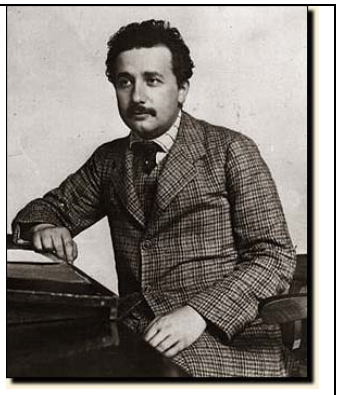
File : G2K-SciWorld-Einstein-All_Work.pdf

ไอน์สไตน์ ฝากอะไรไว้ให้กับโลก?

ผลงานชั่วชีวิตของยอดอัจฉริยะ



ดร. บัญชา ธนบุญสมบัติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

buncht@mtec.or.th

http://gotoknow.org/blog/science

* ตีพิมพ์ครั้งแรกในนิตยสาร Science World ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2548 หน้า 13-16

ถึง ณ วันนี้ หลายท่านคงจะได้อ่านเรื่องราวเกี่ยวกับไอน์สไตน์ในแง่มุมต่างๆ จนอาจจะ “อิ่ม” (หรือถึงขั้น “พุงกาง”) กันแล้วก็เป็นได้ แต่ผมเองยังไม่เคยเห็นใครสรุปผลงานตลอดทั้งชีวิตของไอน์สไตน์ไว้ในภาคภาษาไทยเลย ก็เลยเสนอกับ บก. หนุ่มไฟแรง (คุณสาโรจน์) ว่า น่าจะลองประมวลผลงานของไอน์สไตน์มากำนัลแด่แฟนๆ ของ Science World เอาแบบสั้นๆ ง่ายๆ แต่เห็นภาพใหญ่

อย่างไรก็ตาม หากมีใครเจองานของไอน์สไตน์ที่ไม่ได้ลงรายการไว้ในบทความนี้ ก็แอบกระซิบให้ผมทราบหน่อย เราจะได้ช่วยกันเก็บข้อมูลให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดีไหมครับ?

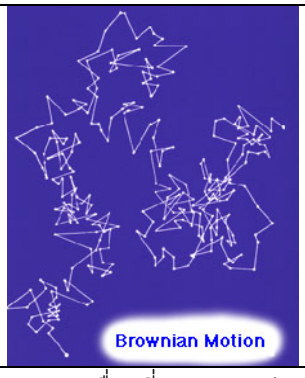
เราจะเริ่มต้นจากเมื่อ 100 ปีที่แล้ว - ปี ค.ศ.1905 - ปีมหัศจรรย์ของไอน์สไตน์ (Einstein’s Miraculous Year) แล้วค่อยๆ ไล่เรียงผลงานต่างๆ ของนักฟิสิกส์ยอดอัจฉริยะท่านนี้ไปตามลำดับเวลากัน

ปี ค.ศ. 1905 (พ.ศ. 2448) : ปีมหัศจรรย์ของไอน์สไตน์

ขณะที่ไอน์สไตน์วัยหนุ่มมีอายุเพียง 26 ปี และทำงานเป็นเสมียนในสำนักงานจดสิทธิบัตรนั้น เขายัง “โนเนม” ในวงการฟิสิกส์ แต่เมื่อได้ตีพิมพ์บทความระดับสุดยอด 5 บทความ ซึ่งครอบคลุม 3 ประเด็นใหญ่ภายในปีเดียว ไอน์สไตน์ก็กลายเป็นดาวรุ่งพุ่งแรงขึ้นมาในวงการทันที (บทความทั้งหมดนี้เขียนด้วยภาษาเยอรมัน และตีพิมพ์ในวารสารวิชาการชั้นนำ *Annalen der Physik* ส่วนชื่อที่ให้ไว้เป็นคำแปลในภาษาอังกฤษและภาษาไทย)

