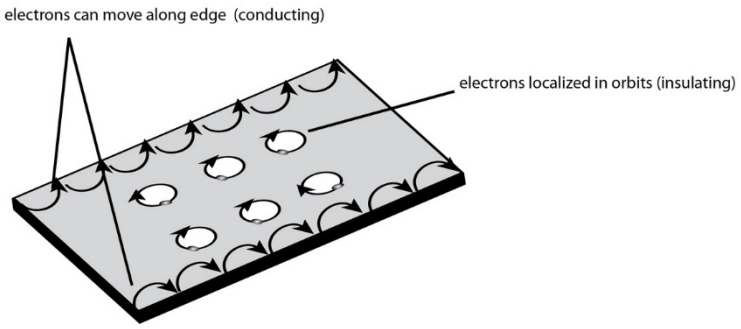
ในปี 2016 รางวัลโนเบลได้ตกเป็นของนักฟิสิกส์ทฤษฎี 3 คน คือ David Thouless (1934-2019) แห่งมหาวิทยาลัย Washington ที่ Seattle, Michael Kosterlitz (1943-ปัจจุบัน) แห่งมหาวิทยาลัย Brown ที่ Rhode Island และ Duncan Haldane (1951-ปัจจุบัน) แห่งมหาวิทยาลัย Princeton ที่ New Jersey ในอเมริกา จากการใช้ทฤษฎี topology อธิบายพฤติกรรมของสสารเฟสใหม่ที่มีชื่อเรียกว่า ฉนวนทอพอโลยี (topological insulator) ที่กำลังเป็นวัสดุฮอต เพราะมีศักยภาพหลากหลายในวงการอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงการมีบทบาทในการสร้างคอมพิวเตอร์ควอนตัมด้วย

ตามปกติวัสดุทั่วไปที่นักวิทยาศาสตร์สนใจศึกษามีสามมิติ คือ กว้าง ยาว และหนา แต่ ณ วันนี้วิทยาการฟิสิกส์ของของแข็งที่มีสอง หนึ่ง และศูนย์มิติ กำลังเป็นปริศนาวิจัยที่ทำให้ทุกคนตื่นเต้นมาก เช่น graphene ซึ่งเป็นแผ่นฟิล์มบางที่ประกอบอะตอมคาร์บอนเรียงกันเป็นระนาบใน 2 มิติ ให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้เฉพาะในระนาบเท่านั้น และในกรณีลวดบางที่อิเล็กตรอนจำนวนมาก ซึ่งถูกควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้น จึงเป็นระบบหนึ่งมิติ และอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุกับสปินก็จะมีสมบัติที่แยกจากกัน คืออนุภาคที่มีประจุไม่แสดงสมบัติการมีสปิน และกลุ่มที่มีสปินก็ไม่แสดงสมบัติการมีประจุ สำหรับระบบที่มีรูปทรงเป็นจุดขนาดเล็ก (จุดควอนตัม quantum dot) นั้น พลังงานของอิเล็กตรอนในระบบศูนย์ จะมีมิติมีค่าไม่ต่อเนื่อง คือ จะมีพลังงานแยกเป็นชั้น ๆ

ในปี 1980 Thouless ได้พบว่า สมบัติของอนุภาคในระบบที่มี 1 และ 2 มิติ มิได้ขึ้นกับชนิดของวัสดุ แต่ขึ้นกับรูปทรงเชิง topology ของระบบมากกว่า Thouless จึงเป็นบุคคลแรกที่นำความรู้เรื่อง topology มาอธิบายสมบัติของของแข็ง โดยได้อธิบายการที่แผ่นฟิล์มของของเหลว helium-3 ขณะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต สามารถกลายสภาพเป็นของเหลวยวดยิ่ง (superfluid) ได้ ซึ่งในความเชื่อเดิมระบบที่มี 2 มิติจะไม่มีการเปลี่ยนเฟส ดังนั้นเมื่อฟิล์ม helium-3 เปลี่ยนเฟส นั่นแสดงว่า ทฤษฎีเก่าไม่ถูกต้อง

ครั้นเมื่อได้ทำงานร่วมกับ Kosterlitz คนทั้งสองก็สามารถอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ว่า อะตอมที่อยู่ในฟิล์มฮีเลียม ตามปกติจะมีสปินแม่เหล็กที่อาจเรียงตัวเป็นวง ๆ เหมือนพายุหมุนทอร์นาโดในลักษณะที่เรียกว่า vortex กับการมีสปินแม่เหล็กที่เรียงตัวในแนวเหนือ-ใต้ กับตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งเรียกเป็นแบบ antivortex แต่ในแผ่นฟิล์มที่มีอุณหภูมิสูง จะมีทั้ง vortex และ antivortex จำนวนมาก ครั้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำ vortex กับ antivortex จะเข้ารวมกัน และหักล้างกัน ทำให้สปินทั้งหลายชี้ไปใน

ทิศเดียวกันหมด ระบบจึงเปลี่ยนสภาพเชิงทอพอโลยีจากของเหลวธรรมดามาเป็นของเหลวยวดยิ่ง นี่เป็นการเปลี่ยนเชิง topology ที่นักฟิสิกส์ใช้อธิบายการเปลี่ยนเฟสของของเหลวยวดยิ่ง



ปรากฏการณ์ฮอลล์เชิงควอนตัม (Quantum Hall Effect) ที่ภายในแผ่นตัวนำมีสภาพเป็นฉนวน แต่ที่ขอบมีสภาพเป็นตัวนำไฟฟ้า ภาพจาก https://physics.stackexchange.com/

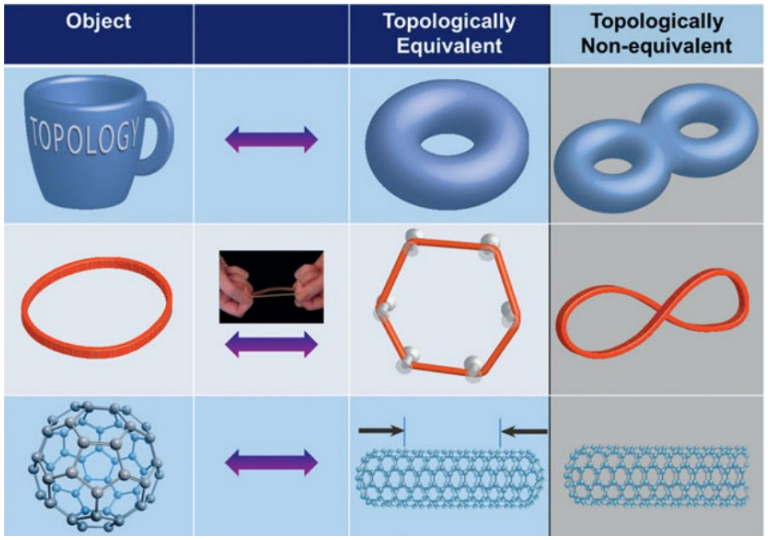
อีก 10 ปีต่อมา Thouless สามารถอธิบายปรากฏการณ์ฮอลล์เชิงควอนตัม (Quantum Hall Effect (QHE)) ที่ Klaus von Klitzing (1943-ปัจจุบัน) พบในปี 1980 ได้ ด้วยการใช้เทคนิค topology อธิบายอีกคำรบหนึ่ง von Klitzing ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1985

ปรากฏการณ์ Hall แบบคลาสสิก Edwin Hall พบเมื่อปี 1880 นั้น มีใจความว่า ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหล ในตัวนำ 3 มิติ ในทิศ x และถ้ามีสนามแม่เหล็กกระทำต่อตัวนำนั้นในทิศ z จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นในทิศ y กราฟของกระแส I กับความต่างศักย์ V จะให้ความสัมพันธ์ V = IR โดยที่ R คือความต้านทานปรากฏการณ์ Hall (ที่ตั้งตามชื่อคนพบ) สามารถคำนวณค่าความชันได้ให้ Hall ได้พบว่า ความชันมีค่าคงตัว

แต่ในกรณีระบบที่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่ได้ในสองมิติ Klaus von Klitzing กลับพบว่า ถ้ามีกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแผ่นในแนวเหนือ-ใต้ และมีความสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงมากกระทำในแนว บน-ล่าง ระบบจะมีความความต่าง

ศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นในแนวตะวันออก-ตก และถ้าระบบนั้นมีอุณหภูมิต่ำมาก โดยในเวลาเดียวกันก็มีการเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กทีละน้อย ความนำ (conductance) ซึ่งเป็นส่วนกลับของความต้านทาน (resistance) แทนที่จะเป็นเส้นตรง กลับมีค่าไม่ต่อเนื่อง คือ มีการก้าวกระโดดเป็นช่วง ๆ เช่น มีค่า h/e^2, 2h/e^2, 3h/e^2 ... (หรือโดยทั่วไปมีค่า nh/e^2 เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก) h ในที่นี้ คือ ค่าคงตัวของ Planck และ e คือประจุของอิเล็กตรอน การที่ความนำมีค่าเป็นหน่วยเล็ก (คือ เป็น quantum) ทำให้โลกรู้จักปรากฏการณ์ Quantum Hall Effect การค้นพบนี้ ทำให้ von Klitzing ได้รับรางวัลฟิสิกส์โนเบลปี 1985 ประเด็นที่สำคัญและน่าสนใจที่สุดของปรากฏการณ์นี้ คือ ความนำไฟฟ้าของระบบไม่ขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้ นั่นคือ ตัวนำจะเป็นทองแดง เงิน หรืออลูมิเนียม หรืออะไรก็ตาม ความนำไฟฟ้าก็จะมีค่า เป็นจำนวนเต็มเท่าของ h/e^2 เสมอ นอกจากนี้ความนำไฟฟ้าก็ไม่ขึ้นกับตำหนิ (defect) หรือปริมาณสารเจือที่มีในตัวนำ แต่ขึ้นกับค่าคงตัวในธรรมชาติ เช่น h และ e เท่านั้น ดังนั้นปรากฏการณ์นี้จึงถูกนำมาใช้ในการกำหนดค่าโอห์มมาตรฐานของความต้านทานไฟฟ้า

ในการอธิบายปรากฏการณ์ QHE Thouless ได้สมมติให้ฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอนในระบบสองมิติมีลักษณะเป็นวง (loop) แต่เมื่อเกิดปรากฏการณ์ QHE ฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอนมีลักษณะเป็นผิวโค้งที่เสถียร ทำให้นักฟิสิกส์สามารถจำแนกรูปทรงได้โดยจำนวนที่เรียกว่า topological invariant (ค่ายืนยง topology)



ความสมมูลเชิง topology ระหว่างถ้วยกาแฟกับโดนัท และระหว่างวงกลมกับรูปหกเหลี่ยม และระหว่างทรงกลมกับทรงกระบอก ภาพจาก https://web.pdx.edu

ตัวอย่างของ topological invariant ในกรณีวัสดุรูปโดนัท (donut) และวัสดุรูปถ้วยกาแฟ ซึ่งต่างก็มีรูตรงกลาง 1 รู และรูที่หูจับ 1 รู ตามลำดับ วัตถุทั้งสองนี้มีรูปทรงเชิง topology เดียวกัน เพราะเราสามารถบิด อัด ดัดถ้วยกาแฟในลักษณะใดก็ได้ จนในที่สุด ถ้วยกาแฟก็จะมีรูปทรงแบบโดนัท คือ มีรูเพียงรูเดียวเท่ากัน ดังนั้น ในกรณีนี้ topological invariant ของรูปทรงจึงมีค่าเท่ากับ 1

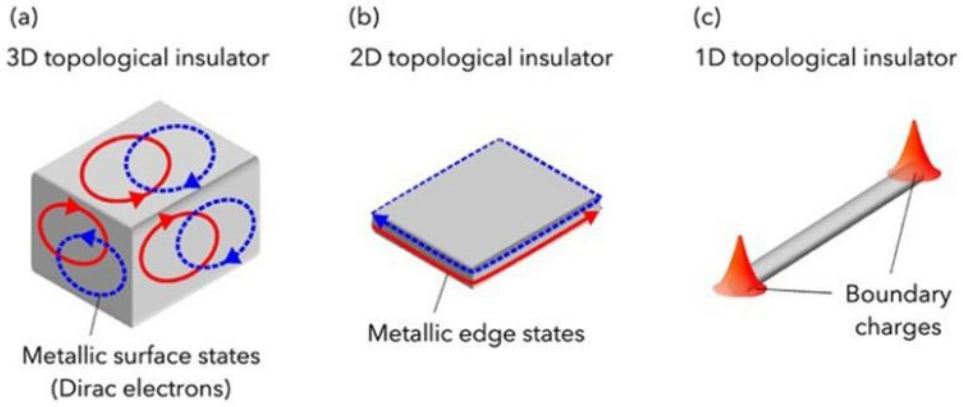
ตามปกติจำนวนรูในรูปทรง topology มีค่าเป็นจำนวนเต็ม คือ 1, 2, 3 ... โดยไม่มีกรณี 5.3 หรือ 7.1 จากนั้น Thouless ก็ได้แสดงให้เห็นว่า topological invariant ของรูปทรงมีค่าสอดคล้องกับเลขควอนตัม n ที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ QHE เขาจึงเสนอแนะว่าค่ายืนยง topology สามารถจำแนกเฟสของสสารได้ โดยไม่คำนึงถึงรายละเอียดปลีกย่อยที่มีในสสารนั้น

ในเวลาต่อมา Haldane ได้นำแนวคิดนี้ไปใช้ในการอธิบาย พฤติกรรมของกลุ่มสปินแม่เหล็กที่อยู่เรียงกันใน 1 มิติ (spin chain)

ตลอดเวลาที่ผ่านมานี้ นักฟิสิกส์ของแข็งได้พบปรากฏการณ์ที่น่าตื่นเต้นมาก เช่น ว่าสสารจำนวนมากมีสมบัติที่ประหลาดนี้ และแปลกจนแทบไม่มีใครเชื่อว่า ธรรมชาติจะ

มีสสาร topological insulator หรือฉนวนทอพอโลยี เพราะมันเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเฉพาะที่บริเวณผิว แต่ภายในตัวกลับมีสมบัติเป็นฉนวน คือไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และได้พบอีกว่า ฉนวนทอพอโลยีมีหลายชนิด ได้แก่ bismuth antimony, mercury telluride, bismuth selenide และ bismuth telluride การได้ชื่อฉนวนทอพอโลยี เพราะในการอธิบายสมบัติของสารชนิดนี้ นักฟิสิกส์ต้องใช้คณิตศาสตร์ topology และกลศาสตร์ควอนตัมแสดงให้เห็นว่า ฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอนทุกอนุภาคในสสาร แทนที่จะเป็นวงเดี่ยว (simple loop) กลับกลายเป็นแบบปม (คือ มีรูปทรง trefoil เหมือนใบ clover ที่มี 3 แฉก) และการเปลี่ยนรูปทรงของฟังก์ชันคลื่นจะทำให้ฉนวนธรรมดากลายเป็น ฉนวนทอพอโลยี

สำหรับความสำคัญของวัสดุประเภทนี้ก็มีมากมาย เช่น ถ้านำฉนวนทอพอโลยีมาประกบกับตัวนำยวดยิ่งก็อาจทำให้พบอนุภาค Majorana ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งอนุภาคและปฏิยานุภาคในตัวมันเอง และจะสามารถใช้เก็บข้อมูลควอนตัม อันจะนำไปสู่การสร้างคอมพิวเตอร์ควอนตัม ที่อุณหภูมิห้องได้ในอนาคต โดยไม่จำเป็นต้องทำให้ระบบมีอุณหภูมิต่ำมาก

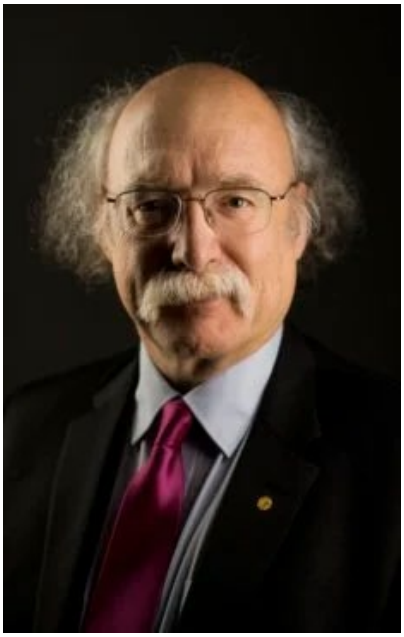


ฉนวนทอพอโลยีแสดงสถานะผิว (surface states) ใน 3 มิติ สถานะขอบ (edge states) ใน 2 มิติ และประจุที่ขอบใน 1 มิติ ภาพจาก Tohoku University

นักฟิสิกส์ยังคาดว่า ฉนวนทอพอโลยีอาจสามารถทำให้เกิดอนุภาค axion ที่เป็น dark matter ซึ่งยังไม่มีใครเคยพบ และยังได้พบอีกว่า เทคนิคคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบาย

สมบัติของฉนวนทอพอโลยีในสนามแม่เหล็ก เป็นคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาค axion ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ด้วย

เหล่านี้คือ ความอัศจรรย์ที่เหลือเชื่อ และ “เหนือจริง” ทั้งในทางทฤษฎีและการประยุกต์ที่กำลังดำเนินไปในการศึกษาสมบัติของฉนวนทอพอโลยี และนี่ก็คือเหตุผลสำคัญที่ทำให้นักฟิสิกส์ทั้ง 3 คน คือ David Thouless, Duncan Haldane และ Michael Kosterlitz ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 2016



F. Duncan M. Haldane นักฟิสิกส์รางวัลโนเบลปี 2016

ภาพจาก nobelprize.org

ในเช้ามืดวันที่ 4 ตุลาคม ปี 2016 F. Duncan M. Haldane ถูกปลุกด้วยเสียงโทรศัพท์จากกรุง Stockholm ประเทศสวีเดน เพื่อแจ้งว่า เขาได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกับ David Thouless และ Michael Kosterlitz สำหรับการค้นพบทฤษฎีเกี่ยวกับ topological phase transition และ topological phase of matter เหตุการณ์นี้เป็นเหมือนการปิดฉากการเดินทางที่เต็มไปด้วยขวากหนาม และเต็มไปด้วยแรงต้านอันแสนจะยาวนานของนักฟิสิกส์ทฤษฎีคนหนึ่ง ผู้เคยถูกปฏิเสธบทความ ถูกมองว่าความคิดขัดกับหลักพื้นฐาน และเคยต้องยืนยันความถูกต้องของตนท่ามกลางความสงสัยของวงการ

Haldane เกิดที่กรุง London ในปี 1951 ในครอบครัวแพทย์ที่ให้คุณค่าต่อวิทยาศาสตร์และการศึกษา บิดาของเขาเป็นจิตแพทย์ชาว Scotland ซึ่งทำงานใน National Health Service ของอังกฤษ ส่วนมารดาเป็นชาว Carinthian Slovene จากแคว้นสองภาษาใน Austria ใต้ ครอบครัวนี้จึงให้มรดกทางวัฒนธรรมที่ผสมกันระหว่าง Scottish กับ Slovenian แต่ถึงแม้ Haldane จะเติบโตใน London ซึ่งไม่มีแม้สำเนียง Scottish เลย เขาก็เคยกล่าวว่า ตนรู้สึกว่าตนเป็นครึ่ง Scot และครึ่ง Slovene

ชีวิตวัยเด็กของ Haldane ไม่ได้ถูกบังคับให้ต้องเป็นแพทย์ แม้ตัวเขาจะเกิด และโตมาอยู่ในครอบครัวแพทย์ เขาเรียนที่โรงเรียนเอกชนใน London และต่อมาที่ St. Paul's School ซึ่งมีชื่อเสียงด้านหลักสูตรที่เข้มงวด Haldane เก่งคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่เด็ก แต่ลายมือกลับยุ่งเหยิงจนต้องคัดลอกข้อความซ้ำ ๆ หลายหน้า จุดเล็ก ๆ นี้ดูเหมือนเป็นเรื่องธรรมดา แต่สะท้อนบุคลิกของ Haldane ได้ดี คือความคิดเป็นระบบ แต่เส้นทางชีวิตมิได้เรียบร้อยเป็นเส้นตรง

เมื่อเรียนในระดับ A-level หรือระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในอังกฤษ Haldane เลือกเรียนเฉพาะในด้านคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และเคมี ในตอนแรกเขาสนใจเคมีมากกว่าฟิสิกส์ แต่ครูฟิสิกส์ที่กระตือรือร้นในปีสุดท้ายของโรงเรียนได้ทำให้เขาหันมาสนใจฟิสิกส์อย่างจริงจัง และในช่วงเวลาเดียวกัน หรือก็คือช่วงปลายทศวรรษ 1960 ใน London นั้นเต็มไปด้วยวัฒนธรรมร็อกและกระแส counterculture Haldane จึงเป็นวัยรุ่นที่สนใจทั้งวิทยาศาสตร์ ดนตรีร็อก และการเดินทาง หลังจบโรงเรียน เขาใช้ช่วงว่างก่อนเข้ามหาวิทยาลัยเดินทางทางบกไป India และ Nepal ผ่าน Iran กับ Afghanistan ซึ่งเป็นเส้นทางที่ในปัจจุบันแทบเป็นไปไม่ได้แล้ว

ในปี 1970 Haldane เข้าเรียน Natural Sciences ที่ Christ's College ณ มหาวิทยาลัย Cambridge ซึ่งเป็น college ที่เด่นทางด้านวิชาการมากขนาดที่ทัดเทียม

และผลัดกันเป็นที่ 1 ของ Cambridge กับ Trinity College ที่นั่นเองเขาได้เรียนชีววิทยา ฟิสิกส์ และเคมี แต่พบว่าตนไม่ถนัดงานทดลอง ครั้งหนึ่งเขาเผลอกลืนสารเคมีบางชนิดเข้าไป ขณะใช้ mouth pipette ซึ่งในปัจจุบันคงถูกห้ามด้วยกฎความปลอดภัย เหตุการณ์นี้ทำให้เขาตัดสินใจอย่างชัดเจนว่า ควรเลือกทฤษฎีมากกว่าการทดลอง

จุดเปลี่ยนสำคัญเกิดขึ้นในปี 1973 เมื่อ Haldane ได้เรียนวิชา advanced quantum mechanics กับ Philip W. Anderson นักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่แห่งวงการฟิสิกส์ของสสารควบแน่น (Condensed Matter Physics) ในตอนนั้น Anderson ได้บรรยายเรื่อง localisation, Kondo effect และปัญหาควอนตัมเชิงแนวคิด ซึ่งต่างจากโจทย์การกระเจิงเชิงควอนตัมในแบบเดิมที่ Haldane รู้สึกว่าเป็นเพียงแบบฝึกหัดทางคณิตศาสตร์ Haldane จึงตัดสินใจทำปริญญาเอกกับ Anderson ที่ Cavendish Laboratory ในกลุ่มที่มีชื่อว่า TCM (Theory of Condensed Matter)

เดิมทีนั้น Haldane เคยคิดจะทำงานกับ Michael Green เกี่ยวกับ relativistic strings แต่ในเวลานั้น string theory ในฐานะทฤษฎีที่ใช้อธิบาย hadron และ strong force กำลังเสื่อมความนิยม และต้องรออีกหลายปีกว่าจะกลับมาในฐานะทฤษฎีแรงโน้มถ่วงควอนตัมแบบที่เรารู้จักกันในปัจจุบัน การเลือก Anderson จึงเป็น “ความบังเอิญที่ถูกเวลา” อย่างหนึ่ง Haldane เองเคยสรุปว่า อาชีพวิจัยที่ประสบความสำเร็จจำนวนมากอาจเกิดจากการเลือกที่ไม่ชัดเจนหลายครั้ง แต่เลือกถูกในเวลาที่เหมาะสม

Anderson สอน Haldane ให้เห็นพลังของ toy model คือ แบบจำลองอันเรียบง่ายที่ไม่เก็บรายละเอียดทุกอย่าง แต่รักษา “แก่น” ของปรากฏการณ์ไว้ Haldane เคยสับสนกับ Anderson model, Wolff model และ Kondo model เพราะไม่เข้าใจว่าแบบจำลองเหล่านี้เชื่อมโยงกับอะตอมจริงอย่างไร แต่เมื่อได้ฟัง Anderson บรรยายแนวคิดเรื่อง adiabatic continuity และ fixed point เขาจึงเข้าใจว่า ในฟิสิกส์ของ

สสารควบแน่น รายละเอียดเล็ก ๆ อาจเปลี่ยนได้ แต่โครงสร้างลึกของเฟส หรือสภาวะหนึ่ง ๆ อาจเหมือนเดิม นี่คือบทเรียนสำคัญที่สุดบทหนึ่งในชีวิตของ Haldane

เมื่อ Anderson ย้ายส่วนหนึ่งของงานจาก Cambridge ไป Princeton เขาได้พา Haldane ไปด้วย ที่ Princeton นั้น Haldane ได้เข้ามาอยู่ในบรรยากาศทางปัญญาอันเข้มข้น คือมีนักฟิสิกส์รุ่นเดียวกันและรุ่นพี่ที่เก่งกาจเป็นจำนวนมาก เช่น Edward Witten ผู้พัฒนา string theory และได้รางวัล Fields medal, Steve Girvin ลูกศิษย์ของ John Hopfield, Frank Wilczek ผู้ได้รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี 2004, Barry Simon และ Elliott Lieb ซึ่งทั้งสองร่วมกันพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับอะตอม และ David Thouless ผู้ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกันกับเขา นอกจากนี้เขายังพบ John Nash เจ้าของรางวัลโนเบลสาขาเศรษฐศาสตร์ปี 1994 ซึ่งในช่วงนั้นมีอาการป่วยทางจิตและมักเข้ามาเขียนสมการประหลาดเต็มกระดานดำในอาคารฟิสิกส์ยามค่ำคืน

ช่วงปริญญาเอก Haldane ทำงานเรื่อง Anderson impurity และ Kondo problem เขาต้องตรวจสอบผลการคำนวณ perturbation theory ลำดับสี่ประมาณสี่สิบพจน์ ซึ่งควรหักล้างกันพอดี แต่ผลกลับไม่ตรง เขาตรวจซ้ำอยู่สองเดือนจนมั่นใจว่าตนไม่ผิด สุดท้ายพบว่า ตารางอินทิกรัลในหนังสือของ Gradshteyn and Ryzhik มีสูตรผิด คือตัวคูณเลข 2 ในสูตรนั้นถูกพิมพ์ตกไป เมื่อแก้สูตรแล้ว ทุกอย่างจึงลงตัว ประสบการณ์นี้สอนเขาว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องกล้ายืนหยัดกับผลลัพธ์ที่ตนตรวจสอบแล้ว แม้แหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือจะบอกอย่างอื่น

หลังจบปริญญาเอก Haldane ไปทำงานที่ Institut Laue-Langevin ในเมือง Grenoble ประเทศ France โดยได้รับอิทธิพลจาก Philippe Nozières ที่นั่นเขาศึกษาเกี่ยวกับ bosonization, Luttinger liquid และปัญหาในระบบหนึ่งมิติ การวิเคราะห์เหล่านี้นำเขาไปสู่ผลลัพธ์ที่น่าประหลาดใจที่สุดชิ้นหนึ่ง คือ การพบคำทำนายที่ว่า โซ่

สปินแบบ anti-ferromagnet ที่มีสปินเป็นจำนวนเต็ม โดยเฉพาะ spin-1 จะมีช่องว่างพลังงาน หรือที่ภายหลังเรียกว่า Haldane gap ขณะที่กรณีสปินครึ่งจำนวนเต็มมีพฤติกรรมต่างออกไป

ตอน Haldane ส่งผลงานนี้ไปตีพิมพ์ ชุมชนฟิสิกส์ของแม่เหล็กเชิงควอนตัมจำนวนมากไม่ยอมรับ ทำให้บทความของเขาถูกปฏิเสธหลายครั้ง และมีผู้ตัดสินบทความดังกล่าวว่า ข้ออ้างของเขาขัดกับหลักพื้นฐาน เช่น renormalisation และ continuity แต่ Haldane ไม่ถอย เพราะเขาเห็นตรรกะที่ถูกต้องในผลลัพธ์ของเขาอย่างชัดเจน ต่อมาทั้งการคำนวณเชิงตัวเลขและการทดลองก็ได้พิสูจน์ว่าเขาถูกต้อง Haldane gap จึงกลายเป็นหนึ่งในผลงานสำคัญของฟิสิกส์สปินควอนตัม และในภายหลังถูกมองว่าเป็นตัวอย่างแรก ๆ ของ topological quantum matter

ในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โลกฟิสิกส์ได้พบปรากฏการณ์ quantum Hall effect ทั้งแบบที่เป็นจำนวนเต็ม (integer) และ แบบที่เป็นเศษส่วน (fractional) ตัว Haldane นั้นได้รับบทความของ Robert Laughlin ไปตัดสินในฐานะ reviewer และภายในเวลาเพียงไม่กี่นาที เขาก็ได้ตระหนักว่า Laughlin ได้พบคำอธิบายที่ถูกต้องแล้ว คือ การอธิบายผ่านของไหลเชิงควอนตัมที่มีอาจถูกบีบอัดได้ (incompressible) และมี quasiparticle ที่มีประจุเป็นเศษส่วน ผลงานนี้เปลี่ยนวิธีคิดของ Haldane อย่างลึกซึ้ง เพราะมันแสดงให้เห็นว่า ฟิสิกส์ของสสารควบแน่นไม่จำเป็นต้องอธิบายได้ด้วย perturbation theory หรือหลักการความต่อเนื่องจากระบบอนุภาคอิสระเสมอไป

Haldane, Laughlin และ Anderson ถ่ายรูปร่วมกันในงานวันคล้ายวันเกิดอายุครบ 60 ปีของ Haldane

ภาพจาก nobelprize.org

ต่อมา Haldane ฝันเห็นภาพอิเล็กตรอนบนผิวทรงกลมที่มี magnetic monopole อยู่ตรงกลาง เขาตื่นขึ้นมากลางดึกและคำนวณรายละเอียดทันที ภาพฝันนี้นำไปสู่ spherical geometry สำหรับ fractional quantum Hall effect ซึ่งกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการคำนวณเชิงตัวเลขของระบบ quantum Hall เฉกเช่น Kekulé เคยฝันเห็นงูกัดหางแล้วเข้าใจโครงสร้างวงแหวนของ benzene ความฝันของ Haldane ก็เป็นหนึ่งในเกร็ดเล็กเกร็ดน้อยที่งดงามของฟิสิกส์สมัยใหม่

ผลงานที่สองซึ่งคณะกรรมการโนเบลกล่าวถึง คือ แบบจำลอง quantum Hall effect โดยไม่ต้องมีสนามแม่เหล็กภายนอก โดย Haldane เรียกมันว่า zero-field quantum Hall effect ปัจจุบันนั้น เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า anomalous quantum Hall effect หรือ Chern insulator ซึ่ง Haldane ใช้โครงสร้างคล้าย graphene ที่มีพันธะเพื่อนบ้าน (หรือพันธะที่อยู่ติดกัน) ลำดับสองเป็นจำนวนเชิงซ้อน ทำให้ time-reversal symmetry ถูกทำลาย และยังกำหนดให้ไม่มี magnetic flux สุทธิผ่านหน่วยเซลล์ใด ผลคือ ระบบมี edge state ทิศทางเดียว และมี Hall conductance เชิงควอนตัม

ความสำคัญของแบบจำลองนี้อยู่ที่การแสดงให้เห็นว่า topology ของ band structure สามารถกำหนดสมบัติทางกายภาพได้โดยไม่ต้องอาศัยสนามแม่เหล็กภายนอก มันเป็นบรรพบุรุษของสสารในตระกูล topological insulator และเชื่อมโยงกับแนวคิด Chern number, Berry curvature และ bulk-boundary correspondence ในวิชา topology แบบจำลองของ Haldane จึงไม่ใช่เพียงแบบฝึกหัดเชิงทฤษฎี แต่เป็นแผนที่นำทางให้ฟิสิกส์ของสสารควบแน่นเข้าสู่ยุค topological matter

ในระยะต่อมา ความคิดของ Haldane ยังเชื่อมโยงไปสู่ topological photonics, quantum spin Hall effect, topological insulator ในสามมิติ และ entanglement spectrum เขาเองเคยยอมรับว่า ครั้งหนึ่งเขามองข้ามความเสถียรของ quantum spin Hall state เพราะคิดว่า edge modes ที่สวนทางกันคงถูกทำลายได้ง่าย แต่ Charles Kane และ Eugene Mele ได้คำนวณจริงและพบว่ามันเสถียร นี่เป็นอีกบทเรียนสำคัญของ Haldane คือ อย่าคิดว่าเข้าใจแล้วโดยยังไม่ได้คำนวณ

ในปี 2012 Haldane ได้รับ Dirac Medal ร่วมกับ Charles Kane และ Shoucheng Zhang สำหรับบทบาทของเขาในฟิสิกส์ของ topological insulator และในปี 2013 กลุ่มทดลองที่ Tsinghua University สามารถสังเกตปรากฏการณ์ anomalous quantum Hall effect ได้จริงในวัสดุแม่เหล็กบนผิว topological insulator ซึ่งเป็นการยืนยันภาพที่ Haldane เสนอไว้ตั้งแต่ปี 1988

Haldane (ซ้าย) กับ ภัทรพล ธนลิขิต (ขวา) สนทนากันเรื่อง fractional quantum Hall effect โดย Haldane ได้อธิบายงานล่าสุดของเขาที่เสนอวิธีมองปรากฏการณ์นี้ใหม่ที่ต่างไปจากของ Laughlin ภาพจาก ภัทรพล ธนลิขิต ถ่ายที่งาน GYSS 2026 ณ ประเทศสิงคโปร์

ในปี 2016 Haldane ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกับ Thouless และ Kosterlitz Anderson ผู้เป็นอาจารย์และผู้ชี้ทางความคิดของเขาไม่สามารถเดินทางไป Stockholm ได้ แต่ก็ยังส่งคำแนะนำและข้อสังเกตจากประสบการณ์ตอนรับรางวัลโนเบลปี 1977 มาให้ Haldane เพื่อแนะนำลูกศิษย์ ภายหลัง Haldane พบว่า สายตระกูลวิชาการของตนเชื่อมโยงกับ John Van Vleck, Edwin Kemble และ Percy Bridgman ซึ่งเป็นเหมือน academic genealogy อันยาวไกลของฟิสิกส์ทฤษฎี เขามักย้ำกับลูกศิษย์ของเขารวมถึงคนที่มีแววจะมาทำงานร่วมกับเขาอยู่ตลอดว่า เมื่อมาทำงานกับเขา คุณจะต้องรับแรงกดดันสูงมาก เพราะบรรพบุรุษทางวิชาการ 3-4 รุ่นที่ผ่านมาของคุณได้รับรางวัลโนเบลมาอย่างต่อเนื่อง และผมคาดหวังว่ามันจะไม่จบที่คุณ

Haldane (ซ้าย) กับ ภัทรพล ธนลิขิต (ขวา) โดย Haldane ได้นำเหรียญรางวัลโนเบลที่ได้มาแสดงให้ดู และถ่ายรูปร่วมกันอย่างลับ ๆ

ภาพจาก ภัทรพล ธนลิขิต ถ่ายที่งาน GYSS 2026 ณ ประเทศสิงคโปร์

ชีวิตของ Haldane แสดงให้เห็นว่า ความสำเร็จในฟิสิกส์ไม่ได้เกิดจากการเดินตามเส้นทางที่เป็นเส้นตรงเสมอไป เขาเริ่มจากครอบครัวแพทย์ แต่ไม่เป็นแพทย์ เริ่มต้นด้วยความสนใจในวิชาเคมี แต่หันมาฟิสิกส์ ต้องตัดสินใจเลือกระหว่าง string theory กับ condensed matter และเลือกทางที่ในเวลานั้นดูไม่ชัดเจน ผลงานสำคัญหลายชิ้นของเขาเองเริ่มจาก toy model ที่แม้ดูเรียบง่าย แต่กลับเปิดประตูสู่โครงสร้างที่ลึกซึ้งของธรรมชาติ

บทเรียนชีวิตจาก Haldane คือ นักวิทยาศาสตร์ต้องรู้จักมองข้ามรายละเอียดที่ไม่จำเป็น แต่ต้องไม่ละเลยแก่นสำคัญ ต้องกล้ายืนยันผลลัพธ์เมื่อมั่นใจ ต้องยอมรับว่าความบังเอิญมีบทบาทในชีวิต แต่ความบังเอิญจะมีความหมายก็ต่อเมื่อผู้พบเห็นมีความพร้อมพอจะเข้าใจมัน และที่สำคัญที่สุด ฟิสิกส์ที่ยิ่งใหญ่อาจไม่ได้เกิดจากการคำนวณสิ่งที่ซับซ้อนที่สุด แต่อาจเกิดจากการตั้งคำถามที่เรียบง่ายที่สุดว่า “อะไรคือสิ่งที่ไม่เปลี่ยนแม้รายละเอียดทั้งหมดจะเปลี่ยนไป”

ด้วยเหตุนี้ Haldane จึงเป็นบุคคลสำคัญของฟิสิกส์สมัยใหม่ เพราะเขาช่วยเปลี่ยนความเข้าใจของเราเกี่ยวกับสสาร จากการมองเฟส หรือสภาวะของสสารด้วยสมมาตรและการแตกสมมาตร ไปสู่การมองด้วย topology ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่อยู่ลึกกว่า ทนทานกว่า และบางครั้งไม่อาจเห็นได้โดยง่ายผ่านสมบัติของสารในมุมมองแบบเดิม ถ้า Dirac ทำให้โลกเห็นความงามของสมการที่ทำนายปฏิสสาร Haldane ก็ทำให้โลกเห็นว่า ในสสารธรรมดา อาจซ่อนเรขาคณิตและ topology ที่ลึกซึ้งไม่แพ้จักรวาลของอนุภาคมูลฐานเลย

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Long Range Order and Metastability in Two Dimensional Solids and Superfluids โดย J.M. Kosterlitz and D.J. Thouless ใน Journal of Physics C.5, L 124 (1972) และ The birth of topological insulator โดย J.E. Moore ใน Nature ฉบับที่ 11 มีนาคม 2010

2. Hasan, M. Zahid; Xu, Su-Yang; Neupane, Madhab (2015), "Topological Insulators, Topological Dirac semimetals, Topological Crystalline Insulators, and Topological Kondo Insulators", Topological Insulators, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 55–100, doi:10.1002/9783527681594.ch4, ISBN 978-3-527-68159-4

3. F. Duncan M. Haldane: Biographical โดย F. Duncan M. Haldane เผยแพร่โดย The Nobel Foundation 2016 (June 1, 2016)

Syukuro Manabe (ชิวคุโระ มานาเบะ)
Klaus Hasselmann (เคลาส์ ฮัสเซิลมันน์)
Giorgio Parisi (จอร์โจ พาริซี)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2021 จากการสร้างศาสตร์ของความซับซ้อน (Complexity Sciences)

Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann และ Giorgio Parisi (ตามลำดับ)

ภาพจาก Clément Morin, Bernhard Ludewig และ Stefan Bladh

ในกาลครั้งหนึ่งที่นานมากแล้ว นักฟิสิกส์ได้เคยตั้งความหวังที่เป็นความฝันอันสูงสุดว่า จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติทุกรูปแบบได้ด้วยกฎง่าย ๆ เพียงไม่กี่กฎ ดังนั้นจึงได้พยายามเสาะแสวงหากฎและทฤษฎีของสรรพสิ่ง และได้ประสบความสำเร็จในระดับที่ดีมาก เช่น ได้พบกฎการเคลื่อนที่ และกฎแรงดึงดูดแบบโน้มถ่วงระหว่างมวลของ Newton ทำให้สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะได้อย่างดีเยี่ยม รวมถึงการสร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป โดย Einstein ซึ่งสามารถอธิบายที่มาของแรงโน้มถ่วงและการกำเนิดของเอกภพได้ เป็นต้น

แต่เมื่อนักฟิสิกส์เผชิญโลกของอะตอม องค์ความรู้ต่าง ๆ ที่มีทั้งหมดไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ในอะตอมได้เลย ดังนั้น จึงต้องหาวิธีใหม่ หากฎ รวมถึงทฤษฎีใหม่

และก็ได้สร้างวิชากลศาสตร์ควอนตัมขึ้นมา ซึ่งได้ประสบความสำเร็จอย่างดีเลิศ จนมีผลทำให้โลกมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น เลเซอร์ , หลอดไฟ LED , เทคโนโลยี MRI , เตาปฏิกรณ์ปรมาณู , คอมพิวเตอร์ , โทรทรรศน์ ฯลฯ

ความสำเร็จเหล่านี้เกิดจากความคิดพื้นฐานของนักฟิสิกส์ที่ว่า เวลาต้องการจะศึกษาธรรมชาติของระบบใด ๆ ก็ตาม ให้พิจารณาลงไปลึกถึงระดับอะตอมของระบบนั้น แล้วพยายามศึกษาธรรมชาติของอะตอมดังกล่าว ซึ่งจะมีอันตรกิริยากับอะตอมอื่น ๆ และกับสนามแวดล้อม อันมีผลทำให้สมบัติของอะตอมเปลี่ยนไป และสมบัติลัพธ์ของอะตอมทั้งหลายจะแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมของระบบนั้นทันที ดังนั้นการศึกษาอะตอมในสภาวะต่าง ๆ จึงเป็นงานหลักของนักฟิสิกส์ตลอดเวลาที่ผ่านมา

Philip Anderson ภาพจาก www.princeton.edu

ในปี 1972 Philip Anderson (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1977) ได้ชี้ให้เห็นว่าวิธีคิดในรูปแบบนี้ จะมีปัญหาเวลานำไปใช้ศึกษาระบบที่มีองค์ประกอบหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีปฏิสัมพันธ์กัน ทั้งอย่างรุนแรงและอย่างแผ่วเบา ทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ขององค์ประกอบนั้นเปลี่ยนแปลงและปรับตัวใหม่ จนมีผลทำให้ทั้งระบบมีสมบัติใหม่ที่อาจ

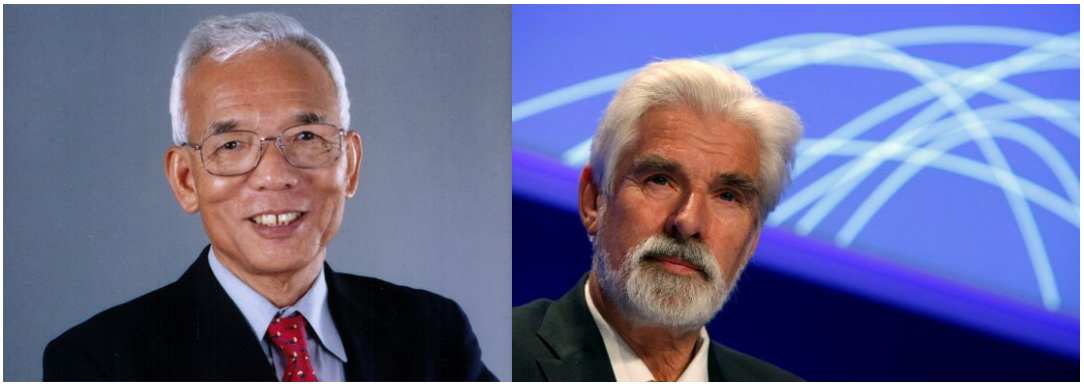
คาดไม่ถึง และถ้าระบบนั้นเป็นสิ่งมีชีวิต ระบบก็อาจจะมีวิธีคิดใหม่ สไตล์การทำงานใหม่ และจิตสำนึกใหม่ จนอาจจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมโหฬารในระดับมหภาคได้ และถ้าระบบนั้นได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องคือตลอดเวลา การปรับตัวของทุกองคาพยพก็จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบกลุ่ม (group dynamics) โดยที่องค์ประกอบทุกส่วนของระบบนั้น มีอิทธิพลต่อกันและกันตลอดเวลา

เพราะเหตุว่าไม่มีอะไรในเอกภพที่อยู่อย่างโดดเดี่ยว และทุกสิ่งทุกอย่างต่างก็มีปฏิสัมพันธ์กันตลอดเวลา ดังนั้นการศึกษาธรรมชาติของระบบจึงเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมาก แต่คำ “ซับซ้อน” ในที่นี้มีได้หลายความหมายซึ่งขึ้นกับบริบท และมีได้หลายระดับของความยาก-ง่าย ในอดีตเมื่อ 30 ปีก่อน สถาบัน Santa Fe Institute (SFI) ที่รัฐ New Mexico ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เคยให้คำจำกัดความของทฤษฎีความซับซ้อนว่า เป็นชุดของสมการคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้บรรยายหรืออธิบายความเป็นไปของระบบที่มีสมาชิกซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันได้อย่างสมบูรณ์แบบ ในทำนองเดียวกับกฎข้อที่สองของวิชา Thermodynamics ที่สามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงทุกรูปแบบในระบบกายภาพได้

ตามคำจำกัดความนี้เราจึงมีตัวอย่างของความซับซ้อนได้มากมาย เช่น “computational complexity” หรือความซับซ้อนเชิงคำนวณ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าในการคำนวณค่าอะไรก็ตาม เราจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำ (memory) และการดำเนินการ (processing) มากหรือน้อยเพียงใด นอกจากนี้ก็มี “algorithm complexity” ซึ่งเกี่ยวข้องกับการระบุเวลา ที่ algorithm หนึ่ง จะต้องใช้ในการทำให้ข้อมูลเข้า (input) ลุล่วงเป็นต้น

ทุกวันนี้ระบบต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาล้วนเป็นระบบที่มีความซับซ้อนทั้งสิ้น เช่น ระบบเศรษฐกิจ ระบบนิเวศ ระบบการจราจรในเมืองใหญ่ ตลอดจนถึงระบบการทำงานของสมอง เพราะระบบเหล่านี้ต่างก็มีองค์ประกอบเป็นสมาชิกที่เป็นอิสระ อันได้แก่ ลูกค้า สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ต่าง ๆ กับสิ่งไม่มีชีวิต ยานพาหนะ และเซลล์ประสาท โดยปกติระบบเหล่านี้มักแสดงพฤติกรรมที่ขึ้นกับเวลา บ้างเปลี่ยนแปลงช้า บ้างแปรปรวนอย่างรวดเร็ว ไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) และขึ้นกับเวลา แล้วการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะแสดงพลังย้อนกลับไปสู้กับอิทธิพลต้นกำเนิด โดยอาจจะเสริมหรือหักล้างกันก็ได้ กระบวนการ feedback เช่นนี้ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของข้อมูลใดข้อมูลหนึ่ง ซึ่งมีผลกระทบที่ยิ่งใหญ่ต่อระบบทั้งหมดได้ (butterfly effect) ระบบดังกล่าว จึงแทบไม่มีโอกาสจะอยู่ในสถานะสมดุลได้เลย

ในความพยายามจะเข้าใจพฤติกรรมของระบบซับซ้อนนี้ นักวิจัยได้พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ขึ้นหลายรูปแบบ เช่น ทฤษฎีเครือข่าย (network theory) , agent-based modelling , และ genetic algorithm เป็นต้น ซึ่งเทคนิคเหล่านี้ เมื่อนำมาใช้กับ supercomputer ที่สามารถรับข้อมูลจำนวนมาก ได้ช่วยให้นักวิจัยสร้างแบบจำลองของระบบที่ซับซ้อนมาก จนสามารถใช้พยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างแม่นยำ

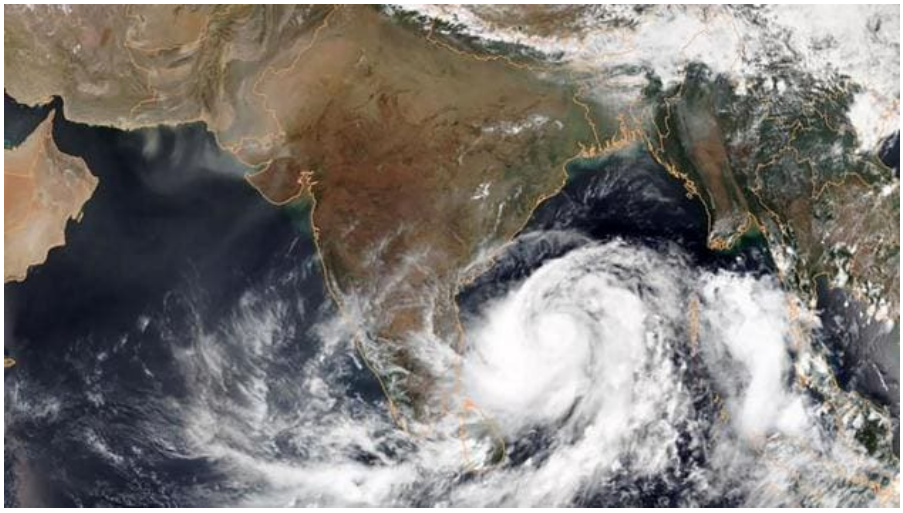


Syukuro Manabe (ซ้าย) และ Klaus Hasselmann (ขวา)

ภาพจาก www.s.u-tokyo.ac.jp และ www.mpg.de

Georgio Parisi ภาพจาก www.reuters.com

ความสำคัญของวิทยาการสาขานี้ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการ เมื่อรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ประจำปี 2021 ได้ตกเป็นของนักฟิสิกส์ทฤษฎี 3 ท่าน โดยครึ่งหนึ่งของรางวัลเป็นของ Syukuro Manabe วัย 90 ปี จากมหาวิทยาลัย Princeton ในประเทศสหรัฐอเมริกา กับ Klaus Hasselmann วัย 89 ปี จากสถาบัน Max Planck Institute for Meteorology ที่เมือง Hamburg ในประเทศเยอรมนี และอีกครึ่งหนึ่งของรางวัลเป็นของ Georgio Parisi วัย 73 ปี จากมหาวิทยาลัย Sapienza ที่ Rome ในประเทศอิตาลี



ภาพถ่ายบรรยากาศ โดยดาวเทียม ภาพจาก www.hindustantimes.com

โดยในปี 1967 Manabe ได้แสดงให้โลกรู้เป็นครั้งแรกว่า การเพิ่มปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลกเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้โลกร้อน คือ มีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น ถ้าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 2 เท่า อุณหภูมิของโลกก็จะเพิ่ม 2.3 องศาเซลเซียส ในการสร้างแบบจำลองบรรยากาศในเวลานั้น Manabe ได้แบ่งบรรยากาศโลกออกเป็นชั้น ๆ ในแนวดิ่ง แล้วใช้หลักการของฟิสิกส์เรื่อง การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และจากโลกเข้าเสริมเพื่อทำนายสมบัติของบรรยากาศโลก ทั้งในระยะสั้น (weather) และระยะยาว (climate)

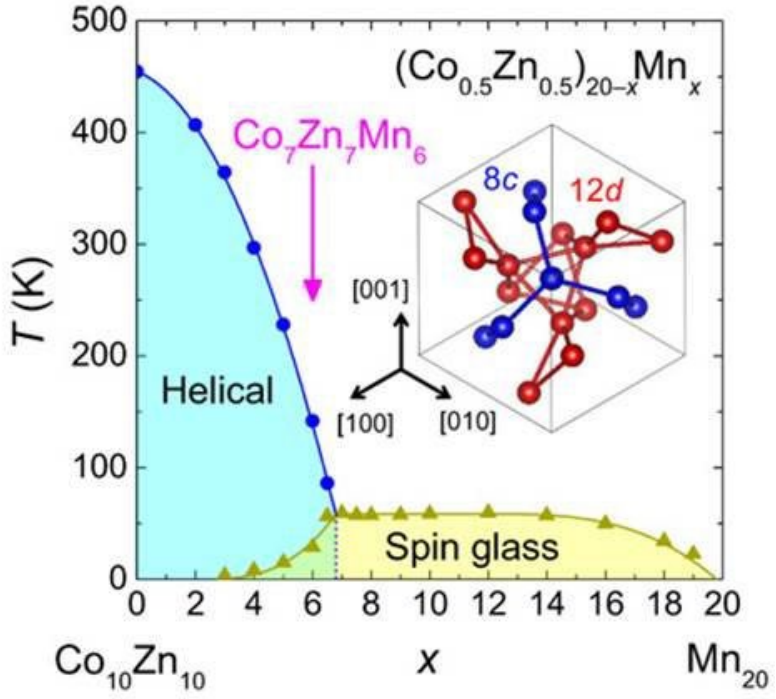
อีก 10 ปีต่อมา Klaus Hasselmann ได้สร้างแบบจำลองของบรรยากาศที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยได้เสริมและเพิ่มเติมแบบจำลองของ Manabe ด้วยปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การตัดไม้ทำลายป่า นโยบายของประเทศต่าง ๆ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องโลกร้อน สถานะทางเศรษฐกิจของประชากร รวมถึงความรุนแรงในการระบาดของโรคร้ายต่าง ๆ ที่ทำให้วิถีชีวิตของสังคมมนุษย์ต้องเปลี่ยนแปลง

พายุทอร์นาโด ในประเทศสหรัฐอเมริกา ภาพจาก www.popsci.com

การทำวิจัยที่ต้องพิจารณาทุกประเด็นที่เกี่ยวข้องในทุกแง่มุมครบ 360 องศานี้ ได้ทำให้ปัญหาโลกร้อนเป็นปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักอุตุนิยมวิทยามาก เพราะนอกจากจะต้องมีความรู้ฟิสิกส์ดีมากแล้ว ยังต้องเข้าใจพฤติกรรมของมนุษย์เป็นอย่างดีด้วย ไม่ว่าจะเป็นด้านฐานะ (ตามสภาพความยากจนและร่ำรวย) ตลอดจนถึงต้องมีความรู้เรื่องการแพร่ระบาดของโรค ซึ่งมักทำให้มนุษย์เปลี่ยนพฤติกรรมในการดำเนินชีวิต และยังต้องรู้อีกด้วยว่าปัจจัยเหล่านี้ มีอิทธิพลต่อกันและกันอย่างไรด้วย นี่จึงเป็นปัญหาใหญ่และใหม่ที่ยังไม่มีใครสามารถแก้ได้ เพราะว่าไม่รู้ชัดว่าปัจจัยด้านสังคมและเศรษฐกิจมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมมากเพียงใด เช่น ไม่รู้ผลกระทบของการเพิ่มความสูงของระดับน้ำทะเล และอิทธิพลของฝุ่นละอองกับมลพิษในอากาศ รวมถึงไม่รู้ผลกระทบในการทำเกษตรกรรมรูปแบบต่าง ๆ ของเกษตรกรในทุกภาคส่วนของโลกด้วย และเมื่อปัจจัยเหล่านี้มีความไม่แน่นอน ซึ่งเกิดจากการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพในบางเวลา การอพยพย้ายถิ่นอาศัยของสัตว์ในฤดูต่าง ๆ และการเกิดสงครามว่ามีอิทธิพลมากเพียงใดต่อการดำรงชีพของคน ดังนั้นแบบจำลองบรรยากาศที่ถูกต้อง

สมบูรณ์แบบ ซึ่งสามารถพยากรณ์สภาพอากาศได้ล่วงหน้าทั้งในระยะสั้น หรือระยะยาว จึงยังไม่มีในโลก

ด้าน Georgio Parisi มีผลงานสำคัญเรื่องแรก คือเรื่อง spin glass ซึ่งเป็นโลหะผสมที่มีสารเจือเป็นอะตอมของเหล็ก (Fe) อยู่ปนในโลหะทองแดง (Cu) แม้อะตอมของสารเจือจะมีจำนวนน้อย แต่ก็สามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะผสมได้อย่างคาดไม่ถึง โดยอาศัยการมีสมบัติด้านความไม่เป็นระเบียบ (disorder) และความแปรปรวน (fluctuation) ของ spin ในอะตอมเหล็ก เวลามีอันตรกิริยากับอะตอมของทองแดง เมื่อ Parisi ใช้วิชากลศาสตร์ควอนตัมเชิงสถิติในการศึกษาระบบนี้ เขาก็สามารถอธิบายพฤติกรรมของ spin glass ได้เป็นอย่างดี เทคนิคของ Parisi ยังสามารถนำไปใช้อธิบายพฤติกรรมของระบบอื่น ๆ ที่มีความไม่เป็นระเบียบ และสมาชิกในระบบมีอันตรกิริยาอย่างรุนแรงต่อกันด้วย เช่น ในตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูง และในตัวนำยวดยิ่งที่มีเหล็กเจือปน (iron pnictide superconductor) รวมถึงสารประกอบ heavy fermion เพราะรูปแบบการเปลี่ยนเฟส (phase) ของสารประกอบและสารผสมเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นว่าเวลาอุณหภูมิของระบบเปลี่ยน ปรากฏการณ์แปลก ๆ จะปรากฏมากมาย เช่น ตัวนำยวดยิ่ง จะมี pseudogap หรือมีการจับคู่ระหว่าง electron กับ hole ที่มี spin เหมือนกัน แต่มีโมเมนตัมแตกต่างกัน ในขณะที่ตัวนำยวดยิ่งธรรมดา การจับคู่จะเกิดระหว่าง electron ที่มี spin และโมเมนตัมตรงข้ามกัน นอกจากนี้ ในบางสารก็อาจจะมีการจัดเรียงของประจุในรูปแบบที่แสดงให้เห็นว่า สารประกอบนั้นมีความหนาแน่นของ electron ไม่สม่ำเสมอ คือ อยู่ในรูปของคลื่นประจุ เพราะในบางบริเวณจะมี electron เป็นจำนวนมาก แต่ในบางบริเวณมี electron เป็นจำนวนน้อย เป็นต้น



แผนภาพเฟสของ spin glass ภาพจาก phys.org/news

ความน่าสนใจของทฤษฎีความซับซ้อนซึ่งทำให้ Parisi ได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลนี้ คือ ยังสามารถนำไปใช้อธิบายพฤติกรรมกลุ่มของสิ่งมีชีวิต เช่น นก ปลา ค้างคาว ฯลฯ จำนวนนับพันหรือหมื่นตัวที่บินและแหวกว่ายไป-มาในน้ำและอากาศอย่างเป็นกลุ่ม โดยไม่แตกกระจัดกระจาย แม้เวลาจะผ่านไปนานเพียงใดก็ตาม ฝูงก็ยังคงอยู่ แม้จะไม่คงรูปเหมือนเดิมตลอดเวลาเวลาก็ตาม การเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของกลุ่มเช่นนี้ สัตว์ยังทำให้เรารู้สึกทึ่งและประหลาดใจในความสามารถของสิ่งมีชีวิตทั้งฝูง ที่เคลื่อนที่ไปโดยไม่มีการชนหรือปะทะกันเลย และที่น่าประหลาดใจยิ่งกว่านั้นก็คือ นักฟิสิกส์ มิใช่นักชีววิทยาที่สนใจจะอธิบายพฤติกรรมกลุ่มของสิ่งมีชีวิต โดยใช้ทฤษฎีความซับซ้อน

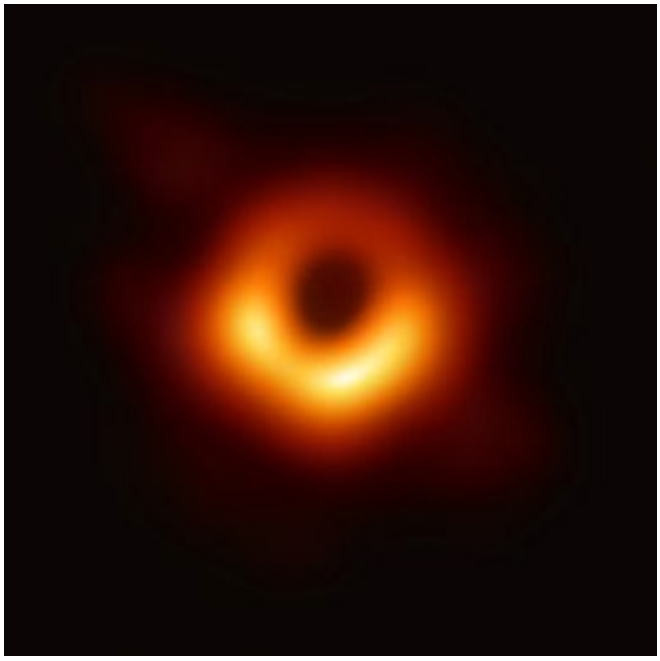
ฝูงนกที่กำลังบิน ภาพจาก www.mercurynews.com

ทุกวันนี้พฤติกรรมกลุ่มของสัตว์สังคม เช่น ผึ้ง นก และคน เป็นปรากฏการณ์ที่นักวิชาการกำลังสนใจมาก เพราะเป็นเรื่องที่ต้องใช้นักวิชาการหลายสาขามาทำงานร่วมกัน เพื่อที่จะได้เข้าใจการอุบัติของสติปัญญากลุ่ม เพราะถ้าหากพิจารณาปัจเจกบุคคลก็จะพบว่าคนแต่ละคนอาจจะไม่เก่ง แต่เวลาสมาชิกของกลุ่มมี internet ใช้ ทันทีที่คน ๆ หนึ่งรู้ เขาก็จะทำให้ทุกคนในกลุ่มรู้ด้วย การรวมพลังทางสมองที่เกิดขึ้นก็อาจจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสังคมได้ โดยคนนอกสังคมไม่จำเป็นต้องรู้ว่าคนแต่ละคนในสังคมนั้น มีความคิดหรือมีความเห็นเช่นไร ดังในกรณีการศึกษาการไหลของของเหลว นักวิจัยไม่จำเป็นต้องรู้อันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลของของเหลเลย แต่ถ้าเขาใช้กฎอนุรักษ์มวลและโมเมนตัม รวมถึงใช้เงื่อนไขของขอบเขตก็ทำให้เขาสามารถอธิบายพฤติกรรมของมวลน้ำทั้งหมดได้ ซึ่งความคิดในทำนองเดียวกันนี้ ก็สามารถนำไปใช้ในการอธิบายธรรมชาติของม็อบในฝูงชนได้เช่นกัน โดยอาจจะแสดงภาพใหญ่ได้ในรูปของความหนาแน่นของฝูงชน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของม็อบ หรือในการแข่งขันมาราธอน ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของกลุ่มนักวิ่ง ที่รูปทรงของกลุ่มจะถูกกำหนดโดยรูปทรงของถนนที่นักกรีฑาวิ่ง และวิธีการที่กรรมการ ซึ่งมีหน้าที่กำกับการแข่งขันใช้ในการ

ปล่อยตัวนักวิ่ง โดยให้ผู้เข้าแข่งขันออกวิ่งเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ตามความเร็วที่ตนคาดหวัง จนในที่สุดก็จะทำให้เราเห็นภาพรวมในการไหลเลื่อนของนักกรีฑา (ดู N. Bain และ D. Bortolo ใน Science ฉบับที่ 367 หน้า 46 ปี 2019) ว่า ทุกคนวิ่งไปข้างหน้า โดยไม่ชนกันเอง เพราะถูกบังคับโดยเงื่อนไขว่า จะต้องวิ่งไม่ใกล้กันมาก

นอกจากปรากฏการณ์ซับซ้อนจะเกิดขึ้นบนโลกแล้ว นอกโลกก็มีการเกิดเหตุการณ์ที่ซับซ้อนมากเหมือนกัน เช่น การศึกษาธรรมชาติของหลุมดำก็มีบางประเด็นที่ต้องใช้ศาสตร์ของความซับซ้อนมาอธิบาย

ในความพยายามจะสร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเชิงควอนตัม นักฟิสิกส์ได้พัฒนาทฤษฎีใหม่ ๆ ขึ้นมากมาย เช่น ทฤษฎี superstring , loop quantum gravity , รวมถึงแนวคิดที่ว่าเอกภพใน 3 มิติ แท้จริงก็คือ hologram ใน 2 มิติ เป็นต้น และในทฤษฎีใหม่ ๆ นักฟิสิกส์ต้องใช้ computer ศึกษาและวิเคราะห์ นี่จึงเป็นความซับซ้อนเชิงคำนวณ computational complexity ที่ต้องอาศัยกระบวนการหลายขั้นตอนในการสร้าง algorithm และถ้าแนวคิดนี้ถูกต้อง นั่นก็หมายความว่า นักฟิสิกส์สามารถกำจัดปฏิทรรศน์ (paradox) เรื่อง กำแพงไฟ (firewall) ประลัยกัลป์ได้ และทำให้นักฟิสิกส์สามารถสังเคราะห์ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมกับทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปให้เป็นหนึ่งเดียวกันได้



หลุมดำที่อยู่ศูนย์กลางของกาแล็กซี Messier 87

ภาพจาก museumsvictoria.com.au

ในอดีตเมื่อ 47 ปีก่อน Stephen Hawking แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ในประเทศอังกฤษ ได้หยั่งรู้ว่าถ้าเขานำทฤษฎีควอนตัมมาใช้ในการอธิบายสมบัติของหลุมดำ หลุมดำนั้นจะสามารถแผ่รังสีออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอนุภาคต่าง ๆ ได้ กระบวนการแผ่รังสีนี้ จึงทำให้หลุมดำมีมวลน้อยลง ๆ ตลอดเวลา จนในที่สุดก็จะระเหิดหายไป (รังสีที่หลุมดำเปล่งออกมาเป็นที่รู้จักในนามรังสี Hawking) แต่ก็มีนักฟิสิกส์หลายคนไม่เห็นด้วยกับการอุบัติของรังสีนี้ เพราะคิดว่าถ้ารังสี Hawking มีจริง วิชากลศาสตร์ควอนตัมก็จะถูกทำลายไป โดยทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ด้วยเหตุผลว่าจากหลักการของกลศาสตร์ควอนตัม เมื่อสสารถูกหลุมดำดูดกลืน ข้อมูล (information) ทุกประเด็นของสสาร (ความเร็ว โมเมนตัม spin) จะถูกทำลายหายไปจนหมดสิ้น ซึ่งจะขัดแย้งกับหลักการของกลศาสตร์ควอนตัมที่ว่าข้อมูลจะต้องไม่สูญหายไปจากเอกภพ นอกจากนี้การแผ่รังสี Hawking ผ่านขอบฟ้าของเหตุการณ์ (event horizon) ที่ล้อมรอบหลุมดำก็มีปัญหาเช่นกัน เพราะการเข้าและออกของข้อมูล โดยผ่านขอบฟ้าของ

เหตุการณ์อย่างไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงเลยก็จะขัดแย้งกับทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมที่แถลงว่า การ clone ข้อมูลควอนตัมเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้ หรือถ้าจะพูดง่าย ๆ ก็คือการถ่ายทอดข้อมูลควอนตัมที่เหมือนกันทุกประการ เป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้

เมื่อข้อห้ามเป็นดังที่กล่าวมานี้ Leonard Susskind แห่งมหาวิทยาลัย Stanford จึงได้เสนอทางออกว่า ที่ขอบฟ้าของเหตุการณ์ต้องมีกำแพงไฟประลัยกัลป์ที่จะเผาผลาญสรรพสิ่ง ขณะข้อมูลเคลื่อนที่ผ่านขอบฟ้าของเหตุการณ์ นั่นคือ ปริภูมิของหลุมดำจะสิ้นสุดที่ขอบฟ้าของเหตุการณ์อย่างมีค่าไม่ต่อเนื่อง แนวคิดนี้ได้ทำให้นักทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเดือดร้อน เพราะปริภูมิในทฤษฎีของ Einstein มีค่าต่อเนื่องทุกหนแห่ง

ความขัดแย้งนี้ได้กลายเป็นปัญหาใหญ่ ซึ่งได้ชื่อว่า ปฏิทรรศน์ข้อมูลหลุมดำ (black hole information paradox) จนต้องอาศัยความรู้เรื่องความซับซ้อนเชิงคำนวณเข้าช่วย นั่นคือ นักฟิสิกส์ทฤษฎีได้อาศัยนักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณดูว่าจะมีความยุ่งยากสักเพียงใด ในการถอดข้อมูลของรังสีที่เปล่งออกมาจากหลุมดำ และก็ได้พบว่ามันเป็นเรื่องยากมาก จนถึงขั้นที่เป็นไปไม่ได้เลย เพราะความซับซ้อนเชิงคำนวณ computational complexity ได้แสดงให้เห็นว่า จำนวนขั้นตอนที่จะต้องใช้ในการถอดข้อมูลของรังสีที่เปล่งออกไปจากหลุมดำจะเพิ่มแบบ exponential คือตามจำนวนอนุภาคของรังสี และไม่มีคอมพิวเตอร์ใดในเอกภพที่สามารถคำนวณเรื่องนี้ได้ในเวลาจำกัด เพราะจะต้องใช้เวลานานชั่วกัลปาวสาน

เมื่อเหตุและผลเป็นเช่นนี้ หลุมดำจึงไม่จำเป็นต้องมีกำแพงไฟล้อมรอบ

ในประเด็นข้อมูลที่ถูกหลุมดำดูดกลืนหายไปนั้น Juan Maldecena นักฟิสิกส์ชาวอาร์เจนตินา ได้พบว่าข้อมูลจะตกค้างอยู่ที่ขอบฟ้าของเหตุการณ์ ด้วยเหตุนี้เอกภพใน 3 มิติ จึงกลายสภาพเป็น hologram ใน 2 มิติ ดังนั้นข้อมูลจึงมิได้หายไปจากเอกภพ

ส่วนรังสี Hawking ที่หลุมดำเปล่งออกมานั้น ข้อมูลก็มิได้หายไปเช่นกัน เพราะอนุภาคที่ถูกขับออกมา ล้วนมีความพัวพัน (entanglement) กับอนุภาคที่ยังอยู่ในหลุมดำตลอดเวลา ไม่ว่าอนุภาคทั้งสองจะอยู่ห่างกันสักเพียงใดก็ตาม

ดังนั้น ความขัดแย้งต่าง ๆ ที่เคยคิดว่ามี ก็ไม่มีอีกต่อไป หลักการของกลศาสตร์ควอนตัมจึงได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง โดยการใช้ทฤษฎีความซับซ้อนเชิงคำนวณช่วย

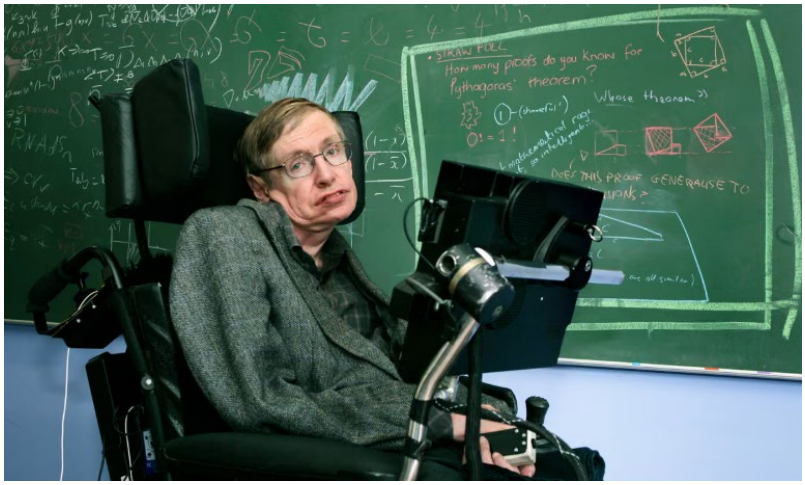
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Complexity: A Guided Tour โดย Melanie Mitchell จัดพิมพ์โดย Oxford University Press, New York 2009

2. Ho, Y. J.; Ruiz Estrada, M. A; Yap, S. F. (2016). "The evolution of complex systems theory and the advancement of econophysics methods in the study of stock market crashes". Labuan Bulletin of International Business & Finance. 14: 68–83.

Stephen Hawking (สตีเฟน ฮอว์กิง)

นักฟิสิกส์ดาราศาสตร์กับทฤษฎีหลุมดำ ซึ่งเป็นมรดกยิ่งใหญ่ที่สุด

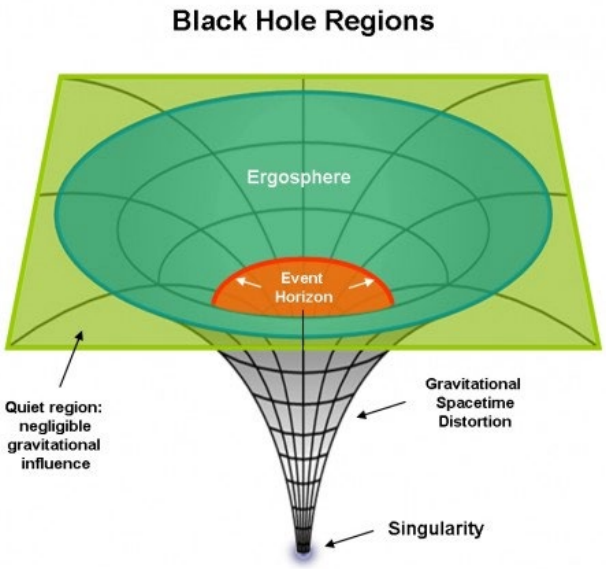


Stephen Hawking ภาพจาก Murdo Macleod/The Guardian

เมื่อ Stephen Hawking วัย 21 ปี เข้ารับการตรวจร่างกาย แพทย์ได้บอกเขาว่าเขากำลังเริ่มป่วยเป็นโรค amyotrophic lateral sclerosis (ALS) ซึ่งเป็นโรคที่สมองไม่สามารถสั่งให้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเคลื่อนไหวได้ และยังได้กล่าวเสริมว่า เขาคงมีชีวิตอยู่ต่อได้อีกไม่เกิน 5 ปี และนั่นหมายความว่า Hawking จะเสียชีวิตก่อนเรียนสำเร็จปริญญาเอก แต่เหตุการณ์กลับเปลี่ยน เพราะ Hawking สามารถดำรงชีวิตอยู่ต่อมาได้อีก 55 ปี จนมีชื่อเสียงเป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้มีชื่อเสียงที่โลกรู้จักดีที่สุดคนหนึ่ง

วันที่ Hawking เสียชีวิตคือวันที่ 14 มีนาคม ปี 2018 ตรงกับวันเกิดของ Albert Einstein ในปี 1879 และวันที่ Hawking เกิด คือ 8 มกราคม ปี 1942 ก็ตรงกับวันที่ Galileo Galilei ตายเมื่อ 300 ปีก่อน ข่าวการเสียชีวิตของ Hawking ได้ทำให้คนทั้งโลกตกใจ เสียใจ และเศร้าใจที่ต้องสูญเสียนักฟิสิกส์ผู้ฉลาดปราดเปรื่องมากที่สุดคนหนึ่งแห่งคริสต์ศตวรรษที่ 20 และเป็นนักฟิสิกส์ผู้สามารถสื่อสารข่าว และอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ให้ประชาชนคนธรรมดาทั่วไปเข้าใจ และสนุกสนานได้

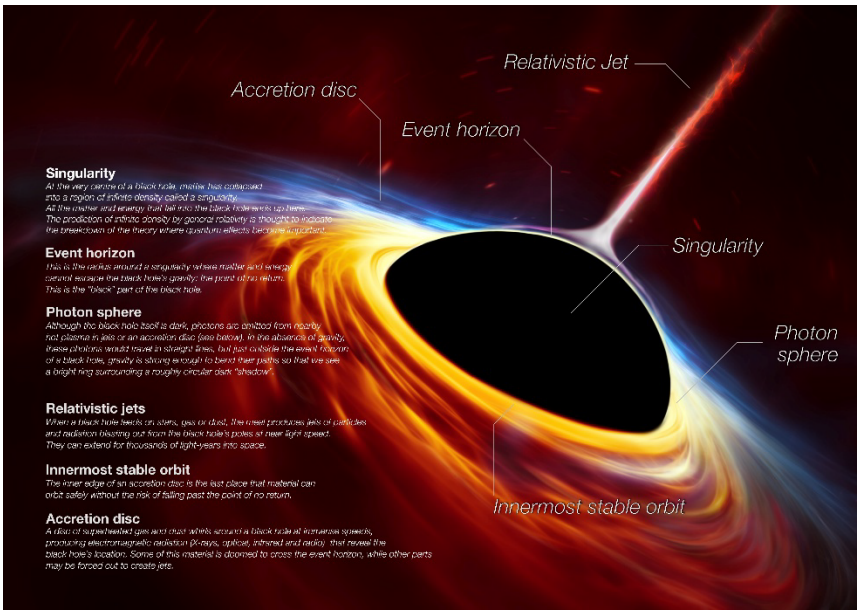
Hawking เกิดที่เมือง Oxford ในอังกฤษ บิดาเป็นนักวิจัยด้านการสาธารณสุข ส่วนมารดาจบการศึกษาด้านปรัชญา ในวัยเด็ก Hawking ได้รับการศึกษาชั้นต้นที่โรงเรียน St. Albans School ใกล้กรุง London แล้วไปเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย Oxford จากนั้นได้ไปเรียนต่อระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Cambridge ในสาขาจักรวาลวิทยา โดยมี Dennis Schiama เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพราะในช่วงเวลานั้นการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein กำลังตื่นตัวมาก โดยมีนักฟิสิกส์หลายคน เช่น Roger Penrose แห่ง Birkbeck College ได้วิเคราะห์พบว่า เวลามีการนำสมการของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปไปใช้กับดาวฤกษ์ที่ภายในหมดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ เนื้อของดาวฤกษ์จะยุบตัวภายใต้แรงโน้มถ่วง จนเป็นจุดที่มีความหนาแน่นสูงมากถึงอนันต์ (คือมากจนเขียนค่าเป็นตัวเลขไม่ได้) การพบภาวะเอกฐาน (singularity) ที่ได้จากการแก้สมการเป็นสัญญาณชี้บอกว่า ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปมีปัญหาในด้านความถูกต้องที่นักฟิสิกส์จะต้องหาทางออก



แผนภาพแสดงโครงสร้างของหลุมดำ

ภาพจาก http://www.astronomysource.com/category/cosmos/black-holes/

Hawking กับ George Ellis ซึ่งเป็นศิษย์ร่วมอาจารย์กันจึงเริ่มทำวิจัยเรื่องหลุมดำ และได้พบว่า ผิวของหลุมดำหรือ event horizon (ขอบฟ้าเหตุการณ์) ที่ทำหน้าที่ปกป้องสรรพสิ่งภายในไม่ให้หลุดหนีจากหลุมดำ มีสมบัติประหลาดประการหนึ่งคือผิวของหลุมดำไม่มีวันลดขนาด โดยมีแต่จะเพิ่ม ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับปริมาณ entropy ในวิชาอุณหพลศาสตร์ ที่มีแต่จะเพิ่มเช่นกัน และเมื่อ entropy ของระบบต่างๆ ในวิชาความร้อนล้วนมีอุณหภูมิ ดังนั้นหลุมดำก็ต้องมีอุณหภูมิด้วย และเมื่อสรรพสิ่งที่มีอุณหภูมิ ต้องแผ่รังสี หลุมดำก็ต้องแผ่รังสีด้วย



แผนภาพแสดงองค์ประกอบที่เป็นโครงสร้างของหลุมดำ ภาพจาก ESO

การนำตรรกะและหลักการมาวิเคราะห์หลุมดำในลักษณะนี้ ได้ทำให้คนทั้งโลกตื่นเต้นมาก เพราะจากเดิมที่เคยคิดกันว่า หลุมดำดึงดูดทุกสิ่งทุกอย่าง ก็ไม่เป็นจริงอีกต่อไป เพราะหลุมดำสามารถแผ่รังสีที่เรียกว่ารังสี Hawking ได้ และรังสีที่แผ่ออกไปนี้จะทำให้หลุมดำสูญเสียมวลไปเรื่อย ๆ จึงมีขนาดเล็กลง ๆ จนหายไปในที่สุด ผลงานนี้ทำให้ Hawking ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ Royal Society (F.R.S.) ในปี 1974 ขณะมีอายุเพียง 32 ปี

ในช่วงเวลานั้นร่างกายของ Hawking กำลังเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว คือพละกำลังที่มีได้อ่อนแอลงมาก การเดิน การพูดก็เป็นไปอย่างยากลำบาก จนทุกคนคิดว่า Hawking ได้ผ่านจุดสุดยอดในการทำวิจัยฟิสิกส์แล้ว แต่ในความเป็นจริง เขายังไม่ถึงจุดสูงสุดของชีวิตทำงานเลย

ในการอธิบายที่มาของรังสีที่แผ่ออกจากหลุมดำ Hawking เป็นคนที่นำทฤษฎีควอนตัมมาประยุกต์ใช้กับหลุมดำเป็นครั้งแรก การผูกโยงทฤษฎีสองทฤษฎีหลักของฟิสิกส์ คือทฤษฎีควอนตัมกับทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเข้าด้วยกัน ทำให้ Hawking พบว่าหลุมดำโดยแท้จริงแล้วไม่ดำ เพราะสามารถแผ่รังสีได้ อีกทั้งมีอุณหภูมิ ที่แปรผกผันกับมวลของหลุมดำ คือ ถ้าหลุมดำมีมวลน้อย อุณหภูมิของมันจะมาก ในทำนองตรงกันข้าม ถ้าหลุมดำมีมวลมาก อุณหภูมิก็จะต่ำ สำหรับกระบวนการระเหิดของหลุมดำจะเกิดได้เร็ว ถ้าหลุมดำมีมวลระดับอะตอม แต่ในกรณีหลุมดำซึ่งอยู่ที่ใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา และมีมวลมาก เวลาที่ใช้ในการระเหิดจะนานนับล้าน ล้าน ล้านปี

แม้การสูญเสียหลุมดำจะเป็นเรื่องที่ทำให้คนทั่วไปแตกตื่น แต่ก็ยังไม่มากเท่ากับการได้รู้ในเวลาต่อมาว่า สารสนเทศ (information) ของสรรพสิ่งที่ถูกหลุมดำดึงดูดเข้าไปจะสูญหายไปจากเอกภพด้วย

ประเด็นนี้จึงเป็นเรื่องที่นักฟิสิกส์รับไม่ได้ เพราะขัดแย้งกับหลักการของกลศาสตร์ควอนตัม ผลงานของ Hawking ชิ้นนี้ได้ทำให้นักฟิสิกส์ทั้งโลกออกมาถกเถียงกันอย่างเคร่งเครียด จนหลายคนนอนไม่หลับ เพราะทฤษฎีควอนตัมมีหลักการว่า information จะต้องไม่สูญหาย แต่ทฤษฎีของ Hawking ระบุว่า information ทุกรูปแบบที่ถูกหลุมดำดึงดูดเข้าไปต้องดับสูญ

ในปี 1969 Hawking ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ Lucasian แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ Isaac Newton และ Paul Dirac (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933) เคยครอง Hawking ได้ครองตำแหน่งนี้เป็นเวลา 40 ปี จนเกษียณ แต่ตลอดเวลาก็ยังครุ่นคิดเรื่อง การสูญเสียสารสนเทศในหลุมดำ และการอธิบายสาเหตุของการเกิด Big Bang โดยใช้ทฤษฎีควอนตัม เพราะยังไม่มีใครสามารถอธิบายได้ว่าอะไรทำให้เกิด Big Bang

ในปี 1985 Hawking วัย 43 ปี ได้รับการผ่าตัดที่คอ ทำให้ไม่สามารถพูดได้ชัดและเสียงพูดเบามากจนต้องใช้กล้ามเนื้อที่แก้มทำหน้าที่ควบคุมคอมพิวเตอร์ให้สังเคราะห์คำ แล้วให้คอมพิวเตอร์อ่านออกเสียง ความพยายามอย่างสุดยอดนี้ทำให้ Hawking ประสบความสำเร็จในการเรียบเรียงหนังสือเรื่อง “A Brief History of Time” ในปี 1988 โดยทำสถิติขายได้ร่วม 50 ล้านเล่ม และทำให้ Hawking เป็น celeb คนสำคัญคนหนึ่งของโลก เพราะทุกคนที่อ่านหนังสือเล่มนี้ ต่างก็ได้รับแรงดลใจจากคนเขียน ที่มีสมองอยู่ในร่างกายที่ขยับเขยื้อนเคลื่อนไหวแทบไม่ได้เลย แต่จิตใจและความนึกคิดของเขาสามารถท่องเที่ยวไปได้ทั่วจักรวาล อีกทั้งสามารถถ่ายทอดความนึกคิดและจินตนาการต่างๆ ออกมาให้คนทั่วไปเข้าใจและได้อรรถรสอย่างสนุกสนานด้วย

Hawking แต่งงาน 2 ครั้งกับภรรยาคนแรกชื่อ Jane Wilde การสมรสที่นาน 25 ปี มีทายาท 3 คน เพราะภาวะพิการ และความมีชื่อเสียงมากของ Hawking ได้ทำให้ภรรยารับความกดดันจากสังคมไม่ได้ ทั้งสองจึงหย่ากัน ส่วนการสมรสครั้งที่สองกับ Elaine Mason ก็จบลงด้วยการหย่าเช่นกัน

แม้ชีวิตคู่จะล้มเหลว แต่ Hawking ก็เป็นคนที่มีทัศนคติต่อโลกในแง่บวกตลอดเวลา โปรดปรานการดูละคร และโอเปรา รวมถึงชอบเดินทางไปทำวิจัยทั่วโลก

เช่น ไปที่สถาบัน California Institute of Technology ที่เมือง Pasadena ในอเมริกา อย่างสม่ำเสมอ เป็นคนมีอารมณ์ขัน ชอบให้ความคิดเห็นด้านวิทยาศาสตร์ต่อสังคม มักรู้สึกยินดีที่ได้พบปะบรรดาสื่อสารมวลชน เวลา Hawking ให้ความคิดเห็นส่วนตัวไม่ว่าในประเด็นใด ข้อคิดของ Hawking ก็มักเป็นข่าวใหญ่ไปทั่วโลก เช่น Hawking ได้เตือนภัยจากการสร้างปัญญาประดิษฐ์ และการพบมนุษย์ต่างดาว เป็นต้น

ในส่วนที่เกี่ยวกับโรค ALS นั้น Hawking เล่าว่า หลังจากที่รู้ข่าวร้าย ความคาดหวังของชีวิตในอนาคตได้หมดไปในทันที แต่หลังจากนั้นเขาถือว่า สิ่งที่เขาได้รับและสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นโบนัส

ความสามารถ วิธีคิดและการดำเนินชีวิตของ Hawking จึงสร้างแรงดลใจให้แก่คนทั้งโลก

เถ้าอังคารของ Hawking ได้ถูกนำไปฝังในมหาวิหาร Westminster ในลอนดอน ใกล้ ๆ กับที่ฝังศพของ Newton และ Charles Darwin

แม้จะไม่ได้รับรางวัลโนเบลจากผลงานเรื่อง หลุมดำที่แผ่รังสีได้ แต่การตรวจสอบทฤษฎีของ Hawking ก็นับเป็นเรื่องที่ทำได้ยากมาก ในปี 2016 Jeff Steinhauer แห่ง Technion Institute of Technology ที่เมือง Haifa ในอิสราเอล ขณะทดลองศึกษากลุ่มอะตอมที่มีอุณหภูมิใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์ ได้เห็น “แสง” แผ่ออกมาจากกลุ่มอะตอมนั้น ทำให้คิดว่าเป็น รังสี Hawking แต่ในเวลาต่อมา ผลการทดลองนี้ไม่มีใครยืนยัน

ครั้นเมื่อ Hawking รู้ข่าวการพบคลื่นโน้มถ่วง ที่เกิดจากการชนกันระหว่างหลุมดำ 2 หลุม โดยอุปกรณ์ LIGO (จากคำเต็ม Laser Interferometer Gravitational-

wave Observatory) ก็ไม่มีใครเห็นรังสี Hawking ทั้ง ๆ ที่พื้นที่ผิวของหลุมดำ 2 หลุม ที่รวมกันแล้วก็น้อยกว่าผิวของหลุมดำใหม่ แต่ Hawking ก็ยังคิดว่า ในอนาคตคงมีคนเห็นรังสีที่เขาตั้งชื่อ

แม้ร่างกายจะสลายไปบ้างแล้ว แต่ Hawking ก็ยังทิ้งปริศนาฟิสิกส์ให้โลกต้องขบคิดต่อไป นั่นคือ เหตุใดหลุมดำจึงไม่ทำลายสารสนเทศของทฤษฎีควอนตัม และปริศนานี้อาจเป็นมรดกทางปัญญาที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของ Hawking สำหรับนักฟิสิกส์รุ่นหลัง

เพราะ Hawking มีจินตนาการว่า เวลาพจนานุกรมถูกดึงดูดเข้าไปในหลุมดำ อักษร พยัญชนะ และสระต่าง ๆ จะถูกดูดเข้าไปสู่ส่วนลึกที่สุด แล้วหายไป เพราะไม่มีใครรู้หรือมีข้อมูลของสิ่งนั้นอีกต่อไป แม้รังสี Hawking ที่ถูกส่งออกมา จะไม่ออกมาในลักษณะเป็นอักษร สระ และพยัญชนะเหมือนเดิม

การสูญเสียสารสนเทศที่ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมแถลงว่าเป็นไปไม่ได้ เพราะฟังก์ชันคลื่นที่ใช้ในการบอกสมบัติของสรรพสิ่งถึงจะเปลี่ยนไป แต่ก็จะไม่สูญหาย และถ้าการสูญหายเกิดขึ้นจริง กฎทรงพลังงาน กฎทรงโมเมนตัมต่าง ๆ ก็จะไม่จริงอีกต่อไป

ในปี 1997 Hawking เชื่อว่า ทฤษฎีควอนตัมจะต้องมีการปรับเปลี่ยน เพราะเขากับ Kip Thorne (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2016) เชื่อมากว่าหลุมดำสามารถล้มทฤษฎีควอนตัมได้

แต่ในปี 2004 Hawking ก็เปลี่ยนใจ และพยายามคิดว่าหลุมดำยังเก็บสารสนเทศได้ต่อไป แต่ Hawking ก็ยังไม่สามารถพิสูจน์เรื่องนี้ได้อย่างสมบูรณ์ จนกระทั่งวันที่เสียชีวิต

ปฏิทรรศน์สารสนเทศ (information paradox) ที่ Hawking นำเสนอแถลงว่า สารสนเทศที่หลุมดำดูดกลืนไปจะสูญหายไปอย่างสิ้นเชิง เป็นสิ่งที่ขัดแย้งกับหลักการของกลศาสตร์ควอนตัม เพราะกลศาสตร์ควอนตัมตั้งอยู่บนพื้นฐาน การย้อนเวลากลับของเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จากผลสุดท้ายจะทำให้รู้ต้นเหตุเสมอ

ในเบื้องต้น Hawking คิดหาทางออกของความขัดแย้ง โดยเสนอแนะว่า สารสนเทศที่ตกเข้าสู่หลุมดำจะถูกนำออกไปสู่เอกภพอื่นที่เป็นคู่ขนานกับเอกภพเรา หลังจากที่หลุมดำดับสูญไป แต่เมื่อไม่มีใครคนใดสามารถเข้าใจธรรมชาติของกลศาสตร์ควอนตัมในภาวะที่มีสนามโน้มถ่วงความเข้มสูงมหาศาลได้ ข้อเสนอของ Hawking จึงยังไม่เป็นที่ยอมรับ

ด้านเพื่อนร่วมงานของ Hawking ที่ชื่อ John Preskill แห่ง Caltech ก็มีความมั่นใจว่า ความคิดของ Hawking ผิดเต็มๆ คือ หลุมดำทำลายกลศาสตร์ควอนตัมไม่ได้ โดยได้เสนอแนะว่า บริเวณที่เป็นขอบฟ้าเหตุการณ์มิได้เป็นผิวที่คมชัด คือ มีความเว้าแหว่งอันเป็นไปตามหลักความไม่แน่นอนของ Heisenberg ดังนั้น สารสนเทศจึงสามารถทะลุขอบฟ้าเหตุการณ์ออกมาได้ แต่มิได้ไปสู่เอกภพอื่น กลับสู่เอกภพของเราเอง แม้ข้อมูลที่ออกมาจะปนเปกัน แต่ก็ไม่สูญหาย ดังนั้นปฏิทรรศน์สารสนเทศจึงไม่มี

Hawking เองก็ได้กล่าวสนับสนุนความเห็นนี้ และเสริมว่า ถ้าสารสนเทศไม่สามารถสูญหายไปจากเอกภพได้ มนุษย์ก็ไม่มีหนทางที่จะใช้หลุมดำเป็นทางผ่านไปสู่เอกภพอื่น

แต่ปัญหาว่า หลุมดำเก็บสารสนเทศของสสารที่มันดึงดูดเข้าไปได้อย่างไรก็ยังมีต่อไป และนี่ก็คือปัญหาที่ Hawking ยังผูกพันและหาทางแก้ตราบจนวันสุดท้ายของชีวิต

ในความเข้าใจของนักทฤษฎีเรื่องหลุมดำ อันเป็นสนามโน้มถ่วงที่ยังคงอยู่หลังจากที่ดาวฤกษ์ยุบตัวภายใต้แรงโน้มถ่วงของตัวมันเอง จนเหลือเป็นจุดที่ไม่มีขนาดใด ๆ และที่ระยะทางหนึ่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดนี้จะเป็นขอบฟ้าเหตุการณ์ (event horizon) ที่แรงโน้มถ่วงมีมหาศาล จนแม้แต่แสงก็หนีรอดผ่านขอบฟ้าเหตุการณ์อกมาไม่ได้

แต่ Hawking ได้พบว่า ถ้าใช้หลักความไม่แน่นอนของ Heisenberg มาอธิบายเรื่องนี้สุญญากาศที่คนทั่วไปเข้าใจว่า ไม่มีอะไรเลยนั้น จริงๆ แล้วมีอนุภาคกับปฏิยานุภาคที่เกิดและดับไปอย่างรวดเร็วก่อนที่ใครจะตรวจจับได้ ดังนั้นถ้าใช้หลักความไม่แน่นอนนี้ที่บริเวณขอบฟ้าเหตุการณ์ เมื่อเกิดอนุภาคกับปฏิยานุภาค อนุภาคหนึ่งจะถูกดึงดูดเข้าไปในหลุมดำ ส่วนอีกอนุภาคหนึ่งจะถูกผลักออกจากหลุมดำ การสูญเสียอนุภาคเช่นนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและมวล ในลักษณะของรังสี ที่แม้จะมีความเข้มไม่มาก แต่นักฟิสิกส์แทบทุกคนก็เชื่อว่า รังสีนี้มีจริง

ในการแก้ปฏิทรรศน์สารสนเทศ หลักการของกลศาสตร์ควอนตัมแถลงว่า ฟังก์ชันคลื่นซึ่งเป็นสารสนเทศของระบบจะมีวิวัฒนาการที่เป็นไปในลักษณะที่เราสามารถทำนายได้หมด ถ้านั่นคือสารสนเทศถูกทำลาย ฟังก์ชันคลื่นก็ไม่สามารถนำไปใช้พยากรณ์อะไร ๆ ได้อีกต่อไป

ในปี 2004 ที่ Hawking เปลี่ยนใจ เพราะได้พบว่า ทฤษฎีของหลุมดำต้องการข้อมูลเพียง 3 ค่าเท่านั้น ในการบรรยายสมบัติของมัน คือ ค่าของมวล ค่าของโมเมนตัมเชิงมุม และค่าของประจุที่หลุมดำมี นี่คือทฤษฎีบทการไม่มีขน (no-hair theorem) ที่มีนัยยะว่า ขอบฟ้าเหตุการณ์อาจมีประจุมากถึงอนันต์ได้ และประจุเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ใช้บอกความแตกต่างระหว่างหลุมดำขนาดต่าง ๆ

แต่ผลงานนี้ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับ เพราะฟังก์ชันคลื่นของเอกภพที่ Hawking สร้างจะนำไปสู่การมีพหุภพ (many worlds)

นักฟิสิกส์บางคนเชื่อว่า ถ้ารังสี Hawking สามารถเก็บสารสนเทศไว้ได้อย่างสมบูรณ์ที่ขอบฟ้าเหตุการณ์ สถานที่ตรงนั้นก็จะต้องมีกำแพงไฟ (firewall) ซึ่งก็ขัดกับหลักการของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปอีก เพราะจะทำให้เกิดปฏิทรรศน์เรื่องหลุมดำกับกำแพงไฟอีกปฏิทรรศน์หนึ่ง

ปริศนานี้จึงเปรียบเสมือนมรดกที่ Hawking ทิ้งให้ทุกคนได้ขบคิด และระลึกถึงเขาว่า มิใช่เขาจะเป็นเพียงอัจฉริยะที่พิการทางร่างกาย แต่สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการทำงานให้คนทั้งโลกได้

ในส่วนที่เกี่ยวกับพิธีไว้อาลัย Hawking นั้นก็นับว่ามีดราม่ามาก คือ ในวันที่ทำพิธีศพ องค์การอวกาศแห่งยุโรป (European Space Agency หรือ ESA) ได้ส่งคลื่นที่บันทึกเสียงพูดของ Hawking เกี่ยวกับสันติภาพ และความหวังของโลก ซึ่งนาน 6 นาที ตรงไปที่หลุมดำ 1A 0620-00 ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด จากสถานีส่งสัญญาณในสเปน

หลุมดำนี้อยู่ห่างจากโลกประมาณ 3,500 ปีแสง และเมื่อคลื่นนั้นเดินทางถึงขอบฟ้าเหตุการณ์ที่อยู่รอบหลุมดำนั้นประมาณปี 5,520 มันจะถูกหลุมดำดึงดูดให้จมหายไป แต่สารสนเทศต่าง ๆ ที่อยู่ในคลื่นนั้นจะไม่หายไปไหน เพราะนั่นคือสิ่งที่ Hawking เชื่อว่า มันจะคงอยู่ในเอกภพได้ตลอดไป แต่จะอยู่อย่างไร ใครรู้ช่วยคำนวณที

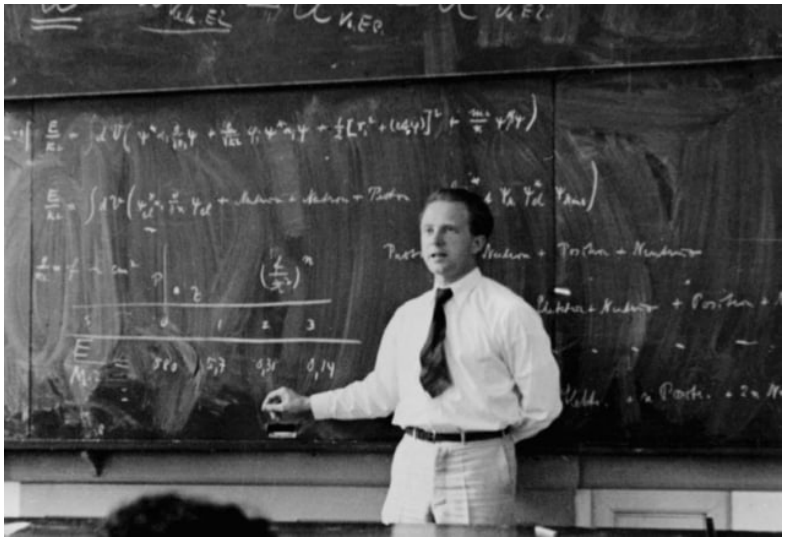
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “My Brief History” โดย Stephen Hawking จัดพิมพ์โดย Bantam Books ในปี 2013

2. Abac, A.G.; et al. (10 September 2025). "GW250114: Testing Hawking's Area Law and the Kerr Nature of Black Holes". Physical Review Letters. 135 (11) 111403. arXiv:2509.08054. doi:10.1103/kw5g-d732

Werner Heisenberg (เวิร์นเนอร์ ไฮเซนเบิร์ก)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1932 จากการเสนอสร้างทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมแบบเมทริกซ์ และหลักความไม่แน่นอน



Werner Heisenberg ผู้ให้กำเนิดหลักความไม่แน่นอน (Uncertainty Principle)

ภาพจาก physicsworld.com

ในการประชุมนานาชาติที่สถาบัน International Center for Theoretical Physics ณ เมือง Trieste ในอิตาลี เมื่อเดือนมิถุนายน ปี 1968 เมื่อ Werner Heisenberg รางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1932 จากผลงานการสร้างทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม เดินขึ้นเวทีเพื่อแสดงปาฐกถาเกียรติยศ เรื่อง “ฟิสิกส์ร่วมสมัย” นักวิทยาศาสตร์ยิวจากอิสราเอลได้พากันเดินออกจากห้องประชุม อันเป็นการประท้วงที่ Heisenberg ซึ่งได้ทำงานรับใช้กองทัพนาซี ในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง และหนึ่งในบรรดาคนที่เดินออกในครั้งนั้น คือ Samuel Goudsmit (1902-1978) ผู้พบสมบัติสปินของอิเล็กตรอน เพราะเขามีทัศนคติตรงข้ามกับ Heisenberg มาก

บทบาทของ Heisenberg ในยุคนาซีเรืองอำนาจได้ทำให้วงการวิทยาศาสตร์มีคำถามมากมายเช่น ถ้าประเทศใดตกอยู่ภายใต้การปกครองแบบเผด็จการ

นักวิทยาศาสตร์ควรประพฤติตัวอย่างไร เพราะ Heisenberg เป็นนักฟิสิกส์เยอรมันนี้มีชื่อเสียงโด่งดังมากที่สุดคนหนึ่ง เขารู้สึกยินดี หรือได้รับการ “ขอร้อง” หรือถูก “บังคับ” ให้สร้างระเบิดปรมาณูเพื่อกองทัพของฮิตเลอร์

Werner Heisenberg เกิดเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม ปี 1901 ที่เมือง Wurzburg ในเยอรมนี บิดา-มารดาเป็นคนที่มีความทะเยอทะยานสูงมาก เพราะต้องการให้ลูกชายเก่งที่สุดในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านกีฬา มนุษยศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ ดังนั้นบิดาซึ่งเป็นศาสตราจารย์ภาษากรีก จึงนำตำราระดับมหาวิทยาลัยมาให้ลูกชายอ่านที่บ้านเป็นประจำ

ในวัยเด็ก Heisenberg มีสุขภาพไม่ดีเพราะเป็นโรคภูมิแพ้ เมื่ออายุ 9 ขวบ ครอบครัวได้อพยพไป Munich เพื่อให้ Heisenberg ได้เข้าเรียนที่โรงเรียน Maximilian Gymnasium ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีชื่อเสียว่าสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้ดีที่สุดในประเทศ

ในปี 1914 ซึ่งเป็นเวลาที่สงครามโลกครั้งที่หนึ่งเริ่มอุบัติ โรงเรียนต้องปิดการเรียนการสอน Heisenberg จึงหนีภัยสงครามไปทำไร่ในชนบท จนกระทั่งสงครามโลกยุติ จึงได้กลับมาเรียนต่อ และเรียนได้ระดับดีเยี่ยม

เมื่ออายุ 19 ปี Heisenberg เข้าเรียนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Munich โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาชื่อ Arnold Sommerfeld (ศิษย์ของ Sommerfeld ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ 4 คน แต่ Sommerfield เองไม่ได้รับ)

Heisenberg ตีพิมพ์งานวิจัยเรื่องแรกเกี่ยวกับความผิดปกติของปรากฏการณ์ซีมาน (anolmalous Zeeman Effect) ในอะตอมโซเดียม เมื่อมีอายุ 21 ปี ผลงานนี้ทำให้ Sommerfeld รู้สึกประทับใจมาก จึงส่งตัวไปเข้าฟังสัมมนาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย

Göttingen เพราะที่นั่นมี Niels Bohr (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1922) เป็นผู้บรรยาย เมื่อได้เข้าฟัง Heisenberg รู้สึกชอบฟิสิกส์มาก และสนใจจะทำวิจัยเรื่องทฤษฎีควอนตัม Sommerfeld จึงส่งไปฝึกทำวิจัยกับ Max Born (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1954) และ James Franck (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1925) ที่มหาวิทยาลัย Göttingen เป็นเวลาหนึ่งปี

Heisenberg สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัย Munich ในเดือนกรกฎาคม ปี 1923 โดยทำวิทยานิพนธ์เรื่อง ปรากฏการณ์ปั่นป่วน (turbulence) ในของเหลว โดยได้เสนอวิธีคำนวณเลข Reynolds วิกฤต ความสำเร็จนี้ได้ทำให้ Sommerfeld ถึงกับเอ่ยชื่นชมว่า “เชื้อไม่ทิ้งแถว” เพราะบิดาของ Heisenberg เป็นอัจฉริยะภาษากรีก มาบัดนี้ลูกชายก็เป็นอัจฉริยะฟิสิกส์ทฤษฎี แต่ในการสอบปากเปล่าป้องกันวิทยานิพนธ์ กรรมการสอบ Wilhelm Wien (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1911) ถาม Heisenberg เรื่อง อำนาจในการแยกภาพของกล้องจุลทรรศน์ ซึ่ง Heisenberg ตอบคำถามไม่ได้ คณะกรรมการสอบ จึงมีความเห็นว่าเป็นคำตอบที่ไม่ดี กระนั้นก็มีในภาพรวมคณะกรรมการก็มีความเห็นว่า “สอบผ่าน”

เมื่อสำเร็จการศึกษา Heisenberg ประสงค์จะทำวิจัยหลังปริญญาเอกต่อในเรื่องจะตอม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสสารทุกชนิด เพราะนักฟิสิกส์ทุกคนเชื่อว่า ใครที่สามารถเข้าใจอะตอมได้ก็จะเข้าใจพฤติกรรมของสสารได้ และได้พบว่าเมื่อนำทฤษฎีของ Newton กับ Maxwell มาใช้อธิบายสมบัติของอะตอม ผลปรากฏว่า ทฤษฎีทั้งสองไม่สามารถอธิบายการมีเสถียรภาพของอะตอม หรือแม้แต่ความยาวคลื่นแสง ที่อะตอมเปล่งออกมาได้ Wolfgang Pauli (1900-1958) จาก Copenhagen, Max Born กับ Hans Kramer และ Heisenberg จาก Göttingen จึงมีความเห็นพ้องกันว่า ฟิสิกส์ต้องการองค์ความรู้ใหม่ เพื่อใช้อธิบายสมบัติของอะตอม

Elisabeth Heisenberg, Niels Bohr และ Werner Heisenberg (ตามลำดับ)

ภาพจาก Emilio Segré Visual Archives, AIP (repository.aip.org)

Enrico Fermi, Werner Heisenberg และ Wolfgang Pauli (ตามลำดับ)

ภาพจาก ResearchGate / www.lindahall.org

ในปี 1924 Heisenberg วัย 23 ปี ได้รับทุนจากมูลนิธิ Rockefeller ตามคำรับรองของ Sommerfeld ให้ไปทำงานวิจัยร่วมกับ Niels Bohr ที่ Copenhagen ในเดนมาร์ก แม้จะมีวัยแตกต่างกันมาก จน Bohr รู้สึกเสมือนว่า Heisenberg เป็นลูก แต่คนทั้งสองก็ทำงานเข้ากันได้ดี โดย Bohr จะวิพากษ์วิจารณ์เทคนิคคณิตศาสตร์ที่

Heisenberg ใช้ในการคำนวณ ขณะคนทั้งสองเดินสนทนาฟิสิกส์ ไม่ว่าจะที่ริมทะเลสาบหรือบนภูเขา จน Heisenberg ยอมรับว่า เวลาอยู่ที่มหาวิทยาลัย Göttingen เขาได้เรียนคณิตศาสตร์ แต่เวลาอยู่ที่สถาบัน Bohr ใน Capenragen เขาได้เรียนฟิสิกส์ Heisenberg ยังได้รู้จักนักฟิสิกส์ที่มีอายุรุ่นราวคราวเดียวกันอีกหลายคน เช่น Paul Dirac (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933) Enrico Fermi (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ 1938), Friedrich Hund, Pascual Jordan, Oskar Klein, Hans Kramers, Wolfgang Pauli (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1945) และ Gregor Wentzel

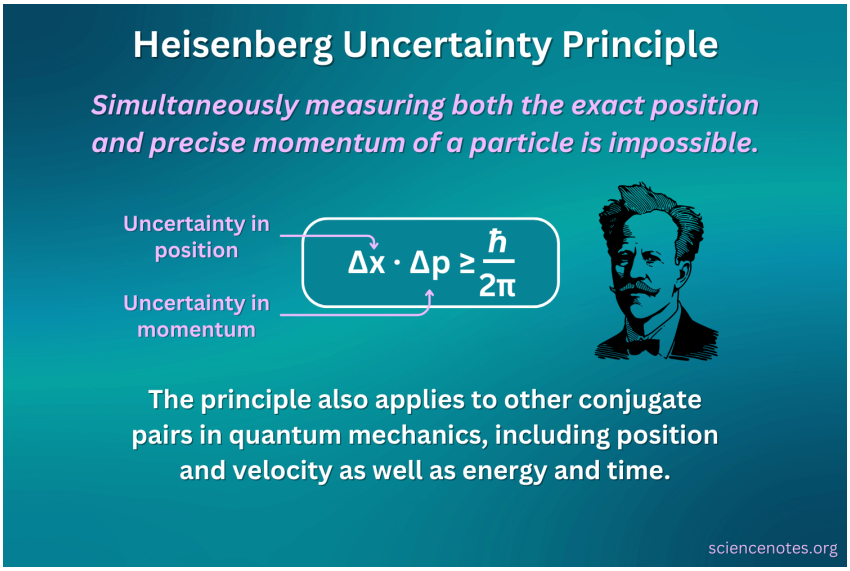
เกาะ Heligoland ในทะเลเหนือ (North Sea) ที่ Heisenberg พบกลศาสตร์ควอนตัมแบบเมทริกซ์

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในเดือนมิถุนายน ปี 1925 Heisenberg ได้ล้มป่วยลงด้วยโรคภูมิแพ้ จึงตัดสินใจเดินทางไปพักผ่อนที่เกาะ Heligoland ในทะเลเหนือขณะอยู่ที่นั่น Heisenberg ได้พบหลักการฟิสิกส์ที่สำคัญมาก นั่นคือหลักความไม่แน่นอน (Uncertainty Principle) ซึ่งมีใจความว่า ในการศึกษาธรรมชาติของอนุภาคที่เล็กระดับอะตอม แม้อุปกรณ์วัดต่าง ๆ จะดีสมบูรณ์แบบเพียงใด นักวิทยาศาสตร์ก็จะไม่สามารถวัดสมบัติ ที่สมนัยกัน (corresponding) ของอนุภาคนั้นได้แม่นยำ 100% ได้ในเวลาเดียวกัน นั่นคือ การจะรู้

ตำแหน่งและโมเมนตัมของอิเล็กตรอนอย่างแม่นตรง 100% ในเวลาเดียวกันเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้ ดังนั้น ถ้า p กับ q เป็นค่าที่แทนโมเมนตัมกับตำแหน่งของอนุภาค ตามลำดับ และ Δp กับ Δq คือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าของ p กับ q Heisenberg ก็สามารถพิสูจน์ได้ว่า $\Delta p\ \Delta q$ จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ $h/4\pi$ เสมอ (h ในที่นี้ คือ ค่าคงตัวของ Planck และค่า π = 3.1415926...)

ดังนั้นตามสมการนี้ ถ้า $\Delta q = 0$, Δp ก็จะมีค่า = ∞ ซึ่งแสดงว่า จะไม่มีใครรู้อะไรเกี่ยวกับความเร็ว (หรือโมเมนตัม) ของอิเล็กตรอนเลย เพราะความคลาดเคลื่อนมีค่ามากถึงอนันต์



ภาพจาก sciencenotes.org

นอกจากจะพบหลักความไม่แน่นอนนี้แล้ว Heisenberg ก็ยังได้พบอีกว่า

ในระบบอะตอม สมการ $pq - qp = h/2\pi i$ จะเป็นจริงเสมอเมื่อ i คือ รากที่สองของ -1

ทันทีที่ Max Born กับ Pascual Jordan เห็นสมการกลศาสตร์ควอนตัมของ Heisenberg ทั้งสองก็ตระหนักได้ในทันทีว่า p,q มิใช่จำนวนธรรมดา แต่เป็น matrix

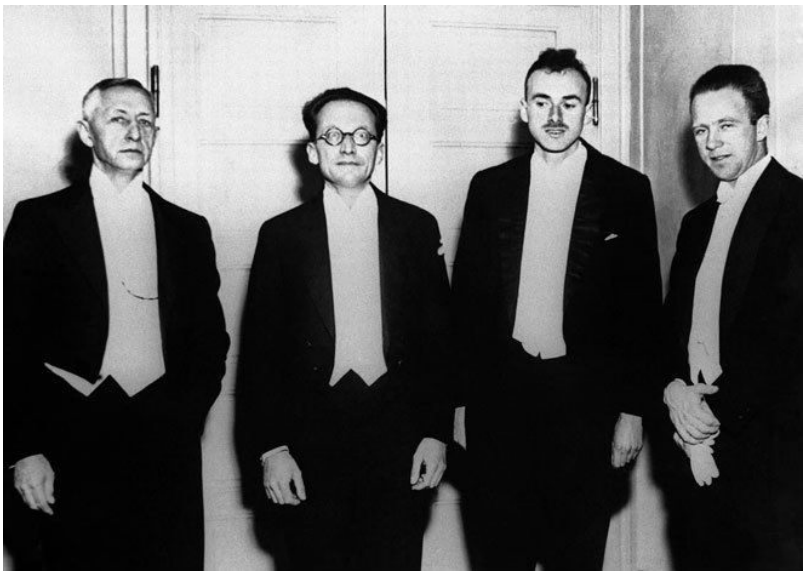
เพราะ matrix ที่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเดียวกันนี้ ที่นักคณิตศาสตร์เรียกว่า commutation ระหว่างปริมาณ p กับ q จะมีค่าเท่ากับ $h/2\pi i$ เสมอ

การพบหลักความไม่แน่นอน ทำให้ Heisenberg มีชื่อเสียงโด่งดังมาก

ต่อจากนั้น Born, Heisenberg และ Jordan ก็ได้ร่วมกันพัฒนาวิชากลศาสตร์ควอนตัมต่อ โดยใช้เทคนิคแบบ matrix operator

เมื่อเวลาทำวิจัยที่ Copenhagen สิ้นสุด Heisenberg ได้ตกลงใจไปทำงานเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Leipzig ในเยอรมนี

ในปี 1931 Heisenberg ได้รับเหรียญ Planck ของสมาคมฟิสิกส์แห่งเยอรมนี แต่ไม่ได้รางวัลโนเบล เพราะในปีนั้น สถาบันโนเบลได้ตัดสินว่า ไม่มีใครสมควรได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์



Ivan Bunin รางวัลโนเบลวรรณกรรมปี 1933, Erwin Schrödinger, Paul Dirac รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933 และ Werner Heisenberg รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1932 (ตามลำดับ)

ภาพจาก Facebook: Physics In History

ทันทีที่รู้ข่าวว่า James Chadwick (1891-1974) พบอนุภาคนิวตรอนในปี 1932 Heisenberg ได้เสนอแบบจำลองเรื่องโครงสร้างของนิวเคลียสว่า ประกอบด้วยอนุภาค proton กับ neutron ถึงปี 1932 Heisenberg วัย 31 ปี รู้สึกดีใจมากเมื่อทราบข่าวว่าได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ จากผลงานการสร้างวิชากลศาสตร์ควอนตัม และการพบหลักความไม่แน่นอน

ในขณะที่ Heisenberg กำลังมีชื่อเสียงโด่งดังจอมเผด็จการ Adolf Hiller ซึ่งกำลังครองอำนาจในเยอรมนี ได้ให้ทหารนาซีกลั่นแกล้งคนที่มีเชื้อชาติยิวทุกรูปแบบ แม้แต่นักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงโด่งดัง ถ้ามีเชื้อชาติยิวหรือสัญชาติยิวก็จะถูกไล่ออกจากงานทันที ทฤษฎีที่คนยิวคิดก็ถูกลบหายไปจากตำรา แม้แต่ Max Born (1882 - 1970) รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1954 ซึ่งมีสัญชาติยิวก็ถูกขู่ฆ่า จนต้องหนีไปอังกฤษ นอกจากนี้รัฐบาลนาซีก็ยังเห็นว่า ทฤษฎีควอนตัมเป็นทฤษฎีของชาวยิว เพราะ Heisenberg เองก็ถูกกล่าวหาว่าเป็นยิวขาว (คือ คนผิวขาวที่ทำตัวเหมือนยิว และคลั่งไคล้ประเพณียิว) จึงทำให้ไม่ได้ขึ้นครองตำแหน่งศาสตราจารย์ Sommerfeld แห่งมหาวิทยาลัย เมื่อ Sommerfeld เกษียณ

อีกหนึ่งปีต่อมาเมื่อ Paul Dirac (1902-1984) ประสบความสำเร็จในการรวมทฤษฎีควอนตัมกับทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษของ Einstein เป็นทฤษฎี Quantum Electrodynamics (QED) ที่พยากรณ์ว่า ธรรมชาติมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่ง ที่มีมวลเท่าอิเล็กตรอน แต่มีประจุบวกและอนุภาคนี้ถูกพบโดย Carl Anderson (1905-1991) จึงได้ชื่อว่า positron Heisenberg ได้เป็นนักฟิสิกส์คนแรกที่เสนอทฤษฎีควอนตัมของอนุภาค positron

เมื่ออายุ 36 ปี Heisenberg ได้สมรสกับ Elisabeth Schumacher และมีทายาทเป็นลูกแฝด Pauli ได้กล่าวเย้า Heisenberg ว่านี่คือ ปรากฏการณ์สร้างคนคู่ (ทฤษฎี

ควอนตัมมี pair creation ที่สร้างอนุภาคคู่ เช่น อิเล็กตรอนกับโพซิตรอนที่เป็นปฏิสสารกัน)

ในยามว่าง Heisenberg ชอบเล่นเปียโน สกี และปีนเขา การเป็นคนที่มีมนุษยสัมพันธ์ดีมากจนทำให้ผู้คนจำนวนมากชื่นชม ดังนั้นชีวิตของ Heisenberg ก็น่าจะมีความสุขสมบูรณ์แบบ แต่ความเป็นจริงหาได้เป็นเช่นนั้นไม่

เพราะในปี 1939 เมื่อสงครามโลกครั้งที่สองใกล้จะอุบัติ มหาวิทยาลัยหลายแห่งในอเมริกาได้เชิญให้ Heisenberg ไปทำงานที่นั่น แต่ Heisenberg ตอบปฏิเสธหมดเพราะตระหนักดีว่า ประเทศเยอรมนีที่ตนรักกำลังต้องการสร้างนักฟิสิกส์จำนวนมาก และ Heisenberg เป็นคนเดียวเท่านั้นที่สามารถทำให้ความต้องการนี้บรรลุผลได้ การแสดงความจงรักภักดีต่อชาติในลักษณะนี้ โดยไม่ไปไหนในขณะที่ Einstein, Born, von Neumann ได้พากันอพยพหนีหมด ทำให้ Heisenberg ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้อำนวยการของสถาบัน Kaiser Wilhelm Institute of Physics ที่ Berlin

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง สัมพันธภาพระหว่าง Heisenberg กับนักฟิสิกส์ฝ่ายสัมพันธมิตรได้ยุติ เพราะ Heisenberg ได้รับคำบัญชาจาก Hitler ให้สร้างระเบิดปรมาณูเพื่อช่วยนาซีให้พิชิตสงครามโลกครั้งที่ 2 ในขณะที่ Einstein, Bohr, Oppenheimer ต่างก็ได้ระดมพลังสมองสร้างระเบิดปรมาณูให้ฝ่ายสัมพันธมิตร

หลังจากที่สงครามโลกครั้งที่สองยุติ Heisenberg เล่าว่า เขาได้เขียนจดหมายถึง Bohr ในปี 1941ว่านักฟิสิกส์ไม่สมควรจะสร้างระเบิดปรมาณู แต่ควรสร้างเตาปฏิกรณ์ปรมาณูมากกว่า ในเวลาต่อมา Bohr ได้ขอแก้ไขข้อความนี้ โดยกล่าวว่า ในความเป็นจริง Heisenberg ไม่ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างระเบิดปรมาณู หลังจากที่ได้พยายามเป็นเวลานานสองปี ดังนั้น Heisenberg จึงได้ออกมาชี้แจงต่อว่า ตนเป็นคนรัก

สันติภาพ มิใช่สงคราม และ Bohr ก็ได้ออกมาชี้แจงความจริงนี้ให้โลกรู้เกี่ยวกับความพยายามของนักวิทยาศาสตร์นาซีในการสร้างระเบิดปรมาณู

เมื่อสงครามโลกครั้งที่สองใกล้จะยุติ ทหารสัมพันธมิตรได้บุกเข้ายึดครองเยอรมนี Heisenberg, Walter Gerlach, Otto Hahn (รางวัลโนเบลเคมีปี 1944), Max von Laue (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1914) ถูกทหารอังกฤษจับตัวเป็นเชลยสงคราม และถูกส่งไปกักกันที่ Farm Hall ในอังกฤษ เพื่อให้กองตำรวจสืบราชการลับของอังกฤษซักถามและไต่สวนเป็นเวลานาน 6 เดือน

หลังสงครามโลก Heisenberg ได้รับการปล่อยตัวเป็นอิสระ จึงเดินทางกลับบ้านเกิด เริ่มสร้างเยอรมนีใหม่ และได้เปลี่ยนชื่อของสถาบัน Kaiser Wilhelm เป็นชื่อ Max Planck Institute of Physics และได้ร่วมมือกับนักฟิสิกส์ยุโรป จัดตั้งศูนย์วิจัยนิวเคลียร์ (CERN) ที่กรุง Geneva ในสวิสเซอร์แลนด์ รวมถึงได้รับเชิญไปเป็นศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย Cambridge ในอังกฤษ ด้วย

เมื่ออายุ 54 ปี Heisenberg ได้ไปทำงานที่มหาวิทยาลัย Munich เพื่อเป็นศาสตราจารย์ รวมถึงเป็นที่ปรึกษาด้านนโยบายวิทยาศาสตร์ของรัฐบาลเยอรมันด้วย

นอกจากจะได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์แล้ว Heisenberg ยังได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิต กิตติมศักดิ์จากหลายมหาวิทยาลัยในเบลเยี่ยม เยอรมนี และฮังการี ฯลฯ เป็น F.R.S. (Fellow of the Royal Society) ของอังกฤษ เป็นสมาชิกของ Academy of Science ของสวีเดน โรมาเนีย นอร์เวย์ สเปน เนเธอร์แลนด์ อิตาลี และสหรัฐอเมริกา

Heisenberg เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งตับ และถุงน้ำดีอักเสบ เมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ปี 1973 สิริอายุ 75 ปี

ทุกวันนี้ นักฟิสิกส์มีองค์ความรู้เรื่อง isotopic spin, symmetry breaking, degenerate vacuum, exchange field, S-matrix-theory และ explosive showers ซึ่งเป็นคำที่ Heisenberg คิดใช้เป็นคนแรก เพราะ Heisenberg มีความสามารถทางภาษามาก ส่วนคำว่า meson นั้นก็มาจากคำ mesotron ที่เป็นชื่อของอนุภาคที่ Heisenberg ใช้เป็นคนแรกเช่นกัน เพราะในภาษากรีกไม่มีตัวอักษร t และ r ดังนั้นชื่อของอนุภาคที่ Yukawa ได้สันนิษฐานไว้ว่ามีในธรรมชาติจึงเป็น meson

ในด้านความเป็นครู Heisenberg มีลูกศิษย์ที่มีชื่อเสียงหลายคน เช่น Felix Bloch (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1952) John van Vieck (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1977) และ Carl von Weizacker เป็นต้น

ในปี 2001 ซึ่งเป็นวาระครบหนึ่งศตวรรษแห่งชาตกาลของ Heisenberg ชาวเยอรมนีทั่วประเทศได้มีการจัดงานเฉลิมฉลองครั้งยิ่งใหญ่ ทั้งที่เมือง Leipzig และ Munich โดยเฉพาะที่ Munich ซึ่ง Heisenberg ได้สารภาพว่า เป็นเมืองที่เขารักมากที่สุด

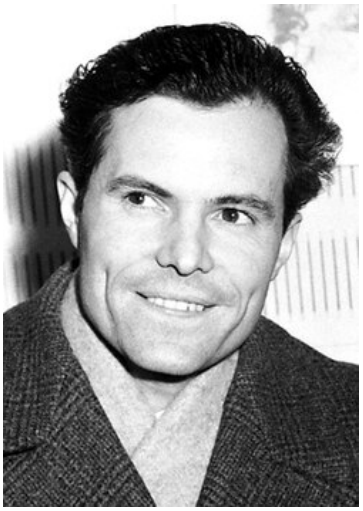
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg โดย David C. Cassidy จัดพิมพ์โดย W.H. Freeman. ปี 1991

2. Tobey, William (January–February 2012), "Nuclear scientists as assassination targets", Bulletin of the Atomic Scientists, 68 (1): 63–64, Bibcode:2012BuAtS..68a..61T,

Robert Hofstadter (โรเบิร์ต ฮอฟสตาดเตอร์)
Rudolf Mössbauer (รูด็อล์ฟ มอสเบาเออร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1961 จากการศึกษารูปทรงสามมิติของนิวเคลียส และจากการพบปรากฏการณ์ Mössbauer



Robert Hofstadter (ซ้าย) กับ Rudolf Mössbauer (ขวา)

ภาพจาก observervoice.com

เมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน ค.ศ.1990 Robert Hofstadter ศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย Stanford ในสหรัฐอเมริกาได้ถึงแก่กรรมด้วยโรคหัวใจวาย ในวัย 75 ปี

Hofstadter เกิดที่ New York สหรัฐอเมริกา เมื่อปี 1915 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีฟิสิกส์จากมหาวิทยาลัย City College of New York เมื่ออายุ 20 ปี จากนั้นได้ไปศึกษาต่อตั้งแต่ปี 1935 ถึง 1938 ที่มหาวิทยาลัย Princeton จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ด้วยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง สเปกตรัมของรังสีอินฟราเรดจากโมเลกุล ซึ่งช่วยให้ Hofstadter ได้พบโครงสร้างเชิงโมเลกุลของกรด formic

หลังสำเร็จการศึกษาแล้ว Hofstadter ยังทำวิจัยต่อในฐานะนักวิจัยหลังปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Princeton แต่ได้เปลี่ยนไปทำวิจัยเรื่องแสงในของแข็ง และเรื่อง photoconductivity ซึ่งเป็นปรากฏการณ์การนำไฟฟ้าของวัสดุที่เกิดขึ้น เวลาวัสดุได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น แสงที่ตาเห็น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีอินฟราเรด หรือรังสีแกมมา

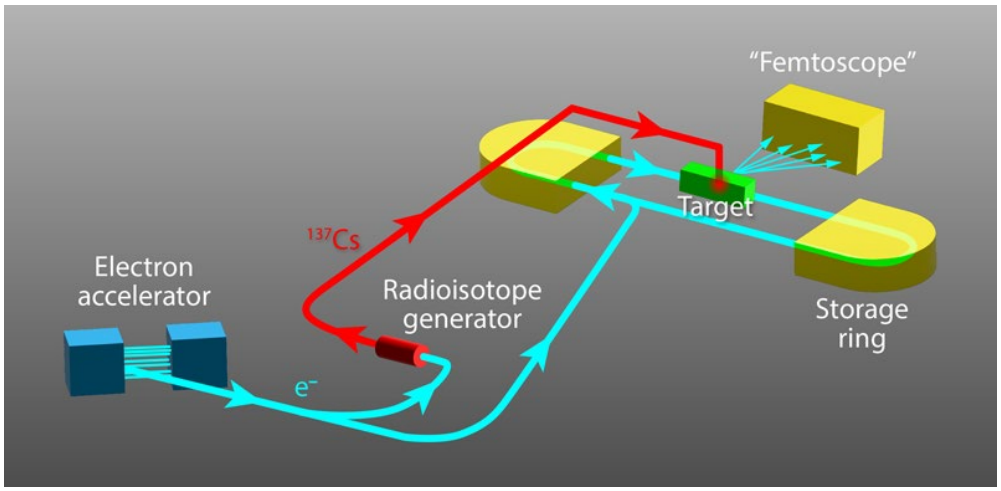
ในปี 1940 Hofstadter ไปทำงานวิจัยที่มหาวิทยาลัย Pennsylvania ในโครงการสร้างเครื่องเร่งอนุภาคแบบ van de Graaff ให้มีพลังงานสูงเพื่อใช้ในการศึกษาปฏิกิริยานิวเคลียร์

ในช่วงเวลาที่เกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 Hofstadter ทำงานรับใช้ชาติที่สถาบัน National Bureau of Standards โดยมีหน้าที่ออกแบบระบบ Servo system ให้นักบินใช้ขับเครื่องบิน และออกแบบอุปกรณ์วัดระยะสูง โดยใช้หลักการสะท้อนคลื่นวิทยุจากพื้นดิน

เมื่ออายุ 31 ปี Hofstadter ได้หวนกลับไปทำงานวิจัยฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Princeton ในตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ และเริ่มสนใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียร์ ตลอดจนถึงสนใจสร้างอุปกรณ์สังเกตอนุภาคมูลฐานชนิด ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียส เช่น ปรากฏการณ์ Compton โดยสร้างตัวตรวจรังสีเอกซ์ด้วยผลึกและอุปกรณ์ที่เป็นแบบเปล่งแสงวับ (scintillsation) จนได้พบว่าสารประกอบ sodium iodide (Nal) เวลาเป็นสารกัมมันตรังสี เวลาถูกเจือด้วย thallium (Tl) สามารถเป็นเครื่องตรวจจับแสงวับได้ดีมาก เพราะสามารถวัดพลังงานของรังสีแกมมาที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้อย่างละเอียดและถูกต้องยิ่งกว่าเครื่องตรวจจับชนิดอื่น และนับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาอุปกรณ์สเปกโตรมิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์รังสีแกมมาก็หันมาใช้ Nal เป็นตัวตรวจจับแสงวับในห้องปฏิบัติการวิจัยฟิสิกส์อนุภาคพลังงานสูงฟิสิกส์ดาราศาสตร์

ฟิสิกส์การแพทย์ ในวงการชีววิทยา เคมี ธรณีวิทยา ฯลฯ และแม้ว่า NaI (Tl) ที่เจือจะมีราคาแพง และนักทดลองมีปัญหาในการควบคุมการทำงานให้สม่ำเสมอ แต่ห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ทั่วโลกก็ยังนิยมใช้มันอยู่ดี

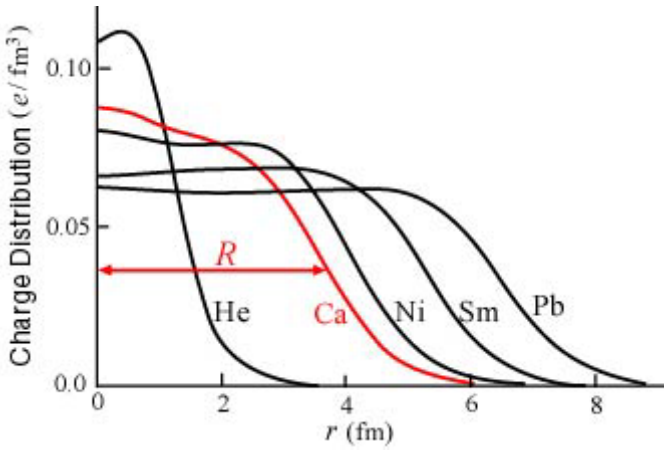
ในปี 1950 Hofstadter ได้งานเป็นอาจารย์สอนที่มหาวิทยาลัย Stanford ตามคำเชิญของ Felix Bloch (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1952) กับ Leonard Schiff และเริ่มงานวิจัยเรื่องใหม่ที่เกี่ยวกับการกระเจิงของอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงโดยนิวเคลียส ทั้ง ๆ ที่เป็นการกระเจิงแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น



การยิงอิเล็กตรอนพลังงานสูงจากไอออน cesium-137 ให้พุ่งชนนิวเคลียสของ uranium carbide แล้วบันทึกผลการกระเจิงด้วยอุปกรณ์ femtoscope สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของ U-C ได้
ภาพจาก K. Tsukada et al. [2]; adapted by P. Achenbach and APS/A. Stonebraker

ในเบื้องต้นอิเล็กตรอนที่ Hofstadter ใช้เป็นอิเล็กตรอนที่มีพลังงานต่ำเพียง 200 MeV จึงเพิ่มพลังงานสูงขึ้น ๆ จนถึงระดับ 1 GeV (1 G =10^9) แล้วใช้ spectrometer ที่มีแท่งแม่เหล็กวงกลมขนาดใหญ่ ซึ่งมีรัศมียาวประมาณ 2 เมตร ในการวัดโมเมนตัมของอิเล็กตรอนหลังการกระเจิง อีก 20 ปีต่อมาผลการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของอนุภาคที่อยู่ในนิวเคลียสมีค่าทั้งมากและน้อย และในภาพรวม อนุภาค

โปรตอนกับนิวตรอนจะอยู่กันอย่างหนาแน่นที่บริเวณใจกลางของนิวเคลียส แล้วความหนาแน่นของอนุภาคจะลดลง ๆ ในบริเวณใกล้ผิว



กราฟแสดงการกระจายความหนาแน่นของประจุในนิวเคลียสของ He, Ca, Ni, Sm และ Pb

ภาพจาก http://ne.phys.kyushu-u.ac.jp/

การทดลองของ Hofstadter ยังแสดงให้เห็นเป็นครั้งแรกอีกว่า อนุภาคโปรตอนและนิวตรอนมีขนาด คือ มิได้เล็กเป็นจุด (คือ มีรัศมี) และอาจประกอบด้วยอนุภาคอื่นที่มีขนาดเล็กยิ่งกว่า จากนั้น Hofstadter ก็ได้เรียบเรียงตำราเกี่ยวกับการวิจัยโดยตั้งชื่อ “Electron Scattering and Nuclear and Nucleon Structure” ซึ่งได้รับการตีพิมพ์โดย W.A. Benjamin ที่ New York ในปี 1963

การศึกษารูปทรงของนิวเคลียสที่มหาวิทยาลัย Stanford โดยใช้เทคนิคการกระเจิงของอิเล็กตรอนทั้งที่เป็นแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่นได้ผลักดันให้ Hofstadter ต้องพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับอนุภาคแบบ Crystal Ball ที่ใช้ลูกแก้วผลึกประกอบด้วยตัวตรวจจับ ซึ่งทำด้วยผลึก sodium iodide จำนวนกว่า 900 ชิ้น ที่อยู่กันแบบกระจกใน 3 มิติ โดยมีจุดยอดของตัวตรวจจับร่วมกันที่ตำแหน่งซึ่งลำอิเล็กตรอน 2 ลำพุ่งชนกันตรง ๆ

ในเวลาต่อมาอุปกรณ์นี้ได้ทำให้ Hofstadter พบองค์ความรู้ใหม่คือ อนุภาค meson ว่า ประกอบด้วย quark 2 ชนิด คือ ชนิด Charm และชนิด bottom

ในปี 1970 Hofstadter ได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับรังสีแกมมาที่มีพลังงานสูง ในดาวเทียมที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรรอบโลก เพื่อรับรังสีแกมมาที่มีพลังงานตั้งแต่ 20 MeV ถึง 130 GeV อุปกรณ์นี้ทำงานได้โดยการเปลี่ยนรังสีแกมมาที่มาตกกระทบแผ่นโลหะ tantalum บาง ๆ ทำให้เกิดอิเล็กตรอนกับโพซิตรอน ซึ่งเมื่อปะทะกันจะทำให้เกิดแสงวับ ให้นักทดลองสามารถวัดพลังงานของรังสีแกมมาได้

ในด้านชีวิตส่วนตัว Hofstadter สนใจการใช้อุปกรณ์ตรวจรับรังสีแกมมา เพื่อประโยชน์ในทางการแพทย์ เช่น ใช้ในการวินิจฉัยโรค และสนใจการใช้รังสีซินโคร ตรอนที่มีความยาวคลื่นระดับรังสีเอกซ์ ในการวิเคราะห์อาการเริ่มต้นของโรคต่าง ๆ โดยได้ถูกนำไปใช้เป็นครั้งแรกที่ Stanford Linear Accelerator เมื่อปี 1980

Hofstadter ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์เมื่ออายุ 56 ปี และทำงานประจำห้องปฏิบัติการฟิสิกส์พลังงานสูง จนกระทั่งเกษียณชีวิตทำงาน เมื่ออายุ 70 ปี

ในยามว่าง Hofstadter ขอบเล่นดนตรี และใช้ชีวิตอยู่กลางแจ้ง เวลาสอนหนังสือจะสอนฟิสิกส์เบื้องต้นที่ง่าย ๆ และสอนโดยไม่ต้องใช้คณิตศาสตร์มาก สำหรับศิษย์ที่เป็นนิสิตปริญญาโทและเอกจะรักและศรัทธา Hofstadter มาก เพราะคิดว่าเข้าเป็นครูที่ให้ความเป็นมิตรและการเป็นอาจารย์ที่มีความปรารถนาดีต่อความก้าวหน้าของศิษย์ทุกคน

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Robert Hofstadter". Stanford University Department of Physics. Archived from the original on February 19, 2025. Retrieved January 30, 2025.

2. Hofstadter, Robert, department of physics, Stanford University, Stanford, California, "Electron Scattering and Nuclear Structure" Archived April 27, 2020, at the Wayback Machine, Rev. Mod. Phys. 28, 214–254 (1956)
© 1956 The American Physical Society

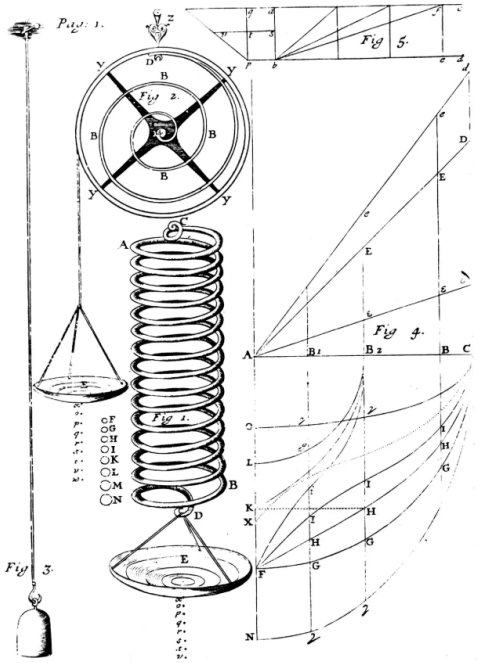
Robert Hooke (โรเบิร์ต ฮุก)

บุรุษผู้ได้รับฉายาว่าเป็น เลโอนาร์โด ดาวินชี ของอังกฤษ

Robert Hooke ภาพจาก gertitashkomd.com

ในช่วงเวลาที่ยังมีชีวิตอยู่และหลังจากที่ได้เสียชีวิตไปประมาณ 200 ปี Robert Hooke ไม่เคยได้รับการยกย่องว่าเป็นปราชญ์ผู้ยิ่งใหญ่ แต่เมื่อถึงวันนี้ เขาคือนักฟิสิกส์คนสำคัญคนหนึ่งของโลกผู้ได้พบกฎของ Hooke ที่แถลงว่า เมื่อมีแรงมากระทำต่อลวดความยาวส่วนที่ยืดออกจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงนั้น สำหรับหนังสือ Micrographia ที่ Hooke เรียบเรียง ก็ได้รับการยอมรับว่าเป็นตำราชีววิทยาที่ยิ่งใหญ่มากเล่มหนึ่งของโลก เพราะได้ช่วยให้นักชีววิทยารู้จักใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก เช่น ไร เหา ตาแมลงวัน ฯลฯ จนตาเปล่ามองไม่เห็น ผลการสังเกตนี้ Hooke จึงได้เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่เรียกชื่อหน่วยขนาดเล็กของสิ่งมีชีวิตว่าเซลล์ (cell) และเมื่อเกิดมหาอัคคีภัยในลอนดอนเมื่อปี 1666 Hooke ได้เข้าช่วย Christopher Wren ออกแบบแผนผังเมืองใหม่ให้ทันสมัยและถูกสุขลักษณะ และยังได้ช่วย Robert Boyle ศึกษาสมบัติของแก๊สอุดมคติ โดยการออกแบบและประดิษฐ์ปั๊มสูบอากาศ เพื่อใช้ในการทดลอง จนทำให้ Boyle พบกฎของ Boyle ที่แถลงว่า ถ้าอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติไม่

เปลี่ยนแปลง ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน ผลงานเหล่านี้เป็นตัวอย่างที่น่าจะทำให้ Hooke เป็นที่ยกย่อง ชื่นชม เชิดชู และทุกคนรู้จักดี



ภาพวาดแสดงสมบัติการยืดหยุ่นของลวด ตามกฎของ Hooke
ที่แถลงว่า “ส่วนยืดของลวด เป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงที่มากระทำ”
ภาพจาก Photos.com/Jupiterimages

แต่ Hooke โชคร้ายที่มีศัตรูหลายคน เช่น วิวาทกับ Christiaan Huygens เรื่องใครเป็นผู้ประดิษฐ์นาฬิกาสปริงเรือนแรก เคยทะเลาะกับ John Flamsteed เรื่องอะไรคือต้นกำเนิดของดาวหาง แต่ที่รุนแรงที่สุดของการปะทะทางวาจาคือกับ Isaac Newton เรื่องใครเป็นคนพบทฤษฎีการเกิดรุ้งกินน้ำ และทฤษฎีแรงโน้มถ่วง ความรุนแรงของการวิวาทในครั้งนั้นได้ทำให้ Newton ในฐานะนายกราชบัณฑิตยสถาน (Royal Society) ของอังกฤษบันดาลโทสะ ถึงกับกล่าวอาฆาตว่าจะทำลายชื่อเสียงของ Hooke จนหมดสิ้น และกล่าวหา Hooke ว่าเป็นคนขี้อิจฉาริษยา มีอารมณ์ร้อน ไม่เคยเป็นมิตรแท้ของใคร ชอบต่อต้านสังคม ปากจัดและขี้ระแวง Newton ยังสั่งให้ทำลายภาพวาดเหมือนของ Hooke ทุกรูป จนปัจจุบันไม่มีใครรู้ว่า Hooke มีหน้าตาเช่นไร ด้าน

บุตรชายของ Christopher Wren ก็ได้เขียนสรรเสริญเยินยอและยกย่องผลงานของบิดาอย่างเกินจริง และไม่ได้ให้เครดิตใด ๆ แก่ Hooke เลย เหล่านี้เป็นเหตุผลที่ทำให้ Hooke เป็นอัจฉริยะที่โลกลืม

ปัจจุบัน Hooke ได้รับยกย่องว่าเป็นนักวิทยาศาสตร์คนสำคัญคนหนึ่งแห่งคริสต์ศตวรรษที่ 17 และเป็นเลโอนาร์โด ดาวินชี ของอังกฤษ เพราะมีความสามารถสารพัดด้าน แม้ศพของ Hooke จะหายสาบสูญไปอย่างไร้ร่องรอย แต่สมาคม Royal Society ก็ได้จารึกชื่อของ Hooke ลงบนแผ่นหิน แล้วนำไปวางใกล้หลุมศพของศัตรู (คือ Newton) ที่มหาวิหารเวสต์มินสเตอร์ในกรุงลอนดอน

Robert Hooke เกิดเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม ปี 1635 ที่เมือง Freshwater บนเกาะ Wight ในอังกฤษ ครอบครัวมีฐานะยากจน บิดาเป็นพนักงานดูแลโบสถ์ประจำเมือง และคาดหวังจะให้ Hooke เป็นผู้ดูแลโบสถ์เมื่อเติบใหญ่ สุขภาพของ Hooke ในวัยเด็กไม่ดีนักเพราะป่วยบ่อย Hooke ชอบประดิษฐ์ของเล่น สังเกตธรรมชาติ และวาดภาพ เมื่ออายุ 13 ปี Hooke ได้กำพร้าบิดา ซึ่งได้ทิ้งเงิน 40 ปอนด์ไว้เป็นมรดก Hooke จึงใช้เงินก้อนนี้ในการเดินทางไปแสวงโชคที่ลอนดอน และได้เข้าเรียนที่ Westminster School จนอายุ 18 ปี จึงได้ไปเรียนต่อที่ Christchurch College แห่งมหาวิทยาลัยออกซฟอร์ด

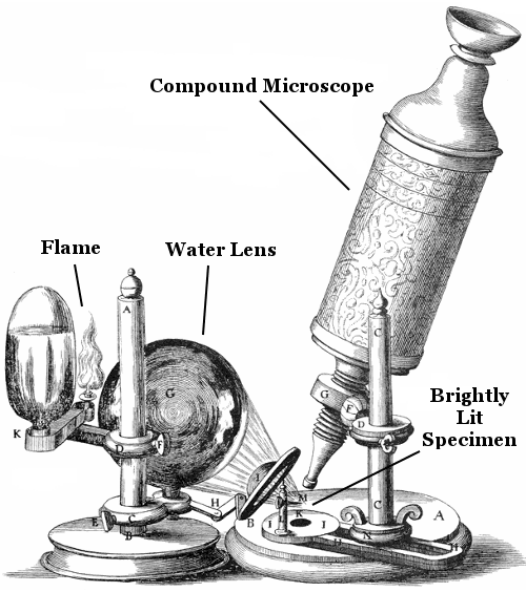
เมื่ออายุ 20 ปี Hooke ได้พบนักเคมีผู้มีชื่อเสียงมากของอังกฤษคือ Robert Boyle และได้งานทำเป็นผู้ช่วยของ Boyle ในการออกแบบอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ตามที่ Boyle สั่ง การเป็นคนช่างสังเกตที่ชอบประดิษฐ์อุปกรณ์และเก่งคณิตศาสตร์ Hooke จึงแตกต่างจาก Boyle ที่เป็นคนชอบคิด คนทั้งสองจึงประสบความสำเร็จสูง เพราะสามารถเติมเต็มความสามารถที่พร่องให้กันและกัน จนทำให้ Boyle พบกฎของ

Boyle และ Hooke เองก็รู้สึกซาบซึ้งในเหตุผลของวิทยาศาสตร์ จึงได้ทุ่มเทเวลาศึกษากลศาสตร์และดาราศาสตร์มากขึ้น

เมื่อว่างจากงานวิจัยที่สมาคม Royal Society Hooke ได้พยายามหาวิธีปรับปรุงการทำงานของนาฬิกาลูกตุ้มโดยใช้สปริงช่วยให้นาฬิกาทำงานได้เที่ยงตรงขึ้น นาฬิกานี้ มีลักษณะคล้ายนาฬิกาที่ Christiaan Huygens แห่งเนเธอร์แลนด์ออกแบบ ที่ได้รับการจดสิทธิบัตร แต่ผลงานของ Hooke ไม่ได้รับการจดสิทธิบัตร ดังนั้น Hooke จึงรู้สึกเสมือนตนถูกสังคมวิชาการกีดกัน

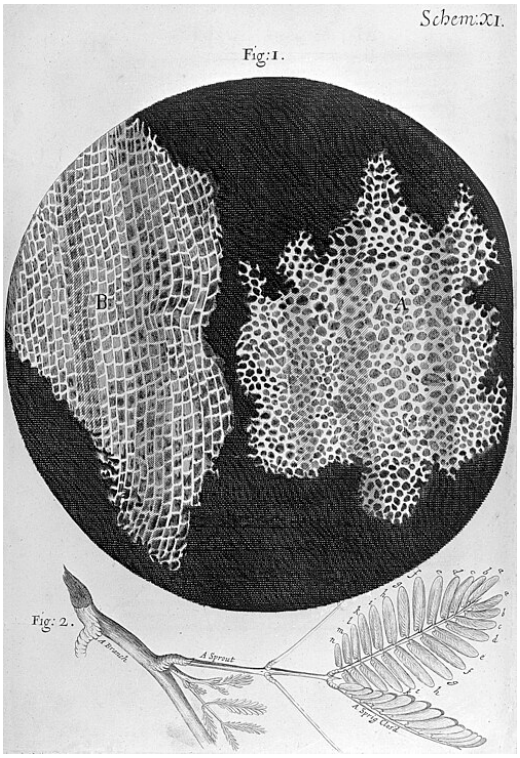
ในปี 1660 ที่ Royal Society ได้เริ่มก่อตั้ง Hooke วัย 25 ปี ณ เวลานั้นได้เป็นผู้ดูแลห้องปฏิบัติการของสมาคมแล้ว โดยมีหน้าที่สาธิตและออกแบบการทดลองวิทยาศาสตร์ให้บรรดาสมาชิกดู 3 ถึง 4 เรื่อง ในทุกสัปดาห์ Hooke ได้ทำงานนี้เพราะ Boyle เป็นคนเขียนคำรับรอง (Boyle เป็นหนึ่งในบรรดาผู้ก่อตั้ง Royal Society) และ Hooke ได้ทำงานในตำแหน่งนี้นาน 40 ปี แม้จะมีงานล้นมือแต่ Hooke ก็มีเวลาศึกษาธรรมชาติของอากาศ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเลือดดำกับเลือดแดง วัดความดันอากาศที่ระดับความสูงต่าง ๆ จับเวลาการแกว่งครบรอบของนาฬิกาลูกตุ้มที่แขวน ด้วยเชือกยาว 60 เมตร ศึกษาการขยายตัวของของแข็งเมื่อได้รับความร้อน รวมถึงได้พบกฎของ Hooke แต่ Hooke ไม่ได้ตีพิมพ์ผลงานชิ้นหลังสุดนี้ในทันที จนอีก 18 ปีต่อมา

ความสำเร็จเหล่านี้ทำให้ Hooke ได้รับคัดเลือกเข้าเป็นสมาชิกของ Royal Society เมื่ออายุ 27 ปี หลังจากนั้นก็เริ่มสนใจดาราศาสตร์ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ที่ตนประดิษฐ์เอง และได้พบว่าดาวพฤหัสบดีหมุนรอบตัวเอง Hooke ได้รับตำแหน่งเป็นศาสตราจารย์เรขาคณิตแห่ง Gresham College เมื่ออายุ 29 ปี



กล้องจุลทรรศน์ที่สร้างโดย Robert Hooke ภาพจาก www.famousscientists.org

ในปี 1665 สมาคม Royal Society ขอให้ Hooke เรียบเรียงตำราชื่อ Micrographia ที่หนา 246 หน้า เพื่อนำออกเผยแพร่ เพราะ Hooke เคยประสบความสำเร็จในการสร้างกล้องจุลทรรศน์ด้วยตนเอง และใช้กล้องศึกษาสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กจำนวนหลายชนิด ผลงานนี้เป็นความสำเร็จยิ่งใหญ่ที่สุดของ Hooke เพราะหนังสือได้บุกเบิกโลกของสิ่งที่ตามองไม่เห็นให้ทุกคนสามารถเห็นได้ เช่นเมื่อ Hooke ใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูเนื้อไม้คอร์ก และได้เห็นเนื้อไม้ประกอบด้วยช่องว่างเล็ก ๆ เรียงติดต่อกันในลักษณะเหมือนห้องพักนักบวชในวัด จึงเรียกห้องเล็กว่า cell แต่ Hooke ไม่ได้ศึกษาเรื่องนี้ต่อ (จนกระทั่งปี 1839 Theodor Schwann จึงได้พบความจริงว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดประกอบด้วยเซลล์) ภาพที่น่าตื่นตาตื่นใจเหล่านี้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ในตำรา Micrographia ที่แสดงความมหัศจรรย์ของธรรมชาติที่มนุษย์ไม่เคยเห็น จนทำให้หนังสือเล่มนี้ได้เป็นหนังสือเบสท์เซลเลอร์แห่งยุค



ภาพผนังเซลล์ของพืชที่ Hooke เห็นและวาด ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่ออายุ 37 ปี Hooke ได้เสนอความคิดว่าแสงแสดงพฤติกรรมเสมือนเป็นคลื่น ซึ่งตรงข้ามกับความคิดของ Newton ที่ว่าแสงมีพฤติกรรมเหมือนเป็นอนุภาค อีกสองปีต่อมา Hooke ได้ประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงแบบ Gregory ที่มีประสิทธิภาพสูงจนสามารถเห็นหลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์ได้ และ Hooke คิดว่าหลุมนั้นเกิดจาการถูกก้อนหินขนาดใหญ่พุ่งขึ้น หรือเกิดจากการะเบิดของภูเขาไฟบนดวงจันทร์ แต่ Hooke ไม่เชื่อว่าในอวกาศมีก้อนหินพุ่งในทิศเพ่นพ่าน ดังนั้นเขาจึงสรุปว่าหลุมอุกกาบาตเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟบนดวงจันทร์

ความสนใจดาราศาสตร์ได้ทำให้ Hooke พยายามคิดหากลไกที่ทำให้ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ ตามความคิดของ Copernicus จึงตั้งข้อสันนิษฐานว่า ดวงอาทิตย์ดึงดูดดาวเคราะห์ทุกดวงด้วยแรงที่แปรผกผันกับระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์นั้นยกกำลังสอง ซึ่งก็ตรงกับที่ Newton คิด ดังนั้นในปี 1687 ที่ตำรา Principia

ของ Newton ปรากฏในบรรณโลก Hooke จึงอ้างว่า Newton ได้ “ขโมย” ความคิดของตนไป การวิวาทเรื่องใครพบกฎแรงโน้มถ่วงทำให้ Hooke ถูกอับเปหิจากสังคมวิชาการ (ในการวิเคราะห์เหตุการณ์นี้นักประวัติวิทยาศาสตร์ปัจจุบันรู้ว่าคนทั้งสองได้พบกฎแรงโน้มถ่วงอย่างเป็นอิสระจากกัน แต่ Newton เป็นคนที่สามารถพิสูจน์ความจริงนี้ได้ ดังนั้นเกียรติการพบกฎแรงโน้มถ่วงจึงตกเป็นของ Newton แต่เพียงผู้เดียว)

ภาพฟอสซิลหอยชนิดต่าง ๆ ที่ Hooke ศึกษา แล้ววาด

ภาพจาก www.lindahall.org

เมื่อความรู้ของ Hooke ขัดแย้งกับทฤษฎีของ Newton มาก Hooke จึงหันไปสนใจชีววิทยาแทน และได้ศึกษาฟอสซิลของสัตว์ที่พบในหิน ทำให้ได้พบว่าซากบางซากมิได้เป็นของสัตว์ปัจจุบัน ทำให้คิดว่าสัตว์หลายชนิดคงจะสูญพันธุ์ แต่คงไม่ตายพร้อมกันเมื่อน้ำท่วมโลกตามที่เขียนไว้ในคัมภีร์ไบเบิล ดังนั้น Hooke จึงมีจินตนาการเรื่องทฤษฎีวิวัฒนาการของสัตว์ก่อน Charles Darwin ประมาณ 160 ปี

ในวัยชรา Hooke มีสุขภาพไม่ดี ตาเป็นต้อหิน และร่างกายเป็นอัมพฤกษ์ ทำให้เริ่มมีอาการระแวงคนรอบข้าง จึงต้องหายามากินเองและได้กินมากจนร่างกายมีสภาพ

เหมือนห้องทดลองเคมีที่มีแต่สารเคมี ในวันที่ 3 มีนาคม ปี 1703 Hooke วัย 67 ปีได้จากโลกไปอย่างเงียบ ๆ เพราะเป็นคนไม่มีครอบครัว และไร้เพื่อน โดยได้ทิ้งมรดกไว้ 8,000 ปอนด์ เมื่อ Hooke ไม่ได้เขียนพินัยกรรมใด ๆ ดังนั้น บรรดาหลาน ๆ ของ Hooke ที่ไร้การศึกษาจึงยึดเงินไปใช้จนหมด ศพของ Hooke ถูกนำไปยังที่โบสถ์ St. Helens Bishop's Gate

ในปี 2001 Michael Cooper ได้พยายามหาศพของ Hooke ที่สุสานโบสถ์ดังกล่าว แต่ไม่พบหลักฐานใด ๆ แม้รายงานในเอกสารโบสถ์ได้ระบุว่า ในปี 1891 ได้มีการโยกย้ายกระดูกบางส่วนของ Hooke ไปฝังที่เมือง Wanstead ซึ่งอยู่ห่างประมาณ 10 กิโลเมตร แต่เมื่อ Cooper ตามไปที่นั่น ก็ไม่ได้พบหลักฐานใด ๆ ดังนั้นศพของ Hooke จึงหายสาบสูญไปอย่างไร้ร่องรอย กระนั้นผลงานของ Hooke ในรูปของตำราก็ยังมีอยู่อีกมากมายที่หอจดหมายเหตุในลอนดอน จากเอกสารเหล่านี้ Cooper ได้พบว่าแทนที่ Hooke จะมีบุคลิกภาพที่น่ารังเกียจและไม่เป็นมิตรกับใคร เขากลับเป็นคนที่มีเพื่อนมากพอสมควร เพราะเป็นคนมีน้ำใจ ที่ชอบช่วยเหลือผู้อื่นให้ประสบความสำเร็จ

เช่นเมื่อวันที่ 2 กันยายน ปี 1666 ได้เกิดมหาอัคคีภัยครั้งยิ่งใหญ่ในลอนดอน บ้านเรือน 13,000 หลังถูกไฟเผาจนราบเรียบ ประชาชน 80,000 คนไร้ที่อยู่อาศัย Hooke รู้สึกสงสารคนที่ประสบชะตากรรมมาก จึงอาสาช่วยสถาปนิก Christopher Wren ในการวางแผนสร้างมหานครลอนดอนใหม่ จากเดิมที่เคยเป็นเมืองสกปรกและไร้ระเบียบ เช่น มีถนนหนทางที่แคบและคดเคี้ยว มีบ้านเรือนที่สร้างด้วยไม้เป็นส่วนใหญ่ Wren จึงออกแบบเมืองใหม่ ให้มีจัตุรัสที่กว้างใหญ่ มีถนนที่ตรงและตัดกันเป็นมุมฉาก มีอาคารบ้านเรือนที่ทำด้วยคอนกรีต ซึ่งถูกสร้างขึ้นอย่างเป็นระเบียบ

ภายในเวลาเพียงหกเดือนหลังการเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ Hooke ได้ออกกฎการจ่ายเงินชดเชยค่าเสียหายให้แก่เจ้าของที่ดินที่มีถนนสายใหม่ตัดผ่าน และได้ประสานความขัดแย้งระหว่างเจ้าของที่ดิน ซึ่งต่างก็อ้างว่าที่ตรงนั้นหรือตรงนี้เคยเป็นของคนนั้นหรือคนนี้ การหาวิธีปรองดองทำนองนี้มิได้เป็นเรื่องง่ายเลย แต่ Hooke ก็สามารถทำหน้าที่ไกล่เกลี่ยได้สำเร็จ

สำหรับหนังสือ Micrographia ซึ่งเป็นผลงานระดับสุดยอดของ Hooke นั้น Samuel Pepys นักประพันธ์ชาวอังกฤษผู้มีชื่อเสียงที่เป็นรองแต่ William Shakespeare ได้พบว่าหลังจากที่ได้อ่านหนังสือนี้เป็นเวลาสองสัปดาห์ เขาก็ยกย่องและชื่นชมหนังสือว่าเป็น “the most ingenious (ฉลาดหลักแหลม) book that I ever read in my life.” เพราะในหนังสือเล่มนี้ Hooke ได้วาดภาพของสิ่งที่ตาเห็นอย่างละเอียด ไม่ว่าจะเป็นภาพแมลง ผลึก สัตว์ขนาดเล็ก หรือพืช การเห็นสิ่งที่ไม่มีใครเคยคิดว่ามีในโลก ได้ทำให้ผู้คนในสมัยนั้นตื่นตาและตื่นเต้นมาก

ความจริง Hooke ได้เคยนำภาพสัตว์ขนาดเล็ก เช่น เหา ไร รา ฯลฯ ออกแสดงให้บรรดาสมาชิกของ Royal Society เห็นในการประชุมของสมาคมทุกสัปดาห์ และสมาชิกทุกคนได้รบเร้าให้ Hooke รวบรวมภาพที่นำเสนอในห้องบรรยายมาเข้าเล่ม เพื่อเผยแพร่ให้ประชาชนทั่วไปได้ชื่นชมด้วย หนังสือนี้ทำให้ Royal Society ยอมรับว่ากล้องจุลทรรศน์ คือ อุปกรณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ในการศึกษาธรรมชาติของสิ่งที่ตามองไม่เห็น เพื่อจะได้เข้าใจธรรมชาติสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กระนั้นก็ยังมีนักวิทยาศาสตร์บางคน เช่น Johannes Hevelius ซึ่งเห็นแย้งว่ามนุษย์ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการเห็น เพราะตาที่พระเจ้าทรงประทานมา เป็น

อวัยวะที่ดีที่สุดแล้ว และกล้องจุลทรรศน์ก็ใช่ว่าจะช่วยให้ตาเห็นความจริงอย่างสมบูรณ์ เพราะเลนส์ในกล้องทำให้ภาพบิดเบี้ยว

ลุถึงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 19 กล้องจุลทรรศน์ที่ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นมาก คือ ให้ภาพที่บิดเบี้ยวน้อยลง กล้องมีกำลังขยายมากขึ้น อุปกรณ์บันทึกภาพทำงานดีขึ้น เพราะมีการนำกล้องถ่ายรูปมาช่วยบันทึกภาพแทนการสเก็ตช์ด้วยมือ ทำให้ได้ภาพที่ตรงความจริงมากจน Wiliam Henry Fox Talbot กล่าวว่า การถ่ายรูป คือ การวาดภาพโดยพระหัตถ์ของพระเจ้า แต่มีนักวิทยาศาสตร์บางคนที่คัดค้านการใช้กล้องถ่ายภาพควบคู่กับกล้องจุลทรรศน์โดยให้เหตุผลว่า ความคลาดของเลนส์รวมถึงความไม่สมบูรณ์ของวัตถุที่กล้องจุลทรรศน์ส่องดู และกระบวนการล้างรูปภาพได้ทำให้แผ่นฟิล์มบางส่วนหดหรือขยายตัว เหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้ภาพที่เห็นไม่สมจริงและไม่สมบูรณ์

ปัญหาที่ตามมา คือ การแปลความหมายของภาพที่เห็น เมื่อนักวิทยาศาสตร์เห็นสิ่งที่ไม่เคยคิดฝันว่ามีในธรรมชาติ คนฟังคำบรรยายจึงจำเป็นต้องใช้จินตนาการ เช่นเมื่อ Hooke ใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูตาของแมลงวัน เขาได้บรรยายว่าสิ่งที่เห็นมีลักษณะเป็นตาข่ายที่มีความละเอียดสูง มีรูเรียงรายเต็มไปหมด แต่เมื่อได้เฝ้าดูอย่างละเอียดอีก กลับเห็นผิววัสดุถูกปกคลุมด้วยตาปูตัวเล็ก ๆ และตาปูมีลักษณะเหมือนกรวย เป็นต้น

ปัจจุบันกล้องจุลทรรศน์ได้รับการพัฒนาขึ้นมาก เพื่อให้นักชีววิทยาได้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ศึกษารายละเอียดของไวรัส เซลล์ ฯลฯ และกล้องจุลทรรศน์สามารถเห็นโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ เห็นองค์ประกอบของนิวเคลียสในเซลล์ได้อย่างชัดเจน จนไม่ต้องใช้จินตนาการอีกต่อไป เหล่านี้คือผลที่เกิดจากการบุกเบิกโดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Robert Hooke ที่โลกเคยลืม

ณ วันนี้ Hooke เป็นชื่อของดาวเคราะห์น้อย และของหลุมอุกกาบาตทั้งบนดวงจันทร์และดาวอังคาร กับชื่อเหรียญรางวัลของสมาคม Royal Society

ในปี 2006 ที่บ้านหลังหนึ่งในมณฑล Hampshire ของอังกฤษ ได้มีการพบหนังสือที่เขียนด้วยลายมือของ Robert Hooke โดยไม่มีใครตระหนักรู้มาก่อน ว่า Hooke ได้บรรยายความคิดและเหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ไว้มากมาย

ตลอดชีวิต Hooke เขาตีพิมพ์ผลงานที่ยิ่งใหญ่เพียงเรื่องเดียว คือ Micrographia และได้เขียนบทความสั้น ๆ อีกหลายเรื่อง แต่เมื่อ Hooke ได้จากโลกไปแล้ว บรรดาคนที่ชื่นชม Hooke ได้นำสมุดบันทึกที่มีข้อมูลสำคัญออกมาเผยแพร่ให้โลกเข้าใจอัจฉริยะบุคคลผู้นี้ว่านอกจากจะเป็นศัตรูคู่แค้นของ Newton แล้ว Hooke ยังดำรงตำแหน่งเลขานุการของ Royal Society เป็นภัณฑารักษ์ของสมาคม และมีตำแหน่งเป็น Cutlerian Lecturer ของสมาคม Royal Society ด้วย

เอกสารที่พบใหม่นี้มีการกล่าวถึงช่วงเวลาที่ Hooke เป็นเลขานุการของ Royal Society ตั้งแต่ปี 1677 ถึง 1682 โดยได้ระบุว่าในเดือนพฤศจิกายน ปี 1677 Hooke ได้ยืนยันว่า จุลินทรีย์ที่ Antoni van Leeuwenhoek เห็นนั้นมีจริง Hooke ยังได้บันทึกอีกว่าได้เกิดวิกฤตการณ์ครั้งใหญ่ในประวัติสมาคม Royal Society เมื่อ Robert Boyle ปฏิเสธที่จะเป็นนายกของสมาคมในปี 1680

ในเอกสารนั้น Hooke ได้บันทึกการเผชิญหน้าระหว่างตนกับ Newton ในประเด็นการอธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ด้วย โดย Hooke ได้เสนอว่าวิถีโคจรของดาวเคราะห์ทุกดวงสามารถอธิบายได้ด้วยการพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวเส้นสัมผัสกับแนวรัศมีของวงโคจร (Newton ก็ใช้แนวคิดนี้ในการเขียนตำรา Principia) Hooke

ยังบอกอีกด้วยว่า ในการเดินทางไปพบ Newton ครั้งนั้น ทางสมาคม Royal Society ได้ขอร้องให้ Hooke ไป

ต่อจากนั้น เนื้อหาในหนังสือก็เป็นไปในทำนองน้อยเนื้อต่ำใจที่บรรดาสมาชิกของสมาคมคนอื่น ๆ ดูแคลน และดูถูก Hooke ทั้ง ๆ ที่ความคิดของ Hooke หลายเรื่องถูกต้อง เช่น เมื่อ Henry Oldenburg กล่าวสนับสนุน Christiaan Huygens ว่าสามารถประดิษฐ์นาฬิกาสปริงได้ทั้ง ๆ ที่ Huygens ได้ “ขโมย” ความคิดของ Hooke ไป การลำเอียงทางวิชาการเช่นนี้ ได้ทำให้มิตรภาพระหว่าง Oldenburg กับ Hooke ขาดสะบัน

หนังสือที่มีค่าควรเมืองเล่มนี้ได้ทำให้ทุกคนเห็นภาพการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในยุคนั้น ซึ่งเป็นยุคที่วิทยาศาสตร์เพิ่งถือกำเนิด ดังนั้นทางสมาคม Royal Society จึงได้ลงทุนซื้อหนังสือเล่มนั้นเพื่อเก็บไว้เป็นมรดกแห่งชาติ (และโลก)

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Chapman, Alan (1996). "England's Leonardo: Robert Hooke (1635–1703) and the art of experiment in Restoration England". Proceedings of the Royal Institution of Great Britain. 67: 239–275. Archived from the original on 6 March 2011.

2. Jardine, Lisa (2003). The curious life of Robert Hooke : the man who measured London. London: HarperCollins. ISBN 9780007151752. OCLC 971407774

Christiaan Huygens (คริสเตียน ฮอยเกนส์)

นักฟิสิกส์ชาวดัตช์ผู้ยิ่งใหญ่ ที่เป็นรองก็แต่ Newton

Christiaan Huygens ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในเนเธอร์แลนด์ นามสกุลฮอยเกนส์ (Huygens) เป็นนามสกุล “โหล” เพราะใคร ๆ ก็ใช้นามสกุลนี้ เหมือนนามสกุล Kim ในเกาหลี และ Lee ในจีน แต่ถ้าใครหมายถึง Huygens ที่เป็นนักฟิสิกส์ ทุกคนจะรู้จัก Christiaan Huygens ซึ่งเป็นทั้งนักดาราศาสตร์ นักฟิสิกส์ นักคณิตศาสตร์ นักเทคโนโลยี ฯลฯ จนได้รับการยกย่องว่าเป็นอัจฉริยะฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่แห่งคริสต์ศตวรรษที่ 17 ซึ่งเป็นรองก็แต่ Isaac Newton

Huygens เกิดเมื่อวันที่ 14 เมษายน ปี 1629 ที่กรุง Hague ในเนเธอร์แลนด์ บิดาเป็นข้าราชการชั้นสูง ผู้เคยดำรงตำแหน่งสำคัญ เช่น เอกอัครราชทูตและองคมนตรี อีกทั้งเป็นคนที่มีความสามารถทางศิลปะเป็นกวีและคีตศิลปิน ผู้เคยเล่นพิณน้ำเต้าถวาย

สมเด็จพระเจ้า James ที่ 1 บ่อย การมีฐานะร่ำรวยด้วยได้ทำให้บิดามีเพื่อนที่เป็นอัจฉริยะหลายคน เช่น จิตรกร Peter Paul Rubens, Rembrandt van Rijin. Frans Hals ซึ่งเป็นจิตรกรคนสำคัญระดับโลก สำหรับเพื่อนบ้านที่เป็นนักปรัชญาก็มี เช่น Barouch Spinoza และนักคณิตศาสตร์ ได้แก่ Pere Mersenne กับ Rene Descartes ซึ่งได้แวะมาเยี่ยมเยือนบิดาของ Huygens บ่อย

ดังนั้นเด็กชาย Huygens จึงเติบโตในบรรยากาศที่มีบรรยากาศวิชาการ นี่จึงเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญจาก Newton ซึ่งเติบใหญ่ในบรรยากาศที่ขาดแคลนปัจจัยแทบทุกอย่าง เช่น กำพร้าพ่อตั้งแต่ยังไม่เกิด และแม่ก็แต่งงานใหม่ Newton จึงได้รับการศึกษาน้อย

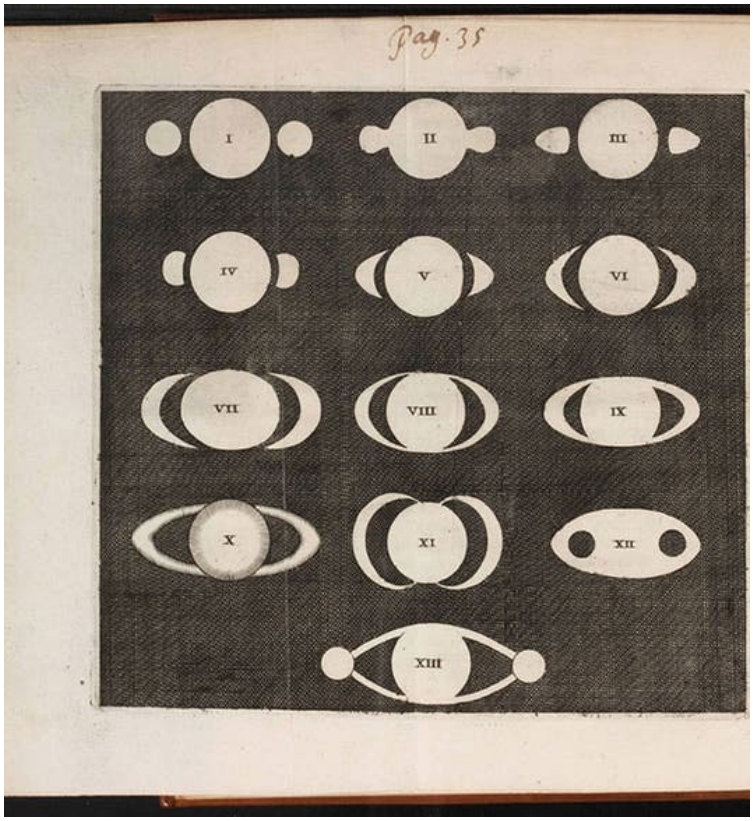
เมื่ออายุ 8 ขวบ Huygens ได้กำพร้ามารดา และเริ่มฉายแสงแห่งความสามารถทางคณิตศาสตร์ จนบิดาตั้งชื่อเล่นว่า “อาร์คิมีดิสของพ่อ” และได้จ้างครูมาสอนเทคนิคการร้องเพลง แต่งกาพย์กลอน และเล่นดนตรีให้ด้วย เพราะต้องการให้ลูกชายเจริญรอยตามด้วยการเป็นนักการทูต แต่ Huygens กลับชอบประดิษฐ์ของเล่น และสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มากกว่า

จนกระทั่งอายุ 16 ปี บิดาได้ส่ง Huygens ไปเรียนกฎหมาย และคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Leiden แต่หลังจากที่ Huygens ได้อ่านตำรา ชื่อ Principia Philosophiae ของ Descartes ซึ่งได้เขียนไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงทุกรูปแบบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ สามารถอธิบายได้ด้วยกลศาสตร์ Huygens จึงรู้สึกศรัทธา ชื่นชม และเชื่อมั่นในความคิดของ Descartes มาก

อีกสองปีต่อมา Huygens ได้ไปเรียนวิทยาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Copenhagen ในเดนมาร์ก การรู้วิทยาศาสตร์มากขึ้น ทำให้ Huygens ตัดสินใจแน่วแน่ว่าจะเป็น

นักวิทยาศาสตร์ตามที่ใจต้องการ มิใช่เป็นนักกฎหมายตามที่บิดาปรารถนา ดังนั้นเมื่อกลับถึงบ้านจึงได้เริ่มศึกษาดาราศาสตร์ทันที เพราะเมื่อ 50 ปีก่อนนั้น Hans Lippershey ได้ประดิษฐ์กล้องส่องทางไกลนั้นขึ้นเป็นครั้งแรก และ Galieo Gallei ได้ดัดแปลงกล้องส่องทางไกลเป็นกล้องโทรทรรศน์ ทำให้สามารถปฏิรูปวิทยาการดาราศาสตร์ได้อย่างมโหฬาร Huygens จึงต้องการจะสร้างกล้องโทรทรรศน์ของตนเองบ้าง และได้พยายามฝึกการฝนเลนส์ด้วยตนเอง ตามกระแสนิยมของผู้คนในยุคนั้น เพื่อสร้างกล้องโทรทรรศน์สำหรับใช้ดูดาวบนฟ้าให้ชัด ในที่สุดก็ประสบความสำเร็จในการสร้างกล้องโทรทรรศน์ที่มีอำนาจในการแยกภาพได้ดี จนสามารถเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ของดาวเคราะห์ที่อยู่ใกล้โลก ได้ดีกว่ากล้องโทรทรรศน์ของนักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ ในเวลานั้น

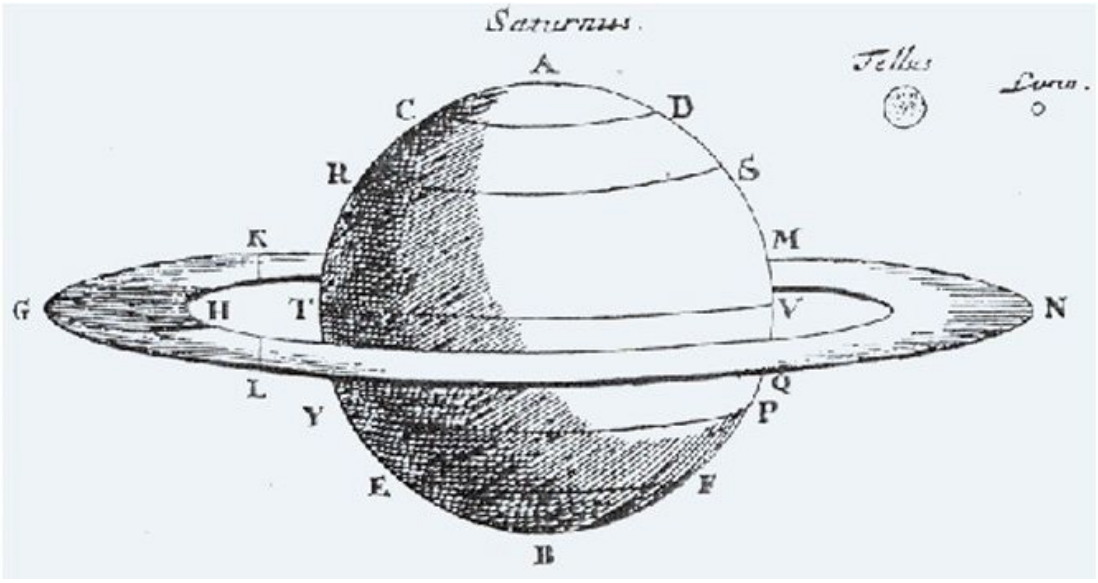
เมื่ออายุ 30 ปี Huygens ได้เป็นนักดาราศาสตร์คนแรกของโลกที่เห็น Titan ซึ่งเป็นดวงจันทร์บริวารที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของดาวเสาร์ และยังได้พบว่า ดาวเสาร์ที่ Galileo เคยเห็นว่ามีลักษณะไม่กลมเหมือนดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ และการมีรูปร่างไม่เหมือนเดิมของดาวเสาร์ขึ้นกับวันเวลาที่ถูกสังเกต เช่น บางครั้งมีดาวขนาดเล็กสองดวงโคจรอยู่ข้างๆ เสมือนว่า ดาวเสาร์มี “หู” แต่ในบางวันหูทั้งสองข้างก็หายไป เสมือนว่าดาวเสาร์ได้ “กลืนกิน” ดาวบริวารทั้งสองดวง ซึ่งก็ตรงตามเรื่องในเทพนิยายที่ Cronus ซึ่งเป็นเทพเจ้าประจำดาวเสาร์ กินลูกของตนเอง



ภาพรูปลักษณ์ต่าง ๆ ของดาวเสาร์ ที่นักดาราศาสตร์ยุคก่อน Huygens เห็น

ภาพจาก www.lindahall.org

ในที่สุดกล้องโทรทรรศน์ที่ Huygens สร้าง ก็ได้ช่วยให้เขารู้ว่า โดยแท้จริงแล้ว ดาวเสาร์มีวงแหวนล้อมรอบ และการที่เราเห็นดาวเสาร์มีรูปร่างแปลก ๆ เพราะระนาบของวงแหวนเอียงทำมุมต่าง ๆ กับระดับสายตาคนดู เช่น ถ้าระนาบวงแหวนอยู่ในแนวเดียวกับระดับสายตา วงแหวนก็จะหายไป แล้ว Huygens ก็ได้เขียนบันทึกเกี่ยวกับการค้นพบนี้ในรูปของ Anagram (คือ คำที่เกิดจากการสลับอักษรจนใครก็อ่านไม่เข้าใจ) ทั้งนี้เพราะ Huygens ไม่ต้องการให้ใครร่วมรู้เรื่องที่ตนพบ

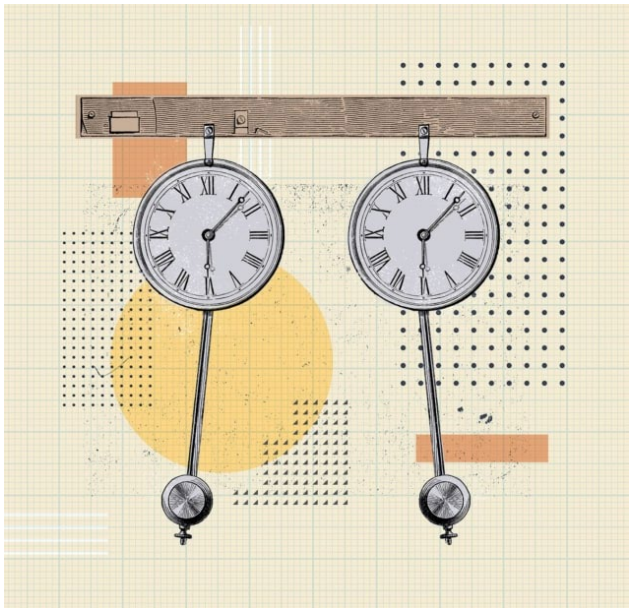


Huygens เป็นบุคคลแรกที่เห็นวงแหวนรอบดาวเสาร์

ภาพจาก www.ancientpages.com

อีก 3 ปีต่อมา Huygens ได้เห็น เนบูลานายพราน (Orion nebula) และดาวฤกษ์ใหม่ 3 ดวง อยู่ในกลุ่มดาวนายพราน ปัจจุบันดาวนั้นมีชื่อว่า Anitak, Alniham กับ Mintaka และยังได้สเก็ตช์ภาพผิวของดาวอังคารอย่างหยาบ ๆ รวมถึงได้วัดรัศมี และวัดเวลาที่ดาวอังคารใช้ในการหมุนรอบตัวเองด้วย

ในปี 1661 Huygens ได้เดินทางไปลอนดอนเพื่อสนทนากับบรรดานักวิทยาศาสตร์ อังกฤษที่มีชื่อเสียง เช่น Robert Boyle, Robert Hooke และรู้สึกประทับใจในผลงานของ Boyle ที่ใช้ปั๊มสุญญากาศจนพบกฎของ Boyle รวมถึงได้ชื่นชมนาฬิกาของ Hooke ที่ทำงานด้วยสปริง



นาฬิกา pendulum คู่ ที่ Huygens ได้พบว่า การแกว่งของลูกตุ้มหนึ่ง
จะเหนี่ยวนำให้อีกลูกตุ้มหนึ่งแกว่งด้วย ภาพจาก Frederique Swist/IOP Publishing

แต่ Huygens ได้พบว่านาฬิกาเครื่องนั้นก็ยังเดินไม่เที่ยงตรง จึงสนใจจะสร้างนาฬิกาที่เดินได้เที่ยงตรงกว่า สำหรับนาฬิกาลูกตุ้ม (pendulum) ที่นิยมใช้กันในเวลานั้น ก็เดินได้ไม่เที่ยงตรงเช่นกัน เพราะลูกตุ้มมีรัศมี จึงมิได้เป็นอนุภาค ดังนั้น เวลาคำนวณคาบการแกว่ง จึงต้องคำนึงถึงรูปทรงของลูกตุ้มด้วย ด้านเชือกที่ใช้แขวนลูกตุ้มก็มีสมบัติยืดหยุ่น คือหดเข้า และยืดออกได้ ทำให้ความยาวของเพนดูลัมเวลาแกว่งไปมามีค่าไม่คงตัว ด้านอากาศซึ่งเป็นตัวกลางให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ผ่านไปมาก็มีความหนืด (คือมีแรงต้าน) และอุณหภูมิของอากาศที่อยู่แวดล้อมก็อาจจะไม่คงตัว สาเหตุเหล่านี้ล้วนทำให้นาฬิกาแต่ละเรือนเดินไม่ตรงกัน คนออกแบบนาฬิกาในสมัยนั้นจึงกำหนดให้มีเข็มเพียงเข็มเดียวบนหน้าปัด เพื่อบอกชั่วโมงหลังจากนั้น Huygens ได้ดัดแปลงสปริงของ Hooke เป็นแบบสปริงเกลียว ทำให้นาฬิกาที่ตนสร้างสามารถเดินได้เที่ยงตรงยิ่งขึ้นจนสามารถใช้หาตำแหน่งของเมืองต่าง ๆ บนเส้นแวงได้ด้วยการให้เรือเดินทะเลนำนาฬิกาที่ Huygens สร้างไปติดตั้งบนเรือเวลาเดินทางไกล นาฬิกาของ Huygens จึงมีส่วนช่วยในการเปิดยุคการสำรวจโลกและยุคล่าอาณานิคม

Huygens ได้ออกแบบนาฬิกา ที่สามารถเดินได้เที่ยงตรงบนเรือในมหาสมุทร

ภาพจาก iStock/hitforsa

เมื่อมีชื่อเสียงโด่งดังในปี 1664 สมเด็จพระเจ้า Louis ที่ 14 ทรงเชิญ Huygens ให้เป็นสมาชิกของสถาบัน Academie des Sciences ที่ปารีส โดยให้เป็นหัวหน้ากลุ่มวิทยาศาสตร์ ขณะดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์แห่งราชสำนัก Huygens ได้พบกฎทรงโมเมนตัมที่มีใจความว่า ในการชนกันระหว่างอนุภาคสองอนุภาค โมเมนต้มเชิงเส้นของอนุภาคทั้งสองจะไม่เปลี่ยนแปลง คือ หมายความว่า โมเมนต้มเชิงเส้นของระบบทั้งหมดก่อนการชนกับโมเมนตัมเชิงเส้นหลังการชนจะต้องมีค่าเท่ากันเสมอ.

นอกจากจะพบองค์ความรู้นี้แล้ว Huygens ยังได้พบอีกว่า เวลาอนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลม ทิศการเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้น อนุภาคจะมีความเร่ง และความเร่งนี้นอกจากจะมีทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลางของวงกลมแล้ว ยังมีค่าเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ v^2/r เมื่อ v คืออัตราเร็วของอนุภาค และ r คือ รัศมีของวงกลมการค้นพบนี้ได้ช่วยเสริมความถูกต้องของกฎแรงโน้มถ่วงของ Newton ซึ่งแถลงว่า แรงดึงดูดระหว่างมวลสองก้อนเป็นปฏิภาคผกผันกับระยะทางระหว่างอนุภาค ยกกำลังสอง และเป็นปฏิภาคตรงกับผลคูณระหว่างมวลทั้งสองนั้น

ในปี 1672 ที่กองทัพฝรั่งเศสบุกเนเธอร์แลนด์ Huygens ซึ่งเป็นชาวเนเธอร์แลนด์และกำลังผู้ทำงานถวายสมเด็จพระเจ้า Louis ที่ 14 จึงตกที่นั่งลำบาก แต่ก็ยังทำงานวิชาการต่อไป โดยได้สร้างนาฬิกาเรือนใหม่ที่ทำงานเที่ยงตรงมาก ถวายแด่สมเด็จพระเจ้า Louis ที่ 14

เมื่ออายุ 56 ปี Huygens ต้องเดินทางกลับเนเธอร์แลนด์ เพราะสุขภาพเริ่มไม่ดี คือปวดศีรษะบ่อยและทุกครั้งที่ล้มป่วย ความสามารถในการทำงานวิทยาศาสตร์จะลดลง นอกจากนี้ก็ยังป่วยเป็นโรคซึมเศร้าด้วย แต่เมื่อหายป่วยดีและสุขภาพดีขึ้นมาก Huygens ก็ได้พยายามสร้างกล้องจุลทรรศน์ขนาดใหญ่ จึงได้ออกแบบเลนส์ใกล้ตา (eyepiece) ที่ช่วยในการมองเลนส์นี้จึงมีชื่อว่า Huygens eyepiece

อีกสามปีต่อมา Huygens ได้เสนอผลงานที่สำคัญยิ่งใหญ่ที่สุดในชีวิต นั่นคือทฤษฎีฟิสิกส์ที่ว่า แสงเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปใน ether ในทำนองคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ในอากาศ และคลื่นน้ำที่เคลื่อนที่ในน้ำ ทฤษฎีคลื่นของ Huygens ไม่ได้รับการสนับสนุนจากนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ เพราะขัดแย้งกับทฤษฎีแสงของ Newton ที่แถลงว่า แสงเป็นอนุภาค เมื่อนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยอมรับและนับถือ Newton มาก ผู้คนจึงคิดว่าใครก็ตามที่มีความเห็นขัดแย้งกับ Newton ย่อมเป็นฝ่ายผิดเสมอ

เมื่ออายุ 64 ปี Huygens ได้พบกับ Isaac Newton และ Edmond Halley ที่ลอนดอน ซึ่งเป็นเวลาหลังจากที่ตำรา The Principia ของ Newton ได้ปรากฏในบรรณโลกแล้ว แต่ประวัติศาสตร์โลกไม่ได้มีบันทึกว่า คนทั้งสองได้สนทนาเรื่องอะไรกันบ้าง

หลังจากที่กลับถึงบ้านเกิด Huygens ได้ย้ายไปพำนักที่บ้านในชนบทของบิดา แต่ก็ยังทำงานวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยได้ตีพิมพ์ทฤษฎีแสงเรื่องการส่องสว่าง (Traite de La Lumiere) และได้เสนอสมการเส้นโค้ง catenary ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่มีลักษณะเหมือนเชือก

ที่มีปลายทั้งสองข้างถูกตรึง และเชือกทอดตัวอย่างอิสระ Huygens มีเพื่อนสนิทชื่อ Gottfriel Wilhelm Leibniz ซึ่งเป็นคนหนึ่งที่ให้กำเนิดวิชาแคลคูลัส ทั้งสองใกล้ชิดและสนิทสนมกันมาก ก็คงเป็นเพราะมี “ศัตรู” ร่วมกัน คือ Newton นั่นเอง

ในปี 1695 Huygens ได้เสียชีวิตลงอย่างสงบด้วยโรคหัวใจล้มเหลว ตำรา Cosmotheoros ของ Huygens ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่หลังจากที่ Huygens เสียชีวิต ตำรานี้ได้กล่าวถึงโครงสร้างของเอกภพ และความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์ต่าง ๆ

ขณะมีชีวิตอยู่ Huygens ได้รับเกียรติยศมากมายเช่น ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ Royal Society ของอังกฤษ (F.R.S.) ขณะมีอายุเพียง 34 ปี

ภูเขาลูกหนึ่งบนดวงจันทร์มีชื่อว่า Mons Huygens หลุมอุกกาบาตหลุมหนึ่งบนดาวอังคารมีชื่อ Crater Huygens และที่ปารีสมีถนนชื่อ Rue Huygens

ในปี 2004 ซึ่งเป็นวาระครบ 375 ปี แห่งชาตกาลของ Huygens องค์การ NASA ได้ส่งยานอวกาศ Cassini ไปสำรวจดาวเสาร์และเหล่าดวงจันทร์บริวาร เมื่อยานเดินทางผ่านดวงจันทร์ Titan ยานได้ปล่อยยานลูกชื่อ Huygens ลงสำรวจดวงจันทร์ Titan

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Aldersey-Williams, H. (2020). Dutch Light: Christiaan Huygens and the Making of Science in Europe. Pan Macmillan. ISBN 978-1-5098-9332-4. Archived from the original on 28 August 2021. Retrieved 28 August 2021.

2. Gijsbers, V. (2003). "Christiaan Huygens and the scientific revolution". Titan - from Discovery to Encounter. 1278. ESA Publications

Division: 171–178. Bibcode:2004ESASP1278..171C. Archived from the original on 12 August 2021. Retrieved 12 August 2021.

Johannes Kepler (โยฮันเนส เคปเลอร์)

นักดาราศาสตร์ผู้ยกโลกด้วยปากกา

Johannes Kepler ภาพจาก nmspacemuseum.org

ยุโรปในคริสต์ศตวรรษที่ 15 เป็นยุคมืดที่ผู้คนหลงเชื่ออย่างผิด ๆ ในเรื่องโง่งมงายมากมายหลายเรื่อง เช่น สตรีที่หมดประจำเดือน เพราะไม่สามารถเป็นแม่ได้อีก ดังนั้นฐานะทางสังคมของเธอจะตกในทันที และจะเป็นบุคคลขั้นต่ำ การตีระฆังแขวนในโบสถ์เป็นเรื่องดี เพราะเสียงระฆังสามารถขับไล่ภูตผีปีศาจ รวมถึงโรคระบาด และวิญญาณชั่วร้ายให้ออกจากหมู่บ้านได้ ดังนั้นชาวบ้านจึงมีประเพณีตีระฆังในงานศพ เพื่อขับไล่วิญญาณของผู้ตายไม่ให้มารบกวน

แม่มดเป็นบุคคลที่ชาวบ้านเชื่อว่ามักกลัวเสียงระฆังจนลนลาน ดังนั้น จึงมักถูกกล่าวหาว่าชอบขโมยระฆังจากโบสถ์ไปทิ้งแม่น้ำในเวลากลางคืน และระฆังนั้นจะส่งเสียง

ดังทุกครั้งที่มีพายุรุนแรง เมื่อถึงคริสต์ศตวรรษที่ 16 แม่มดมักถูกกล่าวหาว่าใช้สายตาที่แหลมคมเหมือนเหยี่ยวปองร้ายและสาปแช่งชาวบ้าน ความเชื่อเช่นนี้จึงทำให้แม่มดถูกสังคมรังเกียจ และมักถูกนำตัวไปเผาทั้งเป็น หลังจากที่คนหลายคนถูกหล่อนจ้องเหมือนจะกินเลือดกินเนื้อ ซึ่งการจ้องมองได้ทำให้ชาวบ้านตกใจกลัวว่าตนจะเป็นอันตรายเพราะถูกเธออาฆาต และเวลาแม่มดถูกนำตัวขึ้นศาล คนคุมจะให้เธอเดินหันหลังเข้าศาลเพื่อไม่ให้เธอจ้องหน้าผู้พิพากษาที่จะตัดสินลงโทษเธอ และในการลงโทษนั้นนิยมใช้การเผาทั้งเป็น เพื่อให้ร่างกายและดวงวิญญาณถูกทำลายจนหมดไปอย่างสมบูรณ์ และเธอจะไม่ได้กลับมารังควาญชาวบ้านอีก

ที่เมือง Leonberg ในแคว้น Wurttemberg ของเยอรมนี ในต้นคริสต์ศตวรรษที่ 16 มีสตรีคนหนึ่งชื่อ Katharina Kepler เธอเป็นคนร่างเล็ก ผอม และเป็นเจ้าของที่ดินที่เธอใช้ทำมาหาเลี้ยงครอบครัวด้วยการทำไร่สมุนไพรอยู่ข้างหลังปราสาท Leonberg ของดัชเชส Sibylle ซึ่งได้มอบให้ Katharina เป็นเจ้าของ ดัชเชสจึงดูเป็นคนที่มีน้ำใจดีงาม คือ มีความเมตตาต่อผู้ยากไร้ ในขณะที่ Katharina มีแต่ความทุกข์ เพราะเธอถูกสามีทิ้ง และลูก ๆ หลายคนเสียชีวิต เธอจึงมีอารมณ์ร้าย ที่ชอบทะเลาะวิวาทกับเพื่อนบ้าน แต่ก็ทำงานหาเงินโดยการขายสมุนไพรที่ปลูกเป็นยารักษาโรค เพื่อนบ้านคนหนึ่งได้กล่าวหาว่า หลังจากที่ได้กินสมุนไพรแล้ว มีอาการไข้สูงและไม่สบายหนัก เมื่อข้อกล่าวหาได้รับการยืนยันจากชาวบ้านอีกหลายคน ที่ปักใจรุมปรักปรำ Katharina ว่า เธอคือ แม่มดที่สมควรตาย

แต่ Katharina มีความพิเศษที่แตกต่างจากผู้หญิงคนอื่น ๆ ที่ถูกกล่าวหา คือ เธอมีลูกชายที่มีชื่อเสียงโด่งดังมากในฐานะที่เป็นผู้รอบรู้ศิลปวิทยา และเป็นนักดาราศาสตร์ผู้พบกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

ในการช่วยมารดาให้รอดพ้นจากความตายในครั้งนั้น Kepler ได้ใช้หลักฐานเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ พร้อมพยานหลายคน จนประสบความสำเร็จ

ภาพหอสังเกตการณ์ของ Tycho Brahe ที่ให้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ต่าง ๆ แก่ Kepler

ภาพจาก Linda Hall Library

Johannes Kepler เป็นบุคคลสำคัญคนหนึ่งของโลกที่มีชีวิตอยู่ในช่วงโลกที่เริ่มมีการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ แม้ชื่อเสียงจะไม่โด่งดังเท่า Galileo Galilei และ Isaac Newton แต่ Kepler ก็มีผลงานยิ่งใหญ่มากมาย เช่น เขียนตำรา Astronomiae Pars Optica เกี่ยวกับทัศนศาสตร์และดาราศาสตร์ หนังสือเล่มนี้มีกฎกำลังสองผกผัน ที่มีใจความว่าความเข้มของแสง ณ จุด ๆ หนึ่งจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางที่จุดนั้นอยู่ห่างจากต้นกำเนิดแสง และกฎนี้เป็นกฎสำคัญที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการวัดระยะทางที่บรรดาดาวฤกษ์และกาแล็กซีต่าง ๆ อยู่ห่างจากโลก นอกจากนี้ก็ยังเขียนตำราผลิกวิทยาเล่มแรกของโลกชื่อ De nive sexangula ซึ่งกล่าวถึงผลึกเกล็ดหิมะว่าเป็นรูปหกแฉก และยังได้พัฒนากล้องโทรทรรศน์ของ Galileo ให้สามารถเห็นท้องฟ้าได้กว้างขึ้น แต่ผลงานที่สำคัญและยิ่งใหญ่ที่สุดคือ การพบกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์

ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ หลังจากที่ Kepler ได้รับข้อมูลเป็นเอกสารนับพันหน้า จากนักดาราศาสตร์ Tycho Brahe ผู้ได้วัดการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ทุกดวงด้วยตาเปล่า (ในสมัยนั้นยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์ใช้) Kepler ได้ประสบความสำเร็จในการสังเคราะห์ข้อมูล แล้วแถลงเป็นกฎ 3 ข้อ ความสำเร็จนี้ได้นำฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ดาราศาสตร์เป็นครั้งแรก ว่าดาวเคราะห์ เคลื่อนที่อย่างมีกฎเกณฑ์ และกฎของ Kepler ก็ได้เปิดประตูให้ Newton ได้พบแรงโน้มถ่วงในเวลาต่อมา

อนุสาวรีย์ของ Tycho Brahe กับ Kepler ที่กรุง Prague สาธารณรัฐเช็ก

ภาพจาก วิกิพีเดีย

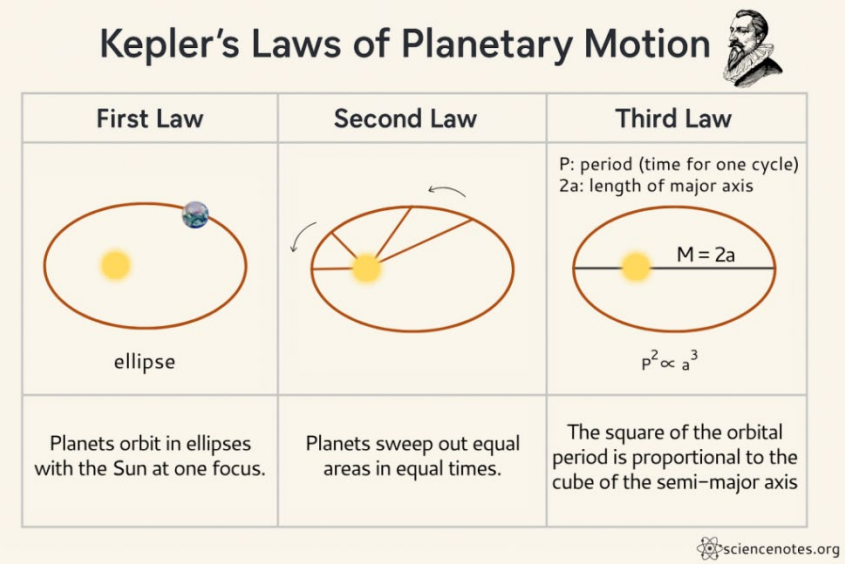
Kepler เกิดเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม ปี 1571 หลังจากที่ Copernicus เสียชีวิต 28 ปี และก่อน Galileo เกิด 7 ปี ที่เมือง Weil der Stadt ซึ่งตั้งอยู่ใกล้ป่า Black Forest ในเยอรมนีตอนใต้ เป็นลูกคนโตของครอบครัวที่มีน้อง 3 คน แต่น้อง ๆ ได้เสียชีวิต บิดาเป็นทหารที่ได้ทิ้งครอบครัวไป ตั้งแต่ Kepler มีอายุ 17 ปี

Kepler ในวัย 6 ขวบ เมื่อดาวหาง Great Comet ปรากฏ ปรากฏการณ์นี้ได้ทำให้ Kepler สนใจดาราศาสตร์ ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในวัยเด็ก Kepler ป่วยเป็นโรคฝีดาษทำให้ตาข้างหนึ่งเห็นอะไรไม่ชัด จึงตัดสินใจไม่เป็นนักดาราศาสตร์ที่ต้องถนัดการดูดาว แต่เป็นนักทฤษฎีดาราศาสตร์แทน เพราะชอบคณิตศาสตร์ ในวัยหนุ่มได้งานเป็นครูสอนคณิตศาสตร์ที่เมือง Graz ในออสเตรีย

Kepler เป็นคนฝักใฝ่และสนใจในความลึกลับของคณิตศาสตร์มาก ได้เคยพยายามแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงตันทั้ง 5 ของ Plato คือ cube (ลูกบาศก์) tetrahedron (ทรง 4 หน้า) octahedron (ทรงแปดหน้า) dodecahedron (ทรง 12 หน้า) และ icosahedrons (ทรง 20 หน้า) ให้สอดคล้องกับวงโคจรของดาวเคราะห์ต่าง ๆ และได้พบว่ารูปทรงเหล่านี้สามารถบรรจุลงในที่ว่างระหว่างวงโคจรของดาวเคราะห์ได้ จึงรู้สึกยินดีมาก และได้เรียบเรียงตำราชื่อ Cosmographicum Mysterium โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวกับการค้นพบนี้ จากนั้นได้จัดส่งหนังสือไปให้ Tycho Brahe อ่าน ซึ่งในเวลานั้นเป็นนักดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงโด่งดังที่สุด ซึ่งก็รู้สึกประทับใจมาก หลังจากที่ Brahe ได้ทำงานด้านดาราศาสตร์มา 20 ปี และมีข้อมูลการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ที่เป็นตัวเลขมากมาย แต่ไม่สามารถสรุปข้อมูลออกมาเป็นกฎได้ การเห็นความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของ Kepler ที่ปรากฏในหนังสือทำให้ Brahe เขียนจดหมายเชิญ

Kepler มาทำงานด้วย และตั้งใจว่าจะมอบเอกสารเกี่ยวกับตำแหน่งของดาวอังคารที่มี 900 หน้าให้ Kepler จัดการประมวล ซึ่ง Kepler ก็สัญญาว่าจะสรุปผลให้ได้ภายในเวลา 8 วัน แต่ปรากฏว่า ต้องใช้เวลานานถึง 8 ปี ทั้งนี้เพราะ Brahe หวงความรู้จึง ทะยอยให้ข้อมูล Kepler ทีละน้อย และเมื่อ Kepler ได้พบว่าข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างจากผลคำนวณ (คือข้อมูลของ Brahe กับทฤษฎีของ Kepler ไม่สอดคล้องกัน) Kepler ก็ยังเชื่อมั่นว่า ผลงานของ Brahe คลาดเคลื่อน และทฤษฎีของตนถูกต้องสมบูรณ์ การถูก “ลบหลู่” เช่นนี้ทำให้ Brahe รู้สึกไม่พอใจ และไม่ชอบนิสัยลูกจ้างคนนี้นัก



กฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ทั้งสามข้อของ Kepler

ภาพจาก sciencenotes.org

ในที่สุด Kepler ก็ประสบความสำเร็จและได้แถลงกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ว่า ดาวเคราะห์ทุกดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี มิใช่วงกลม เส้นตรงที่ลากจากดวงอาทิตย์ไปยังดาวเคราะห์ เมื่อเวลาผ่านไป เส้นตรงจะกวาดพื้นที่ทำให้เกิดสามเหลี่ยมฐานโค้งที่มีพื้นที่เท่ากัน ภายในเวลาที่เท่ากัน นั่นคือ ดาวเคราะห์ทุกดวงมิได้มีความเร็วคงตัว ดังที่ Copernicus คิด และเวลาอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์จะมีความเร็วมาก แต่เวลาอยู่ไกล มันจะมีความเร็วน้อย ส่วนกฎที่สามนั้นมีใจความว่า กำลัง

สองของเวลาที่ดาวเคราะห์ใช้ในการเคลื่อนที่ครบวงโคจรเป็นปฏิภาคโดยตรงกับกำลังสามของครึ่งหนึ่งของความยาวแกนหลักของวงโคจร Kepler ได้พบกฎข้อที่สามนี้ในปี 1618 ขณะเรียบเรียงตำรา The Harmony of the World และ Kepler กล่าวว่า มันเป็นกฎที่ Kepler รู้สึกภูมิใจมากที่สุด

ในปี 1627 Kepler ได้เขียนตำรา The Rudolphine Table เพื่อถวายแด่จักรพรรดิ Rudolph ที่ 2 นี่เป็นตารางที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลของ Brahe กับกฎทั้งสามของ Kepler ให้นักดาราศาสตร์ใช้ในการสังเกต และทำนายเหตุการณ์ต่างๆ ในท้องฟ้า ตารางได้ทำนายเวลาที่ดวงอาทิตย์จะถูกดาวพุธ และดาวศุกร์โคจรตัดหน้าในปี 1631 กับ 1639 ตามลำดับ ด้านนักดาราศาสตร์ก็ได้พบว่าคำพยากรณ์เหล่านี้เป็นจริง การยอมรับในความเป็นอัจฉริยะของ Kepler จึงเกิดขึ้นตั้งแต่นั้นมา

ในช่วงเวลาที่มารดาถูกกล่าวหาว่าเป็นแม่มด แม้ Kepler จะมีความสุขจากการพบกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ แต่จิตใจก็ถูกกระทบกระเทือนมาก เพราะเวลาไปสมัครงานที่มหาวิทยาลัย Tubingen ในเยอรมนี บรรดาอาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้ออกมาต่อต้านว่า มหาวิทยาลัยไม่สมควรรับคนที่มีแม่เป็นแม่มด ประจวบกับในช่วงเวลานั้นยุโรปกำลังมีสงครามศาสนาระหว่างกลุ่ม Catholic กับกลุ่ม Protestant สงครามที่ได้ดำเนินมาตั้งแต่ปี 1618-1648 เป็นเวลา 30 ปี ได้ทำให้มีผู้เสียชีวิตนับล้านคน เมื่อสงครามยุติ อาณาจักรโรมันก็เริ่มสลาย โดยได้แตกแยกเป็นหลายชาติ Kepler เป็นคริสต์ศาสนิกชนนิกาย Lutheran ที่เคร่งศาสนามาก จึงถูกขับออกจากตำแหน่งอาจารย์ เพราะเป็นคนไม่ฝักใฝ่ฝ่ายใด และไม่มีเงิน จึงต้องพยายามหารายได้เสริมด้วยการเป็นโหรให้เศรษฐี และ Kepler รู้ดีว่า เวลาทำนายชะตาชีวิตของใคร จะต้องพูดในทางบวก เพื่อจะได้เงินค่าดูดวง เพราะไม่มีใครชอบจะได้ยินคำพยากรณ์ในทางลบ

การเป็นทั้งโหรเก่ง และเป็นนักดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงทำให้ Kepler ได้งานใหม่เป็นนักคณิตศาสตร์แห่งราชสำนักในจักรพรรดิ Rudolph ที่ 2 และได้ใช้ฐานะที่สูงส่งนี้ช่วยชีวิตมารดา ด้วยการอ้างต่อศาลว่า ในการจะปรักปรำใครเป็นผู้ร้าย ผู้กล่าวหาจำต้องมีพยานมายืนยัน แต่เมื่อพยานหลายคนของฝ่ายโจทก์ให้หลักฐานที่ขัดแย้งกัน ไม่ตรงกัน ดังนั้นข้อกล่าวหาทั้งหลายจึงไม่จริง

ในหนังสือ The Astromer and the Witch: Johannes Kepler's Fight for his Mother ของ Ulinka Rublack ที่จัดพิมพ์โดย Oxford University Press เมื่อปี 2015 Rublack ได้กล่าวถึงเหตุการณ์ทรมานแม่ของ Kepler ให้รับสารภาพว่า ถูกกักขัง และถูกล่ามโซ่ในคุก หนังสือนี้ยังมีข้อกล่าวหา รวมถึงเอกสารที่ใช้ในการต่อสู้ในศาล ไม่ว่าจะเป็นการแก้ต่างทางศาสนา และด้านไสยศาสตร์ก็ได้รับการจดบันทึกหมด ท่ามกลางความมีอคติ และความโง่เขลาของสังคม กับความหนักใจของตนเอง Kepler ยังพยายามสร้างผลงานที่ยิ่งใหญ่ทางดาราศาสตร์ไปในเวลาเดียวกันได้ หนังสือได้ถูกแบ่งออกเป็น 5 บท บทหนึ่งได้กล่าวถึงกฎข้อที่ 3 ของ Kepler โดยเฉพาะ บทอื่น ๆ ได้กล่าวถึงทฤษฎีดนตรี ทฤษฎีโหราศาสตร์ และจิตวิทยา โดยเฉพาะความรู้สึกที่ Kepler มีต่อแม่ว่า เคราะห์กรรมต่าง ๆ เกิดขึ้นจากการกระทำของแม่เอง แต่เวลาอยู่ในศาล Kepler ไม่ได้ปรักปรำแม่ แต่เปลี่ยนวิธีต่อสู้ในศาล โดยอ้างว่า แม่เป็นคนที่มีประสบการณ์ชีวิตมาก และเป็นคนที่ให้ความรู้แก่ชุมชนมาเป็นเวลานาน ในขณะที่ Sybille ซึ่งเป็นดัชเชสก็ทำเช่นเดียวกับแม่ของตน แต่ดัชเชสกลับไม่ถูกกล่าวหาใดๆ การปฏิบัติของสังคมต่อแม่และดัชเชสจึงเป็นการเลือกปฏิบัติ

Katharina ได้รับการตัดสินให้พ้นผิด ด้วยเหตุผลและหลักการวิทยาศาสตร์ที่ลูกชายนำมาใช้ในการต่อสู้

ตลอดชีวิต Kepler ไม่สนใจคำสรรเสริญที่เกี่ยวกับความสำเร็จของตน และเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่สนับสนุนให้นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลร่วมกัน แต่วิถีชีวิตของ Kepler มีอุปสรรคตลอดเวลา เพราะในเวลานั้นเยอรมนีกำลังมีความขัดแย้งทางศาสนา และชีวิตครอบครัวของ Kepler ก็ไม่ปกติราบรื่น จึงต้องเดินทางแสวงหางานทำตลอดเวลา จนล้มป่วยเสียชีวิตเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน ปี 1630

อนุสาวรีย์ของ Kepler ที่เมือง Linz ในออสเตรีย ภาพจาก วิกีเดีย

ทุกวันนี้ไม่มีใครรู้ว่า ศพของ Kepler ถูกฝัง ณ ที่ใด แต่ก่อนตาย Kepler ได้เขียนคำอำลาโลกว่า “จิตใจข้าไปไกลถึงสุดขอบฟ้า แต่ร่างของข้าอยู่ติดดิน”

องค์การ NASA ก็มีกล้องโทรทรรศน์อวกาศ Kepler ที่ถูกส่งขึ้นอวกาศเพื่อค้นหาดาวเคราะห์ที่มีสมบัติกายภาพคล้ายโลก ด้วยการสังเกตดูความเข้มแสงของดาวฤกษ์ที่ลดลง เมื่อดาวฤกษ์ถูกดาวเคราะห์โคจรตัดหน้า โครงการนี้ ได้กำหนดให้กล้องสังเกตดูดาวฤกษ์ประมาณ 1 แสนดวง ด้วยอุปกรณ์ photometer ในแผงรับแสงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.95 เมตร

การที่กล้องมีชื่อนี้ เพราะ Kepler คือบุคคลแรกที่เสนอให้ใช้วิธีสังเกตการโคจรของดาวพุธและดาวศุกร์ผ่านหน้าดวงอาทิตย์เมื่อ 400 ปีก่อนในการค้นหาดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะ

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Goldstein, Bernard; Hon, Giora (2005). "Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept". Perspectives on Science. 13: 74–111. doi:10.1162/1063614053714126. S2CID 57559843

2. Johannes Kepler: His Life, His Laws and Times". NASA. Archived from the original on 24 June 2021. Retrieved 1 September 2023.