อะตอมมีจริง

โรเบิร์ต บราวน์ ผู้ค้นพบการเคลื่อนที่แบบบราวน์



การเคลื่อนที่แบบบราวน์

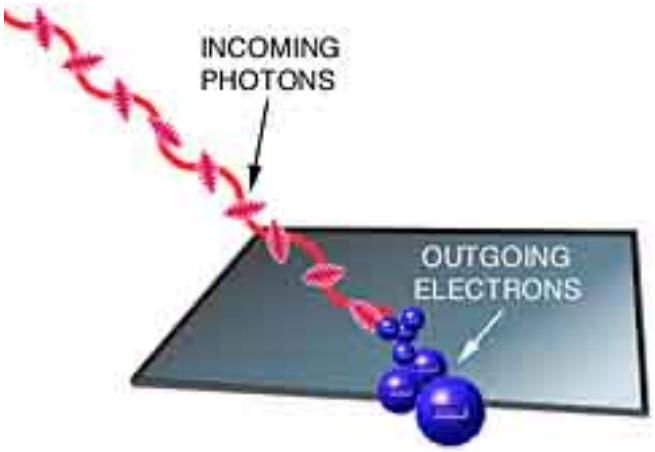
ไอน์สไตน์ตีพิมพ์บทความ “A New Determination of Molecular Dimensions” หรือ “วิธีการใหม่ในการวัดขนาดของโมเลกุล” ซึ่งเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของเขา บทความนี้นำเสนอวิธีการวัดขนาดของโมเลกุลจากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของตัวถูกละลายและความหนืดของตัวทำละลาย รวมทั้งวิธีการหาค่าเลขอาโวกาโดรแบบหนึ่งด้วย

ส่วนอีกบทความหนึ่ง คือ “On the Motion of of Small Particles Suspended in Liquids at Rest Required by the Molecular-Kinetic Theory of Heat” หรือ “ว่าด้วยการเคลื่อนที่ของอนุภาคเล็กๆ ซึ่งแขวนลอยอยู่ในของเหลวที่อยู่นิ่งตามทฤษฎีความร้อนเชิงจลน์-โมเลกุล” เป็นทฤษฎีอธิบายการเคลื่อนที่แบบบราวน์ (Brownian motion) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่อย่างสุ่มๆ ของอนุภาคขนาดเล็ก (เช่น ฝุ่นผงหรือละอองเกสรดอกไม้ขนาดประมาณ 1 ไมครอน) บนผิวของของเหลว

ประเด็นสำคัญก็คือ ในยุคนั้น ยังมีนักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาจำนวนหนึ่งไม่ยอมรับทฤษฎีอะตอม แต่บทความแรก (วิทยานิพนธ์ของไอน์สไตน์) ได้ไปไกลกว่านั้นแล้วถึง 2 ขั้น นั่นคือ คำนวณหาขนาดของโมเลกุลกันแล้ว (ซึ่งมีสมมติฐานว่าอะตอมและโมเลกุลมีจริงรองรับอยู่ก่อนแล้ว)

ส่วนทฤษฎีอธิบายการเคลื่อนที่แบบบราวน์ของไอน์สไตน์มีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นครั้งแรกที่มีการแสดงให้เห็นในทางทฤษฎีว่า อะตอมและโมเลกุลมีจริง และทำให้คนที่ยังข้องใจ เปลี่ยนใจหันมายอมรับ

ทฤษฎีอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

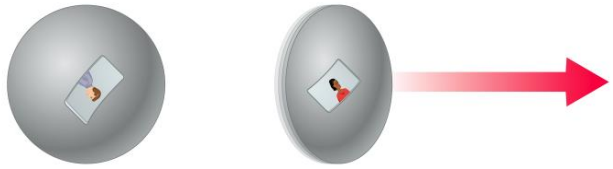


ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

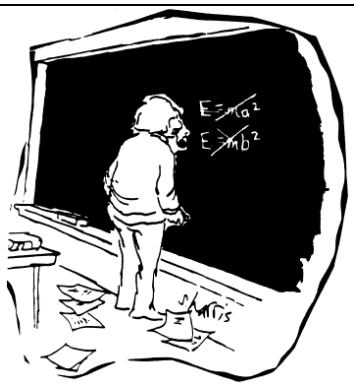
ไอน์สไตน์เสนอแนวคิดที่ว่า แสงสามารถแสดงสมบัติของอนุภาคได้ในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (photoelectric effect) ในบทความ “On a Heuristic Point of View Concerning the Production and Transformation of Light” หรือ “ว่าด้วยมุมมองเชิงฮิวริสติกเกี่ยวกับการเกิดและการเปลี่ยนแปลงของแสง”

แก่นสาระของบทความนี้ก็คือ ในการอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากโลหะเมื่อมีแสงมาตกกระทบนั้น เราจำเป็นต้องคิดว่า แสงมีพฤติกรรมเหมือนอนุภาค ซึ่งแนวคิดนี้ขัดแย้งกับความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์แทบทุกคนในขณะนั้นที่เข้าใจว่า แสงเป็นคลื่นและสามารถอธิบายได้อย่างสมบูรณ์ด้วยทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปรากฏการณ์ที่คลื่น (เช่น แสง) สามารถแสดงสมบัติของอนุภาคได้นี้ เป็นส่วนหนึ่งของสภาวะที่เรียกว่าทวิภาพของคลื่นและอนุภาค (wave-particle duality) ซึ่งเป็นแก่นความคิดของกลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) ที่ถือกำเนิดในเวลาต่อมา จึงถือได้ว่า ไอน์สไตน์เป็นหนึ่งในนักฟิสิกส์คนแรกๆ ที่ได้ช่วยวางรากฐานให้กับกลศาสตร์ควอนตัมด้วยเช่นกัน และจากผลงานชิ้นนี้เองที่ทำให้ไอน์สไตน์ได้รับรางวัลโนเบล สาขาฟิสิกส์ ประจำปี ค.ศ.1921

ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ



วัตถุหดลงในทิศทางการเคลื่อนที่ตามทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ



การ์ตูนล้อไอน์สไตน์ขณะกำลังพิสูจน์สูตร $E = mc^2$

ไอน์สไตน์เสนอบทความ “On the Electrodynamics of Moving Bodies” หรือ “ว่าด้วยอิเล็กโทรไดนามิกส์ของวัตถุซึ่งกำลังเคลื่อนที่” ซึ่งก็คือ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) นั่นเอง ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษทำให้มนุษย์เข้าใจอย่างถูกต้องว่า สิ่งที่เคยเชื่อกันเสมอมาว่า เหมือนกันสำหรับทุกๆ คน เช่น ที่ว่าง (space = ตำแหน่ง) และเวลา (time) ไม่ใช่สิ่งที่ทุกๆ คนสังเกตเห็นตรงกันหมด หรือพูดด้วยภาษาฟิสิกส์ว่า ที่ว่างและเวลาเป็นสัมพัทธภาพ (relativity) นั่นคือ เธอเห็นอย่างนี้ แต่ฉันอาจเห็นอีกอย่าง อย่างไรก็ตาม มีปริมาณบางอย่างที่ทุกคนเห็นตรงกันหมด เช่น อัตราเร็วของแสง กฎทางฟิสิกส์ และอื่นๆ (เช่น ขนาดของประจุ) เรียกว่า ความไม่แปรเปลี่ยน (invariance)

นอกจากนี้ไอน์สไตน์ยังได้พิสูจน์สมการ $E = mc^2$ อันลือลั่น ไว้ในบทความ “Does the Inertia of a Body Depend on Its Energy Content?” หรือ “ความเฉื่อยของวัตถุขึ้นกับปริมาณพลังงานของมันหรือไม่?” อีกด้วย

ปี ค.ศ. 1907 (พ.ศ. 2450)

กำเนิดแนวคิดทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป

Einstein_Happiest_Thought.jpg

ไอน์สไตน์ขณะปิ้ง

"The Happiest Thought of My Life"

ในเดือนพฤศจิกายนปีนี้ ไอน์สไตน์ปิ๊งไอเดียที่เป็นจุดกำเนิดของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป นั่นคือ "หากใครคนหนึ่งกำลังร่วงหล่นลงอย่างอิสระ เขาจะไม่รู้สึกถึงน้ำหนักตัวของเขาเอง" ซึ่งต่อมาพัฒนาไปเป็น Principle of Equivalence หรือ **หลักแห่งความสมมูล** (บางทีเรียกว่า หลักแห่งการเทียบเท่า) ไอน์สไตน์เรียกความคิดนี้ในภายหลังว่า "The Happiest Thought of My Life" หรือ "ความคิดที่ทำให้ผมมีความสุขที่สุดในชีวิต" (อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปต้องใช้เวลานานถึง 8 ปี จึงจะเสร็จสมบูรณ์ในปี 1915)

ทฤษฎีเกี่ยวกับความจุความร้อนของของแข็ง

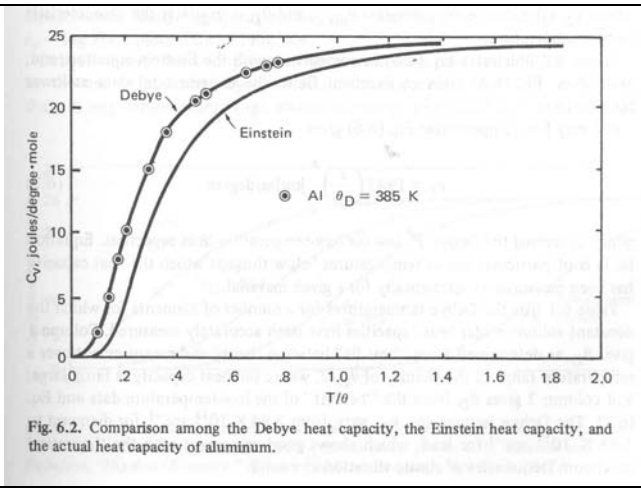


Fig. 6.2. Comparison among the Debye heat capacity, the Einstein heat capacity, and the actual heat capacity of aluminum.

กราฟเปรียบเทียบทฤษฎีของเดอบาย (เส้นบน) และทฤษฎีของไอน์สไตน์ (เส้นล่าง)
กับค่าความจุดความร้อนของอะลูมิเนียมที่ได้จากการทดลอง (วงกลมมีจุดตรงกลาง)

ไอน์สไตน์ได้ผสมผสานแนวคิดจากทฤษฎีควอนตัมกับฟิสิกส์เชิงสถิติ สร้างแบบจำลองซึ่งอธิบายความจุความร้อนของของแข็ง (heat capacity of solid) อย่างใกล้เคียงความจริง (พอสมควร) เป็นครั้งแรก โดยตีพิมพ์บทความใน *Annalen der Physik* 22, 180 (1907)

ทฤษฎีของไอน์สไตน์ทำนายแนวโน้มว่าความจุความร้อนของของแข็งเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิอย่างไร โดยให้ค่าที่แม่นยำหากอุณหภูมิสูงพอสมควร แต่ให้ค่าที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปบ้าง หากอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เนื่องจากไอน์สไตน์ไม่ได้คิดว่า อะตอมที่อยู่ใกล้ๆ กันจะมีอันตรกิริยาต่อกัน ต่อมา เดอบาย (Debye) ได้ปรับปรุงแบบจำลองนี้โดยคิดว่าอะตอมที่อยู่ใกล้ๆ กันสามารถ "รบกวน" กันได้ ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำยิ่งขึ้นในทุกช่วงอุณหภูมิ

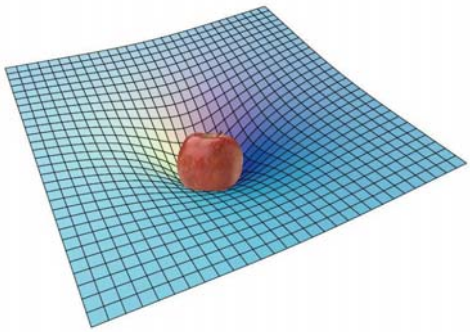
ปี ค.ศ. 1910 (พ.ศ. 2453)

ทำไมท้องฟ้าจึงมีสีฟ้า?