Jack Kilby (แจ็ก คิลบี)
Zhores Alferov (โซเรส อัลเฟรอฟ)
Herbert Kroemer (เฮอร์เบิร์ต โครเมอร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2000 จากงานประดิษฐ์วงจรรวม (Integrated Circuit; IC)

Jack St. Clair Kilby, Zhores Alferov และ Herbert Kroemer (ตามลำดับ)

ภาพจาก Library of Congress และ วิกิพีเดีย

ปัจจุบันใคร ๆ ก็มีโทรศัพท์มือถือ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์พกพา ฯลฯ แต่ทุกคนก็ไม่เคยคิดจะแกะว่า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายในทำงานอย่างไร ซึ่งถ้าแกะออกดู ก็จะเห็นสิ่งที่เรียกว่า ชิป (chip) ขนาดเล็กสีดำรูปลักษณ์ต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบของวงจรรวม (Integrated Circuit) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า IC และอุปกรณ์นี้เองที่ได้ทำให้คนทั้งโลกทำงานได้อย่างสะดวก สบายใจ ถูกต้อง และรวดเร็ว

ในสมัยที่ Jack Clair Kilby (1923-2005) ศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าที่มหาวิทยาลัย Illinois ในสหรัฐอเมริกา คอมพิวเตอร์ธรรมดามีขนาดใหญ่เท่าห้อง และต้องใช้พนักงานควบคุมการทำงานของเครื่องจำนวนนับร้อย เมื่อ William Shockley, Walter Braittain และ John Bardeen (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1956) ประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ที่ห้องปฏิบัติการ Bell Laboratory ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้ทำให้หลอดสุญญากาศที่เคยใช้กันมากในคอมพิวเตอร์ต้องสูญพันธ์ Kilby ซึ่งกำลังเรียนเรื่องฟิสิกส์ของหลอดสุญญากาศ

เวลานั้น ไม่ได้ตระหนักแม้แต่น้อยว่า อีกไม่นานเขาจะเป็นผู้ที่ทำให้คนเลิกใช้หลอดสุญญากาศ

หลอดสุญญากาศเป็นหลอดแก้วปลายปิดที่ทั้งสองข้างภายในไม่มีอากาศเลย และที่ปลายทั้งสองข้างของหลอดมีขั้วโลหะ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้า หรืออาจจะเป็นเครื่องขยายสัญญาณ ดังนั้น จึงถูกใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบในการทำงานของวงจรอิเล็กตรอนกลในโทรทัศน์ และวิทยุ Kilby ได้เล่าว่า แรงดลใจที่ทำให้เขาสนใจอิเล็กทรอนิกส์ได้เกิดขึ้นในขณะกำลังเรียนระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียน Great Bend ในรัฐ Kansas ว่าวันหนึ่งมีพายุหิมะพัดเสาไฟฟ้าล้ม ทำให้การโทรศัพท์ทั้งเมืองต้องหยุดชะงัก

บิดาของ Kilby ซึ่งเป็นหัวหน้าของบริษัทไฟฟ้าประจำเมือง จึงจำเป็นต้องหาวิธีติดต่อกับลูกค้าที่ถูกตัดขาดจากโลกภายนอก จึงใช้วิทยุสมัครเล่นเพื่อการสื่อสาร Kilby ในเวลานั้นไม่เคยรู้ และไม่เคยเห็นมาก่อนว่าวิทยาการอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำให้คนที่อยู่ไกลกันสามารถติดต่อสนทนากันได้ และการติดต่อนี้ได้ทำให้คนที่กำลังประสบความยากลำบาก มีความหวัง และกำลังใจในการต่อสู้กับความทุกข์ Kilby จึงตัดสินใจเรียนวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และผลที่เกิดตามมาจากการตัดสินใจในครั้งนั้น คือ ในปี 2000 สถาบัน Royal Swedish Academy of Science ได้มอบรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ครึ่งหนึ่งให้แก่ Kilby จากผลงานการประดิษฐ์วงจร IC และอีกครึ่งหนึ่งแก่ Zhores Alferov จากรัสเซีย กับ Herbert Kroemer แห่งสหรัฐอเมริกา ที่ได้ประดิษฐ์วัสดุ heterostructure สำหรับใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความเร็วสูง

Jack Kilby เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน ค.ศ. 1923 ที่ Jefferson City รัฐ Missouri สหรัฐอเมริกา เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมที่ Great Bend High School

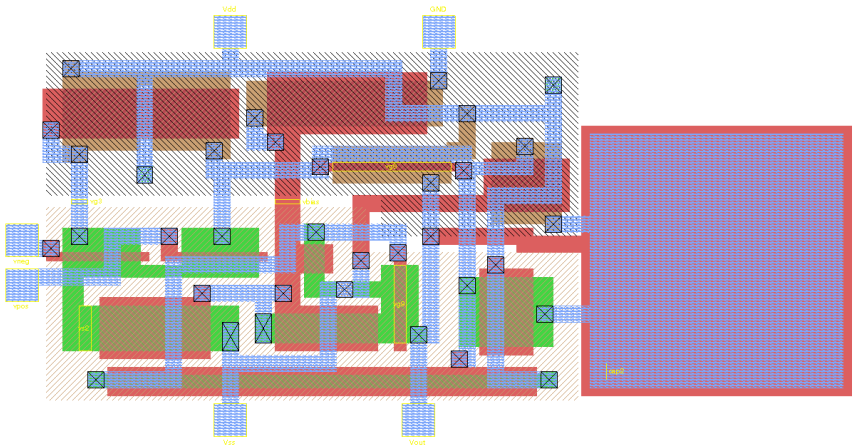
ได้ตัดสินใจเรียนวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งใคร ๆ ในสมัยนั้นคิดว่า คนที่จะเป็นวิศวกรและให้สังคมยอมรับต้องเรียนที่สถาบัน Massachusetts Institute of Technology (MIT) Kilby จึงนั่งรถไฟไปเมือง Cambridge รัฐ Massachusetts เพื่อสอบเข้าที่ MIT ผลปรากฏว่า สอบเข้าไม่ได้ เพราะสอบได้เพียง 497 คะแนน ในขณะที่เกณฑ์ผ่าน คือ 500 คะแนน

เมื่อสอบเข้าไม่ได้ Kilby จึงเดินทางกลับบ้าน อีกสองเดือนต่อมา ได้เกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 Kilby ได้สมัครเข้ารับใช้ชาติ โดยการเป็นทหารในตำแหน่งนายสิบโทที่มีหน้าที่ซ่อมวิทยุสื่อสาร และถูกส่งไปประจำการที่ไร่ชาในรัฐอัสสัมของอินเดีย เมื่อสงครามโลกยุติ Kilby ได้ไปเรียนวิศวกรรมไฟฟ้าต่อที่มหาวิทยาลัย Illinois และต้องเรียนวิชาฟิสิกส์ควอนตัม (quantum) เพื่อจะได้เข้าใจการทำงานของทรานซิสเตอร์ และเมื่อเรียนจบก็ได้งานทำที่บริษัท Centrallab และบริษัทนี้เป็นองค์กรเดียวที่รับ Kilby เข้าทำงาน หลังจากใช้เวลาที่นั่น 3 ปีที่นั่น Kilby ได้ขอลาออกไปทำงานที่บริษัท Texas Instruments ซึ่งมีชื่อเสียงโด่งดัง และทางบริษัทได้จัดให้ Kilby ค้นหาทางวิธีเพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพราะบริษัทสนใจการออกแบบวงจรที่จะทำให้คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงาน

งานการออกแบบวงจรเหมือนกับการเขียนหนังสือ คือ ผู้เขียนต้องการคำต่าง ๆ มากมายในการเล่าเรื่อง เช่น คำนาม คำกริยา คำคุณศัพท์ แล้วนำคำมาเรียบเรียงเป็นประโยค เป็นเรื่องราว ในการออกแบบวงจรก็เช่นกัน วิศวกรต้องมีตัวต้านทาน ไดโอด (diode) ทรานซิสเตอร์ ฯลฯ ที่คนออกแบบต้องเลือกมาต่อกันเป็นวงจรให้สามารถทำงานได้ และองค์ประกอบเหล่านี้จำต้องมีลวดโยงกัน ดังนั้น ถ้าการเชื่อมต่อวงจรบกพร่อง วงจรจะทำงานไม่ได้ นอกจากนี้วงจรขนาดใหญ่ก็จำเป็นต้องใช้ลวดยาวเป็น

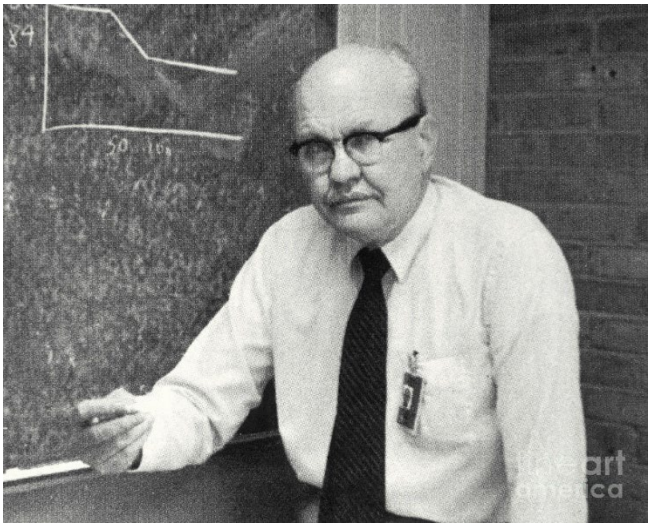
กิโลเมตร และช่างต้องบัดกรี ณ ที่ต่าง ๆ บนลวดร่วมล้านตำแหน่ง ดังนั้น จึงเป็นเรื่องเป็นไปไม่ได้ที่จะได้วงจรที่สมบูรณ์ 100%

วิศวกรได้พยายามหาทางแก้ปัญหานี้ Kilby ซึ่งเป็นวิศวกรป้ายแดง และแทบไม่รู้อะไรเลยว่า อะไรบ้างเป็นไปได้ และไม่ได้ เขาได้มีความเห็นว่าลวดที่ใช้ในการต่อวงจรคือปัญหา จึงคิดว่าถ้าไม่ใช้ลวด ปัญหาก็จะหมดไปในทันที Kilby ได้คิดต่อว่า เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นได้ ถ้าองค์ประกอบทุกส่วนของวงจรทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน คือ ซิลิกอน (silicon) ซึ่งในขณะนั้นไม่มีใครเคยคิดใช้ซิลิกอนทำตัวต้านทานเลย



แผนภาพแสดงวงจรรวม (IC) แบบขยาย โดยชั้นสีฟ้า สีเขียว สีน้ำตาลเป็นโลหะ ส่วนชั้นสีแดงเป็น polysilicon ภาพจาก วิกิพีเดีย

วันหนึ่งในขณะเพื่อน ๆ กำลังพักผ่อนในฤดูร้อน Kilby ไม่ได้ไปร่วมด้วย เพราะเป็นลูกจ้างใหม่ จึงมีเวลาครุ่นคิดและได้ความคิดใหม่ว่าจะต้องออกแบบให้องค์ประกอบทุกส่วนของวงจรไฟฟ้า เช่น ตัวจุ ไดโอด และทรานซิสเตอร์ต่าง ๆ ทำด้วยซิลิกอน แล้วนำแผ่นซิลิกอนนั้นมาแกะสลักเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อลงบนแผ่นซิลิกอนให้ส่วนต่าง ๆ ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทาน ตัวจุ ตัวเหนี่ยวนำ ฯลฯ และให้ชิ้นส่วนอยู่บนวัสดุเดียวกัน วงจรจึงไม่จำเป็นจะต้องใช้ลวดอีกต่อไป ไม่มี การบัดกรีรอยต่อ จึงสามารถลดจำนวนองค์ประกอบของวงจรให้สามารถจารึกลงในพื้นที่ขนาดเล็กได้

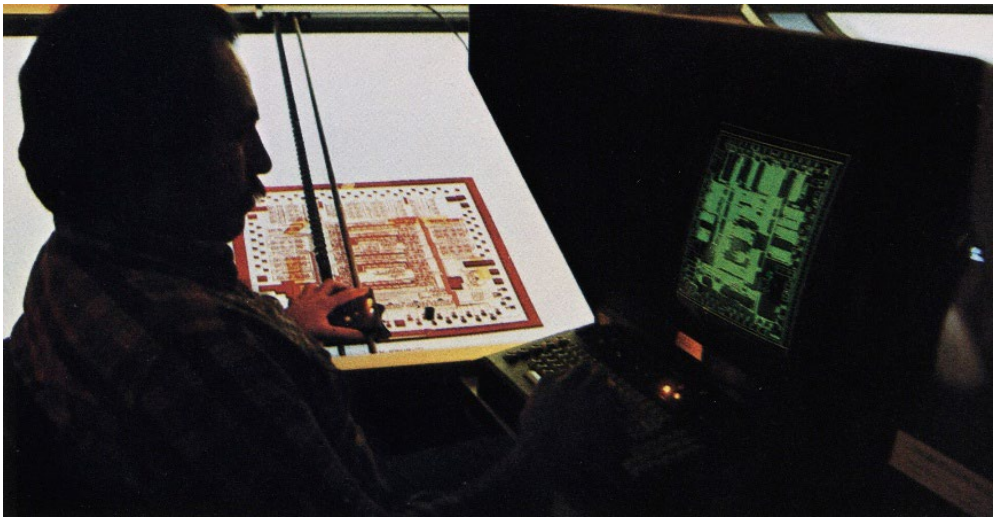


Kilby ขณะทำงานอยู่ที่บริษัท Texas Instruments

ภาพจาก Science Photo Library which was uploaded on February 22nd, 2021.

วันที่ 21 กรกฎาคม ปี 1958 เป็นวันที่ Kilby ได้ความคิดใหม่นี้ ดังนั้นงานขั้นต่อไป คือ การสร้างต้นแบบของวงจร phase – shift oscillator เพื่อเปลี่ยนไฟกระแสตรงเป็นกระแสสลับ เมื่อทำได้สำเร็จ จึงขออนุญาตผู้บังคับบัญชาเพื่อสาธิตการทดลอง ในวันที่ 12 กันยายน แ 1958 ให้ผู้บริหารระดับสูงของบริษัท Texas Instruments ทุกคนเดินมาที่ห้องทดลอง เพื่อดูการทดลองของ Kilby และเมื่อ Kilby สับสวิตช์ ในทันทีทันใดทุกคนก็เห็นแสงเคลื่อนที่ไปเป็นรูปคลื่นผ่านจอของ oscillator นั่นแสดงว่า microchip ของเขาทำงานได้ผล และยุคใหม่ของอิเล็กทรอนิกส์ได้เริ่มต้นแล้ว

อีก 6 เดือนต่อมา Robert Noyce (1927–1990) ซึ่งทำงานอยู่ที่ Silicon Valley ในสหรัฐอเมริกา ก็ได้ความคิดนี้เช่นกัน ซึ่งวิธีของ Noyce สามารถทำได้ง่ายกว่าวิธีของ Kilby แต่ทว่า Noyce โชคไม่ดีที่เสียชีวิตในปี 1990 ก่อนที่รางวัล Nobel จะประกาศ เหตุการณ์นี้ทำให้ Kilby รู้สึกเสียใจมากที่ Noyce ไม่ได้รับรางวัลโนเบลร่วมกับเขา



วิศวกรปัจจุบันใช้วงจร IC ในการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกรูปแบบ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

อีก 8 ปีต่อมาหลังจากที่ Kilby สามารถพิสูจน์ได้ว่า วงจร IC ที่ตนออกแบบทำงานได้จริง โลกก็ได้ใช้วงจร IC ในอุปกรณ์คิดเลขชนิดพกพา และทำ chip ให้มีขนาดเล็กลง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวงจร

ในด้านชีวิตส่วนตัว Kilby พูดด้วยสำเนียงชาว Kansas ด้วยน้ำเสียงค่อนข้างเบา เขาเป็นคนสมถะที่ไม่มุ่งสร้างฐานะ เป็นวิศวกรที่ชอบแก้ปัญหา จนได้จดสิทธิบัตรร่วม 60 ชิ้น แม้จะเป็นวิศวกรที่ไม่ได้เรียนจบจาก MIT แต่ประเด็นนี้ก็ไม่มีปมด้อย เพราะในปีที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ คณะกรรมการรางวัลมิได้พิจารณาความด้อยด้านการเรียนของเขา แต่ให้ให้ความสำคัญกับวงจร IC ที่ Kilby ประดิษฐ์ว่าเป็น microchip ที่จะนำโลกเข้าสู่ยุคสารสนเทศ และเป็นวงจรที่มีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมมากพอ ๆ กับน้ำมัน เพราะถ้าไม่มี IC เราก็ไม่มี internet ก็ไม่มีโครงการอวกาศ และไม่มีเครื่องปั๊มหัวใจ ฯลฯ วงจร IC ได้เปลี่ยนวิถีชีวิตของคนทุกคนบนโลก จนทำให้ชาว Texas ทุกคนภูมิใจ และยกย่อง Kilby ทัดเทียมกับ Thomas Alva Edison

Kilby ถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน ค.ศ. 2005 ที่ Dallas สิริอายุ 92 ปี

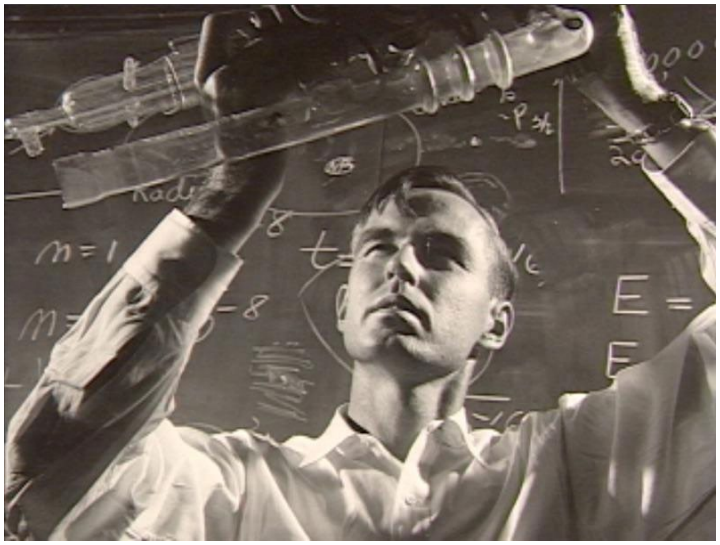
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Chip: How Two Americans Invented the Microchip and Launched a Revolution โดย T. R. Reid ที่พิมพ์โดย Random House: 2001

2. Jack S. Kilby". American Institute of Physics. Archived from the original on June 13, 2025. Retrieved February 15, 2026.

Willis Eugene Lamb Jr. (วิลลิส ยูยีน แลมบ์ จูเนียร์)
Polykarp Kusch (โพลีคาพ คุช)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1955 จากการศึกษาปรากฏการณ์แลมบ์ชิฟต์ (Lamb shift) และการวัดโมเมนต์แม่เหล็กของอิเล็กตรอน



Willis Eugene Lamb Jr. (ซ้าย) กับ Polykarp Kusch (ขวา)

ภาพจาก nationalmedals.org กับ วิกิพีเดีย

เมื่อ Willis E. Lamb Jr. วัย 94 ปี ถึงแก่กรรมที่เมือง Tucson รัฐ Arizona ในสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม ปี 2008 วันนั้นเป็นวันที่โลกได้สูญเสียนักฟิสิกส์รางวัลโนเบลปี 1955 ผู้ได้พิสูจน์ปรากฏการณ์ Lamb shift ที่แสดงให้เห็นว่า ทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าเชิงควอนตัม (Quantum Electrodynamics (QED)) ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ 100% เพราะ Lamb ได้พบว่า ค่าพลังงานของอิเล็กตรอนที่วัดได้บางค่า ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพพิเศษของ Dirac (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1933) ความแตกต่างที่เรียกว่า Lamb shift นี้ได้จุดประกายให้นักฟิสิกส์ทฤษฎีต้องทบทวนหลักความคิดพื้นฐานของกลศาสตร์ควอนตัม จนได้พบว่า ความแปรปรวนควอนตัมของพลังงานสุญญากาศได้รบกวนพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนจนมีผลทำให้อิเล็กตรอนในสถานะ $2S_{1/2}$ ซึ่งโคจรอยู่ใกล้โปรตอนถูกกระทำอย่างรุนแรง

ยิ่งกว่าอิเล็กตรอนในสถานะ 2P½ ที่อยู่ไกลออกไป พลังงานของอิเล็กตรอนในสถานะทั้งสองจึงมีค่าไม่เท่ากัน

หลังจากนั้นทฤษฎี Quantum QED ก็ได้รับการปรับปรุง จึงสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ Lamb shift ได้ อย่างสมบูรณ์ เพราะปรากฏการณ์ Lamb shift สามารถอธิบายค่าพลังงานที่แตกต่างละเอียดถึง 10^(-6) จูลได้

วงการฟิสิกส์ได้ยกย่อง Lamb ว่าเป็นนักฟิสิกส์หนึ่งในสองคนที่มีความสามารถระดับอัจฉริยะ ทั้งในทางทฤษฎีและการทดลอง (อีกคนหนึ่ง คือ Enrico Fermi ผู้สร้างเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเตาแรกของโลก และเป็นเจ้าของทฤษฎีการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสีในการปล่อยรังสีบีตา และยังเป็นเจ้าของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1938 ด้วย)

Willis Eugene Lamb Junior เกิดเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม ปี 1913 ที่ Los Angeles รัฐ California ในสหรัฐอเมริกา ตระกูล Lamb มีลูกสามคน โดยมี Willis Lamb เป็นคนโต บิดาเป็นวิศวกรโทรคมนาคม Lamb เป็นคนมีปัญหาเรื่องสายตาตั้งแต่เด็ก ในวัยรุ่น Lamb ได้ครองแชมป์หมากรุกระดับชาติ และความเก่งนี้ทำให้ Lamb ต้องตัดสินใจเลือกเส้นทางชีวิตว่าจะเป็นนักหมากรุกมืออาชีพ หรือจะเอาดีทางวิทยาศาสตร์ นับเป็นโชคดีที่ Lamb เลือกเป็นนักวิทยาศาสตร์ จึงได้ไปเรียนเคมีปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley โดยมีนักเคมีผู้มีชื่อเสียงโด่งดังด้านพันธะเคมีชื่อ Gilbert Lewis เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ได้แนะนำให้ Lamb เป็นนักวิทยาศาสตร์ด้านการทดลอง เพราะเวลาคิดหลักการอะไรไม่ออก ก็อาจนั่งล้างขวดทดลองฆ่าเวลาก็ได้

แต่ Lamb มิได้เชื่อคำแนะนำของ Lewis เพราะเขาได้ตัดสินใจแล้วว่า จะเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎี โดยมี J. Robert Oppenheimer (ผู้อำนวยการโครงการ Manhattan ที่

สร้างระเบิดปรมาณูในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง) เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์

ผู้เข้าประชุมที่เกาะ Shelter ประกอบด้วย Lamb (ซ้ายสุด) , J.R. Oppenheimer (นั่งบนที่วางแขนโซฟา), R.P. Feynman (นั่งกลางและกำลังเขียน) และ J. Schwinger (คนที่สองจากด้านขวา)

ภาพจาก http://wavefunction.fieldofscience.com/

แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง Oppenheimer กับศิษย์ Lamb เป็นไปอย่างไม่ราบรื่น เพราะทั้งสองมีบุคลิกภาพที่แตกต่างกันมาก เพราะ Oppenheimer เป็นคนอารมณ์ฉุนเฉียว และมักไม่เห็นด้วย ไม่ว่า Lamb จะเสนอความคิดอะไร หรือเวลาพิจารณาปรากฏการณ์ต่าง ๆ Oppenheimer ชอบมองภาพใหญ่ของเหตุการณ์ แต่ Lamb สนใจในรายละเอียด ด้วยเหตุนี้คนทั้งสองจึงไม่มีงานวิจัยที่ตีพิมพ์ร่วมกันเลย ในเวลาต่อมาเมื่อ Oppenheimer ถูกหน่วยสอบสวนลับของอเมริกา (FBI) ตั้งข้อหาว่าเป็นคอมมิวนิสต์ Lamb มิได้อาสาเป็นพยานในการปกป้องชื่อเสียงของอาจารย์

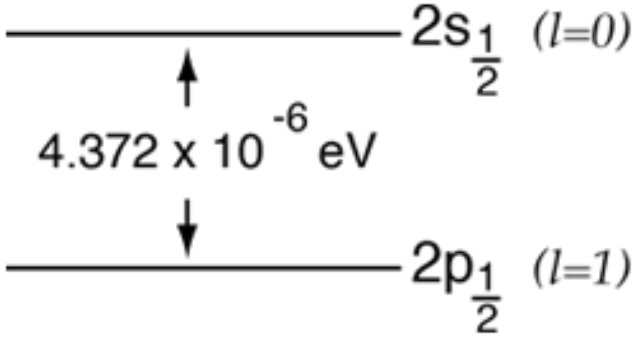
Lamb สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในปี 1938 ด้วยการทำวิทยานิพนธ์เรื่องสมบัติเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าของนิวเคลียสที่ดูดกลืนนิวตรอน

ในช่วงเวลาสงครามโลกครั้งที่สอง Oppenheimer ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้อำนวยการโครงการ Manhattan ในขณะที่นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันแทบทุกคนได้เข้า

หรืออยากเข้าร่วมโครงการ แต่ Lamb กลับไม่สนใจ เขาไปทำงานวิจัยเรดาร์และคลื่น microwave ที่มหาวิทยาลัย Columbia ใน New York

ขณะเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาเอก นอกจาก Lamb จะต้องแบ่งเวลาเขียนวิทยานิพนธ์แล้ว Lamb ยังมีเวลาสนใจฟิสิกส์ด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น ได้เสนอทฤษฎีการปล่อยรังสีแกมมาจากอะตอมที่ถูกยึดตรึงอยู่ในผลึก ทำไมอะตอมไม่กระดอน นี่คือปรากฏการณ์ Mössbauer ที่ Rudolf Mössbauer พบในอีก 19 ปีต่อมา (Mössbauer ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1961) โดย Lamb ได้พบปรากฏการณ์นี้ก่อนแต่ไม่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน นักฟิสิกส์บางคนจึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ Lamb - Mössbauer

ขณะทำงานที่มหาวิทยาลัย Columbia Lamb ได้เป็นนักวิจัยผู้ช่วยของ I.I. Rabi (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1944) เพราะ Rabi คิดว่า Lamb เป็นคนเก่งทางทฤษฎี จึงมอบโจทย์คำนวณให้แก้ ชีวิตทำงานของ Lamb ที่มหาวิทยาลัย Columbia ไม่รุ่งโรจน์ดังจะเห็นได้ว่า แม้เวลาผ่านไปถึง 10 ปี Lamb ก็ยังเป็นเพียงผู้ช่วยศาสตราจารย์



ภาพแสดงผลต่างของระดับพลังงาน 2S½ กับ 2P½ ในอะตอมไฮโดรเจน

ภาพจาก http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง ความสามารถด้านการทดลองของ Lamb ได้ช่วยให้ได้พบปรากฏการณ์ Lamb shift ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างพลังงานของอิเล็กตรอนใน

อะตอมไฮโดรเจนที่อยู่ในสถานะ 2S½ กับ 2P½ (เพราะเลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนในสถานะ S=0 แต่อิเล็กตรอนในสถานะ P มีเลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม = 1) ทั้ง ๆ ที่ทฤษฎี QED ของ Dirac ได้ทำนายไว้ว่า พลังงานของอิเล็กตรอนในสถานะทั้งสองมีค่าเท่ากัน

การค้นพบของ Lamb ที่แสดงให้เห็นว่า การที่พลังงานของอิเล็กตรอนในสองสถานะมีค่าแตกต่างกัน เพราะภาวะสุญญากาศในอะตอมทำให้เกิดการปลดปล่อย และการดูดกลืนอนุภาค photon เสมือน (virtual photon) ตลอดเวลา อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง photon เสมือนกับอิเล็กตรอน จึงทำให้พลังงานของอิเล็กตรอนในสถานะ 2S½ สูงกว่าในสถานะ 2P½ โดย Willis Lamb กับศิษย์ชื่อ Robert Retherford สามารถวัดความแตกต่างนี้ได้ว่ามีค่า = 1057.8 x 10^6 เฮิรท์ซ

ทันทีที่วงการฟิสิกส์เห็นค่าที่ Lamb วัดได้ ทุกคนก็ตื่นตัวที่จะหากลไกมาอธิบายปรากฏการณ์นี้ Hans Bethe (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967) เป็นบุคคลแรกที่ประสบความสำเร็จ โดยได้พิจารณาปัญหานี้อย่างง่าย ๆ และคำนวณพบค่าความแตกต่างความถี่เท่ากับ 1057.7 x 10^6 เฮิรท์ซ

ในปี 1949 Willis Lamb กับ Normal Kroll ได้เสนอทฤษฎี Lamb shift ซึ่งชี้นำให้ Julian Schwinger, Richard Feynman ได้นำทฤษฎี Renormalization มาใช้ (นักฟิสิกส์ทั้งสองกับ Sin-Itiro Tomonaga ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965 ร่วมกัน)

ในการเขียนความของ Lamb ก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก เพราะ Lamb ใช้เวลานานมากในการเขียน โดยตัดแต่งประโยค และเปลี่ยนคำที่ใช้บ่อย เพื่อให้คนอ่านบทความสามารถเข้าใจเนื้อหา และเหตุผลทางฟิสิกส์ดีขึ้น และยังเป็นคนที่ระมัดระวังในการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ รวมถึงเครื่องหมายวรรคตอนทั้งหลายด้วย

หลังจากการทำงานที่มหาวิทยาลัย Columbia เป็นเวลา 5 ปี และได้พบปรากฏการณ์ Lamb shift แล้ว Lamb ได้ย้ายไปทำงานวิจัยต่อที่มหาวิทยาลัย Stanford แต่พบว่าไม่สบายใจ จึงขอย้ายไปรับตำแหน่งอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Harvard

เมื่อสื่อมวลชนได้ข่าว Lamb ได้รับรางวัลโนเบลปี 1955 ผู้สื่อข่าวได้ถาม Lamb ว่า Oppenheimer ได้เขียนจดหมายมาแสดงความยินดีด้วยหรือไม่ Lamb ตอบว่า ไม่ เมื่อผู้สัมภาษณ์ถามต่อว่า รู้สึกเสียใจหรือไม่ที่ไม่ได้รับเชิญเข้าร่วมโครงการ Manhattan Lamb ก็ตอบว่า ไม่ เพราะถ้าไป Los Alamos ก็คงไม่ได้พบปรากฏการณ์ Lamb shift

ในปี 1956 Lamb ได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎีแห่งมหาวิทยาลัย Oxford และเริ่มสนใจทฤษฎี laser แต่ความสนใจของ Lamb ในเรื่องนี้ไม่ให้ผลสำเร็จใด ๆ เพราะไม่มีนิสิตปริญญาเอกมาช่วยทำวิจัย และไม่มีห้องปฏิบัติการให้ทดลอง

ในปี 1962 Lamb เดินทางกลับอเมริกาเพื่อครองตำแหน่งศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย Yale และทำงานวิจัยเรื่อง ปรากฏการณ์ที่จะเกิด เวลาสสารได้รับแสง laser ที่เกิดจากแก๊สผสมระหว่าง helium กับ neon ซึ่งทำให้ Lamb ได้พบปรากฏการณ์ Lamb dip ในสเปกตรัมแสงเลเซอร์ เพราะ dip ที่เกิดขึ้นมีช่วงกว้างแคบกว่าความยาวคลื่นแสงที่เพิ่มเพราะปรากฏการณ์ Doppler

ในปี 1973 Lamb ได้ย้ายไปทำงานที่ศูนย์วิจัย Optics ของมหาวิทยาลัย Arizona และทำงานฟิสิกส์เชิงคำนวณ และได้พยายามเข้าใจความหมายเชิงปรัชญาของฟิสิกส์ด้วย

Lamb เกษียณจากมหาวิทยาลัย Arizona ในปี 2002 ในวัย 89 ปี และเสียชีวิตในอีก 6 ปีต่อมา

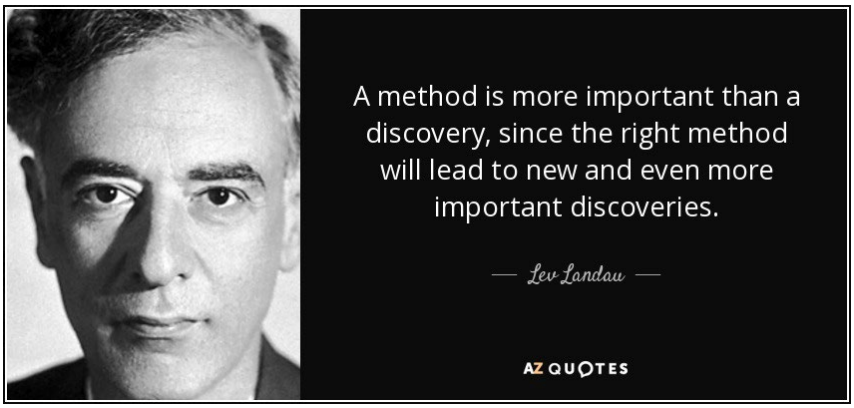
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “QED and the Men Who Made It” โดย S. Schweber จัดพิมพ์โดย Princeton University Press ปี 1994

2. Willis E. Lamb – Biographical". Nobel Foundation. Archived from the original on March 12, 2026. Retrieved May 1, 2026.

Lev Landau (เลฟ แลนเดา)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1962 จากการเสนอทฤษฎีของเหลวยวดยิ่ง



Lev Landau นักฟิสิกส์อัจฉริยะ ชาวรัสเซียกับคำขวัญที่ Landau ยึดมั่นในการทำงาน

ภาพจาก www.azquotes.com

Lev Davidovich Landau (1908–1968) เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน ปี 1908 ที่เมือง Baku ในรัสเซีย (ปัจจุบันคือประเทศ Azerbaijan) บิดาเป็นวิศวกรเหมืองน้ำมัน มีเชื้อชาติยิว มารดาเป็นแพทย์ที่เชี่ยวชาญด้านสรีรวิทยา Landau เรียนหนังสือเก่งตั้งแต่เด็ก และสนใจวิชาฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์มากเป็นพิเศษ เพราะสามารถเรียนคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ตามปกติ Landau เป็นคนมีนิสัยกระด้าง ไม่ยอมใครง่าย ถ้าคน ๆ นั้นไม่มีเหตุผล จนเกือบถูกไล่ออกจากโรงเรียน เพราะเถียงครู แต่ก็สามารถจบระดับมัธยมศึกษาตั้งแต่อายุ 13 ปี

หลังการปฏิวัติครั้งใหญ่ในรัสเซียเมื่อปี 1917 ระบบการศึกษาของประเทศได้ถดถอยไปสู่ความโกลาหลอลหม่านมาก เพราะสังคมไม่ยอมรับศักดิ์ศรีและประกาศนียบัตร หรือปริญญาบัตรจากสถานศึกษาใด ๆ ในรัสเซีย ทำให้นักเรียนที่ยังไม่สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาสามารถเข้าเรียนในมหาวิทยาลัยได้ โดยไม่ต้องสอบเข้า นิสิตปริญญาตรีสามารถเข้าเรียนปริญญาโทได้โดยไม่ต้องนำใบปริญญาตรีมาแสดงเป็นหลักฐาน คนที่จะสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกก็ไม่จำเป็นต้องทำวิทยานิพนธ์ใด ๆ

ส่วนคนที่ต้องการจะเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยก็ไม่จำเป็นต้องจบการศึกษาถึงระดับปริญญาเอก

Landau ในวัยเด็กกับครอบครัว ภาพจาก วิกิพีเดีย

ความเป็นไปของระบบการศึกษารัสเซียลักษณะนี้ จึงเหมาะกับบุคลิกภาพและนิสัยส่วนตัวของ Landau มาก เพราะ Landau เป็นคนไม่ชอบสังคมที่มีกฎเกณฑ์และพิธีกรรมมากจนเกินความจำเป็น โดยเฉพาะเวลา Landau เห็นว่า บางขั้นตอนของการทำงานเป็นเรื่องที่ไม่จำเป็น Landau ก็ไม่ทำ เมื่อบิดามารดามีความเห็นว่า Landau วัย 13 ปี มีอายุยังน้อยเกินไปที่จะเข้าเรียนในมหาวิทยาลัย จึงตัดสินใจส่งลูกชายไปเรียนที่ Technical College แห่งเมือง Baku เป็นเวลาหนึ่งปี ต่อจากนั้น Landau ก็ได้ไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัย Baku ในสาขาคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ แล้วย้ายไปเรียนฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Leningrad (ปัจจุบัน คือ St. Petersburg) ในปี 1924 เพราะที่นั่นมีภาควิชาฟิสิกส์ดีที่สุดในรัสเซีย ขณะศึกษาที่นั่น Landau มีเพื่อนร่วมชั้นหลายคน เช่น George Gamow (1904–1968) คนหนึ่งในการเสนอทฤษฎี Big Bang และมีอาจารย์สอนชื่อ Vladimir Fock (1898-1974) ผู้เสนอทฤษฎีควอนตัมของสนามที่มีปริภูมิ Fock

และ Yakov Frenkel (1894-1952) เจ้าของความคิดเรื่องจุดพร่องแบบ Frenkel ในโครงสร้างผลึก ซึ่งคนเหล่านี้ทุกคนเป็นนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงมากในเวลาต่อมา

ช่วงเวลายี่สิบห้าปีแรกของศตวรรษที่ 20 เป็นเวลาที่โลกฟิสิกส์กำลังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมโหฬาร เพราะในปี 1900 Max Planck (1858-1947) พบพลังงานควอนตัม ปี 1905 Albert Einstein (1879–1955) อธิบายปรากฏการณ์ photoelectric และเสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ปี 1913 Niels Bohr (1885-1962) เสนอทฤษฎีควอนตัมของอะตอมไฮโดรเจน และในปี 1915 Albert Einstein เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป และในปี 1925 กับ 1926 Werner Heisenberg (1901-1976) และ Erwin Schrödinger (1887-1961) ได้พัฒนาวิชากลศาสตร์ควอนตัม จนถึงขั้นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

เมื่อ Landau วัย 17 ปี ได้อ่านผลงานเหล่านี้ รู้สึกตื่นเต้นในความมหัศจรรย์ของความคิดและหลักการมาก จึงทุ่มเทเวลาศึกษาอย่างจริงจัง อีกหนึ่งปีต่อมาก็สามารถตีพิมพ์ผลงานวิจัยชิ้นแรกเรื่อง "Theory of Energy Transfer" ลงในวารสาร Zeitschrift für Physik Vol.45 หน้า 430-441 ซึ่งเป็นวารสารฟิสิกส์ชั้นนำของโลก ในปี 1927 Landau ได้เสนอแนวคิดเรื่อง เมทริกซ์ความหนาแน่น (density matrix) ที่ใช้อธิบายสมบัติของระบบควอนตัม โดยไม่รู้ธรรมชาติที่แท้จริงของ function คลื่น ตามปกติ Landau มักทำงานวิจัยอย่างคร่ำเคร่งมาก แม้แต่เวลาจะนอน ในสมองก็มีแต่สูตรและสมการฟิสิกส์

แถวหน้าจากซ้าย Niels Bohr, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, George Gamow และ Lev Landau ตามลำดับ ภาพจาก medium.com

งานวิจัยเหล่านี้ทำให้ Landau ได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิต โดยไม่ต้องทำวิทยานิพนธ์

ในปี 1929 มูลนิธิ Rockyfeller จากสหรัฐอเมริกาได้เข้ามาช่วยพัฒนาระบบการศึกษาของรัสเซีย ด้วยการมอบทุนวิจัยให้นักฟิสิกส์รัสเซียที่เก่งและมีไฟแรง ได้ไปทำวิจัยที่สถาบันการศึกษาที่มีชื่อเสียงโด่งดังในต่างประเทศ เช่น ที่ Berlin และ Leipzig ในเยอรมนี Copenhagen ในเดนมาร์ก และ Zurich ในสวิสเซอร์แลนด์ เพราะการได้ไปวิจัยที่เมืองนอกในสมัยนั้นเป็นเรื่องยาก ถึงกระนั้น Landau ก็เป็นนิสิตคนหนึ่งที่ได้รับการคัดเลือก จึงเดินทางไปที่ Institute for Theoretical Physics ที่เดนมาร์ก เพราะที่นั่นมี Niels Bohr (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1922 จากการนำทฤษฎีควอนตัมมาใช้ในอะตอมไฮโดรเจนเป็นคนแรก) เป็นผู้อำนวยการ เพื่อทำงานวิจัยเป็นเวลานาน 1 ปีกับ 6 เดือน และ Landau ก็พบว่าการทำวิจัยร่วมกับ Bohr เป็นประสบการณ์ทำงานที่ดีที่สุดในชีวิต เพราะ Bohr เป็นอาจารย์ที่ตั้งใจสอนและทุ่มเทในการวิจัย เพราะมีจิตวิญญาณของความเป็นครูสูง จึงปลูกฝังนิสัย และสไตล์การทำงานให้ Landau ได้เป็นอย่างดี นอกจาก Bohr แล้ว Landau ยังได้รู้จักนักฟิสิกส์ผู้มีชื่อเสียงในวัยเดียวกันอีกหลายคน เช่น Werner Heisenberg (1901-1976), Paul Dirac (1902-1984) ผู้สร้างทฤษฎี

กลศาสตร์ควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพพิเศษ และ Wolfgang Pauli (1900-1958) ผู้พบหลักการกีดกันในอะตอมด้วย (ทั้งสาม คือ ผู้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1932, ปี 1933 และปี 1945 ตามลำดับ)

Lev Landau (คนที่สองแถวหน้าจากขวา) กับ Peter Kapitza (แถวหน้าขวาสุด)
ณ มหาวิทยาลัย Kharkov ในเมือง Kharkov ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี 1931 เมื่อสิ้นสุดเวลาการได้รับทุน Landau ก็เดินทางกลับรัสเซีย เพื่อทำงานเป็นอาจารย์ที่สถาบัน Physico - Technical Institute ณ เมือง Leningrad อีกหนึ่งปีต่อมาได้ไปรับตำแหน่งหัวหน้าภาคฟิสิกส์ที่สถาบัน Ukranian Physico – Technical Institute แห่งมหาวิทยาลัย Kharkov ณ เมือง Kharkov

ขณะอยู่ที่นั่น Landau ได้ผลิตงานวิจัยสำคัญหลายเรื่อง เช่น เรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเลกตริกในสารกึ่งตัวนำ ทฤษฎีการดูดกลืนเสียงในสสาร และเรื่องสมบัติของแก๊สอิเล็กตรอน โดย Landau ได้พบในปี 1930 ว่าทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมอธิบายเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มต่ำ และพบว่าพลังงานของอิเล็กตรอนมีค่าเป็นชั้น ๆ เรียก Landau level ผลที่เกิดตามมา คือ โลหะมีความไวต่อสนามแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) แตกต่างจาก Pauli paramagnetism ที่เกิดจาก spin ของอิเล็กตรอน

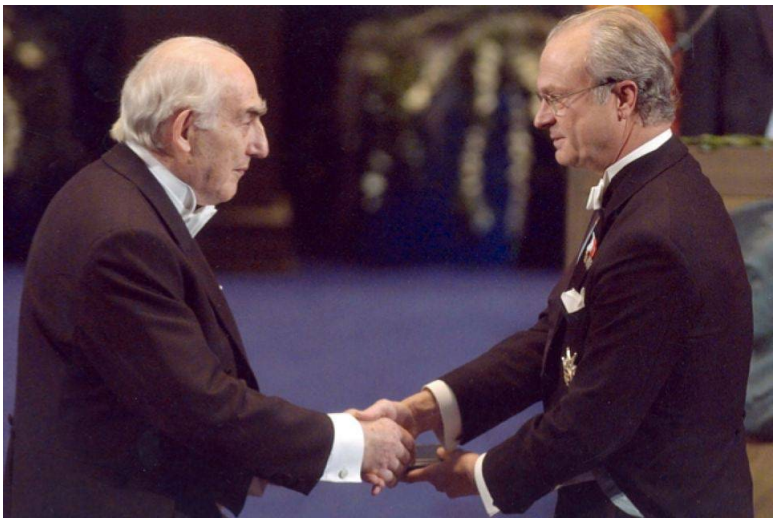
ประสบการณ์การได้เรียนหนังสืออย่างไม่เป็นระบบในวัยเด็ก ทำให้ Landau เวลาเป็นอาจารย์ มีความต้องการจะปฏิรูประบบการเรียนฟิสิกส์ในทุกระดับของประเทศ โดยอาศัยความมีชื่อเสียงในฐานะที่เป็นนักวิจัยของชาติผู้มีความสามารถสูง และในฐานะที่เป็นหัวหน้าภาควิชาในมหาวิทยาลัย Landau ได้กำหนดให้นิสิตทุกคน เวลาจะสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกต้องทำวิทยานิพนธ์ และได้เริ่มมีการบังคับใช้เกณฑ์นี้ตั้งแต่ปี 1934

หนังสือชุด “Course of Theoretical Physics” โดย Landau-Liftshitz

ภาพจาก วิกิพีเดีย

Landau เป็นคนที่รักและผูกพันในความเป็นครูมาตั้งแต่ในสมัยที่ยังเป็นนิสิต ครั้นเมื่อทำงานเป็นอาจารย์ก็ตระหนักดีว่า นิสิตรัสเซียไม่เคยมีตำราฟิสิกส์ระดับสูงให้อ่าน Landau จึงคิดสร้างหลักสูตร “Theoretical Minimum” ขึ้น เพื่อให้นิสิตทุกคนที่ต้องการจะเป็นนักฟิสิกส์ได้เรียน หลักสูตรนี้มีเนื้อหาครอบคลุมพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ทฤษฎีพื้นฐานทุกแขนง ในเวลาต่อมา Landau ได้เรียบเรียงชุดตำราฟิสิกส์ทฤษฎีขั้นสูง ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎีฟิสิกส์ทุกแขนง โดยใช้ชื่อว่า Course of Theoretical Physics หนังสือชุดนี้มีทั้งหมด 10 เล่ม และเป็นตำราคลาสสิกที่มีชื่อเสียงโด่งดังมากในด้านความลึกซึ้ง และตลอดเวลา 27 ปี ที่มีการประกาศใช้ หลักสูตร Theoretical Minimum มีคนสอบผ่านเพียง 43 คนเท่านั้นเอง

ในฐานะที่เป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎี Landau ตระหนักได้ดีในความสำคัญของการมีความเชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นเวลานิสิตคนใดแสดงความจำนงจะทำงานวิจัยฟิสิกส์กับ Landau นิสิตคนนั้นจะถูกบังคับให้สอบคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานให้ผ่านก่อน ในกรณีที่มีคนเข้าสอบไม่มาก Landau จะมีเวลาออกและตรวจข้อสอบฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้ แต่เมื่อนิสิตทุกคนที่มาสอบ ต่างก็ต้องการจะได้ Landau เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ดังนั้น Landau จึงไม่มีเวลาออกและตรวจข้อสอบ และได้จึงมอบงานคัดเลือกในเบื้องต้นให้ผู้ช่วยทำหน้าที่แทน แล้วตนเองก็จะเป็นคนสัมภาษณ์ในการคัดเลือกขั้นสุดท้าย



Vitaly Ginzburg (ซ้าย) ในพิธีรับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2003

ภาพจาก en.topwar.ru

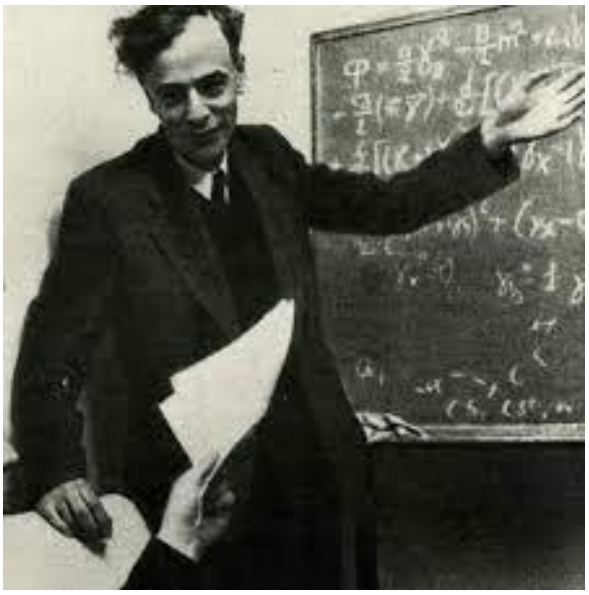
ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น งานวิจัยฟิสิกส์ของ Landau ก็ได้รุดหน้าไปมาก เพราะมีผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์มากมาย เช่น ในปี 1937 Landau ได้เสนอทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงเฟสลำดับที่สองของสสาร อีกสี่ปีต่อมาได้เสนอทฤษฎีอธิบายพฤติกรรมของเหลวยวดยิ่ง (superfluid) เช่น ฮีเลียม (helium-4) เวลามีอุณหภูมิต่ำกว่า 2.17 องศาสัมบูรณ์ ในปี 1950 ได้เสนอทฤษฎี Ginzburg-Landau สำหรับตัวนำยวดยิ่ง (superconductor) ทั้งแบบ 1 และ 2 ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ Landau กับศิษย์ชื่อ Vitaly

Ginzburg (1916-2009) ได้ร่วมกันพัฒนา ถึงปี 1956 ได้เสนอทฤษฎีของเหลว Fermi ที่ใช้อธิบายสมบัติของของเหลวที่ประกอบด้วยอนุภาค fermion ขณะมีอุณหภูมิใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์ โดยอนุภาคนี้มีสมบัติคล้ายอนุภาคอิสระ แต่มีค่าพลังงาน โมเมนตัม ประจุ และ spin ที่แตกต่างไปจากค่าของอนุภาคอิสระ เพราะอนุภาคเหล่านี้มีอันตรกิริยาต่อกัน

Soviet Academy of Sciences ที่ Moscow ในรัสเซีย ภาพจาก วิกิพีเดีย

ผลงานเหล่านี้ ทำให้ Landau ได้รับการคัดเลือกเป็นสมาชิกของสถาบัน Soviet Academy of Sciences และในปี 1962 ได้รับรางวัล Order of Lenin ซึ่งเป็นเกียรติสูงสุดที่ประเทศจะมอบให้แก่ประชาชนรัสเซีย และได้รับเลือกเป็น Hero of Socialist Labour ในฐานะผู้มีผลงานที่สามารถใช้แก้ปัญหาสำคัญของประเทศได้ และยังได้รับเลือกเป็นสมาชิกต่างชาติของสมาคมวิชาการ เช่น Danish Academy of Sciences แห่งเดนมาร์ก เมื่อปี 1951, Dutch Academy of Sciences แห่งเนเธอร์แลนด์ เมื่อปี 1956, Royal Society ของอังกฤษ เมื่อปี 1960 กับ National Academy of Sciences ของสหรัฐอเมริกา อีกทั้งยังได้รางวัลเกียรติยศสูงสุด คือ รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ประจำปี 1962 จากผลงานเรื่อง ทฤษฎีพฤติกรรมของของเหลวยวดยิ่ง (superfluidity)

แม้จะรับรางวัลและเกียรติยศต่าง ๆ มากมาย แต่ Landau ก็ไม่เคยยกตัวเองเหนือคนอื่น เพราะชอบชีวิตการเป็นอาจารย์ฟิสิกส์ที่มีบุคลิกภาพเรียบง่าย ไม่ต้องการดำเนินชีวิตอย่างมีพิธีรีตองมาก ไม่ถือชั้นวรรณะ และชอบเปิดโอกาสให้ศิษย์ได้เข้าพบเพื่อขอรับคำปรึกษาได้ตลอดเวลา แต่ก็มีข้อจำกัดให้นิสิตถามเฉพาะปัญหาวิชาการเท่านั้น เมื่อมีอายุมากขึ้น Landau มีอารมณ์และมารยาทอ่อนโยนขึ้น แต่ถ้าเป็นการถกเถียงในประเด็นความถูกต้องทางวิชาการแล้ว Landau จะไม่ยอมให้มีการต่อรองใด ๆ การใช้เกณฑ์ลักษณะนี้ ทำให้การวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีของรัสเซียในเวลานั้นมีความเข้มแข็งและดีอย่างไม่เป็นรองการวิจัยของชาติใดในโลก



อาจารย์ Landau ขณะสอนวิชาฟิสิกส์ ภาพจาก Facebook: History pictures

ในช่วงเวลาที่เป็นอาจารย์ Landau แทบไม่มีเวลาอ่านวารสารหรือตำราฟิสิกส์เลย แต่ก็สามารถติดตามความรู้ใหม่ ๆ ได้ตลอดเวลา โดยอาศัยการติดต่อทางจดหมายกับเพื่อน ๆ กับบรรดาศิษย์ และจากการเข้าฟังสัมมนาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยทุกสัปดาห์ตลอดเวลา 30 ปี Landau ไม่เคยคิดจะเข้าสัมมนาเพื่อฟังเล่น เพราะคาดหวังว่า คนที่มาให้สัมมนาจะต้องนำเสนอเนื้อหาที่ชัดเจน เข้าใจได้ และสามารถพิสูจน์ทุกสมการที่พูดถึงได้ อีกทั้งสามารถตอบทุกคำถามได้อย่างปราศจากข้อกังขาใด ๆ หลังสัมมนา Landau

จะพยายามแก้ปัญหาที่ถูกกล่าวถึงในสัมมนา โดยใช้วิธีแก้ปัญหาที่ไม่ลอกเลียนวิธีการแก้ปัญหาของคนที่ให้สัมมนา เพราะหัวข้อในการสัมมนามีเนื้อหาที่หลากหลาย ดังนั้น ความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของ Landau จึงมีเพิ่มตามไปด้วย ตามปกติ Landau ชอบวิธีคิดที่ทำให้ปัญหายาก มีวิธีแก้แบบง่าย ๆ และไม่ชอบวิธีคิดที่ทำให้ปัญหาง่าย ต้องใช้วิธีแก้แบบยุ่งยาก เพราะ Landau ยึดหลักการว่า ความเป็นระเบียบที่เรียบง่าย เป็นการทำงานวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีที่ดีที่สุด

ในด้านการชื่นชมความสามารถของนักฟิสิกส์ทฤษฎีคนอื่น ๆ Landau ได้จัดแบ่งนักฟิสิกส์ทฤษฎีออกเป็นห้ากลุ่ม คือ กลุ่ม 1 เป็นกลุ่มคนที่มีผลงานมากมายและคุณภาพดีกว่ากลุ่ม 2 ประมาณ 10 เท่า และกลุ่ม 2 มีผลงานวิจัยมากและดีกว่ากลุ่ม 3 ประมาณ 10 เท่า ไปเรื่อย ๆ ซึ่งถ้ามีการจัดแบ่งกลุ่มในลักษณะนี้ Landau ได้ให้ Bohr, Heisenberg, Schröedinger และ Dirac อยู่ในกลุ่ม 1 Landau เองอยู่ในกลุ่ม 2 สำหรับ Einstein นั้น Landau ได้จัดให้อยู่ในกลุ่ม 0.5

Landau ทำงานวิจัยอย่างทุ่มเท ไม่ใช่เพราะต้องการจะมีชื่อเสียง แต่เพราะเป็นคนที่อยากรู้อยากเห็น และอยากเข้าใจธรรมชาติทุกเรื่อง

นอกจากฟิสิกส์แล้ว Landau ยังสนใจศึกษาประวัติศาสตร์ด้วย แต่ไม่สนใจดนตรีและบัลเลต์มาก

Landau ขณะรับรางวัลโนเบลจากเอกอัครทูตสวีเดน ประจำรัสเซีย
เพราะไม่สามารถไปรับรางวัลโนเบลด้วยตนเองได้ เนื่องจากประสบอุบัติเหตุ
ภาพจาก gettyimages

บรรดาศิษย์ของ Landau เช่น Evgeny Liftshitz (1915-1985) มักเรียก Landau โดยใช้ชื่อเล่นว่า Dau และนักฟิสิกส์ทั่วโลกได้รู้สึกตกใจและใจหาย เมื่อทราบข่าวว่า Landau ประสบอุบัติเหตุทางรถยนต์ใกล้กรุง Moscow เมื่อวันที่ 7 มกราคม ปี 1962 ทำให้เป็นคนพิการไปจนตลอดชีวิต อุบัติเหตุครั้งนั้นทำให้สุขภาพเสื่อมลง ๆ และทุกคนรู้สึกยินดีมาก เพราะในปลายปี 1962 นั้นเอง Landau ก็ได้รับการประกาศให้เป็นผู้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ รางวัลนี้ทำให้ Landau รู้สึกดีขึ้นมาก

อีก 6 ปีต่อมา Landau ก็เสียชีวิตเมื่อวันที่ 1 เมษายน ปี 1968 สิริอายุ 60 ปี แม้ตัวจะจากไป แต่จิตวิญญาณความเป็นนักฟิสิกส์และเป็นครูของ Landau ก็ยังคงอยู่กับวงการฟิสิกส์รัสเซียและฟิสิกส์โลกตลอดไป

มรดกทางความคิดของ Landau มีมากมาย เช่น

เมื่อ Landau มีอายุครบ 50 ปี เพื่อน ๆ และศิษย์ได้ทำศิลาจารึกที่แสดงสูตรสำคัญ 10 สูตรของ Landau ให้เป็นที่ระลึก ภาพจาก condensedconcepts

นักฟิสิกส์รู้จัก Landau level, Landau damping, Landau-Ginzburg Theory of Superconductivity และ Landau critical velocity ฯลฯ

อ่านเพิ่มเติมจาก

1.“Landau, the Physicist and the Man: Recollections of L.D. Landau” โดย Khalatnikov. I. M. จัดพิมพ์โดย Pergamon Pr; First Edition (January 1, 1989)

2. Shifman, M., ed. (2013). Under the Spell of Landau: When Theoretical Physics was Shaping Destinies. World Scientific. doi:10.1142/8641. ISBN 978-981-4436-56-4.

Ernest Lawrence (เออร์เนสต์ ลอว์เรนซ์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1940 จากผลงานการสร้างเครื่องเร่งอนุภาครูปทรงวงกลม ให้มีพลังงานสูง

Ernest Lawrence กับเครื่องเร่งอนุภาค cyclotron เครื่องแรกของโลก

ภาพจาก www.lindahall.org

ปี 1910 เป็นช่วงเวลาที่ Ernest Rutherford ได้พบนิวเคลียส โดยใช้อนุภาคแอลฟาระดมยิงแผ่นทองคำเปลว แล้วสังเกตมุมเบี่ยงเบนของอนุภาคแอลฟา การค้นพบนี้ได้ชักนำให้นักฟิสิกส์สนใจศึกษาโครงสร้างของนิวเคลียส และได้ทดลองจนพบว่าจำเป็นต้องใช้อนุภาคที่มีพลังงานสูงยิ่งกว่าอนุภาคแอลฟาที่รัทเทอร์ฟอร์ดเคยใช้ ซึ่งได้จากการสลายตัวของเรเดียม ดังนั้นในปี 1932 นักฟิสิกส์คนหนึ่งจึงคิดสร้างเครื่องเร่งอนุภาคให้มีความเร็วสูงพอที่จะพุ่งชนนิวเคลียสให้แตกกระจัดกระจาย แล้ววิเคราะห์ชิ้นส่วนของนิวเคลียสที่กระเจิดกระเจิงเพื่อให้รู้องค์ประกอบและโครงสร้างภายในของนิวเคลียสที่เป็นเป้า

นักฟิสิกส์ผู้มีบทบาทในการสร้างเครื่องเร่งอนุภาคให้มีพลังงานสูงคนนั้น คือ เออร์เนสต์ ออร์แลนโด ลอว์เรนซ์ (Ernest Orlando Lawrence) ผู้ถือกำเนิดเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม ปี 1901 ที่เมือง Canton ในรัฐ South Dakota สหรัฐอเมริกา ปู่ Ole Lawrensen มีอาชีพเป็นครูผู้มีเชื้อชาตินอร์เวย์ บรรพบุรุษของตระกูลได้อพยพมาตั้งรกรากเป็นครั้งแรกที่เมือง Madison ในรัฐ Wisconsin จากนั้นได้เปลี่ยนนามสกุลเป็น Lawrence เพื่อให้ออกเสียงใกล้เคียงเป็นภาษาอังกฤษ บิดาของ Lawrence สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัย Wisconsin และเป็นอธิการของวิทยาลัยครูที่ Aberdeen ในรัฐ South Dakota

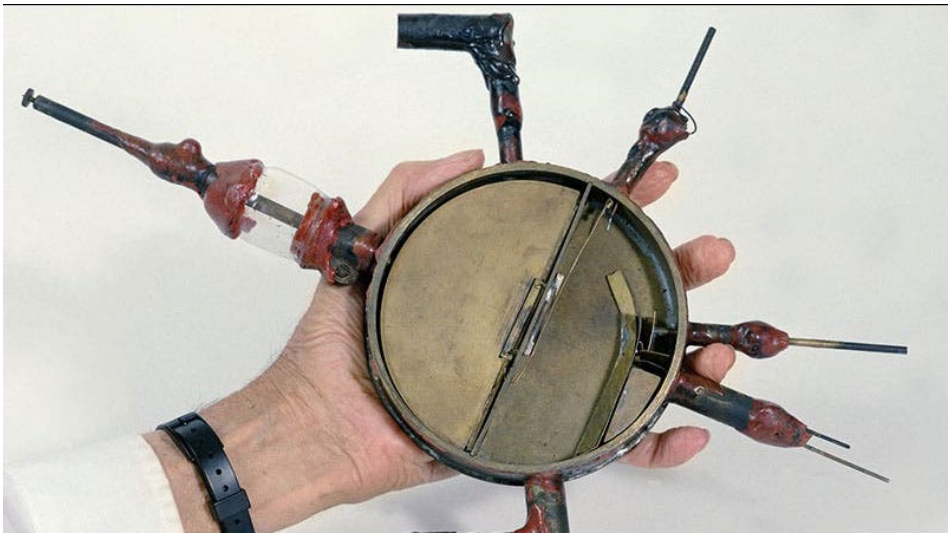
ในวัยเด็ก Lawrence เรียนที่โรงเรียนในเมือง Canton จนจบแล้วไปศึกษาต่อวิทยาลัย St. Olaf ในรัฐ Minnesota อีกหนึ่งปีต่อมาก็ย้ายไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย South Dakota Lawrence เริ่มสนใจวิทยาศาสตร์หลังจากที่ได้ประสบความสำเร็จในการส่งคลื่นวิทยุด้วยตนเอง แต่ในเวลาเดียวกันก็สนใจจะเรียนแพทย์ด้วย แต่ในที่สุดได้ตัดสินใจเรียนฟิสิกส์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 21 ปี หลังจากที่สำเร็จปริญญาโทจากมหาวิทยาลัย Minnesota หนึ่งปี Lawrence ได้ไปศึกษาต่อระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Yale และทำวิทยานิพนธ์เรื่องปรากฏการณ์ Photoelectric และได้รับปริญญาเอกเมื่อมีอายุเพียง 24 ปี เป็นที่น่าสังเกตว่าการที่ Lawrence ได้รับปริญญาตรี-โท-เอก ในอเมริกาโดยตลอด เป็นเรื่องที่ไม่ธรรมดา เพราะในสมัยนั้นวงการฟิสิกส์เชื่อกันว่าใครที่อยากวิจัยฟิสิกส์เก่งต้องไปเรียนที่ยุโรป

หลังสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก แล้ว Lawrence ได้ไปเป็นอาจารย์สอนที่มหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley ในปี 1929 เมื่อได้อ่านวิทยานิพนธ์ของ Rolf Wideroe นักฟิสิกส์ชาวนอร์เวย์โดยบังเอิญ Lawrence ก็เริ่มสนใจเครื่องเร่งอนุภาคที่ Wideroe ประดิษฐ์ เพราะพบว่าสามารถทำให้อนุภาคมีพลังงานสูงมากได้ ถ้า

อนุภาคถูกแรงกระทำซ้ำเป็นจังหวะ ๆ ขณะพุ่งไปตามท่อที่วางเรียงต่อกันในแนวเส้นตรง เพราะอนุภาคมีความเร็วเพิ่มขึ้น ๆ ดังนั้น แต่ละส่วนของท่อจึงมีความยาวเพิ่มขึ้น ๆ การให้แรงกระทำต่ออนุภาคเป็นจังหวะ ๆ ณ ตำแหน่งที่อยู่ระหว่างท่อทำให้อนุภาคมีความเร็วสูงขึ้น ๆ ซึ่งอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับหลักการไกวชิงช้า ที่คนผลักต้องออกแรงดันชิงช้าเป็นจังหวะ ๆ ที่สอดคล้องกับความถี่ธรรมชาติ ชิงช้าก็จะแกว่งสูงขึ้น ๆ ทั้ง ๆ ที่คนผลักออกแรงน้อยในการผลักแต่ละครั้ง

หลังจากที่ได้แนวคิดนี้กับแผนภาพของอุปกรณ์ที่ Wideroe ออกแบบ Lawrence ก็คิดจะสร้างอุปกรณ์เร่งอนุภาคบ้าง แต่ไม่ใช้ท่อตรงเพราะท่อทั้งหมดจะยาวมากเกินกว่าอนุภาคจะมีพลังงานจลน์สูงตามที่ต้องการ Lawrence คิดใช้สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงเพื่อบังคับเส้นทางเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและมีความเร็วให้พุ่งโค้งเป็นวงกลมที่อยู่ภายในภาชนะรูปตัว D 2 ตัวที่วางโดยให้ขอบตรงของตัวอักษร D อยู่ใกล้กัน และเมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ถึงบริเวณขอบตรงของตัว D แรกเขาก็จะเพิ่มความเข้มของสนามไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อนุภาคมีความเร็วมากขึ้น และเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่มีรัศมียาวมากขึ้น และเมื่ออนุภาคเคลื่อนที่กลับถึงที่เดิม ก็จะได้รับแรงกระตุ้นอีกไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดอนุภาคจะถูกบังคับให้พุ่งออกจากท่อ D ไปชนนิวเคลียสเป้า

เครื่องเร่งอนุภาคเครื่องแรกที่ Lawrence สร้าง มีตัว D ทำด้วยทองแดง มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวเพียง 4 นิ้ว และใช้ไฟความดัน 2,000 โวลต์ เพื่อทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานจลน์ 80,000 อิเล็กตรอนโวลต์ และมีความเร็วประมาณ 0.01% ของความเร็วแสง เมื่ออุปกรณ์ทำงานได้ดี ในเดือนกันยายน ปี 1930 Lawrence ได้นำอุปกรณ์นี้ออกแสดงที่ National Academy of Sciences ที่ Berkeley



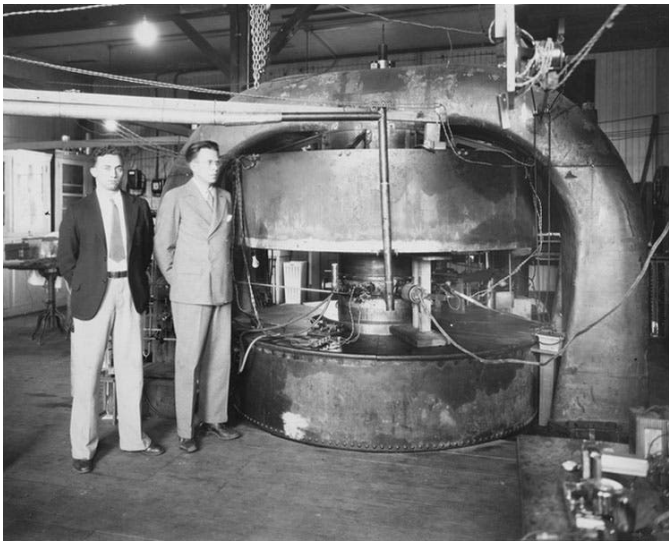
ภายในเครื่องเร่งอนุภาค cyclotron ภาพจาก KQED Science

ข่าวการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ Lawrence ตั้งชื่อว่า cyclotron นี้ ได้ปรากฏเป็นข่าวหน้าหนึ่งของหนังสือพิมพ์ The New York Times ในงานแสดง นักข่าวได้ถามเรื่องประโยชน์ของ cyclotron ในเชิงพาณิชย์ Lawrence ก็ตอบว่า เขาสร้างอุปกรณ์นี้เพื่อวิจัยวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ ในทำนองเดียวกับอุปกรณ์ที่ฟาราเดย์ (Michael Faraday), เฮริทซ์ (Gustav Hertz) และ เฮล์มโฮลต์ซ (Hermann von Helmholtz) เคยสร้าง เขาเองมิได้เป็นนักประดิษฐ์เพื่อทำเงิน เช่น เบลล์ (Alexander Graham Bell), เอดิสัน (Thomas Alva Edison) และมาร์โกนี (Guglielmo Marconi) ซึ่งมุ่งหาความร่ำรวยจากสิ่งประดิษฐ์ของตน

จากนั้น Lawrence กับศิษย์ คือ M. Stanley Livingston ก็ได้พัฒนาอุปกรณ์ cyclotron ให้สามารถเร่งโปรตอนด้วยสนามไฟฟ้าที่มีความเข้ม 80,000 โวลต์/เซนติเมตร อุปกรณ์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 11 นิ้ว ใช้งบประมาณในการสร้างเพียง 1,000 ดอลลาร์ สามารถทำให้โปรตอนมีพลังงานจลน์สูงถึง 1.2 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (1.92x10^(-13) จูล) ได้

ในฤดูร้อนของปี 1932 Lawrence ได้ประสบความสำเร็จในการยิงนิวเคลียสของ lithium-7 ด้วยโปรตอน ทำให้เกิดอนุภาคแอลฟา 2 ตัว ตามสมการ

$$^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{7}_{3}\mathrm{Li} \longrightarrow 2\ {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$



Lawrence (คนขวา) กับเครื่องเร่งอนุภาค cyclotron ที่มหาวิทยาลัย California วิทยาลัย Berkeley ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในเวลาต่อมา Lawrence ได้พัฒนา cyclotron ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีพลังงานจลน์มากขึ้น โดยใช้นิวเคลียสชนิดต่างๆ เป็นกระสุน เช่น ใช้

electron, อนุภาคแอลฟา ($^{4}_{2}\mathrm{He}$) รวมถึง proton ($^{1}_{1}\mathrm{H}$)

อุปกรณ์ cyclotron ได้ช่วยให้ Harold C. Urey พบไอโซโทปของ hydrogen ชื่อ deuteron ที่ Rutherford เคยพยากรณ์ว่ามีในธรรมชาติ เพราะ deuteron มีโปรตอนและนิวตรอนอย่างละอนุภาค ดังนั้นเลขอะตอมจึงเท่ากับ 1 และมวลอะตอมเท่ากับ 2 ในเบื้องต้น Lawrence คิดตั้งชื่อธาตุชนิดใหม่ว่า deuton แต่ Rutherford ต้องการจะเรียก diplon และในที่สุดก็ตกลงเรียก deuteron

ความสำเร็จในการพบ deuteron ทำให้ Urey ได้รับรางวัลโนเบลเคมีประจำปี 1934 (สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ deuteron คือ $_{1}^{2}\mathrm{H}$)

เนื่องจากการค้นพบนี้มีความสำคัญในการประยุกต์มาก และธรรมชาติมี deuteron ประมาณ 1 ส่วน ในแก๊สไฮโดรเจน 4,000 ส่วน

ในเวลาต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าไฮโดรเจน มี isotope ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ

$_{1}^{1}\mathrm{H}$, $_{1}^{2}\mathrm{H}$ และ $_{1}^{3}\mathrm{H}$ เพราะนิวเคลียสของ $_{1}^{3}\mathrm{H}$ มีโปรตอน 1 อนุภาค และนิวตรอน 2 อนุภาค ดังนั้นนิวเคลียสของ tritium จึงมีมวลอะตอมเท่ากับ 3 แต่มีเลขอะตอมเท่ากับ 1 การมีออกซิเจน 3 isotope และไฮโดรเจน 3 isotope ทำให้นักเคมีสามารถสังเคราะห์น้ำได้ 9 รูปแบบที่แตกต่างกัน โดยใช้ไฮโดรเจนและออกซิเจนที่มีมวลอะตอมแตกต่างกัน และนี่ก็คือโจทย์วิจัยที่ George von Hevesy ใช้ศึกษาการทำงานของเซลล์ภายในร่างกาย โดย Hevesy เล่าว่า ขณะเขากำลังดื่มชากับ Rutherford ๆ ได้ถาม von Hevesy ว่า ร่างกายคนต้องใช้เวลานานเพียงใด ในการขับน้ำที่ดื่มออกมาเป็นปัสสาวะ เพื่อตอบคำถามนี้ Hevesy ได้ใช้ D_2O เจือในน้ำชา แล้วตรวจปัสสาวะที่ร่างกายขับออกมาว่ามี D_2O เมื่อใด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ร่างกายต้องใช้เวลาตั้งแต่ 8-14 วัน จึงจะขับน้ำออกจากร่างกายเป็นปัสสาวะได้

ในเวลาต่อมา Hevesy ได้พัฒนาเทคนิคนี้เพื่อตรวจวัดปริมาณธาตุแปลกปลอมในร่างกาย โดยใช้ตะกั่ว -212 เพื่อศึกษาระบบทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ผลงานนี้ทำให้ von Hevesy ได้รับรางวัลโนเบลสาขาแพทย์ศาสตร์ประจำปี 1943

ในปี 1933 Lawrence ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของสมาคม National Academy of Sciences และมีชื่อเสียงมาก จนทำให้ศูนย์วิจัยนิวเคลียสของโลกได้ย้ายจากอังกฤษมาอยู่ที่มหาวิทยาลัย California ที่ Berkeley ในอเมริกาตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา

J. Robert Oppenheimer, Glenn T. Seaborg และ Ernest O. Lawrence ตามลำดับ ที่ศูนย์วิจัย cyclotron ภาพจาก Lawrence Berkeley Lab

เมื่อวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปี 1940 Lawrence ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ที่หอประชุม Wheeler Hall ของมหาวิทยาลัย California ที่ Berkeley โดยมี Carl Wallerstadt ซึ่งเป็นกงสุลสวีเดนประจำสหรัฐอเมริกาเป็นผู้มอบ เพราะในเวลานั้นกองทัพของ Hitler กำลังรุกรานยุโรป พิธีมอบรางวัลโนเบลจึงไม่สามารถกระทำได้ที่กรุง Stockholm เหมือนดังที่เคยทำกันมาได้

ในปี 1942 เมื่อสถาบัน Academy of Sciences แห่งรัสเซียได้คัดเลือก Lawrence ผู้ประดิษฐ์ cyclotron เข้าเป็นสมาชิกต่างชาติของสถาบัน

แม้จะได้รับรางวัลโนเบลแล้ว แต่ Lawrence ก็ยังทำงานวิจัยฟิสิกส์ต่อไป โดยใช้อะตอมหลากหลายชนิดเป็นกระสุนและเป้า เช่น

$$^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{4}_{2}\mathrm{H}e \longrightarrow {}^{13}_{7}\mathrm{N} + {}^{1}_{0}n$$

แล้ว $^{13}_{7}\mathrm{N} \longrightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{1}e$

สำหรับผลงานการสร้างธาตุกัมมันตรังสีประดิษฐ์นั้น ก็เป็นผลงานอีกชิ้นหนึ่งที่โด่งดัง จากปฏิกิริยา

$$^{23}_{11}\mathrm{Na} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{24}_{11}\mathrm{Na} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$$

ซึ่ง Lawrence ใช้กระสุน $^{2}_{1}\mathrm{H}$ ที่มีพลังงาน 1.75 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ทำให้ได้ $^{24}_{11}\mathrm{Na}$ ซึ่งเป็นโซเดียมกัมมันตรังสี ที่ปล่อยรังสีแกมมาพลังงาน 5.5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (ซึ่งมีค่ามากเป็น 3 เท่าของพลังงานที่ได้จากรังสีแกมมาทั่วไป) แพทย์จึงนำรังสีแกมมานี้ไปรักษามะเร็ง เพราะเรเดียม (Ra) มีครึ่งชีวิต 1,700 ปี แต่ $^{24}_{11}\mathrm{Na}$ มีครึ่งชีวิตเพียง 15 ชั่วโมงเท่านั้นเอง ดังนั้นภัยแผดเผาโดยรังสีแกมมาจาก $^{24}_{11}\mathrm{Na}$ จะลดลงอย่างรวดเร็วจนร่างกายปลอดภัยภายในเวลาไม่นาน นอกจากเหตุผลนี้แล้ว เรเดียมยังปล่อยอนุภาคแอลฟาและอิเล็กตรอนออกมาด้วย ดังนั้นเวลาแพทย์นำเรเดียมกัมมันตรังสีไปรักษาคนไข้ แพทย์จำต้องกรองอนุภาคแปลกปลอมเช่น แอลฟา และอิเล็กตรอนออกให้หมดก่อน การใช้เรเดียมจึงยุ่งยากและต้องระมัดระวังมาก ด้วยเหตุนี้ $^{24}_{11}\mathrm{Na}$ จึงเป็นที่นิยมใช้

ตามปกติเวลาธาตุกัมมันตรังสีประดิษฐ์เดินทางเข้าสู่ร่างกาย ถ้าแพทย์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดรังสีติดแนบติดผิวหนัง เขาก็จะรู้ในทันทีว่า ธาตุกัมมันตรังสีอยู่ ณ ที่ใดโดยไม่ต้องเจาะเลือดหรือผ่าตัดคนไข้ เทคนิค radioautography นี้จึงช่วยให้แพทย์รู้เส้นทางและความเข้มข้นของสารไอโดดีนกัมมันตรังสีและฟอสฟอรัสกัมมันตรังสีในกระดูก และต่อมฮอร์โมนของคนได้

ในพิธีเลี้ยงฉลองการรับรางวัลโนเบลของเขา Lawrence ได้ปรารภให้ที่ประชุมฟังว่า ข้อจำกัดในการสร้างเครื่องเร่งอนุภาคให้มีพลังงานสูงมิได้อยู่ที่ความสามารถของนักฟิสิกส์ แต่อยู่ที่ท่านอธิการบดีของมหาวิทยาลัย ซึ่งต้องเห็นด้วยในการอนุมัติเงินสร้าง ทันทีที่ Lawrence บรรยายจบ อธิการบดีแห่งมหาวิทยาลัย California ที่ Berkeley ก็อนุมัติให้มีการสร้าง cyclotron ขนาดใหญ่ที่สุดในโลกในทันที ที่ Berkeley ถึงเดือนพฤษภาคม ปี 1942 cyclotron ที่มีแม่เหล็กหนัก 3,700 ตันก็เริ่มทำงาน

ผลงานของ Lawrence ได้ช่วยให้นักฟิสิกส์พบอนุภาคมูลฐานใหม่ ๆ เพิ่มอีกเป็นจำนวนมาก เช่น นิวทริโน (neutrino), โพซิตรอน (positron), แอนติโปรตอน (antiproton) ฯลฯ อนุภาคเหล่านี้ ได้ทำให้นักฟิสิกส์รู้จักและเข้าใจธรรมชาติของนิวเคลียสดีขึ้น cyclotron ของ Lawrence จึงเปรียบเทียบได้กับกล้องโทรทรรศน์ Hubble ของนักดาราศาสตร์ แต่ cyclotron ใช้ศึกษานิวเคลียสในอะตอม และ Hubble ใช้ศึกษาวัตถุในท้องฟ้า

Lawrence เชื่อว่า มหาวิทยาลัยทุกแห่งในโลกควรมี cyclotron ที่เป็นของตนเอง เพื่อให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างธาตุกัมมันตรังสีประดิษฐ์ที่รักษาโรคได้ ในมุมมองนี้ Lawrence จึงคิดว่า cyclotron มีความสำคัญยิ่งกว่า supernova ในอวกาศ

เมื่ออายุ 51 ปี Lawrence ได้รับเหรียญ Faraday ของ Institution of Electrical Engineers แห่งอังกฤษ อีก 5 ปีต่อมา ก็ได้รับรางวัล Enrico Fermi Award ของสหรัฐอเมริกา

Lawrence เสียชีวิตที่เมือง Palo Alto ใน California ด้วยโรคกระเพาะอาหารอักเสบอย่างรุนแรง เมื่อวันที่ 27 สิงหาคม ปี 1958 สิริอายุ 57 ปี

หลังจากที่เสียชีวิตไป 23 วัน สภามหาวิทยาลัย California ที่ Berkeley ก็ได้เปลี่ยนชื่อห้องทดลองนิวเคลียร์ของมหาวิทยาลัยเป็นชื่อ Lawrence Livermore National Laboratory และ Lawrence Berkeley National Laboratory

ในปี 1959 รัฐบาลอเมริกันได้จัดตั้งรางวัล Ernest Orlando Lawrence Award สำหรับผู้มีผลงานโดดเด่นด้านเครื่องเร่งอนุภาค

ณ วันนี้ ธาตุที่ 103 ในตารางธาตุมีชื่อว่า lawrencium ตามชื่อของ Lawrence เพราะห้องปฏิบัติการ Lawrence Berkeley National Laboratory ได้พบธาตุนี้เป็นครั้งแรกเมื่อปี 1961

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. หนังสือ Lawrence and His Laboratory: A History of Lawrence Berkeley Laboratory โดย John L. Heilbron และ Robert W. Seidel ที่จัดพิมพ์โดย University of California Press ในปี 1989

2. Savage, David G. (September 7, 1985). "Physicist's widow asks that husband's name be removed from weapons lab". Los Angeles Times. Archived from the original on January 18, 2015. Retrieved May 9, 2014.

Chen Ning Yang (เฉิน หนิง-หยาง)
Tsung-Dao Lee (ซุง-เตา ลี)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1957 จากการเสนอทฤษฎีหลักการแตกสมมาตร ในอันตรกิริยานิวเคลียร์อย่างอ่อน

เมื่อวันที่ 18 ตุลาคม ปี 2025 ที่ผ่านไปนี้ โลกได้สูญเสียนักฟิสิกส์ทฤษฎีผู้ยิ่งใหญ่คนหนึ่งแห่งคริสต์ศตวรรษที่ 20

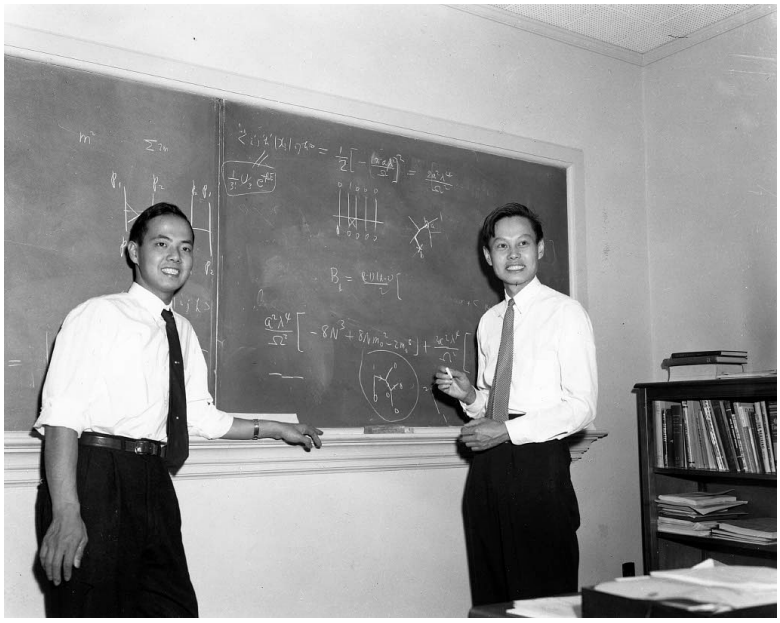
C.N. Yang นักฟิสิกส์ชาวจีนคนแรก ที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ เมื่อปี 1957

ภาพจาก www.cpr.cuhk.edu.hk

เขาคือ Chen Ning Yang (1922-2025) ผู้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ประจำปี 1957 ร่วมกับ Tsung-Dao Lee (1925-2024) จากผลงานที่ได้ปฏิรูปความเข้าใจของมนุษย์ว่า ในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากอันตรกิริยานิวเคลียร์อย่างอ่อน (weak interaction) สมบัติสมมาตรในประเด็นซ้าย-ขวา (parity) จะใช้ไม่ได้ (คือ ไม่

เป็นจริง) หรือถ้าจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็ได้ว่า พระเจ้ามิได้ทรงถนัดทั้งสองพระหัตถ์ แต่ทรงถนัดซ้าย

เมื่อการคาดการณ์นี้ ได้รับการยืนยันว่าถูกต้องโดยการทดลอง การค้นพบของ Lee กับ Yang จึงได้ล้มล้างความเชื่อของผู้คนทั้งโลกที่ได้มีมานานหลายร้อยปี เมื่อครั้งที่คนทั้งสองแถลงทฤษฎีของเขาใหม่ ๆ ไม่มีนักฟิสิกส์คนใดเชื่อพวกเขาเลย แม้แต่ Richard P. Feynman (1918-1988) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965) และ Wolfgang Pauli (1900–1958) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 1945) ก็ไม่เชื่อว่า สิ่งที่ Lee กับ Yang คิดนี้ว่าจะเป็นความจริง



Lee (ซ้าย) กับ Yang (ขวา) ที่ Institute for Advanced Study

ภาพจาก Shelby White and Leon Levy Archives Center

ทฤษฎีของ Yang กับ Lee หรือของ Lee กับ Yang โดยชื่อของคนทั้งสองที่มีความแตกต่างกันในประเด็นลำดับว่า ชื่อใครเป็นชื่อแรก และชื่อใครเป็นชื่อรอง ได้ทำให้ทั้งสองแตกความสามัคคีในการทำงานร่วมกัน หลังจากที่ได้รับรางวัลโนเบลแล้ว โดยมี

การอ้างว่าคนหนึ่งเป็นต้นคิดและอีกคนเสริมเติม จนในที่สุดทั้งสองก็ตัดสินใจทำงานฟิสิกส์แยกกัน ตราบจนวาระสุดท้ายของชีวิต

ซึ่งเป็นเรื่องไม่น่าเชื่อว่า วงการวิชาการจะมีเรื่องแก่งแย่งแสงกันทำนองนี้ ทั้ง ๆ ที่การทำงานวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่ต้องพึ่งพากัน งานจึงจะสมบูรณ์แบบและยิ่งใหญ่ ดังตัวอย่างการพบปรากฏการณ์กัมมันตรังสี โดย H. Becquerel (1852-1908) เมื่อปี 1896 แล้ว Marie (1857-1934) กับ Pierre Curie (1859-1906) ที่ศึกษาธรรมชาติของปรากฏการณ์นี้ จนทำให้คนทั้งสองได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1903 แต่ก็ไม่ได้หย่ากัน คือ ยังคงสภาพเป็นสามี-ภรรยากัน จนกระทั่ง Pierre Curie ประสบอุบัติเหตุถูกรถม้าชน จนเสียชีวิต

หรือในกรณีของ Arno Penzias (1933-2024) กับ Robert Wilson (1936-2000) ซึ่งได้พบรังสีไมโครเวฟภูมิหลัง (microwave background radiation) อันเป็นหลักฐานชิ้นสำคัญที่แสดงให้เห็นว่า เอกภพถือกำเนิดจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ (Big Bang) ทั้งสองก็ไม่ได้ทะเลาะกันว่า ใครคิดได้ก่อนและใครได้เครดิต เหมือนในกรณีของ Yang กับ Lee

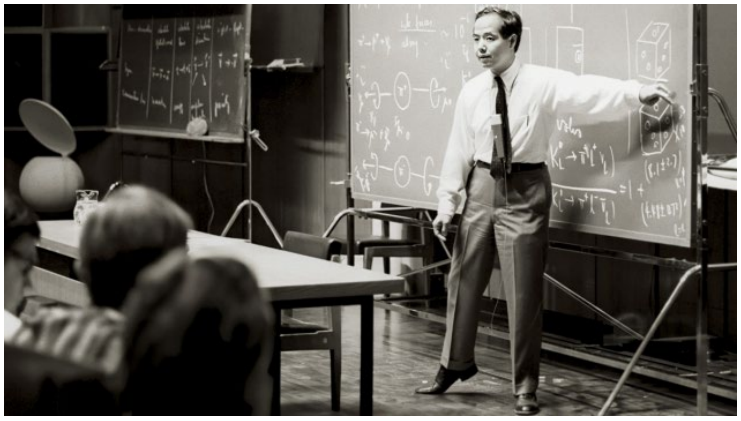
C.N. Yang (หรือที่เพื่อน ๆ ชาวอเมริกันเรียก Frank) เกิดเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม ปี 1922 ที่เมือง Hofei ในมณฑล Anhwei ของจีน ในครอบครัวที่มีลูก 5 คน โดย Yang เป็นลูกคนโต บิดาเป็นศาสตราจารย์คณิตศาสตร์ที่สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัย Chicago สหรัฐอเมริกา และเคยสอนหนังสือที่มหาวิทยาลัย Southwest Associated ในเมือง Kunming ในเวลาต่อมาได้ย้ายไปสอนหนังสือที่มหาวิทยาลัย Fudan ในเมือง Shanghai

ทหารญี่ปุ่นบุกยึดเมือง Nanjing ของจีนได้ เมื่อปี 1937 และสังหารหมู่ผู้คนไปประมาณ 200,000 คน

ภาพจาก Universal History Archive/Universal Images Group/Getty Images

ในช่วงเวลาระหว่างปี 1937-1945 ที่จีนได้ถูกญี่ปุ่นรุกรานหนัก จนทำให้สงครามจีน-ญี่ปุ่น กลายเป็นสงครามใหญ่ หลังจากที่ได้เกิดการต่อสู้ยิงกันระหว่างทหารสองฝ่ายที่สะพาน Marco Polo ใกล้กรุงปักกิ่ง ญี่ปุ่นได้จัดส่งกองทัพบุกจีน จนสามารถยึดครองกรุงปักกิ่ง และเมือง Tianjin ได้ การต่อสู้อย่างดุเดือดนองเลือดตลอดเส้นทางได้ทำให้พลเมืองจีนที่นคร Nanjing เสียชีวิตไปประมาณ 200,000 คน และบ้านของ Yang ที่เมือง Kunming ถูกระเบิดทำลาย แต่ไม่มีใครเสียชีวิต

ครั้นเมื่อญี่ปุ่นบุก Pearl Harbor ในเดือนธันวาคม ปี 1941 โดยไม่ได้ประกาศสงครามกับอเมริกาอย่างเป็นทางการ สหรัฐฯ จึงเข้าสงครามช่วยจีน สงครามที่ต่อเนื่องระหว่างชนชาติในหลายประเทศ ได้กลายเป็นสงครามโลกครั้งที่ 2 และสงครามได้ยุติลงในเดือนสิงหาคมของปี 1945 ในช่วงเวลานั้น Yang วัย 22 ปี ได้เข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย Southwest Associated แล้วได้ย้ายไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Tsinghua จนได้รับปริญญาโท เมื่อปี 1944



T.D. Lee ขณะบรรยายฟิสิกส์ที่ CERN เมื่อปี 1968

ภาพจาก CERN 33-8-68

ด้าน Tsung-Dao Lee (เพื่อนอเมริกันชอบเรียก T.D.) เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน ปี 1926 ที่เมือง Shanghai ในครอบครัวที่มีลูก 6 คน และ Lee เป็นคนที่ 3 บิดามีอาชีพเป็นเกษตรกร Lee ได้เข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย Southwest Associated เช่นเดียวกับ Yang คนทั้งสองได้พบกันเป็นครั้งแรกเมื่อปี 1945 ในเวลานั้น Lee ยังเป็นนิสิต และ Yang เป็นครูสอนโรงเรียนมัธยมที่เมือง Kunming

Edward Teller อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกของ Yang

ภาพจาก todayinsci.com

ในเดือนสิงหาคม ปี 1945 Yang ได้เดินทางจากจีนไปศึกษาต่อที่อเมริกา ในสมัยนั้นโลกยังไม่มีเครื่องบินหรือเรือเดินทางประจำระหว่างจีนกับอเมริกา Yang จึงต้องแวะพักที่ Calcutta ในอินเดียก่อน เพื่อคอยที่ว่างบนเรือขนทหาร และในที่สุดก็ได้เดินทางถึงอเมริกาในเดือนพฤศจิกายน จากนั้นได้เดินทางไปที่ Chicago เพื่อเข้าเรียนปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Chicago โดยมี Edward Teller (1908-2003) ซึ่งเป็นบิดาของระเบิดไฮโดรเจน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์

อีก 3 ปีต่อมา Yang สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ด้วยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การกระเจิงเชิงมุมของอนุภาคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียร์

Enrico Fermi อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกของ Lee

ภาพจาก geniuses.club

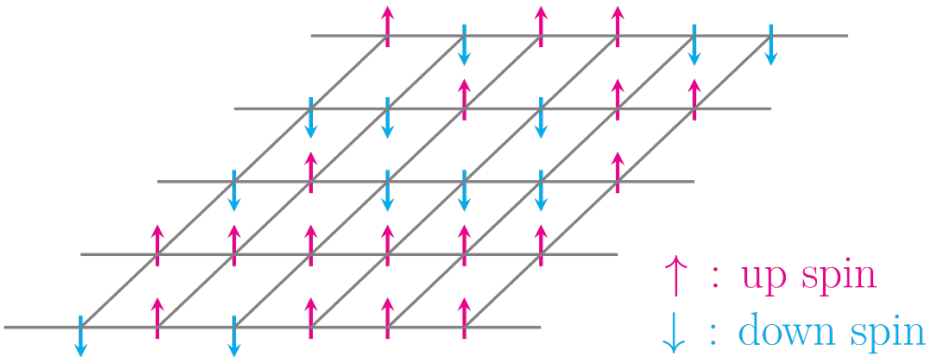
ด้าน T.D. ก็ได้ไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Chicago เหมือน Yang และได้ Enrico Fermi (1901-1954) เจ้าของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1938 จากการพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีโดยการเหนี่ยวนำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การหาปริมาณไฮโดรเจนในดาวแคระขาว (white dwarf)

หลังจากที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกแล้ว Yang ได้รับคัดเลือกเป็นสมาชิกของสถาบัน Institute for Advanced Study ที่ Princeton และได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์ ณ ที่นั่นในปี 1966

ด้าน Lee ได้แยกตัวไปเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley และในปี 1951 Lee ได้รับการคัดเลือกเป็นสมาชิกของสถาบัน Institute for Advanced Study เช่นเดียวกับ Yang ทั้งสองจึงมีโอกาสใกล้ชิดกัน และทำงานร่วมกันมากขึ้น จนได้งานวิจัยชิ้นแรกในปี 1949

อีก 4 ปีต่อมา Lee ได้หวนกลับไปสอนที่มหาวิทยาลัย Columbia ส่วน Lee สนใจวิธีการผลิตอนุภาค muon (ซึ่งเป็นอนุภาคเหมือนอิเล็กตรอน แต่มีมวลมากกว่าประมาณ 207 เท่า) และเป็นอนุภาคที่ไม่เสถียร คือ สลายตัวง่าย โดยมีครึ่งชีวิต 2.2x10^(-6) วินาที แล้วสลายตัวเป็นอิเล็กตรอนกับ muon neutrino และ antielectron neutrino

ด้าน Yang ก็สนใจธรรมชาติของอนุภาค meson และปรากฏการณ์เปลี่ยนเฟส (phase transition) ในแบบจำลอง Ising (Ising model) ที่แสดงปรากฏการณ์แม่เหล็กแบบ ferro (ferromagnetism) ที่อะตอมมีโมเมนต์แม่เหล็กแบบ dipole ชี้ทิศขึ้นและลงเท่านั้น โดยโมเมนต์เหล่านี้ อยู่บนเครือข่าย lattice ใน 2 มิติ และ spin ของโมเมนต์แม่เหล็กมีอันตรกิริยาต่อกัน Ising ได้พบว่า ใน 1 มิติ ระบบนี้จะไม่มีการเปลี่ยนเฟสเป็นแม่เหล็ก ไม่ว่าอุณหภูมิของระบบจะสูงหรือต่ำเพียงใด



Lars Onsager รางวัลโนเบลเคมีปี 1968 กับแบบจำลอง Ising ใน 2 มิติ
ที่มี spin ชี้ทิศขึ้นกับทิศลง ทำให้คู่ spin มีอันตรกิริยากัน
ภาพจาก www.nobelprize.org และ วิกิพีเดีย

แต่ใน 2 มิติ Lars Onsager (1903–1976) ซึ่งเป็นนักเคมีชาวนอร์เวย์ ที่ได้รางวัลโนเบลเคมีปี 1968 ได้คำนวณค่าพลังงานเสรีของระบบ Ising จากนั้น Yang ได้พบสูตรการกลายเป็นแม่เหล็ก ferro ด้วยตนเอง โดยได้คำนวณสูตรของ magnetization และพบว่าอุณภูมิวิกฤต T_c สามารถหาได้จากสูตร

$$kT_C = 2J / \ln\left(1+\sqrt{2}\right)$$

เมื่อ J คือ ค่าคงตัวของอันตรกิริยาระหว่าง spin

และ k คือ ค่าคงตัว Boltzmann

ความสำคัญของสูตรนี้ คือ เป็นสูตรแรกที่แสดงการกลายสภาพเป็นแม่เหล็ก M(T) โดยอุณหภูมิ ทั้ง ๆ ที่ระบบปราศจากสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำ

เมื่อ $T < T_c$, $M(T) \neq 0$

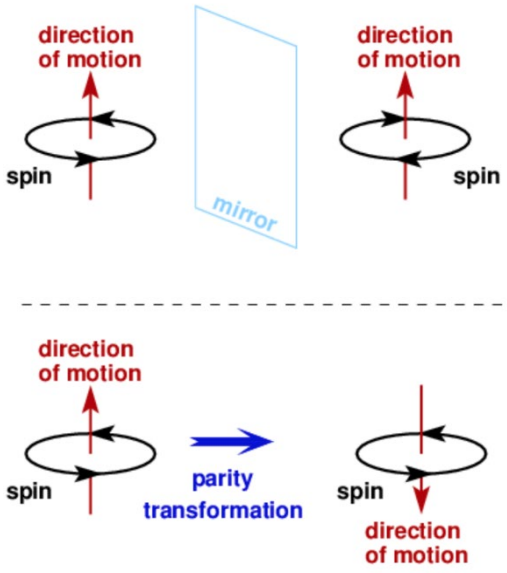
และเมื่อ $T > T_c$, $M(T) = 0$

จากนั้น Yang ได้เริ่มสนใจเรื่องสมมาตร ก่อนปี 1956 นักฟิสิกส์ทุกคนเชื่อเรื่องหลักสมมาตรซ้าย-ขวา หรือที่มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า สมมาตรกระจกเงา (mirror

symmetry) ซึ่งมีใจความว่า เราไม่สามารถจะบอกความแตกต่างระหว่างเหตุการณ์ที่เกิดจริง กับเหตุการณ์ที่เกิดในภาพของกระจกเงาได้

แต่เมื่อถึงวันที่ 1 ตุลาคม ปี 1956 วงการฟิสิกส์ก็รู้สึกแปลกใจที่ได้อ่านงานวิจัยของนักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน เชื้อชาติจีนสองคน คือ Tsung-Dao Lee แห่งมหาวิทยาลัย Columbia ที่ New York City กับ Chen Ning Yang แห่ง Institute for Advanced Study ที่ Princeton รัฐ New Jersey ซึ่งได้รายงานว่า

ในเหตุการณ์ที่มีการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี นักฟิสิกส์จะสามารถบอกความแตกต่างระหว่างซ้ายกับขวาได้ ซึ่งถ้าพูดเป็นภาษาวิชาการก็คือ ในกรณีอันตรกิริยาอย่างอ่อน (weak interaction) หลัก parity จะใช้ไม่ได้



การแปลง parity ในฟิสิกส์

ภาพจาก moi / physics.stackexchange.com

คำว่า parity แปลตรง ๆ ได้ว่า ความเท่าเทียมหรือความเสมอภาค แต่ความคิดเรื่อง parity ในฟิสิกส์เป็นความรู้เรื่องสมมาตร ที่หมายความว่า ถ้ามีระบบ แล้วนำระบบ

นั้นไปวางหน้ากระจกเงา การแปลง parity จะเป็นการเปลี่ยนพิกัดของระบบเดิม จาก (x, y, z) ไปเป็น (-x, -y, -z) นั่นคือ จากซ้ายเป็นขวา จากบนเป็นล่าง และจากหน้าเป็นหลัง สำหรับในกรณีฟังก์ชันคลื่น (wave function) ของกลศาสตร์ควอนตัม เมื่อมีการแปลง parity ถ้า wave function ยังมีค่าเท่าเดิม เราเรียก parity นั้นว่ามี parity คู่ (even parity) แต่ถ้าฟังก์ชันคลื่นมีเครื่องหมายลบ เราเรียก parity นั้นว่ามี parity คี่ (odd parity)

นักฟิสิกส์ก่อนปี 1956 เชื่อว่า ทุกอันตรกิริยาที่มีในเอกภพ parity ของระบบก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าเท่ากับ parity หลังการเปลี่ยนแปลงเสมอ ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับเรื่องการคงตัวของพลังงาน โมเมนตัม ประจุ ฯลฯ ที่ต้องมีค่าคงตัวเสมอ แต่ในกรณีของอันตรกิริยาโน้มถ่วง อันตรกิริยาไฟฟ้า อันตรกิริยานิวเคลียร์อย่างแข็ง (strong interaction) parity เป็นปริมาณที่มีการอนุรักษ์ คือ ค่าไม่เปลี่ยน

ส่วนในกรณีของอันตรกิริยาแบบอ่อน (weak interaction) โลกยังไม่มีการทดลองใด ๆ ที่ยืนยันเรื่องนี้ดังนั้น Lee กับ Yang จึงเสนองานวิจัยเรื่อง “Question of Parity Conservation in Weak Interactions” ที่ลงเผยแพร่ในวารสาร Physical Review, vol 104, No 1, PP234-258 (October1,1956) DOI: 10.1103/ Phys Rev 104.254 ซึ่งได้เสนอการทดลอง เพื่อใช้ทดสอบสมมติฐานนี้ โดยให้ศึกษาการกระจายเชิงมุมของอิเล็กตรอนที่นิวเคลียสของ Cobalt-60 (Co-60) ปล่อยออกมาเวลามันสลายตัว (การปลดปล่อยนี้เราเรียกว่า รังสีบีตา (beta))

Chien-Shiung Wu ในห้องปฏิบัติการ ที่มหาวิทยาลัย Columbia

ภาพจาก Lynn Gilbert

ข้อเสนอของ Lee กับ Yang ได้รับการตอบรับโดย Chien-Shiung Wu (1912-1997) ในงานวิจัยชื่อ “Experimental Test of Parity Conservation in Beta Decay” โดย C-S Wu et.al. ที่ได้ลงเผยแพร่ใน Physical Review, 105 (4) , PP1413-1415 (ปี 1957)

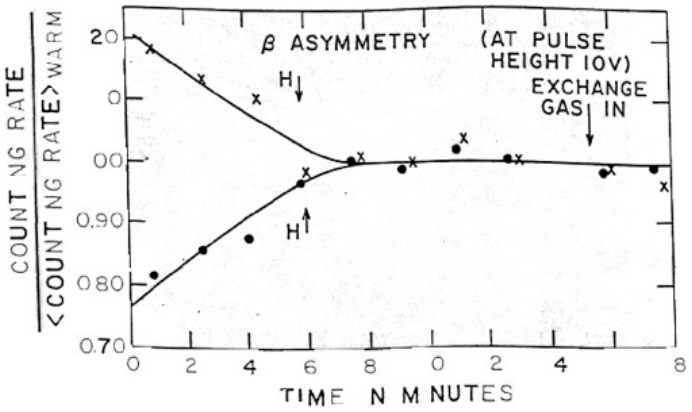
Wu กับทีมวิจัยได้นำนิวเคลียสของ cobalt-60 มา แล้วทำให้มีอุณภูมิ 0.01 องศาสัมบูรณ์ เพื่อให้ spin ของ nucleus ไม่ได้รับความกระทบกระเทือนด้วยความร้อน และเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูง

ครั้นเวลานิวเคลียส cobalt-60 สลายตัว ตามสมการ

$$\mathrm{Co} \rightarrow \mathrm{Ni} + \mathrm{e}^{-} + \nu_{\mathrm{e}}^{-}$$

จะให้ e^{-} กับ ν_{e}^{-} (antielectron neutrino) พุ่งออกมา

ซึ่งถ้ามีการอนุรักษ์ parity อิเล็กตรอนจะพุ่งออกมาในทิศที่สมมาตรกับสนามแม่เหล็ก



จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดจากการสลายตัวของนิวเคลียส Co-60 เมื่อมีการเปลี่ยนทิศ spin ของนิวเคลียส กราฟแสดงความอสมมาตรอย่างเห็นได้ชัด

ภาพจาก Wu et al. / plato.stanford.edu

แต่ Wu กลับพบว่ามีอิเล็กตรอนจำนวนมาก ที่พุ่งออกมาในทิศตรงกันข้ามกับทิศของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นการกระจายของอิเล็กตรอน จึงเป็นแบบไม่สมมาตร และนั่นก็หมายความว่า ในอันตรกิริยานิวเคลียร์อย่างอ่อน อนุภาคซ้าย (left-hand particle) ซึ่งมี spin กับ momentum ชี้ทิศสวนกัน จะมีจำนวนมาก นั่นคืออันตรกิริยานี้แสดงสมบัติ chirality (ความถนัดซ้าย-ขวา)

ผลการทดลองนี้ได้ปูทางให้นักฟิสิกส์ทฤษฎีได้พัฒนาทฤษฎี V-A (vector minus axial vector) ซึ่งได้นำไปสู่การสร้างทฤษฎี Standard Model ในเวลาต่อมา

ช่วงปี 1957-60 Lee กับ Yang ได้ทำงานวิจัยด้าน statistical mechanics ร่วมกันอีกหลายชิ้น เช่น ได้ศึกษาสมบัติของแก๊สแบบ Bose จนได้พบสูตรระดับพลังงานของอะตอมและสมบัติของ superfluidity

ลุถึงปี 1912 ความสัมพันธ์ระหว่าง Lee กับ Yang ก็ได้มาถึงทางตัน ด้วยเหตุผลต่าง ๆ มากมาย โดยมีสาเหตุหลัก คือ การแบ่งเครดิตและการเป็นที่ยอมรับ หลังจากที่คนทั้งสองได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกันแล้ว คนใกล้ชิดหลายคนอ้างว่า ตามปกติ Yang จะเป็นคนเสนอความคิดเริ่มต้น และ Lee เป็นคนทำหน้าที่เพิ่มเติมรายละเอียดด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้น ใครสมควรจะได้เป็นชื่อแรก และใครสมควรจะได้เป็นชื่อตาม จึงเป็นเรื่องความเห็นของแต่ละบุคคล และ Yang มักอ้างว่า เวลาให้สัมภาษณ์กับสื่อ Lee มักอ้างว่า ตนเป็นคนที่คิดได้เป็นคนแรกเสมอ

นอกจากประเด็นนี้แล้ว การได้รับรางวัลโนเบลเพียง 2 คน โดยไม่มีชื่อของ C.S. Wu เข้ามารับร่วมด้วยก็เป็นเรื่องที่หลายคนคิดว่าเป็นเหตุการณ์ที่แสดงความไม่เท่าเทียมทางเพศ เพราะ Wu เป็นผู้หญิง ที่ได้ใช้ผลการทดลองของเธอยืนยันว่า ทฤษฎีของ Lee กับ Yang ถูกต้อง เธอจึงสมควรจะได้ร่วมรับรางวัลโนเบลกับเขาด้วย แต่ไม่ได้

เหตุผลเหล่านี้ ทำให้ Lee กับ Yang แยกย้ายกันไปทำงานวิจัยฟิสิกส์คนละเรื่องและคนละทางในที่สุด

C.N. Yang (ซ้าย) กับ R. Mills (ขวา) ภาพจาก www.claymath.org

ผลงานสำคัญอีกชิ้นหนึ่งของ Yang คือ การเสนอทฤษฎี Yang-Mills ร่วมกับ Robert Mills (1927-1999) ซึ่งนับว่าเป็น 1 ใน 7 ของโจทย์คณิตศาสตร์ที่ยากที่สุดใน

โลก และเป็นโจทย์ที่สถาบัน Clay Mathematics Institute (CMI) ได้ประกาศในปี 2000 ว่า จะมีการมอบรางวัลให้คนที่สามารถแสดงให้เห็นได้ว่า ทฤษฎี Yang-Mills สามารถอธิบายการมีมวลของอนุภาค gauge (gluon ซึ่งเป็นอนุภาคสื่อที่ใช้ในอันตรกิริยาแบบแข็งระหว่าง quark) ว่า มีมวล ทั้ง ๆ ที่สมการยังคงสภาพสมมาตร gauge (gauge invariance) ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างมวล (mass gap) เพราะ gluon เป็นอนุภาคอิสระ จึงไม่มีมวล แต่เวลาจับคู่เป็น glueball กลับมีมวล และเมื่อ gluon ไม่มีมวล พิสัยของอันตรกิริยาอย่างแข็งจึงต้องมีค่ามากถึงอนันต์ แต่ความจริงหาเป็นเช่นนั้นไม่

$$
\begin{aligned}
Z[j,\bar{\varepsilon},\varepsilon] = \exp\left(-i\,g\int \mathrm{d}^4x\,\frac{\delta}{i\,\delta\,\bar{\varepsilon}^a(x)}\,f^{abc}\partial_\mu\,\frac{i\,\delta}{\delta\,j^b_\mu(x)}\,\frac{i\,\delta}{\delta\,\varepsilon^c(x)}\right) \\
\times \exp\left(-i\,g\int \mathrm{d}^4x\,f^{abc}\partial_\mu\frac{i\,\delta}{\delta\,j^a_\nu(x)}\,\frac{i\,\delta}{\delta\,j^b_\mu(x)}\,\frac{i\,\delta}{\delta\,j^{c\nu}(x)}\right) \\
\times \exp\left(-i\,\frac{g^2}{4}\int \mathrm{d}^4x\,f^{abc}\,f^{ars}\,\frac{i\,\delta}{\delta\,j^b_\mu(x)}\,\frac{i\,\delta}{\delta\,j^c_\nu(x)}\,\frac{i\delta}{\delta\,j^{r\mu}(x)}\,\frac{i\,\delta}{\delta\,j^{s\nu}(x)}\right) \\
\times\, Z_0[j,\bar{\varepsilon},\varepsilon]
\end{aligned}
$$

ทฤษฎี Yang-Mills ภาพจาก วิกิพีเดีย

ใครก็ตามที่สามารถพิสูจน์เรื่องนี้ได้ ก็จะได้รับเงินรางวัล 1 ล้านดอลลาร์

ผลงานสำคัญชิ้นสุดท้ายของ Yang ก็คือการฟื้นฟูและพัฒนาการวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีในประเทศจีน โดยได้พยายามเชื่อมโยงนักฟิสิกส์จีนและสถาบันจีน กับหน่วยงานต่างชาติ

ในปี 1971-1979 Yang ได้ติดต่อกับนักฟิสิกส์ต่างชาติที่มีชื่อเสียงให้มาทำวิจัยร่วมกับนักฟิสิกส์จีน

ปี 1979 ประธานาธิบดี Deng Xiaoping ได้เชื้อเชิญ Yang จากอเมริกาให้ไปเยือนจีน

ปี 1980 Yang ได้จัดตั้งสถาบัน Institute for Advanced Study ที่มหาวิทยาลัย Tsinghua ในทำนองเดียวกับสถาบัน IAS ที่ Princeton และได้จัดตั้งโครงการแลกเปลี่ยนนักฟิสิกส์จีนกับนักฟิสิกส์อเมริกัน อีกทั้งยังได้เป็นอาจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Tsinghua เพื่อยกระดับการวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีของที่นั่น

ปี 1997 Institute for Advanced Study ของจีน ได้เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น Yang Institute for Advanced Study ที่มหาวิทยาลัย Tsinghua

ในปี 2015 Yang ได้อพยพกลับจีนอย่างถาวร และได้เปลี่ยนสัญชาติจากอเมริกันมาเป็นจีนอย่างสมบูรณ์

งานเฉลิมฉลองอายุครบ 1 ศตวรรษของ Yang
ที่ Nanyang Technological University ประเทศสิงคโปร์ เมื่อปี 2022
ภาพจาก www.ntu.edu.sg

ในปี 2022 เมื่อ Yang มีอายุครบ 100 ปี ประธานาธิบดี Xi Jinping ได้กล่าวอวยพร Yang ด้วยกระเช้าดอกไม้ และชาวจีนได้จัดงานเฉลิมฉลองวาระครบรอบ 1 ศตวรรษด้วยการจัดงานแสดงผลงานของ Yang ทั่วประเทศ และได้กล่าวว่า “Yang คือ บิดาของฟิสิกส์ทฤษฎีจีน”

นักฟิสิกส์รางวัลโนเบล Chen Ning Yang เสียชีวิตในวัย 103 ปี

ภาพจาก YouTube : ShanghaiEye **魔都眼**

วันที่ 18 ตุลาคม ปี 2025 Yang ก็ได้ลาโลก

RIP ครับ

อ่านเพิ่มเติม

1. Zhai, Hui (3 August 2022). "Pioneering a Field Forty Years Prior to its Birth". Festschrift In Honor Of The C N Yang Centenary, A: Scientific Papers. World Scientific. ISBN 978-981-12-6416-0.