ไอน์สไตน์ได้ตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับการเกิดสภาวะโอพอลเลสเซนส์ ณ สถานะวิกฤติ (critical opalescence) ซึ่งตอบคำถามง่ายๆ ที่สงสัยกันมานับพันปี (แต่ยังไม่เคยมีใครพิสูจน์ได้) ว่า “ทำไมท้องฟ้าจึงเป็นสีฟ้า” โดยได้แสดงสูตรคำนวณที่ชัดเจนว่า การกระเจิงของแสงสีต่างๆ เป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่นยกกำลัง 4

ปี ค.ศ. 1915 (พ.ศ. 2458)

ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป

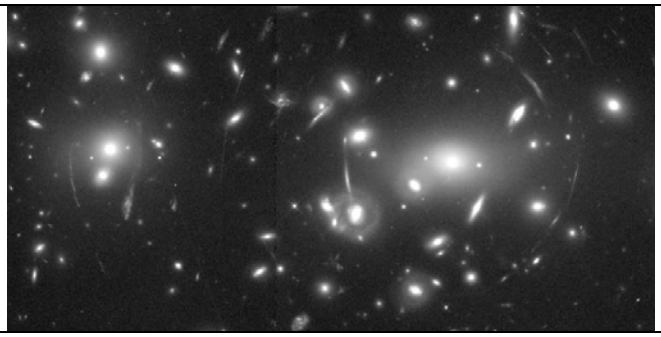


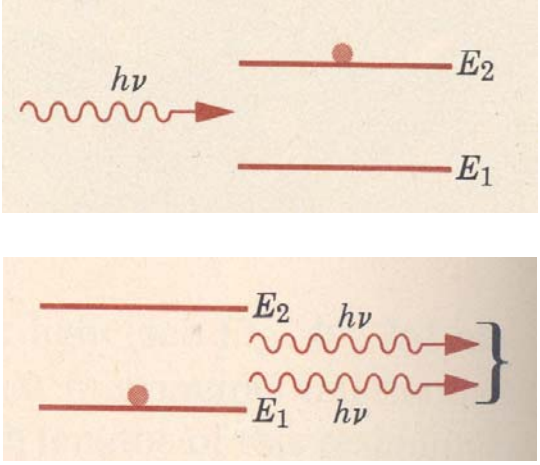
ภาพแสดงมวลสารทำให้กาล-อวกาศโค้งงอ ตามแนวคิดในทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป

ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป (General Relativity หรือ General Theory of Relativity) ทฤษฎีเกี่ยวกับความโน้มถ่วง ซึ่งตีความความโน้มถ่วง (gravitation) ว่า เกิดจากความโค้งของกาล-อวกาศ (curvature of space-time)

หัวใจของทฤษฎีนี้คือ สมการสนามของไอน์สไตน์ (Einstein’s Field Equation) ซึ่ง “ซ่อน” คำทำนายต่างๆ ไว้มากมาย เช่น แสงเดินทางเป็นเส้นโค้งในบริเวณที่มีความโน้มถ่วงสูงๆ ความเป็นไปได้ของหลุมดำและคลื่นความโน้มถ่วง รวมทั้ง กำเนิดและพัฒนาการของจักรวาล