2. McClain, Dylan Loeb (August 5, 2024). "Tsung-Dao Lee, 97, Physicist Who Challenged a Law of Nature, Dies". The New York Times. Retrieved August 6, 2024.

Guglielmo Marconi (กูกลิเอลโม มาร์โคนี)
Karl Ferdinand Braun (คาร์ล แฟร์ดีนันท์ เบราน์)
รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1909 จากการประดิษฐ์ระบบสื่อสารด้วยวิทยุ

Guglielmo Marconi (ซ้าย) กับ Karl Ferdinand Braun (ขวา)

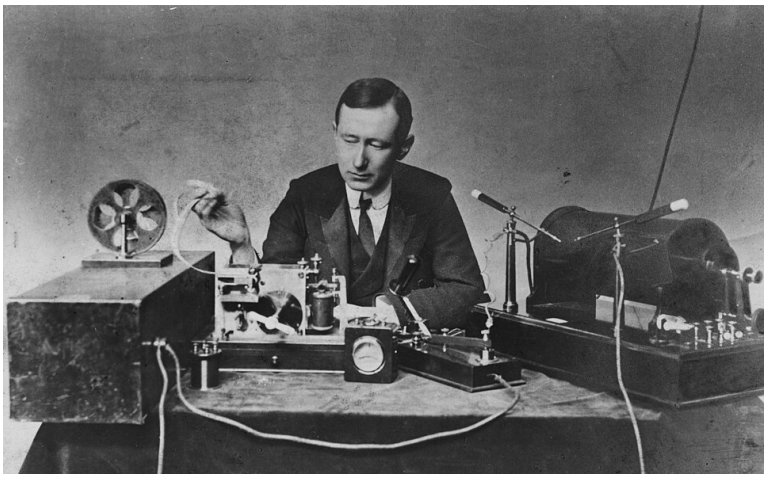
ภาพจาก Getty Images / Stock Montage / Contributor และ วิกิพีเดีย

กูกลิเอลโม มาร์โคนี (Guglielmo Marconi) เกิดที่เมืองโบโลญญา (Bologna) อิตาลี เมื่อวันที่ 25 เมษายน ปี 1874 ในครอบครัวฐานะดี บิดาเป็นชาวอิตาลี มารดาเป็นชาวสก็อต

ในวัยเด็กมาร์โคนี เป็นคนขี้อายและชอบเก็บตัว และใช้เวลาอยู่คนเดียวเงียบ ๆ ในห้องสมุดของบิดา แต่เมื่อรู้สึกว่าการอ่านหนังสือแต่เพียงอย่างเดียวไม่ทำให้รู้สึกสนุก จึงต้องการจะทดลองเล่นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ บ้าง จากนั้นก็ใช้เวลาส่วนใหญ่แยกอุปกรณ์ต่าง ๆ ออก แล้วประกอบขึ้นใหม่ การสนุกเช่นนี้ได้ทำให้บิดารู้สึกรำคาญ และหมดหวังที่จะเห็นความก้าวหน้าของบุตรชาย ดังนั้น เมื่อมาร์โคนีสอบเข้ามหาวิทยาลัยโบโลญญาไม่ได้ บิดาจึงให้มาร์โคนีไปศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าที่มหาวิทยาลัยเทคนิคแทน ซึ่งก็ตรงกับความต้องการของมาร์โคนีเอง เพราะขณะศึกษาที่มหาวิทยาลัย เขาได้ศึกษา

ผลงานของแม็กซ์เวลล์ (Maxwell) และเฮิรตซ์ (Hertz) อีกทั้งยังได้ศึกษาวิธีส่งรหัสทางไกลแบบมอส (Morse) ด้วย

การรู้ว่าเฮิรตซ์ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้มาร์โคนีต้องการจะประดิษฐ์อุปกรณ์รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบ้าง เขาจึงใช้เวลาหมกมุ่นในห้องทดลองนานเป็นเดือน เพราะต้องการจะทำให้สำเร็จก่อนนักประดิษฐ์คนอื่น ๆ และหวังต่อไปว่าสิ่งประดิษฐ์นี้คงทำให้เขามีฐานะดี มีชื่อเสียง และเป็นที่หมายปองของสตรีทั่วไปด้วย



วิศวกร Marconi ในห้องปฏิบัติการ กับวิทยุสื่อสารที่เขาประดิษฐ์ ในช่วงปี 1890

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ลุถึงปี พ.ศ. 2437 ความฝันของมาร์โคนีก็เป็นจริง เมื่ออุปกรณ์ที่เขาประดิษฐ์สามารถรับสัญญาณวิทยุได้เป็นครั้งแรก ต่อจากนั้นเขาก็พัฒนาระบบรับส่งวิทยุของเขาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่เมื่อไม่ได้การสนับสนุนด้านการวิจัยจากรัฐบาลอิตาลี จึงต้องอพยพครอบครัวไปทำวิจัยที่อังกฤษ และได้นำสิ่งประดิษฐ์ของเขาไปจดสิทธิบัตรที่นั่นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน ปี 1896

มาร์โคนีนำวิทยุของเขาออกแสดงเป็นครั้งแรกที่ศูนย์ไปรษณีย์ในลอนดอน เมื่อระบบวิทยุของเขาสามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลถึง 15 กิโลเมตร ชาวอิตาเลียนก็เริ่มรู้สึกตื่นเต้นในความมหัศจรรย์ของอุปกรณ์ การเรียกร้องของสังคมได้ทำให้รัฐบาลอิตาลีต้องเชื้อเชิญมาร์โคนีให้กลับไปทำงานที่บ้านเกิดเมืองนอนอีกครั้งหนึ่ง มาร์โคนีจึงได้นำผลงานของเขาไปแสดงถวายแด่สมเด็จพระมหากษัตริย์ฮัมเบิร์ต (Humbert) และพระราชินีมาเกอริตา (Margherita) แห่งอิตาลี ในปี 1897

เมื่อโลกธุรกิจได้เห็นประสิทธิภาพในการสื่อสารที่ไร้สายนี้ หลายบริษัทได้ติดต่อให้มาร์โคนีไปทำงานด้วย แต่การมีนิสัยชอบความเป็นอิสระได้ทำให้มาร์โคนีจัดตั้งบริษัทผลิตวิทยุของตนเอง และเมื่อกัปตันเรือเดินทะเลนำวิทยุของมาร์โคนีไปติดตั้งบนเรือก็ได้พบว่า สามารถติดต่อกับศูนย์ควบคุมการเดินเรือที่อยู่ไกลออกไปถึง 20 กิโลเมตร ได้ตลอดเวลา ทำให้กัปตันรู้สึกสบายใจขึ้นเวลาเดินทาง และเมื่อเรือโดยสารชื่อ East Goodwin อับปางในทะเล กัปตันเรือได้ส่งสัญญาณวิทยุขอความช่วยเหลือ ซึ่งมีผลให้หน่วยกู้ภัยจากแผ่นดินใหญ่สามารถส่งเรือไปช่วยชีวิตลูกเรือทั้งหมดได้ทันเวลา เหตุการณ์ครั้งนั้นได้ทำให้คนทุกคนตระหนักในความมีประสิทธิภาพและความประเสริฐของวิทยุมาก

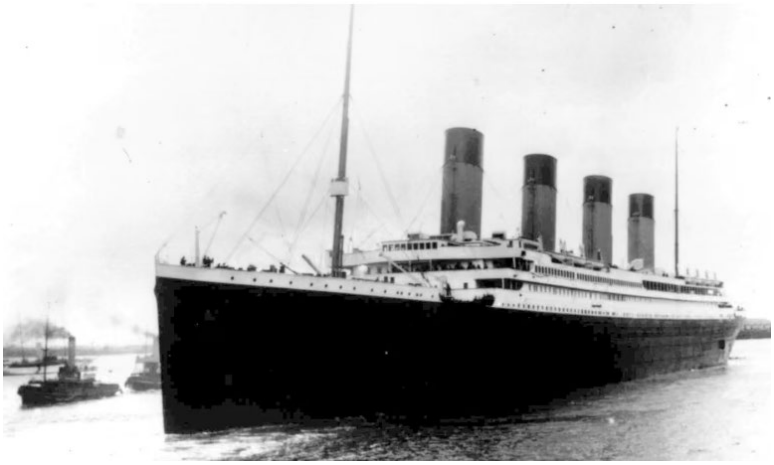
การติดตั้งเครื่องรับคลื่นวิทยุ ที่เมือง St. John's บนเกาะ Newfoundland

ภาพจาก วิกิพีเดีย

หลังจากนั้นเทคโนโลยีวิทยุก็ได้ก้าวหน้าขึ้นตามลำดับ เมื่อมาร์โคนีสามารถส่งวิทยุข้ามช่องแคบอังกฤษได้เป็นครั้งแรกในปี 1898 โดยใช้เสาสูงเกือบ 30 เมตร และในปี 1901 มาร์โคนีก็ประสบความสำเร็จในการส่งวิทยุข้ามมหาสมุทรแอตแลนติก ซึ่งเป็นเรื่องมหัศจรรย์ในยุคนั้นมาก เพราะนักวิทยาศาสตร์ทุกคนมีความคิดว่า จากการที่โลกมีลักษณะกลม และคลื่นวิทยุเดินทางเป็นเส้นตรง ดังนั้น ความพยายามใด ๆ ที่จะส่งคลื่นวิทยุจากตำแหน่งหนึ่งที่ผิวโลก ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่บนซีกโลกด้านตรงกันข้ามจะถูกความโค้งของโลกบดบัง แต่มาร์โคนี้เป็นคนที่ไม่สนใจในความกังวลของคนอื่น เขาเดินหน้าสร้างเสาอากาศสูง 60 เมตร และติดตั้งเสาดังกล่าวที่คอร์นวอล (Cornwall) ในอังกฤษ และสร้างเสารับสัญญาณวิทยุขึ้นที่นิวฟาวด์แลนด์ (Newfoundland) ซึ่งอยู่อีกทางฟากหนึ่งของมหาสมุทรแอตแลนติก

เมื่อถึงวันที่ 12 ธันวาคม ปี 1901 มาร์โคนีได้ทดลองส่งสัญญาณ ผลปรากฏว่าคลื่นวิทยุที่เขาส่งไปเดินทางข้ามมหาสมุทรแอตแลนติกได้สำเร็จ ซึ่งทำให้คนทุกคนรู้สึกประหลาดใจในการอธิบายความสำเร็จนี้ นักฟิสิกส์ได้พบว่าเพราะโลกมีชั้นบรรยากาศ

เหนือโลกชั้นหนึ่งที่ทำหน้าที่สะท้อนคลื่นวิทยุ จึงทำให้มาร์โคนีส่งสัญญาณวิทยุจากคอร์นวอลถึงนิวฟาวด์แลนด์ได้



เรือไททานิค ที่อับปางในปี 1912 และการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุของ Marconi ได้ช่วยชีวิตผู้โดยสารนับพันคน ภาพจาก AP/ www.theguardian.com

วิทยุได้ทำให้โลกประจักษ์ในคุณค่าความมีประโยชน์ เมื่อเรือเดินสมุทรไททานิค (Titanic) อับปางลงในปี 1912 จากสาเหตุการชนภูเขาน้ำแข็งในมหาสมุทรแอตแลนติก ขณะที่เรือกำลังจมลงก้นทะเล ลูกเรือได้ส่งสัญญาณวิทยุขอความช่วยเหลือ เมื่อเจ้าหน้าที่ของเรือคาร์ปาเทีย (Carpathia) ที่กำลังเดินทางอยู่ไม่ไกลได้รับสัญญาณเรือจึงเดินทางมาช่วยชีวิตผู้โดยสารได้ 700 คน จากทั้งหมด 2,200 คน

ครั้นเมื่อ ลี เดอ ฟอเรสต์ (Lee de Forest) กับเฟลมมิ่ง (J. A. Fleming) ประสมความสำเร็จในการประดิษฐ์หลอดสุญญากาศ อุปกรณ์นี้ได้ทำให้เทคโนโลยีการส่งวิทยุมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไปอีก จนทำให้มาร์โคนีสามารถส่งคลื่นวิทยุจากไอร์แลนด์ถึงอาร์เจนตินาที่อยู่ไกลออกไปถึง 10,000 กิโลเมตรได้

ในปี 1909 มาร์โคนีได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์จากการประดิษฐ์วิทยุ โดยได้รับรางวัลนี้ร่วมกับคาร์ล บราวน์ (Karl F.Braun) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันผู้ประดิษฐ์หลอดรังสี

แคโทด (cathode ray tube) ทั้งนี้เพราะคณะกรรมการรางวัลโนเบลมีความเห็นว่าสิ่งประดิษฐ์ของมาร์โคนีมีคุณค่ามหาศาลต่อมนุษย์ เช่น ใช้ทำให้การเดินทางในทะเลปลอดภัยยิ่งขึ้น ทำให้การติดต่อการส่งข่าวสาร ข่าวบันเทิง ข่าว วิทยาศาสตร์ ข่าวสงครามต่าง ๆ สู่คนฟังได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นการนำโลกเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์อย่างแท้จริง นอกจากนี้วิทยุก็สะดวกใช้ยิ่งกว่าโทรศัพท์ ซึ่งต้องการลวดไฟฟ้าในการทำงาน ประเด็นนี้ทำให้การสื่อสารด้วยวิทยุไม่ต้องการงบประมาณในการดำเนินการมาก

มาร์โคนีเสียชีวิตที่โรม ในประเทศอิตาลี เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม ปี 1937 และเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม ปี 2001 มูลนิธิมาร์โคนีสมาคมวิทยุแห่งอิตาลีและสถาบันดาราศาสตร์วิทยุ ได้ร่วมกันเฉลิมฉลองวาระครบรอบหนึ่งศตวรรษของเทคโนโลยีการส่งวิทยุ โดยได้กระจายคำปราศรัยของมาร์โคนีที่ความถี่ 12.961 เมกะเฮิรตซ์ ไปยังดวงจันทร์แล้วดักรับคลื่นวิทยุที่สะท้อนกลับมาที่เมืองปองเตดิโอ (Pontechio) ซึ่งเป็นบ้านเกิดของมาร์โคนี

ในวันที่มาร์โคนีตาย สถานีวิทยุทั่วโลกได้ตกลงกันว่าจะหยุดกระจายเสียงเป็นเวลา 1 นาที เป็นการไว้อาลัยแก่นักวิทยาศาสตร์ผู้ให้กำเนิดวิทยุแก่โลก

นอกจากรางวัลโนเบลฟิสิกส์แล้ว มาร์โคนียังได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์จากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ อีกมากมาย และได้รับฐานันดรศักดิ์ Order of St. Anne จากจักรพรรดิซาร์แห่งรัสเซีย Comander of the Order of St. Maurice and St.Lazarus จากกษัตริย์อิตาลี ได้รับเลือกเป็นวุฒิสมาชิกของอิตาลี ในปี 1905 มาร์โคนีแต่งงานกับโอไบรน์ (B. O' Brien) แล้วหย่า อีก 22 ปีต่อมาได้เข้าพิธีสมรสเป็นครั้งที่สองกับเคาน์เตส เบซซี สกาลี (Countess Bezzi-Scali) ชาวอิตาลี และมีทายาททั้งหมด 4 คน เขาชอบพักผ่อนโดยการแล่นเรือใบและขับรถยนต์

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Guglielmo Marconi". Oxford Learner's Dictionary. Retrieved 15 February 2026.

2. Finizio, Giuseppe (29 January 2024). "Guglielmo Marconi and the radio-guided torpedo"

Michel Mayor (มิเชล มายอร์)
Didier Queloz (ดีดีเย เกโล)

1/2 รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2019 จากผลงานการพบดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะ

Didier Queloz (ซ้าย) กับ Michel Mayor (ขวา)

ภาพจาก KEYSTONE / www.arcinfo.ch

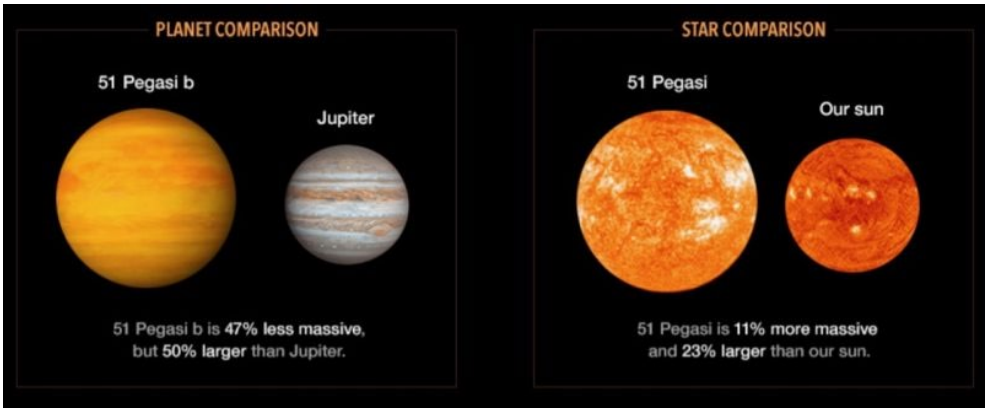
เมื่อวันที่ 8 ตุลาคมปี 2019 สถาบันรางวัลโนเบลที่ Stockholm ในสวีเดน ได้ประกาศมอบรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 2019 โดยครึ่งหนึ่งเป็นของ Michel Mayor กับ Didier Queloz แห่งมหาวิทยาลัย Geneva ในสวิสเซอร์แลนด์จากผลงานการพบดาวเคราะห์ดวงแรกที่โคจรรอบดาวฤกษ์นอกระบบสุริยะ ตั้งแต่ปี 1995

ดาวเคราะห์ดวงนี้มีชื่อว่า 51 Pegasi b และโคจรรอบดาวฤกษ์ 51 Pegasi ซึ่งอยู่ห่างจากโลกประมาณ 50 ปีแสง โดยมีมวลประมาณครึ่งหนึ่งของดาวพฤหัสบดี และอยู่ห่างจากดาวฤกษ์ 51 Pegasi ประมาณ 7.5 ล้านกิโลเมตร มันจึงโคจรเร็วมาก เพราะใช้เวลาเพียง 4.23 วัน ในการโคจรครบรอบดาวฤกษ์ (ในขณะที่ดาวพฤหัสบดีต้องใช้เวลาถึง 12 ปีจึงจะไปรอบดวงอาทิตย์) แต่ดาวมีอุณหภูมิที่ผิวสูงถึง 2,000 องศาเซลเซียส ข้อมูลนี้จึงทำให้ทุกคนตระหนักได้ว่า ไม่มีสิ่งมีชีวิตใด ๆ สามารถอาศัยอยู่บนดาวเคราะห์ดวงนี้ได้

การค้นพบนี้ จึงเปิดโลกวิทยาการสาขาใหม่ คือ การค้นหาดาวเคราะห์ที่มีสิ่งมีชีวิต จวบจนวันนี้นักดาราศาสตร์จะได้พบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ (exoplanet) กว่า 8,000 ดวงแล้ว แต่ก็ยังไม่พบดวงใดที่มีสมบัติ “เหมือน” โลกเลย

M. Mayor เป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ที่สนใจเทคนิคการวิเคราะห์แสงที่ดาวฤกษ์เปล่งออกมาเพื่อให้รู้ว่า บนดาวดวงนั้นมีธาตุอะไรบ้าง โดยใช้อุปกรณ์ spectrograph วัดความยาวคลื่นของแสง ซึ่งนอกจากสามารถจะบอกชนิดของธาตุที่มีบนดาวได้แล้ว ยังสามารถบอกความเร็วและทิศการเคลื่อนที่ของดาวได้ด้วย

ส่วน D. Queloz เป็นศิษย์ ซึ่งในเวลานั้น (ปี 1994) กำลังทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกด้านดาราศาสตร์ฟิสิกส์อยู่ที่มหาวิทยาลัย Geneva โดยมี Mayor เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพราะ Mayor กำลังสนใจการใช้เทคนิค spectroscopy ค้นหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่ไม่มีใครเคยเห็นมาก่อน Mayor จึงได้ประกาศหานิสิตมาร่วมวิจัย และในที่สุดก็ได้ Queloz มาร่วมทำงานเมื่อเดือนพฤษภาคม ปี 1994 จากนั้นไม่นาน Mayor ได้ลาไปเพิ่มประสบการณ์วิจัย (sabbatical) ที่มหาวิทยาลัย Hawaii ในสหรัฐอเมริกา และได้บอกให้ Queloz วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ประมาณ 100 ดวงที่มีอายุใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์



ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดวงแรก 51 Pegasi b เมื่อเปรียบเทียบกับดาวพฤหัสบดี และดาวฤกษ์ 51 Pegasi เมื่อเปรียบเทียบกับดวงอาทิตย์ ภาพจาก NASA Exoplanet Exploration.

อีก 2 เดือนต่อมา เมื่อ Queloz ได้ศึกษาแสงที่มาจากดาวฤกษ์ 51 Pegasi ก็ได้พบว่าความยาวคลื่นของแสงจากดาวดวงนี้ เมื่อเดินทางถึงโลกมีการเปลี่ยนแปลง คือ มากขึ้นและน้อยลงเป็นจังหวะ ๆ อย่างสม่ำเสมอ นั่นแสดงว่า ดาว 51 Pegasi มีความเร็วในแนวเส้นตรงที่เชื่อมโยงระหว่างโลกกับดาว 51 Pegasi แต่ Queloz ไม่ทราบสาเหตุที่ทำให้ความเร็วของดาว 51 Pegasi ในแนวรัศมี คือ จากโลกถึงตัวมันเปลี่ยนแปลง เขาจึงรู้สึกเครียด เพราะคิดว่า อุปกรณ์ที่ใช้สังเกตคงทำงานบกพร่องหรือไม่ตาของเขาก็ฝาด ดังนั้น จึงมิได้เอ่ยปากบอกเรื่องที่เห็นแก่ใคร

แต่เมื่อ Queloz ใช้อุปกรณ์เดียวกันนี้ ศึกษาแสงจากดาวฤกษ์ดวงอื่นๆ เขากลับไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นแสงจากบรรดาดาวฤกษ์เหล่านั้นเลย Queloz จึงรู้สึกมั่นใจว่า สิ่งที่เขา “เห็น” คือ ดาวเคราะห์ขนาดใหญ่กำลังดึงดูดดาวฤกษ์ ความเร็วของดาวฤกษ์จึงเปลี่ยน Queloz จึงตัดสินใจส่งแฟกซ์แจ้งให้ Mayor ทราบ แต่ในเวลาเดียวกันเขาก็เกรงว่า อาจารย์จะหัวเราะเยาะ เพราะทฤษฎีการถือกำเนิดของระบบดาวเคราะห์ ในเวลานั้นระบุว่า ดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ (ดังที่เขาเห็น) จะต้องโคจรอยู่ห่างจากดาวฤกษ์มาก แต่ดาวเคราะห์ที่ Queloz “พบ” กลับโคจรอยู่ใกล้ดาวฤกษ์มาก

เมื่อ Mayor ได้รับข้อมูลจากศิษย์ก็รีบเดินทางกลับ Geneva เพื่อตรวจสอบตัวเลขต่าง ๆ ในเดือนเมษายน ค.ศ.1995 และได้อธิบายให้ Queloz ฟังว่า ในกรณีดาวพฤหัสบดีกับดวงอาทิตย์นั้น แรงโน้มถ่วงที่มีค่ามหาศาลระหว่างดาวทั้งสองจะทำให้ดาวพฤหัสบดีมีความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตร/วินาที และดวงอาทิตย์มีความเร็วประมาณ 12 เมตร/วินาที โดยความเร็วอยู่ในแนวเข้าหากัน ดังนั้น ถ้ามีการตรวจพบว่าดวงอาทิตย์มีความเร็ว 12 เมตร/วินาที นักดาราศาสตร์ก็พอจะอนุมาน (คาด) ได้ว่า คงเพราะถูกดาวพฤหัสบดีดึงดูด ฉันใดก็ฉันนั้น เมื่อดาว 51 Pegasi มีความเร็วค่าหนึ่งในแนวเส้นตรงที่ลากจากดาวถึงโลก คือ เข้าหาโลกและหนีจากโลก นั่นคงเป็นเหตุการณ์ที่เกิดเมื่อมีดาว

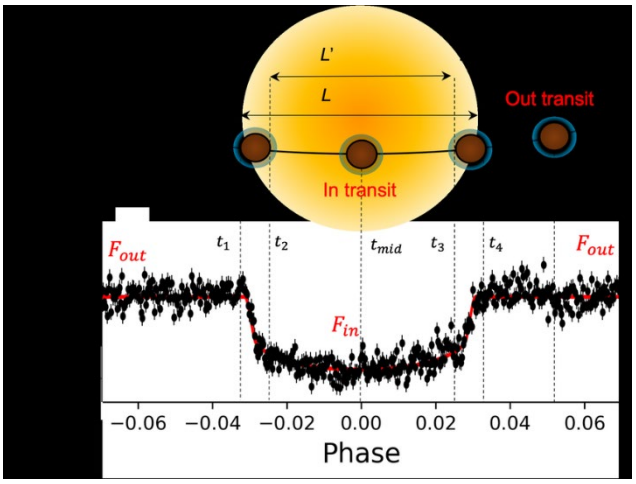
เคราะห์ดวงหนึ่งได้โคจรเข้ามาอยู่ระหว่างโลกกับ 51 Pegasi แล้วในเวลาต่อมาได้โคจรไปอยู่ข้างหลัง 51 Pegasi (ดาว Pegasi ยังมีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสกับวงโคจรเหมือนเดิม) ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดวงแรกจึงมีชื่อว่า 51 Pegasi b ข่าวการพบดาวเคราะห์ดวงนี้ได้ทำให้คนทั้งโลกตื่นเต้นมาก เพราะได้พบหลักฐานที่แสดงว่า ดาวเคราะห์ดวงนั้นอาจมีสิ่งมีชีวิต หรือมนุษย์ต่างดาว

นับตั้งแต่วันที่กาลิเลโอได้ใช้กล้องโทรทรรศน์สำรวจเอกภพ เมื่อกว่า 400 ปีก่อนนี้ นักดาราศาสตร์ยังไม่เคยเห็นดาวเคราะห์ที่โคจรอยู่นอกระบบสุริยะเลย ความยากลำบากในการสังเกตเห็น เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ดาวฤกษ์ที่มีดาวเคราะห์เป็นบริวาร มักจะมีขนาดใหญ่และมีความสว่างยิ่งกว่าดาวเคราะห์หลายล้านเท่า ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับแสงที่ตาเห็น ความสว่างของดาวฤกษ์จะมากประมาณหมื่นล้านเท่าของดาวเคราะห์ แต่ถ้าใช้แสงอินฟราเรดในการเปรียบเทียบความสว่างของดาวฤกษ์จะมีค่าประมาณสิบล้านเท่าของดาวเคราะห์ ตัวเลขที่แตกต่างกันมากนี้ทำให้แสงจากดาวฤกษ์บดบังแสงจากดาวเคราะห์จนเกือบหมด มีผลทำให้นักดาราศาสตร์มองไม่เห็นดาวเคราะห์

นอกจากความสว่างที่แตกต่างกันมากแล้ว มวลที่แตกต่างกันมากก็เป็นเรื่องที่ทำให้นักดาราศาสตร์สังเกตเห็นดาวเคราะห์ได้ยาก เพราะดาวฤกษ์มีมวลมากกว่าดาวเคราะห์ตั้งแต่ 1,000 ถึง 1,000,000 เท่า ความแตกต่างที่มากนี้ ได้ชี้นำให้นักดาราศาสตร์วัดมวลของดาวเคราะห์ โดยการสังเกตดูอาการโคจรอย่าง “โคลงเคลง” ไปมาของดาวฤกษ์ ซึ่งเกิดจากการถูกดาวเคราะห์ดึงดูดด้วยแรงโน้มถ่วง เพราะเวลาดาวฤกษ์ถูกแรงโน้มถ่วงจากดาวเคราะห์กระทำ ความยาวคลื่นของแสงที่ส่งมาโลกจะเปลี่ยนไปตามหลักของปรากฏการณ์ Doppler และเมื่อความยาวคลื่นแสงที่เปลี่ยนไปเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างมวลของดาวเคราะห์/ดาวฤกษ์ (ถ้าเป็นกรณีดาวพฤหัสบดีกับดวงอาทิตย์) ความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไปจะมีค่า 0.0003% ดังนั้น นักดาราศาสตร์

อาจจะต้องใช้เวลานานเป็นปีในการติดตามดู จนกระทั่งดาวเคราะห์โคจรไปดาวฤกษ์ได้ครบหนึ่งรอบ เขาจึงจะสามารถสรุปผลได้

นอกจากจะใช้เทคนิคการดูปรากฏการณ์ Doppler ที่เกิดขึ้นเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างมวลของดาวเคราะห์/ดาวฤกษ์แล้ว นักดาราศาสตร์อาขใช้เทคนิค gravitational lensing ซึ่งเป็นการโฟกัสแสงโดยแรงโน้มถ่วงก็ได้ แต่การใช้เทคนิคนี้ นักดาราศาสตร์ต้องอาศัยดาวฤกษ์อีกดวง ซึ่งอยู่เบื้องหลังดาวฤกษ์ที่กำลังศึกษา เพราะเวลาแสงจากดาวฤกษ์ที่อยู่ข้างหลังเดินทางถึงโลก แสงจะถูกดาวฤกษ์ที่ขวางหน้าอยู่ดึงดูดเข้าหาคนดู ทำให้เห็นดาวฤกษ์ที่อยู่ข้างหลังปรากฏ ณ อีกตำแหน่งหนึ่ง และถ้าดาวฤกษ์ดวงที่กำลังศึกษา มีดาวเคราะห์โคจรไปรอบๆ การเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ดวงนี้ก็จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา และภาพที่เกิดจากการโฟกัสแสงก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยอย่างมีนัยยะสำคัญ



เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะโคจรตัดหน้าดาวฤกษ์ ความสว่างของดาวฤกษ์ที่สังเกตเห็นจะลดลงดังกราฟ ภาพจาก www.researchgate.net

นักค้นหาดาวเคราะห์ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ คือ การสังเกตดาวเคราะห์โคจรตัดหน้าดาวฤกษ์ (transit) เพราะดาวเคราะห์มีขนาดเล็กกว่าดาวฤกษ์ ตั้งแต่ 10 ถึง 1,000 เท่า ดังนั้นเวลาดาวเคราะห์เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์ ความสว่างของดาวฤกษ์ดวงนั้นที่โลกได้รับจะน้อยลงในสัดส่วน $(R_p/R_s)^2$ เมื่อ R_p และ R_s คือ รัศมีของดาวเคราะห์และ

ดาวฤกษ์ตามลำดับ ในกรณีดาวเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่เท่าดาวพฤหัสบดีและดาวฤกษ์ใหญ่เท่าดวงอาทิตย์ ความสว่างที่ลดลงจะมีค่าประมาณ 1% ซึ่งมากพอทีจะให้นักดาราศาสตร์สังเกตเห็นได้ แต่เงื่อนไขนี้จะใช้ได้ เฉพาะเวลาระนาบวงโคจรของดาวเคราะห์ดวงนั้นอยู่ในแนวเดียวกับระนาบการสังเกต แต่ถ้าระนาบการโคจรของดาวเคราะห์อยู่นอกระนาบการสังเกต ใครก็จะไม่เห็นความสว่างของดาวฤกษ์เปลี่ยนแปลง และนี้เทคนิคนี้ต้องการความอดทนของนักดาราศาสตร์ในการสังเกตอย่างติดต่อเนื่องเป็นเวลานานด้วย

เทคนิคการสังเกตดังที่กล่าวมานี้สามารถให้ข้อมูลขนาด มวล ลักษณะวงโคจรและคาบการโคจรของดาวเคราะห์ได้ คือ รู้จากค่า M_p sin (i) เมื่อ M_p คือ มวลของดาวเคราะห์ และ i คือมุมที่ระนาบการโคจรของดาวเคราะห์ทำกับระนาบการสังเกต เทคนิค transit ช่วยให้รู้ความสว่างที่เปลี่ยนไป ซึ่งจะบอกค่ารัศมีของดาวเคราะห์และมุม i จากค่าที่วัดได้ เราก็จะรู้มวล M_p ของดาวเคราะห์ และรู้ความหนาแน่นโดยเฉลี่ย ซึ่งสามารถจะบอกได้ว่าดาวเคราะห์ดวงนั้นประกอบด้วยน้ำ น้ำแข็ง หรือหิน ฯลฯ

Geneva

ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่นักดาราศาสตร์ได้พบแล้ว มีประมาณกว่า 6,000 ดวง สถิติปี 2026

ภาพจาก science.nasa.gov

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา exoplanet ประมาณ 6,000 ดวง แสดงให้นักดาราศาสตร์เห็นความหลากหลายทางกายภาพของดาวเคราะห์ในเอกภพว่า มีมากมาย เช่น ดาวที่มีมวลตั้งแต่ 0.1 เท่าของดาวพฤหัสบดี (30 เท่าของโลก) และมีรัศมีตั้งแต่ 0.1-50 เท่าของดาวพฤหัสบดี เช่น ดาวเคราะห์ Gliese 581 c มีมวลประมาณ 5 เท่าของโลก และอยู่ห่างจากดาวฤกษ์ Gliese 581 ประมาณ 10 ล้านกิโลเมตร มีอุณหภูมิที่ผิว 400 องศาเซลเซียส จึงนับเป็นโลกร้อน (hot earth) ส่วนดาวเคราะห์ HD 189733 b นั้นมีมวล 366 เท่าของโลก และอยู่ห่างจากดาวฤกษ์ HD 189733 ประมาณ 4.5 ล้านกิโลเมตร อุณหภูมิในเวลากลางวันกับกลางคืนมีค่าแตกต่างประมาณ 230 องศาเซลเซียส สำหรับบรรยากาศบนดาวเคราะห์นั้น นักดาราศาสตร์ก็สามารถหาได้จากการวิเคราะห์แสงจากดาวฤกษ์ขณะที่แสงนั้นทะลุผ่านบรรยากาศบนดาวเคราะห์มาสู่โลก และนักดาราศาสตร์ได้พบธาตุโซเดียม กับสารประกอบเช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนออกไซด์ และแก๊สมีเทนว่ามีบนดาวเคราะห์หลายดวง

ในปี 2021 NASA ได้ส่งกล้องโทรทรรศน์อวกาศ James Webb Space Telescope (JWST) ขึ้นโคจรในอวกาศ กระจกของกล้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 6.5 เมตร ทำหน้าที่วิเคราะห์แยกแสงจากดาวเคราะห์ออกจากแสงที่มาจากดาวฤกษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งกว่ากล้องโทรทรรศน์ใด ๆ ในอดีต ซึ่งทำให้นักดาราศาสตร์รู้ว่าบรรยากาศบนดาวเคราะห์ดวงนั้นมีโมเลกุลของน้ำ, methane, CO และ CO2 หรือไม่ แต่ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังไม่เพียงพอที่จะบอกได้ว่า บนดาวดวงนั้นมีสิ่งมีชีวิตชั้นสูงหรือไม่

การที่โลกของเรามีสิ่งมีชีวิต เพราะพืชบนโลกใช้กระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสง (photosynthesis) ในการสร้างออกซิเจนให้บรรยากาศ และตลอดเวลาหลายพันล้านปีตั้งแต่ที่โลกถือกำเนิด แบคทีเรียดึกดำบรรพ์ (cyanobacteria) ในมหาสมุทรได้คายออกซิเจนออกมา ทำให้บรรยากาศโลกปัจจุบันมีออกซิเจนมากประมาณ 21% ซึ่ง

นับว่ามากจนมนุษย์ต่างดาวสามารถเห็นได้จากที่ไกล ดังนั้นถ้าต่างดาวจะมีสิ่งมีชีวิตเหมือนโลก นักชีววิทยาหลายคนคิดว่า บรรยากาศของดาวต้องมีออกซิเจน

แต่ก็ไม่จริงเสมอไป เพราะดาวเคราะห์ที่ยังไม่มีสิ่งมีชีวิตก็อาจจะมีออกซิเจนในบรรยากาศได้ และดาวเคราะห์ที่มีสิ่งมีชีวิตอาจไม่ปลดปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมาก็ได้ ดังสถานการณ์ที่เกิดบนโลกเมื่อ 2,000 ล้านปีก่อน เพราะในเวลานั้นจุลินทรีย์บนโลกก็ยังไม่ได้ผลิตออกซิเจน แล้วในเวลาต่อมาโลกก็มีสิ่งมีชีวิต

ดังนั้นเพื่อศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ต่างๆ นักชีววิทยาดาราศาสตร์จึงสนใจการใช้คอมพิวเตอร์สร้างดาวเคราะห์เสมือน (Virtual Planet Laboratory VPL) โดยสมมติให้มีแก๊สชนิดต่างๆ ในบรรยากาศบนดาวเคราะห์ แล้วให้แสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ จากดาวฤกษ์ส่งเข้าทำปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สเหล่านั้น เพื่อดูว่าจะมีสารประกอบอะไรเกิดขึ้นบ้าง และได้พบว่า ดาวเคราะห์ที่มีน้ำ เวลาได้รับความร้อนในปริมาณมากจากดาวฤกษ์ น้ำจะเดือดแล้วกลายเป็นไอ และถ้าไอน้ำได้รับรังสี ultraviolet ที่มีความเข้มสูง ไอน้ำจะแยกตัวเป็น hydrogen กับ oxygen แล้วไฮโดรเจนที่มีมวลน้อยจะหลุดหนีหายไปจากบรรยากาศ ทิ้งออกซิเจนที่มีมวลมากกว่าให้คงอยู่ในบรรยากาศในปริมาณมาก โดยที่ในเวลาเดียวกันนั้นดาวดวงนั้นก็ยังไม่มีสิ่งมีชีวิต

ถ้ามีการพบสารประกอบ methane กับออกซิเจนอยู่ด้วยกัน โอกาสการพบสิ่งมีชีวิตก็จะมีมาก กระนั้นกระบวนการสร้าง methane เพียงสิ่งเดียวก็ไม่จำเป็นว่าต้องมาจากสิ่งมีชีวิต เพราะอาจจะได้มาจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาก็ได้ ตามปกติ methane กับ oxygen เป็นโมเลกุลที่สามารถทำปฏิกิริยาเคมีกันได้โดยการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน ทำให้เกิด carbon dioxide และน้ำ และปฏิกิริยานี้จะเกิดในร่างกายของสิ่งมีชีวิต

แต่ก็มีนักวิทยาศาสตร์หลายคนที่คิดว่า การพิจารณาเฉพาะ oxygen กับ methane เท่านั้นเป็นการจำกัดความสามารถในการถือกำเนิดของสิ่งมีชีวิต เพราะได้มีการพบสิ่งมีชีวิตบนโลกทั้งในน้ำที่ร้อนมาก และที่เย็นจัด ดังนั้นการค้นหาสิ่งมีชีวิตต่างดาวจึงต้องคำนึงถึงสถานการณ์ที่ร้อนจัดและเย็นจัดด้วย และก็ได้พบว่า ถ้ามี carbon, nitrogen, oxygen, phosphorus, sulfur กับ hydrogen รวม 6 ธาตุ แล้วสิ่งมีชีวิตบนโลกก็สามารถใช้ธาตุเหล่านั้นผลิตสารประกอบต่างๆ ได้ประมาณ 600 ชนิด

สำหรับกรณีดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีขนาดเล็ก และมีบรรยากาศเบาบาง ทึบ กล้อง JWST อาจตรวจพบสิ่งมีชีวิตได้ ถ้าดาวเคราะห์ดวงนั้นโคจรรอบดาวแคระแดง (red dwarf) ที่ไม่ร้อนมาก และใกล้ดาวฤกษ์คล้ายดวงอาทิตย์ กล้องก็อาจถ่ายเห็นภาพของดาวเคราะห์ได้ ถ้าดาวเคราะห์อยู่ไกลจากดาวฤกษ์มาก กล้องก็จะไม่เห็นจึงต้องใช้กล้องโทรทรรศน์ Wide Field Infrared Survey Telescope (WFIRST) ที่ NASA จะส่งขึ้นไปในอวกาศประมาณปี 2025 โดยให้กล้องทำงานร่วมกับยาน starshade ที่ทำหน้าที่เป็น “ร่ม” บดบังแสงจากดาวฤกษ์ โดย starshade จะอยู่ห่างจากกล้อง WFIRST ประมาณ 50,000 กิโลเมตร

เทคนิคการถ่ายภาพดาวเคราะห์โดยตรงนี้ ดีกว่าเทคนิคการดูเหตุการณ์ดาวเคราะห์โคจรตัดหน้าดาวฤกษ์ เพราะถ้าดาวเคราะห์นั้นมีพืชชั้นต่ำ หรือจุลินทรีย์ แสงที่สะท้อนจากผิวดาวจะสามารถบอกได้ว่า มีสิ่งมีชีวิตบนดาวหรือไม่ เพราะพืชจะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 720 นาโนเมตรไป ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าพืชก็จะสะท้อนกลับถึง 50% กระนั้นนักวิทยาศาสตร์ก็ยังไม่มีเหตุผลว่า เหตุใดสิ่งมีชีวิตต่างดาวจะต้องเป็นพืชสีเขียวเสมอไป

กล้องโทรทรรศน์ที่โลกจะมีในทศวรรษหน้า ยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์ใดสามารถถ่ายภาพดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะได้โดยตรง

แต่ NASA ก็มีอีกโครงการหนึ่งชื่อ Habitable Exoplanet Imaging Mission (HabEx) ที่สามารถรับแสงได้หลายความยาวคลื่น คือ ตั้งแต่แสง ultraviolet (UV) ถึง infrared (IR) และกล้องมีร่มกาง (starshade) ซึ่งทำหน้าที่บังแสงจากดาวฤกษ์ ขณะถ่ายภาพ

ณ วันนี้เทคโนโลยีการค้นหาดาวเคราะห์คล้ายโลกที่อยู่นอกระบบสุริยะได้รุดหน้าไปมาก จนทำให้การค้นหาดาวเคราะห์ที่คล้ายโลก คือ มีมวลใกล้เคียงโลก และมีขนาดพอ ๆ กัน มีคาบการโคจรรอบดาวฤกษ์เช่นดวงอาทิตย์ โดยใช้เวลาในการโคจรรอบนาน 1 ปีเท่าโลก ซึ่งกำลังเป็นปัญหาดาราศาสตร์ที่น่าสนใจมากที่สุด เพราะทุกคนได้ประจักษ์แล้วว่า กล้องโทรทรรศน์อวกาศ Kepler ให้ข้อมูลเฉพาะขนาด (รัศมี) ของดาวเคราะห์ แต่ไม่สามารถวัดมวลของดาวเคราะห์ได้ ดังนั้น การวัดความหนาแน่นของดาวเคราะห์หรือการมีบรรยากาศของดาวเคราะห์ก็ยังไม่สามารถจะทำให้รู้ว่าบนดาวมีสิ่งมีชีวิตหรือไม่ นักดาราศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการค้นหาเพิ่มอีกมาก เช่น เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม ปี 2017 กล้องโทรทรรศน์ Discovery Channel ที่รัฐ Arizona ของอเมริกาได้ติดตั้งอุปกรณ์ spectrometer เพื่อวิเคราะห์แสงแบบ Extreme Precision หรือ EXPRESS และเมื่อเดือนตุลาคม ปี 2018 กล้องโทรทรรศน์ Very Large Telescope ที่ Chile ก็มีได้ติดตั้งอุปกรณ์ spectrometer แบบ Echelle Spectroscopy for Rocky Exoplanet เพื่อวิเคราะห์แสงจากดาวเคราะห์คล้ายโลกที่มีผิวดาวเป็นหินแข็ง อุปกรณ์ spectrograph ที่มีปริซึม และ grating เป็นองค์ประกอบหลักของกล้องสามารถกระจายแสงตามความยาวคลื่นออกเป็นแถบ spectrum โดยอาจมีเส้นสเปกตรัมสีดำปรากฏอยู่ (เรียก Fraunhoffer line) ในแถบ ซึ่งเกิดจากแก๊สที่อยู่ในบรรยากาศเหนือดาวเคราะห์ได้ดูดซับแสงจากดาวฤกษ์ไป

ดังนั้นถ้าดาวฤกษ์มีดาวเคราะห์อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงที่ดาวเคราะห์กระทำต่อดาวฤกษ์ จะทำให้ความเร็วของดาวฤกษ์เปลี่ยนแปลง (แม้จะน้อยนิดระดับเมตร/วินาที อุปกรณ์วัดความเร็วก็สามารถวัดได้) ความยาวคลื่นของแสงจากดาวฤกษ์จึงเปลี่ยนแปลง จนมีผลทำให้ความยาวคลื่นของสเปกตรัมเส้นมืดก็เปลี่ยนไปด้วย ดังนั้น การสังเกตดูความยาวคลื่นของเส้นมืดที่เปลี่ยนก็สามารถใช้บอกได้ว่า ดาวฤกษ์ดวงนั้นมีดาวเคราะห์หรือไม่

แต่เทคนิคนี้จะให้ผลดีที่สุด ถ้าดาวเคราะห์มีมวลมาก และโคจรอยู่ใกล้ดาวฤกษ์ ซึ่งจะทำให้แรงโน้มถ่วงระหว่างดาวเคราะห์กับดาวฤกษ์มีค่ามาก จนทำให้ความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลงปรากฏชัด ถ้าดาวเคราะห์มีขนาดเล็ก และโคจรอยู่ไกลจากฤกษ์ นักดาราศาสตร์จะเห็นการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นได้ไม่ชัด จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher (HARPS) ซึ่งขณะนี้ได้ถูกนำไปติดตั้งที่หอดูดาว La Sella Observatory ใน Chile แล้ว

ตลอดเวลา 10 ปีผ่านมานี้ กล้องโทรทรรศน์อวกาศ Kepler ได้ใช้วิธีวัดความเข้มแสงจากดาวฤกษ์ที่ลดลง เวลาดาวฤกษ์ประมาณ 145,000 ดวง มีดาวเคราะห์โคจรตัดหน้า และได้เห็นดาวเคราะห์ Gliese 581g ในกลุ่มดาว Libra ซึ่งอยู่ห่างจากโลก 20 ปีแสง กำลังโคจรอบดาวฤกษ์ Gliese 581 ที่เป็นดาวแคระแดง (red dwarf) ที่เป็นดาวฤกษ์ขนาดเล็กให้แสงน้อย เพราะปฏิกิริยา fusion บนดาวฤกษ์ชนิดนี้เกิดค่อนข้างช้า ด้านสว่างของดาวเคราะห์ดวงนี้มีอุณหภูมิ 64 องศาเซลเซียส และด้านมืดมีอุณหภูมิที่ -50 องศาเซลเซียส สำหรับ Gliese 581c ก็เป็นดาวเคราะห์อีกดวงหนึ่งที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 0-40 องศาเซลเซียส และเนื้อดาวเป็นหินแข็ง แต่นักดาราศาสตร์ยังไม่มั่นใจว่า บนดาวดวงนี้มีน้ำและบรรยากาศหรือไม่

ในอนาคต NASA จะส่งดาวเทียมชื่อ Transiting Exoplanet Surveying Satellite (TESS) ขึ้นอวกาศ และสมาพันธ์อวกาศแห่งยุโรป (ESA) ก็จะส่งดาวเทียม Characterising Exoplanets Satellite (CHEOPS) ขึ้นอวกาศเช่นกัน เพื่อช่วยกล้องโทรทรรศน์ที่อยู่บนโลกวัดมวลของดาวเคราะห์ที่เห็น เพราะมวลเป็นปัจจัยสำคัญที่จะบอกได้ว่าแรงโน้มถ่วงบนดาวเคราะห์สามารถทำให้ดาวมีบรรยากาศ น้ำ และดินให้สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้หรือไม่

นอกเหนือจากการสนใจค้นหาดาวฤกษ์ที่มีลักษณะเหมือนดวงอาทิตย์แล้ว นักดาราศาสตร์ก็ยังสนใจดาวฤกษ์ชนิดดาวแคระแดงด้วย เพราะเป็นดาวฤกษ์ที่มีขนาดเล็กที่ปล่อยรังสี infrared ออกมามาก แต่รังสีนี้มักถูกบรรยากาศที่มีไอน้ำดูดกลืนหมด ดังนั้นกล้องโทรทรรศน์บนโลกจึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ Near-Infrared Planet Search (NIPS) ในกล้องโทรทรรศน์ที่ Chile เพื่อรับรังสีอินฟราเรดโดยเฉพาะ

ในการค้นหาบรรยากาศของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะนั้น นักดาราศาสตร์ยังอาศัยเทคนิคที่ Mikhail Lomonosov ชาวรัสเซียเคยใช้ตั้งแต่วันที่ 6 มิถุนายน ปี 1761 เพราะ Lomonosov ได้พบว่า ขณะดาวศุกร์โคจรตัดหน้าดวงอาทิตย์ เขาได้เห็นเงาดำของดาวศุกร์มิได้เป็นขอบที่คมชัด แต่มัว ๆ เหมือนกับมีหมอกปกคลุม Lomonosov จึงเป็นบุคคลแรกที่พบการมีบรรยากาศเหนือดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ จนจวบวันนี้นักดาราศาสตร์ก็ยังใช้เทคนิคนี้ในการค้นหาโมเลกุลของน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งโมเลกุลอื่น ๆ ในสเปกตรัมของแสงที่มาจากบรรยากาศของดาวเคราะห์ที่ต้องสงสัย เมื่อได้ข้อมูล รัศมี มวล องค์ประกอบต่าง ๆ ของบรรยากาศ ระยะทางที่ดาวเคราะห์อยู่ห่างจากดาวฤกษ์ สนามแม่เหล็กของดาวเคราะห์ รวมถึงอุณหภูมิ แล้วข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาใช้สร้างแบบจำลองของสิ่งมีชีวิตที่สามารถจะเกิดได้บนดาว โดยอาศัยความรู้ด้านชีววิทยาที่นักวิทยาศาสตร์มี

นอกเหนือจากความรู้เดิม ๆ ที่ว่า ที่ใดมีน้ำ ที่นั่นมีชีวิต ซึ่งเป็นความรู้ที่ใช้ไม่ได้เสมอไปแล้ว เพราะถ้าโลกที่มีแต่น้ำ และไม่มี phosphorus หรือสารชนิดอื่น ก็ไม่สามารถมีสิ่งมีชีวิตได้ “โลก” ของสิ่งมีชีวิตจะต้องมีทั้งดิน น้ำ สารอาหาร เช่น phosphorus และ CH_4 เพื่อให้ plankton ได้ใช้ในการสร้าง oxygen ให้บรรยากาศแก่สิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์ใช้หายใจ

นับถึงวันนี้ ดาวเคราะห์ที่มีโอกาสจะมีสิ่งมีชีวิตมากที่สุด ได้แก่ ดาวเคราะห์ Ross 128 b ที่อยู่ห่างจากโลก 11 ปีแสง (3.4 parsecs) กับดาวเคราะห์ GJ 1132b ที่มีรัศมีประมาณ 1.1 เท่าของโลกและมีอุณหภูมิ 55 องศาสัมบูรณ์ ส่วนดาวเคราะห์ TRAPPIST 1c ซึ่งมีรัศมี 1.1 เท่าของโลก และมีอุณหภูมิ 300 องศาสัมบูรณ์นั้นก็เป็นดาวเคราะห์ที่มีลักษณะเหมือนโลกมาก แต่จะมีสิ่งมีชีวิตหรือไม่ การค้นหาหลักฐานเพิ่มเติมด้วยกล้องโทรทรรศน์อวกาศ James Webb Space Telescope จะให้คำตอบที่ชัดขึ้น

กระนั้นในการสำรวจความคิดเห็น 47% ของนักดาราศาสตร์ มีความเห็นว่าในปี 2040 โลกก็ยังไม่มั่นใจว่า มีสิ่งมีชีวิตนอกโลก อีก 29% คิดว่ามั่นใจ ที่เหลือ 24% มีความเห็นก้ำกึ่ง แต่เมื่อถึงปี 2050 ทุกคนมั่นใจว่าจะพบสิ่งมีชีวิตต่างโลกแน่นอน แต่สิ่งมีชีวิตในที่นี้ไม่ได้หมายความถึง สิ่งมีชีวิตที่มีสติปัญญาเหมือนคน

ความรู้ทั้งหลายนี้เกิดจากผลงานบุกเบิกของ Mayor และ Queloz

อ่านเพิ่มเติมจาก

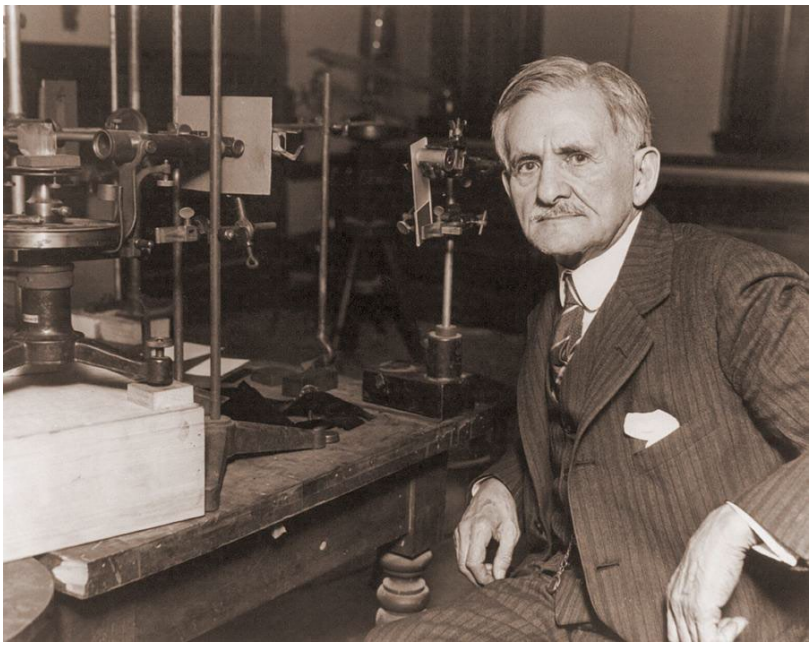
1. Quest for Second Earth โดย Robert Kunzig ใน Science ฉบับ 2 November 2017

2. "Planetary Systems Composite Data". NASA Exoplanet Archive. Retrieved 7 May 2026.

3. "NASA's Tally of Planets Outside Our Solar System Reaches 6,000 - NASA". 17 September 2025. Retrieved 16 February 2026

Albert Michelson (อัลเบิร์ต ไมเคลสัน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1907 จากการสร้างอุปกรณ์แทรกสอดของแสงแบบไมเคลสัน



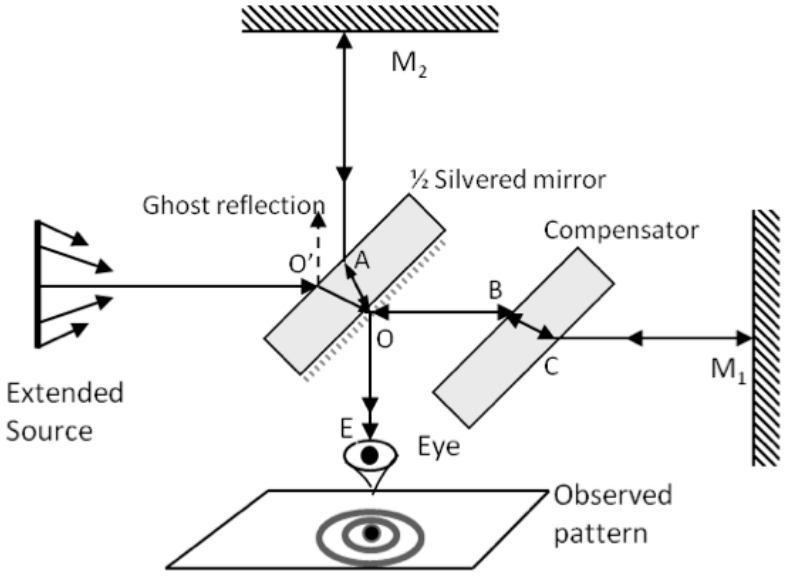
Albert Michelson ภาพจาก http://images.fineartamerica.com

หนังสือพิมพ์ The Now Yok Tine ฉบับต้นฤดูใบไม้ผลิของปี 1879 ได้ลงข่าวหน้าหนึ่งว่า วงการวิทยาศาสตร์อเมริกากำลังมีนักฟิสิกส์อัจฉริยะชื่อ A.A. Michelson ซึ่งในเวลานั้น มีอายุเพียง 27 ปี

คำพยากรณ์นี้ได้เป็นความจริง เพราะอีก 28 ปีต่อมา Michelson ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1907 จากผลงานการสร้างอุปกรณ์แทรกสอด (interferometer) ของแสงที่มีประโยชน์ต่อวงการวิทยาศาสตร์อย่างมหาศาล เช่น ได้พิสูจน์ว่าเอกภพไม่มี ether และความเร็วแสงมีค่าคงตัว ไม่ว่าผู้สังเกตที่วัดความเร็วนั้น ในการเคลื่อนที่ ๆ สม่ำเสมอจะมีความเร็วในทิศใด และการทดลองนี้ได้ช่วยให้ Einstein สามารถสร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษได้ในปี 1905

Albert Abraham Michelson เกิดเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม ปี 1852 ที่เมือง Strelno ที่อยู่ใกล้พรมแดนระหว่างเยอรมนีกับโปแลนด์ บิดาเป็นพ่อค้า เมื่ออายุ 4 ขวบ ครอบครัวได้อพยพไปตั้งรกรากในรัฐ California ของอเมริกา เพราะเวลานั้นเป็นยุคตื่นทอง ครอบครัว Michelson ได้ไปอยู่ที่ Murphy's Camp ซึ่งเป็นเมืองคาวบอยที่เป็นศูนย์ฝึกเด็กให้เป็นนักเลงมากกว่านักเรียน Michelson ได้พำนักอยู่ที่นั่นจนกระทั่งอายุ 14 ปี จึงย้ายไปเรียนต่อที่โรงเรียนมัธยมในเมือง San Francisco

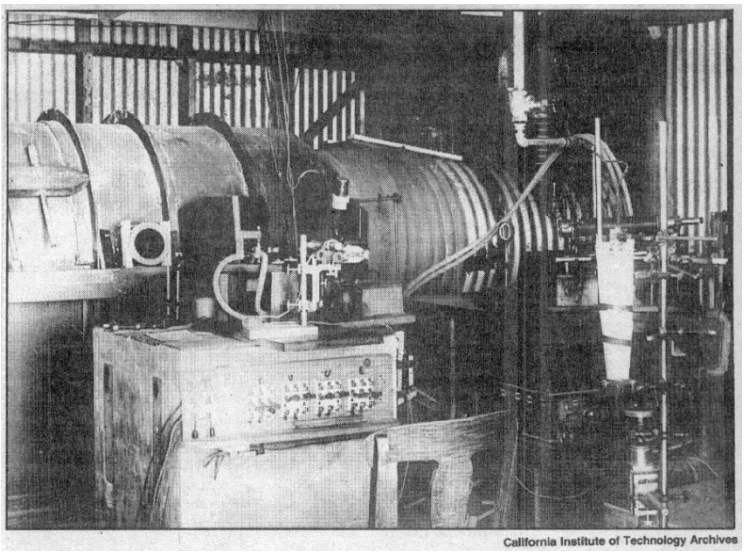
เมื่อเริ่มเรียนวิทยาศาสตร์เป็นครั้งแรก Michelson รู้สึกสนุกและชอบวิชานี้มาก การเป็นคนมีพรสวรรค์ในการประดิษฐ์อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ทำให้ได้งานเป็นเจ้าหน้าที่ดูแลอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน ได้เงินเดือน 3 เหรียญ ซึ่งนับว่าเพียงพอแล้วสำหรับอาหารและห้องพัก Michelson เอง ต้องการจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ แต่แม่ต้องการให้เรียนแพทย์ ด้านพ่อต้องการให้เรียนทหารที่สถาบัน U.S Naval Academy เมือง Annapolis ในรัฐ Maryland ดังนั้นเพื่อตามใจพ่อ Michelson วัย 17 ปี จึงตัดสินใจไปเรียนต่อที่โรงเรียนนายเรือ และสำเร็จการศึกษาในอีก 4 ปีต่อมา ต่อจากนั้นก็ได้ตัดสินใจเป็นทหารเรือเป็นเวลา 2 ปี แล้วกลับมาเป็นครูสอนฟิสิกส์ทีสถาบัน U.S Naval Academy เดิม โดยใช้ตำราฟิสิกส์ที่แปลมาจากหนังสือของ Adolphe Ganot ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส เพราะในสมัยนั้นอเมริกาไม่มีตำราฟิสิกส์ที่เรียบเรียงเป็นภาษาอังกฤษ แต่ตำราของ Ganot ก็มีแต่รูปภาพ และแทบไม่มีคำอธิบายเลย



แผนภาพแสดงการทำงานของอุปกรณ์แทรกสอดแบบ Michelson

ภาพจาก https://www.physicsbootcamp.org

เมื่ออายุ 22 ปี Michelson ได้แต่งงานกับ Margaret M. Hemingway แต่ชีวิตคู่กลับไม่มีความสุข จึงเดินทางไปศึกษาต่อที่ฝรั่งเศส และทิ้งภรรยาให้อยู่ที่วิทยาลัยตามลำพัง การตัดสินใจเดินทางไปฝรั่งเศสในครั้งนั้นเพราะ Michelson สนใจการหาความรู้ทางวิชาทัศนศาสตร์มาก และที่ฝรั่งเศสมีนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงโด่งดังมากทางด้านนี้ เช่น Augustine Fresnel, Armand Fizeau และ Jean Foucault ขณะศึกษาที่นั่น Michelson ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ interferometer ที่ใช้แสดงปรากฏการณ์แทรกสอดของแสง อุปกรณ์ที่ Michelson ประดิษฐ์ในเวลาต่อมาเป็นที่รู้จักในนาม Michelson interferometer ที่นักฟิสิกส์ใช้วัดความยาวคลื่นแสง ตลอดจนถึงใช้วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวฤกษ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าดวงอาทิตย์ถึง 250 เท่าได้



อุปกรณ์แทรกสอดแบบ Michelson ที่ใช้วัดความเร็วแสง

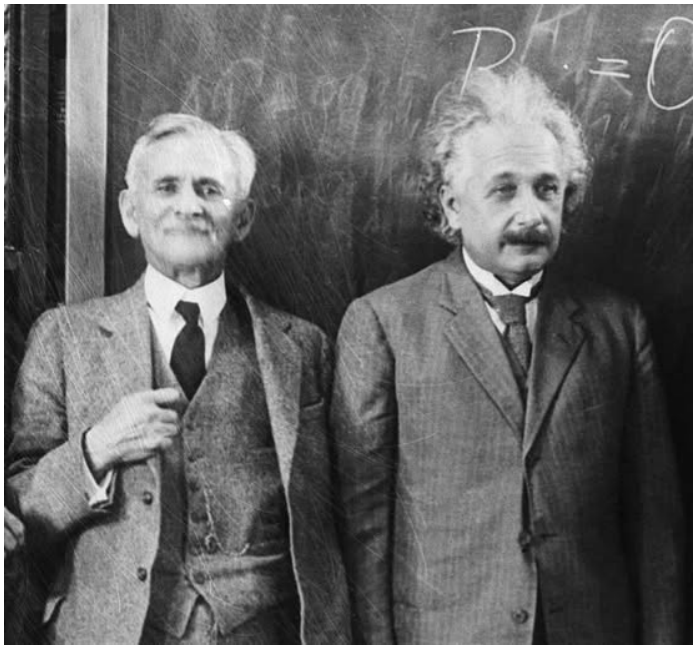
ภาพจาก http://oisc.net/Speed_of_Light.htm

ในช่วงเวลาที่ Michelson เป็นนิสิตนั้น วงการฟิสิกส์มีความเชื่อว่านักฟิสิกส์ได้พบกฎฟิสิกส์ทั้งหลายจนหมดสิ้นแล้ว และโลกฟิสิกส์ไม่มีปรากฏการณ์ประหลาดใด ๆ จะให้พบเห็นอีก ดังนั้นปราชญ์ เช่น Lord Kelvin (1824-1907) จึงเชื่อว่านักฟิสิกส์จะทำวิจัยในอนาคตก็เพื่อวัดปริมาณต่าง ๆ ให้ละเอียดขึ้น โดยมีทศนิยมตำแหน่งมากขึ้นเท่านั้นเอง

แต่ในเวลานั้นวงการฟิสิกส์กำลังมีปัญหา “ใหญ่” คือ ether ซึ่งเป็นสสารที่ James Clerk Maxwell (1831-1879) เชื่อว่ามีอยู่ทั่วในเอกภพ เพื่อให้แสงเคลื่อนที่ผ่าน เพราะทุกคนรู้ดีว่าคลื่นทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นคลื่นเชือก คลื่นเสียง หรือคลื่นน้ำต่างก็ต้องการตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังนั้นแสงที่ Augustus Fresnel (1788-1827) และ Thomas Young (1773-1829) ได้ทดลองพบว่าเป็นคลื่นนั้น ก็ย่อมต้องการตัวกลางนามว่า ether ในการเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลกเช่นกัน ในเวลาต่อมา แม้นักฟิสิกส์จะพยายามค้นหา ether สักเพียงใด ก็ไม่พบ ether แม้แต่ความพยายามจะวัดสมบัติต่าง ๆ ของ ether ก็ไม่สามารถทำได้เลย กระนั้นทุกคนก็เชื่อว่าเอกภพมี ether อย่างแน่นอน เพียงแต่อุปกรณ์ที่ใช้ในการหา มีคุณภาพไม่ดีและไม่ไวพอ

ในปี 1880 Michelson ได้ตัดสินใจจะค้นหา ether โดยใช้อุปกรณ์แทรกสอดที่ตนออกแบบ ซึ่งใช้วิธีแยกลำแสงหนึ่งออกเป็นสองลำแสงย่อย ให้พุ่งไปคนละทาง แล้วให้สะท้อนที่กระจกราบกลับมารวมกัน ถ้าแสงเป็นคลื่นและรวมกันอย่างเข้าจังหวะ ผลรวมก็จะเสริมกัน แต่ถ้าแสงทั้งสองขณะรวมกันมีจังหวะตรงกันข้าม คลื่นก็จะทำลายกัน ทำให้เกิดปรากฏการณ์แทรกสอดที่มีริ้วมืดและริ้วสว่าง เมื่อ Michelson ตระหนักว่า ถ้าเอกภพมี ether จริง ความเร็วของ ether ในอวกาศ จะทำให้ริ้วการแทรกสอดเคลื่อนที่เวลาจับอุปกรณ์แทรกสอดหมุน แต่เขาไม่ได้เห็นการเลื่อนของริ้วมืด ริ้วสว่างเลย ดังนั้นเขาจึงรู้ว่าเอกภพไม่มี ether ในปี 1881 Michelson ได้เขียนบทสรุปที่เป็นองค์ความรู้นี้ในวารสาร American Journal of Science โดยใช้หัวเรื่องว่า “The hypothesis of a stationary ether is thus shown to be incorrect.”

แม้ว่า Lord Rayleigh (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ 1904) และ Lord Kelvin จะเชื่อในผลการทดลองของ Michelson แต่นักฟิสิกส์คนอื่น ๆ เช่น George Fitzgerald (1851-1901) แห่งมหาวิทยาลัย Dublin และ Hendrik Lorentz (1853-1928) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1902) แห่งมหาวิทยาลัย Leiden ในเนเธอร์แลนด์ ต่างปฏิเสธไม่ยอมรับ โดยยืนยันว่าเอกภพมี ether แน่นอน และการที่ริ้วการแทรกสอดไม่เลื่อนเลยนั้น เพราะแขนข้างหนึ่งของอุปกรณ์แทรกสอดได้ “หดตัว” การอธิบายของ Lorentz กับ Fitzgerald ในลักษณะนี้ ได้ทำให้ทุกคนรู้สึกไม่สบายใจ ดังนั้นนักฟิสิกส์ทุกคนจึงตั้งหน้าตั้งตาคอยหลักฐานจากการทดลองและคำอธิบายเพิ่มเติม



Albert Michelson (ซ้าย) ผู้วัดความเร็วแสงได้ และ Albert Einstein (ขวา) ได้ใช้องค์ความรู้นี้ใน การกำหนดว่า ความเร็วแสงมีค่าคงตัว ภาพจาก Facebook: Albert Einstein

ในปี 1905 Albert Einstein (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1921) ได้เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ โดยได้อ้างถึงการทดลองของ Michelson กับ Edward Morley (1838-1923) (ซึ่งเป็นผู้ช่วยของ Michelson) ว่าไม่มี ether ในเอกภพ Einstein ยังได้เสนอสมมติฐานอีกว่า คนทุกคนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ไม่ว่าจะด้วยความเร็วเท่าใดก็ตาม จะวัดความเร็วของแสงได้ค่าเท่ากันเสมอ เมื่อ Einstein ผนวกข้อเสนอนี้กับหลักสัมพัทธภาพที่แถลงว่า สำหรับผู้สังเกตทุกคนที่มีความเร็วสัมพัทธ์คงตัว กฎฟิสิกส์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์เดียวกัน จะต้องมีรูปแบบเดียวกันเสมอ โลกก็มีทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ

Michelson ตามปกติมีบุคลิกภาพที่แตกต่างจากนักวิทยาศาสตร์ทั่วไป เพราะเป็นคนที่แต่งตัวเรียบร้อย พูดจาตรงไปตรงมา ยิ้มง่าย และชื่นชมคนนิสัยดี แต่ถ้าพบปะคนที่มีนิสัยไม่ซื่อตรง หรือชอบอวดตน Michelson จะวิพากษ์วิจารณ์ นอกจากนี้ก็เป็นคนรักชาติด้วย เช่น เมื่อครั้งที่เรือราชนาวีสหรัฐถูกระเบิดจมลงในอ่าว Havana การ

สอบสวนหาผู้กระทำผิดไม่สามารถระบุได้ว่าใครเป็นคนวางระเบิด นายทหารหลายคนได้สงสัยทหารสเปน ทางมหาวิทยาลัย Chicago ได้เชิญ Michelson ไปแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และ Michelson ได้ให้ความเห็นด้วยน้ำเสียงที่สั่นเครือ และได้เรียกร้องให้สหรัฐอเมริกาประกาศสงครามกับสเปน

แม้จะรักชาติมากสักปานใด แต่ Michelson ก็รักฟิสิกส์มากกว่า ดังจะเห็นได้จากสมุดบันทึกในห้องปฏิบัติการที่เขียนเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม ปี 1879 (ซึ่งเป็นวันชาติของสหรัฐ) ว่าขณะที่ผู้คนทั้งประเทศกำลังสนุกสนานร่าเริง Michelson ก็ยังทำงานในห้องปฏิบัติการวัดความเร็วแสง เสมือนจะให้โลกรู้ว่า นักฟิสิกส์ควรทำงานตลอดเวลาโดยไม่คำนึงถึงงานเฉลิมฉลองใด ๆ

เมื่ออายุ 40 ปี Michelson ได้ตอบรับคำเชิญเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัย Chicago ชื่อเสียงของ Michelson ได้ชักนำนิสิตมาเรียนที่นั่นเป็นจำนวนมาก แต่ Michelson ไม่ชอบสอนนิสิตจำนวนมาก จึงได้ขอให้ Robert Millikan (1868-1953) (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1923) มาร่วมสอนด้วย และได้ขอให้ Millikan คุมวิทยานิพนธ์แทนตน โดยให้เหตุผลว่า ถ้านิสิตต้องทำวิจัยโจทย์ที่ Michelson สนใจ นิสิตก็อาจตอบปัญหาผิดพลาด แต่ถ้าได้ผล นิสิตก็จะอ้างว่านิสิตเป็นคนทำทุกสิ่งทุกอย่าง ด้วยเหตุนี้ Michelson จึงไม่อยากเกี่ยวข้องกับงานคุมวิทยานิพนธ์ และได้กล่าวสรุปว่าถ้า Millikan รับงานคุมนี้ด้วย Michelson ก็จะสำนึกบุญคุณไปจนตลอดชีวิต ในที่สุด Millikan ก็ตอบรับ

จากนั้น Michelson ก็ได้อุทิศตนทำงานวิจัยฟิสิกส์ โดยไม่ต้องสอนหนังสือ และปฏิเสธงานบริหารทุกรูปแบบ เวลาภาควิชามีการประชุมอาจารย์ Michelson มักจะไม่เข้าประชุม แม้จะเป็นเวลา 4 โมงเย็นแล้วก็ตาม Michelson ก็ยังทดลองวัดความเร็วแสง

จนได้พบว่ามีค่า 299,853.30 กิโลเมตร/วินาที (ความเร็วแสงที่เป็นที่ยอมรับ ณ เวลานี้ คือ 299,792.458 กิโลเมตร/วินาที) ผลงานนี้ทำให้ Michelson ได้รับ Copley Medal จากสมาคม Royal Society ในปี 1910

ตั้งแต่ ปี 1901-1903 Michelson ได้รับตำแหน่งนายกสมาคมฟิสิกส์ของอเมริกา (American Physical Society) และเป็นประธานของสมาคม American Association for the Advancement of Science ถึงปี 1910 ก็ได้เป็นประธานของ National Academy of Science ประจำปี 1923-1927

ในปี 1926 Michelson วัย 74 ปี ได้ทดลองวัดความเร็วแสงในท่อสุญญากาศที่เชื่อมต่อระหว่างภูเขา Wilson กับภูเขา San Antonio ที่อยู่ห่างออกไป 35 กิโลเมตร นี่เป็นการวัดความเร็วแสงในสุญญากาศ ภายในท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 1 เมตร และมีความยาว 1.6 กิโลเมตร ในเวลานั้นสุขภาพของ Michelson ได้ทรุดลงมากแล้ว จึงได้ขอให้ F. Pearson เข้ามาร่วมวัดด้วย ถึงปี 1930 หลังจากที่ได้วัดความเร็วแสงนับหลายร้อยครั้ง Michelson กับ Pearson ก็วัดค่าความเร็วแสงว่าได้เท่ากับ 299,774 กิโลเมตร/วินาที

งานวิจัยนี้ได้ใช้งบประมาณ 15,000 ดอลลาร์ และได้ลงตีพิมพ์เผยแพร่ โดยใช้ชื่อเดียวกับผลงานที่ลงพิมพ์ในวารสารของ Academy of Science ที่ Annapolis คือ “On a Method of Measuring the Velocity of Light”

Michelson เสียชีวิตเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม ปี 1931 ซึ่งเป็นเวลาที่โลกได้ก้าวเข้าสู่ยุคนิวเคลียร์แล้ว หลังจากที่ Niels Bohr และ Enrico Fermi ได้พบปรากฏการณ์ fission

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Master of Light. A Biography of Albert A. Michelson โดย D.M. Livingston จัดพิมพ์โดย Scribner ปี 1973

2. Kolesnichenko, Pavel; Wittenbecher, Lukas; Zigmantas, Donatas (2020). "Fully symmetric dispersionless stable transmission-grating Michelson interferometer". Optics Express. 28 (25): 37752–37757. Bibcode:2020OExpr..2837752K. doi:10.1364/OE.409185. PMID 33379604

Henry Moseley (เฮนรี โมสลีย์)

ผู้พบวิธีนับจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอม เพื่อบอกชนิดของธาตุ

Henry Moseley ภาพจาก www.famousscientists.org

ในฤดูร้อนของปี 1914 H.J. Moseley หนุ่มอังกฤษ วัย 27 ปี ได้เดินทางไปออสเตรเลียกับมารดา เพื่อเข้าร่วมการประชุมที่จัดขึ้นโดย The British Association for the Advancement of Science ที่นคร Sydney ทันทีที่เดินทางถึงออสเตรเลีย Moseley ได้ทราบข่าวว่า อังกฤษประกาศสงครามกับเยอรมนี เหตุการณ์นี้ทำให้รู้ว่า เขาต้องเดินทางกลับอังกฤษเพื่อเข้าเป็นทหาร แต่ยังกลับไม่ได้ เพราะต้องนำเสนอรายงานในที่ประชุมเรื่อง โครงสร้างของนิวเคลียสของธาตุก่อน

ดังนั้น เมื่อการประชุมสิ้นสุด Moseley ได้รีบเดินทางกลับ และอาจารย์กับเพื่อนๆ ได้ชี้แจงว่า Moseley อาจช่วยชาติได้มากกว่าโดยการทำงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ คือ ไม่จำเป็นต้องเป็นทหารกองหน้า แต่ Moseley ต้องการต่อสู้กับทหารข้าศึกโดยตรง ดังนั้นเมื่อได้รับอนุญาตจากกระทรวงกลาโหม Moseley ในฐานะวิศวกรสื่อสารแห่งกองทัพบกอังกฤษก็ได้เดินทางไป Gallipoli เมื่อวันที่ 13 มิถุนายน ปี 1915

ในจดหมายที่เขียนถึงมารดา Moseley มิได้กล่าวถึงความยากลำบาก หรือความสยดสยองของสงครามในสมรภูมิที่ช่องแคบ Dardanelles เลย แต่กล่าวถึงธรรมชาติของป่า และสัตว์ที่เห็น เพราะ Moseley สนใจธรรมชาติมาก โดยได้รับแรงจูงใจจากเพื่อนสนิท ชื่อ Julian Huxley และ Charles Galton Darwin ผู้เป็นหลานของสองนักชีววิทยาผู้ยิ่งใหญ่ แต่หลังจากเวลาผ่านไปไม่ถึง 2 เดือน มารดาก็ไม่ได้รับจดหมายจาก Moseley อีกเลย

เพราะในวันที่ 10 สิงหาคม ปี 1915 Moseley ถูกยิงที่ศีรษะ ขณะนอนบาดเจ็บที่อ่าว Suvla Bay Moseley พยายามส่งข่าวถึงเพื่อน ๆ ในสงครามว่า กองทหารตุรกีที่อยู่ห่างออกไป 200 เมตร กำลังจะโจมตีกองทัพอังกฤษ

พินัยกรรมของ Moseley ได้ระบุว่า ขอมอบอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสมบัติส่วนตัวทุกชิ้นให้สมาคม Royal Society ใช้วิจัยด้านพยาธิวิทยา สรีรวิทยา เคมี และฟิสิกส์ แต่ไม่ให้ใช้วิจัยด้านดาราศาสตร์และคณิตศาสตร์

เมื่อ R.A. Millikan (ผู้พิชิตรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี 1923 จากผลงานการวัดประจุของอิเล็กตรอน) ทราบข่าวการเสียชีวิตของ Moseley เขากล่าวว่า สงครามได้ฆ่านักวิทยาศาสตร์หนุ่มวัย 27 ปี อย่างน่าเสียดาย เพราะ Moseley ได้เปิดประตูโลกของนิวเคลียส ส่วน Ernest Rutherford ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของ Moseley ก็ได้กล่าวว่า กระทรวงกลาโหมอังกฤษได้ใช้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของ Moseley ไปในทางที่ผิด

Moseley เกิดเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน ปี 1887 เมื่ออายุ 4 ขวบ บิดา Henry Notidge Moseley ผู้เป็นศาสตราจารย์กายวิภาคศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัย Oxford ได้ถึงแก่กรรมด้วยโรคเส้นเลือดในสมองแตก Moseley จึงอยู่ในความดูแลของมารดาแต่

เพียงผู้เดียว และได้เข้าโรงเรียนประจำที่ Weymouth เมื่ออายุ 13 ปี Moseley ได้ไปศึกษาต่อที่โรงเรียนมัธยม Eton ด้วยทุนเล่าเรียนหลวง และพบว่า รักคณิตศาสตร์มาก โดยเฉพาะวิชาพีชคณิต เพราะสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องมีครูสอน

โล่แสดงห้องปฏิบัติการของ Moseley ณ มหาวิทยาลัย Manchester ในอังกฤษ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

หลังจากเรียนที่ Eton 5 ปี Moseley ได้ทุนไปเรียนต่อที่ Trinity College แห่งมหาวิทยาลัย Oxford และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยคะแนนเกียรตินิยมอันดับหนึ่ง จากนั้นใฝ่ฝันจะเป็นนักเคมีนิวเคลียร์จึงเดินทางไปหา Ernest Rutherford ที่มหาวิทยาลัย Manchester เพื่อขอทำวิจัยภายใต้การแนะนำของปราชญ์ผู้รู้เรื่องอะตอมมากและดีที่สุดในโลก

ภาพถ่ายกลุ่มวิจัยของ Ernest Rutherford (นั่งกลางแถวที่สอง) กับ Henry Moseley (คนที่สองแถวหน้าจากซ้าย) ณ มหาวิทยาลัย Manchester เมื่อปี 1912

ภาพจาก AIP Emilio Segre Visual Archives

Rutherford ให้ Moseley วิจัยเรื่อง ธรรมชาติของกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นเรื่องที่ Rutherford สนใจมากที่สุดในขณะนั้น และได้วางแผนฝึกฝน Moseley ด้วยการให้ทำโจทย์วิจัยต่าง ๆ ในเบื้องต้น Rutherford ให้ Moseley วัดจำนวนอิเล็กตรอนที่เรเดียม 1 อะตอมปล่อยออกมา เวลาสลายตัว

Moseley ทำงานอย่างทุ่มเทในห้องปฏิบัติการตั้งแต่เช้าวันจันทร์ถึงเย็นวันศุกร์ ส่วนวันเสาร์-อาทิตย์ให้เป็นเวลาสำหรับการเดินทางไปเยี่ยมมารดา เมื่อเวลาผ่านไปหนึ่งปี Moseley ได้นำผลงานนี้เสนอในที่ประชุมของ Royal Society ว่า เรเดียม 1 อะตอม โดยเฉลี่ยจะปล่อยอิเล็กตรอนออกมา 1 ตัว รายงานนี้ทำให้ Sir William Crookes ผู้ซึ่งเป็นนายกของสมาคม Royal Society ออกปากชมเชย

ต่อมา Rutherford ให้ Moseley ได้วัดครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี actinium ที่สลายตัวเร็ว จนอุปกรณ์ทั่วไปวัดเวลาครึ่งชีวิตของมันไม่ได้ Moseley จึงต้องออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดด้วยตนเอง จนในที่สุดก็พบว่า ธาตุนี้มีครึ่งชีวิตสั้นกว่า 0.002 วินาที

ในปี 1912 Max von Laue แห่งมหาวิทยาลัย Zurich ในสวิสเซอร์แลนด์ได้พบว่า เวลารังสีเอ็กซ์ ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นกว่าแสงที่ตาเห็นประมาณ 10,000 เท่า ตกกระทบผลึก ระนาบของอะตอมในผลึกจะทำหน้าที่เสมือนเกรตติง (grating) ที่สามารถเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ได้ ซึ่งองค์ความรู้นี้ William Henry Bragg และ William Lawrence Bragg สองพ่อลูกแห่งมหาวิทยาลัย Leeds ในอังกฤษได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกเกลือแกงจนพบว่า ผลึกเกลือแกงมีโครงสร้างรูปลูกบาศก์ที่มีด้านๆ หนึ่งยาวประมาณ 10^(-10) เมตร Moseley จึงคิดใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์โดยผลึกนี้ หาโครงสร้างของผลึกเกลือของ platinum บ้าง

ในปี 1911 Rutherford ได้พบว่า อะตอมมีนิวเคลียสซึ่งมีประจุบวก และ Rutherford กับลูกศิษย์ก็ยังพบอีกว่า ถ้ามวลเชิงอะตอมของธาตุมีค่ายิ่งมาก นิวเคลียสก็ยิ่งมีจำนวนโปรตอนมากด้วย แต่ไม่มีใครในโลกรู้วิธีนับจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส

Rutherford จึงเสนอปัญหานี้ให้ Moseley หาคำตอบ Moseley คิดจะใช้รังสีเอ็กซ์ที่ธาตุต่างๆ ปล่อยออกมาเป็นพื้นฐานในการวิจัย โดยใช้ความรู้ที่ว่า ตามปกติสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์จะประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่อิเล็กตรอนที่เป็นกระสุนถูกเร่งหรือถูกหน่วงจึงปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลายความถี่ออกมาอย่างต่อเนื่อง และส่วนที่สองซึ่งเกิดจากการที่อิเล็กตรอนในวงโคจรนอก ๆ กระโจนสู่ที่ว่างในวงโคจรวงใน ซึ่งเกิดจากการที่อิเล็กตรอนกระสุนพุ่งชนอิเล็กตรอนเป้าจนกระเด็นหลุดไปจากอะตอม การเปลี่ยนวงโคจรที่อยู่ห่างกันมากนี้ทำให้เกิดรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของธาตุที่เป็นเป้า รังสีนี้เป็นที่รู้จักในนามว่า รังสีเอ็กซ์ลักษณะเฉพาะ (characteristic x-ray) Moseley ใช้รังสีนี้ในการหาจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส

เพราะธาตุที่ต้องใช้ในการทดลองมีมาก ดังนั้น Moseley จึงต้องทำงานทั้งกลางวันและกลางคืนนานถึงวันละ 15 ชั่วโมง และได้บอกมารดาว่าไม่มีเวลากลับบ้านบ่อยเหมือนเดิมแล้ว เพราะต้องทำงานหนัก

ภายในเวลาเพียง 6 เดือน Moseley ก็ประสบความสำเร็จในการใช้ธาตุ 38 ธาตุเป็นเป้า เพื่อผลิตรังสีเอ็กซ์ที่ทุกธาตุให้คลื่นที่มีลักษณะเฉพาะ และทดลองจนได้ข้อสรุปว่า ธาตุต่างชนิดจะให้รังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นลักษณะเฉพาะแตกต่างกัน ธาตุที่มีมวลเชิงอะตอมมากจะให้ความยาวคลื่นลักษณะเฉพาะสั้น ซึ่งเมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของคลื่นลักษณะเฉพาะกับ (Z-1)^2 (เมื่อ Z เป็นเลขเชิงอะตอมของธาตุ ซึ่งก็คือจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส) กราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรง นั่นแสดงว่า ความสัมพันธ์นี้ใช้ได้กับธาตุตั้งแต่ อะลูมิเนียม (Al) จนกระทั่งถึงทองคำ (Au)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง Moseley ได้เดินทางกลับ Oxford เพื่อพักผ่อน และนี่คือผลงานสำคัญชิ้นสุดท้ายในชีวิตที่ Moseley ทำ ซึ่งได้แสดงให้เห็นชัดเจนว่า นิวเคลียสของทุกธาตุมีปริมาณๆ หนึ่งที่จะเพิ่มอย่างสม่ำเสมอ สิ่งนั้นคือ เลขเชิงอะตอมของธาตุ

ในปี 1912 Moseley วัย 26 ปี ได้ตีพิมพ์กฎของเลขเชิงอะตอม (Law of Atomic Number) ที่แสดงให้เห็นว่า ตารางธาตุของ Mendeleev ที่ใช้มวลเชิงอะตอมเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับนั้นไม่ถูกต้อง และผิดพลาดหลายที่ นักเคมีควรใช้ตารางธาตุที่มีการจัดลำดับของธาตุตามจำนวนโปรตอน (เลขเชิงอะตอม) ที่มีในนิวเคลียสของธาตุมากกว่า

ตารางธาตุของ Moseley มีธาตุแรกคือ hydrogen ซึ่งมีเลขเชิงอะตอม = 1 และธาตุสุดท้ายคือ uranium ซึ่งมีเลขเชิงอะตอม = 92

ตารางธาตุของ Moseley ยังแสดงให้เห็นว่า เลขเชิงอะตอมของ potassium = 19 และของ argon =18 จากเดิมที่นักเคมีเคยคิดว่าธาตุที่ 19 คือ argon และธาตุที่ 18 คือ potassium

ส่วนธาตุ coronium, nebulium, cassiopium และ asterium ที่นักดาราศาสตร์อ้างว่าพบในดาวฤกษ์นั้น ไม่มีในธรรมชาติ แต่ในขณะเดียวกัน ธาตุ cobalt, nickel, iodine และ tellurium ก็ถูกจัดลำดับใหม่ เพราะตารางธาตุเดิมนักเคมีจัดลำดับผิด

ตารางธาตุของ Moseley จึงแสดงให้เห็นว่า เลขเชิงอะตอม เป็นปริมาณสำคัญที่น่าเชื่อถือ เพราะนักทดลองสามารถวัดได้ละเอียดและถูกต้องยิ่งกว่ามวลเชิงอะตอม ความสำเร็จนี้ได้รับการตอกย้ำเมื่อ George Urbain แห่งมหาวิทยาลัย Paris ได้เดินทางมาปรึกษา Moseley ว่า ในตารางระหว่าง barium และ tantalum มีธาตุอีก 15 ธาตุที่มีสมบัติเคมีใกล้เคียงกันมาก จน Mendeleev เองก็ไม่สามารถจัดลำดับธาตุเหล่านี้ได้ แต่เมื่อ Moseley ได้วิเคราะห์บรรดาธาตุหายาก (rare earth) เขาใช้เวลาเพียง 2 วันก็สามารถสรุปได้ว่า ธาตุ erbium, thallium, ytterbium และ lutetium ที่ Urbain ได้พยายามจัดลำดับนั้น มีเลขเชิงอะตอมเท่ากับ 68, 69, 70 และ 71 ตามลำดับ หลังจากนั้นนักเคมีคนอื่นๆ ก็ได้ศึกษารังสีเอ็กซ์ลักษณะเฉพาะของธาตุ rare earth ที่เหลือและพบว่า

เลขเชิงอะตอมของ La lanthanum = 57, Ce cerium = 58, Pr praseodymium = 59, Nd neodymium = 60, Pm promethium = 61, Sm samarium = 62, Eu europium = 63, Gd gadolinium = 64, Tb terbium = 65,

Dy dysprosium = 66, Ho holmium = 67, Er erbium = 68, Tm thalium = 69, Yb ytterbium = 70 และ Lu lutetium = 71

ตารางธาตุของ Moseley ได้ช่วยให้นักเคมีพบธาตุที่มีเลขเชิงอะตอม 43, 61, 72, 75, 85, 87 และ 91 อันได้แก่ธาตุ technetium, promethium, hafnium, rhenium, astatine, francium และ protactinium

โดยในปี 1917 Otto Hahn และ Lise Meitner พบ protactinium

ปี 1923 George von Hevesy กับ Dirk Coster พบ hafnium

ปี 1925 Walter Noddack กับ Ida Tacke พบ rhenium

ปี 1937 Perrier, Segre และ Cacciapuoti พบ technetium

ปี 1939 Marguerite Perey พบ francium

และในปี 1940 E. Segre พบ astatine

ผลงานของ Moseley ได้นำเลขเชิงอะตอมเข้าใช้มาแทนมวลเชิงอะตอมในการจัดลำดับของธาตุ เหมือนดังที่ J.J. Thomson ได้พบว่า อะตอมของธาตุทุกชนิดมีอิเล็กตรอน และ Ernest Rutherford ได้พบว่า อะตอมของธาตุทุกชนิดมีโปรตอน ด้าน Moseley ก็ได้พบว่า จำนวนโปรตอนที่มีในนิวเคลียส (เลขเชิงอะตอม) มิใช่มวลเชิงอะตอม คือปริมาณสำคัญที่ใช้ระบุชนิดของธาตุ และชนิดของ isotope ได้ เพราะ isotope อาจมีมวลเชิงอะตอมแตกต่างกัน เช่น neon ซึ่งมีมวลเชิงอะตอมแตกต่างกัน คือ 20 กับ 22 แต่ธรรมชาติมี 20Ne และ 22Ne อยู่ 90% กับ 10% ตามลำดับ ดังนั้น มวลเชิงอะตอมโดยเฉลี่ยจึงเป็น 20.2

ผลงานของ Moseley ทำให้นักฟิสิกส์รู้วิธีนับจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมของทุกธาตุ และผลงานนี้ทำให้วิชาเคมีและฟิสิกส์อะตอมมีความเป็นเอกภาพ และตารางธาตุมีหลักการในการจัดอันดับธาตุอย่างสมบูรณ์อีกทั้งช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถค้นหาธาตุชนิดใหม่ได้ด้วย

ถ้า Moseley ยังมีชีวิตอยู่ เขาคงได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์หรือเคมีอย่างแน่นอน เพราะในปี 1915 Svante Arrhenius ได้เสนอชื่อให้ Moseley ได้รับรางวัลโนเบลทางฟิสิกส์และเคมี แต่ในปีนั้นรางวัลตกเป็นของ 2 พ่อ - ลูกตระกูล Bragg

เมื่อถึงปี 1916 คนที่ได้รับการเสนอชื่อได้แก่ Einstein, Perrin, Planck และ Stark แต่สถาบันโนเบลแห่งสวีเดนไม่มอบรางวัลในปีนั้นให้ใคร เพราะยุโรปกำลังอยู่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง

เมื่อถึงปี 1917 ได้มีการเสนอชื่อ Einstein, Planck และ Stark รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ส่วน Nernst รับทางเคมี ซึ่งสถาบันโนเบลไม่ให้รางวัลโนเบลสาขาเคมีในปีนั้น แต่ให้ทางฟิสิกส์แก่ C.G. Barkla ในฐานะผู้พบรังสีเอ็กซ์ลักษณะเฉพาะของธาตุ ทั้งๆ ที่ Barkla ได้รับการเสนอชื่อโดย Rutherford เพียงคนเดียว และ Moseley ได้ใช้องค์ความรู้ที่ Barkla พบเป็นรากฐานในการนับจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส

ดังนั้นจึงเป็นไปได้มากว่า ถ้า Moseley ยังมีชีวิตอยู่ เขาคงได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ร่วมกับ Barkla

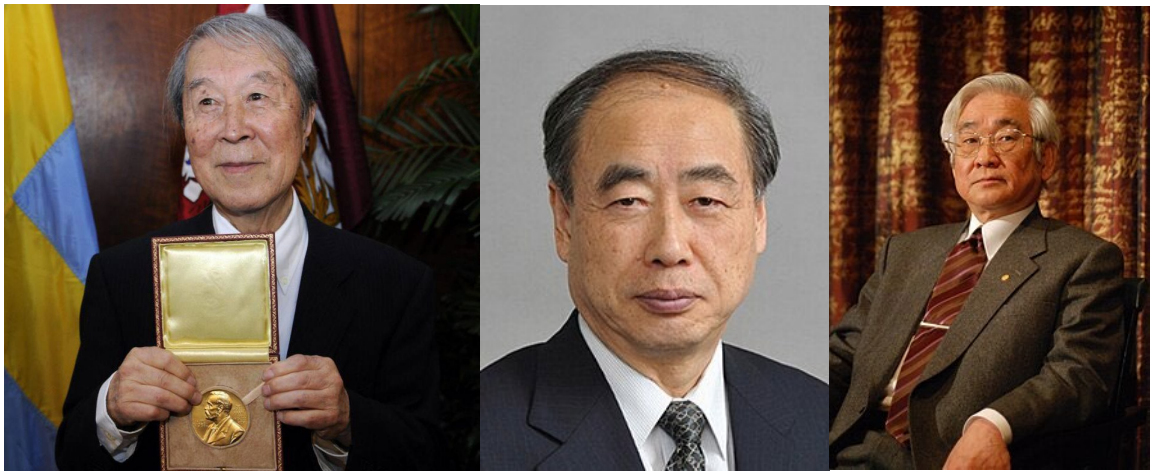
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. H.G.J. Moseley, The Life and Letters of an English Physicist โดย S.L. Heilborn จัดพิมพ์โดย University of California Press, 1974

2. Trimble, Virginia; Mainz, Vera V. (2017), "Who Got Moseley's Prize?", in Strom, E. Thomas; Mainz, Vera V. (eds.), ACS Symposium Series, vol. 1262, Washington, DC: American Chemical Society, pp. 51–90, doi:10.1021/bk-2017-1262.ch004, ISBN 978-0-8412-3251-8, retrieved 11 March 2025

Yoichiro Nambu (โยอิจิโร นัมบุ)
Makoto Kobayashi (มาโกโตะ โคบายาชิ)
Toshihide Maskawa (โทชิฮิเดะ มาสคาวะ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2008 ผู้พบหลักการที่มีการละเมิดสมมาตร (Spontaneous Symmetry Breaking) และการค้นพบว่า Quark มีทั้งหมด 6 ชนิด



Yoichiro Nambu, Makoto Kobayashi และ Toshihide Maskawa (ตามลำดับ)

ภาพจาก https://news.uchicago.edu และวิกิพีเดีย

แม้จะป่วยหนักจนต้องเข้าพักเพื่อรักษาตัวในโรงพยาบาลที่ Princeton ในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี 1955 แต่ Albert Einstein ก็ยังครุ่นคิดเรื่อง ทฤษฎีสนามเอกภาพ เพราะประสงค์จะรวมทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป กับทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็นทฤษฎีหนึ่งเดียว ในช่วงเวลาเดียวกันนักฟิสิกส์อเมริกันเชื้อชาติญี่ปุ่นอันตรนิวเคลียร์อ่อนกับทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า ความพยายามของนักฟิสิกส์หนุ่มคนนี้เป็นงานที่ยิ่งใหญ่และซับซ้อนไม่ยิ่งหย่อนไปกว่างานของ Einstein ซึ่ง Nambu ได้เคยเห็นหน้าเป็นครั้งแรกเมื่อปี 1952 ที่ Institute for Advanced Study (IAS) ที่ Princeton รัฐ New Jersey หลังจากที่ Nambu อพยพจากญี่ปุ่นมาอเมริกาได้ไม่นาน

และหลังจากได้ทำงานที่ IAS ได้ระยะหนึ่ง Nambu ก็ได้ไปทำงานวิจัยต่อที่มหาวิทยาลัย Chicago และเริ่มสนใจปรากฏการณ์สภาพนำยวดยิ่ง ซึ่งเกิดเวลาสสารบางชนิดถูกทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า -250 องศาเซลเซียส เพราะกระแสไฟฟ้าจะสามารถไหลผ่านสสารนั้นได้อย่างไม่มีแรงต้านใด ๆ เลย และการไร้สภาพต้านทานไฟฟ้านี้อาจอธิบายได้ โดยหลักการเรื่อง “Spontaneous Symmetry Breaking” ของ Nambu ซึ่งผลงานนี้เองมีส่วนทำให้ Nambu ได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 2008

Yoichiro Nambu เกิดเมื่อ 18 มกราคม ปี 1921 ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เมื่ออายุ 2 ขวบ ได้เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวอย่างรุนแรง ทำให้มีคนเสียชีวิตมากมาย บิดา Kichiro กับมารดา Kimiko จึงตัดสินใจอพยพครอบครัวไปที่เมือง Fukui ซึ่งตั้งอยู่ใกล้ Kyoto และได้ซื้อบ้านอยู่นอกเมือง

บิดาของ Nambu มีอาชีพครู ดังนั้นที่บ้านจึงมีตำรับตำรามากมายให้เด็กชาย Nambu ได้อ่าน เมื่อมีอายุถึงวัยเรียน Nambu ได้ไปเรียนที่โรงเรียนประจำเมือง Fukui ซึ่งเป็นโรงเรียนทหารที่มีกฎบังคับให้นักเรียนทุกคนต้องแต่งเครื่องแบบรักษาดินแดน ฝึกยิงปืน เดินสวนสนาม และเคารพผู้ที่มีอาวุโสกว่า ถ้าใครคนใดไม่แสดงความเคารพ (จะโดยเจตนาหรือไม่ก็ตาม) ก็จะถูกรุ่นพี่ต่อยเป็นการลงโทษ ดังนั้นสายตาของนักเรียนทุกคนจึงต้องสอดส่ายดูคนทุกคนที่เดินผ่านไปมา

สำหรับการฝึกวินัยในโรงเรียนนั้น Nambu เล่าว่า ทุกเช้าเวลาตี 4 เขาต้องตื่นและเดินไกลประมาณ 2 กิโลเมตรเพื่อไปฝึกการต่อสู้ป้องกันตนเอง และนักเรียนทุกคนต้องทำกิจกรรมทุกเรื่องตามที่อาจารย์กำหนด นอกจากนี้โรงเรียนก็ยังเน้นเรื่องความจงรักภักดีต่อองค์จักรพรรดิด้วย มีอยู่ครั้งหนึ่งที่อาคารเรียนในโรงเรียนได้ถูกไฟไหม้ และครูคนหนึ่งได้วิ่งฝ่าเปลวเพลิงเข้าไปในอาคารนั้น เพื่อนำพระฉายาลักษณ์ขององค์จักรพรรดิออกมาได้อย่างปลอดภัย แต่ครูคนนั้นทนพิษบาดแผลไฟไหม้ไม่ได้ จึงเสียชีวิต

ในเวลาต่อมา การกระทำของครูท่านนี้ได้รับการยกย่องไปทั่วประเทศว่าเป็นวีรบุรุษของชาติ

แต่บิดาของ Nambu มิได้ชื่นชมกับการเสียสละเช่นนั้น เขาได้อบรมสั่งสอนลูกชายมิให้หลงเชื่อความคลั่งชาติ และห้ามไม่ให้ Nambu คบเพื่อนบางคน Nambu จึงเป็นเด็กที่เก็บกดความรู้สึกตลอดเวลา ชอบนั่งครุ่นคิด และไม่ชอบออกความเห็นใด ๆ ตั้งแต่วัยเด็กจนกระทั่งวาระสุดท้ายของชีวิต เพราะความรู้สึกลึก ๆ Nambu ปฏิเสธไม่ยอมรับค่านิยมและความเชื่อของสังคมญี่ปุ่น ดังนั้นจึงรู้สึกอึดอัดมากที่ได้เห็นชาวญี่ปุ่นแสดงความคลั่งชาติมากขึ้น ๆ ทุกวัน

ในปี 1937 Nambu วัย 16 ปีได้เข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย Tokyo Imperial ซึ่งเป็นสถาบันที่มีบรรยากาศทางวิชาการดีมาก และพบว่าตนเรียนวิชาอุณหพลศาสตร์เรื่อง entropy โดยไม่เข้าใจ จึงทำให้สอบวิชาอุณหพลศาสตร์ตก และคิดจะเลิกเรียนฟิสิกส์ แต่เมื่อได้อ่านงานวิจัยของ Hideki Yukawa (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1949) เรื่องทฤษฎีอันตรกิริยานิวเคลียร์ระหว่างอนุภาคมูลฐาน ว่าเกิดจากการแลกเปลี่ยนอนุภาค meson กัน Nambu รู้สึกซาบซึ้งในแนวคิดนี้มาก จึงตัดสินใจเรียนฟิสิกส์ และสำเร็จปริญญาตรีฟิสิกส์จากมหาวิทยาลัย Tokyo ในปี 1942

ในเวลานั้นญี่ปุ่นกำลังทำสงครามและชนะจีน ภาวะสงครามทำให้รัฐบาลญี่ปุ่นต้องเกณฑ์ประชาชนชายจำนวนมากไปเป็นทหาร หลักสูตรต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยจึงถูกปรับให้ลดเวลาเรียนลง เพื่อนิสิตจะได้สำเร็จการศึกษาเร็วขึ้น หลังจากที่สำเร็จการศึกษา Nambu ได้เข้ารับราชการทหาร และต้องปฏิบัติงานตามที่ผู้บังคับบัญชาสั่ง ทำให้รู้สึกเหนื่อย เบื่อ และท้อแท้ เพราะในบางเวลา Nambu ต้องลงพื้นที่ขุดสนามเพลาะ และใช้ชีวิตในสมรภูมิจริง ๆ

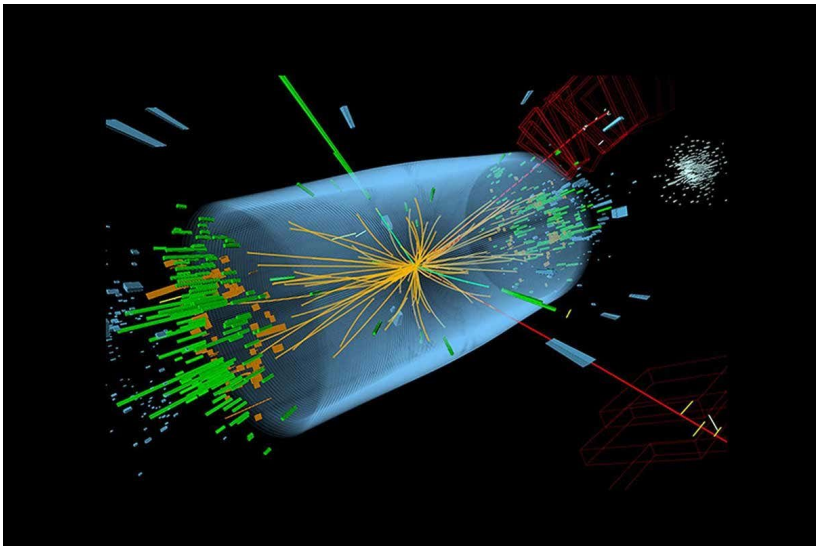
หลังรับราชการทหารได้ 1 ปี Nambu ได้ถูกส่งเข้าประจำหน่วยวิจัยและพัฒนาเทคนิคการรับ-ส่งเรดาร์ ผลปรากฏว่า โครงการนี้ล้มเหลว เพราะขณะที่เรดาร์ไม่สามารถ “เห็น” เครื่องบินได้ ตาเปล่ากลับเห็นได้ชัด

Nambu จึงหวนกลับมาสนใจทฤษฎีสนามในนิวเคลียสต่อ ยิ่งเมื่อได้อ่านผลงานเรื่อง Quantum Electrodynamics (QED) ของ Sin Itiro Tomonaga (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965) และทฤษฎีสนามควอนตัมของ Werner Heisenberg (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1932) โดยหนังสือเหล่านี้เดินทางถึงญี่ปุ่นโดยอาศัยเรือดำน้ำ ทำให้ Nambu มีแนวคิดที่ทันสมัยมากมาย

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง Nambu ได้พบรักกับ Chieko Hida และได้เห็นฝูงบิน B-29 ของกองทัพสัมพันธมิตรบินเหนือเมือง Osaka เพื่อไปทิ้งระเบิดที่ Fukui ทำให้ปู่และย่าของ Nambu เสียชีวิต แต่พ่อและแม่ปลอดภัย

หลังจากที่สงครามโลกยุติ Nambu กับ Hida ได้เข้าพิธีสมรส แต่แยกกันอยู่ โดย Hida ยังอยู่ดูแลพ่อและแม่ของสามีที่ Osaka ส่วน Nambu ต้องเดินทางไปทำวิจัยที่โตเกียว

สภาพสังคมของญี่ปุ่นหลังสงครามโลกเป็นภาวะที่คนญี่ปุ่นทุกคนประสบความลำบาก เพราะที่พัก อาหาร และแม้แต่น้ำอาบก็ขาดแคลน สินค้าทุกชนิดมีราคาแพงมาก ที่โตเกียว Nambu ต้องเช่าห้องขนาดเล็กอยู่ และต้องจุดเทียนไขเพื่ออ่านหนังสือพิมพ์กับข่าวจากนิตยสาร Time แต่ได้สนทนาและเขียนจดหมายติดต่อกับ Ziro Koba ซึ่งเป็นศิษย์ของ Tomonaga บ้าง เวลาทำงานวิจัย Nambu ต้องใช้กระดาษห่อหนังสือพิมพ์เป็นกระดาษคำนวณ เพราะขาดแคลนกระดาษดี ๆ และ Nambu ยากจน



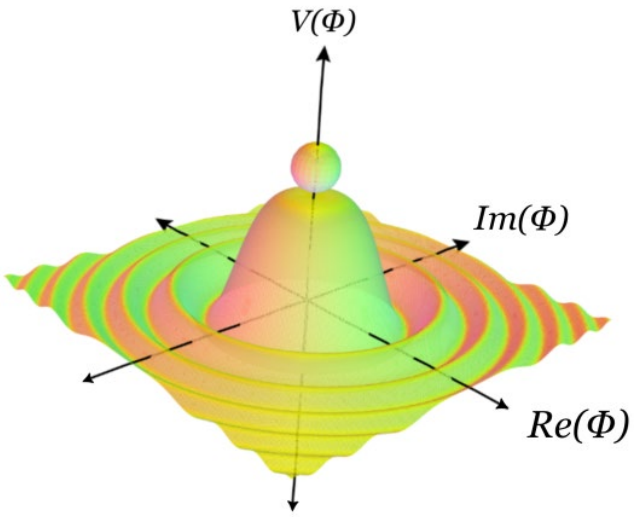
ภาพกราฟฟิกแสดงการเกิดอนุภาค Higgs boson ในเครื่องเร่งอนุภาค LHC

ภาพจาก CERN

ในปี 1949 Nambu วัย 28 ปี ได้ย้ายไปทำงานที่มหาวิทยาลัย Osaka City และเริ่มมีชื่อเสียงจากการทำงานวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีของอนุภาคมูลฐาน หลังจากที่ได้เสนอแนวคิดเรื่องความสำคัญและบทบาทของหลักสมมาตร (symmetry) ในทฤษฎีอันตรกริยาของฟิสิกส์ โดยได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อใดที่ระบบไม่มีสมมาตร จะมีอนุภาคบังเกิดขึ้นในระบบนั้นทันที โดยได้เปรียบเทียบให้เห็นว่า เวลามีจานข้าวสองใบที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ (ระบบมีสมมาตรเท่ากับสอง) และมีสุนัขตัวหนึ่งที่กินข้าวได้ครั้งละจาน จะเห็นได้ว่าเมื่อสุนัขกินข้าวจานหนึ่ง จานทั้งสองจะดูแตกต่างกัน นั่นคือสมมาตรของทั้งระบบได้แตกสลายไปแล้ว แต่สุนัขสมมติของ Nambu ก็ไม่พอใจจะกินข้าวในจานเพียงจานเดียว กลับชอบสลับกินไปมา สุนัขจึงเป็นตัวที่ทำให้สมบัติสมมาตรของระบบแตก ในทำนองเดียวกัน Nambu ได้แสดงว่า เวลาสมมาตรของระบบควอนตัมแตกก็จะมีอนุภาค boson เกิดขึ้น

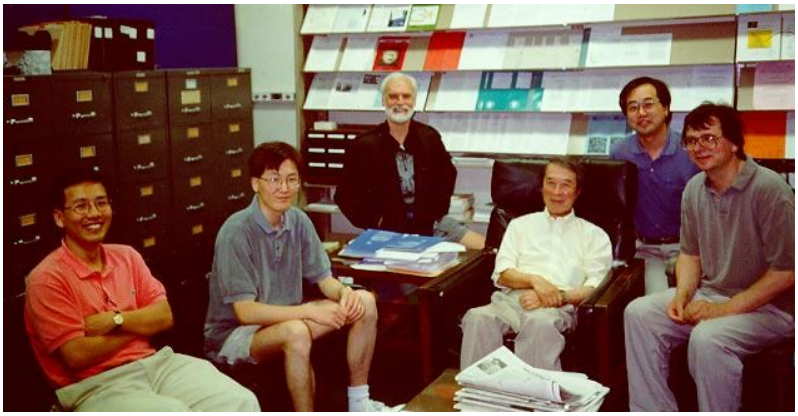
ผลงานนี้ทำให้ Nambu วัย 31 ปีได้รับเชิญไปทำวิจัยที่ Institute of Advanced Study (IAS) ที่ Princeton รัฐ New Jersey ที่มีซูเปอร์สตาร์ของวงการฟิสิกส์ เช่น

Albert Einstein, Kurt Gödel, Robert Oppenheimer, Chen Ning Yang และ John von Neumann ทำงานประจำ จึงรู้สึกตื่นเต้นมาก เพราะต้องอยู่ท่ามกลางอัจฉริยะ แต่ Nambu ไม่ได้ทำงานวิจัยร่วมกับคนเหล่านี้ เพราะเวลานักฟิสิกส์ระดับสุดยอดสนทนากับ Nambu หลายคนบ่นว่า ฟัง Nambu พูดไม่รู้เรื่อง ในการอธิบายเหตุการณ์นี้ Edward Witten ซึ่งเป็นปราชญ์ทฤษฎี String ได้ชี้แจงว่า การที่ผู้คนไม่เข้าใจ Nambu เพราะ Nambu พูดถึงองค์ความรู้และทฤษฎีที่ยังไม่บังเกิดในเวลานั้น แต่จะเกิดในอนาคต



ภาพแสดงอนุภาคในระบบสมมาตร 3 มิติ ก่อนที่จะลดพลังงานลงสู่สถานะพื้นฐาน
ด้วยกลไกฮิกส์ (Higgs Mechanism) ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อสภาพการทำงานที่ IAS ไม่อำนวย Nambu จึงขอย้ายไปเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Chicago ในอีกสองปีต่อมา คือ ในปี 1957 ทฤษฎีของ Nambu ได้ทำนายว่า ธรรมชาติมีอีกอนุภาคหนึ่งชื่อ omega minus ซึ่งในเวลานั้นยังไม่มีใครพบ ดังนั้นจึงไม่มีใครเชื่อ (รวมทั้ง Richard Feynman รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965) แต่อีกหนึ่งปีต่อมา เมื่อมีการพบอนุภาคโอเมก้านี้ นี่จึงเป็นการพบที่ยืนยันว่า แนวคิดเรื่อง Symmetry Breaking ของ Nambu เป็นความคิดที่สำคัญในเรื่องอันตรกริยาฟิสิกส์



ศาสตราจารย์ Nambu (เสื้อขาว) กับบรรดาศิษย์ แห่งมหาวิทยาลัย Chicago

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี 1958 Nambu วัย 37 ปี ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย Chicago และได้โอนสัญชาติเป็นชาวอเมริกัน เมื่ออายุ 49 ปี

นอกเหนือจากเรื่อง Symmetry Breaking แล้ว Nambu ยังมีผลงานเรื่อง color charge (ประจุสี) ที่ใช้ในทฤษฎี quantum chromodynamics (QCD) ด้วย ซึ่งมีใจความว่า quark ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ nucleon มีประจุสี และมีอันตรกิริยาโดยการแลกเปลี่ยนอนุภาค gluon กัน

ผลงานเหล่านี้ทำให้ Nambu ได้รับรางวัลมากมาย เช่น Order of Culture ของญี่ปุ่นในปี 1978, National Medal of Science ของอเมริกาในปี 1982, Max Planck Medal ของเยอรมนีในปี 1985, Wolf Prize ของอิสราเอลในปี 1994 และครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกับ Makoto Kobayashi และ Toshihide Maskawa ในปี 2008

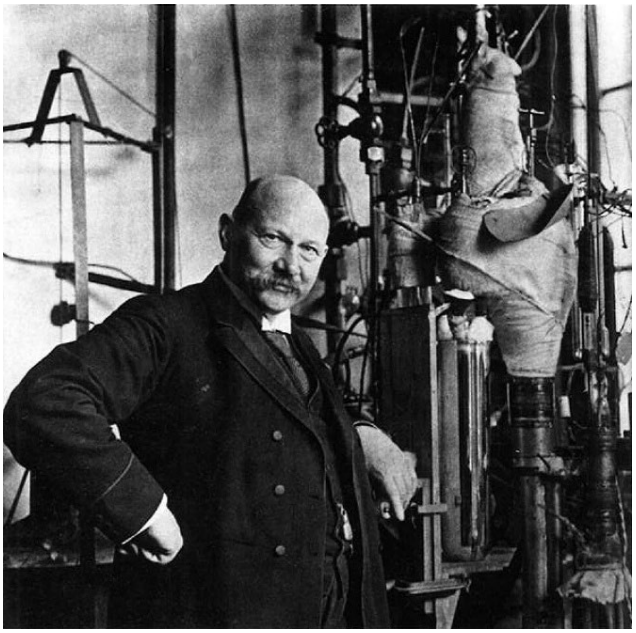
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “A History of Nobel Physicists from Wartime Japan” โดย Laurie Brown และ Yoichiro Nambu ใน Scientific American ฉบับเดือนธันวาคม 1998

2. Mukerjee M. (1995). "Profile: Yoichiro Nambu — Strings and Gluons, The Seer Saw Them All". Scientific American. 272 (2): 37–39. doi:10.1038/scientificamerican0295-37. Archived from the original on 23 August 2016.

Heike Onnes (ไฮเก ออนเนส)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1913 จากการพบตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิต่ำ



Heike Onnes ในห้องปฏิบัติการ ที่สร้างฮีเลียมเหลวได้เป็นครั้งแรก ภาพจาก วิกิพีเดีย

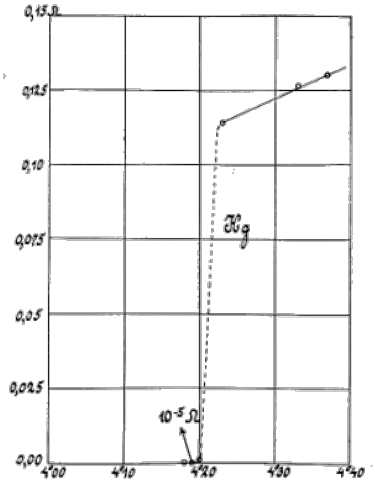
ไฮเก คาเมอร์ลิงห์ ออนเนส (Heike Kamerlingh Onnes) เกิดเมื่อ 21 กันยายน ปี 1853 ที่เมืองโกรนิงเงิน (Groningen) ในเนเธอร์แลนด์ บิดาเป็นเจ้าของโรงงานทำกระเบื้องมุงหลังคา เมื่ออายุ 17 ปี Onnes ได้เข้าศึกษาฟิสิกส์ ที่มหาวิทยาลัยโกรนิงเงิน แล้วได้ย้ายไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยไฮเดลเบิร์ก (Heidelberg) ในเยอรมนี จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากนั้นได้หวนกลับมาศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยโกรนิงเงินอีก จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ด้วยวิทยานิพนธ์เรื่องทฤษฎีการแกว่งกวัดของลูกตุ้มนาฬิกาที่ถูกห้อยด้วยเส้นเชือก

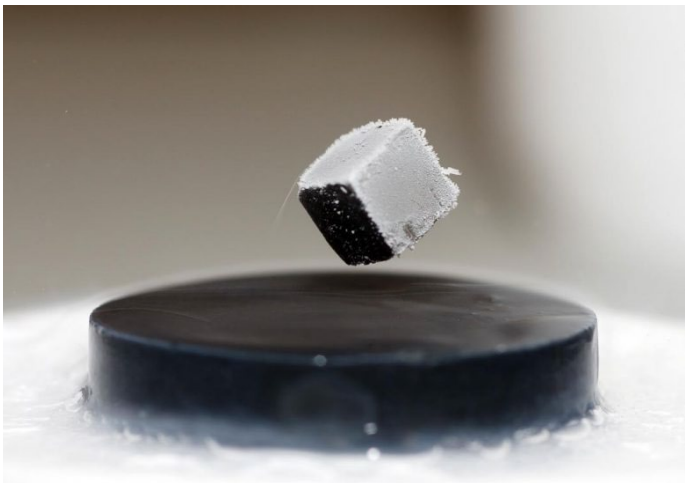
ในช่วงเวลาที่ออนเนสทำวิทยานิพนธ์ใกล้เสร็จนั้น แวน เดอร์ วาลส์ (Van der Waals) นักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่แห่งมหาวิทยาลัยอัมสเตอร์ดัม (Amsterdam) ได้แวะมาเยี่ยมมหาวิทยาลัยโกรนิงเงิน เพราะการวิจัยของนักฟิสิกส์อาวุโสท่านนี้ เป็นเรื่องธรรมชาติ

ของก๊าซจริง (real gas) เป็นที่รู้จักกันทั่วโลก การได้พบและสนทนากับแวน เดอ วาลส์ ทำให้ออนเนสหันมาสนใจก๊าซ เมื่อรู้ว่ากายเยต์ (L.P. Cailletet) และพิคเตต (R.P. Pictet) ประสบความสำเร็จในการทำก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนให้เป็นของเหลว จึงคิดจะทำก๊าซฮีเลียมให้เป็นของเหลวบ้าง แต่ก็ได้รับการดูแคลนจากนักฟิสิกส์ทั้งหลายในเวลานั้น เพราะทุกคนต่างคิดกันว่า มันเป็นฝันที่เป็นไปไม่ได้ ออนเนสได้พยายามทดลองกับก๊าซเอทิลีน (ethylene) พบว่าเอทิลีนจะควบแน่นเป็นของเหลว เมื่อมีอุณหภูมิ – 87 องศาเซลเซียส

ในสภาพปกติฮีเลียมเป็นก๊าซที่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่นน้อย จึงเป็นก๊าซเฉื่อยที่เบาที่สุด จะมีแต่ก๊าซไฮโดรเจนเท่านั้นที่เบากว่ากว่าฮีเลียม สืบเนื่องจากการที่โมเลกุลของมันมีแรงยึดกันน้อยมาก ดังนั้นทุกคนในยุคนั้นจึงคาดหวังว่าการทำให้ให้ฮีเลียมควบแน่นเป็นของเหลวจะยากยิ่งกว่ามาก แต่ในวันที่ 10 กรกฎาคม ปี 1908 นั่นเอง ออนเนสก็ได้ชื่อว่าเป็นมนุษย์คนแรกที่เห็นฮีเลียมเหลว เมื่อเขาลดอุณหภูมิของก๊าซฮีเลียมถึง -269 องศาเซลเซียส ทำให้ฮีเลียมกลายสภาพ

การมีฮีเลียมเหลวทำให้ออนเนสคิดใช้มันหล่อเลี้ยงโลหะ เพื่อทำให้โลหะมีอุณหภูมิต่ำมาก จนสามารถศึกษาสมบัติของโลหะที่อุณหภูมิต่ำถึงอุณหภูมิ 4 องศาเคลวินได้





การพบปรากฏการณ์สภาพนำยวดยิ่งในปรอทบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 4.2 องศาสัมบูรณ์ และภาพแสดงสมบัติการต้านสนามแม่เหล็กของตัวนำยวดยิ่ง ที่ใช้ในการทำรถไฟเหาะ ภาพจาก alchetron.com และ Oak Ridge National Laboratory

โดยคุณสมบัติแรกที่ออนเนสจะศึกษา คือ สภาพการนำไฟฟ้าของโลหะ เพราะความรู้ฟิสิกส์ในสมัยนั้นมีว่า ความต้านทานไฟฟ้าของสารตัวนำขึ้นกับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูง ความต้านทานก็จะสูง และถ้าอุณหภูมิต่ำ ความต้านทานก็จะต่ำ คำถามจึงมีว่าถ้าอุณหภูมิลดต่ำถึงศูนย์องศาสัมบูรณ์ (-273.15 องศาเซลเซียส) ความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำจะเป็นเช่นไร

ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) เชื่อว่าที่อุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์อิเล็กตรอนทุกอนุภาคในตัวนำทุกชนิดจะหยุดนิ่ง การไม่เคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจึงทำให้โลหะไม่นำไฟฟ้า และนั่นก็หมายความว่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำที่อุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์จะสูงมากถึงอนันต์ แต่ออนเนสคิดว่าเมื่ออุณหภูมิลดลง ๆ ความต้านทานไฟฟ้าก็จะลดตาม จนเป็นศูนย์ในที่สุด

เมื่อความคาดหวังมีความแตกต่างกันเช่นนี้ การตรวจสอบโดยการทดลองจึงเป็นเรื่องจำเป็น และออนเนสได้ใช้ปรอทในการทดลอง เพราะปรอทเป็นสารที่สามารถทำให้

บริสุทธิ์ได้ง่าย และได้พบว่าความต้านทานไฟฟ้าของปรอทได้ลดลงอย่างช้า ๆ เวลาอุณหภูมิของปรอทลด แต่เมื่อปรอทมีอุณหภูมิ -269 องศาเซลเซียส ความต้านทานไฟฟ้าของปรอทก็วูบหายไปกับตา คือ ความต้านทานได้ตกลงมาเป็นศูนย์อย่างฉับพลันทันที ออนเนสรู้สึกประหลาดใจมากที่เห็นเหตุการณ์นี้

เพื่อตรวจสอบว่าสิ่งที่เห็น คือ ความจริง ออนเนสได้ทดลองย้อนกลับโดยทำปรอทให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น และได้พบว่าขณะปรอทมีอุณหภูมิต่ำกว่า -269 องศาเซลเซียส ปรอทมีความต้านทานไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เวลาอุณหภูมิเพิ่มถึง -269 องศาเซลเซียส ปรอทก็กลับมีความต้านทานไฟฟ้าในทันที

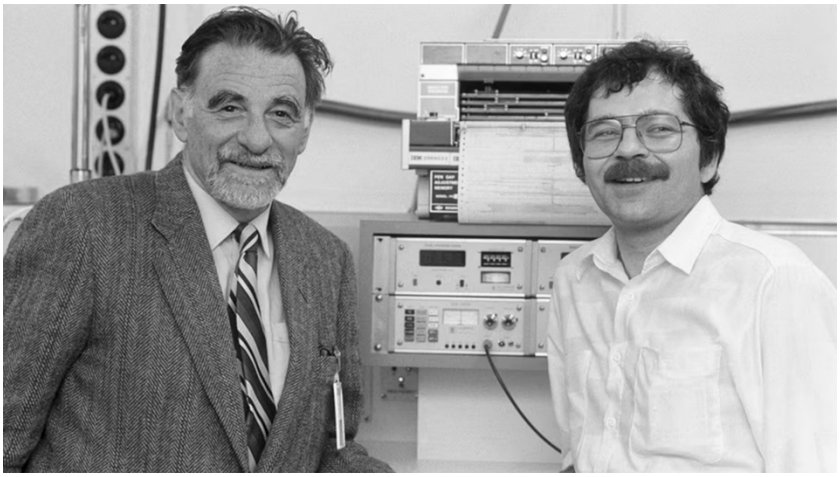
ออนเนสเรียกปรากฏการณ์ที่เขาพบว่า สภาพนำยวดยิ่ง (superconductivity) ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ตัวนำไฟฟ้าไร้ความต้านทานไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์ ในการทดลองโดยใช้โลหะอื่น ได้พบว่าทั้งดีบุกและตะกั่ว ต่างสามารถแสดงสมบัติของตัวนำยวดยิ่งได้ที่อุณหภูมิต่างกัน ออนเนสเรียกอุณหภูมิที่สารเปลี่ยนสภาพต้านทานไฟฟ้าไปเป็นศูนย์ว่า “อุณหภูมิวิกฤติ” การวิจัยในเวลาต่อมาได้แสดงให้ออนเนสเห็นว่าสภาพนำยวดยิ่ง ไม่มีความจีรังยั่งยืน เพราะเวลาวางตัวนำยวดยิ่งในสนามแม่เหล็ก สภาพนำยวดยิ่งจะถูกทำลายในทันที ออนเนสรู้สึกผิดหวังมาก เพราะเขาหวังจะใช้ตัวนำยวดยิ่งในการทำลวดไฟฟ้าให้ประสิทธิภาพเต็มร้อยในการส่งไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าสู่บ้านเรือน ตามปกติเวลาลวดไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน บริเวณรอบเส้นลวดจะมีสนามแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้ จะวกกลับมาทำลายสภาพนำยวดยิ่งของลวด ดังนั้น การนำลวดไฟฟ้า ที่เป็นตัวนำยวดยิ่งบางชนิดมาใช้จึงมีข้อจำกัดว่า กระแสไฟฟ้าที่จะผ่านไปตามเส้นลวดจะต้องมีค่าไม่มาก

การค้นพบสภาพนำยวดยิ่งและความสำเร็จในการทำให้เกิดฮีเลียมเหลวทำให้ออนเนสพิชิตรางวัลโนเบลในปี 1913

นอกจากจะสนใจสมบัติฟิสิกส์ของสารที่อุณหภูมิต่ำแล้ว ออนเนสยังสนใจนำปรากฏการณ์กัมมันตรังสี สเปกตรัม และปรากฏการณ์การเรื่องแสงด้วย ผลงานของออนเนส ส่วนใหญ่ได้รับการเผยแพร่ในวารสาร Proceedings of the Royal Academy Sciences of Amsterdam ความมีชื่อเสียงระดับโลกของออนเนส ได้ชักนำให้นักฟิสิกส์ต่างชาติสนใจมาทำงานร่วมกับเขา และห้องปฏิบัติการของออนเนสก็ได้กลายเป็นศูนย์กลางการวิจัยฟิสิกส์ที่อุณหภูมิต่ำของโลกในสมัยนั้น

เมื่ออายุได้ 30 ปี ออนเนสได้รับเลือกเป็นราชบัณฑิตของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งเนเธอร์แลนด์ และได้รับรางวัล รวมทั้งดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์มากมาย นอกเหนือจากจะสนใจด้านฟิสิกส์แล้ว งานอดิเรกของออนเนส คือ งานดูแลบ้าน ทั้ง ๆ ที่เป็นนักฟิสิกส์ที่ฉลาดมาก แต่ออนเนสเป็นคนถ่อมตัวและไม่ชอบกิจกรมที่มีพิธีรีตองมาก เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 ออนเนสได้ทำหน้าที่เป็นทูตวิทยาศาสตร์ เพื่อประสานความคิดเห็นที่แตกต่างระหว่างนักวิทยาศาสตร์เยอรมันกับนักวิทยาศาสตร์ฝ่ายสัมพันธมิตร

ออนเนสสมรสกับมาเรีย บิจเลเวลด์ (Maria A.W.E. Bijleveld) เมื่ออายุได้ 34 ปี และมีบุตร 1 คน เพราะสุขภาพของออนเนสไม่สู้ดีนัก ดังนั้น หลังจากลัมป่วยไม่นานออนเนสก็ได้จากโลกไปเมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ ปี 1926 ขณะอายุ 70 ปี



K. Alex Müller (ซ้าย) กับ J. Georg Bednorz (ขวา) ผู้พบตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูง และได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1987 ภาพจาก Keystone SDA

ทุกวันนี้ งานวิจัยเรื่องสภาพตัวนำยวดยิ่งที่ออนเนสเป็นผู้บุกเบิก ยังดำเนินต่อไป โดยนักฟิสิกส์ทั่วโลกกำลังหาตัวนำยวดยิ่งที่มีอุณหภูมิวิกฤตสูงขึ้น เช่น ในปี 1973 ได้มีการพบว่า สารประกอบ Nb_3Ge สามารถเป็นตัวนำยวดยิงได้ที่อุณหภูมิ -250 องศาเซลเซียส ในปี 1986 โลกได้ตกตะลึง เมื่อเบดนอร์ซ (J.G. Bednorz) กับ มูเลอร์ (K. Müller) แห่งบริษัท IBM ที่ซูริค (Zurich) ในสวิสเซอร์แลนด์ พบสารประกอบ La_2CuO_4 เมื่อถูกโด๊ปด้วย Ba ได้เป็นตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิ -243 องศาเซลเซียส

การค้นพบที่สำคัญมากในคริสต์ศตวรรษ 20 เพราะหลังจากการค้นพบนี้ นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกก็ได้หันมาสนใจหาสารตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิสูงยิ่งขึ้นไปอีก และได้พบว่าสารประกอบ $YBa_2Cu_3O_7$ ก็สามารถเป็นตัวนำยวดยิ่งได้ที่อุณหภูมิ -175 องศาเซลเซียส และเมื่อก๊าซไนโตรเจนเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส นั่นก็หมายความว่า นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้ไนโตรเจนเหลวในการทำให้สสารมีอุณหภูมิต่ำมากได้ ขณะนี้สถิติอุณหภูมิวิกฤตที่สูงที่สุดเป็นของสารประกอบ hydrogen sulfide (H_3S) ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1.5 ล้านความดันบรรยากาศ และ lanthanum hydride (LaH_{10}) ที่อุณหภูมิ 23 C ภายใต้ความดัน 200x10^9 ความดัน

บรรยากาศโลก ในอนาคตจะมีสารตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิห้องใช้ การค้นพบนี้จึงเป็นการค้นพบที่สำคัญมากสำหรับชีวิตในอนาคต เพราะตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิห้องจะปฏิรูปเทคโนโลยีไฟฟ้าทั้งหมด

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Combescot, Roland (2022). Superconductivity. Cambridge University Press. pp. 1–2. ISBN 978-1-108-42841-5.

2. Chu, Jennifer (22 May 2025). "MIT physicists discover a new type of superconductor that's also a magnet". news.mit.edu. Retrieved 2025-06-18.

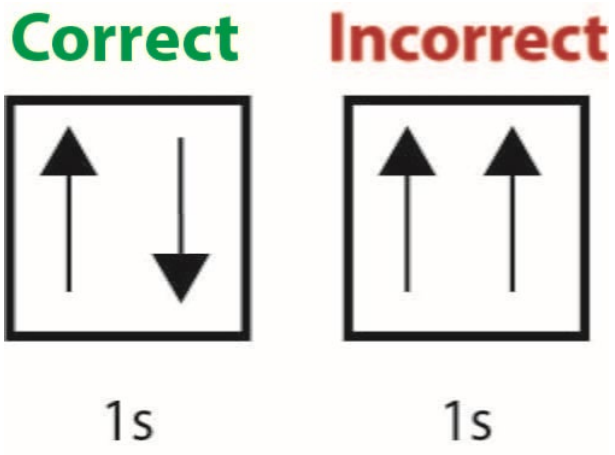
Wolfgang Pauli (โวล์ฟกัง เพาลี)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1945 ผู้พบหลักการกีดกัน (Exclusion Principle)

Wolfgang Pauli ภาพจาก วิกิพีเดีย

วันที่ 10 ธันวาคม ค.ศ.1945 เป็นวันที่มีพิธีมอบรางวัลโนเบลที่กรุง Stockholm ในสวีเดน แต่มูลนิธิรางวัลโนเบลไม่สามารถจัดงานในวันนั้นได้ เพราะสงครามโลกครั้งที่สองเพิ่งยุติ ดังนั้นสถาบัน Institute for Advanced Study ที่ Princeton ในรัฐ New Jersey สหรัฐอเมริกาจึงจัดงานเลี้ยงแสดงความยินดีชื่นชมต่อ Wolfgang Pauli ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1945 แทน

เมื่องานเลี้ยงรับรองใกล้จะสิ้นสุด Albert Einstein (1879–1955) ได้กล่าวชื่นชมการค้นพบของ Pauli (1900-1958) ว่ามีความสำคัญมากสำหรับฟิสิกส์ยุคใหม่ และ Pauli เป็นนักฟิสิกส์สำคัญคนหนึ่งของโลก คำชื่นชมของ Einstein ได้ทำให้ Pauli รู้สึกเหมือนว่า กษัตริย์ (Einstein) กำลังจะทรงสละพระราชบัลลังก์ และทรงประกาศแต่งตั้งให้พระราชโอรส (Pauli) ขึ้นครองราชย์แทน



หลักการกีดกันของ Pauli คือ อิเล็กตรอนทุกตัวในอะตอม จะต้องมีเลขควอนตัม (quantum number) ที่แตกต่างกัน ดังรูป spin ของอิเล็กตรอนในวงโคจร 1s จะต้องชี้ทิศสวนกัน

ภาพจาก chemistrytalk.org

การได้รับรางวัลโนเบลของ Pauli ในครั้งนั้น ถือว่าค่อนข้างช้ามาก เพราะคณะกรรมการรางวัลท่านหนึ่งคือ Carl Oseen (1879-1944) ซึ่งมีความเห็นว่า “หลักการกีดกัน” (Exclusion Principle) ของ Pauli มิได้มีความสำคัญถึงระดับสมควรจะได้รับรางวัลโนเบล ในขณะที่นักฟิสิกส์โนเบลอีกหลายคน เช่น Max von Laue (1879-1960) (ปี 1914), Max Planck (1858-1947) (ปี 1918) ต่างก็ได้เสนอชื่อ Pauli ในปี 1935 อีก 3 ปีต่อมา Erwin Schrödinger (1887–1961) (ปี 1933) ได้เสนอชื่อ Pauli แต่ Pauli ก็ยังไม่ได้รับรางวัลโนเบล จนกระทั่งปี 1945 Einstein จึงส่งโทรเลขถึงคณะกรรมการรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ขอเสนอชื่อ Pauli เป็นผู้สมควรรับรางวัล เพราะหลักการที่ Pauli พบ มีความสำคัญมาก ในฐานะเสาหลักหนึ่งของทฤษฎีฟิสิกส์ควอนตัม

ดังนั้น ในวันที่ 15 พฤศจิกายน ปี 1945 คณะกรรมการรางวัลฯ จึงลงมติมอบรางวัลโนเบลให้แก่ Pauli (Oseen ได้เสียชีวิตไปตั้งแต่ปี 1944) ดังนั้นการตัดสินครั้งนั้นจึงไม่มีปัญหาใด ๆ

สำหรับประเด็นความสัมพันธ์ระหว่าง Pauli กับ Bohr (1885-1962) นั้น ปรากฏว่า Bohr ไม่เคยเสนอชื่อ Pauli ให้รับรางวัลโนเบล ส่วน Einstein นั้นชื่นชม Pauli ตั้งแต่ Pauli ยังอยู่ในวัยหนุ่ม เพราะในปี 1921 หลังจากที่ Pauli สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก โดยมี Arnold Sommerfeld (1868-1951) เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์แล้ว Pauli ยังได้ส่งบทปริทรรศน์ (review) ที่มีความยาว 237 หน้า เรื่องทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Albert Einstein ไปตีพิมพ์ในสารานุกรมวิทยาศาสตร์เชิงคณิตศาสตร์ (Encyclopedia of the Mathematical Sciences) เมื่อ Einstein อ่านบทความจบก็ถึงกับอึ้ง และเอ่ยปากชมความสามารถของผู้เขียนว่าเป็นคนที่เข้าใจฟิสิกส์ขั้นสูงในระดับดีมาก อีกทั้งมีความเชี่ยวชาญในการใช้คณิตศาสตร์อธิบายทฤษฎีฟิสิกส์ได้ดียิ่ง ครั้นเมื่อได้ทราบในภายหลังว่าผู้เขียนมีอายุเพียง 21 ปี Einstein ก็มีความประทับใจใน Pauli ยิ่งขึ้นไปอีก

แม้ทุกวันนี้นักฟิสิกส์จะรู้จัก Pauli ไม่ดีมากเท่า Einstein, Niels Bohr และ Ernest Rutherford (1871–1937) แต่ทุกคนก็รู้ว่า ผลงานชิ้นสำคัญที่สุดของ Pauli คือ การพบหลักการกีดกัน (Exclusion Principle) ของสถานะอิเล็กตรอนในอะตอม ซึ่งมีใจความว่า อิเล็กตรอนทุกตัวในอะตอมต้องมีสถานะควอนตัมที่แตกต่างกัน คือ แต่ละอิเล็กตรอน มีชุดเลขควอนตัมไม่ซ้ำกัน ส่วนผลงานอื่นที่เด่นก็มี เช่น การพบความสัมพันธ์ระหว่างสปิน (spin) กับสถิติว่า เช่น สปินที่มีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก สถิติที่ต้องใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของอนุภาคต้องเป็นแบบ Bose-Einstein แต่สปินที่มีค่าเป็น $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}$, ... สถิติที่ต้องใช้ คือ สถิติแบบ Fermi-Dirac

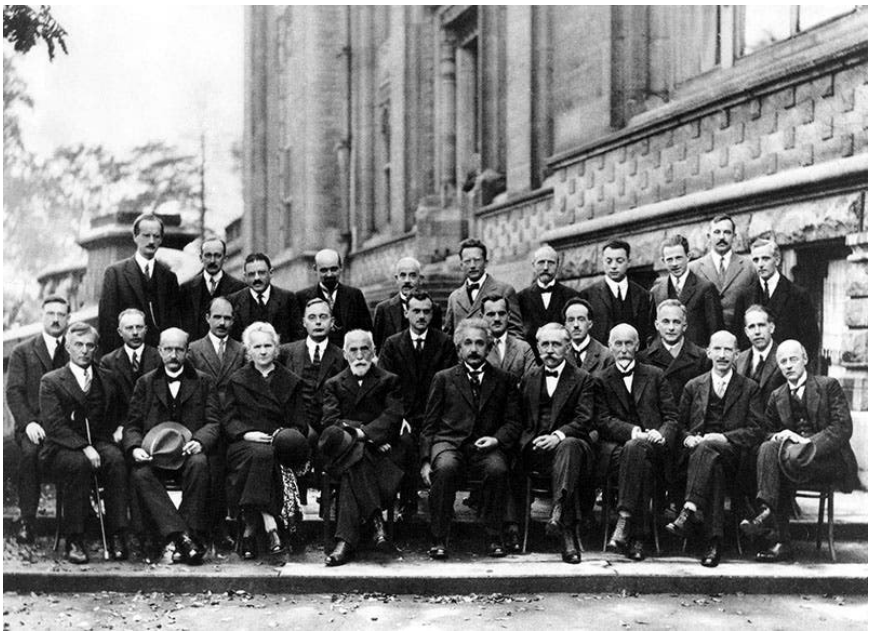
บรรพบุรุษของตระกูล Pauli เคยตั้งถิ่นฐานอยู่ที่กรุง Prague ในเชคโกสโลวาเกีย โดยทำธุรกิจร้านขายหนังสือ เป็นบุตรคนหัวปีของบิดาชื่อ Wolfgang Joseph Pauli

สอบเข้าเรียนแพทย์ที่มหาวิทยาลัย Prague หลังจากที่สำเร็จการศึกษา ได้ไปเป็นอาจารย์สอนชีวเคมีที่มหาวิทยาลัย Vienna ในออสเตรีย ถึงปี 1899 W.J. Pauli ได้เข้าพิธีสมรสกับ Berta Camilla Schütz และได้บุตรชายคนแรกเมื่อวันที่ 25 เมษายน ปี 1900 ชื่อ Wolfgang Ernst Pauli (สำหรับชื่อกลาง Ernst นั้นเป็นชื่อของนักปรัชญา Ernst Mach (1838-1916) ที่ครอบครัว Pauli มีความสนิทสนม และชื่นชมมาก) Pauli ได้เข้าเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียน Doblingen Gymnasium กรุงเวียนนา และพบว่าสามารถเรียนฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ได้ดีมาก ขณะเรียนระดับมัธยมปลายปีสุดท้าย Pauli ได้มีโอกาสอ่านเกี่ยวกับทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein และรู้สึกซาบซึ้งในวิธีคิดของ Einstein มาก จนถึงกับได้แอบอ่านหนังสือของ Einstein เวลาเบื่อฟังเรื่องที่ครูกำลังสอน

Pauli เรียนจบการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 18 ปี ด้วยคะแนนเกียรตินิยม จึงสมัครไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Ludwig -Maximillian โดยมี Arnold Sommerfeld เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ ขณะเรียนปริญญาเอก Pauli ได้ตีพิมพ์งานวิจัยได้ 3 ชิ้น ล้วนเป็นผลงานที่เกี่ยวกับกับทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ด้วยความสามารถที่สูงมากเช่นนี้ อาจารย์ Sommerfeld จึงรู้สึกประทับใจมาก

แต่ Sommerfeld ในเวลานั้นสนใจ ชอบ และเชี่ยวชาญเรื่องกลศาสตร์ควอนตัมมากกว่า ดังนั้น วิทยานิพนธ์ของ Pauli จึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสเปกตรัมแสงจากโมเลกุลไฮโดรเจนไอออน ซึ่งเป็นโมเลกุลที่สูญเสียอิเล็กตรอนไปหนึ่งอนุภาค (H_2^+) โดย Pauli ได้นำทฤษฎีของ Bohr-Sommerfeld มาใช้ในการคำนวณ แต่ Sommerfeld ก็ยังไม่อนุญาตให้ Pauli สำเร็จการศึกษา เพราะอายุของ Pauli ยังไม่ถึง 21 ปี เมื่อไม่มีอะไรจะสอนให้ Pauli รู้ Sommerfeld จึงได้ขอให้ Pauli เขียนบทความปริทรรศน์ทำนองวิเคราะห์ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein เพื่อนำลงพิมพ์ในสารานุกรม

หลังจากที่บทความนี้ปรากฏ วงการฟิสิกส์ก็ประจักษ์ว่า Pauli สามารถเข้าใจวิธีคิดของ Einstein ได้อย่างดีเลิศ และมีความสามารถใช้คณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งในการอธิบายฟิสิกส์ได้ดี จนทำให้ทุกคนตระหนักว่า Pauli มีความสามารถเหนือนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงหลายคน



การประชุม Solvay ปี 1927 Pauli ยืนอยู่แถวหลังสุดเป็นคนที่สี่จากขวา

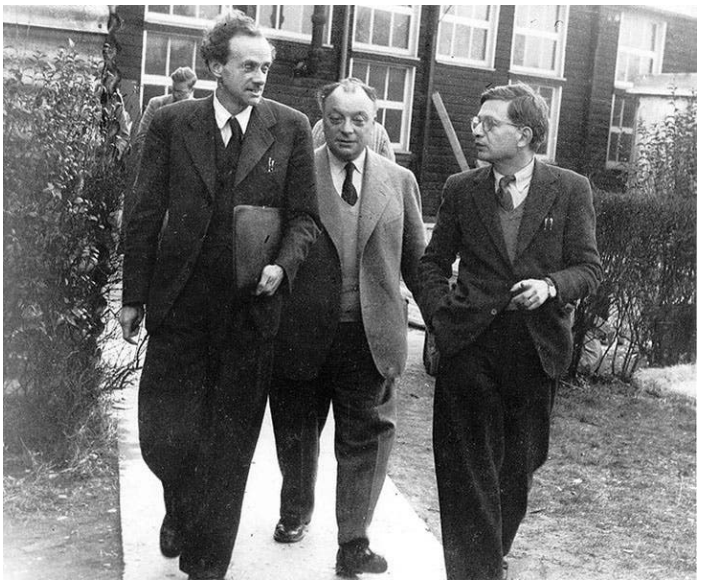
ภาพจาก Wikimedia commons

Pauli ได้เห็น Einstein เป็นครั้งแรกในปี 1920 ณ ที่ประชุมที่เมือง Bad Nauheim แต่ไม่ได้สนทนากัน จนกระทั่งปี 1924 จึงได้โอกาสสนทนากันเป็นครั้งแรกในการประชุมที่ Innsbruck ออสเตรีย และได้พบกันอีกในปี 1927 ในที่ประชุม Solvay ครั้งที่ 5 ซึ่งได้จัดที่ Brussels เบลเยี่ยม เมื่อ Einstein กล่าวแสดงความคิดเห็นว่า ทฤษฎีควอนตัมแม้จะถูกต้อง แต่เป็นทฤษฎีที่ยังไม่สมบูรณ์ Pauli ซึ่งขึ้นบรรยายต่อจาก Einstein ได้กล่าวเสริมว่า เขาไม่เห็นพ้องกับความเห็นของ Einstein ทีเดียวนัก

นักฟิสิกส์ควอนตัมที่ Pauli มีความรู้สึกชื่นชมมีสองคน คือ Sommerfeld ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้เสียชีวิตด้วยอุบัติเหตุรถยนต์ในปี 1956 ทำให้ Pauli

รู้สึกเสียใจมาก และได้ปวารณาว่าในฐานะลูกศิษย์จะทำงานวิชาการที่อาจารย์เชี่ยวชาญสืบต่อไป ส่วนบุคคลที่สองชื่อ Werner Heisenberg (1901-1976) ซึ่งเป็นศิษย์ของ Sommerfeld เช่นกัน และเป็นบิดาคนหนึ่งของวิชากลศาสตร์ควอนตัม Pauli ได้ยกย่องความฉลาดปราดเปรื่อง Heisenberg มาก ทั้ง ๆ ที่ Pauli มีอายุมากกว่าประมาณหนึ่งปีครึ่ง

หลังสำเร็จการศึกษา Pauli ได้งานเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Göttingen ในเยอรมนี ระหว่างปี 1921-1922 จากนั้นไปทำงานที่สถานบัน Bohr ณ Copenhagen ที่เดนมาร์กเพื่อทำงานวิจัยร่วมกับ Bohr เพราะ Bohr ต้องการตีพิมพ์งานวิจัยในวารสารเยอรมัน ดังนั้นจึงต้องการให้ Pauli ช่วยเรียบเรียงบทความเป็นภาษาเยอรมัน ในระหว่างปี 1923-1928 Pauli ได้ไปทำงานที่มหาวิทยาลัย Hamburg ในเยอรมนี แล้วหวนกลับไปประจำที่ Zurich Polytechnic (ETH) ในสวิสเซอร์แลนด์ จนเกษียณ



Paul Dirac รางวัลโนเบลปี 1933, Wolfgang Pauli รางวัลโนเบลปี 1945 และ Rudolph Peierls (ตามลำดับ) ภาพจาก Wikimedia commons

ผลงานที่สำคัญที่สุดของ Pauli คือ หลักการห้ามกีดกัน ส่วนผลงานอื่น ๆ ได้แก่ การเสนอสมมติฐานว่า เวลานิวเคลียสกัมมันตรังสีสลายตัว โดยมีการคายอนุภาคบีตาออกมา จะมีอนุภาค neutrino ที่ไม่มีประจุไฟฟ้าเล็ดรอดออกมาด้วย สมมติฐานนี้ได้รับการพิสูจน์ว่าจริง เมื่อ Frederick Reines (1918-1998) และ Clyde Cowan (1919-1974) ได้พบ neutrino ในปี 1953 นอกจากนี้ Pauli ได้ศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของโลหะ และการพัฒนาทฤษฎีสนามควอนตัม

ตามปกติ Pauli เป็นคนที่พูดตรงไปตรงมา และมีความเห็น ตลอดจนสามารถวิจารณ์เรื่องทุกเรื่องอย่างไม่อ้อมค้อม จนเป็นที่ยอมรับกันว่า ความนึกคิดของ Pauli คือจิตสำนึกของฟิสิกส์ในคริสต์ศตวรรษที่ 20

ตามปกติเวลา Pauli รู้สึกหดหู่เมื่อถูกโรคซึมเศร้าคุกคาม เขาได้ขอร้องให้จิตแพทย์ชื่อดัง คือ Carl Gustav Jung (1875-1961) รักษา การแลกเปลี่ยนทัศนคติกับ Jung บ่อย ได้ทำให้ Pauli สามารถวิเคราะห์บุคลิกภาพของ Johannes Kepler (1571-1630) นักดาราศาสตร์ผู้พบกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะได้

เมื่อ Einstein เสียชีวิตในปี 1955 Pauli ได้เขียนคำอาลัยถึง Einstein ลงในหนังสือพิมพ์ที่สวิสเซอร์แลนด์ และในการประชุมเรื่องทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ที่กรุง Bern ในปี 1955 บุคคลแรกที่ได้รับเชิญขึ้นบรรยาย คือ Pauli ซึ่งได้กล่าวอำลาอาลัยต่อ Einstein อย่างเป็นทางการ และได้รับเชิญเป็นผู้กล่าวปิดการประชุมด้วย

เมื่อ Hitler ส่งกองทัพนาซีเข้ายึดครองออสเตรียในปี 1938 Pauli ได้อพยพไปอเมริกาเพื่อไปครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎีที่สถาบัน Institute for Advanced Study และได้โอนสัญชาติเป็นชาวอเมริกันในปี 1946 หลังสงครามโลกครั้ง

ที่ 2 Pauli ได้หวนกลับไปทำงานที่ Zurich อีก และพำนักที่นั่น จนกระทั่งวาระสุดท้ายของชีวิตด้วยโรคมะเร็งตับอ่อน เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม ปี 1958 สิริอายุ 58 ปี

ในวันที่ Pauli ใกล้จะเสียชีวิต Charles Enz (1925–2019) ซึ่งเป็นศิษย์คนหนึ่งได้ไปเยี่ยมอาจารย์ที่โรงพยาบาล Pauli ได้ถาม Enz ว่า เห็นเลขห้องที่ Pauli กำลังพักหรือไม่ มันคือเลข 137 เพราะเลขนี้มีความหมายต่อ Pauli มาก เพราะ 1/137 คือ ค่าโครงสร้างละเอียด (fine structure constant) ที่กำหนดความรุนแรงของอันตรกิริยาระหว่างประจุไฟฟ้ากับแสง

สำหรับบุคลิกพูดจาโผงผางของ Pauli นั้นก็มีเรื่องเล่าที่เป็นตำนานหลายเรื่อง เช่น เมื่อ Paul Ehrenfest (1880–1933) ได้พบ Pauli เป็นครั้งแรก หลังจากที่ได้พูดคุยกันเล็กน้อย Ehrenfest ก็ได้กล่าวว่า รู้สึกชอบผลงานเรื่องทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ที่ Pauli เขียนมากกว่านิสัยของ Pauli ซึ่งก็ได้ตอบสวนกลับในทันทีว่า ตนชอบนิสัยของ Ehrenfest มากกว่าทฤษฎีที่ Ehrenfest เขียนหลายเท่า แม้จะตอบโต้กันรุนแรง กระนั้นทั้งสองก็เป็นเพื่อนสนิทกัน จนกระทั่ง Ehrenfest กระทำอัตวินิบาตกรรม

แต่สำหรับเรื่องความสัมพันธ์ระหว่าง Pauli กับ Heisenberg นั้น กลับเป็นเรื่องที่จบไม่สวย เพราะเมื่อ Heisenberg ได้รับเชิญให้มาบรรยายที่มหาวิทยาลัย Göttingen ในเยอรมนี เรื่อง ทฤษฎีสนามควอนตัมที่ตนทำร่วมกับ Pauli ผู้สื่อหนังสือพิมพ์ได้เขียนข่าวว่า Pauli คือ ผู้ช่วยของ Heisenberg การ “ถูกลบหลู่” เช่นนี้ทำให้ Pauli รู้สึกฉุนเฉียวมาก และเขียนข้อความดูแคลนความสามารถของ Heisenberg ลงในสื่อมวลชน ผลปรากฏว่า Heisenberg รับการดูถูกไม่ได้ ดังนั้นเมื่อ Pauli เสียชีวิต Heisenberg จึงปฏิเสธการมาร่วมไว้อาลัยในงานศพ

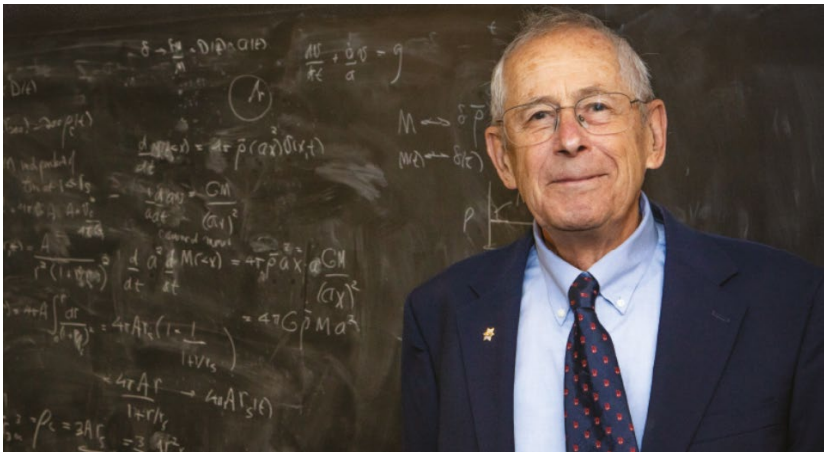
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “No Time to be Brief” โดย Charles Enz จัดพิมพ์โดย Oxford University Press ปี 2002

2. "Wolfgang Pauli - Physics Tree". academictree.org. Retrieved 13 June 2025.

James Peebles (เจมส์ พีเบิลส์)

1/2 รางวัลโนเบลฟิสิกส์ 2019 จากการเสนอทฤษฎีวิวัฒนาการของเอกภพ



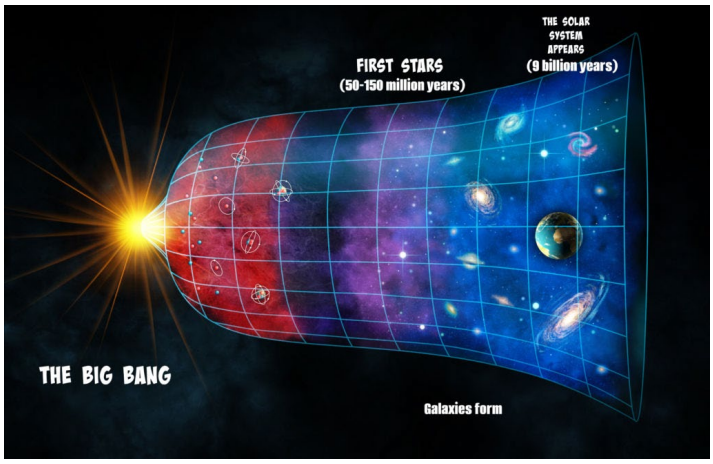
James Peebles

ภาพจาก DENISE APPLEWHITE/PRINCETON UNIVERSITY

เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม ปี 2019 สถาบันรางวัลโนเบลแห่งสวีเดนได้ประกาศการมอบครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ให้แก่ James Peebles แห่งมหาวิทยาลัย Princeton ในสหรัฐอเมริกา จากการเสนอทฤษฎีฟิสิกส์ดาราศาสตร์ที่ได้ช่วยให้เราเข้าใจประวัติและอนาคตที่จะเกิดของเอกภพ ทฤษฎีนี้ได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง โดยการสังเกตและตรวจสอบ อีกทั้งยังได้บุกเบิกการวิจัยเอกภพวิทยาอีกมากมายด้วย

ในปี 1964 Arno Penzias (1933–2024) กับ Robert Wilson (1941-2025) แห่งห้องปฏิบัติการ Bell Laboratories ที่เมือง Holmdel รัฐ New Jersey ในสหรัฐอเมริกาได้สำรวจพบรังสีไมโครเวฟว่ามีพบในอวกาศทุกหนแห่ง ไม่ว่าจะเป็นวันหรือเวลาใด โดยการใช้ลำโพงคลื่นไมโครเวฟเป็นตัวรับคลื่น และได้รับสัญญาณมารบกวนตลอดเวลา จนคนทั้งสองรู้สึกรำคาญ เพราะไม่รู้แหล่งที่มาของรังสี และรู้เพียงว่ารังสีดังกล่าวมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 2 องศาสัมบูรณ์เท่านั้นเอง

เมื่อไม่มีใครสามารถอธิบายข้อสงสัยนี้ได้ Penzias จึงเดินทางไปขอคำปรึกษาจาก Robert Dicke ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎีแห่งมหาวิทยาลัย Princeton ที่อยู่ไม่ไกลจาก Bell Lab



การขยายตัวเอกภพ จากเหตุการณ์ Big Bang จนกระทั่งถึงปัจจุบัน

ภาพจาก http://www.science-sparks.com

Dicke เป็นผู้เชี่ยวชาญเรื่องคลื่นไมโครเวฟมาก เพราะเคยวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์เรดาร์ที่ใช้ในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง และเป็นคนที่เชื่อมั่นในทฤษฎี Big Bang มาว่าเอกภพถือกำเนิดจากการระเบิดครั้งอภิมโหฬาร จากสถานะที่เป็นจุดซึ่งมีอุณหภูมิและความหนาแน่นสูงมากถึงอนันต์ได้ ครั้นเมื่อ Dicke ครุ่นคิดเรื่องเหตุการณ์ที่เกิดหลัง Big Bang ก็ได้พบว่า จะต้องมีกระแสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่นครอบคลุมไปทั่วเอกภพ ในทุกทิศทาง และเพื่อให้การคาดการณ์นี้ได้รับการยืนยัน Dicke จึงให้ Peter Rolle กับ David Wilkinson ซึ่งเป็นศิษย์ ออกแบบอุปกรณ์ตรวจรับรังสีที่เขาคาดว่าน่าจะเกิดขึ้นหลัง Big Bang และในเวลาเดียวกัน Dicke ก็ให้ James Peebles ซึ่งเป็นนักวิจัยผู้ช่วยศึกษาสมบัติของรังสีว่า จะต้องมีสมบัติเช่นไร และถ้าไม่มีรังสีนี้ให้เห็น ก็ให้หาเหตุผลมาอธิบายว่า เพราะเหตุใด

อีกหนึ่งเดือนต่อมา Peebles ได้เสนอทฤษฎีของรังสีไมโครเวฟภูมิหลัง (Cosmic Microwave Background Radiation; CMB) ในการให้สัมมนาของภาควิชา ต่อมาอีกไม่นาน Dicke ก็ได้รับโทรศัพท์จาก Peebles รายงานเรื่องการมีรังสีรบกวน Penzias จึงเดินทางไปที่ Bell Lab และทันทีที่ Dicke เห็นข้อมูลการทดลองของ Penzias กับ Wilson เขาก็รู้ว่า Penzias กับ Wilson เป็นมนุษย์สองคนแรกที่ได้ “ยินเสียงระเบิด” ของ Big Bang

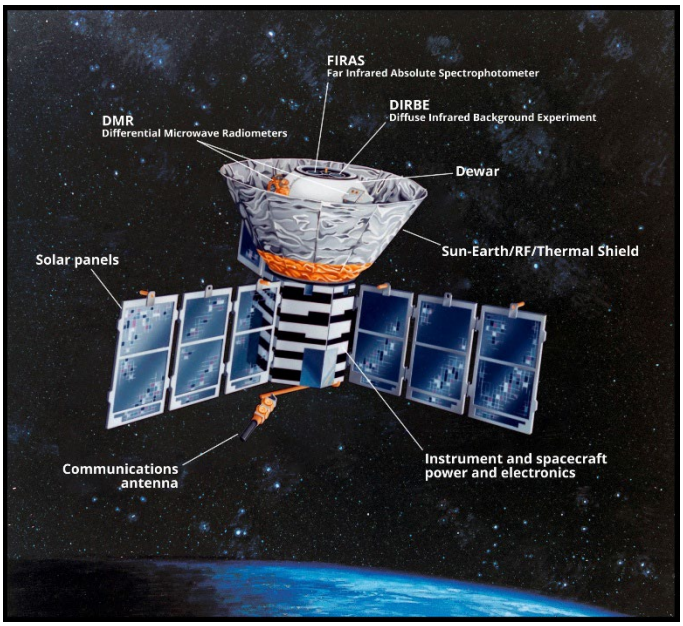
การค้นพบรังสี CMB ทำให้ Penzias กับ Wilson ได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1978

รังสีไมโครเวฟภูมิหลัง (CMB) ได้ทำให้ทฤษฎี Big Bang เป็นที่ยอมรับว่าเป็นจริง คือ ภายในเศษเสี้ยววินาทีแรกของการระเบิด ซึ่งมีผลทำให้สสารและกาแล็กซี เคลื่อนที่แยกจากกัน ตามที่ Edwin Hubble ได้สังเกตเห็นเมื่อปี 1929

ทฤษฎี Big Bang ยังสามารถอธิบายสาเหตุการถือกำเนิดของธาตุต่าง ๆ ทั้งหนักและเบาในเอกภพได้ด้วยว่า เพราะเหตุใดเอกภพจึงมี helium มากเป็นอันดับสองรองจาก hydrogen และเหตุใดเหล็กจึงมีในเอกภพน้อยกว่าทองคำ และจากการสมมติว่าเอกภพมีรังสีที่หลงเหลืออยู่ เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ อุณหภูมิที่สูงมากก็ได้ลดลง ๆ คือ เอกภพได้เย็นตัวลง ตามทฤษฎี Big Bang ของ George Gamow, Ralph Alpher กับ Hans Bethe ณ เวลาปัจจุบันอุณหภูมิของรังสีจะมีค่าประมาณ 5 องศาสัมบูรณ์

หลังจากที่ Penzias กับ Wilson ได้พบรังสีไมโครเวฟภูมิหลังแล้ว การวัดอุณหภูมิของรังสีโดยอุปกรณ์ที่ไม่สู้ดีนักทำให้นักฟิสิกส์คิดกันว่า อุณหภูมิของรังสีมีค่าสม่ำเสมอ คือ คงตัวในทุกทิศทางในอวกาศทุกหนแห่ง แต่ Peebles กลับคิดว่ารังสี CMB น่าจะมีความหนาแน่น และอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอ คือ อาจจะมากหรือน้อยก็ได้ แม้ความ

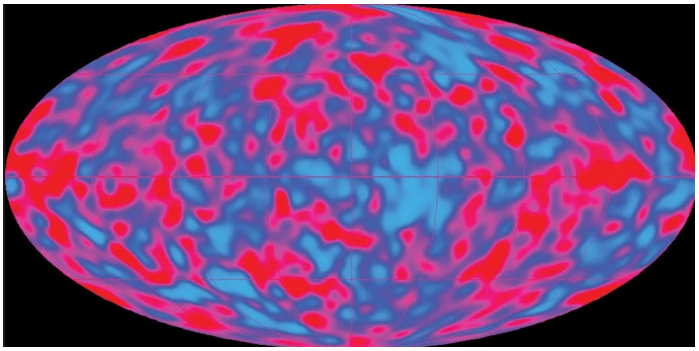
แปรปรวนจะมีค่าน้อย แต่ก็มีมากพอที่จะทำให้นักดาราศาสตร์รู้ว่า กาแล็กซีและดาวฤกษ์ต่าง ๆ ถือกำเนิดได้อย่างไร Peebles จึงเสนอทฤษฎีสมบัติด้านการขึ้นกับทิศทาง (anisotropy) ของรังสี CMB



ดาวเทียม COBE (Cosmic Background Explorer)

ภาพจาก NASA's Goddard Space Flight Center

ในปี 1989 NASA ได้ส่งดาวเทียม COBE (Cosmic Background Explorer) ขึ้นอวกาศเพื่อศึกษาอุณหภูมิของรังสีภูมิหลัง และได้พบความแตกต่าง คือ อุณหภูมิของรังสี CMB มิได้มีค่าสม่ำเสมอ เช่น บางบริเวณมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ย (2.73 องศาสัมบูรณ์) ประมาณ 0.0003 องศาสัมบูรณ์ บางบริเวณมีอุณหภูมิต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิลักษณะนี้สามารถอธิบายการกระจายตัวของพลังงานที่เกิดขึ้นขณะเอกภพมีอายุเพียง 3 แสนปี ข้อมูลนี้ยังสามารถอธิบายธรรมชาติการถือกำเนิดของกาแล็กซีได้ด้วย งานวิจัยนี้ได้ทำให้ George Smoot กับ John C. Mather ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2006



รังสีภูมิหลังที่ถ่ายได้โดยดาวเทียม COBE บริเวณที่มีสีแดงแสดงว่า
เป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นของสสารสูง ซึ่งจะนำไปสู่การถือกำเนิดของกาแล็กซี
ภาพจาก DMR/NASA

ย้อนอดีตไปถึงปี 1974 หลังจากที่ Peebles ได้ศึกษางานของ Fritz Zwicky นักดาราศาสตร์ชาวสวิสผู้ได้พบว่า กาแล็กซีหลายกาแล็กซีที่อยู่กันเป็นกระจุก ไม่น่าจะคงสภาพอยู่เช่นนั้นได้ โดยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว เขาจึงเสนอความเห็นว่าเอกภพอาจจะมีสสารที่ตามนุษย์มองไม่เห็น แฝงอยู่ในอวกาศด้วย

แนวคิดของ Zwicky ได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง โดย Vera Rubin ผู้ได้ศึกษาการหมุนรอบตัวเองของกาแล็กซีเกลียว จนได้พบว่า บรรดาดาวฤกษ์ที่อยู่ที่บริเวณขอบ ๆ ของกาแล็กซีมีความเร็วมากพอ ๆ กับดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของกาแล็กซี ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำให้ทุกคนประหลาดใจมาก เพราะตามปกติดาวยิ่งอยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางความเร็วของดาวจะยิ่งน้อย เช่น Neptune มีความเร็วในการโคจรรอบดวงอาทิตย์น้อยกว่าดาวพุธ นั่นคือ Rubin ได้พบหลักฐานแรกที่แสดงให้เห็นว่า กาแล็กซียังมีสิ่งที่ตามองไม่เห็น แฝงอยู่ภายในและสารนี้ทำให้ดาวฤกษ์ต่าง ๆ มีความเร็วในการเคลื่อนที่ลักษณะเช่นนั้น

Peebles จึงเสนอทฤษฎีโครงสร้างของกาแล็กซีใหม่ โดยได้อธิบายว่า ความผิดปกติของความเร็วดังที่เห็น เกิดจากการที่กาแล็กซีมีสสารที่ไม่มีใครมองเห็น นั่นคือ

สสารมืด (dark matter) ซึ่งมีมวลประมาณ 10 เท่าของกาแล็กซี โดยสสารมืดนี้แอบตัวอยู่ในกาแล็กซีที่ตาเห็น

ข้อเสนอของ Peebles นอกจากจะสามารถอธิบายเสถียรภาพของกาแล็กซีได้แล้ว ยังอธิบายได้อีกว่าสสารมืดมีอิทธิพลต่อลักษณะการขยายตัวของเอกภพได้ดีเพียงใดด้วย

ในปี 1998 Brian Schmidt กับ Adam Riess และ Saul Perlmutter ได้วัดอัตราเร็วในการขยายตัวของเอกภพ ซึ่งเป็นประเด็นที่ทุกคนคิดว่าน่าจะช้าลง ๆ เพราะถูกแรงโน้มถ่วงจากกาแล็กซีต่าง ๆ ดึงดูดไว้ แต่เมื่อคนทั้งสามศึกษา supernova ชนิด 1a ซึ่งเกิดจากดาวแคระขาว (white dwarf) ที่ระเบิด หลังจากที่เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในตัวดาวได้หมดลงแล้ว เพราะเหตุว่าความสว่างที่ดาวชนิดนี้เปล่งออกมาทุกดวง มีค่าคงตัว แล้วจากนั้นความสว่างของแสงดาวก็จะจางลง ๆ การวัดช่วงเวลาที่ความเข้มแสงลดลง ๆ ทำให้รู้ความสว่างแท้จริง และเมื่อแสงดาวเดินทางถึงโลก ความสว่างจะยิ่งน้อยลงไปอีก เพราะมันเบนปริมาณที่แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การรู้ความสว่างปรากฏทำให้นักดาราศาสตร์รู้ว่า supernova 1a ดวง อยู่ห่างจากโลกเพียงใด ดาวชนิดนี้จึงได้ชื่อว่า เป็นตะเกียงมาตรฐาน (standard candle) ของเอกภพ ที่ใช้ในการวัดระยะทางจากโลก

สำหรับการวัดความเร็วของ supernova 1a นั้น นักฟิสิกส์ดาราศาสตร์จะวัดความยาวคลื่นแสงที่เปลี่ยนไป ในกรณีดาวที่เคลื่อนที่หนีห่างจากโลก ความยาวคลื่นแสงจะเพิ่มขึ้น (redshift) แต่ถ้าดาวนั้นเคลื่อนที่เข้าหาโลก ความยาวคลื่นแสงจะน้อยลง (blueshift) การวัดความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลง จึงทำให้นักดาราศาสตร์รู้ว่า supernova 1a ที่อยู่ในกาแล็กซีต่าง ๆ มีความเร็วเพียงใด เมื่อรู้ค่าความเร็วของ

กาแล็กซีและระยะทางการนำความเร็วมาหารด้วยระยะทาง ก็จะให้ค่าคงตัว Hubble (H_0) ที่ตราบจนวันนี้ ก็ยังไม่มีใครรู้ชัด เพราะมันเป็นค่าที่วัดยากมาก

เมื่อ Schmidt, Riess และ Perlmutter วัดความเร็วของกาแล็กซี ณ เวลาต่าง ๆ ก็ได้พบว่า กาแล็กซีเหล่านั้นได้เคลื่อนที่เร็วขึ้น ๆ ตลอดเวลา นั่นแสดงว่า เอกภพกำลังขยายตัวด้วยความเร่ง ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าประหลาดใจมาก ยิ่งเมื่อไม่มีใครคนใดในโลกรู้ว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้กาแล็กซีเคลื่อนที่แบบมีความเร่ง แรงนี้จึงเป็นแรงชนิดใหม่ที่ต่อต้านแรงโน้มถ่วง คือ เป็นแรงผลัก การค้นพบนี้ทำให้นักดาราศาสตร์ทั้งสามคนได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2011

ปัจจุบันเราเรียกสิ่งที่ทำให้เอกภพมีความเร่งว่า พลังงานมืด (dark energy) ซึ่งเป็นสิ่งที่ยังไม่มีใครรู้ว่ามีสมบัติเช่นไร ครั้นเมื่อ Peebles มีหลักฐานมากมายที่ได้จากการทดลองมาสนับสนุน เขาจึงเสนอแบบจำลองของเอกภพที่รู้จักในนาม CDM (Lambda cold dark matter) เพื่ออธิบายโครงสร้างและวิวัฒนาการของเอกภพโดยมี parameter หลัก ๆ 3 ค่า คือ

(1) ค่าคงตัวเอกภพ (cosmological constant) ที่สามารถแทนได้ด้วยอักษร lambda (^) และใช้แทนพลังงานมืด

(2) สสารมืดที่มีอุณหภูมิต่ำ (cold dark matter CDM)

กับ (3) สสารทั่วไป ที่นักวิทยาศาสตร์ทุกคนรู้จักแล้ว

แบบจำลอง ^CDM ของ Peebles สามารถอธิบายสมบัติของเอกภพได้ดีมาก เช่น อธิบายที่มาของรังสีไมโครเวฟภูมิหลัง อธิบายการกระจายตัวของกาแล็กซีต่าง ๆ ใน

เอกภพ อธิบายความอุดมสมบูรณ์ของธาตุ hydrogen, helium และ lithium ที่พบในเอกภพ และยังอธิบายสาเหตุที่ทำให้เอกภพมีความเร่งก็ได้ด้วย

แต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า dark matter ประกอบด้วยอนุภาคอะไร มีสมบัติเช่นไร และอะไรคือสาเหตุที่ทำให้มี dark energy และ dark energy นี้ขึ้นกับค่าคงตัว cosmological constant อย่างไร และจะเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลาหรือไม่

เหล่านี้คือปัญหาที่กำลังเป็นประเด็นร้อนจัดในวงการดาราศาสตร์ฟิสิกส์ โดยบุคคลผู้ให้กำเนิดทฤษฎีที่ใช้อธิบายปัญหาเหล่านี้ คือ James Peebles

ในวงการภาพยนตร์มีการมอบรางวัลออสการ์ (oscar) แก่นักแสดงที่มีผลงานโดดเด่นมากอย่างสม่ำเสมอติดต่อกันเป็นเวลานาน แต่ไม่เคยได้รับรางวัลตุ๊กตาทอง oscar บุคคลโชคไม่ถึง ได้แก่ Peter O'Toole กับ Deborah Kerr

ในวงการฟิสิกส์ก็มีคนที่ทำงานสำคัญมากหลายต่อหลายคน ที่ไม่เคยได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์เช่นกัน เช่น Stephen Hawking กับ Lise Meitner จนใคร ๆ ก็คิดว่า Peebles คงจะเป็นหนึ่งในบรรดาผู้โชคไม่ถึงเหล่านั้น

แต่แล้วเรื่องที่ผิดหวังก็กลายเป็นเรื่องสมหวัง เพราะเมื่อวันที่ 10 ธันวาคมปี 2012 Peebles ได้เข้ารับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปีนั้น

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Dark Matter Problem โดย Robert H. Sanders จัดพิมพ์โดย Cambridge University Press ปี 2010

2. Ratra, B.; Peebles, P.J.E. (2003). "The cosmological constant and dark energy". Rev. Mod. Phys. 75 (2): 559–606. arXiv:astro-ph/0207347. Bibcode:2003RvMP...75..559P. doi:10.1103/RevModPhys.75.559. S2CID 118961123

Roger Penrose (โรเจอร์ เพนโรส)
Reinhard Genzel (ไรน์ฮาร์ด เก็นเซล)
Andrea Ghez (แอนเดรีย เกซซ์)

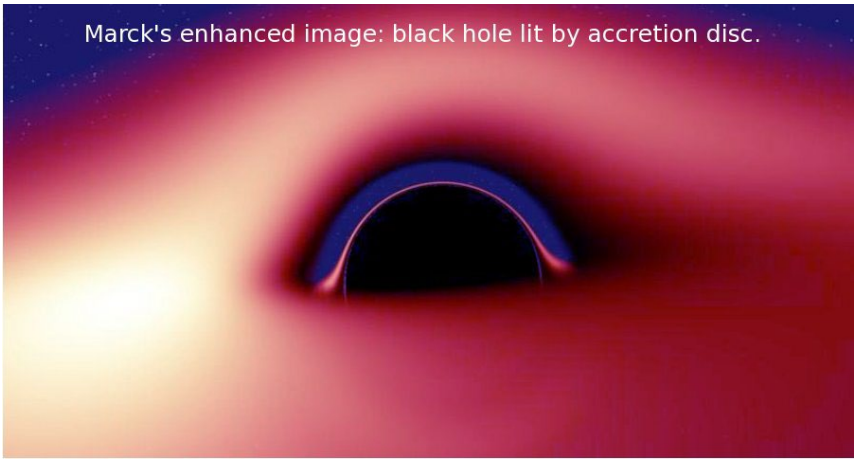
รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2020 จากการใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปพิสูจน์การเกิดหลุมดำกาแล็กซีทางช้างเผือก และสังเกตเห็นหลุมดำเป็นครั้งแรกจากการใช้เครือข่ายกล้องโทรทรรศน์

Roger Penrose, Reinhard Genzel และ Andrea Ghez (ตามลำดับ)

ภาพจาก Fergus Kennedy และวิกิพีเดีย

เมื่อวันที่ 6 ตุลาคม ปี 2020 คณะกรรมการรางวัลโนเบลฟิสิกส์ได้ประกาศรายชื่อผู้ได้รับรางวัลฟิสิกส์ประจำปี 2020 ว่าเป็นของนักฟิสิกส์ดาราศาสตร์ 3 ท่าน คือ Sir Roger Penrose แห่งมหาวิทยาลัย Oxford ในอังกฤษ ซึ่งได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลในฐานะที่สามารถพิสูจน์ได้ว่า ถ้าทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein ถูกต้อง เอกภพจะต้องมีหลุมดำที่มีมวลมหาศาลอยู่ที่ใจกลางของกาแล็กซี อีกครึ่งหนึ่งของรางวัลเป็นของ Reinhard Genzel กับ Andrez Ghez จากการพบหลุมดำที่มีมวล 1,000 ล้านเท่าของดวงอาทิตย์อยู่ที่ใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก หลังจากที่ได้พยายามวัดข้อมูลด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ทันสมัย เป็นเวลานานประมาณ 20 ปี แม้คนทั้งสองจะทำงานแข่งขันกัน แต่ในเวลาเดียวกันก็ช่วยตรวจสอบข้อมูลของกันและกันด้วย Genzel นั้นเป็นผู้อำนวยการของสถาบัน Max Planck Extraterrestrial Physics ที่เมือง Garching

ในเยอรมนี ส่วน Ghez ศาสตราจารย์สตรีที่มหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Los Angeles ในสหรัฐอเมริกา



ภาพถ่ายหลุมดำ ภาพจาก วิกิพีเดีย

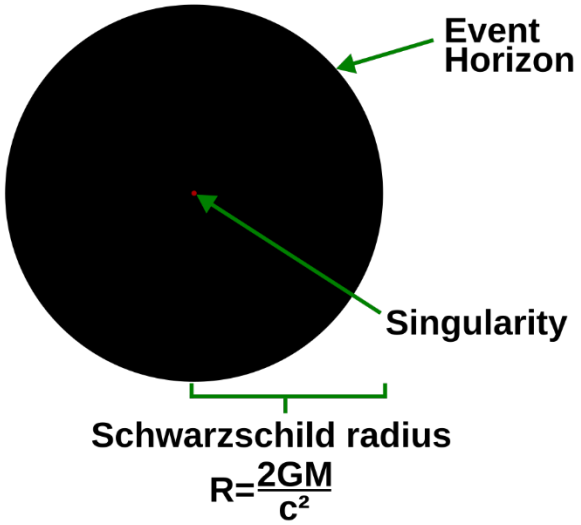
ผลงานของคนทั้งสามจึงส่งเสริมและสนับสนุนกัน โดย Penrose เป็นผู้เสนอทฤษฎีการถือกำเนิดของหลุมดำ และ Genzel กับ Ghez เป็นคนตรวจสอบความถูกต้องของทฤษฎีด้วยการทดลอง

ในปี 1915 ที่ Einstein เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเพื่ออธิบายที่มาของแรงโน้มถ่วงว่า เกิดจากการที่มวลทำให้ปริภูมิ (space) และเวลา (time) ในบริเวณโดยรอบมวลสามารถยืดออกและหดเข้าได้ คือ มวลสามารถบิดเบี้ยวรูปทรงของปริภูมิและเวลาในบริเวณรอบมวล ทำให้เกิดแอ่ง ดังนั้นเมื่อมีมวลอื่นอยู่ใกล้ ความลาดเอียงของแอ่งจะทำให้มวลที่สองเคลื่อนที่เข้าหามวลแรก เหตุการณ์จึงดูเสมือนว่า มวลทั้งสองได้ดึงดูดกันด้วยแรงโน้มถ่วง

การพบที่มาของแรงโน้มถ่วงนี้ ได้ช่วยให้ Einstein ใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปพบอีกว่า เวลารังสีแสงผ่านใกล้ดาวที่มีมวลมากมหาศาล รังสีแสงจะเดินทางเป็นเส้นโค้ง และถ้ามวลเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ปริภูมิ-เวลารอบมวลจะถูกรบกวน ทำให้เกิดคลื่นโน้ม

ถ่วง คำทำนายเหล่านี้ ต่างก็ได้รับการยืนยันโดยการทดลองในเวลาต่อมาว่า ถูกต้องทุกประการ

แต่สำหรับคำพยากรณ์ของทฤษฎีที่ว่า สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลมาก เมื่อถึงเวลาดับขันธ์ คือ หลังจากที่เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในตัวดาวหมดสิ้น มันจะยุบตัวจนมีขนาดเล็กมาก และมีความหนาแน่นมากถึงอนันต์ (infinity) นั้น Einstein เชื่อว่า ไม่สามารถจะเกิดได้ เพราะธรรมชาติจะมีทางออกไม่ให้เหตุการณ์วิกฤตแลพวิปริตนั้นบังเกิด แต่ก็มีเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้ Einstein ไม่เชื่อเรื่องการมีหลุมดำ คือเทคนิคการแก้สมการในทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเป็นเทคนิคแบบง่าย ๆ ที่ใช้วิธีประมาณ ดังนั้น หลุมดำที่ใคร ๆ ก็คิดว่ามี จึงเป็นผลที่เกิดจากความบกพร่องในความสามารถจะแก้สมการของ Einstein ความก้าวหน้าเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้เรื่องหลุมดำจึงชะลอหยุดเป็นเวลานานร่วม 50 ปี



แผนภาพแสดงขอบฟ้าของเหตุการณ์ (event horizon) และรัศมี Schwarzschild ของหลุมดำ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

จนกระทั่งปี 1965 เมื่อ Roger Penrose ได้พัฒนาเทคนิคคณิตศาสตร์ของภาวะเอกฐาน (singularity) เพื่อใช้อธิบายสมบัติของสิ่งที่มีความหนาแน่นสูงมากถึงอนันต์

และใช้ แผนภาพ Pensose ของ space-time ในสองมิติแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุดที่มีภาวะเอกฐานในกราฟ และพบว่ามันจะถูกห้อมล้อมโดยปริมาตรที่มีผิว เรียกขอบฟ้าของเหตุการณ์ (event horizon) ซึ่งแสดงบริเวณที่มีขอบเขตนี้ว่า อะไรก็ตามที่เล็ดรอดเข้าไปในบริเวณนี้ จะย้อนกลับออกมาไม่ได้ บริเวณจึงแสดงความเป็นบริเวณต้องห้าม ที่คนภายนอกไม่สามารถเห็นเหตุการณ์ภายในได้ Penrose เรียกเงื่อนไขนี้ว่า cosmic censorship ซึ่งสำหรับกรณีดาวฤกษ์ที่ยุบตัวลงจนมีขนาดเล็กเป็นจุด จะไม่สามารถปลดปล่อยแสงออกมาได้นั้น John Wheeler จึงเรียก ดาวนี้ว่าหลุมดำ โดยภายในหลุมดำ เวลาจะหยุดนิ่ง ด้านกฎและสูตรต่าง ๆ ในฟิสิกส์จะใช้ไม่ได้อีกต่อไป

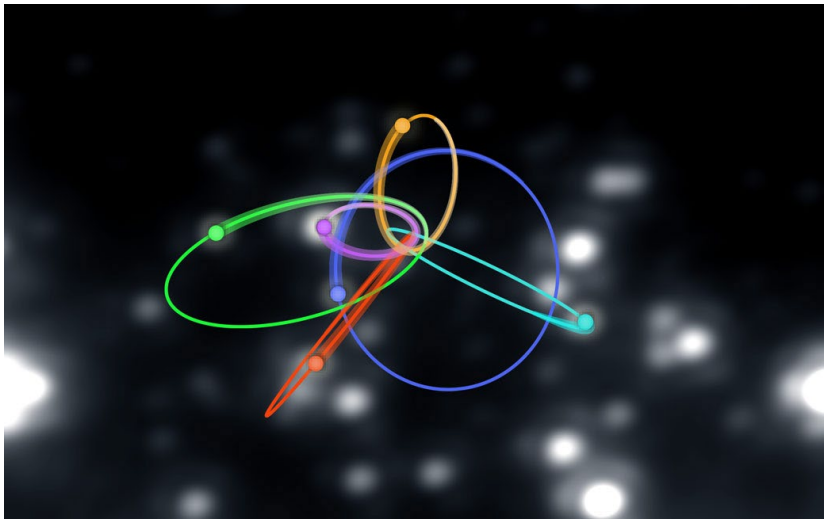
ในปี 1973 Stephen Hawking (1942-2018) กับ Jacob Bekenstein (1947-2015) ได้ศึกษาสมบัติเชิงอุณหพลศาสตร์ของหลุมดำและพบว่ามี entropy ของหลุมดำที่ขึ้นกับพื้นที่ผิวของขอบฟ้าแห่งเหตุการณ์ อีกสองปีต่อมา Hawking ได้ใช้ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม แสดงให้เห็นว่า หลุมคำที่มีขนาดเล็กสามารถแผ่รังสีได้ ซึ่งรู้จักในนาม รังสี Hawking ที่ตราบถึงวันนี้ ก็ยังไม่มีโครพบ

สำหรับการจะเห็นหลุมดำนั้น ก็เป็นเรื่องที่ยากมาก เพราะเมื่อไม่มีแสงใด ๆ เปล่งออกจากหลุมดำได้ ดังนั้น กล้องโทรทรรศน์จึงไม่สามารถเห็นหลุมดำได้ แต่อาจจะเห็นได้ด้วยการสังเกตดูเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณโดยรอบหลุมดำ เช่น ศึกษาลักษณะโคจรของดาวฤกษ์รอบหลุมดำ รวมถึงการวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา รังสีอินฟราเรด ตลอดคลื่นวิทยุ ที่แก๊สในดาวฤกษ์ ขณะถูกหลุมดำดึงดูดปล่อยออก

ในปี 1971 Donald Lynden-Bell (1935-2018) กับ Martin Rees (1942-ปัจจุบัน) ได้เสนอความคิดว่า ที่ใจกลางกาแล็กซีที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นกาแล็กซีที่ประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนนับแสนล้านดวงน่าจะมีหลุมดำอยู่ เพราะกาแล็กซีที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด คือ กาแล็กซีทางข้างเผือก (Milky Way) ดังนั้น Reinhard Genzel

(1952-ปัจจุบัน) จึงต้องการบุกเบิกการศึกษาดาวฤกษ์ที่โคจรใกล้ใจกลางทางช้างเผือกบ้าง

กาแล็กซีทางช้างเผือกมีดาวฤกษ์ประมาณ 100,000 ล้านดวง มีโครงสร้างทางเรขาคณิตหมือนจานแบนที่มีรัศมียาวประมาณ 60,000 ปีแสง (นั่นคือแสงต้องใช้เวลาในการเดินทางจากจุดศูนย์กลางของกาเล็กซีถึงขอบโดยใช้เวลาประมาณ 60,000 ปี) และที่บริเวณส่วนกลาง ๆ ของกาแล็กซี จะโป่งออกจนเป็นรูปจานสองใบที่คว่ำประกบกัน โดยมีรัศมียาวประมาณ 60,000 ปีแสง และภายในมีดาวฤกษ์กระจายอยู่กันอย่างหนาแน่นมาก ในการวัดมวลของหลุมดำนั้น นักดาราศาสตร์ใช้หลักการค้นหาว่า ต้องศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ที่โคจรรอบจุดศูนย์กลางของกาแล็กซี เพราะเมื่อรู้คาบการเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์และรู้ระยะทางที่ดาวฤกษ์อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลาง เขาก็จะรู้มวลของหลุมดำทันที



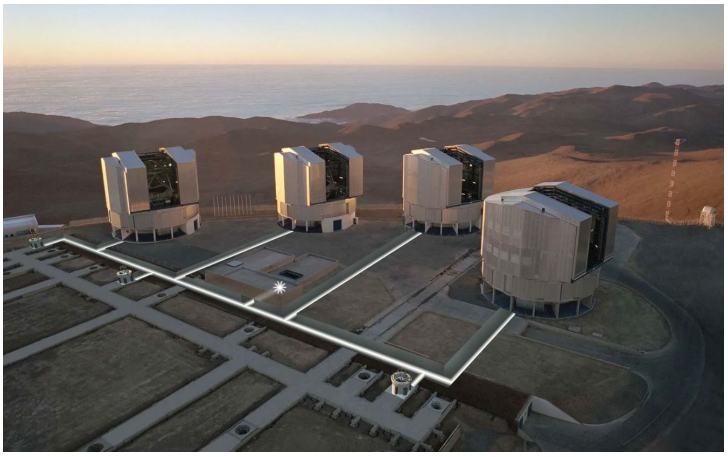
ภาพแสดงวงโคจรของดาวฤกษ์ต่าง ๆ รอบหลุมดำ Sagittarius A*

ภาพจาก viewspace.org

เมื่อแรงที่กระทำต่อดาวฤกษ์แต่ละดวงมีหลายแรง เช่น แรงโน้มถ่วงจากสสารมืดและจากดาวฤกษ์ดวงอื่น ๆ แรงจากแก๊สร้อน และจากหลุมดำ ดังนั้นทีมวิจัยของ

Genzel จึงใช้กล้องโทรทรรศน์ New Technology ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 3.6 เมตร ที่อยู่ ณ หอดูดาว European Southern Observatory (ESO) ณ เมือง La Sila ในชิลี สังเกตดูดาวฤกษ์ที่โคจรรอบดาว Sagittarius A* (อ่าน Sgr- A* หรือ sadge A-star) ด้านทีมของ Ghez ก็ได้สังเกตดูการเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ต่าง ๆ รอบ Sgr-A* เช่นกัน แต่ใช้กล้องโทรทรรศน์ Keck ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 10 เมตร ที่อยู่ ณ ยอดเขา Mauna Kea บนเกาะ Hawari ในการดู

การสังเกตลักษณะเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ ณ ใจกลางของกาแล็กซี เป็นเรื่องที่ทำได้ยากมาก เพราะดาวฤกษ์มีเป็นจำนวนมาก และอยู่กันอย่างหนาแน่น อีกทั้งยังมีรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมารบกวนมากมาย เช่น รังสีอินฟราเรด รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสี UV ตลอดจนคลื่นวิทยุ ดังนั้นการสังเกตูดาวฤกษ์ จึงต้องใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีความไวในการรับแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ



กล้องโทรทรรศน์ Very Large Telescope (VLT) ที่ Cerro Paranal ใน Chile

ภาพจาก ESO

ในปี 2002 Genzel ได้ใช้กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่มีจานรับ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 2 เมตร โดยให้กล้องทำงานร่วมกับกล้อง Very Large Telescope ที่อยู่บนยอดูเขา Cerro Paranal ในชิลี เพื่อรับคลื่นวิทยุที่สามารถทะลุทะลวงผ่านมหาสมุทรฝุ่นอวกาศ

ที่มีความหนาแน่นมากในบริเวณส่วนกลางของกาแล็กซี และเมื่อคลื่นวิทยุเดินทางถึงโลก คลื่นก็ต้องผ่านชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกอีกด้วย แต่บรรยากาศส่วนนี้ ไม่เคยอยู่สงบนิ่ง เพราะมีทั้งเมฆ ความชื้น ดังนั้นจึงมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ ด้วยเหตุนี้ดัชนีหักเหของบรรยากาศสำหรับคลื่นวิทยุจึงมีค่าไม่คงตัว ดังนั้นเวลาใครจะศึกษาดูหลุมดำ เขาจึงต้องคำนึงถึงประเด็นนี้ด้วย แต่ความไม่คงตัวเหล่านี้ก็อาจจะแก้ไขได้ โดยใช้เทคนิค adaptive optics สำหรับคลื่นที่ใช้เวลา 30x10^6 วินาทีในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก หลังจากที่ได้เดินทางมาจากบริเวณลึกในอวกาศเป็นเวลานานร่วม 26,000 ปี

ในที่สุดทีมวัยของ Genzel กับ Ghez ก็ได้พบว่า ดาวฤกษ์ที่โคจรรอบหลุมดำ และมีความเร็วประมาณ 9,000 กิโลเมตร/วินาที หรือประมาณ 3% ของความเร็วแสง มีดาวฤกษ์ดวงหนึ่งเคลื่อนที่เข้าใกล้หลุมดำมาก คือ ห่างประมาณ 17 ชั่วโมงแสง หรือประมาณ 120 เท่าของระยะทางโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ และมีวงโคจรครบรอบเป็นเวลานาน 15 ปี ครั้นเมื่อนำข้อมูลเหล่านี้ ไปใช้ในกฎ Kepler นักวิจัยทั้งสองยังได้พบว่านี่เป็นหลักฐานที่แสดงว่า หลุมคำที่ใจกลางกาแล็กซีทางข้างเผือกมีหลุมดำมวลประมาณ 1,000 ล้านเท่าของดวงอาทิตย์ ผลงานนี้ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร Nature ฉบับวันที่ 17 ตุลาคม ปี 2002 หลังจากที่ได้มีการพบหลุดดำ Sagittarius A* แล้ว องค์การ NASA ได้ส่งกล้องโทรทรรศน์อวกาศขึ้นโคจรอีกหลายกล้อง เพื่อศึกษาหลุมดำ เช่น กล้อง Chandra เพื่อรับรังสีเอกซ์ ที่ออกจามาจากแก๊ส ขณะถูกหลุมดำดึงดูดเข้าตัว จนทำให้ได้พบหลุมดำชื่อ Cygnus X-1 หรือ Cyg-X1 อยู่ในกลุ่มดาวหงส์ หลุมดำนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 250 กิโลเมตร และมีมวลประมาณ 15 เท่าของดวงอาทิตย์

เพราะทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ในบริเวณใกล้หลุมดำ มีการเคลื่อนที่แบบโกลาหลอลหม่านมาก ดังนั้นการศึกษาสมบัติกายภาพของหลุมดำ อันได้แก่ มวล ขนาด ความเร็ว

เชิงมุม และประจุไฟฟ้า จึงต้องการกล้องโทรทรรศน์หลายกล้องและหลายรูปแบบเพื่อรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างกัน ๆ โดยทำงานประสานกัน เป็นเครือข่าย (network) เสมือนเป็นกล้องเดียว ที่มีจานรับคลื่นขนาดใหญ่สุทธิเท่าโลก เช่น

1. กล้อง James Clerk Maxwell ที่สเปน

2. กล้อง Large Millimeter Telescope ที่เม็กซิโก

3. กล้อง Atacama Large Millimeter ที่ชิลี

4. กล้อง Atacama Pathfinder Experiment ที่ชิลี

5. กล้อง South Pole Telescope ที่ขั้วโลกใต้

6. กล้อง Submillimeter Telescope ที่สหรัฐอเมริกา

7. กล้อง IRAM Radio Telescope ที่สเปน

8. กล้องที่ Max Planck Institute for Radio Astronomy ที่เยอรมนี

โดยกล้องทั้ง 8 นี้ ทำงานแบบเครือข่าย ภายให้ชื่อโครงการกล้อง Event Horizon Telescope (EHT) ที่สามารถรับข้อมูล 2 X 10^15 petabytes ได้ทุกวัน ตั้งแต่ปี 2017 เป็นต้นมา จนทำให้สามารถถ่ายภาพหลุมดำได้เป็นครั้งแรกเมื่อปี 2018 โดยใช้เทคนิคการแทรกสอดของสัญญาณแบบ digital signal processor กับเทคนิค data recorder

ความก้าวหน้านี้และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของหลุมดำ จึงเกิดจากผลงานของนักฟิสิกส์สามท่าน ที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 2020 นี้

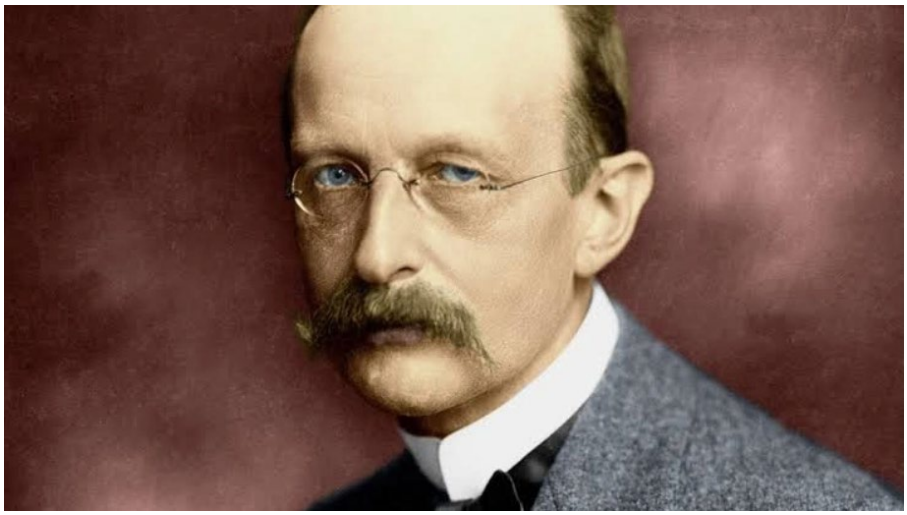
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Black Hole at the Center of Our Galaxy โดย Fulvio Melia ซึ่งจัดพิมพ์โดย Princeton University Press ในปี 2003

2. Siegel, Matthew (8 January 2008). "Wolf Foundation Honors Hawking and Penrose for Work in Relativity". Physics Today. 42 (1): 97–98. doi:10.1063/1.2810893. ISSN 0031-9228. Archived from the original on 7 December 2021. Retrieved 7 October 2020.

Max Planck (มัคส์ พลังค์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1913 จากการพบธรรมชาติของพลังงานที่เป็นควอนตัม



Max Planck ภาพจาก kardashev.fandom.com

Max Planck เป็นนักฟิสิกส์ผู้พบองค์ความรู้เรื่องธรรมชาติของควอนตัม (quantum) ที่ช่วยให้มนุษย์สามารถเข้าใจธรรมชาติของอะตอมได้ เขาเกิดเมื่อวันที่ 23 เมษายน ปี 1858 ที่เมือง Kiel ในเยอรมนี บิดาเป็นอาจารย์สอนกฎหมาย เมื่ออายุ 9 ขวบ ครอบครัวของพลังค์ได้อพยพไป Munich และพลังค์ได้เข้าโรงเรียนมัธยมที่นั่น

พลังค์เรียนได้ค่อนข้างดี แต่ไม่เด่น เพราะสอบได้ที่ระหว่าง 3 กับ 8 บ่อย การใช้ชีวิตในเมืองใหญ่เช่นมิวนิค ทำให้พลังค์สนใจวัฒนธรรมที่มีความหลากหลาย เช่น ดนตรี และศาสนา เมื่ออายุ 16 ปี พลังค์ได้เข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัยมิวนิค แต่ก่อนที่จะเริ่มเรียนได้ไปปรึกษาปัญหาการทำวิจัยฟิสิกส์ในอนาคตกับ Philipp von Jolly และได้รับคำตอบว่าวิชาฟิสิกส์ไม่มีอะไรจะต้องพัฒนาอีก

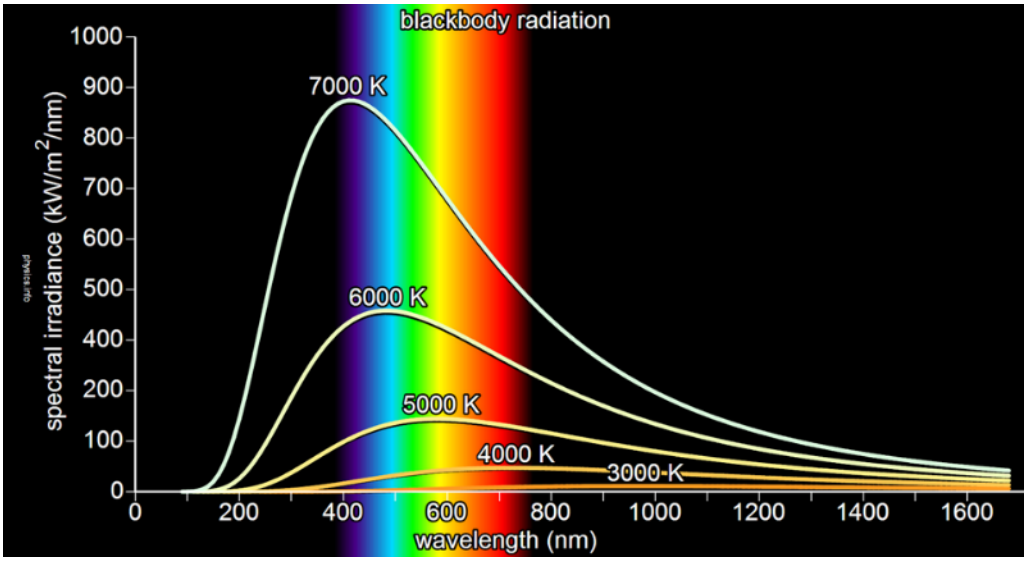
แม้คำทำนายนี้ดูไม่น่าจะจูงใจใครให้สนใจเรียนฟิสิกส์ แต่พลังค์ก็เรียน เพราะคิดว่าธรรมชาติเป็นโลกอิสระที่ไม่ขึ้นกับพระเจ้า ดังนั้นการศึกษาฟิสิกส์เพื่อค้นหากฎที่สามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ จึงเป็นการศึกษาระดับสูงสุด

Planck ได้เดินทางไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยเบอร์ลิน (Berlin) ขณะศึกษาที่นั่นเขามีอาจารย์สอนที่มีชื่อเสียงสองท่าน คือ Hermann von Helmholtz (1821-1894) และ Gustav Kirchhoff (1824-1887) ซึ่งพลังค์คิดว่า แม้เคอร์ซอฟฟ์จะเป็นครูเก่ง แต่ก็สอนหนังสือไม่สนุก การมีความสามารถสูงทั้งทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ได้ทำให้พลังค์สนใจฟิสิกส์ทฤษฎีและได้กลับมาศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยมิวนิคอีก จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก เมื่ออายุ 21 ปี ด้วยวิทยานิพนธ์เรื่องกฎข้อที่สองของวิชาอุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) ต่อจากนั้นได้รับแต่งตั้งให้เป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยมิวนิคนาน 5 ปี

เมื่อ Kirchhoff เสียชีวิตในปี 1887 ผลงานฟิสิกส์ที่ยิ่งใหญ่ ได้ทำให้ Planck ได้รับแต่งตั้งให้เป็นศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยเบอร์ลินแทน ขณะมีอายุ 31 ปี พลังค์ทำงานที่นั่นเป็นเวลานานถึง 38 ปี จนเกษียณในปี 1927

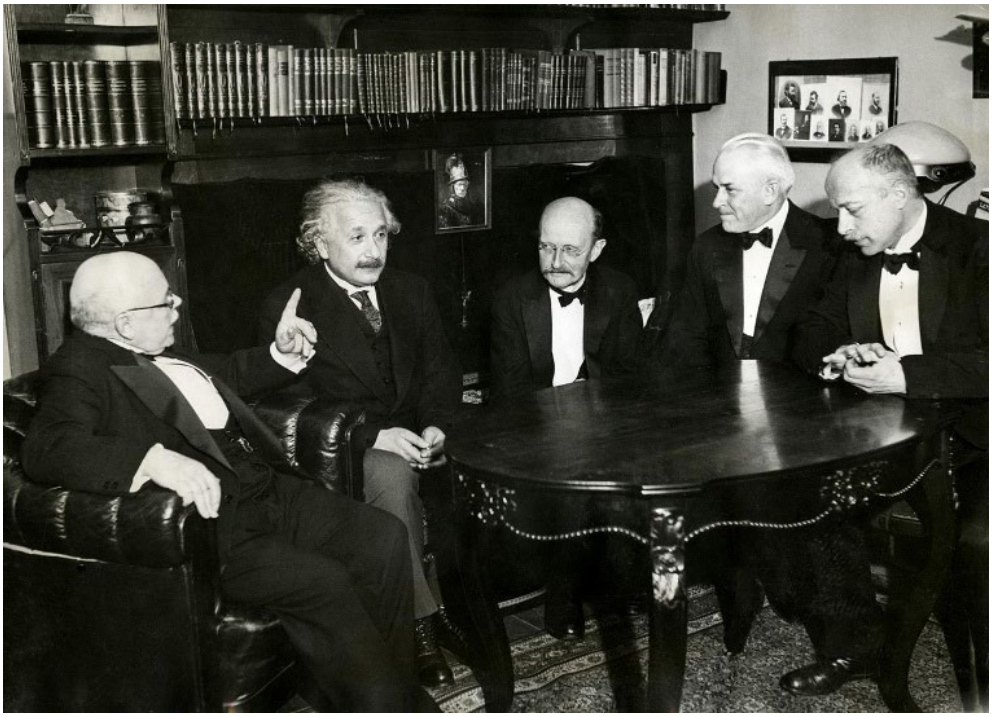
ขณะเป็นอาจารย์สอนที่มหาวิทยาลัยเบอร์ลิน Planck ทำงานสอนอย่างทุ่มเท จนได้รับความชื่นชมจากบรรดาศิษย์มาก โดยพลังค์ได้พยายามอธิบายสาเหตุการแผ่รังสีต่าง ๆ ของวัตถุเวลาถูกเผาให้ร้อน เพราะทฤษฎีของ Wien และ Rayleigh ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้ เพราะ Wien กับ Rayleigh คิดว่ารังสีที่ออกมาจากวัตถุร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถมีพลังงานมากหรือน้อยเพียงใดก็ได้ไม่จำกัด แต่ Planck ได้คิดใหม่ว่ารังสีที่วัตถุร้อน ถูกปลดปล่อยจะออกมาในลักษณะของก้อนพลังงานที่พลังค์เรียก quantum โดยพลังงานของควอนตัมแต่ละก้อนจะขึ้นกับความถี่ของรังสีเท่านั้น ดังนั้น

ในกรณีของรังสีเอกซ์ ซึ่งมีความถี่มากกว่าคลื่นวิทยุ ควอนตัมของรังสีเอกซ์จะมีพลังงานมากกว่าควอนตัมของคลื่นวิทยุ



กราฟแสดงความเข้มของรังสีที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิตามทฤษฎีควอนตัมของ Planck ภาพจาก วิกิพีเดีย

พลังงานควอนตัมสามารถเขียนได้เป็นสมการ E = hν เมื่อ E คือ พลังงาน และ ν คือ ความถี่ของรังสี และคนทั้งโลกทุกวันนี้รู้จัก h ในนามค่าคงตัวของพลังค์ (Planck's constant) และพลังค์ได้แถลงทฤษฎีควอนตัมของเขาในปี 1900 และใช้ทฤษฎีนี้ในการหาสูตรการแผ่รังสีของวัตถุว่าขึ้นกับอุณหภูมิของวัตถุและความยาวคลื่นของรังสีต่าง ๆ อย่างไร ทฤษฎีของ Planck ได้ล้มล้างหลักการของทฤษฎีฟิสิกส์เดิม ๆ โดยได้เสนอความคิดใหม่ว่าพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะปรากฏในรูปก้อนพลังงาน ไม่ใช่พลังงานของคลื่น



W. Nernst, A. Einstein, M. Planck, R. Millikan, กับ M. Laue (ตามลำดับ) ที่ Berlin เมื่อวันที่ 11 November 1931 ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในเบื้องต้น ทฤษฎี quantum ของพลังค์ได้รับการต่อต้านมาก จนทำให้รู้สึกไม่สบายใจ เพราะแนวคิดของเขาสวนทางและขัดแย้งกับความเชื่อของคนทั้งโลก ในเวลาต่อมาเมื่อ Einstein ใช้แนวคิดของพลังค์อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effect) โดยได้เสนอว่า แสงก็มีสมบัติเป็นก้อนพลังงาน และนีลส์ โบร์ (Niels Bohr) ได้ตอกย้ำว่า แนวคิดของพลังค์ถูกต้อง เพราะสามารถอธิบายการที่อะตอมไฮโดรเจน เปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้ เมื่อสูตรคำนวณความยาวคลื่นของแสงที่โบร์หามาได้ ได้รับการตรวจสอบโดยการทดลองว่าถูกต้องสมบูรณ์ ทฤษฎีควอนตัมของพลังค์ได้รับการยอมรับทันที

พลังค์ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์สำหรับการค้นพบควอนตัม ในปี 1918 หลังจากที่ได้รับรางวัลแล้ว พลังค์มิได้แสดงบทบาทมากในการพัฒนาทฤษฎีควอนตัมต่อ เขาได้ทิ้งมรดกทางความคิดของเขาให้นักฟิสิกส์รุ่นหลัง เช่น พอล ดิแรก (Paul Dirac) และแวร์

เนอร์ ไฮเซินแบร์ค (Werner Heisenberg) พัฒนาต่อ พลังค์เองได้หันไปทำงานบริหาร โดยเป็นเลขานุการของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งปรัสเซีย (Prussian Academy of Sciences) เป็นเวลานานถึง 31 ปี

ในปี 1930 พลังค์ได้รับเลือกเป็นประธานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ไกเซอร์ วิลเฮล์ม (Kaiser Wilhelm Gesellschaft) ของเยอรมัน โดยทำงานเป็นประธานของสถาบันนี้นานถึง 7 ปี เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง การมีความคิดต่อต้านนาซีของฮิตเลอร์ (Hitler) ได้ทำให้ชีวิตของพลังค์ตกอยู่ในอันตราย เมื่อได้พยายามช่วยชีวิตชาวยิวให้รอดพ้นจากการถูกข่มเหง รังแก และสังหาร ครั้นเมื่อบุตรชายคนรองถูกฆ่าในปี 1945 เพราะถูกกล่าวหาว่ามีส่วนในการวางแผนสังหารฮิตเลอร์ พลังค์ยิ่งรู้สึกเศร้าขึ้นไปอีก เพราะรู้สึกว่าตนได้สูญเสียความสุขในชีวิตไปอย่างสมบูรณ์ เช่น ในสมัยสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง ได้สูญเสียบุตรชายคนโต เมื่อถึงสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง บ้านที่เบอร์ลินได้ถูกเครื่องบินทิ้งระเบิดของฝ่ายสัมพันธมิตรทำลายจนราบคาบ และในวัยเด็ก ทหารออสเตรียได้บุกยึดบ้านเกิดไปเป็นของรัฐ เป็นต้น

เมื่อสงครามโลกครั้งที่สองยุติในปี 1945 พลังค์ได้หวนกลับไปเป็นประธานของสถาบันวิจัยไกเซอร์ วิลเฮล์มอีกครั้งหนึ่ง การแพ้สงครามโลกของเยอรมันได้ทำให้เขาบริหารงานวิจัยวิทยาศาสตร์ของเยอรมันได้ยากมาก

พลังค์เสียชีวิตเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ปี 1947 ที่เมืองเกิททิงเงิน (Gottingen) ในเยอรมนี

ทฤษฎีควอนตัมที่พลังค์พบนี้เป็นทฤษฎีฟิสิกส์ที่สำคัญมากที่สุดทฤษฎีหนึ่ง นอกเหนือไปจากทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Theory of Relativity) และทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป (General Theory of Relativity) ของไอน์สไตน์

ณ วันนี้ค่าคงตัวของพลังค์ (h) ได้รับการยอมรับแล้วว่าเป็นค่าคงตัวที่มีบทบาทและความสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติที่มีขนาดเล็กระดับอะตอมได้ดีที่สุด เพราะเราได้ใช้ทฤษฎีควอนตัมในการอธิบายโครงสร้างของอะตอม ปฏิกิริยาเคมี การแผ่กัมมันตรังสี พฤติกรรมของดาวนิวตรอน และหลุมดำ การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเลเซอร์ ฯลฯ

ทุกวันนี้ โลกได้ยอมรับและยกย่องพลังค์ว่าเป็นบิดาของควอนตัมผู้ได้แปลงโฉมความเข้าใจของมนุษย์เกี่ยวกับธรรมชาติ เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกได้ใช้แนวคิดของพลังค์ในการอธิบายพฤติกรรมทั้งของอะตอมที่มีขนาดเล็กที่สุด จนกระทั่งถึงกาแล็กซีและเอกภพที่ใหญ่ที่สุด ด้านนักเทคโนโลยีก็ได้ใช้ความรู้ที่พลังคพบในการนำโลกเข้าสู่ยุคอะตอมและยุคอิเล็กทรอนิกส์

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Max Planck: Unveiling the Father of Quantum Theory". History Data. 13 February 2024.

2. "Max Planck". Pontifical Academy of Sciences. Archived from the original on 22 January 2026. Retrieved 15 March 2026.

Isidor Isaac Rabi (อิซิโดร์ ไอแซก ราบี)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1944 จากการพบปรากฏการณ์ Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

Isidor Isaac Rabi ภาพจาก Rabi's personal collection

Isidor Isaac Rabi เกิดเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม ปี 1898 ที่หมู่บ้าน Rymanów ในแคว้น Galicia ของอาณาจักรออสเตรีย-ฮังการี ปัจจุบันเมืองนี้อยู่ในโปแลนด์ บิดามารดาเป็นคนเคร่งศาสนามาก มีเชื้อชาติยิว ด้วยเหตุนี้ Rabi จึงรู้ภาษายิว และสามารถสนทนาได้คล่องแคล่วตั้งแต่อายุยังน้อย เพราะสภาพความเป็นอยู่ของครอบครัวค่อนข้างยากลำบาก บิดาจึงตัดสินใจอพยพครอบครัวไปอเมริกา เพื่อการมีชีวิตที่ดีกว่า

เมื่อเจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองถามมารดาว่า ลูกชายอายุ 3 ขวบชื่ออะไร มารดาตอบว่า ชื่อ Izzy ซึ่งย่อมาจากคำ Israel แต่ครูที่โรงเรียนคิดว่า Izzy มาจากคำ Isidore ทำให้ Rabi มีชื่อต้นว่า Isidor Isaac Rabi และ Rabi ได้ตัด “e” ในชื่อแรกทิ้ง เมื่อโตขึ้น

เด็กชาย Rabi เรียนหนังสือได้ดีที่โรงเรียนใน New York เพราะแม่ให้ความสนใจในการเรียนของลูก และมักถาม Rabi เวลากลับจากโรงเรียนว่า วันนี้ลูกได้ถามครูเรื่องอะไรบ้าง

เมื่ออายุ 9 ขวบ Rabi ได้พบว่า ห้องสมุด Carnegie ที่ Brooklyn มีหนังสือวิทยาศาสตร์ให้อ่านเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเรื่องไฟฟ้าส่วนที่เกี่ยวกับการส่งโทรเลข จึงพยายามสร้างเครื่องส่งโทรเลขด้วยตนเอง เพื่อใช้ส่งรหัส Morse ติดต่อกับเพื่อน

Rabi จบการเรียนระดับมัธยมศึกษาเมื่ออายุ 18 ปี โดยเรียนหนังสือด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ เมื่อได้ทุนเล่าเรียนจากมหาวิทยาลัย Cornell จึงเข้าเรียนวิศวกรรมไฟฟ้า แต่พบว่า วิชานี้น่าเบื่อเพราะอาจารย์ที่สอนไม่ได้อธิบายสาเหตุของเหตุการณ์ จึงเปลี่ยนไปเรียนเคมีแทน เพราะชอบวิชาเคมีวิเคราะห์ที่มีการค้นหาธาตุหรือสารประกอบลึกลับในสิ่งต่าง ๆ Rabi ได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 21 ปี จากนั้นได้หางานทำ แต่ไม่สำเร็จ เพราะมีเชื้อชาติยิว จึงกลับไปเรียนเคมีต่อในระดับปริญญาโทที่มหาวิทยาลัย Cornell แล้วเริ่มตระหนักว่า เนื้อหาของวิชาเคมีขั้นสูงที่กำลังเรียนในเวลานั้น เป็นส่วนหนึ่งของฟิสิกส์

หลังจากที่จบการศึกษาระดับปริญญาโท Rabi ได้ไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Columbia จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในปี 1926 ด้วยวิทยานิพนธ์ เรื่อง ปรากฏการณ์แม่เหล็กในผลึก

ช่วงเวลานั้นเป็นยุคทองของนักฟิสิกส์ เพราะกลศาสตร์ควอนตัมเพิ่งถือกำเนิดโดย Werner Heisenberg กับ Erwin Schrodinger วิทยาการใหม่ทำให้นักฟิสิกส์ทุกคนในอเมริการู้สึกตื่นเต้นมาก เพราะรู้ว่ากำลังจะก้าวเข้าสู่โลกใหม่ของอะตอม Rabi จึงได้ติดตามโดยการอ่านวารสารข่าวในนิตยสารและตำราต่าง ๆ ที่ถูกส่งมาจากยุโรปตลอดเวลา รวมถึงได้พยายามหาโจทย์วิจัยทำ โดยการนำเทคนิคของกลศาสตร์ควอนตัมมาใช้ในสถานการณ์ที่เป็นที่รู้จักกันดีในกลศาสตร์คลาสสิกแล้ว

เพราะเหตุว่ายุโรปกำลังเป็นสำนักตักกสิลาของฟิสิกส์ ดังนั้น Rabi เมื่อได้ทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัย Columbia จึงเดินทางไปพบ Erwin Schrodinger ที่ Zurich ในสวิสเซอร์แลนด์ พบ Arnold Sommerfeld ที่ Munich ในเยอรมนี พบ Niels Bohr ที่ Copenhagen ในเดนมาร์ก และพบ Wolfgang Pauli ที่ Hamburg ในเยอรมนี และคนเหล่านี้มีอิทธิต่อความคิดในการทำงานของ Rabi มาก แต่ถ้าจะให้ความสำคัญแล้ว การได้พบกับ Otto Stern ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์คนแรกที่พัฒนาเทคนิคการสร้างลำโมเลกุล เพื่อใช้ในการพิสูจน์ว่า อิเล็กตรอนมี spin ทิศขึ้นกับลง เป็นคนที่ Rabi ประทับใจมากที่สุด เพราะ Rabi ได้พัฒนาเทคนิคของ Stern ในเวลาต่อมา จนทำให้ได้รับรางวัลโนเบลปี 1944

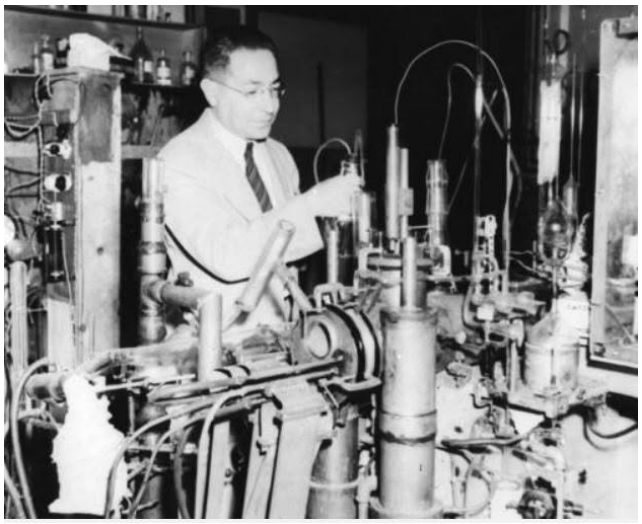
ในปี 1929 Rabi ได้รับโทรเลขจากมหาริทยาลัย Columbia ในอเมริกาว่า ขอเชิญกลับไปรับตำแหน่งอาจารย์ ซึ่งได้ทำให้ Rabi รู้สึกดีใจมาก เพราะได้เป็นชาวยิวคนแรกที่เป็นอาจารย์ของภาควิชา

ประสบการณ์ชีวิตที่ผ่านมาทำให้ Rabi รู้ว่าความถนัดอยู่ที่การทดลองมิใช่งานทฤษฎี จึงพยายามหาโจทย์วิจัยมาทำด้วยตนเอง เพราะไม่ต้องการให้คนอื่นมากำหนดโจทย์ให้ทำ และเริ่มสร้างอุปกรณ์ผลิตลำโมเลกุลโดยออกแบบ สร้างเอง ด้วยอุปกรณ์ราคาถูก ทั้งนี้เพราะ Rabi เชื่อว่า วิชากลศาสตร์ควอนตัมซึ่งเป็นที่ฮือฮาในเวลานั้นยังไม่สมบูรณ์ คือ มีอีกหลายคำถามที่ยังไม่ได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง โดยการทดลอง นอกจากเหตุผลนี้แล้ว Rabi ก็มีความรักและผูกพันกับอเมริกามากจนรู้สึกอึดอัด เวลานักฟิสิกส์ยุโรปดูแคลนความสามารถของนักฟิสิกส์อเมริกัน จึงต้องการจะพิสูจน์ให้เห็นความคิดเช่นนั้นผิด

ในปี 1931 Harold Urey ได้พบไอโซโทปของไฮโดรเจน deuterium ที่มีนิวเคลียสซึ่งประกอบด้วยนิวตรอนและโปรตอนอย่างละหนึ่งอนุภาค Rabi จึงคิดจะวัด

โมเมนต์แม่เหล็ก และ spin ของนิวเคลียสธาตุที่พบใหม่นี้ โดยใช้เทคนิคของ Stern เป็นหลัก และพบว่า นิวเคลียสมิได้มีลักษณะกลมดังที่ใคร ๆ คิด แต่มีรูปทรงไข่ $^{2}_{1}\mathrm{H}$ จึงมีโมเมเนต์ไฟฟ้าแบบขั้วสี่ (electric quadrupole moment)

การค้นพบนี้เกิดจากเทคนิคการทดลองที่ Rabi ออกแบบเอง คือ ใช้สนามแม่เหล็กที่มีความถี่เสริมในแนวนอน ในขณะที่ลำโมเลกุลถูกสนามแม่เหล็กกระทำในแนวดิ่ง ครั้นเมื่อความที่ของสนามในแนวนอนมีค่าเท่ากับความถี่ในการหมุนรอบตัวเองของอนุภาค อนุภาคจะกลับทิศการหมุนทันที (ความถี่นั้นเรียกความถี่สั่นพ้อง resonance) เทคนิคนี้จึงมีชื่อว่า nuclear magnetic resonance หรือ NMR

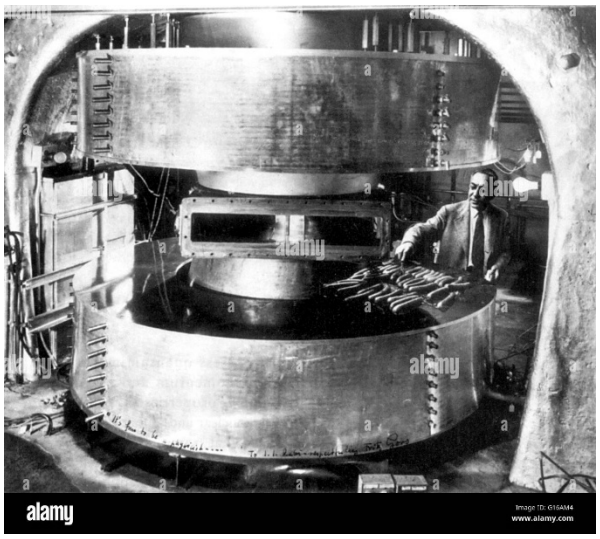


เทคโนโลยี Nuclear Magnetic Resonance (NMR) ของ Rabi ได้ถูกนำไปพัฒนาต่อเป็นเครื่อง Magnetic Resonance Imaging (MRI) ที่ใช้ในทางการแพทย์ ภาพจาก Facebook: At The Controls

จากนั้น Rabi ก็ได้ใช้ NMR วัดโมเมนต์แม่เหล็กของอิเล็กตรอนของโปรตอนและดิวเทอรอนอย่างละเอียดจนถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 6 ซึ่งเป็นเรื่องที่ไม่เคยมีใครทำได้มาก่อน ผลนี้ทำให้นักฟิสิกส์ทฤษฎีชื่นชม Rabi มาก เพราะสามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องของกลศาสตร์ควอนตัมได้ดี

เครื่อง Magnetic Resonance Imaging (MRI) ภาพจาก www.yashodahealthcare.com

เทคนิค NMR ยังถูกนำไปใช้ในการศึกษาชีววิทยาโมเลกุล เคมีวิเคราะห์ และแพทย์ ในการวิเคราะห์โรค ต่อมา NMR ได้ถูกนำไปพัฒนาเป็นเครื่อง Magnetic Resonance Imaging (MRI)



Isidor Isaac Rabi ขณะทำงานที่ห้องปฏิบัติการ cyclotron ภาพจาก www.alamy.com

ในปี 1944 Rabi ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์จากการพบเทคโนโลยี NMR โดยได้รับรางวัลร่วมกับ Otto Stern ซึ่งได้รับรางวัลประจำปี 1943 แต่ยังไม่ได้รับจริงด้วยตนเอง เพราะยุโรปกำลังอยู่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 และ Rabi ได้ทราบในเวลาต่อมาว่า Einstein เป็นคนที่เสนอชื่อตนให้ได้รับรางวัล จึงรู้สึกภูมิใจมาก

แต่การได้รับรางวัลก็นำมาซึ่งการลดความทะเยอทะยาน ซึ่งก็เหมือนกับคนทั่วไป คือ เมื่อขึ้นถึงยอดเขาแล้ว ก็ไม่มีที่จะขึ้นต่อ ทำให้ต้องเดินลง แล้ว Rabi ก็ได้หันมาทุ่มเทการพัฒนาคนรุ่นใหม่และทำงานบริหาร

ในปี 1940 Rabi ได้ไปทำงานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการ Radiation Laboratory ของ MIT เพื่อพัฒนาระบบเรดาร์ที่ใช้ในสงครามโลก จนเป็นที่ยอมรับว่า แม้ระเบิดปรมาณูจะยุติสงคราม แต่กองทัพสัมพันธมิตรก็ชนะสงคราม เพราะมีเรดาร์ที่มีประสิทธิภาพสูง

ในปี 1943 Robert Oppenheimer ที่ Rabi รู้จักเมื่อครั้งที่ไปฝึกวิจัยกับ Heisenberg และ Pauli ในเยอรมนี ได้เชิญ Rabi เข้าร่วมโครงการ Manhattan เพื่อสร้างระเบิดปรมาณู Rabi ได้เข้าร่วมในฐานะที่ปรึกษา โดยไม่ขอรับเงินเดือน และได้ช่วยโครงการจนบรรลุผล เมื่อระเบิดปรมาณูลูกแรกระเบิดที่ Alamogordo ในรัฐ New-Mexico เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม ค.ศ. 1945

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 นักฟิสิกส์ทั่วโลกได้รับการยกย่องเสมือนเป็น superman เพราะได้ทำให้สงครามโลกยุติ และฟิสิกส์เป็นวิชาที่เปิดโลกอุตสาหกรรมใหม่ สร้างเทคโนโลยีใหม่ รวมถึงสร้างงานให้คนเป็นจำนวนมากด้วย

Rabi ได้กลับไปเป็นหัวหน้าภาคฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Columbia อีก และได้ฝึกนักฟิสิกส์รุ่นใหม่เข้าทำงานหลายคน ได้แก่ Willis Lamb (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1955) Polykarp Kusch (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1955) และ Charles H. Townes (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1964) ในปี 1946 Rabi ได้รับเลือกเป็นกรรมการคนหนึ่งในคณะกรรมการที่ปรึกษาทั่วไป (General Advisory Committee) ของประธานาธิบดีสหรัฐฯ ซึ่งได้เสนอไม่ให้อเมริกาสร้างระเบิดไฮโดรเจน เพราะเป็นระเบิดที่มีพลังทำลายรุนแรงอย่างไร้ศีลธรรม

ในปี 1954 ที่มีการไต่ส่วน Robert Oppenheimer ว่าเป็นคนทรยศต่อชาติ Rabi ได้ไปเป็นพยานให้ Oppenheimer ซึ่งถูกศาลตัดสินว่า ผิด เพราะไม่มีหลักฐานแก้ตัว และอัยการให้เหตุผลในการต่อสู้คดีไม่ดี

ในปี 1964 Rabi ได้รับแต่งตั้งให้เป็นศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย (University Professor) ซึ่งสามารถสอนวิชาอะไรก็ได้ในภาควิชาอะไรก็ได้ที่ต้องการจะสอน

อีก 3 ปีต่อมา Rabi ก็เกษียณชีวิตทำงาน และเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็ง เมื่อวันที่ 11 มกราคม ปี 1988 สิริอายุ 90 ปี

ตลอดชีวิต Rabi เป็นครูที่ดี เป็นอาจารย์ของ Norman Ramsay (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1989) และเป็นคนสำคัญคนหนึ่งที่ริเริ่มการจัดตั้งศูนย์วิจัยนิวเคลียร์แห่งยุโรป CERN (European Center for Nuclear Research) ที่เจนีวา ในสวิสเซอร์แลนด์

ณ วันนี้ ห้อง 813 ที่ห้องปฏิบัติการ Pupin ซึ่ง Rabi เคยทำงานได้เปลี่ยนเป็นห้องที่ระลึกเรียก Rabi Memorial Room

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. My Life and Times as a Physicist โดย Isidor Isaac Rabi จัดพิมพ์โดย Claremont College ปี 1960

2. Rinck, Peter A. (2024). Magnetic Resonance in Medicine: A Critical Introduction (14th (ebook) ed.). TRTF – The Round Table Foundation: TwinTree Media. "Magnetic Resonance in Medicine". www.magnetic-resonance.org.

Chandrasekhara Venkata Raman
(จันทรเสกขรา เวนกาตะ รามาน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1930 จากการพบปรากฏการณ์การกระเจิงแบบรามาน

C.V. Raman ภาพจาก วิกิพีเดีย

โลกมีบุคคลสำคัญชาวอินเดียหลายคน เช่น M. Ghandhi และ Y. Nehru ซึ่งเป็นรัฐบุรุษผู้ยิ่งใหญ่ของโลกและ Srinivasa Ramanujan ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์อัจฉริยะ กับ C.V. Raman ผู้เป็นนักฟิสิกส์ผู้พบปรากฏการณ์รามาน

ภาพถ่ายของผู้ได้รับรางวัลโนเบลปี 1930 ประกอบด้วย C. V. Raman (ฟิสิกส์), Hans Fischer (เคมี), Karl Landsteiner (แพทย์) และ Sinclair Lewis (วรรณกรรม) ตามลำดับ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปี 1928 C.V. Raman ซึ่งชอบใช้เวลาว่างหลังเลิกการทดลองฟิสิกส์ ได้พบปรากฏการณ์รามาน ซึ่งทำให้ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของสมาคม Royal Society (F.R.S.) แห่งอังกฤษ และเป็นคนเอเชียคนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1930 ทั้ง ๆ ที่ต้องทำงานในสภาพแวดล้อมที่ขาดแคลนทั้งอุปกรณ์และบรรยากาศ เพราะไม่มีใครสนับสนุน แต่ Raman ก็ยังทำได้ดีมาก และประสบความสำเร็จระดับสุดยอด

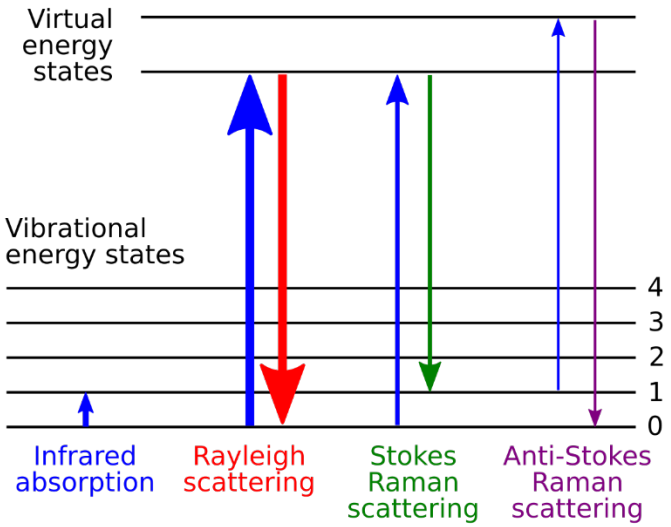
Chandrasekhara Raman เกิดเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน ปี 1888 ที่เมือง Trichinopoly ซึ่งตั้งอยู่ทางใต้ของอินเดีย ในครอบครัววรรณะพราหมณ์ บิดาเป็นครูสอนคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ดังนั้น Raman จึงเติบโตในบรรยากาศที่เป็นวิชาการมาตั้งแต่เด็ก

เมื่ออายุ 14 ปี Raman เข้าเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาตรีที่ President College ในเมือง Madras และสำเร็จการศึกษาในอีก 2 ปีต่อมา โดยสอบได้เป็นที่หนึ่งของรุ่นและได้รับรางวัลเหรียญทอง แม้ในสมัยที่ยังเป็นนิสิตปริญญาตรี Raman ก็มีผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่หลายชิ้น

จากนั้น Raman ไปศึกษาต่อระดับปริญญาโทและเรียนจบด้วยคะแนนเกียรตินิยมดีเด่น แต่ไม่สามารถเดินทางไปศึกษาต่อระดับปริญญาเอกในต่างประเทศได้ เพราะมีสุขภาพไม่ดี จึงต้องพักการเรียนเพื่อหางานทำ

อินเดีย ณ เวลานั้นไม่มีใครต้องการจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้น Raman จึงทำงานในตำแหน่งพนักงานตรวจบัญชีที่ Indian Financial Civil Service ในเมือง Calcutta ทั้ง ๆ ที่ต้องทำงานเต็มเวลา แต่ Raman ก็ยังปลีกเวลาไปทำงานวิจัยฟิสิกส์ที่สถาบัน Indian Association for the Cultivation of Sciences เป็นเวลานาน 10 ปี

Raman สนใจแสงเป็นพิเศษและเชี่ยวชาญเรื่องปรากฏการณ์แทรกสอดกับเลี้ยวเบน อีกทั้งยังสนใจเสียงด้วย โดยเฉพาะเรื่องสมบัติด้านเสียงของกลอง เพราะได้พบว่าถ้ากลองได้รับการออกแบบให้ผิวมีความหนาไม่สม่ำเสมอ คือ ถ้าความหนาของผิวในแนวรัศมีมีค่าไม่คงตัว เวลาตี ความถี่ของเสียงจะเป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่ต่ำสุด และเสียงจะนุ่มน่าฟังกว่าเสียงตีจากกลองที่ผิวกล่องมีความหนาคงตัว



แผนภาพแสดงระดับพลังงานของโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการกระเจิงแบบรามาน

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ ปี 1928 Raman ได้พบปรากฏการณ์ Raman ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดในสสารเวลาโมเลกุลได้รับแสง เพราะ Raman ได้พบว่าความถี่ของแสงที่ผ่านตัวกลางไปแล้วจะเปลี่ยนแปลง (นี่เป็นการกระเจิงแสงแบบไม่ยืดหยุ่น) เพราะได้มีการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างแสงกับโมเลกุล ซึ่งอาจเป็นพลังงานแบบหมุนกับพลังงานแบบสั่น

ปรากฏการณ์นี้จึงแตกต่างจากการกระเจิงแบบ Rayleigh ซึ่งเป็นการกระเจิงแสงแบบยืดหยุ่น คือ แสงที่ตกกระทบมีความถี่เท่ากับแสงที่กระเจิง

แต่โอกาสการเห็นปรากฏการณ์ Raman ในธรรมชาติค่อนข้างน้อย ความเป็นอัจฉริยะของ Raman ในการใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ และการเป็นคนช่างสังเกตทำให้ Raman ได้เห็นปรากฏการณ์นี้ และได้ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานในวารสาร Nature ซึ่งเป็นวารสารวิทยาศาสตร์ชั้นนำของโลก

ความจริงผลงานของ Raman ชิ้นนี้ถูกปฏิเสธการตีพิมพ์ คือ ไม่ให้เผยแพร่โดยผู้ประเมิน ซึ่งเป็นสมาชิกของสมาคม Royal Society โดยให้ความเห็นว่าเป็นการทดลองที่ไม่สำคัญและเป็นเหตุการณ์ที่สังเกตเห็นได้ยากมาก คำวิจารณ์ที่รุนแรงของผู้ประเมินไม่ได้ทำให้บรรณาธิการของวารสาร คือ Sir Richard Gregory เชื่อ เพราะคิดว่างานวิจัยนี้มีคุณค่าจึงตัดสินใจล้มคำตัดสิน และอนุญาตให้ลงพิมพ์เผยแพร่

ผลที่ตามมา คือ วงการวิทยาศาสตร์ทั่วโลกได้ให้ความสนใจในความสำคัญของปรากฏการณ์ Raman เพราะได้ช่วยนักวิทยาศาสตร์สามารถรู้ลักษณะการเคลื่อนที่ไหวของโมเลกุล ทั้งแบบสั่นและแบบหมุน จึงสามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องของทฤษฎีโมเลกุลเชิงควอนตัมได้

ปรากฏการณ์ Raman จะเกิดขึ้นเมื่อแสงผ่านในสสาร และแสงที่ทะลุประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่มีความถี่เท่าเดิมทุกประการ (Rayleigh scattering) กับส่วนที่เป็นแสงที่มีความถี่ แตกต่างไปจากแสงเดิม (Raman scattering) ดังนั้นนักทดลองจึงเห็นสเปกตรัมเส้น (line spectrum) ของแสงความถี่ใหม่ ซึ่งเรียกว่า เส้น Raman พัฒนาการของเรื่องนี้ในเวลาต่อมาได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าใช้แสงเลเซอร์ ความถี่ที่ผิดปกติจะปรากฏชัด เทคนิค Raman Spectroscopy จึงทรงพลังมากในการใช้วิเคราะห์โครงสร้างละเอียดของโมเลกุล

ผลงานนี้ได้ทำให้สภามหาวิทยาลัย Calcutta อนุมัติแต่งตั้ง Raman ให้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ ขณะมีอายุเพียง 29 ปี

หลังจากที่ได้รับรางวัลโนเบลแล้ว Raman ก็ยังทำวิจัยต่อ และได้พบปรากฏการณ์ “speckle” ซึ่งปรากฏเวลาแสงจากตะเกียงไอปรอทผ่านรูเข็ม เมื่อให้แสงตกกระทบผนังหรือฉากที่มีผิวไม่เรียบ ความตะปุ่มตะป่ำของผังจะทำให้เห็นแสงปรากฏเป็นจุดสีต่าง ๆ เคลื่อนที่อย่างไม่หยุดนิ่ง Raman เป็นคนแรกที่ได้เห็นและเข้าใจที่มาของปรากฏการณ์นี้ก่อนที่โลกจะมีแสงเลเซอร์ในอีก 20 ปีต่อมา

Raman ยังได้พบปรากฏการณ์การเคลื่อนที่แบบ “soft mode” ในของแข็งด้วย ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่การสั่นของโมเลกุลจะช้าลง ๆ จนหยุด ขณะอุณหภูมิของแข็งเข้าใกล้อุณหภูมิวิกฤต เพราะของแข็งนั้นกำลังเปลี่ยนโครงสร้าง Raman ได้เห็นเหตุการณ์นี้หลังจากที่วัดความถี่ในการสั่นของโมเลกุลควอทซ์ และพบว่าความถี่จะลดลง ๆ เมื่อควอทซ์กำลังจะเปลี่ยนโครงสร้าง

แต่ Raman ก็รู้ฟิสิกส์ผิดในหลายเรื่อง เช่น เคยโต้แย้งกับ Max Born (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1954) เรื่องความถี่ในการสั่นของอะตอมคาร์บอนในเพชร ซึ่ง Born อ้าง

ว่า ความถี่ในการสั่นมีค่าต่อเนื่อง แต่ Raman คิดว่าความถี่ในการสั่นมีค่าได้เพียงบางค่าเท่านั้น และในกรณีภาพลวงตา (mirage) Raman ได้อธิบายว่า เกิดจากการที่อากาศเหนือผิวโลกมีอุณหภูมิไม่คงตัว ทำให้มีดรรชนีหักเหของอากาศไม่สม่ำเสมอ รังสีแสงที่หักเหลง จนไม่สามารถหักเหขึ้นได้อีก จนในที่สุดรังสีหักเหจะพุ่งไปในแนวขนานกับผิวโลก ดังนั้น Raman จึงคิดว่าการหักเหของแสงไม่ได้ทำให้เกิดภาพลวงตา

ชีวิตทำงานของ Raman ที่ Calcutta มีปัญหามาก เพราะ Raman มักไม่ลงรอยกับนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ หลังจากที่ได้ทำงานที่นั่นนาน 15 ปี Raman ได้ย้ายไปรับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่ Indian Institute of Science ในเมือง Bangalore และได้จัดตั้งสถาบัน Indian Academy of Sciences ขึ้น แต่ได้วิวาทกับเพื่อนร่วมสถาบันหลายคน จึงขอลาออกจากตำแหน่งผู้อำนวยการ

แต่ยังดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์และครองตำแหน่งนี้จนเกษียณ เมื่ออายุ 60 ปี

หลังเกษียณ Raman ได้จัดตั้งสถาบันวิจัยชื่อ Raman Institute ที่เมือง Bangalore และดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการของสถาบัน จนกระทั่งเสียชีวิตเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน ปี 1970 สิริอายุ 82 ปี

คนที่รู้จัก Raman ดีมีความเห็นว่า Raman เป็นคนที่ให้ความสำคัญในตัวเองมาก ไม่ชอบฟังความคิดเห็นของคนอื่น มีนิสัยเย่อหยิ่ง ชอบบังคับให้คนอื่น ๆ เชื่อตาม เป็นคนเอาใจยาก และชอบดูถูกเจ้าหน้าที่กับผู้บริหาร ดังนั้น Raman จึงมีศัตรูมากกว่าเพื่อน

สำหรับประเด็นการหลงตัวเองนั้น คงเกิดจากการได้รับการยกย่องเป็นปราชญ์แห่งชาติ ดังเมื่อได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์แล้ว Raman ชอบยกย่องตัวเองโดยการเขียนอักษร NL ตามหลังชื่อ ซึ่งย่อมาจากคำเต็มว่า Nobel Laureate (ผู้พิชิตรางวัลโนเบล)

นอกจากนี้ Raman ก็มักคิดว่าตนเองเก่งและคนอื่นโง่ตลอดเวลา แม้จะชอบดูถูกความสามารถของคนอื่น แต่ Raman ก็ยอมรับว่า ถ้าเปรียบเทียบตนกับ J. Rayleigh และ H. Helmholtz แล้วนักฟิสิกส์ทั้งสองมีความสามารถเหนือกว่า Raman มาก

ในด้านการทำงาน Raman มักมีเรื่องวิวาทกับผู้บริหารและเจ้าหน้าที่บ่อย โดยกล่าวหาว่า คนเหล่านี้ไม่มีวิสัยทัศน์ เวลามีอารมณ์พลุ่งพล่าน Raman จะขู่ลาออกจากตำแหน่งทุกครั้งที่ถูกกล่าวหาว่า ได้ขโมยเครดิตการพบปรากฏการณ์ Raman จากบุคคลอื่น Raman จะโกรธมาก

ด้วยเหตุนี้ Raman จึงเป็นคนโดดเดี่ยว ไม่มีเพื่อน เพราะจะเลือกคบคนรักเด็กและชอบสอนวิทยาศาสตร์ให้เด็กนักเรียน

รูปปั้นของ C.V. Raman ที่พิพิธภัณฑ์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ที่เมือง Birla ในอินเดีย

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ชีวิตของ Raman เป็นชีวิตที่ได้รับเกียรติยศและการยกย่องสรรเสริญมาก เช่น ได้เป็น F.R.S. ตั้งแต่ที่มีอายุ 36 ปี และได้รับพระราชทานยศเป็น Sir Raman เมื่ออายุ 41 ปี

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Journey Into Light: Life and Science of C.V. Raman โดย G. Venkataraman จัดพิมพ์โดย Indian Academy of Science ในปี 1988

2. The Nobel Prize in Physics 1930 Sir Venkata Raman Archived 27 February 2019 at the Wayback Machine, Official Nobel prize biography, nobelprize.org

Wilhelm Röntgen (วิลเฮล์ม เรินต์เกน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1901 จากการพบรังสีเอกซ์ (X-ray)

Wilhelm Röntgen รางวัลโนเบลฟิสิกส์คนแรก จากการพบรังสีเอกซ์

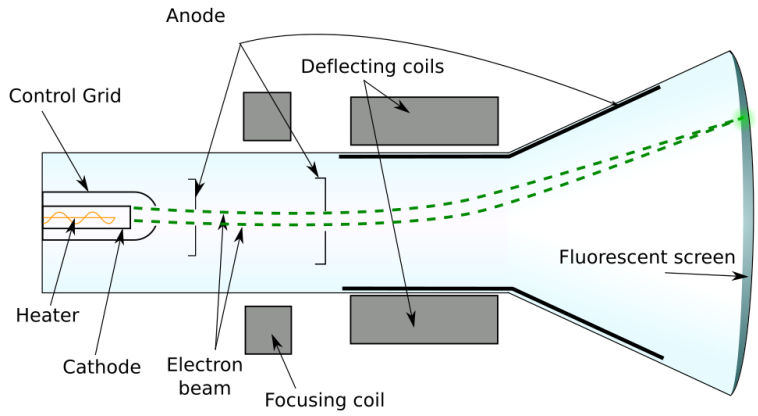
ภาพจาก วิกิพีเดีย

W. C. Rontgen เกิดเมื่อวันที่ 27 มีนาคม ปี 1845 ที่เมืองเลนเนป (Lennep) ในประเทศเยอรมนี บิดาเป็นพ่อค้าขายผ้า เมื่อเรินท์เกนอายุ 3 ขวบ ครอบครัวได้อพยพไปตั้งถิ่นฐานในประเทศเนเธอร์แลนด์ เรินท์เกนจึงได้รับการศึกษาขั้นต้น ในเมืองที่อยู่ท่ามกลางธรรมชาติที่เป็นป่าและภูเขา

เพราะเป็นคนมีนิสัยชอบสร้างอุปกรณ์ และประดิษฐ์ของเล่นด้วยตนเอง เขาจึงเลือกศึกษาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยอูเทรคต์ (Utrecht) ในเนเธอร์แลนด์และเดินทางไปศึกษาต่อที่ Federal Institute of Technology ณ เมืองซูริค (Zurich) สวิสเซอร์แลนด์ จนได้รับปริญญาเอกด้วยการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง สถานะของก๊าซ เมื่ออายุเพียง 24 ปี และขณะศึกษาที่ซูริค เรินท์เกนได้เป็นผู้ช่วยของนักฟิสิกส์ขาวเยอรมันที่มีชื่อเสียงชื่อออกัสต์ คุนต์ (August Kundt) ประสบการณ์การทำวิจัยในครั้งนั้น ได้ทำให้เรินท์เกน

ตัดสินใจได้ว่า อนาคตของตนอยู่ที่การทำงานวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎีมากกว่าฟิสิกส์ประยุกต์ จึงตัดสินใจหวนกลับไปทำงานเป็นอาจารย์ฟิสิกส์ ในประเทศบ้านเกิดเมืองนอน ที่มหาวิทยาลัยเวิร์ซบวร์ก (Wurzburg) และในเยอรมนีได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยมิวนิก (Munich) เมื่อมีอายุได้ 45 ปี

ขณะทำงานอยู่มหาวิทยาลัยเวิร์ซบวร์ก เรินท์เกนได้วิจัยฟิสิกส์หลายเรื่อง เช่น เรื่องความร้อนจำเพาะของแก๊ส แสงโพลาไรส์ สมบัติความยืดหยุ่น และปรากฏการณ์การไหลของ ๆ เหลวผ่านรูเล็ก (Capillarity) แต่ผลงานที่เด่นที่สุดของเรินท์เกน คือ การพบรังสีเอกซ์ เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน ปี 1894



แผนภาพแสดงการทำงานของหลอดรังสีแคโทด (Cathode Ray Tube)

ภาพจาก วิกิพีเดีย

เพราะก่อนนั้นหนึ่งปี เรินท์เกนได้เริ่มสนใจ เรื่อง ปรากฏการณ์การนำไฟฟ้าในหลอดแคโทด (Cathode) และได้พบว่าแม้เขาจะห่อหุ้มหลอดแคโทดด้วยผ้าดำหรือกระดาษทึบแสงมากสักปานใด แผ่นแก้วที่มีสารประกอบ barium platinocyanide เคลือบจะเรืองแสงทุกครั้งที่หลอดแคโทดทำงาน ทั้ง ๆ ที่แผ่นแก้วนั้นอยู่ห่างจากหลอดแคโทดเป็นระยะทางประมาณ1 เมตร และเมื่อรังสีแคโทดตามปกติมิสามารถจะเดินทางจากหลอดไปถึงแผ่นแก้วได้โกลถึงเพียงนั้น เรินท์เกนจึงตระหนักได้ทันทีว่า เขาได้พบ

ปรากฏการณ์ใหม่แล้ว คือ มีรังสีลึกลับที่ตามองไม่เห็น ได้พุ่งออกจากหลอดแค่โทดมากระทบแผ่นแก้ว

เรินท์เกนจึงใช้เวลาอีกหกสัปดาห์ต่อมาเพื่อทดสอบ และทดลองศึกษาสมบัติของรังสีลึกลับนี้ว่ามีคุณสมบัติเช่นไร การไม่รู้อะไร ๆ ที่เกี่ยวกับรังสีเลย ได้ทำให้เขาเรียกรังสีใหม่ว่า รังสีเอ็กซ์ (X-ray)

หลอดรังสีแคโทดที่ Röntgen ใช้ในการพบรังสีเอกซ์ เมื่อปี 1895

ภาพจาก https://www.indiatoday.in

หลังจากที่ได้ทดสอบและทดลองจนมั่นใจแล้ว เรินท์เกนก็ได้ออกแถลงการณ์ เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม ปี 1895 ว่าเขาได้พบปรากฏการณ์ใหม่ และรังสีที่พบใหม่นี้เกิดจากหลอดแคโทดสามารถเดินทางเป็นเส้นตรง และทำให้เกิดเงาได้บ้าง เมื่อรังสีปะทะวัตถุทึบแสง แต่วัตถุทุกชนิดจะโปร่งใส คือ ยินยอมให้รังสีผ่านและนอกจากนี้รังสียังสามารถทำให้สารประกอบเคมีบางชนิดเรืองแสงได้ด้วย และสนามแม่เหล็กก็ไม่มีอิทธิพลใด ๆ ต่อรังสีเลย เรินท์เกนจึงกล่าวสรุปว่ารังสีเอกซ์นี้แตกต่างจากรังสีแคโทด และมีคุณสมบัติหลายประการที่คล้ายแสง

ภาพถ่ายเอกซ์เรย์นิ้วมือภรรยาของเรินท์เกน ซึ่งเป็นภาพถ่ายเอกซ์เรย์ภาพแรกของโลก

ภาพจาก https://www.customxray.com

ผลงานชิ้นนี้ของเรินท์เกนได้รับการแปลเป็นภาษาอังกฤษ เพื่อนำลงในวารสาร Nature ฉบับเดือนมกราคม ปี 1895 ต่อจากนั้นโลกก็เริ่มรู้สึกตื่นเต้นกับรังสีชนิดใหม่ เมื่อเรินท์เกนได้สาธิตให้ประชาชนเห็นว่า เอกซ์เรย์สามารถผ่านทะลุร่างกายส่วนที่เป็นเนื้อ แต่ไม่สามารถทะลุผ่านกระดูกได้ เพราะกระดูกมีความหนาแน่นมากกว่าเนื้อ ดังนั้นเวลานำฟิล์มไปล้างผู้คนจะเห็นกระดูกของคนนั้น ปรากฏอยู่บนแผ่นฟิล์มถ่ายภาพ

ความสำเร็จของเรินท์เกนในครั้งนี้ได้ทำให้วงการแพทย์ทั่วโลกตื่นเต้นมาก เพราะแพทย์ทุกคนตระหนักได้ว่า สามารถใช้เอกซ์เรย์ตรวจหาตำแหน่งกระดูกร้าว แตก หรือรู้ตำแหน่งของกระสุนปืนที่ฝังในร่างกายคนได้อย่างแม่นยำ ก่อนจะทำการผ่าตัด

การศึกษาคุณสมบัติของรังสีเอกซ์ในเวลาต่อมา ได้ทำให้นักฟิสิกส์ก็รู้เพิ่มเติมว่า รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดเดียวกับแสง แต่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าแสงมาก ดังนั้นมันจึงแทบจะไม่หักเหเลยเวลาผ่านออกจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ส่วนคุณสมบัติการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ก็ได้รับการพิสูจน์ว่าสามารถเกิดขึ้นได้ เวลาให้รังสีเอกซ์พุ่งกระทบผลึก การค้นพบคุณสมบัติด้านนี้ของรังสีเอกซ์โดยเลาเอ (M. von Laue) ทำให้นักฟิสิกส์รู้จักใช้รังสีเอกซ์วิเคราะห์โครงสร้างของผลึกและสสาร ในเวลาต่อมา

ในปี 1901 เรินท์เกนได้รับเกียรติสูงสุด เมื่อมูลนิธิรางวัลโนเบลได้ประกาศให้เป็นผู้พิชิตรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เป็นคนแรก จากผลงานการพบรังสีเอกซ์ ที่ได้ทำคุณประโยชน์อย่างอเนกอนันต์แก่มนุษยชาติ

แม้จะมีชื่อเสียงในฐานะที่เป็นผู้พบรังสีเอกซ์ เรินท์เกนก็มิได้จดสิทธิบัตรแสดงลิขสิทธิ์ทางปัญญาของตน ซึ่งจะสามารถทำให้มีฐานะมั่นคงมาก เพราะเรินท์เกนรู้สึกพอใจที่การค้นพบของเขาได้ทำให้โลกมีคุณภาพแล้ว ดังนั้นทรัพย์สินเงินทองและยศฐานันดรศักดิ์ จึงแทบไม่มีความหมายใด ๆ ต่อเขาเลย

ในบั้นปลายชีวิต เรินท์เกนต้องต่อสู้กับนักวิทยาศาสตร์หลายคน ที่ได้กล่าวหาว่าเขาขโมยผลงานการพบเอกซ์เรย์ ทำให้ต้องขึ้นศาลหลายครั้ง และเมื่อประเทศเยอรมนีต้องประสบภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจในช่วงปี 1917 ชีวิตเรินท์เกนตกอยู่ในสภาพลำบากมาก และสิ้นชีวิตลงด้วยโรคมะเร็งลำไส้เมื่อปี 1923 ในสภาพแทบไม่มีเงินติดตัวเลย ก่อนเรินท์เกนจะเสียชีวิตเขาได้ระบุในพินัยกรรมว่า ให้ทำลายหลักฐาน เช่น เอกสารที่เกี่ยวกับการค้นพบเอ็กซ์เรย์ของเขาให้หมด เพราะรู้สึกขมขื่นกับการถูกโจมตีโดยนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ที่แอบอ้างว่าเขาได้ขโมยผลงานไป และในช่วงเวลาที่เขาจะเสียชีวิตนั้น เป็นเวลาที่โลกฟิสิกส์กำลังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างขนานใหญ่ ด้วยทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ และทฤษฎีควอนตัมของพลังค์ ไฮเซนเบิร์ก และชเรอดิงเงอร์ ซึ่งต้องใช้คณิตศาสตร์มาก ตัวเรินท์เกนเองไม่นิยมชมชอบฟิสิกส์ทฤษฎีที่มีคณิตศาสตร์เข้ามาปะปนมาก เพราะชอบฟิสิกส์ซึ่งทำให้ผู้คนสามารถเข้าใจได้โดยสามัญสำนึก ดังนั้นแนวคิดของเรินท์เกนในช่วงบั้นปลายชีวิต จึงสวนทางกับกระแสความคิดของนักฟิสิกส์ในยุคนั้นอย่างสิ้นเชิง ดังนั้นเรินท์เกนจึงรู้สึกเสมือนว่า แม้เขาจะเป็นนักฟิสิกส์รางวัลโนเบลคนแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไป ๆ เขาแทบจะไม่รู้เกี่ยวกับฟิสิกส์ยุคใหม่ที่กำลังเกิดขึ้นเลย

ในอดีตผลงานที่เรินท์เกนพบได้ช่วยชุบชีวิตมนุษย์จำนวนมากนับไม่ถ้วน และในอนาคตเอกซ์เรย์ก็กำลังเพิ่มบทบาทในการช่วยมนุษย์ยิ่งขึ้นไปอีก เพราะ ณ วันนี้ ทุกปีตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ในอังกฤษมีการถ่ายภาพเอกซ์เรย์ 25 ล้านครั้ง เทคโนโลยี CT (Computer Tomography), MRI (Magnetic Resonance Imaging) และอัลตราซาวด์ที่แพทย์ใช้ในการวิเคราะห์อวัยวะภายในของร่างกายต่างก็พึ่งพาอาศัยเอกซ์เรย์ของเรินท์เกนทั้งสิ้น และงานที่วิจัยทางด้านนี้ก็กำลังดำเนินต่อไปเพื่อทำให้ภาพถ่าย 3 มิติที่ได้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น คือ ชัดขึ้น และแสดงรายละเอียดมากขึ้น

นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ทางการเกษตรอีกหลายคนก็กำลังวิจัยเทคนิคการใช้รังสีเอกซ์วิเคราะห์พันธุกรรมของโรคหลายชนิด รวมทั้งแสวงหาวิธีลดปริมาณรังสีเอกซ์ที่ถูกร่างกายดูดซึม เพื่อลดภัยมะเร็ง ด้านนักคอมพิวเตอร์ก็กำลังร่วมมือกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีเอกซ์เพื่อหาวิธีตรวจคนไข้ระยะไกล (teleradiology) โดยใช้รังสี ซึ่งจะทำให้ศัลยแพทย์สามารถเห็นอวัยวะภายในของคนไข้ได้ขณะผู้ป่วยอยู่ไกล เพื่อแพทย์จะได้ให้คำวินิจฉัยที่เหมาะสม

หลังจากที่เรินท์เกนรับรางวัลโนเบลฟิสิกส์จากผลงานการค้นพบเอกซ์เรย์แล้ว อีก 78 ปีต่อมา G. Hounsfield ก็ได้รับรางวัลโนเบล สาขาการแพทย์จากการพบเทคนิคการถ่ายภาพ CT scanning ด้วยรังสีเอกซ์จึงเป็นรางวัลโนเบลรางวัลที่ 2 สำหรับการวิจัยเรื่องเอกซ์เรย์เดียวกันนี้

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. "Visible Proofs: Forensic Views of the Body: Galleries: Cases: Could X-rays Have Saved President William McKinley?". NLM.NIH.gov. Retrieved 24 January 2022.

2. Berrington de González A, Darby S (January 2004). "Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries". Lancet. 363 (9406): 345–351.

Vera Florence Cooper Rubin (เวรา รูบิน)

นักดาราศาสตร์สตรีที่วัดความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของกาแล็กซีได้เป็นคนแรก

Vera Florence Cooper Rubin ภาพจาก วิกิพีเดีย

ตั้งแต่ยุคของ Galileo เมื่อ 400 ปีก่อนเป็นต้นมา นักดาราศาสตร์นิยมใช้กล้องโทรทรรศน์ศึกษาธรรมชาติของดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ ดาวหาง ดาวเคราะห์น้อย กาแล็กซี ฯลฯ ซึ่งเป็นวัตถุในอวกาศที่ทุกคนสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่เมื่อถึงวันนี้ โลกมีนักดาราศาสตร์อีกกลุ่มหนึ่งที่กำลังค้นหาสสารที่ตามองไม่เห็น โดยบุคคลหนึ่งที่ได้บุกเบิกการวิจัยเรื่องนี้ คือ เวรา รูบิน (Vera Rubin)

เวรา คูเปอร์ (Vera Cooper) เกิดเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม ปี 1928 ที่เมือง Philadelphia ในสหรัฐอเมริกา บิดาเป็นวิศวกรไฟฟ้า ส่วนมารดาเป็นพนักงานประจำที่บริษัท Bell Telephone Company เมื่ออายุ 10 ปี ครอบครัว ได้อพยพไปกรุง Washington, D.C.

Vera รู้สึกสนใจดาราศาสตร์มาตั้งแต่เด็ก เมื่อบิดารับทราบความสนใจของเธอ จึงสร้างกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กให้เธอใช้ดูดาวที่บ้าน และบางเวลาก็พาเธอไปร่วมประชุมกับนักดาราศาสตร์ผู้ใหญ่ โดยนั่งเป็นเพื่อนเธอตลอดเวลาที่ฟังคำบรรยาย เพราะเธอเป็นเพียงเด็กหญิง จึงไม่สมควรที่จะอยู่ท่ามกลางผู้ใหญ่ที่ส่วนใหญ่เป็นผู้ชาย

Vera กล่าวถึงการที่เธอชอบและรักดาราศาสตร์ เพราะได้รับแรงสนับสนุนจากทุกคนในครอบครัว แต่ไม่ได้รับแรงกระตุ้นใด ๆ จากโรงเรียน เพราะครูวิทยาศาสตร์มักสนใจเด็กผู้ชาย และครูแนะแนวก็ได้พยายามบอกเธอว่า ชีวิตเธอจะก้าวไกลอย่างแน่นอน ถ้าไม่คิดจะเป็นนักดาราศาสตร์

Vera จบการเรียนระดับมัธยมศึกษาเมื่ออายุ 16 ปี และชอบอ่านตำราดาราศาสตร์กับคณิตศาสตร์ ในยามว่างชอบเล่นเปียโน และมักผ่อนคลายอารมณ์ด้วยการทำงานศิลปะ กับปั่นจักรยาน เธอไม่คบเพื่อนชายในเวลาเดียวกันหลายคน เพราะชอบเด็กผู้ชายที่ฉลาด และรู้ตัวตลอดเวลาว่ามีนิสัยที่แตกต่างจากเด็กหญิงคนอื่น ตรงที่เธอสนใจดาราศาสตร์ ซึ่งเป็นความต้องการที่ “ผิดปกติ” ของสังคมในเวลานั้น

เมื่อเข้าเรียนระดับอุดมศึกษา Vera ต้องการจะไปเรียนที่ Swarthmore College รัฐ Pennsylvania แต่อาจารย์ที่สัมภาษณ์แนะนำว่า เธอควรเรียนวิชาวาดภาพดาวมากกว่า เมื่อถูกดูแคลน เธอจึงสมัครไปเรียนต่อที่ Vassar College ที่ Poughkeepsie รัฐ New York เพราะเป็นวิทยาลัยแห่งเดียวของประเทศ ที่อนุญาตให้ผู้หญิงเรียนดาราศาสตร์ในระดับปริญญาตรีได้ นอกจากเหตุผลนี้แล้ว เธอก็ยังรู้อีกว่า Vassar เป็นวิทยาลัยที่เคยมีนักดาราศาสตร์ผู้มีชื่อเสียงมากคนหนึ่งชื่อ Maria Mitchell เป็นอาจารย์สอน โดยในปี 1847 Mitchell ในวัย 29 ปี ได้พบดาวหาง Mitchell โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ที่บิดาสร้างให้ ผลงานนี้ทำให้เธอได้รับเลือกเป็นสมาชิกของสมาคม

American Academy of Arts and Sciences ในปี 1848 และเป็นทั้งศาสตราจารย์กับผู้อำนวยการหอดูดาวที่ Vassar College ด้วย

เพราะครอบครัวของ Vera มีฐานะไม่สู้ดีนัก เธอจึงต้องหาทุนเรียนที่ Vassar ซึ่งมีเธอเป็นนักศึกษาที่เรียนดาราศาสตร์เพียงคนเดียว ดังนั้นการเรียนการสอนจึงเป็นไปในลักษณะตัวต่อตัวกับอาจารย์ ซึ่งเป็นเรื่องดี เพราะเธอได้รับความสนใจจากอาจารย์อย่างเต็มที่ร้อยเปอร์เซ็นต์

ในปี 1948 Vera ในวัย 20 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี และได้สมรสกับโรเบิร์ต รูบิน (Robert Rubin) ซึ่งเป็นนักเคมีเชิงฟิสิกส์ ที่กำลังเรียนปริญญาเอกอยู่ที่มหาวิทยาลัยCornell เธอจึงติดตามสามีไปเรียนต่อที่ Cornell ซึ่งมีอาจารย์ที่สอนเป็นนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงระดับโลก เช่น Philip Morrison, Richard Feynman และ Hans Bethe Vera สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทในปี 1951 โดยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง ลักษณะการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำนวน 109 กาแล็กซี เมื่อเธอนำรายงานวิจัยนี้ไปเสนอในที่ประชุมครั้งที่ 84 ของสมาคม American Astronomical Society (AAS) ไม่มีใครให้ความสนใจมาก เพราะข้อมูลที่เธอมีส่วนใหญ่ยังไม่สมบูรณ์ Vera จึงรู้สึกท้อแท้ แต่สามีก็ยังให้กำลังใจ โดยบอกเธอว่า การเรียนจบปริญญาโททางดาราศาสตร์มิได้หมายความว่า เธอเป็นนักดาราศาสตร์เต็มตัวแล้ว เธอจึงมุ่งมั่นจะเรียนปริญญาเอกต่อ

เมื่อครอบครัว Rubin อพยพไปตั้งรกรากที่ Washington D.C. Vera ได้ตัดสินใจเรียนดาราศาสตร์ต่อในระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Georgetown ซึ่งอยู่ไม่ไกลจากที่พัก และได้พบกับ George Gamow (1904-1968) ผู้เป็นนักฟิสิกส์ดาราศาสตร์ที่เสนอทฤษฎี Big Bang และ Gamow ได้แนะนำให้เธอศึกษาลักษณะการกระจายตัวของกาแล็กซีต่าง ๆ ในเอกภพ ในเวลานั้นเธอมีลูก 2 คนแล้ว จึงต้องขอร้อง

บิดากับมารดาให้มาช่วยดูแลลูก ๆ เวลาเธอไปเรียน และได้ขอให้สามีขับรถไปส่งเธอที่มหาวิทยาลัย เพื่อเข้าฟังการบรรยายทันเวลา จนเธอสำเร็จปริญญาเอกเมื่ออายุ 26 ปี จากนั้นได้เริ่มอาชีพอาจารย์ที่ Montgomery County Community College ซึ่งเป็นงานที่เธอได้ขอรับเงินเดือนเพียง 2 ใน 3 เพราะจะได้มีเวลาขับรถปรับลูก ๆ ที่โรงเรียนทัน อีก 2 ปีต่อมา เธอก็ได้เป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัย Georgetown

จุดหักเหในชีวิตของ Vera ได้เกิดขึ้นในปี 1963 เมื่อเธอได้ทุนวิจัยไปฝึกงานกับสองสามี-ภรรยานักดาราศาสตร์ชื่อ Margaret Burbridge กับ Geoffrey Burbridge แห่งมหาวิทยาลัย California วิทยาเขต San Diego เป็นเวลานาน 1 ปี โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 2 เมตร ที่หอดูดาว McDonald Observatory ใน Texas เพื่อวัดความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของกาแล็กซี

เมื่องานนี้ลุล่วงเธอเดินทางกลับ และไปติดต่อสมัครทำงานที่ Carnegie Institute ในตำแหน่งอาจารย์ที่ภาควิชา Terrestrial Magnetism ในการสอบสัมภาษณ์แทนที่หัวหน้าภาควิชาจะถามเธอเรื่องวิชาการ เขากลับยื่นแผ่นฟิล์มภาพสเปกตรัมของแสงจากดาวฤกษ์ และได้ขอให้เธอวัดความเร็วของดาวเหล่านั้น เมื่อเธอทำได้สำเร็จ ก็ได้ทำงานร่วมกับ W. Kent Ford ผู้เป็นนักฟิสิกส์ที่เชี่ยวชาญเรื่องการออกแบบ image tube spectrograph ที่สามารถถ่ายภาพดาวด้วยวิธีเก็บรวบรวมแสงได้ดี และรวดเร็วกว่าการใช้ spectrograph ธรรมดา ความสามารถของ Ford ในการออกแบบเครื่องมือ และความสามารถของ Vera ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้คนทั้งสองมีผลงานวิจัยตีพิมพ์ร่วมกันหลายเรื่อง

ในปี 1965 Vera วัย 37 ปี เป็นสตรีคนแรกที่ได้รับอนุญาตให้ใช้กล้องดูดาวขนาด 200 นิ้ว (ซึ่งนับว่าใหญ่ที่สุดในโลกในขณะนั้น) ที่ภูเขา Palomar ใน California โดยได้เสนอโครงการวิจัยวัดความเร็วของดาวฤกษ์ที่อยู่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในกาแล็กซี

Andromeda M31 ซึ่งเป็นกาแล็กซีที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด (2.2 ล้านปีแสง) และสว่างสุกใสที่สุด

เกียรติประวัติในการเป็นสตรีคนแรกที่ทำงานที่หอดูดาว นับเป็นเรื่องที่ไม่ธรรมดาเลยสำหรับคนทั่วไป แต่หอดูดาว Palomar มีแต่เจ้าหน้าที่และนักดาราศาสตร์ผู้ชาย สถานที่นั้นจึงเป็นเสมือน “วัด” แม้แต่ห้องน้ำก็ยังมีป้ายปักไว้หน้าห้องว่า “MEN” จน Vera ต้องหาห้องน้ำเล็ก ๆ ใช้เอง แต่เธอก็ไม่ได้ระบุที่ป้ายว่า สำหรับ “WOMEN” ขณะทำงาน เธอเป็นคนที่มีหน้าที่ควบคุมทิศการสังเกตของกล้อง ระยะเวลาที่ดู รวมถึงต้องมีหน้าที่ระบุด้วยว่าต้องการใช้อุปกรณ์ชนิดใดบ้างในการบันทึกภาพ

ในการทำวิจัย Vera ต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน เช่น ทฤษฎีแรงโน้มถ่วงของ Newton ที่แถลงว่า สสารทุกชนิดดึงดูดกันด้วยแรง ที่แปรผกผันกับระยะทางระหว่างมวล ยกกำลังสอง และแปรโดยตรงกับผลคูณของมวลทั้งสอง ดังนั้นเวลาใช้สูตรนี้กับระบบที่มีแต่ดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์ก็จะได้สูตร GM = (V^2)/r เมื่อ G คือ ค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล M คือ มวลของดวงอาทิตย์ V คือความเร็วของดาวเคราะห์ และ r คือระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์

เพราะ M ในกรณีของดวงอาทิตย์มีค่าคงตัว และ G เป็นค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล จากสูตรเราจะเห็นได้ว่าเมื่อ r เพิ่ม V จะลด ในทำนองตรงกันข้าม ถ้า r ลด V ก็จะเพิ่ม สูตรนี้จึงสามารถอธิบายได้ว่า เหตุใดดาวพุธที่โคจรอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ (r มีค่าน้อย) จึงมีความเร็วมาก ในขณะที่ดาวเคราะห์แคระพลูโตที่อยู่ไกลมาก (r มีค่ามาก) จึงมีความเร็วน้อย

กาแล็กซีทางช้างเผือกที่มีรูปเกลียว

ภาพจาก MARK GARLICK / SCIENCE PHOTO LIBRARY

กาแล็กซีซึ่งตามปกติประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนนับแสนล้านดวง และทุกดวงกำลังโคจรรอบจุดศูนย์กลางของกาแล็กซี ในทำนองเดียวกับระบบสุริยะที่ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ นักดาราศาสตร์ทุกคนจึงคาดว่า ดาวฤกษ์ที่อยู่บริเวณตรงขอบของกาแล็กซีจะมีความเร็วน้อย ส่วนดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของกาแล็กซีจะมีความเร็วสูง

แต่ Vera กลับพบว่า ดาวฤกษ์ที่อยู่ในบริเวณกลาง ๆ ของกาแล็กซี กลับมีความเร็วมากพอ ๆ กับดาวฤกษ์ที่อยู่บริเวณขอบ

นี่เป็นการค้นพบที่น่าตื่นเต้น เพราะถ้าค่าที่วัดได้เป็นจริง โลกจะมีการปฏิรูปความรู้ทางดาราศาสตร์ครั้งมโหฬาร เพราะนั่นอาจจะหมายความว่า กฎแรงโน้มถ่วงของ Newton ยังไม่สมบูรณ์คือ ผิด หรือไม่ก็เอกภพยังมีสสารที่ตามองไม่เห็นอีกในปริมาณมาก

ในความเป็นจริง Jan Oort ซึ่งเป็นนักดาราศาสตร์ชาวเนเธอร์แลนด์ ในคริสต์ศตวรรษที่ 20 เคยพบว่า แสงจากดาวฤกษ์ในกาแล็กซี NGC 3115 เมื่อเดินทางถึงโลก มีความยาวคลื่นที่ไม่สมนัยกับมวลที่กาแล็กซีมีแต่ Oort มิได้กล่าวถึงสสารมืด (dark matter) อย่างชัดเจน

ในปี 1933 เมื่อ Fritz Zwicky (1889-1974) ศึกษากาแล็กซีที่อยู่อย่างเป็นกระจุก ก็พบว่า มีบางกาแล็กซีที่มีความเร็วสูงจนไม่น่าจะอยู่ในกระจุกได้ คือ น่าจะกระเด็นแยกออกไป ยกเว้นว่าในกาแล็กซีนั้นมีมวลลึกลับที่ยังไม่มีใครเคยเห็น ได้ดึงดูดกาแล็กซีไว้ ข้อเสนอของ Zwicky ไม่ได้รับความสนใจใด ๆ เพราะยังไม่มีใครเคยเห็น missing mass ที่ว่านี้เลย

กาแล็กซี Andromeda ภาพจาก วิกิพีเดีย

Vera เองมีความศรัทธาในความรู้ที่ว่า กฎของ Newton ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ 100% และสมควรได้รับการแก้ไข แต่นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยังคงยืนกรานในความถูกต้องของกฎแรงโน้มถ่วง ซึ่งได้รับการสนับสนุนว่าถูกต้องอย่างพอดีตามทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ ดังนั้นเธอจึงคิดว่า กาแล็กซี Andromeda อาจจะมีสสารมืดแฝงอยู่ภายใน โดยสสารนี้ประกอบด้วยอนุภาคชนิดใหม่ที่นักฟิสิกส์ยังไม่รู้จักก็ได้

ณ วันนี้ปัญหานี้ก็ยังเป็นประเด็นร้อนแรงที่มีความสำคัญมากในการศึกษาเอกภพ เพราะได้แสดงให้เห็นว่า ไม่เพียงแต่กาแล็กซี Andromeda เท่านั้นที่มีสสารมืด กาแล็กซีอื่น ๆ ก็อาจจะมีสสารมืดแฝงอยู่ได้เช่นกัน

ดังนั้น Vera จึงคิดว่า ผลงานที่สำคัญที่สุดในชีวิตเธอ คือ การพิสูจน์ได้ว่า เอกภพมีสสารมืด

ตลอดชีวิต Vera Rubin มีผลงานวิจัยตีพิมพ์กว่า 200 เรื่อง

ในปี 1981 เธอเป็นนักดาราศาสตร์สตรีคนที่สอง (ต่อจาก Margaret Burbridge) ที่ได้รับเลือกเป็นสมาชิกของสมาคม National Academy of Sciences ถึงปี 1993 ประธานาธิบดี Bill Clinton ได้มอบเหรียญ National Medal of Science ที่มีศักดิ์ศรีและเกียรติยศสูงสุดสำหรับประชาชนอเมริกันให้แก่เธอ

ในปี 1996 เธอได้รับเหรียญทองจาก Royal Astronomical Society เหตุการณ์นี้ได้ทำให้เธอเป็นนักดาราศาสตร์หญิงคนที่สองต่อจาก Caroline Herschel (ผู้เป็นน้องสาวของ William Herschel ที่พบดาวยูเรนัส) ที่เคยได้รับเมื่อปี 1828

เธอได้รับปริญญา Doctor of Science จากหลายมหาวิทยาลัยต่าง ๆ รวมทั้ง Harvard และ Yale รวมถึงได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ Pontifical Academy of Sciences แห่ง Vatican ด้วย นอกจากนี้ดาวเคราะห์น้อย 5276 ก็มีชื่อ Rubin

คำแนะนำของเธอที่มีต่อนักวิทยาศาสตร์รุ่นหลัง ๆ คือ “ทำในสิ่งที่ชอบ”

กล้องโทรทรรศน์ Vera Rubin ที่ Chile

ภาพจาก RubinObs/NOIRLab/SLAC/NSF/DOE/AURA/A. Pizarro D.

ณ วันนี้นักดาราศาสตร์ได้พบว่ามวล 96% ของเอกภพ เป็นสสารมืดและพลังงานมืดที่กล้องโทรทรรศน์ทั้งบนโลกและในอวกาศยังมองไม่เห็น และแม้แต่ห้องทดลองทั่วโลกก็ยังตรวจจับไม่ได้ ซึ่งองค์ความรู้นี้มาจากสตรีชื่อ Vera Rubin ผู้มีลูก 4 คนครับ

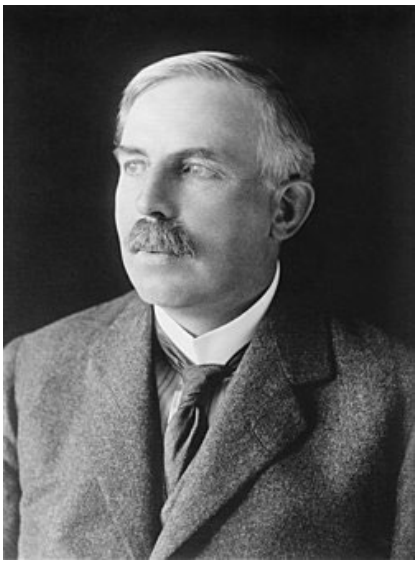
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Bright Galaxies: Dark Matter ซึ่งจัดพิมพ์โดย American Institute of Physics Press ในปี 1996

2. Pinkerton, Byrd; Hassenfeld, Noam (August 17, 2021). "Astronomers were skeptical about dark matter – until Vera Rubin came along: She built a bullet-proof case for exploring the concept". Vox. Retrieved August 17, 2021

Ernest Rutherford (เออร์เนสต์ รัทเธอร์ฟอร์ด)

นักฟิสิกส์รางวัลโนเบลเคมีปี 1908 จากการพบนิวเคลียส และศึกษาธรรมชาติของอนุภาคอัลฟา



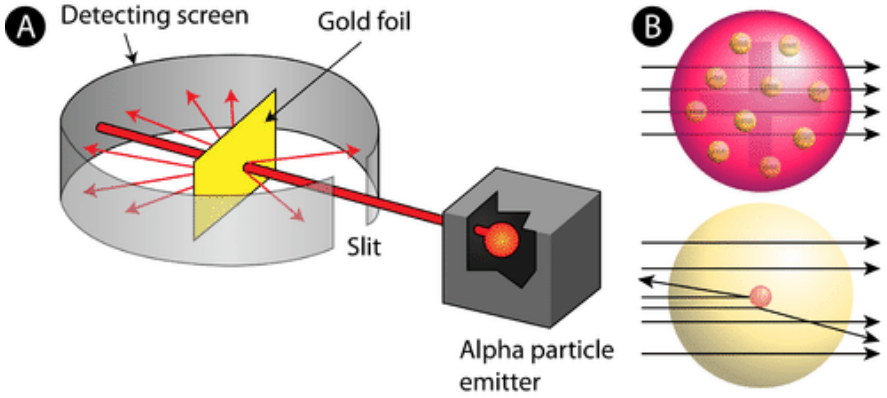
Ernest Rutherford ผู้พบนิวเคลียสในอะตอม ภาพจาก วิกิพีเดีย

รัทเธอร์ฟอร์ดเกิดเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม ปี 1871 ที่เมืองเนลสัน (Nelson) ในนิวซีแลนด์ บิดาเป็นช่างซ่อมล้อรถยนต์ และมารดาเป็นครูสอนภาษาอังกฤษในโรงเรียน รัทเธอร์ฟอร์ดใช้ชีวิตในวัยเด็กช่วยบิดาทำงานในฟาร์ม การเป็นเด็กเรียนดีที่เฉลียวฉลาดทำให้ได้รับทุนเข้าไปศึกษาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยนิวซีแลนด์ และได้รับปริญญาตรีเกียรตินิยมอันดับหนึ่ง เมื่ออายุ 21 ปี

การตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง สมบัติของเหล็กในสนามแม่เหล็ก ในวารสารวิชาการทำให้ได้รับทุนวิจัยให้ไปศึกษาต่อที่ Trinity College แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ (Cambridge) ในปี 1895 และได้งานเป็นนักวิจัยผู้ช่วยของทอมสัน (J. J. Thomson) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ผู้พบอิเล็กตรอนเป็นคนแรก ทอมสันได้ให้รัทเธอร์ฟอร์ดศึกษาและวิจัยสมบัติของรังสีเอกซ์ที่เรินต์เกน (Röntgen) เพิ่งพบเมื่อไม่นานก่อนนั้น แต่รัทเธอร์ฟอร์ดพบว่าตน มีสไตล์การทำงานที่แตกต่างจากทอมสัน ดังนั้นเมื่อมหาวิทยาลัยแมคกิล

(Mcgill) ในแคนาดาประกาศรับสมัครหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์คนใหม่ รัทเธอร์ฟอร์ดจึงสมัครและได้เดินทางไปทำงานที่นั่น เมื่ออายุ 27 ปี

ขณะอยู่ที่มหาวิทยาลัยสมแมคกิล รัทเธอร์ฟอร์ดได้ใช้ประสบการณ์ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ศึกษาพฤติกรรมของก๊าซที่แตกตัวเวลาได้รับรังสีเอกซ์ และได้ศึกษาอิทธิพลของสนามไฟฟ้าต่อการเคลื่อนที่ของไอออน และปรากฏการณ์กรณีโฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effect) รัทเธอร์ฟอร์ดได้รายงานการพบอนุภาคอัลฟา และเบตา ที่ธาตุยูเรเนียมเปล่งออกมา รวมทั้งได้ศึกษาสมบัติของกัมมันตรังสีทั้งสองชนิด จนได้พบกฎการสลายตัวของชีวิตธาตุกัมมันตรังสี จากนั้นรัทเธอร์ฟอร์ดก็เดินทางกลับประเทศอังกฤษเพื่อรับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (Manchester) ขณะทำงานวิจัยฟิสิกส์ที่นั่น รัทเธอร์ฟอร์ดได้รู้จักไกเกอร์ (H.Geiger) คนทั้งสองทำงานวิจัยเข้ากันได้ดีมาก จนไกเกอร์สามารถประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดรังสีที่เราทุกวันนี้รู้จักในนาม Geiger counter และรัทเธอร์ฟอร์ดได้ใช้อุปกรณ์นี้ศึกษาอนุภาคอัลฟาที่ธาตุเรเดียมปล่อยออกมาเวลามันสลายตัว



(A) ธาตุกัมมันตรังสียิงอนุภาคอัลฟาผ่านแผ่นทองคำเปลว (B บน) ภาพแสดงโครงสร้างของอะตอมตามความคิดของ Thomson และ (B ล่าง) แสดงโครงสร้างของอะตอมตามความคิดของ Rutherford ภาพจาก flexbooks.ck12.org

ในปี 1910 รัทเธอร์ฟอร์ดให้ไกกอร์ทดลองยิงอนุภาคอัลฟาผ่านแผ่นทองคำเปลว และได้ตกตะลึงเมื่อพบว่าแทนที่อนุภาคอัลฟาทั้งหลายจะพุ่งผ่านแผ่นทองคำเปลว โดยเบี่ยงเบนไปเล็กน้อยกลับเห็นอนุภาคบางตัวกระดอนกลับ ในการอธิบายเหตุการณ์ที่เห็นนี้ รัทเธอร์ฟอร์ดได้ตั้งสมติฐานว่า อนุภาคอัลฟาได้พุ่งชนแก่นกลางของอะตอมที่มีมวลมาก ทำให้อนุภาคกระดอนกลับในลักษณะเดียวกับลูกปิงปองเวลาชนลูกฟุตบอล การพบนิวเคลียสในอะตอมจึงเป็นความสำเร็จและการค้นพบที่สำคัญที่สุดของรัทเธอร์ฟอร์ด ซึ่งมีผลทำให้รัทเธอร์ฟอร์ดได้ชื่อว่าเป็นบิดาของวิชาฟิสิกส์นิวเคลียร์ และองค์ความรู้นิวเคลียสนี้ได้เป็นพื้นฐานให้นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์กผู้ได้เดินทางมาวิจัยที่มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (Manchester) ในอังกฤษ ได้ใช้ในการสร้างทฤษฎีอะตอมของไฮโดรเจนในปี 1912

H.G.Moseley ผู้พบว่าจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส คือ ตัวเลขที่ระบุชนิดของธาตุ

ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในปีต่อมารัทเธอร์ฟอร์ดกับโมสลีย์ (H.G.Moseley) ได้ใช้รังสีแคโทดระดมยิงอะตอมของธาตุต่าง ๆ หลายชนิดและพบว่าสเปกตรัมของแสงที่ธาตุเหล่านั้นปล่อยออกมาเป็นอัตลักษณ์ของธาตุ โมสลีย์และรัทเธอร์ฟอร์ด จึงได้ชื่อว่าเป็นผู้ร่วมกันพบ

สมบัติหนึ่งของอะตอม ว่าธาตุมีเลขอะตอมซึ่งแสดงจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส และในปี 1919 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายที่รัทเธอร์ฟอร์ดจะอยู่ที่แมนเชสเตอร์ เขาได้พบว่านิวเคลียสของธาตุเบา เช่น ไนโตรเจนเวลาถูกอนุภาคอัลฟาพลังงานสูงพุ่งชน นิวเคลียสของไนโตรเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นนิวเคลียสของออกซิเจนได้ และพร้อมกันนั้นก็มีโปรตอนตัวใหม่เกิดขึ้นด้วย รัทเธอร์ฟอร์ดจึงได้ชื่ออีกว่าเป็นนักเล่นแร่แปรธาตุตัวจริง เพราะเขาสามารถแปลงธาตุไนโตรเจนให้เป็นธาตุออกซิเจนได้เป็นคนแรก การค้นพบนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์หลายคนในสมัยนั้น หัวเราะเยาะรัทเธอร์ฟอร์ด เพราะคนทุกคนในเวลานั้นเชื่อว่ามนุษย์ไม่สามารถแปลงธาตุหนึ่งไปเป็นอีกธาตุหนึ่งได้ แต่เมื่อแบล็กเก็ตต์ (P.M.S. Blackett) ให้เห็นเหตุการณ์ โดยการทดลองในห้องเมฆ (cloud chamber) ว่ามีออกซิเจนเกิดขึ้นจริง ความสำเร็จด้านเล่นแร่แปรธาตุของรัทเธอร์ฟอร์ดจึงเป็นที่ยอมรับ

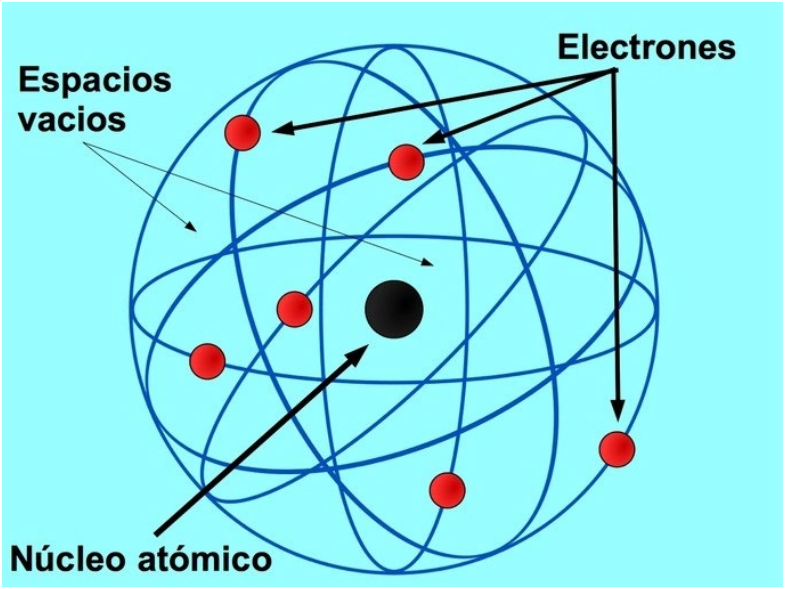
เมื่อรัทเธอร์ฟอร์ดมีอายุ 40 ปี เขาได้รับเชิญให้ไปดำรงตำแหน่งแทนทอมสัน ในฐานะศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัยของรัฐบาล กระนั้นก็ยังทำงานวิจัยฟิสิกส์ต่อในปี 1920 รัทเธอร์ฟอร์ดได้ทำนายว่าในอะตอมจะต้องมีอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในนิวเคลียส คำทำนายของรัทเธอร์ฟอร์ดได้รับการพิสูจน์ว่าจริง เมื่อแชดวิก (J.Chadwick) ได้รายงานการพบอนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียสในอีก 12 ปีต่อมา

รัทเธอร์ฟอร์ดได้รับรางวัลโนเบลเคมีประจำปี 1908 จากผลการศึกษาธรรมชาติการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งได้ทำให้เขารู้สึกประหลาดใจมาก เพราะคิดว่าตนเป็นนักฟิสิกส์ แต่เมื่อถึงวันนี้เราก็รู้ว่าในอดีตเมื่อ 96 ปีก่อน เส้นแบ่งวิชาฟิสิกส์นิวเคลียสและเคมีนิวเคลียสไม่กระจ่างชัดเหมือนในทุกวันนี้ ดังนั้น ปรากฏการณ์การสลายตัวของ

ธาตุกัมมันตรังสี จึงทำให้คณะกรรมการรางวัลโนเบลเคมีตัดสินใจมอบรางวัลโนเบลเคมีให้รัทเธอร์ฟอร์ด

ขณะเกิดสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง รัทเธอร์ฟอร์ดได้ไปทำงานวิจัยเรื่อง การตรวจจับสัญญาณจากเรือดำน้ำ โดยอาศัยความรู้เรื่องเสียงในน้ำ และขณะรัทเธอร์ฟอร์ดทำงานวิจัยที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ (Cambridge) เขาเป็นอาจารย์ที่ประสบความสำเร็จมากในการสอนมาก เพราะศิษย์หลายคนได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ในเวลาต่อมา เช่น แชดวิก (Chadwick) ในฐานะผู้พบนิวตรอน แบล็กเก็ตต์ (Blackett) ในฐานะผู้พับเทคนิคการใช้ห้องเมฆศึกษาปฏิกิริยานิวเคลียสและค็อกครอฟต์ (Cockcroft) กับวอลตัน (Walton) ในฐานะผู้ใช้อนุภาคพลังงานสูงในการแปลงธาตุเป็นคนแรก เป็นต้น

การชอบทำงานหนักมาตั้งแต่วัยเด็กได้ทำให้รัทเธอร์ฟอร์ดชอบทำงาน แม้จะโตเป็นผู้ใหญ่และมีชื่อเสียงมาก โดยได้ตีพิมพ์งานวิจัยประมาณ 150 เรื่องและได้เรียบเรียงตำรา เช่น Radioactivity (กัมมันตรังสี) Radioactive Transformation (การแปลงสารกัมมันตรังสี) The Electrical Structure of Matter (โครงสร้างเชิงไฟฟ้าของสสาร) The Transmutation of the Elements (การแปลงกระบวนการวิทยาศาสตร์) และ The Newer Alchemy (การแล่นแร่แปรธาตุยุคใหม่)



แบบจำลองอะตอมของ Rutherford ภาพจาก rinconeducativo.org

ณ วันนี้ รัทเธอร์ฟอร์ดได้รับการยอมรับว่าเป็นนักฟิสิกส์เชิงทดลอง ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดของคริสต์ศตวรรษที่ 20 นอกจากจะมีพรสวรรค์ด้านการทดลองแล้ว รัทเธอร์ฟอร์ดยังมีพรสวรรค์ในการอธิบายเรื่องที่เข้าใจยากให้เข้าใจง่ายด้วย ดังจะเห็นได้จากการสร้างภาพของอะตอมที่มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง และมีอิเล็กตรอนโคจรไปรอบ ๆ เหมือนดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ผลงานด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์ของรัทเธอร์ฟอร์ด ทำให้โลกมีระเบิดปรมาณู มีโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ เรือดำน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์ เทคนิค การวัดอายุของวัตถุโบราณโดยการใช้ธาตุกัมมันตรังสี และการพบว่ามนุษย์สามารถแปลงธาตุได้โดยกระบวนการนิวเคลียร์ อนุภาคโปรตอนที่รัทเธอร์ฟอร์ดพบ ทำให้เบเทอ (Bethe) สามารถอธิบายต้นกำเนิดของพลังงานความร้อนบนดวงอาทิตย์ได้ในเวลาต่อมา

รัทเธอร์ฟอร์ดเป็นคนมีอารมณ์ขัน และเป็นคนที่มีมนุษยสัมพันธ์ดีมาก จึงเป็นที่รักใคร่ในบรรดาศิษย์และเพื่อน การเป็นคนร่างกายสูงใหญ่และพูดเสียงดังด้วยความมั่นใจ ทำให้คนที่รู้จักหรือได้พบรู้สึกประทับใจมาก ในช่วงเวลาที่เกิดสงครามโลกครั้งที่

สอง รัทเธอร์ฟอร์ดได้ต่อต้านพรรคนาซีของเยอรมนี และช่วยคนยิวหลายคนให้รอดพ้นจากการถูกสังหารโดยนาซี

เมื่อเพื่อนคนหนึ่งของรัทเธอร์ฟอร์ดกล่าวถึงความสำเร็จของรัทเธอร์ฟอร์ดว่า เกิดจากการที่ได้เข้าไปอยู่ในสถานที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ในจังหวะเวลาที่เหมาะสม รัทเธอร์ฟอร์ดได้ตอบสวนในทันทีว่า "ก็ใช่ เพราะผมเองเป็นคนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้น"

เราทุกคนทุกวันนี้ก็เห็นด้วยกับคำตอบของรัทเธอร์ฟอร์ด

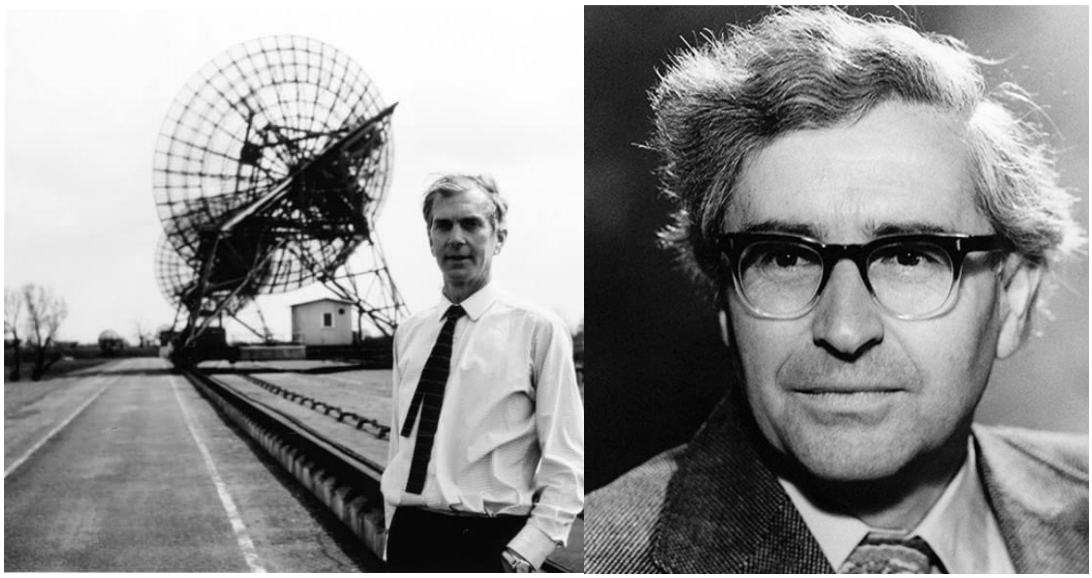
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Pestka, Jessica (25 April 2017). "About Rutherford's Gold Foil Experiment". Sciencing. Archived from the original on 27 June 2023. Retrieved 27 June 2023.

2. Hameed, A. Khan; Qurashi, M. M.; Hussain, E. T.; Hayee, M. I., eds. (2006). "Physics in Developing Countries – Past, Present & Future" (PDF). Commission on Science and Technology for Sustainable Development in the South. COMSATS Series of Publications on Science and Technology. Archived (PDF) from the original on 22 September 2023. Retrieved 2 October 2023.

Martin Ryle (มาร์ติน ไรล์)
Antony Hewish (แอนโตนี ฮีววิช)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1974 จากการสร้างเครือข่ายของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ และจากการค้นพบดาว pulsar



Martin Ryle กับกล้องโทรทรรศน์วิทยุ (ซ้าย) กับ Antony Hewish (ขวา)

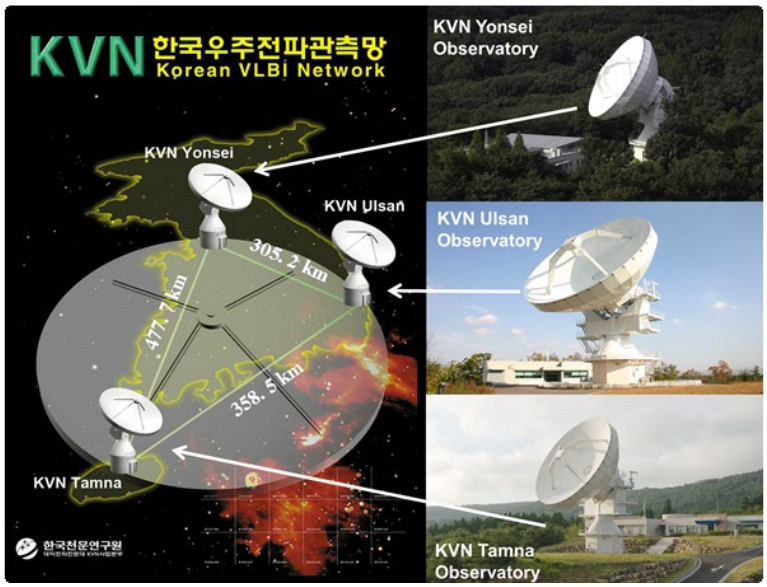
ภาพจาก John T Scott, courtesy of AIP Emilio Segrè Visual Archives, Physics Today Collection และ Photo 12/Universal Images Group/Getty

สสารทุกชนิดในเอกภพล้วนมีอุณหภูมิ ดังนั้นจึงสามารถเปล่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีเหนือม่วง แสงที่ตาเห็น รังสีอินฟราเรด คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ โดยรังสีแกมมาเป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด และคลื่นวิทยุมีความยาวคลื่นมากที่สุด

ในกรณีของ supernova ซึ่งเป็นดาวที่มีอุณหภูมิสูงระดับล้านองศา เวลาระเบิดตัวเอง จะเปล่งแสงที่ตาเห็นออกมาในปริมาณมากเท่ากับพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์นับพันล้านดวง นอกจากแสงที่ตาเห็นแล้วดาวฤกษ์ยังปล่อยรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ออกมา

ด้วย เหตุการณ์เหล่านี้สามารถช่วยให้นักดาราศาสตร์เห็นขั้นตอนที่แสดงจุดจบดาวฤกษ์ได้ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์อวกาศ เช่น กล้อง Chandra ตรวจรับคลื่นดังกล่าว

แต่ในกรณีดาวหาง หรือดาวเคราะห์น้อย ที่มีอุณหมูมิต่ำมากระดับ -200 องศาเซลเซียส มันจะเปล่งรังสีอินฟราเรดเป็นส่วนใหญ่ เพราะเป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่าแสงที่ตาเห็น ดังนั้นกล้องโทรทรรศน์ที่จะใช้ดูดาวหาง หรือดาวเคราะห์น้อย จึงต้องเป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่รับรังสีอินฟราเรดได้



เครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่เกาหลีใต้ ซึ่งมีจานรับสามจาน รับคลื่นวิทยุความยาวระดับมิลลิเมตร ที่เมือง Ulsan, Yonsei และ Tamna ภาพจาก http://www.kasi.re.kr/

สำหรับเมฆ ฝุ่น ละอองดาวที่ลอยอยู่รอบดาวฤกษ์ การจะเห็นฝุ่นละอองเหล่านี้ นักดาราศาสตร์จำเป็นต้องใช้กล้องโทรทรรศน์รูปแบบใหม่ที่ประกอบด้วยจานรับคลื่นวิทยุ กล้องนี้จึงมีชื่อเรียกว่ากล้องโทรทรรศน์วิทยุ (radio telescope) เพื่อรับคลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก แต่คลื่นวิทยุจะถูกไอน้ำในบรรยากาศโลกดูดกลืน ดังนั้นการใช้กล้องโทรทรรศน์วิทยุ เพื่อสังเกตดาวในท้องฟ้าจึงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดนี้ ยิ่งไปกว่านั้นไอน้ำในอากาศเองก็สามารถปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมาได้ด้วย ดังนั้นคลื่นอินฟราเรดจาก

ดาวฤกษ์ที่อยู่ไกล จึงถูกคลื่นอินฟราเรดจากไอน้ำรบกวนและบดบังอย่างหลีกหนีไม่ได้ แต่ถ้ากล้องโทรทรรศน์วิทยุทำงานอยู่ในบรรยากาศที่แห้ง คือ ปราศจากไอน้ำ การทำงานของกล้องก็จะเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์แบบ

กล้องโทรทรรศน์วิทยุเครื่องแรกของโลกได้ถือกำเนิดเมื่อปี 1933 เมื่อ Karl Jansky (1905-1950) แห่งห้องปฏิบัติการ Bell Telephone Laboratories ที่ New Jersey ในอเมริกา ได้ออกแบบจานกลมโค้งที่มีเสาอากาศ (antenna) ติดตั้งอยู่กลางจาน เพื่อกำจัดคลื่นคลื่นรบกวนที่ถูกส่งข้ามมหาสมุทร Atlantic และ Jansky ก็ได้พบว่าคลื่นรบกวนนั้น มาจากดาวในบริเวณใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก Jansky จึงรู้สึกประหลาดใจมากที่จานโทรทรรศน์สามารถรับ-ส่งคลื่นวิทยุจากอวกาศได้เป็นครั้งแรก นี่จึงเป็นวันที่วิทยาการดาราศาสตร์วิทยุ (radio astronomy) ถือกำเนิด

ในปี 1942 Grote Reber (1911-2002) ใช้กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่เขาสร้างในการทำแผนที่แสดงตำแหน่งของแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุในกาแล็กซีทางช้างเผือก ต่อจากนั้น Martin Ryle (1918–1984) กับ Antony Hewish (1924–2021) ก็ได้พัฒนาการทำงานของกล้องโทรทรรศน์วิทยุให้ดียิ่งขึ้น เพราะพบว่า ถ้าใช้กล้องเดี่ยวที่ประกอบด้วยจานรับคลื่นและเสาอากาศเพียงหนึ่งเดียว คลื่นที่รับได้จะไม่คมชัด แต่ถ้าใช้กล้องสองกล้องทำงานประสานกัน แล้วใช้หลักการแทรกสอดของคลื่น ภาพคลื่นที่ได้ก็จะชัดขึ้น จากนั้น Ryle ก็พบว่า ถ้าใช้กล้อง 3 กล้อง เช่น A, B และ C ทำงานประสานกัน เช่น ระหว่าง A กับ B, B กับ C และ C กับ A รวม 3 คู่ กล้องจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีก หรือถ้าใช้กล้อง 4 กล้อง คือ A, B, C และ D แล้ววิเคราะห์ผลการแทรกสอดที่ประกอบด้วยกล้องทีละคู่ เช่น AB, AC, AD, BC, BD และ CD รวม 6 คู่ สัญญาณที่ได้รับจะแรงและคมชัดมาก เพราะสัญญาณรบกวนจากแหล่งคลื่นภายนอกถูกกำจัดจนเกือบหมด

นี่คือเทคนิคการสังเคราะห์หน้าจาน (aperture synthesis) ที่ Ryle และ Hewish ได้พัฒนาขึ้นหลังสงครามโลกครั้งที่สอง เพื่อให้กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเล็กที่มีเป็นจำนวนมากสามารถทำงานเป็นกล้องขนาดใหญ่หนึ่งเดียวได้ จึงมีสภาพเสมือนเป็นกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดใหญ่กล้องเดียว โดยใช้หลักการแทรกสอดของคลื่น เพื่อศึกษาดาวต่าง ๆ กว่า 2,000 ดวง ที่ส่งคลื่นวิทยุมายังโลก ผลงานนี้ทำให้ Ryle ได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1974

ในปี 2013 กล้องโทรทรรศน์วิทยุชื่อ Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) ได้เริ่มทำงาน กล้องนี้ประกอบด้วยจานรับคลื่น 66 จาน ทำงานร่วมกันเป็นคู่รวม 1,291 คู่ จึงเป็นกล้องโทรทรรศน์ที่มีความไวสูงที่สุดในโลก เพราะสามารถเห็นรายละเอียดของดาวที่ให้กำเนิดคลื่นวิทยุได้มากที่สุด โดยสามารถรับคลื่นที่มีความยาวระหว่างรังสีอินฟาเรดกับรังสีไมโครเวฟ คือ มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 10^(-2) เมตรขึ้นไป และเป็นคลื่นที่กลุ่มแก๊สเย็น ซึ่งล้อมรอบกาแล็กซีปล่อยออกมา กล้อง ALMA อยู่ที่ทะเลทราย Atacama ใน Chile โดยอยู่ ณ บริเวณใกล้ยอดเขา Cerro Chajnantor อันเป็นบริเวณที่แห้งแล้งมาก (เพราะบรรยากาศแทบปราศจากไอน้ำ) และมีฝนตกปีละไม่เกิน 1 เซนติเมตร กล้องอยู่ที่ระดับสูง 5,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยจานรับทั้ง 66 จาน อยู่เรียงรายบนพื้นที่ 675 ตารางกิโลเมตร ที่แบนราบที่สุดในโลก

วิศวกรขององค์การ ESO (European Southern Observatory) แห่งยุโรป NRAO (National Radar Astronomy Observatory) และ NSF (National Science Foundation) ของอเมริกา ได้ร่วมมือกันติดตั้งจานรับในปี 2007 โดยแต่ละจานมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 12 เมตร และใช้ supercomputer ควบคุมลักษณะการวางหน้าจานให้โฟกัสไปที่ดาวดวงเดียวกันอย่างทำมุมผิดพลาดไม่เกิน 0.5 องศา และเวลาจานรับ

สัญญาณทำงาน นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ supercomputer ช่วยด้วย และต้องพิจารณาการขยายตัว และหดตัวของสายเคเบิลที่เชื่อมโยงระหว่างจานรับคลื่น ขณะอุณหภูมิโดยรอบหอดูดาว ALMA เปลี่ยนแปลงด้วย

เครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ ALMA ที่ทะเลทราย Atacama ใน Chile

ภาพจาก (ESO/NAOJ/NRAO)/L. Calçada (ESO)

ลุถึงปี 2013 ALMA ได้เริ่มทำงาน โดยใช้จานรับสัญญาณเพียง 16 จานก่อน เพื่อศึกษาขั้นตอนการถือกำเนิดของกาแล็กซีจำนวน 26 กาเล็กซีที่อยู่ห่างจากโลก 11,700 ล้านปีแสง ซึ่งเป็นเวลาที่เอกภพ เพิ่งจะมีอายุได้ 2,000 ล้านปี ข้อมูลที่ได้แสดงว่า จากความเข้าใจเดิมที่ว่า กาแล็กซีถือกำเนิดเมื่อ 3,000 ล้านปีหลังเหตุการณ์ Big Bang ในความเป็นจริง ข้อมูลนี้ไม่ถูกต้อง เพราะข้อมูลใหม่ระบุว่ากาแล็กซีได้ถือกำเนิดหลัง Big Bang ประมาณ 2,000 ล้านปีเท่านั้นเอง

งานชิ้นต่อไปของ ALMA คือ จะศึกษาว่า เหตุใดกาแล็กซีที่มีมวลมหาศาล จึงไม่ค่อยจะมีให้เห็น และต้องการจะเห็นขั้นตอนการถือกำเนิดของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ รวมถึงศึกษาสภาพของเอกภพหลัง Big Bang ไม่นานด้วย

ในอนาคต ALMA จะทำให้นักดาราศาสตร์ได้ตื่นตาและตื่นใจในองค์ความรู้เกี่ยวกับเอกภพที่ยังไม่มีใครเคยรู้มาก่อน

ในขณะที่นักดาราศาสตร์ในโลกตะวันตกมี ALMA จีนซึ่งเป็นมหาอำนาจทางวิทยาศาสตร์ของเอเชียก็มีจานรับคลื่น FAST (Five hundred meter Aperture Spherical Radio Telescope) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้อย่างวิเศษไม่แพ้กัน

กล้องโทรทรรศน์วิทยุ FAST ที่มีจานรับคลื่นขนาด 500 เมตร ซึ่งใหญ่ที่สุดในโลกของจีน

ภาพจาก Liu Xu/Xinhua/Getty Images

FAST เป็นจานรับคลื่นวิทยุที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 5 เท่าของสนามฟุตบอล อยู่ที่มณฑล Guizhou จานกลมรับคลื่นมีลักษณะเดียวกับจานรับของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ Arecibo ที่ Puerto Rico ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 305 เมตร เพราะ FAST มีจานรับคลื่นเป็นจานใหญ่เพียงจานเดียว ดังนั้นจึงทำงานได้รวดเร็วกว่าจานเล็กจำนวนหลายจานที่ทำงานประสานกัน อีกทั้ง FAST ยังมีความไวยิ่งกว่าจาน Arecibo ประมาณ 2 เท่าด้วย จึงสามารถสำรวจเอกภพได้กว้างไกลยิ่งกว่ากล้อง Arecibo

นักวิทยาศาสตร์จีนได้ให้เหตุผลการใช้จานรับคลื่นวิทยุเพียงจานเดียว แต่มีขนาดใหญ่มากว่า เพราะผลงานดาราศาสตร์ที่ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ล้วนเป็นผลงานที่ได้จากจานรับสัญญาณเพียงจานเดียว ดังที่ Russell Hulse (1950-ปัจจุบัน) และ Joseph Taylor (1941-ปัจจุบัน) ได้เคยศึกษาคลื่นโน้มถ่วงเมื่อปี 1974 โดยใช้จานรับสัญญาณเพียงจานเดียว และความสำเร็จนี้ ทำให้คนทั้งสองได้รับรางวัลเมื่อปี 1993

นอกจากนี้ส่วนดีของกล้อง FAST ที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งกว่ากล้อง Arecibo คือ แผ่นกระเบื้อง 4,600 แผ่น ที่นำมาประกอบเป็นผิวโค้งรูป parabola ของจาน ต่างก็สามารถปรับทิศการสะท้อนคลื่นได้ ในขณะที่จานรับ Arecibo ไม่สามารถปรับทิศการโฟกัสได้เลย

ใช้ FAST ศึกษาธรรมชาติของ pulsar ประมาณ 50,000 ดวง แต่ก็ยังไม่พบ pulsar ที่กำลังโคจรรอบหลุมดำเลย ซึ่งถ้าพบ นั่นจะเป็นความสำเร็จขั้นสุดยอดของ FAST เพราะสิ่งที่เห็นจะสามารถใช้ทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปในกรณีที่ดาวมีการเคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วงที่มีความเข้มสูงมาก

นักวิทยาศาสตร์จีนคิดจะใช้ FAST ศึกษากาแล็กซีที่มีอุณหภูมิต่ำ คือกาแล็กซีที่แทบไม่เปล่งแสงใด ๆ และใช้ศึกษาดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะประมาณ 5,000 ดวง เพื่อค้นหาสัญญาณว่ามาจากต่างดาวดวงใดด้วย

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. The Invisible Universe: The Story of Radio Astronomy โดย G. Verschuur จัดพิมพ์โดย Springer Science Business Media ปี 2007

2. Ryle M. (1985) "Martin Ryle's Last Testament". New Scientist 105 (14 February): 36-37.

Julian Schwinger (จูเลียน ชวิงเจอร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965 จากการพัฒนาทฤษฎี Quantum Electrodynamics (QED) ยุคใหม่

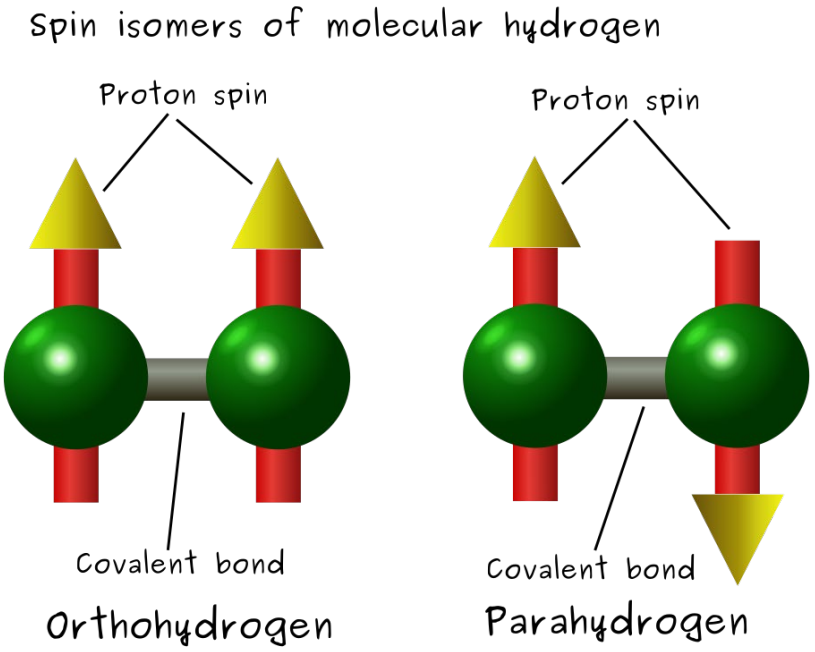
Julian Schwinger ภาพจาก วิกิพีเดีย

แม้จะได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965 ร่วมกับ R. Feynman และ Sin-Itiro Tomonaga แต่ชื่อเสียงเรียงนามของ Schwinger ก็มิได้เป็นที่รู้จักมากในหมู่คนทั่วไปเท่า Feynman เพราะทั้งสองมีบุคลิกภาพที่แตกต่างกันราวฟ้ากับเหว ในขณะที่ Feynman เป็นนักฟิสิกส์ของสังคม เพราชอบออกสื่อ ทั้งทางโทรทัศน์และหนังสือพิมพ์ โดยการให้ข่าวความรู้และความคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์ และเหตุการณ์ที่โด่งดังมาก คือ การออกมาชี้แจงว่า กระสวยอวกาศ Challenger ที่ระเบิดกลางอากาศเมื่อปี 1986 นั้นเกิดจากสาเหตุใด ในขณะที่ Schwinger กลับไม่ชอบออกสังคมเลย และไม่มีเพื่อนสนิท เพราะได้อุทิศชีวิตให้ฟิสิกส์เท่านั้น ด้วยการทำวิจัยและสอน ทำให้มีศิษย์ที่จบระดับ Ph.D ถึง 73 คน และมีศิษย์ที่ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์กับเคมีถึง 4 คน คือ Roy

Glauber (ปี 2005) Ben R. Mottelson (ปี 1975) Sheldon L. Glashow (ฟิสิกส์ปี 1979) และ Walther Kohn (เคมีปี 1998)

Schwinger เกิดเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ ปี 1918 ที่ New York ในสหรัฐอเมริกา บรรพบุรุษ Schwinger มีเชื้อชาติยิว บิดาเป็นนักออกแบบเสื้อสตรี และครอบครัวมีฐานะดี Schwinger เป็นคนชอบอ่านหนังสือตั้งแต่เด็ก โดยเฉพาะชอบอ่านตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ห้องสมุดสาธารณะ และบางครั้งก็ให้พี่ชายช่วยสอนฟิสิกส์ให้ จนกระทั่งอายุ 13 ปี ในช่วงเลานั้น เศรษฐกิจโลกกำลังตกต่ำ บิดาต้องออกจากงาน แต่ครอบครัวก็ไม่ได้เดือดร้อนมาก เพราะบิดาได้งานใหม่ในบริษัทของเพื่อน Schwinger จึงได้ไปเรียนที่โรงเรียน Townsend Harris High School จากนั้นก็ไปเรียนต่อที่ City College of New York (CCNY)

ความสามารถทางฟิสิกส์ของ Schwinger เริ่มฉายแสงตั้งแต่อายุ 17 ปี เพราะสามารถเข้าใจเนื้อหาในตำรากลศาสตร์ควอนตัมที่ P.M. Dirac เขียนได้อย่างทะลุปรุโปร่ง และสามารถตีพิมพ์งานวิจัยชิ้นแรก เรื่อง "On the Interaction of Several Electrons" ที่มีความยาว 6 หน้า ลงในวารสาร Physical Review ได้ โดยงานชิ้นนี้ได้พิจารณาอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนว่า มิได้เกิดจากแรงคูลอมบ์โดยตรง แต่เกิดจากการมีสนามไฟฟ้าโดยรอบอิเล็กตรอน แล้วสนามไฟฟ้านั้นจึงมีอันตรกิริยากับอิเล็กตรอนที่เข้ามาอยู่ใกล้ ๆ อีกตัวหนึ่ง มุมมองในลักษณะนี้ทำให้สนามกับอนุภาคมีความสำคัญพอ ๆ กัน



ในโมเลกุลไฮโดรเจน ทิศของ spin ขนานกัน ในโมเลกุล orthohydrogen และชี้ทิศของ spin สวนกัน ในโมเลกุล parahydrogen ภาพจาก วิกิพีเดีย

อีกสองปีต่อมา Schwinger ได้ศึกษาธรรมชาติของการกระเจิงนิวตรอน โดยโมเลกุลไฮโดรเจน ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม โดยที่ spin ของโปรตอนในอะตอมทั้งสอง ชี้ทิศเดียวกันและสวนทางกัน ความแตกต่างในทิศของ spin นี้ ทำให้โมเลกุลไฮโดรเจนมีชื่อเฉพาะว่า orthohydrogen กับ parahydrogen ตามลำดับ ผลงานนี้ได้รับการพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร Physical Review ตั้งแต่ในสมัยที่ Schwinger ยังไม่ได้เรียนในมหาวิทยาลัย

ในช่วงเวลาศึกษาที่ CCNY Schwinger ไม่ชอบเรียนในห้องบรรยาย เพราะรู้สึกว่าตนรู้ทุกสิ่งทุกอย่างที่ครูสอนแล้ว และชอบมาโรงเรียนเฉพาะเวลาจะสอบ ดังนั้นนาน ๆ ครูจึงจะเห็นหน้าครั้งหนึ่ง และเห็นเฉพาะในชั่วโมงที่เรียนฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ ดังนั้นเวลาสอบกลศาสตร์ ทั้ง ๆ ที่ทำคะแนนได้ดีมาก แต่ครูก็ให้คะแนน B เพราะ Schwinger ขาดเรียนบ่อย

ในที่สุด Schwinger ก็สอบไม่ผ่าน เพราะสอบวิชาอื่นตกหมด จึงต้องลาออกไปเรียนต่อที่สถานบันอื่น พอดีในเวลานั้น ครูฟิสิกส์ของ Schwinger ชื่อ Lloyd Motz ได้แนะนำ Schwinger ให้รู้จักกับ Isidore Rabi (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1944 จากผลงานการประยุกต์เทคโนโลยี NMR (nuclear magnetic resonance) ซึ่ง Rabi กำลังสับสนและงุนงงกับปฏิทรรศน์ (paradox) EPR ที่ Albert Einstein, Boris Podolsky และ Nathan Rosen นำเสนอ ซึ่งปฏิทรรศน์แสดงให้เห็นว่า ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมของ Schrödinger เป็นทฤษฎีที่ยังไม่สมบูรณ์แบบ และเมื่อ Motz บอก Rabi ว่า Schwinger เป็นเด็กที่เข้าใจกลศาสตร์ควอนตัมในระดับดีเยี่ยม Rabi จึงขอให้ Schwinger อธิบาย paradox EPR ซึ่ง Schwinger ก็ได้อธิบายให้ Rabi เข้าใจอย่างแจ่มแจ้ง โดยใช้ทฤษฎี Completeness ความฉะฉานและรอบรู้ฟิสิกส์ของ Schwinger ทำให้ Rabi ประทับใจมาก จึงเอ่ยปากชวน Schwinger ให้ไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Columbia โดยสัญญาว่าจะให้ทุนเรียนต่อด้วย อิทธิพลและบารมีของ Rabi ได้ช่วยให้ชีวิตของ Schwinger เดินหน้าต่อไปได้ ทั้ง ๆ ที่คะแนนสอบตอนจบการศึกษาในภาพรวมไม่ดีเลย

เมื่อได้เข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย Columbia บรรดาอาจารย์ที่สอนที่นั่นต่างก็รู้สึกทึ่งในความสามารถของ Schwinger มาก เพราะเขาสามารถแก้โจทย์ฟิสิกส์ได้อย่างคล่องแคล่ว เร็ว และถูกต้อง จนทุกคนตระหนักได้ว่า Schwinger เป็นเด็กอัจฉริยะ ที่ชอบอ่านหนังสือตามลำพัง และสามารถเข้าใจอะไร ๆ ได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยครูอาจารย์ แม้แต่ Hans Bethe (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967 จากการเสนอทฤษฎีปฏิกิริยา fusion ที่ให้พลังงานในดาวฤกษ์) ก็ชื่นชม

ก่อนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี Schwinger สามารถตีพิมพ์งานวิจัยได้ 7 เรื่อง และได้ไปเรียนต่อระดับปริญญาเอก โดยมี Rabi เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องทฤษฎีของปรากฏการณ์ Nuclear Magnetic Resonance และได้พบ

องค์ความรู้ที่สำคัญมาก คือ การพบว่า นิวเคลียส deuteron มีโมเมนต์ไฟฟ้าขั้วสี่ (electric quadrupole moment) การพบองค์ความรู้นี้ ทำให้คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์มีความเห็นเป็นเอกฉันท์ว่า สมควรจะได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิต ทั้ง ๆ ที่ในเวลานั้น Schwinger มีอายุยังไม่ถึง 21 ปี จึงต้องคอยรับปริญญาเอก เพราะตามเกณฑ์นิสิตต้องเรียนหลักสูตรปริญญาเอกอย่างน้อย 2 ปี จึงจะสำเร็จการศึกษาได้

ตามปกติงานวิจัยของ Schwinger จะมีทั้งที่เป็นการวิจัยทางทฤษฎีที่เสริมด้วยและการทดลอง ดังนั้นจุดเด่นของงาน คือ ทฤษฎีของ Schwinger สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ด้วยการทดลอง

เพื่อเสริมประสบการณ์วิจัยให้ศิษย์โปรด Rabi ได้จัดหาทุนนักวิจัยหลังปริญญาเอกให้ Schwinger เดินทางไปที่มหาวิทยาลัย Wisconsin โดยให้ไปช่วย Eugene Wigner (โนเบลฟิสิกส์ปี 1963) และ Gregory Breit แต่นักฟิสิกส์ทั้งสองมีสไตล์และเวลาทำงานไม่เหมือน Schwinger เลย เพราะ Schwinger ชอบทำงานวิจัยในเวลาดึกโดยไม่นอนทั้งคืน แล้วนอนหลับพักผ่อนในเวลากลางวัน ชีวิตวิถีเช่นนี้ จึงแตกต่างจากคนทั่วไปมาก และเหตุผลที่ Schwinger ชอบใช้อ้าง คือ โปรดปรานความเงียบ ไม่ชอบให้มีเสียงรบกวน และไม่ชอบการถกเถียงกับใคร ๆ นิสัยนี้ทำให้ Schwinger เป็นคนที่เงียบขรึมยิ่งกว่า Paul Dirac เสียอีก

ต่อจากนั้น Rabi ได้จัดหาทุนวิจัยของ National Research Council ให้ Schwinger ไปทำงานวิจัยร่วมกับ Robert Oppenheimer ที่มหาวิทยาลัย California ณ วิทยาเขต Berkeley (ในเวลาต่อมา Oppenheimer ได้เป็นผู้อำนวยการโครงการ Manhattan ที่สร้างระเบิดปรมาณูของสหรัฐฯ) ขณะอยู่ที่นี่ Schwinger มีนักฟิสิกส์เป็น

เพื่อนร่วมงานที่มีชื่อเสียงระดับโลกหลายคน เช่น Victor Weisskopf และ Edward Teller (ผู้สร้างระเบิดไฮโดรเจนของสหรัฐฯ)

ในตำแหน่งนักวิจัยผู้ช่วยของ Oppenheimer Schwinger ต้องให้สัมมนาปีละหลายครั้ง นี่เป็นประเด็นที่ผู้ให้สัมมนาในมหาวิทยาลัยทุกคนรู้สึกขยาด เพราะ Oppenheimer จะซัก ถาม แย้ง หรือเสนอความคิดเห็นบ่อย และ Schwinger ก็ถูก Oppenheimer ไล่ล่าซักถามเช่นกัน แต่ก็สามารถตอบคำถาได้หมดมและกำจัดข้อสงสัยของ Oppenheimer ได้ในทุกประเด็น อย่างไม่สะทกสะท้านใด ๆ ในที่สุด Oppenheimer ก็ปล่อยให้ Schwinger บรรยายต่อจนจบโดยไม่ถามอะไรอีกเลย

Oppenheimer ไม่ชอบนิสัยทำงานในยามดึกดื่นของ Schwinger เพราะไม่ได้เห็นหน้ากันเลยในช่วงเวลากลางวัน จึงเคยคิดจะให้ Schwinger ย้ายไปทำงานที่อื่น แต่ในที่สุดก็ได้ยอมรับพฤติกรรมที่ไม่มีใครเหมือนนี้ คนทั้งสองมีงานวิจัยร่วมกัน 2 ชิ้น

ความสามารถในการคำนวณได้อย่างรวดเร็วของ Schwinger ที่เป็นเรื่องเล่าระดับตำนานมีหลายเรื่อง เช่น Oppenheimer ให้นิสิตปริญญาเอก 2 คน ชื่อ Chaim Richman กับ Bernard Peters คำนวณภาคตัดขวางของอะตอม deuteron (ซึ่งมีนิวเคลียสที่ประกอบด้วยอนุภาคโปรตอนกับนิวตรอนอย่างละหนึ่งอนุภาค) เวลาถูกยิงด้วยอิเล็กตรอน เมื่อ Schwinger ได้รับโจทย์วิจัยดังกล่าว เขาใช้เวลาคำนวณเพียง 6 ชั่วโมงเท่านั้นเอง ก็รู้คำตอบ ในขณะที่ Richman กับ Peters ต้องใช้เวลานานถึง 6 เดือน และยังคำนวณผิดอีก เพราะเมื่อคนทั้งสองนำผลคำนวณมาให้ Oppenheimer ดู Oppenheimer ได้ถามความเห็นจาก Schwinger ซึ่งก็ตอบว่าน้อยกว่าค่าจริง 2 เท่า Oppenheimer จึงให้ศิษย์ทั้งสองไปค้นหาเลข 2 ดังกล่าว จนพบ แล้วผลงานนั้นก็ได้รับการตีพิมพ์ในเวลาต่อมา

การพบว่า นิวเคลียสของ deuteron มีโมเมนต์ไฟฟ้าขั้วสี่ แสดงให้เห็นว่า อันตรกิริยาระหว่างโปรตอนกับนิวตรอนในนิวเคลียส นอกจากจะขึ้นกับระยะห่างระหว่างอนุภาคทั้งสองชนิดแล้ว ยังขึ้นกับความเร็วของอนุภาคทั้งสองด้วย (นี่เป็นอันตรกิริยาแบบ tensor) และ Schwinger ก็ได้ใช้องค์ความรู้นี้คำนวณทุกสมบัติของ deuteron ใหม่ เช่น พลังงานยึดเหนี่ยวภาคตัดขวางในการสลายตัวของนิวเคลียสเวลาถูกยิงด้วยอนุภาคแสง (photon) นอกจากนี้ก็ได้ขยายขอบเขตไปศึกษานิวเคลียสของ ium หรือ H-3 (hydrogen 3) (ซึ่งมีนิวเคลียสที่ประกอบด้วย neutron 2 อนุภาค กับโปรตอน 1 อนุภาค) รวมถึง helium 3 และ helium 4 ด้วย

งานที่ Schwinger ทำในช่วงนี้ เกี่ยวข้องกับเรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์ โดยเฉพาะจะศึกษาระบบที่ประกอบด้วยอนุภาคที่มี spin 3/2 นี่เป็นงานบุกเบิกด้าน supergravity ชิ้นแรก ๆ ของโลก รวมถึงได้ศึกษาการสลายตัวของนิวเคลียส fluorine กัมมันตรังสีด้วย โดย Schwinger ได้แสดงให้เห็นว่าจะเกิดปรากฏการณ์ vacuum polarization ที่สุญญากาศสามารถสร้างอนุภาคกับปฏิอนุภาค (electron กับ positron) ได้ แล้วอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคทั้งสอง ทำให้สุญญากาศมี polarization

หลังจากที่ได้ทำงานที่ UC Berkeley ได้นาน 2 ปี Oppenheimer กับ Rabi ก็คิดว่าเป็นเรื่องสมควรแก่เวลาที่ Schwinger จะมีตำแหน่งอย่างถาวรในมหาวิทยาลัยแล้ว พอดีเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นเวลาที่นักวิทยาศาสตร์ทุกคนจะต้องช่วยชาติ ทั้ง Feynman Wigner และ Bethe ต่างก็ได้สมัครไปทำงานในโครงการ Manhattan แต่ Schwinger ซึ่งเป็นคนที่ชอบทำงานอย่างอิสระ (โดยไม่มีใครครอบงำ) ได้ตัดสินใจไปทำงานวิจัยเกี่ยวกับเรดาร์ที่ Radiation Laboratory ณ Massachusetts Institute of Technology (MIT) นี่เป็นเรื่องที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทุกคนประหลาดใจ เพราะ Schwinger เป็นคนเก่งทฤษฎี nuclear physics จึงน่าจะไปทำงานวิจัยสร้างระเบิด

ปรมาณู แต่กลับไปทำงานวิจัยเรื่องคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นงานวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรู้เรื่อง impedance และ admittance สาเหตุที่ทำให้ Schwinger ตัดสินใจเช่นนี้คงเป็นเพราะการสร้างระเบิดปรมาณูที่ Los Alamos เป็นโครงการสร้างอาวุธมหาประลัยเพื่อทำลายล้างชีวิตประชาชน แต่การพัฒนาระบบเรดาร์เป็นการทำสงครามแบบป้องกันชีวิต ซึ่ง Schwinger มีความเห็นว่า เป็นวิธีการที่ดีกว่า เพราะสามารถคุ้มครองประเทศอังกฤษให้รอดพ้นจากการถูกกองทัพอากาศนาซีเยอรมันทิ้งระเบิดโจมตี ส่วนเหตุผลข้อที่สอง คือ วิศวกรในเวลานั้นยังไม่สามารถพัฒนาอุปกรณ์ waveguide ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงต้องพึ่งพาเทคนิคทางคณิตศาสตร์เรื่อง Green's function และ Variational principle ของ Schwinger ในการนำสมการ Maxwell มาประยุกต์ใช้ได้ และเหตุผลประการสุดท้าย คือ Schwinger รู้ดีว่า การชอบทำงานในยามดึกของเขา จะรบกวนเพื่อนร่วมงานอย่างแน่นอน แต่ถ้าเขาทำงานที่ MIT ซึ่งมีจำนวนคนน้อยกว่า เขาจะสามารถทำงานได้ราบรื่นกว่า

ในช่วงเวลาที่อยู่ที่ MIT Schwinger ได้สร้างอุปกรณ์ microtron ซึ่งเป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่เร่งอิเล็กตรอนผ่านเข้าไปในห้อง microwave ทำให้ต้องคำนวณหาเงื่อนไขที่ทำให้วงโคจรของอิเล็กตรอนมีเสถียรภาพ เพราะการเร่งอิเล็กตรอนจะทำให้มันแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเป็นรังสี synchrotron จึงสูญเสียพลังงานไปตลอดเวลา

หลังจากที่สงครามโลกครั้งที่ 2 ยุติในปี 1945 บรรดามหาวิทยาลัยในสหรัฐฯ เช่น Harvard, Columbia, MIT และ California ต่างได้เสนอตำแหน่งอาจารย์ให้ Schwinger และ Schwinger ก็ได้ตอบรับเป็นรองศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัย Harvard อีก 2 ปีต่อมา Schwinger ได้เลื่อนตำแหน่งเป็นศาสตราจารย์ในวัยเพียง 29 ปี จึงนับว่าเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มีอายุน้อยที่สุดในเวลานั้น

ขณะอยู่ที่ Harvard Schwinger ได้สอนวิชา electrodynamics, nuclear physics และ quantum mechanics และสอนได้อย่างคล่องแคล่ว โดยไม่แสดงอาการตะกุกตะกักใด ๆ เพราะสามารถอธิบายทุกเรื่องได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องเหลือบดูบันทึกการสอน อีกทั้งสามารถเขียนกระดานดำได้ทั้งมือซ้ายและขวา ขณะบรรยายทุกครั้งจะมีนิสิต และอาจารย์เข้าฟังเต็มห้อง ทั้ง ๆ ที่เป็นเวลาเช้า และ Schwinger ก็ยังไม่ได้นอน แต่ก็มาสอนตรงเวลา Schwinger เชื่อว่า แม้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติจะดูยุ่งยากและซับซ้อน แต่กฎฟิสิกส์ที่ใช้อธิบายเหตุการณ์นั้นมักมีรูปแบบง่าย ๆ

ในเดือนมิถุนายน ปี 1947 ได้มีการประชุมประจำปีของสมาคมฟิสิกส์อเมริกัน ที่เกาะ Shelter โดยมีนักฟิสิกส์ระดับสุดยอดของโลก เช่น Feynman, Bethe เข้าประชุมด้วย เมื่อทุกคนรู้ข่าวการทดส่องของ Willis Lamb และ Robert Retherford ซึ่งได้พบว่า พลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนขณะอยู่ในสถานะ $2S_{1/2}$ มีค่าแตกต่างจากพลังงานในสถานะ $2P_{1/2}$ ซึ่งถ้าเป็นไปตามทฤษฎีของ Dirac แล้ว อิเล็กตรอนในสถานะทั้งสองควรมีพลังงานเท่ากัน แต่เมื่อพบว่ามีค่าไม่เท่ากัน (Lamb shift) Rabi จึงเสนอแนะว่า คงเป็นเพราะ magnetic moment ของอิเล็กตรอนมีค่าแตกต่างจากค่าที่ทฤษฎีของ Dirac ได้ทำนายไว้ Bethe จึงแสดงให้ทุกคนเห็นว่า ถ้าใช้การคำนวณแบบง่าย ๆ สถานะ $2S_{1/2}$ กับ $2P_{1/2}$ จะให้ค่าพลังงานที่แตกต่าง แต่ค่าที่ Bethe คำนวณได้ ไม่สอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง

จนอีก 4 เดือนต่อมา Schwinger จึงใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษของ Einstein ทฤษฎีควอนตัมใน 4 มิติอย่างเต็มรูปแบบคำนวณหาค่าของประจุและมวลอิเล็กตรอนใหม่ (renormalization of charge and mass) และได้ค่า Lamb shift ที่สอดคล้องกับการวัดอย่างถูกต้อง

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

การคำนวณค่าคงตัวโครงสร้างละเอียด (fine structure constant)

ภาพจาก วิกิพีเดีย

เทคนิคที่ Schwinger ใช้ในการคำนวณเป็นแบบ relativistically covariant และ gauge-invariant อันเป็นพื้นฐานสำคัญของเทคนิคที่ใช้ในทฤษฎี quantum electrodynamics ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วน gyromagnetic ratio (g) ของอิเล็กตรอนจะมีค่ามากกว่า 2 คือ g = 2+ α/π เมื่อ α คือ ค่าคงตัวโครงสร้างละเอียด (fine structure constant) ซึ่งมีค่า = 1/137 และ π คือ ค่าคงตัว 3.1415926... นี่เป็นผลงานบุกเบิกที่ทำให้ Schwinger ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1965

ด้าน Feynman ก็สามารถคำนวณค่า Lamb shift ได้ แต่ใช้เทคนิค path integration ที่ต้องใช้แผนภาพ (diagram) มากมาย แต่ในที่สุดคนทั้งสองได้ผลลัพธ์สุดท้ายเดียวกัน การทำงานของคนทั้งสอง จึงเปรียบเสมือนการขึ้นยอดเขาลูกเดียวกัน แต่ใช้คนละเส้นทาง และถึงยอดเขาในเวลาไล่เลี่ยกัน เพราะผลงานของ Feynman ได้ปรากฏในวารสารหลังของ Schwinger นักฟิสิกส์ชอบเทคนิคการคำนวณของ Feynman มากกว่า เพราะได้เห็นภาพของเหตุการณ์ ส่วนวิธีของ Schwinger มีแต่สูตรคณิตศาสตร์

เมื่อผลงานเรื่อง “Theory of Quantized Fields และ Gauge Invariance and Vacuum Polarization” ของ Schwinger ปรากฏในบรรณโลกเมื่อปี 1950 หนังสือพิมพ์ The New York Times ได้พาดข่าวหน้าหนึ่งว่า อาจารย์หนุ่ม Schwinger

คือ ทายาทของ Einstein ผู้กำลังทำให้วงการฟิสิกส์ของโลกตื่นเต้น ในขณะที่ Schwinger กำลังเผยแพร่ทฤษฎี noncovariant QED ของเขา Oppenheimer ได้บอก Schwinger ว่าที่ญี่ปุ่น S. Tomonaga ก็สามารถอธิบายปรากฏการณ์ Lamb shift ได้เช่นกัน โดยใช้เทคนิค Interaction Representation

เมื่อถึงวันที่ 21 ตุลาคม ปี 1965 หลังจากได้เป็นที่คาดหวังของนักฟิสิกส์มาเป็นเวลานาน Feynman, Schwinger และ Tomonaga ก็ได้รับการประกาศให้เป็นผู้พิชิตรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1965 ร่วมกัน นอกจากรางวัลโนเบลแล้ว Schwinger ยังได้รับรางวัล Einstein Award ร่วมกับนักคณิตศาสตร์ชื่อ Kurt Godel ประจำปี 1951 ด้วย และได้รับ National Medal of Science ในปี 1964 ด้วย

เมื่อมีอายุมากขึ้น Schwinger ได้เริ่มรู้สึกอึดอัดกับความพยายามของนักฟิสิกส์ที่จะเข้าใจความหมายของกลศาสตร์ควอนตัมในประเด็นเกี่ยวกับความจริง (reality) และสติ (consciousness) ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล (causality) และการวัด (measurement) Schwinger จึงหันไปสนใจเรื่อง Source Theory ที่เขาคิดว่าดีกว่ากลศาสตร์ควอนตัม ทำให้เป็นคนมีความคิดเห็นแตกต่างจากนักฟิสิกส์ทั่วไป งานวิจัยหลายเรื่องของ Schwinger ได้ถูกปฏิเสธไม่ให้ลงพิมพ์ เหตุการณ์นี้ทำให้ Schwinger รู้สึกน้อยใจมาก จึงขอลาออกจากสมาชิกภาพของสมาคม American Physical Society แล้วย้ายไปทำงานที่ University of California วิทยาเขต Los Angeles

Schwinger เสียชีวิตเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม ปี 1994 สิริอายุ 76 ปี โดยได้ทิ้งผลงานให้โลกฟิสิกส์รู้จักมากมาย เช่น ทฤษฎี QED (Quantum Electrodynamics) Schwinger function, Schwinger model, Lippmann- Schwinger equation และ Schwinger’s quantum action principle เป็นต้น

ศพของ Schwinger ถูกนำไปฝังที่สุสาน Mount Auburn ใน Los Angeles

แผ่นป้ายจารึกค่า $\alpha/2\pi$ บนหลุมฝังศพของ Julian Schwinger

ภาพจาก วิกิพีเดีย

บนหลุมฝังศพมีอักษร $\alpha/2\pi$ จารึกอยู่เหนือชื่อ ซึ่งแสดงค่า magnetic moment electron ว่ามีค่าเกิน 2 ตามที่ Schwinger ได้คำนวณเป็นคนแรก โดย α คือค่าคงตัว fine structure = $1/137.35963 = 0.0072973525693$ และ g คือ magnetic moment ของอิเล็กตรอน ซึ่งมีค่ากับ $2 + (\alpha/\pi) - 3.28478966 (\alpha/\pi)^2 + 1.765 (\alpha/\pi)^3 - 0.8 (\alpha/\pi)^4 + ...$

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Climbing the Mountain : The Scientific Biography Of Julian Schwinger โดย Jagdish Mehra และ Kimball A. Melton จัดพิมพ์โดย Oxford University Press ปี 2000

2. Schwinger, J. (1982). "Quantum Electrodynamics-An Individual View". Le Journal de Physique Colloques. 43 (C-8): 409. Bibcode:1982JPhys..43C.409S. doi:10.1051/jphyscol:1982826

George Smoot (จอร์จ สมูท)
John Mather (จอห์น เมเทอร์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2006 ผู้ศึกษาฟอสซิลแสงอายุ 13,000 ล้านปี

George Smoot ฉายา Indiana Jones (ซ้าย) กับ John Mather (ขวา)

ภาพจาก https://news.berkeley.edu

Indiana Jones คือ ศาสตราจารย์โบราณคดีในภาพยนตร์ฮอลลีวูด ที่มี Steven Spielberg เป็นผู้กำกับ Jones มีความคลั่งไคล้ในการผจญภัยและการเรียนรู้โบราณคดีไปพร้อมกัน เนื้อเรื่องทำนองนี้ ทำให้ภาพยนตร์ เรื่อง “Ark of the Covenant” และ “Raiders of the Lost Ark” เมื่อนำออกฉาย ทำรายได้ถล่มทะลาย เพราะผู้ชมมีความรู้สึก “อิน” กับความมุ่งมั่นของ Jones ที่ได้พยายามค้นหาหีบ (ark) ทองคำ ที่บรรจุพันธสัญญา (covenant) เพื่อยึดครองหีบให้ได้ ก่อนที่ทหารนาซีจะยึดไป

Indiana Jones ในฉากแรกของภาพยนตร์เรื่อง “Raiders of the Lost Ark”

ภาพจาก CBS Photo Archive / Getty Images

เพราะในหีบใบนั้นมีพันธสัญญาที่พระเจ้าทรงประทานแก่มนุษย์หลายชิ้น เช่น พันธสัญญากับ Noah ที่พระเจ้าทรงให้คำมั่นว่า จะไม่ให้น้ำท่วมโลกอีก พันธสัญญากับ Moses ที่ว่า จะทรงประทานบัญญัติ 10 ประการให้ชาวคริสเตียนได้ยึดมั่นในการดำรงชีวิต และพันธสัญญากับ Abraham ว่า จะทรงปกป้องบรรพชนรุ่นหลังทุกคนให้ปลอดภัย เป็นต้น

แต่หีบดังกล่าวได้อันตรธานไปอย่างไร้ร่องรอยใด ๆ เมื่อกองทัพนักรบชาว Babylonian บุกเข้ายึดครองนคร Jerusalem ได้เมื่อ 600-586 ปีก่อนคริสตกาล

หีบพันธสัญญา (Ark of the Covenant) ภาพจาก toynewsi.com

ดังนั้นการได้พบหีบอีก จึงมีความสำคัญต่อความศรัทธาของชาวคริสเตียนทุกคน เพราะมันจะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงให้เห็นว่า พระเจ้าได้ทรงประทานคำมั่นสัญญาแก่มนุษย์จริง ดังนั้นชาวคริสเตียนทุกคนจึงควรเคารพศรัทธาและเชื่อมั่นในพระองค์

วงการฟิสิกส์ก็มีความเชื่อมั่นในองค์ความรู้เรื่องเหตุการณ์การถือกำเนิดของเอกภพเช่นกัน และนักฟิสิกส์ก็ได้พยายามค้นหาหลักฐานมายืนยันว่า เหตุการณ์ Big Bang ได้บังเกิดขึ้นจริง ตั้งแต่เมื่อ 13,800 ล้านปีก่อน โดยมีหลักฐานประกอบมากมาย พร้อมรายละเอียดที่สามารถแสดงวิวัฒนาการของเหตุการณ์นั้นตั้งแต่เสี้ยววินาทีแรก จนถึงปัจจุบัน เพื่อจะช่วยให้สามารถทำนายความเป็นไปของเอกภพที่จะเกิดในอนาคตด้วย

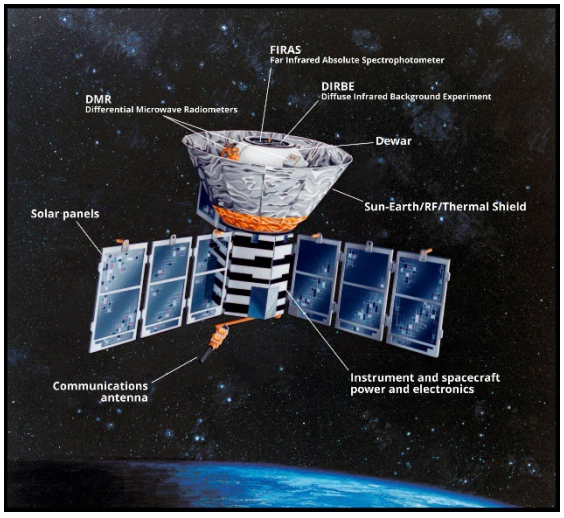
John Mather (ซ้าย) กับ George F. Smoot (ขวา) ซึ่งกำลังลงนามบนเก้าอี้
ในพิพิธภัณฑ์รางวัลโนเบล ณ กรุง Stockholm เมื่อปี 2006
ภาพจาก The Nobel Museum 2006 Photo: Fredrik Persson

บุคคลหนึ่งที่มีบทบาทในการค้นหาหลักฐาน จนได้รับฉายาว่าเป็น Indiana Jones ของฟิสิกส์เขา คือ George F. Smoot (1945-2025) ซึ่งได้เสียชีวิตไปเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม ศกนี้ ในวัย 80 ปี ด้วยโรคหัวใจ โดยได้ทิ้งผลงานสำคัญมากมายที่ทำร่วมกับ John Mather (1946-ปัจจุบัน) ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 2006 ร่วมกัน และผลงานนี้ได้เป็นพื้นฐานในการสร้างทฤษฎีการถือกำเนิดของเอกภพจนทุกวันนี้

เวลาพูดถึง “เอกภพ” เราทุกคนจะรู้ว่าเอกภพถือกำเนิดจากเหตุการณ์ Big Bang แต่แทบไม่มีความรู้อย่างละเอียดทุกขั้นตอนว่า อะไรทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น และก่อนจะเกิด Big Bang สถานภาพของเอกภพเป็นอย่างไร หลัง Big Bang มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ในอนาคตเอกภพจะมีจุดจบอย่างไร หลุมดำเกิดขึ้นก่อนหรือหลัง galaxy สสารมืดและพลังงานมืดถือกำเนิดเมื่อใด ขณะเอกภพมีขนาด 10^(-35) เมตร (Planck length) และมีอุณหภูมิ 10^32 องศาสัมบูรณ์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อันตรกิริยาทั้ง 4 รูปแบบในธรรมชาติปรากฏเป็นอันตรกิริยาหนึ่งเดียวนั้น ทฤษฎี Quantum Gravity หรือทฤษฎี Loop Quantum Gravity หรือทฤษฎี Quantum String เป็นทฤษฎีที่ถูกต้อง เอกภพจะมีการ

ขยายตัว-หดตัว-ขยายตัว สลับกันไปเรื่อย ๆ หรือไม่ พหุภพ (multiverse) เป็นเรื่องจริง หรือ fake ฯลฯ

ความหลากหลายและความยากง่ายของคำถาม ทำให้เกิดความหลากหลายของทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบาย และหนทางเดียวที่เราจะตัดสินใจได้ว่า ทฤษฎีใดถูกต้อง นั่นคือการศึกษาและวิเคราะห์คำทำนายของทฤษฎีเหล่านั้น ด้วยการวินิจฉัยผลการทดลองและปรากฏการณ์จริง

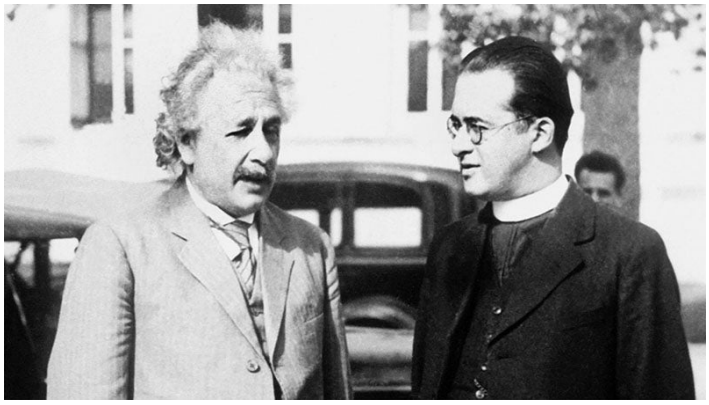


ภาพวาดแสดงดาวเทียม COBE ในอวกาศ ซึ่งบนดาวเทียมมีอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น DMR ที่ใช้ศึกษา CMB

ภาพจาก NASA’s Goddard Space Flight Center

และนั่นก็คือสิ่งที่ Smoot และ Mather ทำ โดยคนทั้งสองได้ใช้ดาวเทียม COBE (Cosmic Background Explorer) ศึกษารังสีไมโครเวฟภูมิหลัง (Cosmic Microwave Background; CMB) ซึ่งเป็นรังสีที่หลงเหลือจากเหตุการณ์ Big Bang เมื่อ 13,800 ล้านปีก่อน และได้พบความแปรปรวนของอุณหภูมิ (temperature anisotropy) ซึ่งแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิในสเปกตรัมของรังสีอย่างละเอียดถึง 0.00003 องศาเคลวิน และได้พบว่าอุณหภูมิปัจจุบันของเอกภพในภาพรวมมีค่า 2.725 องศาสมบูรณ์

ข้อมูลที่ Smoot กับ Mather วัดได้ จึงยืนยันว่า ทฤษฎีแบบจำลอง Big Bang ถูกต้อง และเหตุการณ์ได้เกิดขึ้นจริง เมื่อ 13,800 ล้านปีก่อน เพราะรังสี CMB เป็นรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำ (blackbody) และที่สำคัญยิ่งกว่านั้น คือ ข้อมูลของคนทั้งสองยังแสดงให้เห็นอีกว่า รังสี CMB มิได้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ คือ เท่ากันทุกหนแห่ง แต่มีความแตกต่างกันบ้างที่ระดับ 0.00003 องศาสัมบูรณ์ ซึ่งความแตกต่างนี้ (anisotropy) ได้ทำให้ความหนาแน่นของรังสีในบางบริเวณมีค่ามาก และบางบริเวณมีค่าน้อยบ้าง จนทำให้บริเวณที่มีความหนาแน่นมากปรากฏเป็นเมล็ด (seed) ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดของ galaxy และดาวฤกษ์ต่าง ๆ ในเวลาต่อมา



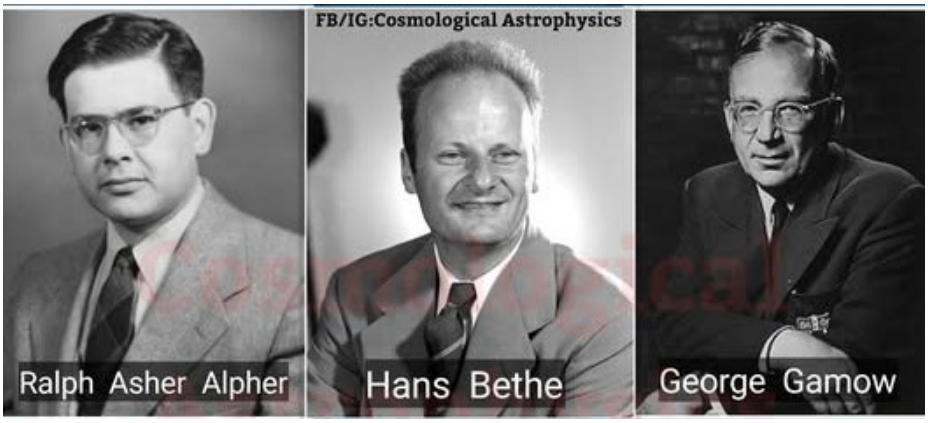
Einstein (ซ้าย) กับ Lemaitre (เลอแม็ทร์) (ขวา) ที่ Caltech ในปี 1933

ภาพจาก image.pbs.org

เพื่อปูทางสู่ความเข้าใจในวิวัฒนาการของทฤษฎีเอกภพที่ใช้กันในปัจจุบัน จะขอย้อนกลับไปเมื่อ 100 ปีก่อน คือ ในปี 1927 Georges Henri Lemaitre (1894-1966) ซึ่งเป็นนักบวชชาวเบลเยียมที่สนใจการวิจัยดาราศาสตร์มาก ได้ใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein แสดงให้เห็นว่า เอกภพถือกำเนิดจากการระเบิดของอะตอมปฐมกาล (atome primitif) แล้วเอกภพก็ขยายตัว ซึ่งการพบเช่นนี้ได้ขัดแย้งกับความคิดของ Einstein ณ เวลานั้นว่า เอกภพต้องอยู่ในสถานสมดุล คือ นิ่ง ไม่ขยายตัว และไม่หดตัวใด ๆ ผลคำนวณนี้ได้ทำให้ Einstein ถึงกับอุทานว่า Lemaitre มีความรู้ทางคณิตศาสตร์

ดีมาก แต่แทบไม่มีตรรกะทางฟิสิกส์เลย ผลงานของ Lemaitre จึงไม่มีนักดาราศาสตร์คนใดสนใจ นอกจากจะถูก Einstein เมินอย่างด้อยค่าแล้ว ผลงานของ Lemaitre ก็ยังตีพิมพ์เป็นภาษาฝรั่งเศสด้วย ดังนั้นจึงไม่มีคนอ่านกันมาก ความคิดของบาทหลวงจึงเป็นความคิดที่ถูกโลกลืม

จนกระทั่งปี 1929 เมื่อ Edwin Hubble (1889-1953) ได้พบว่า เอกภพกำลังขยายตัวตลอดเวลา การพบของ Hubble จึงยืนยันว่า การขยายตัวของเอกภพเป็นเรื่องจริง ดังนั้นในปี 2018 สมาพันธ์ดาราศาสตร์สากล (International Astronomical Union; IAU) จึงตั้งชื่อกฎของ Hubble ใหม่ว่า กฎของ Hubble-Lemaitre



สามนักฟิสิกส์ Alpher, Bethe และ Gamow ผู้เสนอทฤษฎี Big Bang เป็นครั้งแรกในปี 1948

ภาพจาก Cosmological Astrophysics

ในปี 1948 นักฟิสิกส์ George Gamow (1904-1968) กับศิษย์ชื่อ Ralph Asher Alpher (1921–2007) และ Hans Bethe (1906-200 5) ได้เสนองานวิจัยเรื่อง “The Origin of Chemical Elements” เพื่ออธิบายที่มาของธาตุ hydrogen, helium ที่มีในเอกภพ ภายในเสี้ยววินาทีแรกของ Big Bang ทฤษฎีของคนทั้งสามที่มีชื่อเป็นอักษรกรีก α, β และ γ ตามชื่อ Alpher, Bethe และ Gamow (ทั้ง ๆ ที่ Bethe มิได้มีบทบาทใด ๆ ในงานวิจัย แต่ก็มีการใส่ชื่อให้ เพื่อให้ดูดี และ Alpher เป็นคนให้ความคิดเริ่มต้น) ทฤษฎีนี้ได้ถูก Fred Hoyle (1915–2001) ตั้งชื่อว่าทฤษฎี Big Bang เพื่อให้ดูขบขัน แต่

ทฤษฎีนี้ในเวลาต่อมาก็ได้ล้มล้างทฤษฎี Steady State ของ Hoyle กับคณะ ซึ่งเชื่อว่าเอกภพไม่มีการถือกำเนิด คือ มีอยู่แล้ว และจะมีต่อไปอย่างชั่วนิจนิรันดร์ แต่จะขยายตัวตลอดเวลา และมีการสร้าง hydrogen เพิ่มอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ความหนาแน่นของสสารในเอกภพมีค่าคงที่

แต่ทฤษฎี Steady State ของ Hoyle กับคณะก็ถูกล้มล้าง เมื่อ Arno Allan Penzias (1933–2024) กับ Robert Woodrow Wilson (1936-ปัจจุบัน) ได้พบในปี 1965 ว่า เอกภพมีรังสีไมโครเวฟภูมิหลังอยู่ทั่วไป และรังสีนี้เป็นรังสีที่หลงเหลือจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ (Big Bang Theory)

การค้นพบ CMB จึงสนับสนุนทฤษฎี Big Bang ว่าถูกต้อง อย่างมีนัยยะสำคัญ แต่ทฤษฎีนี้ ก็ยังไม่สามารถอธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์อีกมากมายที่ปรากฏในเอกภพได้ เช่น

(1) การพบว่าอุณหภูมิของรังสีมีค่า “สม่ำเสมอ” ทุกหนแห่ง ไม่ว่าสถานที่ที่วัดอุณหภูมินั้น จะอยู่ใกล้หรือไกลกันเพียงใด นี่จึงเป็นเหตุผลที่แสดงว่า space (ปริภูมิ) ได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วมาก คือ มีความเร็วยิ่งกว่าความเร็วแสง (space ขยายตัวไม่ใช่สสารเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วสูงยิ่งกว่าแสง ซึ่งเป็นเรื่องต้องห้ามในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษของ Einstein)

(2) การใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein ในการศึกษาธรรมชาติของเอกภพ ขณะมีขนาดเล็กระดับ 10^(-35) เมตรนั้น ไม่ถูกต้องและไม่สมควร เพราะในระบบที่มีขนาดเล็กมากระดับนั้น ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมจะต้องเข้ามามีบทบาท นั่นคือทฤษฎีที่เหมาะสม น่าจะเป็นทฤษฎี quantum gravity ที่นักฟิสิกส์ยังไม่มี

(3) นอกจากนี้ทฤษฎี Big Bang ก็ยังไม่มีการกล่าวถึงการมีสสารมืด (dark matter) ที่มีพบในเอกภพประมาณ 27% และพลังงานมืด (dark energy) ที่มีประมาณ 68% อีกทั้งยังไม่มีการกล่าวถึงเหตุผลว่าเหตุใดนักฟิสิกส์จึงยังไม่ได้พบ monopole (ขั้วแม่เหล็กเดี่ยว) ที่ทฤษฎี Big Bang ทำนายว่า จะมีพบมากมาย ความขัดแย้งระหว่างทฤษฎี Big Bang กับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีมากมาย เหตุการณ์นี้จึงทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าทฤษฎี Big Bang จะต้องมีการปรับปรุง

(4) ข้อบกพร่องชิ้นสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ทฤษฎี Big Bang มิได้อธิบายสาเหตุที่ทำให้เอกภพมีสสาร (matter) ในปริมาณมากกว่าปฏิสสาร (antimatter) เพราะเวลาพลังงาน (E) ของรังสีเปลี่ยนเป็นมวล (m) ตามสมการ E=mc^2 นั้น สสารจะต้องเกิดขึ้นในปริมาณมากเท่ากับปฏิสสาร แต่ในเอกภพปัจจุบันเราแทบไม่ได้พบปฏิสสารเลย

Alexei Starobinskii (ซ้าย), Andrei Linde (กลาง) และ Alan Guth (ขวา)

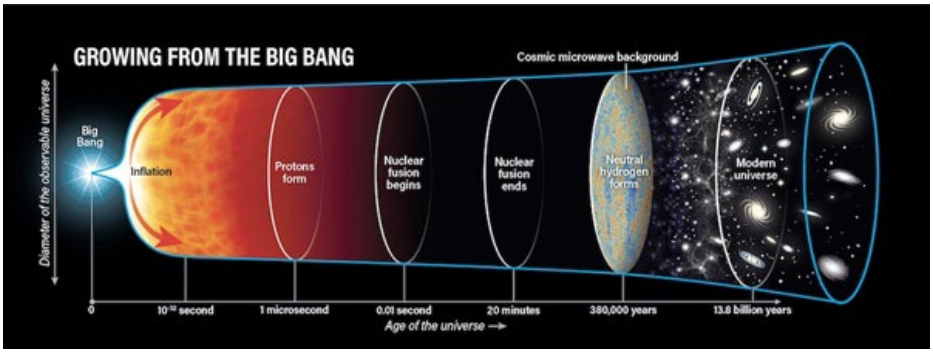
ผู้พิชิตรางวัล Kavli ประจำปี 2014 ภาพจาก Scanpix

บุคคลแรก ๆ ที่ได้ปรับปรุงทฤษฎีของเอกภพ คือ Alexei A. Starobinskii (1948-2023) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎีชาวรัสเซีย ที่ได้เสนอแบบจำลองของเอกภพในยุคต้นว่า มีการขยายตัวแบบเฟ้อ (Inflationary Model of the Early Universe) เมื่อปี 1979 โดยได้ปรับแก้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein ให้มีสมบัติเชิงควอนตัมเข้ามาเกี่ยวข้อง

เพราะเอกภพในระยะต้นนั้นมีขนาดเล็กมาก การเติมเทอม R^2 ใน gravitational action นอกเหนือจากเทอม R เป็น R+R^2 (R คือ Ricci Scalar Tensor) ด้วยเหตุผลว่า ณ เวลานั้น เอกภพมีสนาม scalar ซึ่งมีอนุภาค inflaton ที่มีบทบาทในการทำให้เอกภพขยายตัวแบบเฟ้อ

ต่อมาในปี 1981 Alan Guth (1947-ปัจจุบัน) ชาวอเมริกันและ Andrei Linde (1948-ปัจจุบัน) ชาวรัสเซีย ในปี 1982 ได้เสนอทฤษฎีการเฟ้อของเอกภพ ที่ทำให้สามารถอธิบายความแบนราบ (flatness) ของเอกภพที่เส้นขนานสองเส้นจะไม่มีวันบรรจบกัน และการไร้อนุภาค magnetic monopole ได้

คนทั้งสาม (Starobinskii, Guth และ Linde) จึงได้รับรางวัล Kavli ประจำปี 2014 ร่วมกัน



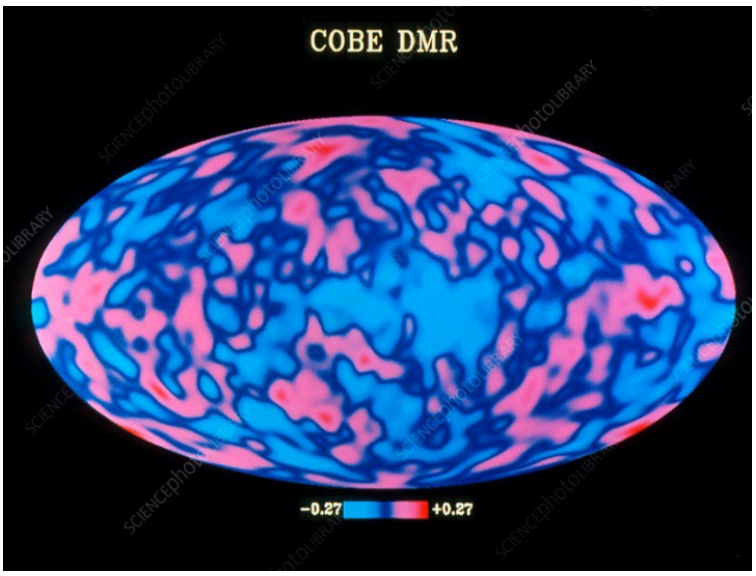
ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดหลัง Big Bang จากวินาทีที่ศูนย์ ทำให้มียุคต่าง ๆ เช่น ยุคเฟ้อ (inflation) และยุครังสีไมโครเวฟภูมิหลัง (CMB) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 380,000 ปี จนกระทั่งถึงยุคปัจจุบัน คือ ในอีก 13,800 ล้านปีต่อมา

ภาพจาก ROEN KELLY, AFTER BICEP2 COLLABORATION

วงการดาราศาสตร์ยังมีคำถามอีกหนึ่งคำถามที่นักดาราศาสตร์ต้องการคำตอบ นั่นคือ ดาวฤกษ์และกาแล็กซีต่าง ๆ ถือกำเนิดจากรังสีไมโครเวฟได้อย่างไร เพราะถ้ารังสีไมโครเวฟภูมิหลังมีความหนาแน่นอย่างสม่ำเสมอ ดาวฤกษ์และกาแล็กซีต่าง ๆ จะถือกำเนิดไม่ได้ และจะถือกำเนิดได้ ถ้าบริเวณหนึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่นมาก

ดังนั้น การพบความแปรปรวนของอุณหภูมิในรังสีไมโครเวฟภูมิหลัง จะเป็นการพบที่สามารถตอบคำถามนี้ได้

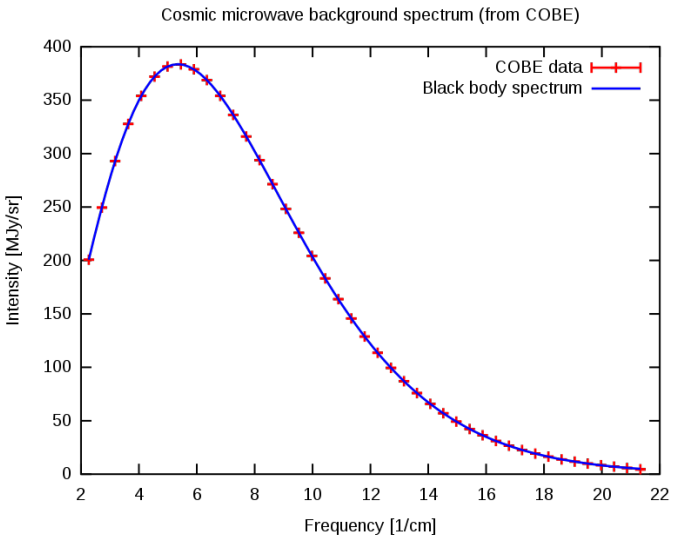
นี่จึงเป็นงานที่ Smoot กับ Mather ได้พยายามตอบ



แผนภาพแสดงอุณหภูมิของรังสีไมโครเวฟภูมิหลัง สีฟ้าเข้มแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีค่า 2.73 องศาสัมบูรณ์ สีชมพูและสีแดงแสดงอุณหภูมิที่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ในขณะที่สีฟ้าธรรมดาแสดงอุณหภูมิต่ำกว่าสีแดง 0.3 มิลลิองศาสัมบูรณ์ และสีฟ้าซีดแสดงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 0.3 มิลลิเคลวิน

ภาพจาก NASA GSFC / SCIENCE PHOTO LIBRARY

เวลานักฟิสิกส์พูดถึง anisotropy เขาหมายถึง ความไม่เหมือนกัน หรือความไม่เท่าเทียมกันในทุกทิศทาง ดังนั้นการมี anisotropy เชิงอุณหภูมิ จึงหมายถึงอุณหภูมิของรังสี ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในเอกภพ จะมีค่าไม่เท่ากัน แม้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยจะเท่ากับ 2.725 องศาสัมบูรณ์ก็ตาม แต่ความแปรปรวนของอุณหภูมิในทฤษฎีของ Guth ก็ได้ทำนายว่า จะมีค่าประมาณ 1 ใน 100,000



กราฟแสดงความสอดคล้องเป็นอย่างดียิ่ง ระหว่างผลการวัดโดยดาวเทียม COBE ซึ่งแสดงเป็นจุดสีแดง กับผลการคำนวณทางทฤษฎี เป็นเส้นโค้งที่แสดงการแผ่รังสีของวัตถุดำ (black body) ซึ่งแสดงเป็นเส้นสีน้ำเงิน ภาพจาก http://physics.stackexchange.com/

ในปี 1989-1993 NASA ได้ส่งดาวเทียม COBE ขึ้นอวกาศ เพื่อศึกษาเรื่องนี้ และในเวลาต่อมาก็ได้ส่งดาวเทียม WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) กับดาวเทียม Planck เพื่อสำรวจความไม่เท่าเทียมของอุณหภูมิด้วย

สาเหตุหลักของความไม่เท่าเทียมของอุณหภูมิเกิดจากความแปรปรวนควอนตัมที่เกิดขึ้น เมื่อเอกภพขยายตัวแบบเฟ้อ และการเปลี่ยนแปลงพลังงานของ photon ในสนามโน้มถ่วงของมวล (ปรากฏการณ์ Sachs-Wolfe Effect) ขณะเอกภพกำลังขยายตัว

โดยบุคคลที่ทำหน้าที่ออกแบบดาวเทียม COBE คือ Mather และบุคคลที่เป็นหัวหน้าในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ Smoot

Smoot กับดาวเทียมที่เขาและ Mather ออกแบบ เพื่อใช้ในการพิสูจน์ให้เห็นว่าทฤษฎี Big Bang เป็นเรื่องจริง

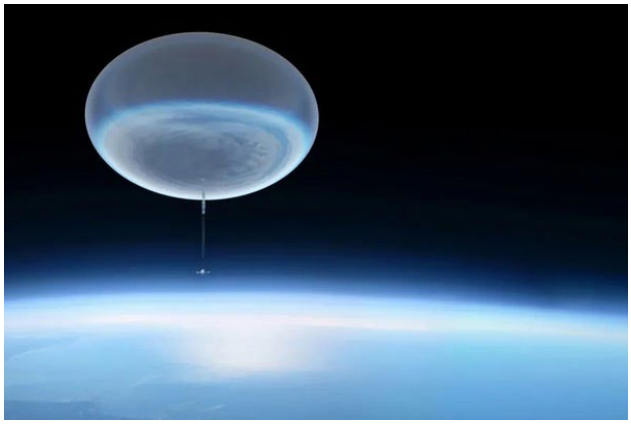
ภาพจาก physics.berkeley.edu

George F. Smoot เกิดเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ ปี 1945 ที่เมือง Yukon รัฐ Florida ของสหรัฐอเมริกา บิดาเป็นนักอุทกศาสตร์ ส่วนมารดาเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ทุ่มเทเวลาให้ Smoot สนใจวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่เด็ก ด้วยการตอบคำถามที่ลูกถามอย่างตั้งใจ เช่น Smoot เคยถามว่า เวลาเราอยู่ในรถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ เหตุใดเราจึงเห็นดวงจันทร์ตลอดเวลา ฯลฯ ในวัยเด็ก Smoot สนใจการอ่านชีวประวัติของนักวิทยาศาสตร์คนสำคัญ ๆ เช่น Galileo Galilei, Isaac Newton ฯลฯ ในเบื้องต้น Smoot ต้องการจะเป็นแพทย์ แต่เมื่อได้เรียนวิชาฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ ก็รู้สึกประทับใจในวิธีคิดและวิธีหาคำตอบของนักฟิสิกส์มาก จึงเปลี่ยนใจไปเรียนฟิสิกส์แทน ที่ Massachusetts Institute of Technology (MIT) จนจบการศึกษาระดับปริญญาตรีเมื่ออายุ 21 ปี และไปเรียนต่อระดับปริญญาเอก ณ สถาบันเดียวกัน โดยทำวิทยานิพนธ์เรื่องที่เกี่ยวกับฟิสิกส์ของอนุภาคมูลฐาน ซึ่งในเวลานั้นเป็นหัวข้อวิจัยที่นักฟิสิกส์สนใจกันมาก

เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในปี 1971 Smoot ได้เลี่ยงไปทำวิจัยทางด้านจักรวาลวิทยา ที่มหาวิทยาลัย California วิทยาเขต Berkeley ร่วมกับ Luis W. Alvarez (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1988) ผู้ได้พบว่า มีดาวเคราะห์น้อยดวงหนึ่งที่พุ่งชนโลก

เมื่อ 66 ล้านปีก่อน และการชนครั้งนั้นได้ทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ แต่ผลงานที่ทำให้ Alvarez ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ คือ การพัฒนาห้องฟอง (bubble chamber) ที่สามารถใช้ศึกษาอนุภาคมูลฐานหลายชนิดที่มีอายุขัยสั้นมากได้

การทำงานกับ Alvarez ที่ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) ได้ทำให้ Smoot หันมาสนใจปฏิสสาร ที่วงการฟิสิกส์คิดว่าจะมีพบมากในอวกาศนอกโลก เพราะทุกคนคิดว่า เมื่อเอกภพถือกำเนิดใหม่ ๆ สสารและปฏิสสาร จะมีมากในปริมาณเท่า ๆ กัน แต่บนโลกมีพบสสารในปริมาณมาก ดังนั้นนอกโลกก็ควรจะมีปฏิสสารในปริมาณมากด้วย



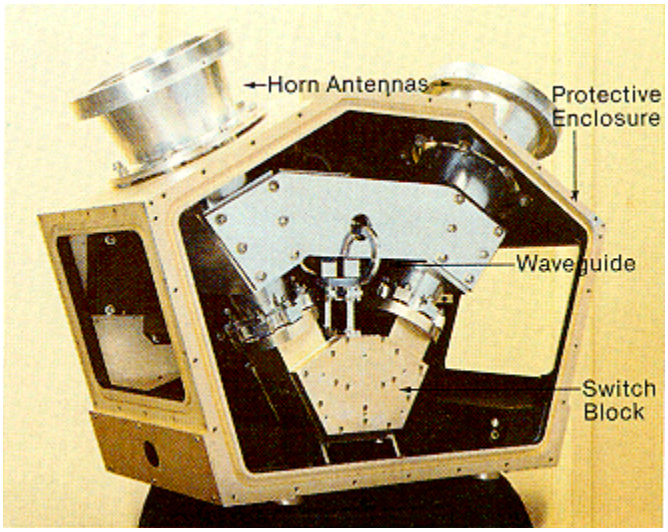
ภาพวาดแสดงโครงการ HELIX ที่ใช้บอลลูนขึ้นสำรวจหาปฏิสสารในอวกาศ

ภาพจาก NASA’s Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab/Michael Lentz

โครงการ High Altitude Particle Physics Experiment (HAPPE) ที่มี Alvarez เป็นหัวหน้า และโครงการ High-Energy Light Isotope eXperiment (HELIX) ที่มีนักวิจัยหลายคนทำงานร่วมกัน ได้ส่งบอลลูนขึ้นสู่อวกาศเบื้องสูง เพื่อศึกษาธรรมชาติของรังสีไมโครเวฟภูมิหลัง และค้นหาปฏิสสาร แต่บอลลูนกลับไม่พบปฏิสสารเลย ไม่ว่านักวิจัยจะปล่อยบอลลูนขึ้น ณ สถานที่ใดบนโลก ทั้งที่ดินแดน Palestine, Texas ในอเมริกา และ Aberdeen ในอังกฤษ

การทดลองนี้ได้ทำให้ความสนใจของ Smoot เปลี่ยนจากฟิสิกส์อนุภาคไปเป็นจักรวาลวิทยา เพราะเขารู้สึกว่า ปัญหาทางจักรวาลวิทยามีความน่าสนใจมากกว่าปัญหาทางฟิสิกส์ของอนุภาค

จะอย่างไรก็ตาม Alvarez ได้เสนอให้นักฟิสิกส์นำอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของรังสีไมโครเวฟขึ้นไปกับเครื่องบินสอดแนม U-2 แต่เครื่องวัดก็ไม่สามารถวัดอุณหภูมิของรังสีอย่างละเอียด พอจะรู้ว่ารังสีมีอุณหภูมิสม่ำเสมอเท่ากันทุกบริเวณ



อุปกรณ์ Differential Microwave Radiometry (DMR) ที่ Mather กับ Smoot ออกแบบร่วมกัน

ภาพจาก lambda.gsfc.nasa.gov

NASA จึงให้ Mather พัฒนาอุปกรณ์ Differential Microwave Radiometry (DMR) เพื่อใช้วัดความแตกต่างของอุณหภูมิในรังสีระหว่างสองบริเวณ โครงการวิจัยนี้เป็นของศูนย์ Goddard Space Flight Center ที่ทำร่วมกับ Jet Propulsion Laboratory Smoot กับ Mather จึงนำอุปกรณ์ DMR บรรจุลงในดาวเทียม COBE เพื่อจะนำไปปล่อยในอวกาศ โดยคาดจะใช้กระสวยอวกาศ (shuttle) นำอุปกรณ์ขึ้นอวกาศ

ในปี 1980 ทฤษฎีการขยายตัวแบบเฟ้อของ Alan Guth ได้พยากรณ์ใหม่ว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ สถานที่สองแห่งในอวกาศจะมีค่าประมาณ 1 ใน 100,000 องศาสมบูรณ์ ดังนั้น Smoot จึงต้องปรับความสามารถในการอ่านอุณหภูมิของเครื่องมือให้ละเอียดยิ่งขึ้นอีก

เมื่อถึงเดือนมกราคม ปี 1986 การรอคอยคำตอบของ Smoot ว่า อุปกรณ์จะใช้ได้หรือไม่ก็ต้องเลื่อนออกไปอีก เมื่อกระสวยอวกาศ Challenger ระเบิด ทำให้นักบินอวกาศ 7 คน เสียชีวิต เหตุการณ์นี้ทำให้ Smoot คิดจะนำดาวเทียม COBE ไปติดตั้งบนจรวด Adriane ของฝรั่งเศสแทน แต่ NASA ไม่อนุญาต เพราะจะเป็นการเสียศักดิ์ศรี ดาวเทียม COBE จึงต้องมีการออกแบบใหม่ เพื่อนำไปติดตั้งบนจรวด Delta แทน

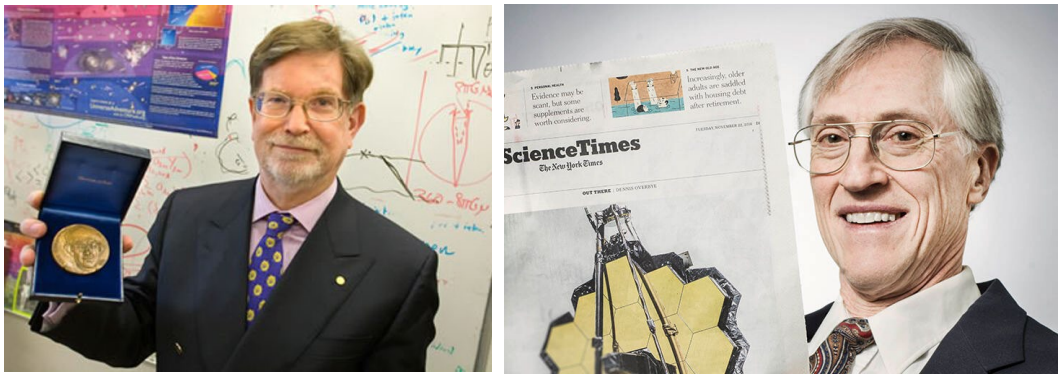
ในเดือนพฤษภาคม ปี 1989 เมื่อทุกอย่างอยู่ในสภาพพร้อม จรวด Titan ก็ได้นำดาวเทียม COBE ขึ้นอวกาศ ดาวเทียมดวงนี้เป็นผลงานที่เกิดจากน้ำพักน้ำแรงของคน 1,500 คน ที่ทำงานใน 32 บริษัท ผลงานที่ต้องใช้งบประมาณมากถึง 160 ล้านดอลลาร์ และ Smoot กับ Mather ต้องใช้เวลาคอยนานถึง 15 ปี ก็เริ่มปรากฏ

ด้วยความเร็ว 27,000 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือวินาทีละ 7.5 กิโลเมตร ดาวเทียมโคจรที่ระยะสูง 900 กิโลเมตรเหนือโลก ใช้เวลาในการโคจรครบรอบนาน 103 นาที และในวันหนึ่ง ๆ สามารถโคจรรอบโลกได้ 14 ครั้ง เพื่อรวบรวมข้อมูลรังสีภูมิหลังที่ปราศจากการรบกวนโดยรังสีไมโครเวฟจากโลกเอง และจากเมฆกับไอน้ำด้วย

ในปี 1992 Smoot ได้ตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัยเรื่องอุณหภูมิของรังสี CMB ในวารสาร Nature และอ้างถึงข้อมูลจำนวน 53 ล้านข้อมูล ซึ่งเขาได้เก็บรวบรวมมาตลอดเวลา 4 ปี จนประจักษ์ว่า เป็นข้อมูลที่มีคุณภาพถูกต้อง 100% และ Smoot ก็อ้าง

ว่า ถ้ามีใครพบข้อมูลใดผิดพลาดเพียง 1 ข้อมูล เขาก็จะให้ตั๋วเครื่องบินไป-กลับ อเมริกา-อังกฤษ 1 เที่ยว

Smoot ได้แถลงผลการค้นพบของเขาในที่ประชุมของ American Physical Society เมื่อวันที่ 29 เมษายน ปี 1992 ว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของรังสี CMB เท่ากับ 2.725 องศาสัมบูรณ์ และพบความแตกต่างของอุณหภูมิในรังสี CMB ว่ามีค่าเท่ากับ 0.00003 องศาสัมบูรณ์



George F. Smoot กับเหรียญรางวัลโนเบลฟิสิกส์ ปี 2006 (ซ้าย) กับ John Mather (ขวา)

ภาพจาก georgefsmoot.com

ในปี 2006 George F. Smoot กับ John Mather ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์

ก่อนจะเสียชีวิต Smoot ได้สำรวจธรรมชาติของ CMB ด้วยดาวเทียม Planck เพื่อค้นหาสสารมืด พลังงานมืด และ supernova ดวงใหม่ ๆ เป็นการบุกเบิกการศึกษาจักรวาลในยุคใหม่ ด้วยการใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียดสูง เพื่อใช้ในการสร้างทฤษฎีเอกภพที่สมบูรณ์แบบมากที่สุด

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. “Wrinkles in Time” โดย George F. Smoot and K. Davidson จัดพิมพ์โดย Avon Books ในปี 1994

2. Barthélémy, Pierre (September 25, 2025). "George Smoot, explorateur de la soupe cosmique primordiale et Prix Nobel de physique, est mort" [George Smoot, explorer of the primordial cosmic soup and Nobel Prize winner in physics, has died]. Le Monde (in French). Retrieved September 30, 2025.

William Thomson หรือ Lord Kelvin
(วิลเลียม ทอมสัน บารอนเคลวินที่ 1)
กับการคำนวณอายุของดวงอาทิตย์และโลก

William Thomson (Lord Kelvin) ภาพจาก mathshistory.st-andrews.ac.uk

ในช่วงเวลาที่ยังมีชีวิตอยู่ William Thomson (1824-1907) เป็นนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษที่ได้รับการยกย่องมากที่สุดคนหนึ่ง จากการสร้างผลงานสำคัญด้านทฤษฎีความร้อนและไฟฟ้า จนทำให้ได้รับฐานันดรศักดิ์เป็น Lord Kelvin ชื่อ Kelvin นั้น เป็นชื่อของแม่น้ำที่ไหลผ่านมหาวิทยาลัย Glasgow ในสก็อตแลนด์ ซึ่งเป็นสถานที่ในสังกัดของ Thomson

โลกวิทยาศาสตร์ปัจจุบันใช้ชื่อ Kelvin เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิสัมบูรณ์

William Thomson เกิดเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน ปี 1824 ที่เมือง Belfast ใน Ireland บิดาเป็นครูสอนคณิตศาสตร์ที่สถาบัน Royal Belfast Academical Institution จึงมีเวลาสอนคณิตศาสตร์ให้ลูกชายที่บ้าน

Pierre Simon de Laplace (ซ้าย) กับ Jean Baptiste Joseph Fourier (ขวา)

ภาพจาก วิกิพีเดีย

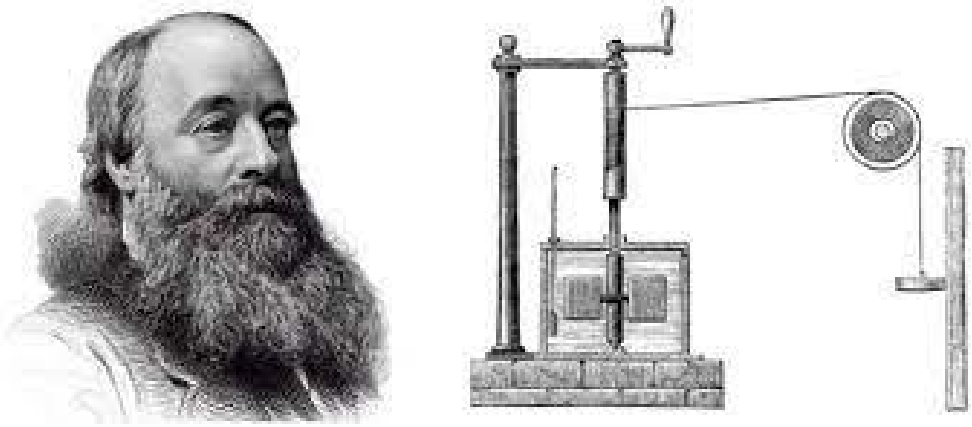
เมื่อบิดาได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์คณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัย Glasgow ลูกชาย Thomson ได้เข้าเรียนฟิสิกส์ที่นั่น ครั้นเมื่อ Thomson ได้อ่านตำรากลศาสตร์ที่ Pierre Simon de Laplace (1749–1827) แต่ง และตำราความร้อนที่ Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) เขียน Thomson รู้สึกตื่นเต้นที่รู้ว่าหลักการคณิตศาสตร์สามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางกลศาสตร์และความร้อนได้ จึงเปลี่ยนความสนใจจากฟิสิกส์ไปเป็นคณิตศาสตร์แทนเวลาไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Cambridge ในอังกฤษ

ขณะเรียนที่ Cambridge Thomson ได้รับรางวัลเรียนดี (Smith Prize) และเป็นนิสิตที่เก่งมาก จนอาจารย์ต้องระมัดระวังเวลาสอน เพราะถ้า Thomson เห็นอาจารย์สอนผิด ก็จะติงทันที ขณะเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี Thomson ได้มีงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ถึง 10 เรื่อง

เมื่อสำเร็จการศึกษา Thomson ได้เดินทางไปฝรั่งเศส เพื่อทำงานวิจัยคณิตศาสตร์ร่วมกับ Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), Augustin Louis Cauchy (1789-1857) และ Jean-Baptiste Biot (1774-1862) ซึ่งเป็นปราชญ์ผู้ยิ่งใหญ่

ขณะอยู่ที่นั่น Thomson ได้พบวิธีใช้ภาพ (method of images) ของประจุไฟฟ้าที่อยู่นอกในตัวนำ เพื่อแก้ปัญหาการคำนวณศักย์ไฟฟ้า นอกจากนี้ก็ยังสนใจทฤษฎีการนำความร้อนในของแข็งที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอด้วย

ผลงานเหล่านี้ทำให้ได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Glasgow เมื่อมีอายุเพียง 22 ปีเท่านั้นเอง และ Thomson ได้ทำงานที่นั่นจนเกษียณอายุ แม้มหาวิทยาลัย Cambridge จะได้เสนอตำแหน่งศาสตราจารย์ให้ไปทำงานที่ห้องปฏิบัติการ Cavendish ถึงสามครั้งก็ตาม แต่ Thomson ก็ได้ปฏิเสธทุกครั้งไป

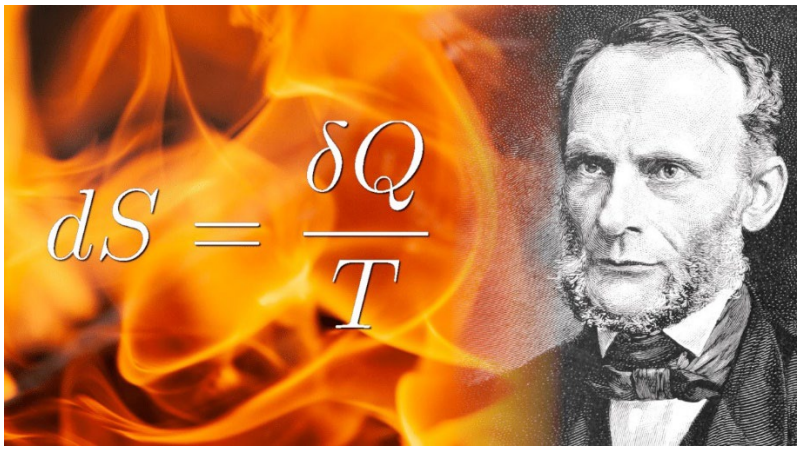


James Prescott Joule กับการทดลองที่แสดงว่า พลังงานกลศาสตร์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้

ภาพจาก yourbutlerspantry.com

เมื่ออายุ 23 ปี Thomson ได้เข้าฟังสัมมนาของ James Prescott Joule (1818–1889) ซึ่งได้เสนอความคิดว่า นอกจากพลังงานจลน์และพลังงานศักย์อันเป็นพลังงานแล้ว ธรรมชาติก็ยังมีความร้อนเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งด้วย Thomson รู้สึกยินดีมากที่ Joule ได้เปิดโลกทัศน์ของตนให้กว้างขึ้น จึงสมัครไปเป็นผู้ช่วยในห้องปฏิบัติการของ Joule และผลงานของการทำงานร่วมกันในครั้งนั้น คือ การได้พบปรากฏการณ์ Joule–Thomson (Joule–Thomson effect) ที่มีใจความสำคัญว่า อุณหภูมิของแก๊สจะลด เวลาแก๊สถูกปล่อยให้ขยายตัวในสุญญากาศ นี่จึงเป็นเทคนิคหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำให้แก๊สเป็นของเหลว

การมีผลงานที่สำคัญมากเช่นนี้ ทำให้ Thomson ในวัย 27 ปี ได้รับเลือกเป็น Fellow of the Royal Society (F.R.S.) Thomson จึงเป็นสมาชิกที่มีอายุน้อยที่สุดคนหนึ่งในประวัติของสมาคมที่ทรงเกียรตินี้



Rudolf Clausius ภาพจาก facts.net

อีกสามปีต่อมา Thomson กับ Rudolf Clausius (1822-1888) ได้ตั้งกฎข้อที่สองของวิชาความร้อนขึ้น ซึ่งกฎนี้มีใจความว่า การทำให้ความร้อนเคลื่อนที่จากระบบที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่ระบบที่มีอุณหภูมิสูง จะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าไม่มีงานเป็นตัวช่วย

หลังจากนั้น Thomson ได้เริ่มสนใจและจะรู้อายุของโลกกับดวงอาทิตย์ ซึ่งความรู้สึกนี้เป็นเรื่องที่เกิดมาตั้งแต่สมัยที่ตนยังเป็นเด็ก ซึ่งก็เหมือนกับคนทั่วไปในสมัยนั้นที่ต้องการจะรู้ว่าพระเจ้าสร้างโลกตั้งแต่เมื่อใด

Isaac Newton (1642-1727) นับเป็นบุคคลแรก ๆ ที่ได้เสนอแนวคิดสำหรับเรื่องนี้ โดยได้ใช้จินตนาการว่า เมื่อโลกถือกำเนิดใหม่ ๆ โลกอยู่ในลักษณะก้อนเหล็กเหลว และจะใช้เวลานานประมาณ 50,000 ปี ในการเย็นตัวลง จนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่าที่เห็นในปัจจุบัน โดย Newton ได้ใช้หลักการว่า โลกเย็นตัวลง โดยวิธีแผ่รังสีความร้อนออกทางผิวโลก ตามกฎการเย็นตัวของ Newton

ในการคำนวณครั้งนั้น Newton ได้ตั้งสมมติฐานว่า ปริมาณความร้อนที่โลกมีเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาตรโลก และโลกสูญเสียความร้อนทางผิว สำหรับอัตราการเย็นตัวของโลกนั้น แปรตามผลต่างระหว่างอุณหภูมิของโลกกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ซึ่งไม่ถูกต้อง เพราะที่อุณหภูมิสูงมาก กฎการเย็นตัวของ Newton ไม่เป็นจริง ดังนั้นอายุโลกที่ Newton คำนวณได้ จึงผิด

Count de Buffon (1707-1788) ซึ่งเป็นนักธรรมชาติวิทยาคนสำคัญคนหนึ่งของโลก และมีฐานะร่ำรวย คือ เป็นเจ้าของโรงงานหล่อเหล็ก ได้ให้โรงงานสร้างลูกกลมเหล็กที่มีหลายขนาด แล้วเผาให้ลูกกลมเหล็กร้อน เพื่อทดลองวัดอัตราการเย็นตัว และได้พบว่าถ้าลูกกลมเหล็กมีขนาดใหญ่เท่าโลก โลกจะมีอายุ 96,670 ปี

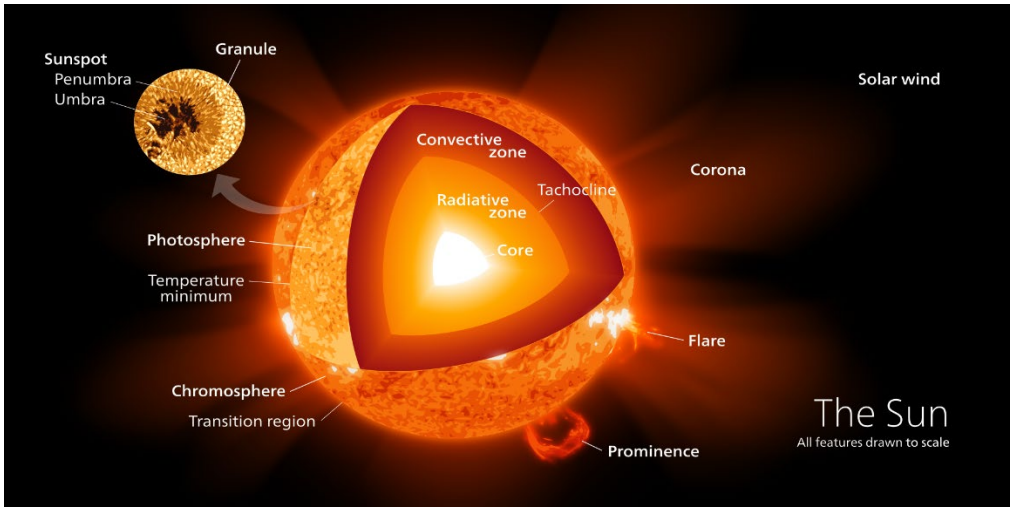
Hermann von Helmholtz ภาพจาก วิกิพีเดีย

วันเวลาได้ล่วงเลยไปจนกระทั่งถึงยุคของ Hermann von Helmholtz (1821-1894) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ซึ่งเป็นคนหนึ่งที่พบกฎทรงพลังงานกลศาสตร์ ในปี 1854 von Helmholtz ได้สันนิษฐานว่า การยุบตัวภายใต้แรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ จะทำให้ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยพลังงานศักย์โน้มถ่วงออกมาประมาณ 2.3*10^(41) จูลน์

เหตุการณ์นี้มีผลทำให้รัศมีดวงอาทิตย์หดตัว ประมาณปีละ 80 เมตร และถ้าให้สัมประสิทธิ์ความจุความร้อน (heat capacity) ของดวงอาทิตย์และน้ำมีค่าเท่ากัน ดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิ 28.6 ล้านองศาเซลเซียส และแก่นกลางของดวงอาทิตย์มีความดัน 1.3*10^(14) นิวตัน/ตารางเมตร ผลคำนวณนี้ชี้นำว่า ดวงอาทิตย์มีอายุประมาณ 20 ล้านปี

ในปี 1861 Kelvin ได้เสนอวิธีคำนวณอายุของดวงอาทิตย์ใหม่ โดยได้พิจารณาให้ดวงอาทิตย์ได้พลังงานจลน์จากการถูกถล่มด้วยพายุอุกกาบาต ซึ่งในกรณีอุกกาบาตที่มีมวล 1 กิโลกรัม และมีความเร็ว 624 กิโลเมตร/วินาที มันจะมีพลังงานจลน์ 2*10^(11) จูล จากตัวเลขเหล่านี้ Kelvin ได้คำนวณพบว่าดวงอาทิตย์มีอายุอย่างน้อย 60 ล้านปี

แนวคิดนี้ เป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้ เพราะถ้าดวงอาทิตย์ถูกพายุอุกกาบาตถล่มจริง มวลของดวงอาทิตย์ก็จะต้องเพิ่มตามเวลา ซึ่งจะมีผลทำให้คาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์นานขึ้นด้วย แต่ความจริงมีว่า ตลอดเวลาที่ผ่านมา 1 ปี เวลาในแต่ละวันแทบไม่ได้นานขึ้นเลย



โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์กับกระบวนการต่าง ๆ ในการถ่ายเทความร้อน

ภาพจาก วิกิพีเดีย

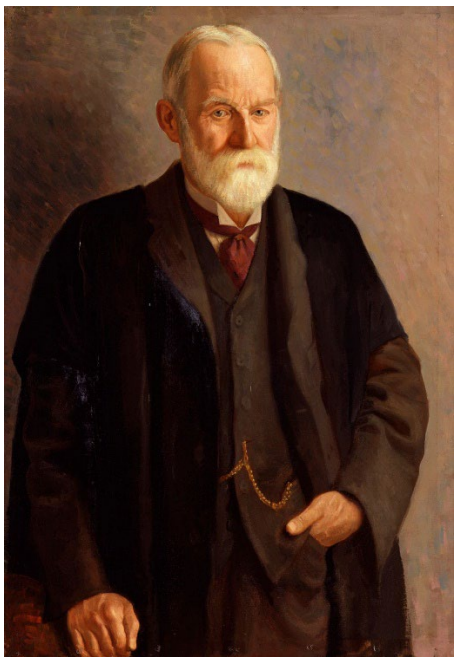
ดังนั้น Kelvin จึงหวนกลับไปเชื่อความคิดเดิมของ von Helmholtz เกี่ยวกับเรื่องอายุของดวงอาทิตย์ แล้วได้คำนวณอายุของโลก โดยได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อแสดงว่า ความร้อนใต้โลกที่เกิดจากพลังงานศักย์โน้มถ่วง และอุณหภูมิที่ผิวโลกไม่ได้เปลี่ยนแปลงมากตลอดเวลา 50,000 ปีที่ผ่านมา นอกจากนี้เนื้อดินและหินใต้โลกก็เป็นของแข็งด้วย ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นโดยกระบวนการนำความร้อน (conduction) เท่านั้น โดยไม่ได้ใช้กระบวนการพา (convection) และกระบวนการแผ่รังสี (radiation) เลย และเมื่อ Kelvin รู้ข้อมูลเพิ่มเติมอีกว่า ที่ยิ่งลึก อุณหภูมิจะยิ่งสูง คือ เมื่อระยะลึกเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร อุณหภูมิโลกก็จะเพิ่มขึ้น 36 องศาเซลเซียส

การใช้แบบจำลองนี้ทำให้ Kelvin พบว่า โลกมีอายุประมาณ 100 ล้านปี ในขณะที่ดวงอาทิตย์มีอายุ 60 ล้านปี โลกจึงมีอายุมากกว่าดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นเรื่องเหลวไหล ความแตกตื่นจึงเกิดขึ้นในวงการฟิสิกส์ และปัญหานี้ได้ทำให้เกิดวิกฤตการณ์ทางปัญญาอย่างรุนแรง

จนกระทั่งปี 1890 John Perry (1850–1920) นักคณิตศาสตร์และวิศวกรชาวไอริช ซึ่งเป็นศิษย์ของ Kelvin จึงได้เสนอว่า สสารที่อยู่ใต้โลกมีความหนาแน่นไม่

สม่ำเสมอ ดังนั้นกระบวนการถ่ายเทความร้อน โดยวิธีการพาความร้อนและการแผ่รังสีก็มีความสำคัญมากด้วย

ข้อเสนอของ Perry ได้ทำให้โลกมีอายุเพิ่มเป็น 1,000 ล้านปี



George Darwin ภาพจาก www.britannica.com

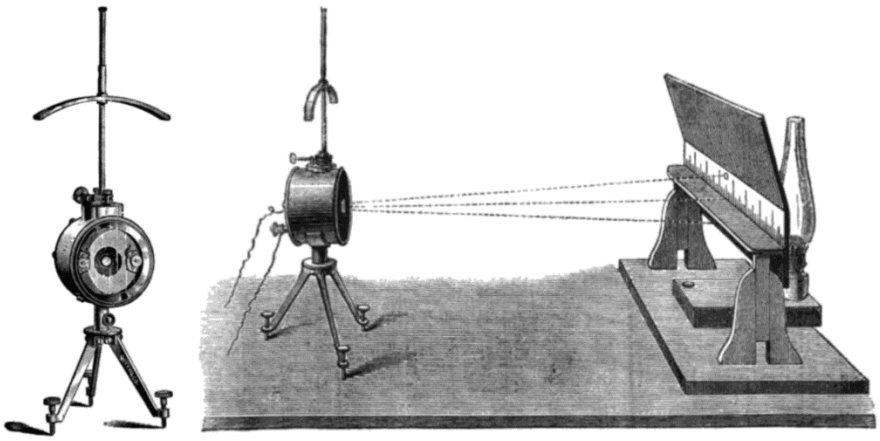
ในปี 1903 George Darwin (1845-1912) ซึ่งเป็นลูกชายของ Charles Darwin (1809-1882) ได้กล่าวถึงการค้นพบของ Antoine Henri Becquerel (1852-1908) กับ Ernest Rutherford (1871-1937) ว่า radium มวล 1 กรัม สามารถให้พลังงานได้มากถึง 10^9 แคลอรี/ชั่วโมง

ด้าน Robert John Strutt หรือ Lord Rayleigh (1875–1947) ก็ได้กล่าวถึงการค้นพบธาตุ helium ว่ามีพบบนดวงอาทิตย์

นักวิทยาศาสตร์ทุกคนจึงตั้งประเด็นสงสัยว่า helium นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร แต่ก็ไม่มีใครสามารถตอบได้ จนถึงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 Hans Bethe (1906-2005) ก็มี

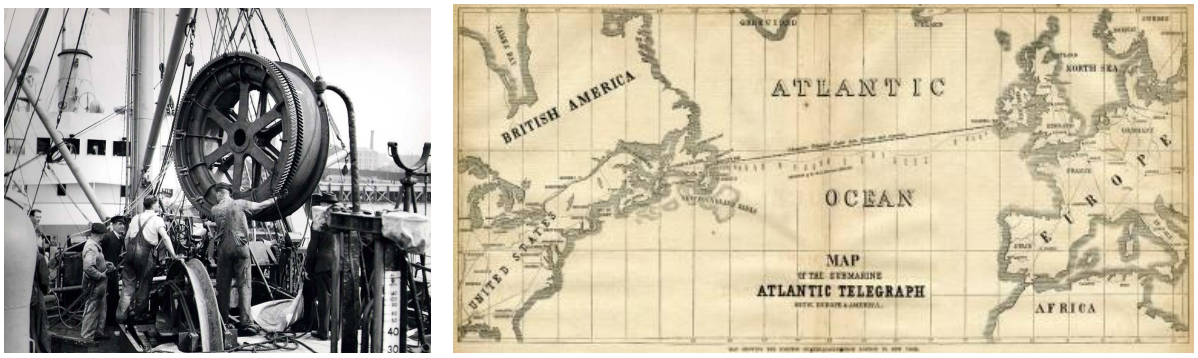
คำตอบ คือ ได้มาจากการรวมตัวของ hydrogen ในปฏิกิริยา fusion ปัญหาที่มาของพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์จึงยุติ

ณ วันนี้ เรารู้ว่าโลกมีอายุประมาณ 4,543 ล้านปี และดวงอาทิตย์มีอายุประมาณ 4,603 ล้านปี



Galvanometer ที่ Thomson ออกแบบ ภาพจาก wikimedia

ผลงานที่สำคัญของ Thomson ยังมีอีกมากมาย เช่น ได้คิดหาวิธีวัดขนาดของอะตอม ประดิษฐ์ galvanometer ที่ใช้กระจกสะท้อนแสง จัดตั้งสำนักงานให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่บริษัทเอกชนที่มีปัญหาวิทยาศาสตร์ รับผิดชอบการเป็นผู้อำนวยการโครงการวางสายโทรศัพท์ข้ามมหาสมุทร Atlantic จากอังกฤษถึงแคนาดา



การวางสายเคเบิลโทรศัพท์ข้ามมหาสมุทร Atlantic จากเกาะ Valentia ในอังกฤษ ถึงรัฐ Newfoundland ในแคนาดา เป็นระยะทางประมาณ 4,000 กิโลเมตร

ภาพจาก atlantic-cable.com และ thatsmaths.com

เพราะผลงานเหล่านี้มีคุณค่าต่อประเทศชาติมาก ดังนั้นจึงได้รับโปรดเกล้าให้ดำรงตำแหน่ง Sir เมื่อมีอายุน้อยเพียง 42 ปี

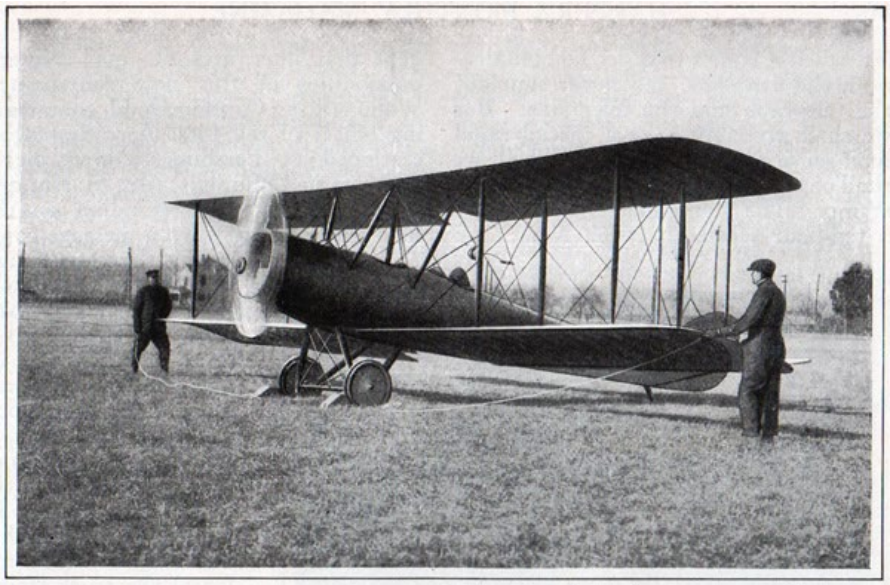
ในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 อันเป็นเวลาที่โลกฟิสิกส์กำลังจะมีการปฏิวัติครั้งมโหฬาร เช่น ในปี 1865 James Clerk Maxwell (1831-1879) ได้สังเคราะห์ทฤษฎีไฟฟ้า แม่เหล็กกับแสง ให้เป็นทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้าและแสงได้จากสมการอนุพันธ์ (differential equation) สี่สมการ และได้พบว่า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง

การอธิบายฟิสิกส์ด้วยคณิตศาสตร์ทำนองนี้ เป็นวิธีที่ Thomson ไม่สบายใจนัก เพราะรู้สึกว่าใช้คณิตศาสตร์มีความเป็นนามธรรมมากเกินไปที่จะใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เป็นรูปธรรม

ในปี 1896 Henri Becquerel (1852-1908) ได้พบปรากฏการณ์กัมมันตรังสีตามธรรมชาติ ที่เกลือ uranium สามารถเปล่งรังสี (alpha, beta และ gamma) ได้ ซึ่งธรรมชาติที่แท้จริงของรังสีเหล่านี้มีความแตกต่างจากรังสีเอกซ์ที่ Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) พบ แต่ ณ เวลานั้นไม่มีใครรู้ว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้ยูเรเนียมแผ่รังสี ด้าน Ernest Rutherford ได้เสนอแนะว่า กัมมันตรังสีเกิดจากการสลายตัวของอะตอม แต่ Thomson ไม่ยอมรับเรื่องนี้ เพราะยึดมั่นว่า อะตอมจะต้องไม่เปลี่ยน จะแบ่งแยกหรือแตกตัวไม่ได้ และก็ได้เสนอแนะว่า แหล่งกำเนิดกัมมันตรังสีมากจาก ether ที่มีแฝงอยู่ทั่วในเอกภพ

การรู้ผิดบ่อยขึ้นและการคัดค้านไม่เห็นด้วยกับความคิดของนักฟิสิกส์ที่มีอาวุโสน้อยกว่า แต่มีความคิดก้าวหน้ามากกว่า ได้ทำให้ Thomson เป็นสิงห์เฒ่าที่ใคร ๆ ก็รู้สึกเอือมระอา

เมื่ออายุ 68 ปี Thomson ได้รับโปรดเกล้าให้เป็น Baron Kelvin of Largs เขาจึงเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกของอังกฤษที่ได้ครองตำแหน่ง Lord มิใช่เพราะมีผลงานฟิสิกส์ที่โดดเด่น แต่เพราะเป็นตัวตั้งตัวตีในการชักจูงชาวสก็อตให้ต่อต้านการปกครองตนเองของชาวไอริช



THE WRIGHT-MARTIN MILITARY RECONNAISSANCE MACHINE OF 1917—150 HORSEPOWER

เทคโนโลยีการบินที่ Kelvin ไม่เชื่อว่ามนุษย์สามารถจะสร้างได้

ภาพจาก engines.egr.uh.edu

ในปี 1895 Kelvin วัย 71 ปีได้พยากรณ์ว่า มนุษย์ไม่สามารถสร้างเครื่องบินได้ แต่อีก 8 ปีต่อมา Orville Wright (1871-1948) กับ Wilbur Wright (1867–1912) ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างเครื่องบิน แม้มันจะหนักกว่าอากาศก็ตาม และได้ทดลองบินเป็นครั้งแรกที่ชายหาด Kitty Hawk ในรัฐ North Carolina สหรัฐฯ ได้นาน 12 วินาที และบินไปได้ไกล 36 เมตร

นอกจากจะได้ทำนายผิดพลาดเรื่องความสามารถในการบินของมนุษย์แล้ว Kelvin ยังเคยกล่าวโจมตีเทคโนโลยีวิทยุ ที่ Guglielmo Marconi (1874-1937) ประดิษฐ์ว่า วิทยุจะไม่มีวันมีบทบาทใด ๆ ในสังคมสารสนเทศของมนุษย์ด้วย

ในด้านชีวิตครอบครัว Kelvin เคยหลงรัก Sabina Smith และได้ขอเธอแต่งงานถึงสามครั้ง และถูกปฏิเสธทุกครั้ง เมื่อ Kelvin มีชื่อเสียง Smith ได้กล่าวว่ารู้สึกเสียใจที่มิได้ยืนเคียงข้างนักฟิสิกส์คนดังของโลก แม้จะมิได้สมรสกับ Smith แต่ Kelvin ก็ได้แต่งงานถึงสองครั้ง กระนั้นก็ไม่มีทายาทสืบสกุล

สถานที่ฝังศพของ Lord Kelvin ที่มหาวิหาร Westminster

ภาพจาก www.westminster-abbey.org

Lord Kelvin เสียชีวิตเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม ปี 1907 สิริอายุ 83 ปี ศพถูกนำไปฝังในมหาวิหาร Westminster ใกล้ ๆ ที่ฝังศพของ Isaac Newton

วิธีคิดที่สำคัญของ Kelvin มีหลายประเด็น เช่น Kelvin เชื่อว่า ถ้านักวิทยาศาสตร์วัดค่าอะไรออกมาเป็นตัวเลขไม่ได้ สิ่งที่เขาคนนั้นศึกษามิใช่วิทยาศาสตร์ และระบบใด ๆ ก็ตาม ถ้ามีแบบจำลองที่มีภาพในจินตนาการด้วย คนที่ศึกษาระบบนั้นก็จะเข้าใจงานดีขึ้น การเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจจะนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปสร้างเทคโนโลยี เพื่อทำธุรกิจด้านประดิษฐ์อุปกรณ์วิทยาศาสตร์จนรุ่งเรือง ได้ทำให้ Kelvin มีฐานะร่ำรวย และได้เป็นเซเลบของสังคม โดยข่าวทุกข่าวของ Kelvin จะได้ขึ้นหน้าหนึ่งของหนังสือพิมพ์ The New York Times เป็นประจำ และเวลา Kelvin ให้สัมภาษณ์สื่อ เขาจะให้โอกาส

สื่อสามารถถามคำถามได้ทุกเรื่อง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม ธุรกิจ หรือการเมือง ฯลฯ แล้ว Kelvin ก็จะให้ความเห็นอย่างละเอียด การสนทนาพูดจาอย่างเปิดเผยเช่นนี้ ได้ทำให้ Kelvin เป็นขวัญใจของสื่อมวลชน และเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ประชาชนรู้จักดีที่สุดคนหนึ่ง

สำหรับบทบาทด้านการเป็นครูนั้น Kelvin ได้เขียนตำราฟิสิกส์หลายสาขา และหนังสือขายดี จนกลายเป็นตำราคลาสสิกที่นักศึกษาในมหาวิทยาลัยอังกฤษในสมัยนั้นใช้เรียนกันเป็นเวลานานร่วม 20 ปี ในด้านบทบาทที่ Kelvin ออกมาต่อต้านทฤษฎีควอนตัม ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ และทฤษฎีอะตอม Joseph Larmor (1857-1942) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษที่มีชื่อเสียงจากการพบว่าเวลาอิเล็กตรอนถูกเร่งมันจะแผ่รังสี ได้ให้ความเห็นว่า สาเหตุการต่อต้านฟิสิกส์ยุคใหม่คงเกิดจากการที่ Kelvin สนใจเทคโนโลยีมากจนเกินไป และมุ่งจะหาแต่เงิน จนไม่มีเวลาจะเปิดใจรับความรู้ใหม่ ๆ และการทุ่มเทชีวิตไปทำเรื่องที่ไม่เกี่ยวกับฟิสิกส์ ได้ทำให้ความสามารถทางสมองของ Kelvin ตกกระแสที่จะเรียนรู้การเปลี่ยนแปลง ซึ่งก็เป็นเหตุการณ์ที่ได้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกับ Albert Einstein (1879-1955) แต่โลกก็ไม่ได้ปรักปรำ Einstein เพราะ Einstein ได้สร้างผลงานที่ยิ่งใหญ่ระดับเทพ เช่น สร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพทั้งพิเศษและทั่วไป แต่ Kelvin สร้างผลงานที่ยิ่งใหญ่ระดับ “ธรรมดา” Kelvin จึงถูกติติง

ดังนั้นในปี 1999 ซึ่งเป็นเวลาก่อนที่จะสิ้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 เพียงหนึ่งปี บรรดาสมาชิกของสมาคมฟิสิกส์ในอังกฤษ จึงได้ลงคะแนนเลือกนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ตลอดกาล ชื่อของ Kelvin ไม่ติดอันดับ 30 คนแรก ทั้ง ๆ ที่ในปี 1964 หน่วยวัดอุณหภูมิได้รับการกำหนดให้เป็น Kelvin และอุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ คือ ศูนย์องศาเคลวิน ซึ่งมีค่า -273.15 องศาเซลเซียส

แต่เมื่อถึงปี 2011 สถาบันมาตรวิทยานานาชาติได้กำหนดให้ 1 องศาเคลวินใหม่ คือ เป็นอุณหภูมิที่ทำให้อะตอมเปลี่ยนพลังงานจลน์ไป 1.38065*10^(-23) จูล

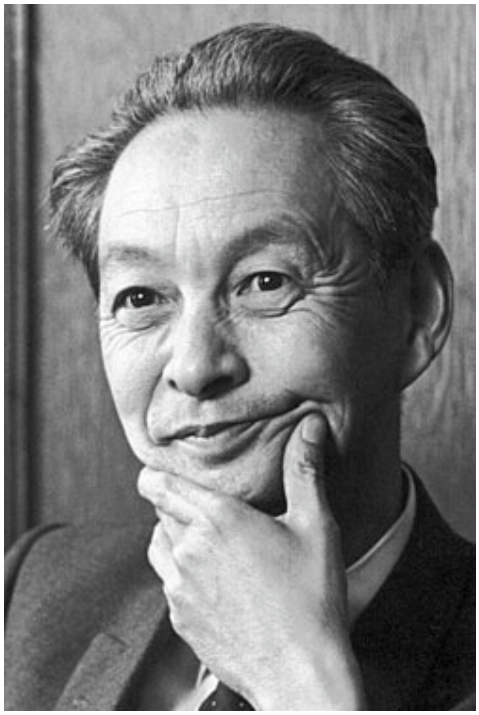
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Kelvin: Life, Labors and Legacy ซึ่งมี Raymond Flood กับคณะเป็นบรรณาธิการ และจัดพิมพ์โดย Oxford University Press เมื่อปี 2008

2. Lord Kelvin, Nineteenth Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light", reproduced in Notices of the Proceedings at the Meetings of the Members of the Royal Institution of Great Britain with Abstracts of the Discourses, Volume 16, p. 363–397

Sin-Itiro Tomonaga (ชินอิจิโร่ โทโมนากะ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1965 บิดาคนหนึ่งของวิชา Quantum Electrodynamics (QED)



Sin-itiro Tomonaga ภาพจาก วิกิพีเดีย

Sin-itiro Tomonaga เกิดเมื่อปี 1906 ที่เมืองเกียวโตในญี่ปุ่น บิดาเป็นศาสตราจารย์ด้านปรัชญาที่มหาวิทยาลัยเกียวโต และเป็นเพื่อนสนิทของนักบวชคนสำคัญในพุทธศาสนานิกาย Tendai จึงได้รับเชิญให้บิดานำครอบครัวไปพำนักในอาคารของวัด เพราะเจ้าอาวาสโปรดปรานการอ่านหนังสือจึงมีหนังสือจำนวนมากให้เด็กชาย Tomonaga อ่าน จนทำให้ Tomonaga เป็นคนรอบรู้และมีความกระหายจะเรียนรู้วิทยาการต่าง ๆ ทั้งวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมประจำชาติ

ในวัยเด็ก Tomonaga มีร่างกายรูปผอม ค่อนข้างขรึม และพูดน้อย เมื่อมีอายุมากขึ้น เคยคิดจะมีอาชีพเป็นนักวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอยากจะเป็นนักชีววิทยา

ในปี 1922 Albert Einstein (โนเบลฟิสิกส์ปี 1921) ได้เดินทางเยือนญี่ปุ่นในฐานะนักฟิสิกส์ผู้มีชื่อเสียงโด่งดังที่สุดในโลก จากผลงานเรื่องทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป สื่อมวลชนในญี่ปุ่นได้ร่วมกันเสนอข่าวการมาเยือนอย่างครึกโครม และได้รายงานความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีของ Einstein ด้วย แต่ Tomonaga คิดว่าคำอธิบายที่สื่อมวลชนนำเสนอนั้นไม่ถูกต้อง เพราะแตกต่างไปจากสิ่งที่ตนเข้าใจ จากการได้อ่านตำราที่นักฟิสิกส์ญี่ปุ่นชื่อ Jun Ishihara เรียบเรียง ความซาบซึ้งเรื่องโครงสร้างที่มี 4 มิติของเอกภพ ได้ทำให้ Tomonaga เปลี่ยนใจมาเรียนฟิสิกส์

Yoshio Nishina ภาพจาก Mainichi

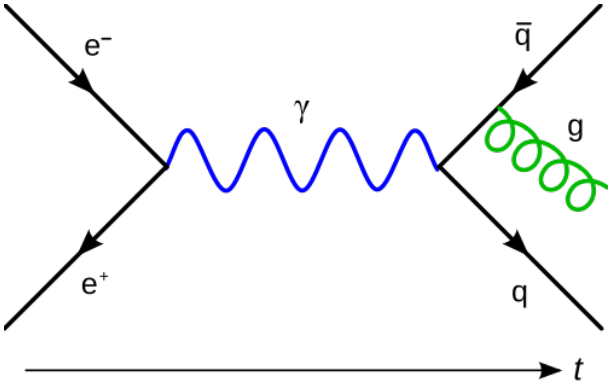
ในปี 1931 Tomonaga ได้ไปฟังปาฐกถาของ Yoshio Nishina (1890-1951) เรื่องกลศาสตร์ควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพพิเศษ ความเข้าใจในคำบรรยายครั้งนั้นได้ทำให้วิถีชีวิตของ Tomonaga เปลี่ยนอีก จากเดิมที่จะเป็นนักฟิสิกส์ที่ทำวิจัยทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ซึ่งต้องใช้เรขาคณิตแบบ non-Euclidean ในการทำงาน Tomonaga ได้เบนเข็มมาทำวิจัยเรื่องกลศาสตร์ควอนตัมเชิงสัมพัทธภาพพิเศษแทน

ในอดีตเมื่อ 10 ปีก่อนนั้น Y. Nishina ได้ไปทำงานวิจัยกลศาสตร์ควอนตัมอย่างใกล้ชิดกับ Niels Bohr (โนเบลฟิสิกส์ ปี 1922) และกับ Oskar Klein (1894–1977) ที่เมือง Copenhagen ในเดนมาร์ก เมื่อ Nishina เดินทางกลับถึงญี่ปุ่นก็ได้งานที่ศูนย์วิจัย RIKEN (National Institute of Physical and Chemical Research) เพื่อทำงานวิจัยฟิสิกส์นิวเคลียร์และรังสีคอสมิก ในเวลาตอมา Nishina ได้เชิญ Tomonaga ให้เข้าร่วมกลุ่มวิจัยด้วย เพราะรู้สึกประทับใจในคำถามต่าง ๆ ที่หลักแหลมและลึกซึ้งของ Tomonaga ทุกครั้งหลังการบรรยายของ Nishina ที่มหาวิทยาลัยเกียวโต ต่อจากนั้น Nishina ก็ได้เป็นทั้งอาจารย์และบิดาที่ปรึกษาของ Tomonaga ด้วย

บรรยากาศวิชาการที่คึกคักและน่าสนใจที่ RIKEN ทำให้ Tomonaga มีการเติบโตทางสติปัญญามาก จนได้รับเลือกเป็นหัวหน้ากลุ่มทฤษฎีของสถาบัน

ในปี 1937 Tomonaga ได้เดินทางไปเมือง Leipzig ในเยอรมนี เพื่อทำงานวิจัยร่วมกับ Werner Heisenberg (1901-1976) (โนเบลฟิสิกส์ปี 1932) เป็นเวลา 2 ปี แล้วเดินทางกลับญี่ปุ่นเพื่อรับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

ในช่วงเวลาที่เกิดสงครามโลกครั้งที่สอง Tomonaga ได้ไปทำงานที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยเรดาร์และร่วมมือสร้างอุปกรณ์ magnetron (ที่ใช้ผลิตคลื่น microwave โดยอาศัยอันตรกริยาระหว่างอิเล็กตรอนกับสนามแม่เหล็ก) เพื่อให้ทหารได้ใช้ในสงคราม ขณะสงครามโลกยังดำเนินอยู่ แต่ Tomonaga ก็ยังมีเวลาวิจัยเรื่องทฤษฎีควอนตัมของสนามที่ Paul Dirac (โนเบลฟิสิกส์ปี 1933), Vladimir Fock และ Boris Podolsky นำเสนอ โดยการนำเสนอสมการที่ไม่มีการแปลงแบบ Lorentz



แผนภาพแสดงอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนกับ positron ที่ทำให้เกิดรังสีแกมมา ซึ่งจะสลายตัวให้กับ quark กับ antiquark ในทฤษฎี QED ภาพจาก วิกิพีเดีย

เมื่อสงครามโลกครั้งที่สองยุติ โตเกียวตกอยู่ในสภาพที่ทรุดโทรมมาก เพราะถูกถล่มด้วยลูกระเบิดจากฝ่ายสัมพันธมิตร แม้สภาพของบรรยากาศแวดล้อมในภาพรวมจะดูหดหู่และวังเวง แต่ Tomonaga ก็ยังทำงานวิจัยฟิสิกส์ต่ออย่างเข้มแข็ง โดยได้พยายามกำจัดเทอมต่าง ๆ ในทฤษฎี Quantum Electrodynamics (QED) ที่คำนวณให้ค่าอนันต์ ในปรากฏการณ์ Lamb shift และในเวลาเดียวกันนั้น นักฟิสิกส์ยุโรปและอเมริกา เช่น Hendrik Kramers, Hans Bethe (โนเบลฟิสิกส์ปี 1967), Julian Schwinger (โนเบลฟิสิกส์ปี 1965), Richard Feynman (โนเบลฟิสิกส์ปี 1965) และ Freeman Dyson ก็ประสบความสำเร็จในการคำนวณเรื่องเดียวกัน

Sin-itiro Tomonaga, Julian Schwinger และ Richard Feynman (ตามลำดับ)

ภาพจาก www.science.org

การทำงานอย่างเป็นอิสระจากกัน และได้ผลลัพธ์เดียวกัน ทำให้ Sin-itiro Tomonaga, Richard Feynman และ Julian Schwinger ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1965 ร่วมกัน

ในเดือนมกราคม ปี 1951 เมื่อ Nishina ได้ถึงแก่กรรมอย่างไม่มีใครคาดฝัน Tomonaga ได้รับการแต่งตั้งให้ทำหน้าที่แทน การมีความรู้ฟิสิกส์อย่างลึกซึ้ง การมีสติปัญญาที่เฉลียวฉลาด และการทำงานอย่างตรงไปตรงมา ทำให้ Tomonaga ได้รับแต่งตั้งเป็นกรรมการกำหนดนโยบายวิทยาศาสตร์ของชาติ และในที่สุดก็ได้เลื่อนตำแหน่งขึ้นเป็นประธานสภาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของญี่ปุ่น

นับตั้งแต่ปี 1951 เป็นต้นมา Tomonaga ได้ใช้ชีวิตไปทำงานบริหารเป็นส่วนใหญ่ เช่น ได้ดำรงตำแหน่งอธิการบดีของมหาวิทยาลัย Tokyo ถึง 3 วาระ จนเกษียณในปี 1969 เมื่อมีอายุ 63 ปี

ในชีวิตส่วนตัว Tomonaga เป็นคนที่มีจิตวิญญาณด้านประเพณี และวัฒนธรรมของความเป็นญี่ปุ่นอย่างเต็มตัว และมีความรับผิดชอบสูงในการทำงานเพื่อชาติ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องฟิสิกส์ หรือเป็นผู้ปริหารระดับสูง อีกทั้งเป็นคนที่มีความผูกพันกับเพื่อน ๆ และ

ครูอนุบาลที่เคยสอนตน ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยดึก และเป็นคนชอบอ้างว่า การที่ได้ประสบความสำเร็จในชีวิต เพราะมีเพื่อนดี แม้เป็นคนที่มีสุขภาพไม่แข็งแรง แต่ก็สามารถทำงานหนักได้ตลอดเวลา เพราะชอบดื่มสาเกมาก

ในด้านชีวิตครอบครัว Tomonaga แต่งงานกับ Ryoko และรักภรรยามาก โดยมักเอ่ยถึงเธอว่าเป็น เทพธิดาผู้พิทักษ์และปกป้องชีวิตเขา

เมื่อ Tomonaga เสียชีวิต Ryoko ได้เขียนคำอำลาสามีว่า “ถ้ามีชายญี่ปุ่นสองคนที่มีทุกสิ่งทุกอย่างเหมือนคุณ ฉันก็จะไม่โศกเศร้าเลย”

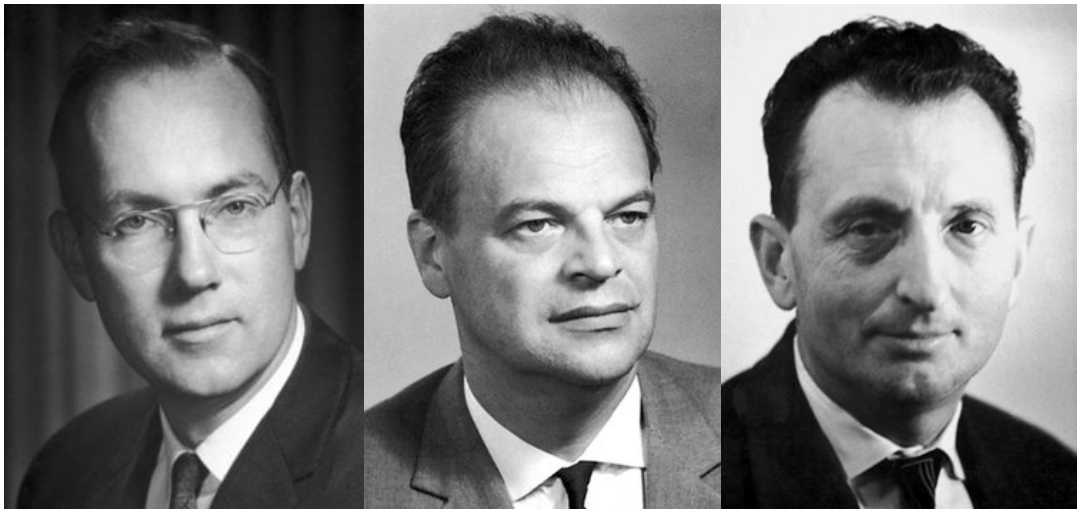
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Sin-itiro Tomonaga: Life of a Japanese Physicist โดย Makinosuke Matsui จัดพิมพ์โดย University of Tokyo Press ปี 1995

2. Hayakawa, Satio (December 1979). "Obituary: Sin-itiro Tomonaga". Physics Today. 32 (12): 66–68. Bibcode:1979PhT....32l..66H. doi:10.1063/1.2995326

Charles Townes (ชาร์ลส์ ทาว์นส)
Nicolay Basov (นิโคไล บาซอฟ)
Aleksandr Prokhorov (อเล็กซานเดอร์ โปรโครอฟ)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1964 จากการสร้างเมเซอร์ ที่ได้พัฒนาต่อไปเป็นเลเซอร์



Charles Townes, Nicolay Basov และ Aleksandr Prokhorov (ตามลำดับ)

ภาพจาก www.nobelprize.org และวิกิพีเดีย

เวลาไปซื้อของที่ร้านซูเปอร์ แม่บ้านในอดีตมักนำเครื่องคิดเลขหรือกระดาษ เพื่อจดราคาและรายละเอียดของสินค้าที่ซื้อ ดังนั้นเวลาจะจ่ายเงิน การชำระเงินที่เคาเตอร์ต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน นอกจากนี้การคำนวณราคาทั้งหมดก็อาจผิดพลาดมา ถึงยุคนี้สิ่งประดิษฐ์เลเซอร์ (laser) ของ Charles Townes ได้ทำให้สุขภาพจิตของทุกคนที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจนี้ดีขึ้นมาก จนกิจกรรมจ่ายตลาดเป็นเรื่องสะดวก สนุก และสบายใจสำหรับทุกคน เมื่อแสง laser (คำนี้มาจาก light amplification by stimulating emission of radiation) ตกกระทบ bar code (รหัสเส้น) ที่ติดอยู่บนฉลากสินค้าทุกชิ้น แสงที่สะท้อนกลับจากรหัสเส้นจะถูกส่งตรงเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่แปลง

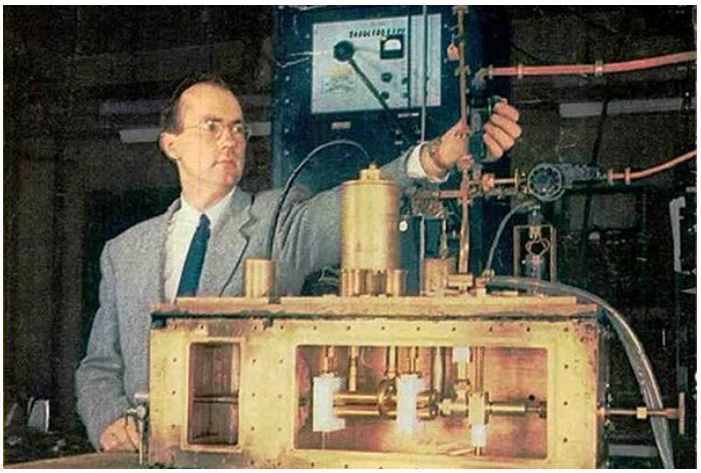
ข้อมูลออกมาเป็นราคาและชนิดของสินค้าในทันที นี่เป็นเพียงความสามารถน้อยนิดของเลเซอร์เท่านั้น

เพราะปัจจุบันผู้คนนิยมใช้เลเซอร์ในเครื่องเล่นแผ่น CD (compact disc) ในการสำรวจระยะทางไกล (remote sensing) วัดระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์ เพราะเลเซอร์เป็นแสงที่มีความเข้มสูง ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงสามารถยิงเลเซอร์จากโลกถึงดวงจันทร์ได้ เมื่อรู้เวลาที่แสงใช้ในการเดินทางไปและกลับ พร้อมกับการรู้ความเร็วแสง นักวิทยาศาสตร์ก็สามารถวัดระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์ได้อย่างผิดพลาดไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ความรู้ที่แน่นอนและละเอียดมากเช่นนี้เป็นประโยชน์ในการใช้ตรวจสอบความถูกต้องของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein

ด้านศัลยแพทย์ก็นิยมใช้เลเซอร์ในการผ่าตัด ช่างบัดกรีใช้เลเซอร์เจาะแผ่นโลหะ ทหารใช้เลเซอร์เป็นรังสีพิฆาต นักฟิสิกส์ใช้เลเซอร์ศึกษาธรรมชาติของอะตอมและวิเคราะห์หาโครงสร้างของโมเลกุล รวมถึงใช้วิจัยปฏิกิริยา fusion และใช้เร่งอนุภาคให้มีพลังงานสูงเพื่อรักษามะเร็ง ฯลฯ ณ วันนี้อุตสาหกรรมเลเซอร์ของโลกทำเงินปีละหลายล้านล้านล้านบาท เทคโนโลยีเลเซอร์จึงมีประโยชน์ต่อมนุษย์นานัปการ แม้จะเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อไม่นานคือ เมื่อ 70 ปีก่อนนี้เอง โดย Charles Hard Townes (1915- 2015)

ตามปกติโมเลกุลของสสารประกอบด้วยอะตอมจำนวนมากที่ยึดโยงกันด้วยพันธะ (bond) อันเกิดจากแรงไฟฟ้าระหว่างประจุในอะตอม เพราะทุกอะตอมเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งไปมาอยู่ตลอดเวลา ในลักษณะเดียวกับตุ้มน้ำหนักที่แขวนที่ปลายลวดสปริง ซึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้น-ลง การรู้ความถี่ของการเคลื่อนที่ช่วยให้เรารู้ธรรมชาติของแรงที่กระทำระหว่างอะตอม นอกจากจะเคลื่อนที่แบบสั่นไป-มาแล้ว โมเลกุลยังเคลื่อนที่แบบ

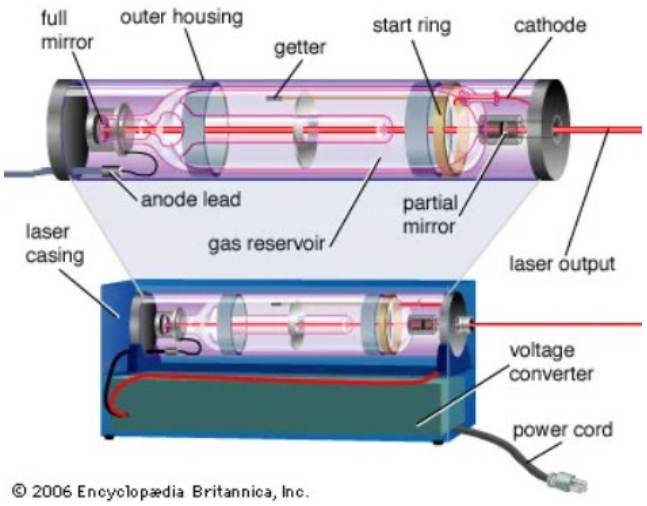
หมุนรอบตัวเองด้วย การรู้อัตราเร็วในการหมุนช่วยให้นักวิทยาศาสตร์รู้รูปทรงของโมเลกุล โดยใช้การส่งแสงไปกระทบโมเลกุลนั้น (คือ โดยการยิงโมเลกุลด้วยอนุภาคโฟตอน) ให้อะตอมในโมเลกุลดูดกลืนแสง ซึ่งทำให้อะตอมมีพลังงานสูงขึ้น จึงหมุนเร็วขึ้น แต่เมื่อปล่อยทิ้งไว้ชั่วขณะหนึ่ง อะตอมจะกลับคืนสู่สถานะเดิมในเวลา และคายพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของแสง ในกรณีที่โมเลกุลมีพลังงานในการหมุน แสงที่ถูกปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นในย่าน microwave แต่ถ้าเป็นกรณีสั่น แสงที่ถูกปล่อยออกมาจะเป็นแสง infrared ดังนั้นแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากอะตอมจึงมีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันเป็นจำนวนมาก ซึ่งเรียกรวม ๆ ว่า สเปกตรัม นี่เป็นที่มาของคำ spectroscopy ซึ่งเป็นวิชาที่ศึกษา spectrum ของแสงที่ออกมาจากอะตอมและโมเลกุล ซึ่งช่วยให้นักวิทยาศาสตร์รู้โครงสร้างของโมเลกุล



Townes กับอุปกรณ์ maser เครื่องแรกที่เขาสร้าง

ภาพจาก ieeephotonics.org

Townes ได้สนใจจะศึกษาโมเลกุลที่ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่นในย่าน microwave และสิ่งที่ได้จากการศึกษาเรื่องนี้ทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า maser (microwave amplification by stimulating emission of radiation) แล้วในเวลาต่อมา Townes ก็ได้พัฒนา maser ไปจนเป็น laser



หลักการทำงานของ laser ภาพจาก Encyclopædia Britannica, Inc.

Charles H. Townes เกิดเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม ปี 1915 ที่เมือง Greenville รัฐ South Carolina ในประเทศสหรัฐอเมริกา บิดาเป็นอัยการ มารดาเป็นแม่บ้าน Townes สนใจธรรมชาติมาตั้งแต่เด็ก วันหนึ่งเมื่อได้เห็นปลาสีสวยสปีชีส์หนึ่งที่ตนไม่รู้จัก จึงนำมาดองใน formaldehyde แล้วส่งไปให้ผู้เชี่ยวชาญเรื่องปลาที่สถาบัน Smithsonian Institution ดู แม้เจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑ์บอกว่าไม่สามารถระบุสปีชีส์ของปลาได้ แต่ก็ขอร้องให้ Townes ส่งปลาที่จับได้มาให้ดูอีกในโอกาสต่อไป Townes รู้สึกยินดีมากที่มีคนสนใจสิ่งที่เขาส่งไปให้วิเคราะห์

Townes เข้าเรียนระดับประถมและมัธยมศึกษาที่เมือง Greenville และเรียนได้ดีมาก แต่รู้สึกเบื่อ เพราะสิ่งที่ครูสอนไม่ได้ท้าทายให้คิดเลย เพราะต้องการจะมีความรู้ใหม่ ๆ ที่ยังไม่มีใครเคยรู้มาก่อน เมื่ออายุ 16 ปี จึงไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Furman ที่อยู่ไม่ไกลบ้านนัก นิสิตมหาวิทยาลัยนี้เป็นชายล้วน ในช่วงเวลาที่เรียนชั้นปีที่ 1 Townes ยังไม่ต้องตัดสินใจว่า จะเรียนวิชาใดเป็นวิชาเอก จึงใช้เวลาทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ว่ายน้ำ ดนตรี ทำหน้าที่ภัณฑารักษ์ของพิพิธภัณฑ์ในมหาวิทยาลัย และเรียน

ภาษาต่างประเทศ แต่รู้ลึก ๆ ว่า ตนชอบคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มากที่สุด โดยเฉพาะชีววิทยา แต่ในเวลาเดียวกันก็รู้สึกสนุกในการเรียนภาษาต่าง ๆ ด้วย

จนกระทั่งขึ้นปีสอง จึงได้เรียนฟิสิกส์เป็นครั้งแรกในชีวิต Townes ได้ตกหลุมรักฟิสิกส์ในทันที เพราะรู้สึกว่าเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับชีวิต และมีคณิตศาสตร์ให้คำนวณด้วย จึงทำให้สามารถล่วงรู้อย่างมั่นใจว่า ในอนาคตมีอะไรบ้างเกิดขึ้นในระบบที่กำลังศึกษา

ตามปกติคนทั่วไปมักคิดว่า ฟิสิกส์เป็นวิชาที่เป็นนามธรรม จึงต้องใช้จินตนาการในการศึกษามาก ดังนั้นจึงไม่ได้เป็นความรู้ที่แท้จริง ที่มหาวิทยาลัย Furman จึงมีนิสิตที่เรียนวิชานี้เพียง 2 คน คือ Townes กับเพื่อน เพราะมีคนเรียนน้อย ดังนั้นครูจึงสอนโดยวิธีมอบโจทย์ให้นิสิตหาคำตอบเอง การสอนแนวนี้ทำให้ Townes ต้องเรียนหนังสือด้วยตนเองบ่อย แต่ก็เรียนสำเร็จภายในเวลา 3 ปี เหตุการณ์นี้ทำให้ครอบครัวคิดว่า Townes ในวัย 19 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรีเร็วเกินไป Townes จึงต้องถ่วงเวลาที่จะเรียนจบ โดยหันไปเรียนภาษาฝรั่งเศส เยอรมัน ละติน และกรีก เพิ่มเติม แล้วขอจบการศึกษาเมื่ออายุ 20 ปี ทำให้ได้รับปริญญาตรีฟิสิกส์และภาษาต่างประเทศ

จากนั้นได้ไปเรียนต่อระดับปริญญาโทที่มหาวิทยาลัย Duke และเรียนจบหลักสูตรภายในเวลาเพียงไม่ถึงปีด้วยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การสร้างเครื่องเร่งอนุภาคแบบ Van de Graff แต่ทางมหาวิทยาลัยมีความเห็นว่า Townes สำเร็จการศึกษาเร็วเกินไปอีก จึงไม่อนุมัติปริญญา เหตุการณ์นี้ทำให้ Townes ตัดสินใจลาออกในปี 1936 โดยประกาศไม่ขอรับปริญญาโท แล้วไปเรียนต่อระดับปริญญาเอกที่ California Institute of Technology ครั้นเมื่อมหาวิทยาลัย Duke รู้ข่าวว่า CalTech รับ Townes เข้าเรียน จึงอนุมัติปริญญาโทให้ Townes ในปี 1937

ณ เวลานั้นสถาบัน CalTech เปรียบเสมือนตักศิลาของนักฟิสิกส์ทุกคน เพราะมีนักวิทยาศาสตร์ระดับรางวัลโนเบลที่มีชื่อเสียงเป็นอาจารย์หลายคน เช่น Linus Pauling (รางวัลโนเบลเคมีปี 1954) และ R. A. Millikan (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1923) Townes ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาสมบัติทางกายภาพของนิวเคลียสด้วยเทคนิค spectroscopy และจบการศึกษาระดับปริญญาเอกเมื่อมีอายุเพียง 24 ปี

แม้ Townes ต้องการจะเป็นอาจารย์ที่ทำงานวิจัยหาฟิสิกส์บริสุทธิ์ แต่ปี 1939 เป็นเวลาที่ใกล้จะเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยแทบไม่มีอัตราว่างในตำแหน่งอาจารย์ให้ Townes จึงต้องไปทำงานที่ห้องปฏิบัติการ Bell Telephone Laboratories ที่ New York โดยมีหน้าที่พัฒนาระบบเรดาร์ให้นักบินใช้กับเครื่องบินเวลาบินไปทิ้งระเบิด

ในต้นทศวรรษที่ 1920 นักฟิสิกส์ได้เริ่มใช้ทฤษฎีควอนตัมอธิบายอันตรกริยาระหว่างอนุภาคมูลฐานและกับแสง และพบว่าพลังงานของอนุภาคมูลฐานสามารถมีค่าได้เฉพาะบางค่า (คือมิใช่จะมีค่าอะไรก็ได้) ความรู้นี้จึงแตกต่างจากความรู้ฟิสิกส์แบบเดิม โดยเราอาจเปรียบเทียบโดยใช้บันไดเป็นตัวอย่าง คือ ขั้นบันไดจะมีขั้น 1, 2, 3... สำหรับให้อนุภาคอยู่ได้ และอนุภาคไม่สามารถอยู่ที่ชั้น 1.43, 2.53 หรือ 3.01 ได้ ในสถานการณ์ปกติอนุภาคจะอยู่ในสถานะที่มีค่าพลังงานน้อยที่สุด (ซึ่งเรียกสถานะพื้นฐาน) ครั้นเมื่ออนุภาคได้รับพลังงาน มันก็จะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งรียกว่าถูกกระตุ้น ถ้าพลังงานที่ได้รับมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างพลังงานสุดท้ายกับพลังงานเริ่มต้น อนุภาคก็จะถูกกระตุ้น แต่ถ้าพลังงานที่ได้รับมีค่าน้อยเกินไป อนุภาคก็จะไม่ถูกกระตุ้นตามปกติ ในเวลาต่อมา เมื่อถูกปล่อยทิ้งไว้นาน ๆ อนุภาคที่ถูกกระตุ้นก็จะหวนกลับคืนสภาพเดิม และปล่อยพลังงานในรูปของแสงออกมา ให้นักวิทยาศาสตร์วัดความยาวคลื่นได้ และถ้า

แสงเป็นรังสีแกมมาที่มีความยาวคลื่นน้อยที่สุดพลังงานก็จะมีค่ามากที่สุด ส่วนคลื่นวิทยุมีความยาวคลื่นมากที่สุดก็จะมีพลังงานน้อยที่สุด

Townes รู้สึกสนใจกลุ่มอะตอมที่ประกอบเป็นโมเลกุลว่า เวลาได้รับแสงมันจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะโมเลกุลมีมวลมากกว่าอะตอมมาก ดังนั้น ในกรณีอะตอมแสงที่ใช้ในการกระตุ้นอะตอม มักเป็นแสงที่ตาเห็น ดังนั้นแสงที่ใช้ในการกระตุ้นโมเลกุลจึงมักเป็นคลื่น microwave ที่มีความยาวคลื่น

ประมาณ 1.25 เซนติเมตร Townes จึงใช้คลื่น microwave ในการพัฒนาระบบทิ้งระเบิดโดยเครื่องบิน และพบว่า ไอน้ำในอากาศสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ดี จึงทำให้ระบบการสื่อสารด้วยคลื่นไมโครเวฟมีปัญหามาก ถ้าอากาศในบริเวณนั้นมีความชื้นมาก

ในปี 1941 Townes ได้พบกับ Frances Brown จึงทำงานที่หอปฏิบัติการ Bell Labs เดียวกัน ทั้งสองแต่งงานกัน ในช่วงเวลาที่สงครามโลกครั้งที่ 2 กำลังดำเนินอยู่ Townes ได้ทำงานที่ Bell Labs จนกระทั่งปี 1948 จึงย้ายไปครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Columbia ใน Nev York City ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียงด้านฟิสิกส์มากที่สุดในเวลานั้น และได้เบนความสนใจมาศึกษา ammonia เพราะได้พบว่าโมเลกุลสามารถดูดกลืนคลื่น microwave ได้ดี ครั้นเมื่อได้ทุนวิจัยจากบริษัท Union Carbide จึงตัดสินใจน้ำ ammonia มาใช้ในการสื่อสารระหว่างเครื่องบิน

ในเดือนเมษายน ปี 1951 ในที่ประชุมของสมาคม American Physical Society ที่ Washington D.C. Townes ได้เสนอแนวคิดเรื่องการสร้างอุปกรณ์ปล่อยคลื่น microwave ที่มีความยาวคลื่นระดับมิลลิเมตรออกมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีความเข้มสูง ด้วยการอาศัยหลักการของ Einstein ที่ได้เสนอไว้ตั้งแต่ปี 1917 ว่า ถ้าอะตอมถูกกระตุ้น

ให้มีพลังงานสูง และมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (photon) เคลื่อนที่ผ่านอะตอมนั้น ถ้าแสงนั้นมีพลังงานเท่ากับพลังงานกระตุ้นพอดี แสงนั้นจะเหนี่ยวนำให้อนุภาคที่ถูกกระตุ้นคายพลังงานออกมา เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับแสงที่เคลื่อนที่ผ่านไป โดยมีเฟส และทิศเดียวกันกับแสงที่ไปกระตุ้น นั่นคือ แสงทั้งสองเป็นแสงอาพันธ์ (coherent) ที่ไม่เบนกระจัดกระจาย จึงสามารถพุ่งไปได้ไกลหลายกิโลเมตร โดยไม่เฉออกเหมือนแสงจากหลอดไฟธรรมดา

เมื่อมีความคิดในการทำงานขั้นต่อไป คือการพยายามทำความคิดให้เป็นความจริง Townes ได้ผู้ช่วยสองคน คือ James Gordon และ Herb Zeigen มาทำงานร่วมกันเป็นเวลา 3 ปี ถึงเดือนเมษายน ปี 1954 คนทั้งสามก็ประสบความสำเร็จในการสร้าง maser เครื่องแรกของโลก

Charles Hard Townes, Alexander Prokhorov และ Nikolay Basov (ตามลำดับ)

ภาพจาก mitmuseum.mit.edu

ต่อมา Townes ได้พบว่า Nikolai Basov กับ Alexander Prokorov นักฟิสิกส์จากสถาบัน Lebedev ที่ Moscow ในรัสเซียก็สร้าง maser ได้เหมือนกัน (ความสำเร็จนี้ทำให้คนทั้งสามได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1964 ร่วมกัน)

ในปี 1955 หลังจากที่ได้ทำงานในตำแหน่งหัวหน้าภาคฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Columbia นาน 3 ปี Townes ได้ขอลาออกเพื่อเดินทางไปเพิ่มประสบการณ์วิจัยที่ Paris และ Tokyo

ในปี 1958 Townes และ Arthur Schawlow ได้เสนอแนวคิดในการทำ laser แต่ไม่ได้ลงมือสร้าง จนกระทั่ง Theodore Maiman จากบริษัท Hughes Aircraft สร้างได้ในเดือนพฤษภาคม ปี 1960

นอกจากจะได้รับรางวัลโนเบลแล้ว Townes ยังได้ดำรงตำแหน่งที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์ของประธานาธิบดี Lyndon Johnson เป็นนายกของสมาคม American Physical Society และเป็นที่ปรึกษาของ NASA ในโครงการ Apollo ด้วย

ในด้านศาสนา Townes เชื่อว่าพระเจ้ามีจริง และวิทยาศาสตร์กับศาสนา มีอะไร ๆ ที่เหมือนกันมากกว่าที่คนทั่วไปรู้ ในอนาคต Townes คิดว่าศาสนาอาจจะเป็นหนึ่งเดียวกับวิทยาศาสตร์ด้วยความคิดเช่นนี้ Townes จึงได้รับรางวัล Templeton Prize ในปี 2005 ในฐานะผู้ที่บุกเบิกเส้นทางสู่ความจริงของจิตใจ

Townes เสียชีวิตเมื่อวันที่ 27 มกราคม ปี 2015 ที่ Berkeley ในแคลิฟอร์เนีย สิริอายุ 100 ปี

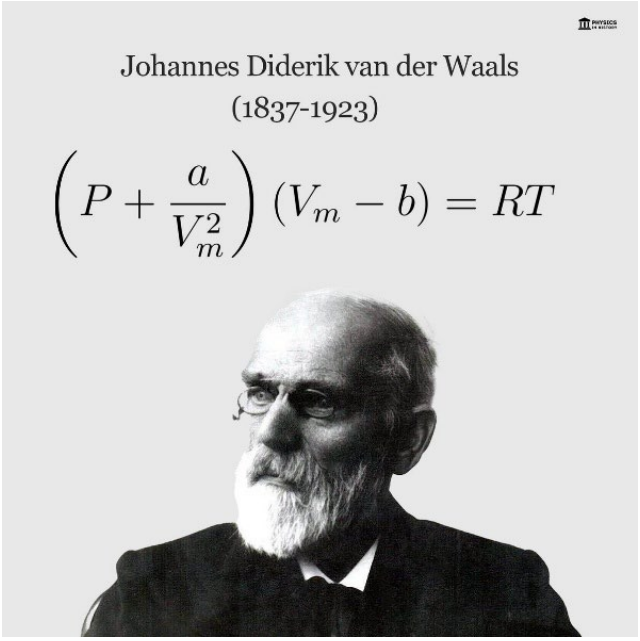
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Beam: The Race to Make the Laser โดย Jeff Hecht จัดพิมพ์โดย Oxford University Press, New York, 2005

2. Sanders, Robert (January 27, 2015). "Nobel laureate and laser inventor Charles Townes dies at 99". Berkeley News. Archived from the original on November 8, 2020. Retrieved November 13, 2020.

van der Waals (แวน เดอร์ วาลส์)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1910 ผู้บุกเบิกวิทยาการศึกษาสมการสถานะของของไหล



Johannes Diderik van der Waals กับสมการของเขา

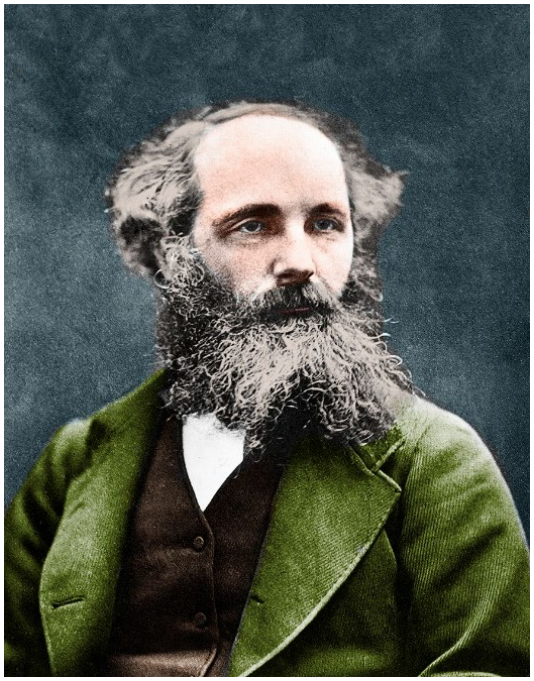
ภาพจาก PhysInHistory

ในปี 1910 ราชสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งสวีเดนได้ตัดสินมอบรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ให้แก่นักฟิสิกส์ชาวเนเธอร์แลนด์ชื่อ Johannes Diderik van der Waals ผู้บุกเบิกวิทยาการด้านฟิสิกส์โมเลกุลที่ใช้ในการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของก๊าซ

Johannes Diderik van der Waals เกิดเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน ปี 1837 ที่เมือง Leiden ในเนเธอร์แลนด์ เป็นบุตรคนโตในจำนวนเก้าคนของ Jacobus กับ Elisabeth เพราะครอบครัวยากจน เด็กชาย van der Waals จึงไม่สามารถไปเรียนที่โรงเรียนได้ และต้องอ่านกับเรียนหนังสือด้วยตนเองในระยะแรก หลังจากที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่เมือง Leiden หนุ่ม van der Waals วัย 27 ปี ก็ได้งานเป็นครูสอนที่โรงเรียนในเมือง Deventer ทั้ง ๆ ที่ยังไม่สำเร็จการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ทั้งนี้เพราะในเวลานั้น van der Waals ยังไม่รู้ภาษาละตินหรือกรีกเลย ดังนั้นจึงไม่มีสิทธิ์

สอบเข้ามหาวิทยาลัย แต่ในยามว่าง van der Waals ก็ไปขอเรียนคณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์ และฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Leiden และสอบผ่านทุกวิชา จนได้รับประกาศนียบัตร จึงสามารถสอนฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ได้ และย้ายมาอยู่ที่ The Hague

ในปี 1866 เมื่อมหาวิทยาลัยในเนเธอร์แลนด์ประกาศยกเว้นการบังคับให้นิสิตทุกคนต้องรู้ภาษาละตินและกรีก van der Waals จึงได้โอกาสสอบเข้ามหาวิทยาลัย และเรียนสำเร็จปริญญาเอกเมื่ออายุ 36 ปี ด้วยการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “On the Continuity of the Gas and Liquid States” ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แม้ก๊าซและของเหลวจะดูแตกต่างกันในด้านความหนาแน่นและการเคลื่อนที่ แต่สสารทั้งสองสถานะนี้ก็มีธรรมชาติที่เหมือนกันหลายประการ เมื่อสอบปากเปล่าป้องกันวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ในวันที่ 14 มิถุนายน ปี 1873 ผ่าน van der Waals ก็สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต โดยไม่มีนักวิชาการคนใดให้ความสนใจในเนื้อหาของวิทยานิพนธ์มากนัก เพราะกรรมการสอบ คิดว่าสิ่งที่ van der Waals คิดได้ เป็นเพียงจินตนาการเท่านั้นเอง เช่น ให้พิจารณาขนาดของโมเลกุล ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของก๊าซ ทั้ง ๆ ที่ยังไม่มีใครเคยเห็นโมเลกุล และให้พิจารณาแรงกระทำระหว่างโมเลกุล ซึ่งในเวลานั้นก็ยังไม่มีใครสามารถจะสร้างอุปกรณ์วัดได้เช่นกัน



James Clerk Maxwell

ภาพจาก Stefano Bianchetti/Corbis via Getty Images

แต่อีก 10 ปีต่อมา วงการวิทยาศาสตร์ในยุโรปก็เริ่มตื่นเต้นกับผลงานของ van der Waals จนทำให้เขามีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลกว่า van der Waals ได้เสนอสมการสถานะที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของทั้งก๊าซและของเหลวได้อย่างครอบคลุม อีกทั้งอธิบายเหตุการณ์ เมื่อสถานะหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นอีกสถานะหนึ่งว่า การเปลี่ยนแปลงเฟส (phase) จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้สมการสถานะที่ van der Waals เสนอก็ยังสามารถอธิบายสมบัติต่าง ๆ ของก๊าซที่มีจริงในธรรมชาติได้ดีกว่าสมการของก๊าซอุดมคติ PV = RT ด้วย (P คือความดัน V คือปริมาตร T คืออุณหภูมิสมบูรณ์ และ R คือค่าตัวของก๊าซ) ผลงานนี้ทำให้ James Clerk Maxwell นักฟิสิกส์เจ้าของทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าของแสง เมื่อได้อ่านผลงานของ van der Waals แล้ว ก็รู้สึกชื่นชมมาก จนได้เขียนบันทึกถึงบรรณาธิการนิตยสาร Nature ว่า แนวคิดเรื่องโมเลกุลของ van der Waals นี้จะคงอยู่ในโลกฟิสิกส์ตราบนานเท่านาน

หลังสำเร็จการศึกษา van der Waals ได้งานเป็นอาจารย์สอนที่มหาวิทยาลัย Amsterdam และตีพิมพ์ผลงานลงใน Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Sciences อย่างสม่ำเสมอ ผลงานเหล่านี้ได้ถูกแปลเป็นภาษาต่างประเทศหลายเรื่อง จน van der Waals ในวัย 40 ปี ได้รับแต่งตั้งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัย Amsterdam และเมื่อมหาวิทยาลัยแห่งนี้มี Jacobus Henricus van't Hoff (1852–1911) ผู้เป็นนักเคมีรางวัลโนเบลปี 1901 และ Hugo de Vries (1848-1935) ผู้เป็นนักพันธุศาสตร์ ที่ได้พบองค์ความรู้เรื่องยีน (gene) ที่ Gregor Mendel เป็นคนให้ความคิดเบื้องต้น มหาวิทยาลัยจึงมีชื่อเสียงมาก van der Waals ได้ทำงานที่นี่จนเกษียณ ทั้งที่มหาวิทยาลัยต่างชาติเคยเสนอและชักชวนให้ไปเป็นอาจารย์ประจำที่นั่น แต่ van der Waals ก็ไม่ไป

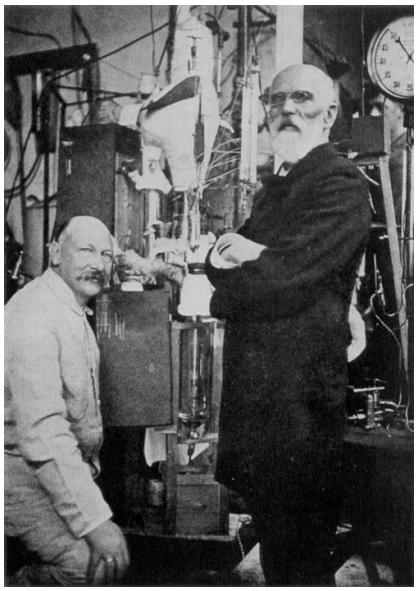
สาเหตุสำคัญที่ทำให้ van der Waals สนใจศึกษาเรื่องสถานะของสสาร คือ การได้อ่านบทความของ Rudolf Clausius (1822–1888) ที่ได้พบว่า ความร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุล และพลังงานโมเลกุลของก๊าซขึ้นกับอุณหภูมิของก๊าซนั้น

จากความคิดนี้ van der Waals ก็ได้จินตนาการต่อไปว่า การที่สมการของก๊าซอุดมคติไม่สามารถอธิบายสมบัติต่าง ๆ ของก๊าซจริงได้ เพราะสมการก๊าซอุดมคติไม่ได้พิจารณาขนาดหรือปริมาตรของโมเลกุล และไม่ได้พิจารณาอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุล (อันตรกิริยา van der Waals) ดังนั้น van der Waals จึงเสนอสมการสถานะใหม่เป็น

$$(P+a/V^2)(V-b) = RT$$

เมื่อ a และ b เป็นค่าคงตัวของก๊าซแต่ละชนิด สมการนี้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของก๊าซจริงได้ดีมาก

การค้นพบสำคัญอย่างที่สองของ van der Waals คือ การพบกฎสถานะคล้องจอง (law of corresponding states) ในปี 1880 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าความดันของก๊าซถูกกำหนดให้เขียนในรูปของความดันวิกฤต และปริมาตรถูกกำหนดให้เขียนในรูปของปริมาตรวิกฤต รวมถึงอุณหภูมิก็อยู่ในรูปของอุณหภูมิวิกฤตด้วย สมการของ van der Waals ที่ใช้อธิบายสถานะของก๊าซและของเหลวก็จะมีรูปแบบเดียวกันหมด เพราะค่าคงตัว a และ b จะถูกกำจัดออกไปจากสมการของก๊าซจริง



Johannes Diderik van der Waals (ซ้าย) กับ Heike Kamerlingh Onnes (ขวา) ที่ห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัย Leiden ภาพจาก วิกิพีเดีย

กฎสถานะคล้องจองนี้ได้ช่วยให้ James Dewar (1842–1923) นำกฎไปประยุกต์ใช้ในการทำก๊าซไฮโดรเจนให้เป็นของเหลวได้ในปี 1898 ส่วน Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926) รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1913 ก็ใช้กฎนี้ทำก๊าซฮีเลียมให้เป็นของเหลวได้ครั้งแรก ในปี 1908

ผลงานสำคัญของคนทั้งสองได้ทำให้คณะกรรมการรางวัลโนเบลฟิสิกส์ เห็นความสำคัญของงานวิจัยของ van der Waals ดังนั้นจึงได้ตัดสินมอบรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ให้แก่ van der Waals ในปี 1910

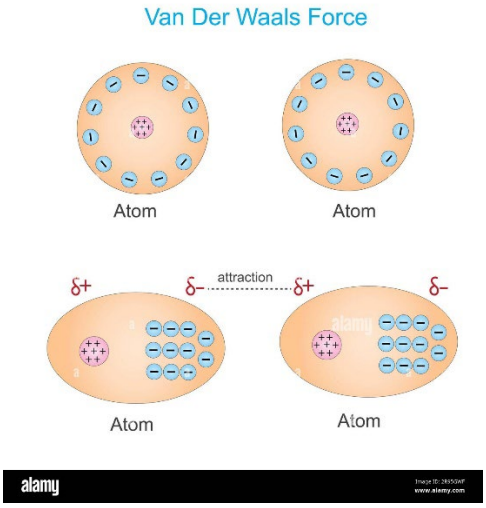
นอกจากจะสนใจเรื่องก๊าซแล้ว van der Waals ยังสนใจเรื่องของผสมด้วย ในปี 1890 เขาเรียบเรียงตำรา Theory of Binary Solutions ซึ่งเชื่อมโยงกฎข้อที่ 2 ของวิชาความร้อนกับสมการสถานะที่เขาพบ ตามข้อเสนอแนะของ Josiah Gibbs (1839–1903) ที่ว่าพลังงานอิสระ (free energy) คือ ค่าที่กำหนดเงื่อนไขการเกิดสมดุลของของผสม ทฤษฎีนี้ทำให้เกิดการทดลองเรื่องของผสมมาก

ตลอดชีวิต van der Waals ได้รับเกียรติยศมากมาย เช่น ได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์จากมหาวิทยาลัย Cambridge เป็นสมาชิกของ Russian Society of Naturalists, Royal Irish Academy, American Philosophical Society, Institut de France, Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities, Royal Academies for Science and the Arts of Belgium, The Chemical Society of London, National Academy of Sciences และ Accademia Nazionale dei Lincei

ในด้านชีวิตส่วนตัว เมื่ออายุ 27 ปี van der Waals ได้สมรส กับ Anna Magdalend Smit มีลูกสาวสามคน ลูกชายหนึ่งคน เมื่อภรรยาเสียชีวิต van der Waals ก็มิได้แต่งงานใหม่ ลูกสาวจึงดูแลพ่อแทนแม่ ในยามว่าง van der Waals ชอบอ่านหนังสือและเดินเล่นในชนบท

van der Waals เสียชีวิตที่กรุง Amsterdam เมื่อวันที่ 8 มีนาคม ปี 1923 รวมอายุ 86 ปี ในการพิจารณาความสำคัญของสมการ van der Waals

(P+a/V^2) (V-b) = RT เราจะเห็นว่า เมื่อ a = 0 และ b = 0 ก็จะได้สมการของก๊าซอุดมคติ PV = RT



แหล่งกำเนิดของแรง van der Waals เมื่อโมเลกุลอยู่ใกล้กัน จากทรงกลมจะกลายเป็นทรงรี

ภาพจาก alamy.com

สมการ van der Waals ยังแสดงอีกว่า เทอม a/V^2 คือ ความดันภายในของก๊าซที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของก๊าซ และถ้าภาชนะบรรจุก๊าซมีปริมาตร V ปริมาตรส่วนที่โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้คือ V-b แนวคิดนี้ ทำให้ก๊าซอุดมคติที่ไม่มีจริงในธรรมชาติกลับกลายเป็นก๊าซในธรรมชาติที่มีจริงทันที ผลที่ได้จากการทดลองจะทำให้เราทราบค่า a และ b ซึ่งบอกแรงกระทำระหว่างโมเลกุลและขนาดของโมเลกุลได้ด้วยในการพิจารณากราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน P กับปริมาตร V ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เราจะเห็นว่า ถ้า V มีค่ามาก ของไหลนั้นก็คือก๊าซ และถ้า V มีค่าน้อย ของไหลนั้นก็คือของเหลว

ทุกวันนี้นักฟิสิกส์และวิศวกรใช้สมการ van der Waals อธิบายสมบัติของของไหลได้มากมาย ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ แม้ van der Waals จะมิได้แสดงที่มาของ a และ b แต่เมื่อถึงวันนี้ค่าเหล่านี้ก็หาได้โดยใช้ทฤษฎีควอนตัมของสสาร

ถึงกฎหมายของกษัตริย์ Hammurabi แห่งอาณาจักรบาบิโลน และกฎของ Moses ในคัมภีร์ไบเบิลจะสำคัญ แต่กฎของ van der Waals ก็สำคัญยิ่งกว่า เพราะการ

ที่ van der Waals พบกฎนี้และนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ได้นำไปประยุกต์ใช้ ทำให้ผลงานด้านฟิสิกส์เชิงโมเลกุลเป็นผลงานสำคัญมากที่ van der Waals ทิ้งเป็นมรดกให้แก่โลก

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Parsegian, V. Adrian (2005). Van der Waals Forces: A Handbook for Biologists, Chemists, Engineers, and Physicists. (Cambridge University Press), p. 2. “The first clear evidence of forces between what were soon to be called molecules came from Johannes Diderik van der Waals's 1873 Ph.D. thesis formulation of the pressure p, volume V, and temperature T of dense gases.”

2. Tang, K.-T.; Toennies, J. P. (2010). "Johannes Diderik van der Waals: A Pioneer in the Molecular Sciences and Nobel Prize Winner in 1910". Angewandte Chemie International Edition. 49 (50): 9574–9579. Bibcode:2010ACIE...49.9574T. doi:10.1002/anie.201002332. PMID 21077069

Eugene Wigner (ยูยีน วิกเนอร์)

1/2 รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1963 กับการใช้หลักสมมาตรในทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม

Eugene Wigner ภาพจาก วิกิพีเดีย

Jeno Pal Wigner เกิดเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน ปี 1902 ที่ Budapest ประเทศฮังการี บรรพบุรุษของครอบครัวมีเชื้อชาติยิว และมีฐานะดีจากการทำธุรกิจฟอกหนัง นาม Wigner มาจากคำ Wiegner ในภาษาเยอรมันที่แปลว่า ช่างทำเปลเด็ก ครอบครัวมีลูกสามคน ชื่อ Bertha, Eugene และ Margit เด็กชาย Wiegner เริ่มเรียนหนังสือที่บ้าน โดยมีนักบวชชาวยิวมาสอนวิชาศาสนา และอ่านคัมภีร์ให้ แต่ครอบครัวมิได้เคร่งศาสนามาก

ต่อมาบิดาได้ว่าจ้างครูมาสอนหนังสือในระดับประถมศึกษา Wigner เป็นคนไม่ชอบเล่นกีฬา เพราะตัวเล็กและสายตาสั้น จึงต้องสวมแว่นตาตลอดเวลา จนกระทั่งมีอายุ 11 ปี แพทย์ได้ตรวจพบว่ากำลังป่วยเป็นวัณโรค จึงถูกส่งไปพักรักษาตัวที่ Breitenstein

ในออสเตรีย ขณะพำนักอยู่ที่นั่น Wigner ได้พบว่า สนใจคณิตศาสตร์มาก และชอบใช้เวลาครุ่นคิดวิธีแก้โจทย์ยาก ๆ เช่น ให้หาวิธีสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดส่วนสูงทั้งสามของสามเหลี่ยมมาให้ หลังจากที่เวลาผ่านไปหกสัปดาห์ แพทย์ได้กลับมาวิเคราะห์อาการวัณโรคปอดของ Wigner และพบว่าตนตรวจผิด Wigner จึงเดินทางกลับบ้านอย่างมีความสุข

เมื่ออายุ 13 ขวบ Wigner ไปเรียนที่โรงเรียนมัธยม Lutheran ซึ่งใช้ภาษาละตินกับฮังการีในการสอน และพบว่าตนชอบคณิตศาสตร์มากยิ่งกว่าวิชาอื่นใดทั้งหมด สำหรับวิทยาศาสตร์นั้น ทางโรงเรียนให้ความสำคัญมากพอ ๆ กับศิลปะ และภูมิศาสตร์ Wigner เรียนฟิสิกส์กับเคมีเป็นเวลา 2 ปี และ 1 ปีตามลำดับ และพบว่า ยิ่งเรียนฟิสิกส์ก็ยิ่งชอบ โดยเฉพาะเรื่องทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษของ Robert Einstein ในเวลาต่อมา Wigner ได้รู้จักเด็กหนุ่มชื่อ John von Neumann ซึ่งมีอายุน้อยกว่าหนึ่งปี และเป็นคนที่เก่งคณิตศาสตร์มาก แต่คนทั้งสองไม่สนิทสนมกัน เพราะ Neumann เป็นคนนิสัยเงียบและเป็นคนไม่ชอบเปิดเผยความรู้สึก

เมื่อกองทัพคอมมิวนิสต์ทำรัฐประหารในฮังการี เมื่อเดือนมีนาคม ปี 1919 ครอบครัว Wigner ได้ตัดสินใจอพยพไปพำนักในออสเตรีย และได้หวนกลับฮังการีอีกในอีก 8 เดือนต่อมา เมื่อรัฐบาลคอมมิวนิสต์ถูกโค่นอำนาจ และตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา Wigner ก็ไม่เคยมีทัศนคติที่ดีต่อการปกครองแบบคอมมิวนิสต์อีกเลย

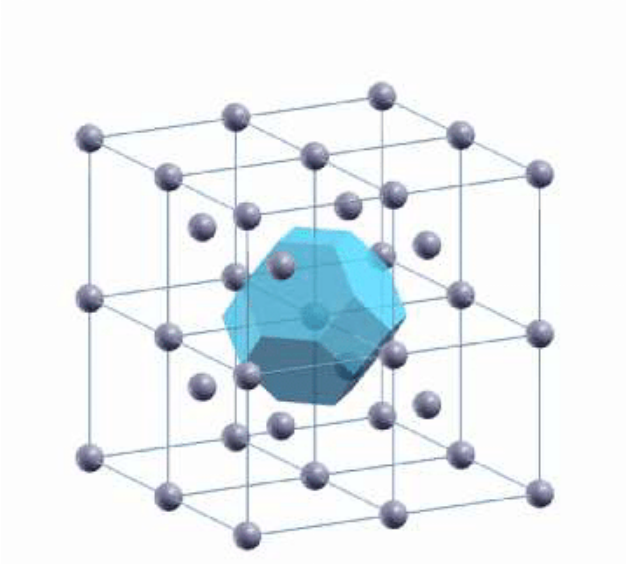
Wigner เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาเมื่ออายุ 18 ปี โดยสอบได้คะแนนสูงสุดในบรรดานักเรียนทั้งประเทศ และได้ตั้งเป้าหมายในชีวิตว่า จะต้องมีเป็นนักฟิสิกส์ แต่เมื่อตระหนักได้ว่า การมีเชื้อชาติยิวเป็นอุปสรรคสำคัญที่จะขัดขวางการได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์ และนอกจากเหตุผลนี้แล้วตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ในมหาวิทยาลัย

ฮังการีก็มีจำนวนจำกัด คือ มีได้เพียงสามตำแหน่งเท่านั้น บิดาจึงแนะนำให้ Wigner เปลี่ยนใจไปเรียนวิศวกรรมเคมีแทน เพื่อจะได้สืบทอดอาชีพทำธุรกิจโรงงานฟอกหนังของบิดา ซึ่ง Wigner ก็ยินยอมเปลี่ยน ทั้ง ๆ ที่ไม่ยินดีเลย จากนั้นก็ได้ไปศึกษาต่อที่ Technical Institute of Budapest แล้วไปเรียนต่อที่ Technische Hochschule ที่ Berlin ในเยอรมนี จนเรียนจบภายในเวลา 2 ปี และรู้ตัวดีว่าในบรรดาวิชาที่ตนเรียนทั้งหมด วิชาเคมีอนินทรีย์เป็นวิชาที่ชอบมากที่สุด

แต่ในเวลาเดียวกัน Wigner ก็ชอบอ่านตำราฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ด้วย และมักไปฟังการสัมมนาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Berlin ในช่วงเวลาบ่ายของวันพฤหัสบดี เพราะสถานที่จัดสัมมนาอยู่ไม่ไกลจากวิทยาลัยที่ตนเรียน และในห้องสัมมนาก็มีนักฟิสิกส์ระดับซูเปอร์สตาร์ เช่น Albert Einstein (โนเบลปี 1921), Max Planck (โนเบลปี 1918), Max von Laue (โนเบลปี 1914) และ Walther Nernst (โนเบลปี 1920) มาฟัง และจะนั่งแถวหน้าสุด ส่วน Edward Teller, Leo Szilard, Wolfgang Pauli (โนเบลปี 1945) , Werner (โนเบลปี 1932) ซึ่งมีอาวุโสน้อยกว่า ก็มักจะนั่งแถวหลัง Wigner ยังจำได้ดีว่า มีครั้งหนึ่งที่ Einstein ได้เอ่ยถึงสถิติชนิดใหม่ ที่ Satyendra Bose เป็นผู้พบ และ Einstein ได้พัฒนาทฤษฎีของ Bose จนทำให้โลกรู้จักสถิติใหม่แบบ Bose-Einstein

ในงานวิจัยชิ้นนั้น Wigner ได้เสนอทฤษฎีการรวมตัวและการแยกตัวของโมเลกุล ว่า โอกาสที่พลังงานเคมี E ในปฏิกิริยาเคมีใด ๆ จะทำให้เกิดโมเลกุลใหม่มีความไม่แน่นอนของพลังงานเท่ากับ ΔE และเวลา t ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำให้เกิดปฏิกิริยา ถ้ามีความไม่แน่นอนของเวลาเท่ากับ Δt เราจะได้ $\Delta E \Delta t \geq h/4\pi$ เมื่อ h เป็นค่าคงตัวของ Planck ซึ่งเป็นหลัก ความไม่แน่นอนที่ Wigner ได้พบก่อน Heisenberg ประมาณ 2 ปี

เมื่อจบการศึกษาระดับปริญญาเอก Wigner ได้เดินทางกลับ Budapest เพื่อเข้าทำงานที่โรงงานฟอกหนังสัตว์ของตระกูล และรู้สึกว่าชีวิตวิศวกรไม่เข้ากับนิสัยของตัวเองเลย แต่ก็ฝืนใจทำงานไป และได้พยายามอ่านตำรากลศาสตร์ควอนตัมเวลาว่างเพื่อกระตุ้นไฟฟิสิกส์ที่มีในตัวไม่ให้มอดดับ



เซลล์แบบ Wigner-Seitz ของผลึกแบบ body-centered cubic lattice (bcc)

ภาพจาก www.researchgate.net

เมื่ออายุ 24 ปี Wigner ได้รับจดหมายจากเพื่อน นักผลิกวิทยาจากสถาบัน Kaiser Wilhelm ในเยอรมนี ซึ่งมีใจความว่า สถาบันกำลังต้องการนักวิจัยมาวิเคราะห์ผลึกที่มีโครงสร้างเป็นแบบสมมาตร จึงจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีกลุ่ม (group theory) อธิบายสมบัติของผลึกนั้น และเมื่อ Wigner รู้ว่า ผู้อำนวยการโครงการวิจัย คือ M. Polanyi เคยเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของตน จึงขออนุญาตบิดาเปลี่ยนอาชีพอีก เมื่อได้รับอนุญาต Wigner ก็เดินทางไป Berlin และตั้งปณิธานว่า ต่อแต่นี้ไปตนจะเป็นนักฟิสิกส์เท่านั้น

ในเวลาเดียวกัน หลังจากที่ Wigner ได้อ่านงานวิจัยของ Heisenberg ซึ่งได้เสนอวิธีการแก้โจทย์กลศาสตร์ควอนตัม ในกรณีของตัวแกว่งฮาร์โมนิก 2 ตัวที่เหมือนกันทุก

ประการ และ Wigner มีความประสงค์จะขยายขอบเขตการวิจัยนี้ให้ครอบคลุมระบบที่มีตัวกวัดแกว่งฮาร์โมนิกจำนวน n ตัว (เมื่อ n คือ จำนวนเต็มบวก) ทำให้ต้องใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีกลุ่ม (group theory) ครั้นเมื่อได้คำแนะนำจาก von Neumann และนักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซียชื่อ Issai Schur Wigner ก็สามารถแก้โจทย์ที่มีตัวกวัดแกว่งฮาร์โมนิกเหมือนกัน 3 ตัวได้

นี่เป็นครั้งแรกในประวัติคณิตศาสตร์ที่ได้มีการใช้ทฤษฎีกลุ่มในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ต่อจากนั้น Wigner กับ Carl Eckart ก็ได้พัฒนาทฤษฎีกลุ่ม จนได้ทฤษฎีใหม่ คือ ทฤษฎี Wigner-Eckhart ซึ่งแสดงวิธีเขียน tensor operator โดยใช้สถานะไอแกนของโมเมนตัมเชิงมุมเป็นฐาน และได้เสนอเทคนิคการใช้สัญลักษณ์ Wigner 3j-symbol ในการรวมโมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนต่าง ๆ ในอะตอมด้วย

จากนั้น Wigner ก็ไปทำงานวิจัยที่มหาวิทยาลัย Göttingen ในเยอรมนี ในตำแหน่งผู้ช่วยวิจัยของ David Hilbert ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดคนหนึ่งของโลก แต่ ณ เวลานั้น Hilbert กำลังล้มป่วยไม่สบายด้วยโรคโลหิตจาง ดังนั้น การทำงานร่วมกันจึงมีปัญหา Wigner ได้ตัดสินใจว่า แม้ตนจะทำงานคณิตศาสตร์ให้ Hilbert ไม่ได้ แต่ก็สามารถทำวิจัยฟิสิกส์ให้ได้ จึงจับมือกับ Pascual Jordan ทำวิจัยเรื่องระบบที่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนหลายอนุภาค ทำให้ต้องใช้คิดสร้างเทคนิคคำนวณรูปแบบใหม่ นั่นคือเทคนิค second quantization ซึ่งได้พิจารณาให้สนามไฟฟ้ามีสมบัติควอนตัม (ในเทคนิค first quantitation พลังงานและโมเมนตัมของอนุภาคเท่านั้นที่มีสมบัติควอนตัม)

Wigner, Werner Heisenberg และ Maria Goeppert-Mayer (ตามลำดับ)
ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ร่วมกันปี 1963 ภาพจาก Archive/Lindau Nobel Laureate Meetings

การพบหลักสมมาตรที่ Wigner ใช้ในการวิเคราะห์ธรรมชาติของระบบควอนตัม เป็นการค้นพบที่สำคัญมาก ซึ่งทำให้ Wigner ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ประจำปี 1963 ครึ่งหนึ่ง เพราะสมบัตินี้ได้ถูกนำไปใช้ในการสร้างทฤษฎีโครงสร้างอะตอม ทฤษฎีโครงสร้างของนิวคลีออนในนิวเคลียส ทฤษฎีอนุภาคมูลฐาน และทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ

เมื่ออายุได้ 28 ปี Wigner รู้สึกประหลาดใจมากที่ได้รับจดหมายเชิญจากอธิการบดีแห่งมหาวิทยาลัย Princeton ในสหรัฐอเมริกาให้ไปสอนเป็นเวลาหนึ่งภาคการเรียน โดยจะให้เงินเดือน 700 ดอลลาร์ ซึ่งมากกว่าเงินเดือนที่ Wigner ได้รับจากมหาวิทยาลัย Berlin เกือบ 9 เท่า จึงตอบรับคำเชิญ ตลอดเวลา 3 ปีต่อมา Wigner ต้องเดินทางไป-มาระหว่าง Princeton กับ Berlin จนกระทั่งกองทัพนาซีเข้ายึดครองประเทศเยอรมนีได้อย่างสมบูรณ์ Wigner จึงตัดสินใจอพยพครอบครัวไปอเมริกาอย่างถาวร

ในช่วงเวลาที่เป็นอาจารย์ประจำมหาวิทยาลัย Princeton Wigner มีศิษย์สามคนที่มีชื่อเสียงโด่งดังมากในเวลาต่อมา คนแรก คือ John Bardeen ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ถึงสองครั้ง จากผลงานการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ และในปี 1972 จากการเสนอทฤษฎีสภาพนำยวดยิ่ง ส่วนศิษย์อีกสองคน คือ Frederick Seitz กับ Convey Herring ก็เป็นนักฟิสิกส์ด้านทฤษฎีฟิสิกส์ของแข็ง

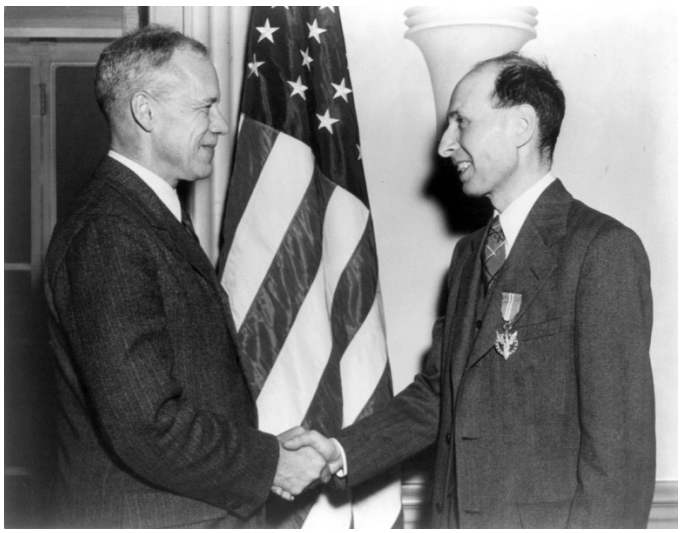
ในฤดูใบไม้ร่วงของปี 1934 น้องสาว Manci ของ Wigner ได้เดินทางมาเยี่ยมพี่ชายที่อเมริกา และได้พบกับ Paul Dirac ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ในสังกัด Institute for Advanced Study ที่ Princeton ทั้งสองได้ตกหลุมรักและแต่งงานกันในปี 1937 Dirac จึงมีศักดิ์เป็นน้องเขยของ Wigner

ต่อมา Wigner รู้สึกผิดหวังมากที่มหาวิทยาลัย Princeton ไม่ได้แต่งตั้งให้เขาดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ จึงลาออก แล้วเดินทางไปรับตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Wisconsin และได้โอนสัญชาติเป็นคนอเมริกันในปี 1937 แต่ได้หวนกลับไปทำงานที่มหาวิทยาลัย Princeton อีก คราวนี้ในตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ และเป็นคนสัญชาติอเมริกันอย่างเต็มภาคภูมิ

เดือนมกราคมปี 1939 เป็นช่วงที่เวลาวงการฟิสิกส์ในยุโรปกำลังตื่นเต้นกับข่าวการพบปรากฏการณ์ fission ในนิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ซึ่งเมื่อได้รับอนุภาคนิวตรอนเข้าไป จะแบ่งตัว การแบ่งตัวของนิวเคลียสทำให้เกิดพลังงานที่มากมหาศาล เหตุการณ์นี้ชักนำให้นักฟิสิกส์คิดจะสามารถนำปรากฏการณ์ fission มาสร้างระเบิดปรมาณู เพราะ Wigner รู้สึกกังวลกับเรื่องการเข่นฆ่าล้างเผ่าพันธุ์โดยทหารนาซีมาก จึงได้ปรึกษากับ Leo Szilard ซึ่งเป็นชาวฮังการีที่ได้อพยพมาอยู่ในอเมริกาเหมือนตน คนทั้งสองสนิทสนมกันมาก และมีความเห็นตรงกันว่า รัฐบาลสหรัฐฯ จะต้องรับรู้เรื่องความ

เป็นไปได้ที่นักฟิสิกส์จะสร้างระเบิดปรมาณู เพื่อใช้ยุติสงครามโลกครั้งที่สอง และเพื่อให้ความเห็นเป็นที่ยอมรับ คนทั้งสองจะขอให้ Einstein รับรอง

ดังนั้นในวันที่ 16 มิถุนายน ปี 1939 ทั้งสองจึงได้เดินทางไปเยี่ยม Albert Einstein ที่บ้านพักฤดูร้อน ที่อ่าว Peconic Bay บนเกาะ Long Island และได้ขอร้องให้ Einstein ร่างเขียนจดหมายเป็นภาษาเยอรมัน เพื่อให้ Wigner แปลเป็นภาษาอังกฤษ แล้ว Einstein ก็ได้ลงนามในจดหมายฉบับนั้น เมื่อวันที่ 2 สิงหาคม เพื่อให้นายพล Alexander Sachs ซึ่งเป็นที่ปรึกษาด้านความมั่นคงของประธานาธิบดีนำจดหมายไปเสนอต่อประธานาธิบดี Franklin Roosevelt ซึ่งก็ได้บัญชาให้นักวิทยาศาสตร์สหรัฐฯ ร่วมมือกันสร้างระเบิดปรมาณูทันที



Wigner (ขวา) รับเหรียญ Medal for Merit จากการเข้าร่วมโครงการ Manhattan เพื่อผลิตระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 ภาพจาก วิกิพีเดีย

ในเดือนเมษายน ปี 1942 Wigner ได้ลาพักร้อนไปทำงานวิจัยในโครงการ Manhattan ที่มหาวิทยาลัย Chicago ร่วมกับ Enrico Fermi จนถึงวันที่ 2 ธันวาคม ปี 1942 Wigner ได้เป็นบุคคลหนึ่งที่ได้เห็นการทำงานของเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเตาแรกของโลก ว่าสามารถควบคุมให้เกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ได้

ตลอดเวลาสามปีที่มหาวิทยาลัย Chicago Wigner ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าหน่วยวิจัยฟิสิกส์ทฤษฎี ซึ่งประกอบด้วยด้วยสมาชิก 20 คน และได้ทำวิจัยหลายเรื่อง เช่น ฟิสิกส์ของการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ผลกระทบของรังสีแกมมาต่อร่างกาย และอิทธิพลของอนุภาคนิวตรอนที่มีต่อสสาร อีกทั้งยังได้ออกแบบเตาปฏิกรณ์ปรมาณูที่ใช้ plutonium-239 เป็นเชื้อเพลิงด้วย

หลังจากที่สงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุด Wigner ได้เข้าร่วมการประชุม Pugwash ครั้งแรก ซึ่งมีนโยบายให้ชาติมหาอำนาจยุติการผลิต/การทดลองระเบิดปรมาณู และให้ทุกชาติทำลายระเบิดมหาประลัยนั้นจนหมดสิ้น

รางวัลเกียรติยศที่ Wigner ได้รับนั้นมีมากมาย เช่น ได้รับ Franklin Medal (ปี 1930), เหรียญ US Medal for Merit (ปี 1946), Fermi Prize (ปี1958), รางวัล Atoms for Peace (ปี 1960), Planck Medal (ปี 1961) และรางวัลโนเบล (ปี 1963)

ในด้านชีวิตส่วนตัว Wigner เป็นคนมีน้ำใจเอื้ออาทรต่อนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันทุกคนที่ถูกกองทัพนาซีขับออกนอกประเทศ และยังเป็นคนที่สนับสนุนให้นักวิทยาศาสตร์อเมริกันคนอื่น ๆ ช่วยเหลือนักวิทยาศาสตร์ต่างชาติที่ถูกภัยการเมืองกดขี่ด้วย

ในปี 1954 เมื่อ Robert Oppenheimer ถูกรัฐบาลอเมริกันตั้งข้อกล่าวหาว่าเป็นภัยต่อความมั่นคงของชาติ Wigner ได้เสนอตนเองเป็นพยานให้ Oppenheimer

ครั้นเมื่อบิดามารดาของ Wigner ถูกทหาร Hitler คุกคามชีวิต Wigner ได้นำตัวบุพการีทั้งสองมาสหรัฐอเมริกา แต่คนทั้งสองไม่มีความสุข เพราะไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับการใช้ชีวิตในต่างแดนได้ Wigner จึงส่งบิดามารดากลับประเทศเยอรมนี

ในขณะที่บรรดาเพื่อนสนิทหลายคนได้เริ่มล้มตายจาก เช่น Fermi (ในปี 1954), Einstein (ในปี 1955), von Neumann (ในปี 1957), Szilard (ในปี 1964) และ Polanyi (ในปี 1976) Wigner เอง ก็เริ่มมีอาการความทรงจำเสื่อม รู้สึกเหนื่อยง่าย และพูดไม่ชัด

ผลงานสำคัญที่ทำให้ Wiener ได้รับครึ่งหนึ่งของรางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1963 นั้น ก็คือ การประยุกต์หลักสมมาตรในระบบควอนตัม

สมมาตร คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างกฎและสูตรในฟิสิกส์

แม้ Galileo และ Newton จะมิได้แถลงออกมาอย่างตรง ๆ แต่เวลาคนทั้งสองสร้างทฤษฎีกลศาสตร์ ทั้งสองได้ใช้หลักสมมาตรอย่างไม่รู้ตัว ตราบถึงวันนี้ และต่อไปในอนาคต หลักสมมาตรและหลักสมมาตรที่แตกจะยังเป็นหลักการที่นักฟิสิกส์ทฤษฎีใช้ในการสร้างทฤษฎีควอนตัมของสนามทฤษฎี string ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ตลอดจนทฤษฎีของสรรพสิ่งด้วย

ตามปกติเวลานักฟิสิกส์พูดถึงหลักสมมาตร เขามิได้หมายความเฉพาะเรื่องความเหมือนกัน ระหว่างข้างซ้ายกับข้างขวา หรือบนกับล่าง หรือหน้ากับหลังเท่านั้น แต่ยังหมายถึง การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อระบบ แล้วทำให้สมบัติของระบบนั้นไม่เปลี่ยนแปลง คือ ยังมีค่าเหมือนเดิม เช่น ในกรณีถูกตุ้มที่แกว่งไป-มาในสุญญากาศอย่างเสรี โดยไม่มีแรงภายนอกใด ๆ มากระทำต่อลูกตุ้ม เมื่อเป็นเช่นนี้ แอมพลิจูดของการแกว่งจะมีค่าเท่าเดิมเสมอ ซึ่งนักฟิสิกส์ก็จะแถลงว่า เพราะพลังงานทั้งหมดของลูกตุ้มมีค่าคงตัว คือ ไม่เปลี่ยนแปลง

คำถามต่อไปจึงมีว่า เหตุใดพลังงานของลูกตุ้มจึงมีค่าค่งตัว

คำตอบ คือ เพราะระบบลูกตุ้มมีสมมาตรเชิงเวลา ซึ่งหมายความว่า กฎฟิสิกส์ที่ใช้บรรยายการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม มีรูปแบบที่ไม่ขึ้นกับเวลา ดังนั้นไม่ว่าลูกตุ้มจะแกว่างในเวลาใด ไม่ว่าจะเป็นกลางวันหรือกลางคืน ไม่ว่าจะเป็นวันหยุดราชการ หรือวันปีใหม่ กฎการแกว่งของลูกตุ้มก็ยังเป็นกฎเดียวที่ใช้เสมอ

สมมาตรเชิงเวลา ทำให้เรามีกฎทรงพลังงาน

หรือในกรณีจรวดที่เคลื่อนที่ในอวกาศด้วยความเร็วสม่ำเสมอ โดยไม่มีแรงโน้มถ่วงจากดาวใด ๆ มากระทำ จรวดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าเดิมและมีทิศตรงไปตลอดเวลา นั่นคือจรวดจะมีโมเมนตัมคงตัว

นักฟิสิกส์ก็จะอธิบายว่า สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะจรวดมีสมมาตรเชิงตำแหน่ง คือ ไม่ว่าจรวดจะอยู่ที่ใด โมเมนตัมจะมีค่าคงตัว ดังนั้นการเลื่อนตำแหน่งที่สมมาตร ได้ทำให้กฎทรงโมเมนต้มเป็นจริง

ในการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ ที่มีวงโคจรเป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสหนึ่งของวงรีนั้น เมื่อนักดาราศาสตร์ได้พบว่า เวลาดาวเคราะห์อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ ดาวจะมีความเร็วมาก และเวลาอยู่ไกล ความเร็วของดาวจะน้อย

การเป็นเช่นนี้ เพราะโมเมนตัมเชิงมุมของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์มีค่าคงตัว

สำหรับคำถามที่ว่า เหตุใดโมเมนตัมเชิงมุมจึงมีค่าคงตัว คำตอบ คือ เพราะแรงโน้มถ่วงที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อดาวเคราะห์ มีทิศในแนวรัศมีเท่านั้น คือ ไม่ได้ขึ้นกับตำแหน่งเชิงมุมของดาวเคราะห์

ดังนั้นการที่เรามีกฎทรงโมเมนตัมเชิงมุม เพราะระบบที่เราพิจารณามีสมมาตรเชิงหมุน

เหล่านี้คือตัวอย่างการประยุกต์หลักสมมาตรในฟิสิกส์แบบฉบับ แม้แต่ในฟิสิกส์ควอนตัมก็มีการใช้หลักสมมาตรเช่นกัน และบุคคลที่ได้นำหลักสมมาตรมาใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของระบบอะตอม คือ Wigner

โดยในช่วงปี 1928-31 Wigner ได้พบว่าทฤษฎีกลุ่ม (group theory) ทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้ศึกษา สมบัติโมเมนตัมเชิงมุม และ parity ของระบบอะตอมได้ และในปี 1928 Wigner กับ Pascual Jordan ได้นำแนวคิดเรื่อง การทำให้สนามของอันตรกิริยาต่าง ๆ มีสมบัติ quantum นี่คือ การนำเทศนิค second quantization มาใช้ในทฤษฎีควอนตัมของสนาม

ในปี 1933 Wigner กับศิษย์ชื่อ F. Seitz ได้คำนวณพลังงานทั้งหมดของอิเล็กตรอนในโลหะ ทำให้รู้ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของสสาร ผลงานนี้ได้เปิดโฉมของการพัฒนาทฤษฎีของอนุภาคจำนวนมาก (many-body theory)

ในปี 1931 Wigner ได้เสนอหลัก Symmetry ของ Nuclear Hamiltonian เพื่อศึกษาพลังงานของอนุภาคที่อยู่ในนิวเคลียส และได้พบแรงวิกเนอร์แบบดึงดูด (Wigner forces)

แบบจำลองนี้ยังได้วางพื้นฐานการศึกษาแบบจำลองนิวเคลียสที่มีอันตรกิริยาระหว่าง spin กับ orbit ของ nucleon ด้วย

ในปี 1939 ได้เสนอ Inhomogeneous Lorentz Group

ในปี 1947 ได้เสนอทฤษฎี R. matrix ที่ใช้อธิบายการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่าง ๆ

ใน ปี 1958 ได้เสนอ Wigner distribution เพื่อคำนวณระดับพลังงานของนิวคลีออนในนิวเคลียส

เหล่านี้คือผลงานสำคัญ ๆ ที่ Wigner ได้ทำ ก่อนอำลาโลก เมื่อวันที่ 1 มกราคม ปี 1995 สิริอายุ 93 ปี

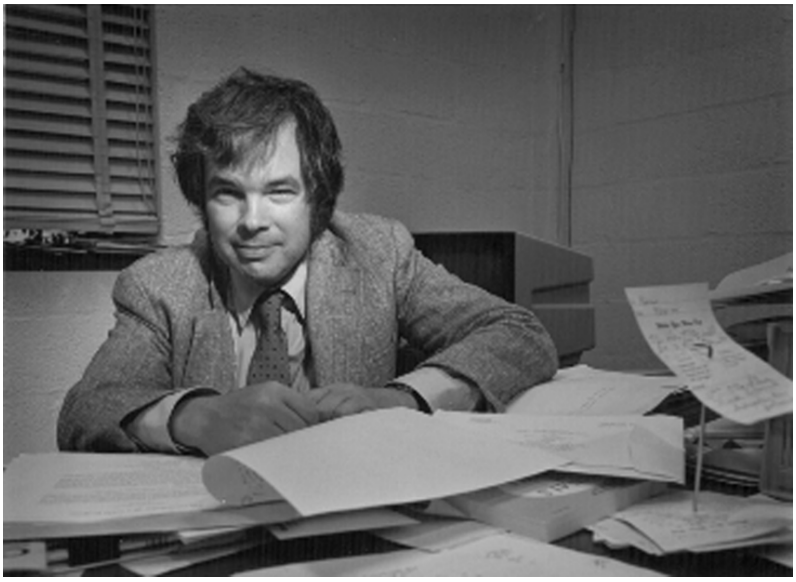
อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Fearless Symmetry โดย Avner Ash กับ Robert Gross. จัดพิมพ์โดย Princeton University Press ในปี 2006

2. Szanton, Andrew (1992). The Recollections of Eugene P. Wigner. Plenum. ISBN 978-0-306-44326-8.

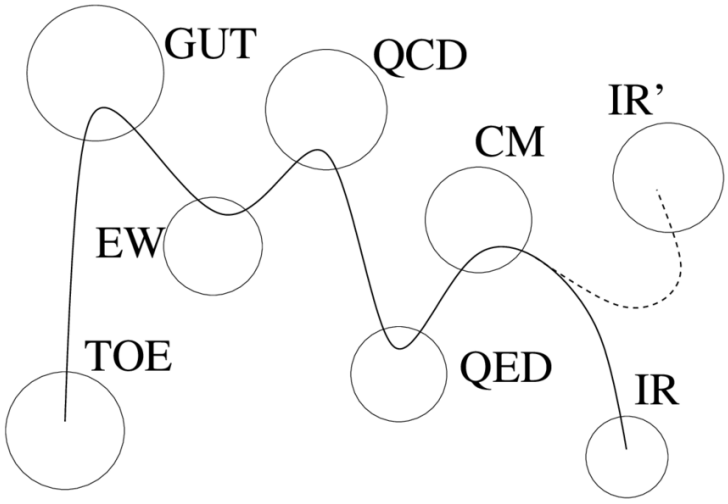
Kenneth G. Wilson (เค็นเน็ธ จี. วิลสัน)

รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1982 จากการใช้ Renormalization Group
อธิบายการเปลี่ยนเฟสของสสาร



Kenneth G. Wilson ภาพจาก www.researchgate.net

Kenneth G. Wilson ศาสตราจารย์ฟิสิกส์ทฤษฎีแห่งมหาวิทยาลัย Cornell ที่ Ithaca รัฐ New York ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี 1982 เสนอทฤษฎี Renormalization Group เพื่ออธิบายพฤติกรรมของสสารขณะเปลี่ยนเฟส (phase) เช่น น้ำแข็งเป็นน้ำเหลวและไอน้ำ เวลาได้รับความร้อน หรือการเปลี่ยนสมบัติการนำไฟฟ้าจากตัวนำยวดยิ่งเป็นตัวนำธรรมดา ทฤษฎีนี้ยังสามารถอธิบายสาเหตุที่แม่เหล็กเปลี่ยนสภาพไปเป็นเหล็กธรรมดา เวลาได้รับความร้อน รวมถึงการเปลี่ยนเฟสของสสารอื่น ๆ ด้วย



ทฤษฎี Renormalization Group ของ Wilson สามารถนำไปใช้ในทฤษฎี เช่น Theory of Everything (TOE), Quantum Electrodynamics (QED) ฯลฯ

ภาพจาก www.researchgate.net

ทฤษฎี Renormalization Group ที่ Wilson ได้พัฒนาขึ้น ในเบื้องต้นสามารถอธิบายสมบัติทางกายภาพของสสารควบแน่น (condensed matter) ซึ่งได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่มีความหนาแน่นสูงมาก แต่ในเวลาต่อมานักฟิสิกส์ก็ได้พบว่าเทคนิคนี้ยังสามารถนำไปอธิบายสมบัติกายภาพของอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ ได้ด้วย นี่จึงเป็นความสำเร็จที่ทำให้นักฟิสิกส์รู้เป็นครั้งแรกว่า ฟิสิกส์เชิงสถิติกับฟิสิกส์ของอนุภาคมูลฐานมีหลักการและเทคนิคที่เหมือน ๆ กัน

ตามปกติ เวลาน้ำได้รับความร้อน น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100°C (ถ้าความดันอากาศภายนอกมีค่าเท่ากับหนึ่งบรรยากาศ) และถ้าเราให้ความร้อนแก่น้ำต่อไป น้ำร้อนก็จะกลายเป็นไอน้ำ หรือในกรณีของฮีเลียมซึ่งเป็นแก๊สที่อุณหภูมิปรกติ แต่เมื่ออุณหภูมิลดต่ำถึง 4.2 องศาเคลวิน ฮีเลียมจะกลายเป็นของเหลว และถ้าอุณหภูมิลดต่ำถึงอุณหภูมิ 2.1 องศาเคลวิน ฮีเลียมเหลวก็จะเปลี่ยนเป็นของเหลวยวดยิ่ง (superfluid) ที่สามารถไหลไปบนผิวของสสารได้โดยปราศจากแรงหนืดต่อต้าน

นักฟิสิกส์เรียกเหตุการณ์เปลี่ยนแปลงที่สมบัติกายภาพก่อนและหลังนี้ว่า การเปลี่ยนเฟส และโดยทั่วไปหลังการเปลี่ยนเฟส สมบัติต่าง ๆ ของสสารจะเปลี่ยนด้วย เช่น ไอน้ำ น้ำเหลว และน้ำแข็ง ต่างมีความหนาแน่น การนำความร้อน และสมบัติกายภาพอื่น ๆ ที่แตกต่างไปมาก และปัจจัยสำคัญที่ทำให้สสารเปลี่ยนเฟส นอกจากอุณหภูมิแล้ว มีปัจจัยด้านความดัน สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า และความบริสุทธิ์ของสสาร เช่น ถ้าความดันมีค่าสูงกว่าหนึ่งบรรยากาศ จุดเดือดของน้ำก็จะสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ในทางตรงกันข้าม ถ้าความดันน้อยกว่าหนึ่งบรรยากาศ น้ำก็จะเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เช่นนี้เป็นต้น

ในการเปลี่ยนเฟสของสสารมีข้อสังเกตสำคัญ คือ ที่จุดวิกฤติ (critical point) สำหรับน้ำมีจุดวิกฤติที่ 374 องศาเซลเซียส และความดันวิกฤต 218 บรรยากาศ เพราะที่อุณหภูมิและความดันสูงกว่าจุดวิกฤตนี้ น้ำกับไอน้ำจะมีสมบัติกายภาพที่เหมือนกัน จนไม่สามารถบอกความแตกต่างกันได้ เพราะในเวลานั้นระบบมีเฟสเดียว

อีกหนึ่งตัวอย่างหนึ่งของการเปลี่ยนเฟส คือ เหล็ก ซึ่งเวลาเป็นของแข็งที่มีสมบัติแม่เหล็กแบบ ferromagnetic ซึ่งเป็นระบบที่มีโมเมนต์แม่เหล็กชี้ทิศของทุกอะตอมเดียวกัน ระบบนี้มีอุณหภูมิวิกฤติที่ 770 องศาเซลเซียส นั่นหมายความว่าถ้าระบบมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติ สารแม่เหล็กจะหมดอำนาจแม่เหล็กแบบ ferro ทันที เพราะโมเมนต์แม่เหล็กทุกตัวจะเรียงตัวแบบสะเปะสะปะ

ตามปกติ เวลาระบบอยู่ในสถานะใกล้จุดวิกฤติมาก สมบัติกายภาพของระบบจะมีค่าแปรปรวนมาก เช่น ในกรณีของน้ำ จะมีฟองอากาศ และฟองน้ำเกิดขึ้นมาก ความปั่นป่วนได้ทำให้นักฟิสิกส์ประสบความลำบากในการสร้างทฤษฎีที่สามารถอธิบายเหตุการณ์ได้อย่างสมบูรณ์

ในปลายทศวรรษของปี 1930 นักฟิสิกส์ทฤษฎีชาวรัสเซียชื่อ Lev Landau (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1962) ได้เสนอทฤษฎีของการเปลี่ยนเฟส ซึ่งอธิบายได้ดีพอประมาณ แนวคิดของ Landau มีประโยชน์มากในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติเชิงกายภาพของสสารขณะเปลี่ยนเฟส โดย Landau ได้เสนอแนวคิดเรื่องพารามิเตอร์ของความเป็นระเบียบ (order parameter) ว่า เวลาระบบมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤติ order parameter จะมีค่าไม่เป็นศูนย์ แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติ order parameter จะมีค่าเป็นศูนย์ จากนั้น Landau ก็ได้เขียนพลังงาน Helmholtz อิสระของระบบในรูปของอนุกรมกำลังคู่ของ order parameter เพื่อใช้คำนวณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ แต่นักฟิสิกส์ได้พบว่าในบางระบบขณะมีอุณหภูมิใกล้อุณหภูมิวิกฤติมาก ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากทฤษฎีของ Landau ไม่ตรงกับผลการทดลอง

ดังนั้นในปี 1971 Kenneth Wilson จึงนำทฤษฎี Renormalization Group ที่ใช้ในสนามคอวนตัมมาอธิบายการเปลี่ยนเฟสในระบบที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊สเป็นครั้งแรก และเมื่อเขาใช้เทคนิคการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ ผลที่ได้ก็ตรงกับผลการทดลองอย่างน่าอัศจรรย์ใจ

Kenneth G. Wilson เกิดเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน ปี 1936 ที่ Waltham รัฐ Massachusetts สหรัฐอเมริกา บิดา E. Bright Wilson เป็นศาสตราจารย์เคมี ผู้แต่งตำรา “Introduction to Quantum Mechanics” ร่วมกับ Linus Pauling (รางวัลโนเบลเคมีปี 1954 และโนเบลสันติภาพปี 1962) ที่คนที่เรียนเคมีและฟิสิกส์ทั่วโลกใช้เรียน

ในวัยเด็ก Wilson ชอบคณิตศาสตร์มาก เช่น ชอบหารากที่สามของจำนวนเต็มขณะที่ต้องยืนคอยรถเมล์ และเรียนหนังสือเก่ง ซึ่งได้ทำให้ Wilson เรียนควบชั้น ป.3 กับ ป.4 ในปีเดียว และข้ามชั้น ม.5 ไปเรียน ม.6 เพราะครูที่สอนพบว่า เวลาครูสอนเรื่องง่าย ๆ Wilson จะออกอาการเบื่อเรียน พ่อจึงส่ง Wilson ไปเรียนที่มหาวิทยาลัยก่อนถึงวัยอันควร Wilson สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียน George School ในรัฐ Pennsylvania เมื่ออายุ 16 ปี และทางโรงเรียนมีบันทึกว่า Wilson สอบแข่งขันคณิตศาสตร์ระดับประเทศได้รับรางวัลบ่อย จึงได้รับเชิญให้ไปรับประทานอาหารค่ำกับศาสตราจารย์คณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัย Harvard เนือง ๆ

Wilson เข้าเรียนคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย Harvard แต่ได้พบว่า คณิตศาสตร์ที่เรียนไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ จึงเปลี่ยนใจไปเรียนฟิสิกส์แทน และเรียนจบปริญญาตรีเมื่ออายุ 20 ปี

จากนั้นได้ไปเรียนต่อที่ California Institute of Technology (Caltech) โดยตั้งใจว่าจะเรียนฟิสิกส์ระดับปริญญาเอกและทำวิทยานิพนธ์เรื่องทฤษฎีควอนตัม โดยมี Murray Gell-Mann (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1969) เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา แต่เมื่อ Wilson เดินไปถาม Gell-Mann ว่า อาจารย์กำลังสนใจทำวิจัยเรื่องอะไร Gell-Mann ถามกลับว่า คุณสามารถจะแก้ปัญหาแบบจำลอง Ising ใน 3 มิติได้หรือไม่

แบบจำลอง Ising คือ แบบจำลองที่ Ernest Ising ได้เสนอไว้ในปี 1924 แบบจำลองนี้โมเมนต์แม่เหล็กของอะตอมในระบบมีการเรียงตัวใน 1 มิติ โดยโมเมนต์แม่เหล็กมีทิศที่ชี้ขึ้นกับลงเท่านั้น และแต่ละโมเมนต์แม่เหล็กลมีอันตรกริยากับโมเมนต์แม่เหล็กที่อยู่ใกล้กันมากที่สุดเท่านั้น Ising ได้พยายามหาว่า ระบบนี้จะเปลี่ยนเฟสจาก

แม่เหล็กไปเป็นเฟสที่ไร้สภาพแม่เหล็กได้ที่อุณหภูมิเท่าไร และอุณหภูมินี้ขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง

ในปี 1944 Lars Onsager (รางวัลโนเบลเคมีปี 1968) ได้ขยายแบบจำลอง Ising จาก 1 มิติไปเป็น 2 มิติ และสามารถหาอุณหภูมิวิกฤติของระบบได้ โดยใช้ทฤษฎีฟิสิกส์เชิงสถิติ แต่ในระบบ Ising ใน 3 มิตินั้น ตราบถึงวันนี้ก็ยังไม่มีใครสามารถพบสูตรสำเร็จของอุณหภูมิวิกฤตได้

เมื่อได้ปัญหาวิจัย Wilson ก็เริ่มทำงาน แต่อาจารย์ Gell-Mann ต้องเดินทางไปวิจัยและได้รับเชิญไปบรรยายที่มหาวิทยาลัยในต่างประเทศบ่อย ดังนั้น Wilson จึงต้องทำงานวิจัยด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ และได้วิจัยที่มหาวิทยาลัย Harvard Wilson จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก เมื่ออายุ 25 ปี คือ ในปี 1961 จากนั้นได้เดินทางไปทำวิจัยหลังปริญญาเอกที่สถาบันศูนย์วิจัยนิวเคลียร์แห่งยุโรป (CERN) เป็นเวลา 2 ปี แล้วกลับไปเป็นอาจารย์สอนที่มหาวิทยาลัย Cornell การได้งานเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยทั้ง ๆ ที่มีผลงานวิจัยเพียง 3 เรื่อง ได้ทำให้อาจารย์หลายคนที่มหาวิทยาลัย Cornell มีความคลางแคลงใจว่า Wilson คงใช้ “เส้น”

แต่เมื่อ Wilson ได้ Gell-Mann เขียนคำรับรอง และมี Hans Bethe (รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967) เชื่อในความสามารถ Wilson ก็ได้เป็นอาจารย์ประจำ จากนั้นเพียง 7 ปี Wilson ก็ได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์ฟิสิกส์ และทำงานที่ Cornell จนถึงปี 1988

Kenneth G. Wilson (ซ้าย) กับ Hans Bethe (ขวา) รางวัลโนเบลฟิสิกส์ปี 1967 เมื่อได้รับข่าวว่า Wilson ได้รับรางวัลโนเบล ปี 1982 ภาพจาก news.cornell.edu

ในปี 1971 Wilson ได้เริ่มสนใจปรากฏการณ์การเปลี่ยนเฟส และได้บุกเบิกการวิจัยด้านนี้ด้วยการใช้เทคนิคแบบ Renormalization Group ซึ่งเป็นการวิจัยบุกเบิกที่ยิ่งใหญ่และสำคัญมาก จนทำให้ได้รับรางวัลโนเบลฟิสิกส์ในที่สุด

หลังจากที่ได้ลาออกจากมหาวิทยาลัย Cornell แล้ว Wilson ได้โอนไปเป็นอาจารย์ที่ Ohio State University เมื่อปี 1988 แล้วทำงานที่นั่นอีก 20 ปี จนเกษียณชีวิตทำงานในปี 2008

ถึงวันที่ 15 มิถุนายน ปี 2013 Wilson ได้เสียชีวิตที่บ้านในเมือง Saco รัฐ Maine สิริอายุรวม 77 ปี

ในช่วงเวลาที่มีชีวิตอยู่ Wilson ได้รับรางวัลเกียรติยศมากมาย เช่น

เหรียญ Boltzmann เหรียญแรกของสมาคมฟิสิกส์สถิติ ในปี 1975

รางวัล Wolf Prize สาขาฟิสิกส์จากรัฐบาลของอิสราเอลในปี 1980

และรางวัล Nobel ฟิสิกส์ ในปี 1982 จากการสร้างทฤษฎีที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนเฟสโดยใช้เทคนิค Renormalization Group ซึ่งสามารถนำไปใช้ศึกษาระบบที่ประกอบด้วยอะตอม โมเลกุล อนุภาคมูลฐานจำนวนมาก และสสารควบแน่น

ในการทำ Renormalization อันเป็นเทคนิคคณิตศาสตร์ที่นักฟิสิกส์ทฤษฎีใช้ในการกำจัดค่าที่มากอนันต์ ซึ่งเกิดขึ้นเวลาต้องคำนวณแผนภาพ Feynman (Feynman diagram) ความสำเร็จนี้เกิดจากความรู้ว่าการเปลี่ยนแปลงสเกลของการสังเกตทุกขั้นตอนมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เห็น เช่น เวลาดูภาพวาดด้วยตาเปล่าจากที่ไกลจะเห็นภาพเป็นงานศิลปะ แต่เมื่อมองใกล้ขึ้น ๆ จะเห็นสารสี โมเลกุล และอะตอม ควาร์ก ซึ่งไม่เกี่ยวกับศิลปะเลย ภาพที่เห็นจึงขึ้นกับระยะทางที่ดู

สิ่งที่ Wilson ประสบความสำเร็จ คือ สามารถสร้างทฤษฎีคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสเกลการสังเกตได้ จากการถอดสมการ Low ที่อธิบายการกระเจิงของอนุภาค-meson โดยนิวเคลียสได้

นอกจากจะใช้แก้ปัญหาการอธิบายปรากฏการณ์วิกฤตแล้ว ทฤษฎี renormalization group ยังใช้แก้ปัญหาของฟิสิกส์อนุภาคได้ด้วย จากตัวอย่างเรื่องการคำนวณมวลในตัว (selfmass) ของอิเล็กตรอน

ตั้งแต่ J.J. Thomson ได้พบอิเล็กตรอนแล้ว นักฟิสิกส์ก็ได้ตั้งประเด็นสงสัยว่าอิเล็กตรอนมีขนาดหรือไม่ ถ้ามีจะมีรัศมีเท่าไร มีลักษณะกลม หรือเป็นทรงไข่ และประจุของอิเล็กตรอนจะกระจายอยู่ทั่วเนื้อในมันหรืออย่างไร

นักทฤษฎีจึงตั้งสมมติฐานว่า อิเล็กตรอนมีรัศมี = a และให้ $a \longrightarrow 0$ นั่นคืออิเล็กตรอนเป็นจุดที่ไม่มีขนาด แต่เมื่อต้องคำนวณพลังงานดูลอมบ์ของอิเล็กตรอนใน

เงื่อนไขที่ a ⟶ o เขากลับพบว่า พลังงานมีค่ามากถึงอนันต์ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ในเวลาต่อมา นักทฤษฎีควอนตัมก็ได้พบว่า ค่าอนันต์นี้สามารถถูกกำจัดไปได้ถ้านำมวลตนเองของอิเล็กตรอนไปรวมกับมวลที่เกิดจากแรงภายในที่ยึดเนื้ออิเล็กตรอนไว้

นี่คือ กรบวนการทำ mass renormalization ในทฤษฎี QED ซึ่งทำงานได้ดี แม้ภายใต้เงื่อนไขที่รัศมีของอิเล็กตรอนลดลง ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ เป็นอิเล็กตรอนที่มีลักษณะเป็นจุดและไม่มีขนาด

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Problems in Physics with many Scales of Length” โดย K.G. Wilson ใน Scientific American, August 1979.

2. Souza, Huan; Bevilaqua, L. Ibiapina; Lehum, A. C. (2020-08-05). "Renormalization group improvement of the effective potential in six dimensions". Physical Review D. 102 (4) 045004. arXiv:2005.03973. Bibcode:2020PhRvD.102d5004S. doi:10.1103/PhysRevD.102.045004

Edward Witten (เอ็ดเวิร์ด วิตเทน)

ผู้บุกเบิกคนหนึ่งของทฤษฎี String ที่ใช้สร้างทฤษฎีของสรรพสิ่ง

Edward Witten ภาพจาก www.kyotoprize.org

นักฟิสิกส์ได้ตระหนักมานานกว่าหนึ่งศตวรรษแล้วว่า ทฤษฎีควอนตัมและทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein ไม่สามารถนำมาใช้ร่วมกันได้ เพราะทฤษฎีควอนตัมเหมาะสำหรับใช้อธิบายสมบัติของนิวเคลียส อะตอม และโมเลกุลที่มีขนาดเล็กระดับ 10^(-10) เมตร ส่วนทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปใช้อธิบายพฤติกรรมของดาวเคราะห์จนถึงเอกภพที่มีขนาด 10^(-30) เมตร

แม้จะได้พยายามสังเคราะห์มานานก็ตาม แต่ก็ยังไม่มีนักฟิสิกส์ทฤษฎีคนใดสามารถสร้างความปรองดองระหว่างทฤษฎีทั้งสองนี้ให้เข้ากันได้ คือ ให้คำตอบที่เหลวไหล ซึ่งถ้าทำได้ เราก็จะมีทฤษฎีของสรรพสิ่ง (Theory of Everything) ที่สามารถอธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ทางกายภาพได้ทุกเรื่อง

สำหรับคนหนึ่งที่มีแนวโน้มมากที่สุดในการทำให้ความฝันของนักฟิสิกส์ทั้งโลกเป็นความจริง คือ Edward Witten (1951-ปัจจุบัน) ซึ่งปัจจุบันดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์

แห่ง Institute for Advanced Study ที่ Princeton ในรัฐ New Jersey สหรัฐอเมริกา และเป็นบุคคลที่นิตยสาร Time เคยยกย่องว่า เป็นนักฟิสิกส์ที่ฉลาดปราดเปรื่องที่สุดในโลก เมื่อปี 2004

Edward Witten เกิดเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม ปี 1951 ที่เมือง Baltimore รัฐ Maryland สหรัฐอเมริกา ในครอบครัวที่ให้ความสำคัญของการศึกษามาก บิดาเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎีแห่งมหาวิทยาลัย Cincinnati ที่เชี่ยวชาญด้านทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของ Einstein

ขณะยังอยู่ในวัยเด็ก Witten สนใจดาราศาสตร์และอวกาศมาก เพราะช่วงเวลานั้นเป็นยุคที่มีการบุกเบิกการสำรวจอวกาศ ดังนั้น ประเทศมหาอำนาจ เช่น สหรัฐอเมริกาและรัสเซีย จึงมีการแข่งขันกันสร้างดาวเทียม ยานอวกาศ และจรวด ข่าวความสำเร็จในการสำรวจอวกาศได้ทำให้ Witten ต้องการจะเป็นนักดาราศาสตร์ในอนาคตมาก จึงซื้อกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กมาใช้ส่องดูดาวที่บ้าน

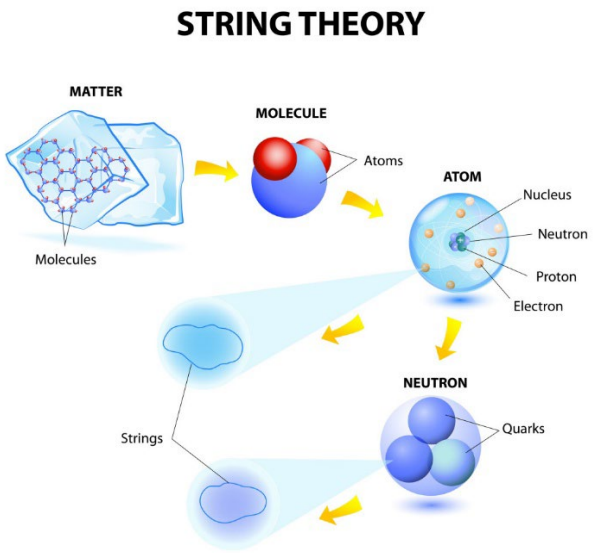
Witten เป็นคนเรียนหนังสือเก่งมาก จึงได้เรียนข้ามชั้นบ่อย และในชั้นเรียนใหม่ก็สามารถเรียนได้ทันเพื่อนที่มีอาวุโสกว่าโดยตลอด เพราะมีบิดาเป็นแรงกระตุ้นให้รู้จักถกเถียง และอภิปรายปัญหาวิทยาศาสตร์ตลอดเวลา เมื่ออายุมากขึ้นก็ได้เริ่มเปลี่ยนใจไปต้องการเป็นนักคณิตศาสตร์แทน และไม่คิดจะเป็นนักฟิสิกส์เลย Witten ไม่รู้แม้แต่น้อยว่า ในอนาคตเขาจะเป็นคนที่สร้างสะพานเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์

Witten เข้าเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ Park School แม้จะมีอายุน้อยกว่าเพื่อน ๆ ในห้อง เพราะข้ามชั้นเรียนบ่อย แต่ก็ยังเก่งกว่าเพื่อน ๆ ทุกคน จนได้รับคำยกย่องจากเพื่อนๆ และอาจารย์ว่า เป็นเด็กฉลาดที่สุดในโลก ที่โรงเรียน Witten สนใจวิทยาการหลายด้านทั้งประวัติศาสตร์ การเมือง วิทยาศาสตร์ ฯลฯ อีกทั้งเป็นนักเคลื่อนไหว

(activist) ผู้เคยเขียนจดหมายถึงกองบรรณาธิการหนังสือพิมพ์ Baltimore Sun โดยได้แถลงต่อต้านสหรัฐฯ ในการเข้าสงครามที่เวียดนาม ตามปกติ Witten เป็นคนที่มีจิตใจเอื้อเฟื้อต่อบุคคลอื่น และชอบแสดงความคิดเห็น แม้สิ่งที่คิดนั้นจะไม่เป็นที่ชื่นชมของบุคคลอื่นก็ตาม

จากโรงเรียนมัธยม Witten ได้เข้าเรียนต่อที่มหาวิทยาลัย Brandeis และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีด้านประวัติศาสตร์เมื่ออายุ 20 ปี ในปี 1972 Witten มิได้เรียนอย่างทุ่มเท เพราะได้เข้าร่วมกิจกรรมกับเพื่อนบ่อย เช่น เดินหาเสียงสนับสนุนให้ George McGovern เป็นประธานาธิบดี และเขียนบทความแสดงความคิดเห็นไปลงในหนังสือพิมพ์ Nation กับ New Republic บ่อย ประสบการณ์การเมืองที่ได้รับทำให้ตระหนักดีว่า ตนไม่เหมาะกับการทำงานรัฐศาสตร์ และประวัติศาสตร์เลย จึงเบนเข็มทิศชีวิตไปศึกษาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย Princeton แทน และพบว่า นี่คือวิถีชีวิตที่ตนต้องการ

ภายในเวลาเพียง 4 ปี Witten ก็สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก และได้งานเป็นนักวิจัยฟิสิกส์หลังปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Princeton ผลงานที่ทำในช่วงนี้นำมาซึ่งชื่อเสียง และเกียรติยศมากมาย จนได้รับตำแหน่งเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ เมื่ออายุเพียง 28 ปี และอยู่สังกัดที่นี่จนถึงปี 1987 จึงได้ย้ายไปประจำที่ Institute for Advanced Study ที่ Einstein เคยทำงาน



ทฤษฎี String ที่ใช้อนุภาคอธิบายพฤติกรรมของระบบที่มีขนาดเล็กยิ่งกว่า quark

ภาพจาก http://kidspressmagazine.com

Witten สนใจการสร้างทฤษฎี String ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ต้องการสังเคราะห์ทฤษฎีควอนตัม ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเข้าเป็นทฤษฎีหนึ่งเดียว ผลที่ตามมา คือ แนวคิดและวิธีคิดของ Witten ได้ปฏิวัติฟิสิกส์อย่างมโหฬาร เช่น Witten ได้เสนอแนะว่าโครงสร้างของเอกภพมี 10 มิติ และธรรมชาติมีอนุภาคอีกมากมายที่มนุษย์ยังไม่เคยเห็น รวมถึงการให้คำอธิบายเรื่องการถือกำเนิดของเวลาด้วย

ในบรรดาเกียรติยศมากมายที่ Witten ได้รับ มีเหรียญ Einstein และเหรียญ Dirac ลุถึงปี 1990 Witten ได้รับเหรียญ Fields ซึ่งเป็นรางวัลทางคณิตศาสตร์ที่มีศักดิ์ศรีเทียบเท่ารางวัลโนเบล ดังนั้น Witten จึงเป็นนักฟิสิกส์คนแรกที่ได้รับรางวัลสุดยอดทางคณิตศาสตร์ (และในอนาคตเขาอาจจะเป็นนักคณิตศาสตร์คนแรกที่รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ด้วย) เพราะทฤษฎี String ของ Witten ใช้คณิตศาสตร์นามธรรมที่ลึกซึ้งและซับซ้อนมาก

ในการปูพื้นฐานเพื่อจะเข้าใจความสำคัญและความยากในการทำงานของ Witten เราคงรู้มานานแล้วว่า Isaac Newton (1642-1727) ในสมัยคริสต์ศตวรรษที่ 17 ได้

วางรากฐานของวิชาฟิสิกส์ โดยการพบแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างสสารทุกชนิด และพบกฎการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนั้น Newton ก็ได้สร้างวิชาแคลคูลัสขึ้นมาเพื่ออธิบายสาเหตุที่ทำให้แอปเปิลตกสู่โลก และสาเหตุที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ฯลฯ ฟิสิกส์ของ Newton ยังแสดงให้เห็นอีกว่า ถ้าเรามีข้อมูลเกี่ยวกับแรงอย่างสมบูรณ์ เราก็สามารถพยากรณ์ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกแรงกระทำได้เป็นอย่างดีจนวิศวกรสถาปนิก และช่างได้นำกฎของ Newton ไปใช้ในการออกแบบสะพาน อาคาร อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ส่วนนักดาราศาสตร์ก็ใช้กฎของ Newton อธิบายวิถีโคจรของดาวเคราะห์ กาแล็กซี และของอุกกาบาตในระบบสุริยะ ด้านองค์การ National Aeronautics and Space Administration (NASA) ก็ประยุกต์กฎของ Newton ในการส่งยานอวกาศไปเยือนดาวเคราะห์ต่าง ๆ ในสุริยจักรวาล

แต่ในเวลาต่อมานักฟิสิกส์ได้พบว่าทฤษฎีของ Newton ยังไม่ถูกต้อง 100% เพราะเวลาวัตถุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามโน้มถ่วงความเข้มสูงมาก เช่น ในกรณีดาวพุธที่โคจรใกล้ดวงอาทิตย์ การคำนวณลักษณะวงโคจรของดาวพุธโดยใช้กฎของ Newton ให้ผลที่แตกต่างจากการสังเกต แม้ความแตกต่างจะมีค่าน้อยนิด แต่ทฤษฎีของ Einstein สามารถอธิบายความแตกต่างนี้ได้ ทั้ง ๆ ที่มีความแตกต่างจากทฤษฎีของ Newton ราวฟ้ากับดิน เพราะ Newton เสนอแนะว่า ดาวพุธถูกดวงอาทิตย์ดึงดูดด้วยแรงโน้มถ่วงแต่ไม่ได้อธิบายว่าเพราะเหตุใด ด้าน Einstein ได้อธิบายว่า อวกาศในบริเวณรอบดวงอาทิตย์ถูกบิดโค้งเป็นแอ่ง ด้วยอิทธิพลของมวลดวงอาทิตย์ เสมือนการวางลูกโบว์ลิ่งบนฟูก ซึ่งทำให้ฟูกในบริเวณโดยรอบลูกโบว์ลิ่งถูกกดโค้งลงเป็นแอ่ง ดังนั้น ดาวพุธจึงพุ่งโค้งวนเวียนไปรอบดวงอาทิตย์ ในการอธิบายทฤษฎีแรงโน้มถ่วงในรูปแบบนี้ Einstein ต้องใช้เรขาคณิตแบบ Riemann แทน เรขาคณิตแบบ Euclid จนได้ข้อสรุปว่า แรงโน้มถ่วง

เกิดจากการที่มวลมีความเร่ง และเอกภพมี 4 มิติ คือ 3 มิติของระยะทางและ 1 มิติของเวลา ทฤษฎีนี้เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในนาม ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป

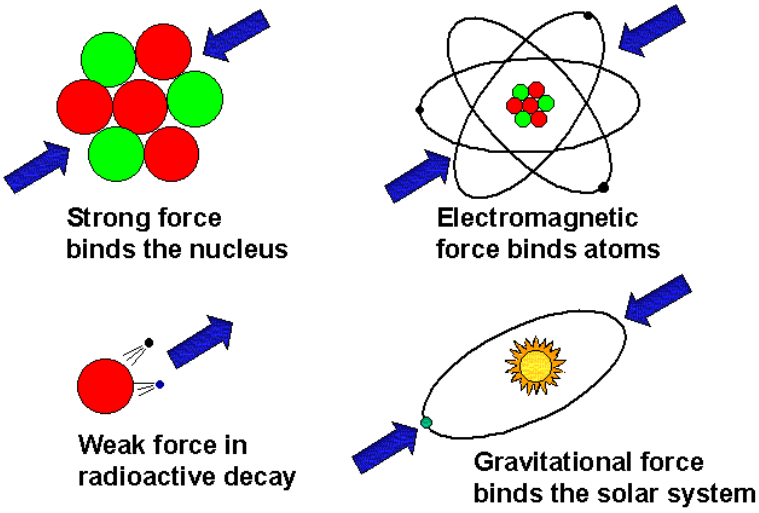
นอกจากจะมีปรากฏการณ์โน้มถ่วงแล้ว ธรรมชาติยังมีปรากฏการณ์แสง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ฯลฯ รวมถึงมีปรากฏการณ์ความร้อนด้วย ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีของ James Clerk Maxwell (1831-1879) และของ Lord Kelvin (1824-1907)

ความสำเร็จเหล่านี้ทำให้นักฟิสิกส์หลายคนพากันคิดว่า มนุษย์รู้และเข้าใจฟิสิกส์จนแจ่มแจ้งแล้ว แต่ในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 ได้มีการพบปรากฏการณ์แปลกประหลาด เช่น กัมมันตรังสี รังสีเอกซ์ อิเล็กตรอน และสเปกตรัมของแสง ฯลฯ ที่ทฤษฎีของ Newton และ Maxwell ไม่สามารถอธิบายสาเหตุการเกิดปรากกฎการณ์เหล่านี้ได้เลย ความกดดันทำให้ Max Planck (1858–1947), Niels Bohr (1885-1962), Erwin Schrödinger (1887–1961) และ Werner Heisenberg (1901-1976) พัฒนาวิชากลศาสตร์รูปแบบใหม่ชื่อ กลศาสตร์ควอนตัมขึ้นมา เพื่อใช้อธิบายเหตุการณ์ “เพี้ยน” เหล่านี้ โดยแนวคิดในวิชากลศาสตร์ควอนตัม มีรูปแบบประหลาดและมีคำอธิบายที่ดูเหนือจริง คือ ขัดแย้งกับสามัญสำนึกทั่วไป เช่นว่าแสงซึ่งประกอบด้วยสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก และถ้าให้แสงพุ่งผ่านสลิตเล็กสองรู แสงจะสามารถแสดงสมบัติของคลื่นในปรากฏการณ์แทรกสอดและเลี้ยวเบนได้ นอกจากนี้แสงก็สามารถแสดงสมบัติของอนุภาคได้ด้วย เช่น ถ้าให้แสงพุ่งชนอิเล็กตรอน แต่แสงจะไม่สามารถแสดงสมบัติของคลื่น และอนุภาคได้ในเวลากัน หรือในกรณีอิเล็กตรอนที่โคจรรอบอะตอม ทฤษฎีควอนตัมก็อธิบายว่า อิเล็กตรอนสามารถอยู่ได้ทุกหนทุกแห่ง ในบริเวณรอบนิวเคลียสได้ในเวลาเดียวกัน โดยที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีโอกาสการพบอิเล็กตรอนไม่เท่ากัน

ณ วันนี้ทฤษฎีควอนตัมเป็นทฤษฎีฟิสิกส์ที่ดีที่สุดที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในอะตอม และเป็นทฤษฎีที่ให้กำเนิดเทคโนโลยีใหม่ ๆ มากมาย เช่น เลเซอร์ ทรานซิสเตอร์ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ตัวนำยวดยิ่ง ฯลฯ รวมถึงช่วยให้นักเคมีเข้าใจด้วยว่า อะตอมต่าง ๆ รวมตัวกันเป็นโมเลกุลได้อย่างไร อีกทั้งช่วยให้นักฟิสิกส์เข้าใจว่าอนุภาคโปรตอน และนิวตรอนที่มีจำนวนมากมายในนิวเคลียสอยู่กันอย่างไรในอะตอมด้วย

เพราะสสารทุกชนิดประกอบด้วยอะตอม (แม้แต่ DNA หรือ mitochondria ฯลฯ ก็ประกอบด้วยอะตอม) ดังนั้น นักฟิสิกส์จึงคิดว่า ถ้าเราสามารถเข้าใจอะตอมและอันตรกริยาทุกชนิดระหว่างอะตอม เราก็สามารถเข้าใจโมเลกุลและอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลทุกชนิดได้ และนั่นหมายความว่า เราจะเข้าใจพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตด้วย

ด้วยเหตุนี้นักฟิสิกส์จึงต้องค้นหาอนุภาคทุกชนิด และแรงทุกรูปแบบในเอกภพโดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูง จนในที่สุดก็ได้พบว่า เอกภพประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน (คือ อนุภาคที่แบ่งแยกให้เล็กลงไปอีกต่อไปไม่ได้) ที่เรียกว่า quark 6 ชนิด คือ ชนิด up, down, charm, strange, top และ bottom กับ lepton 6 ชนิด คือ electron, muon, tau, electron neutrino, muon neutrino และ tau neutrino และพบว่าอันตรกิริยาในเอกภพมี 4 ชนิด คือ



อันตรกิริยาทั้ง 4 รูปแบบที่มีในธรรมชาติ ภาพจาก www.researchgate.net

1. อันตรกิริยารุนแรง (strong force) ที่กระทำระหว่าง quark โดยใช้อนุภาค gluon เป็นสื่อ

2. อันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระทำระหว่างอนุภาคที่มีประจุ ซึ่งใช้อนุภาค photon เป็นสื่อ

3. อันตรกิริยาอ่อน (weak force) ที่เกิดขึ้น ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งใช้อนุภาค W^+, W^- และ Z^0 เป็นสื่อ

4. อันตรกิริยาโน้มถ่วงซึ่งกระทำระหว่างมวล นับเป็นอันตรกิริยาที่รุนแรงน้อยที่สุด โดยใช้อนุภาค graviton เป็นสื่อ

โดยอันตรกิริยาที่กระทำระหว่าง quark มี 4 แรง และแรงที่กระทำระหว่าง lepton มี 3 แรง โดยไม่มี strong interaction

นักฟิสิกส์เรียกทฤษฎีควอนตัมที่มีอนุภาคและแรงตามรูปแบบดังกล่าวข้างต้นว่า Standard Model (แบบจำลองมาตรฐาน) และใช้แบบจำลองนี้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในนิวเคลียสและอะตอมได้เป็นอย่างดีมาก นี่เป็นการอธิบายระดับลึกสุด ๆ แต่ก็ยังไม่

ประสบความสำเร็จในการอธิบายทุกสิ่งทุกอย่างได้เหมือนกับที่นักภาษาศาสตร์รู้ว่าอักษรอังกฤษมี 26 ตัว และมีกฎในการเขียนคำ การสะกด และการอ่านอย่างไร จนสามารถสร้างคำ ประโยค เนื้อเรื่อง แต่ก็ยังแต่งนวนิยายและสร้างวรรณกรรมได้ อย่างไม่มีวันสิ้นสุด

อ่านเพิ่มเติมจาก

1. Witten, E. (March 13–18, 1995). Some problems of strong and weak coupling. physics.usc.edu. Future Perspectives in String Theory. Los Angeles: University of Southern California. Archived from the original on November 15, 2020. Retrieved February 1, 2023.

2. Hawking, Stephen (1975). "Particle creation by black holes". Communications in Mathematical Physics. 43 (3): 199–220. Bibcode:1975CMaPh..43..199H. doi:10.1007/BF02345020. S2CID 55539246. Archived from the original on 2014-07-05. Retrieved 2023-12-08

นามนักฟิสิกส์บนปกหลังด้านใน

Isaac	**Newton**
Galileo	**Galilei**
Johannes	**Kepler**
Michael	**Faraday**
James	**Maxwell**
William	**Thomson**
Ludwig	**Boltzmann**
Giovanni	**Cassini**
Robert	**Hooke**
Christiaan	**Huygens**

LEGENDARY SCIENTISTS
NEWTON · GALILEO · KEPLER · FARADAY · MAXWELL · KELVIN · BOLTZMANN · CASSINI · HOOKE · HUYGENS
DEDICATED TO THE MANY PAST.
OF INQUIRY, DISCOVERY, AND INVENTION
THAT HAS ILLUMINATED OUR WORLD
AND SHAPED OUR FUTURE.