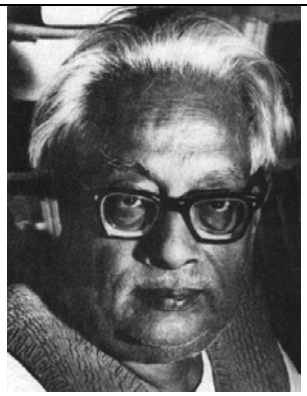
ปี ค.ศ. 1917 (พ.ศ. 2450)

กำเนิดและพัฒนาการของจักรวาล	
 ภาพถ่ายกลุ่มกาแล็กซี Abell 2218 จากกล้องโทรทรรศน์ลอยฟ้าฮับเบิล	ไอน์สไตน์นำเสนอบทความ “Cosmological Considerations on the General Theory of Relativity” หรือ “ข้อพิจารณาเกี่ยวกับจักรวาลโดยใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป” ซึ่งเป็นบทความแรกที่ใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพในการศึกษาจักรวาล

หลักการของแสงเลเซอร์	
 การปลดปล่อยรังสีเนื่องจากถูกกระตุ้น	บทความ “On the Quantum Theory of Radiation” หรือ “ว่าด้วยทฤษฎีควอนตัมของการแผ่รังสี” แสดงให้เห็นว่า นอกจากอะตอมจะสามารถดูดกลืนรังสี (absorption) และปลดปล่อยรังสีออกมาได้เอง (spontaneous emission) แล้ว อะตอมยังสามารถถูก “ชักชวน” ให้ปลดปล่อยรังสีออกมาได้ด้วย หากมีอนุภาคของแสงที่มีความถี่ (หรือความยาวคลื่น) ที่เหมาะสมมาตกกระทบ เรียกว่า การปลดปล่อยรังสีเนื่องจากถูกกระตุ้น (stimulated emission) นี่คือหลักการของแสงเลเซอร์ (LASER) แต่กว่าที่นักเทคโนโลยีจะทำได้จริง ก็ต้องรอเวลาอีกกว่า 30 ปี

ปี ค.ศ. 1924-1925 (พ.ศ. 2467-2468)

สถิติแบบโบส-ไอนสไตน์



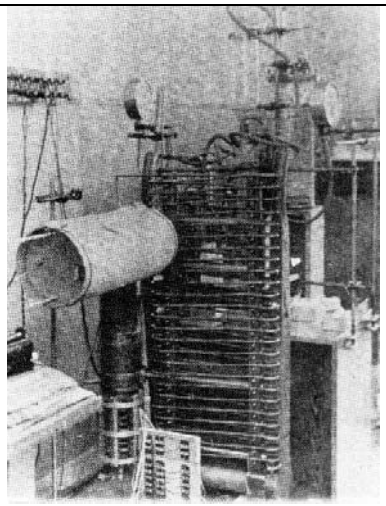
สัตเยนทรานาถ โบส

สัตเยนทรานาถ โบส (Satyendranath Bose) เขียนจดหมายถึงไอน์สไตน์เพื่อขอให้ไอน์สไตน์ช่วยพิจารณาแปลบทความของเขาเป็นภาษาเยอรมันและนำส่งไปตีพิมพ์ บทความของโบสได้พิสูจน์กฎของพลังค์เกี่ยวกับการแผ่รังสีของวัตถุดำ โดยถือว่าแสงเป็นอนุภาค และไม่ได้ใช้แนวคิดที่ว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่อย่างใด

ต่อมาไอน์สไตน์ได้ต่อยอดแนวคิดนี้ออกไปจนครอบคลุมอนุภาคที่มีสปินเป็นเลขจำนวนเต็ม เรียกว่า โบซอน (boson) ซึ่งถือเป็นจุดกำเนิดของฟิสิกส์สถิติของอนุภาคควอนตัม (quantum statistics) นอกจากนี้ไอน์สไตน์ยังได้ทำนายความเป็นไปได้เกี่ยวกับสถานะใหม่ของสสารที่เรียกว่า คอนเดนเสตแบบโบส-ไอน์สไตน์ (Bose-Einstein condensate) ซึ่งต้องรอเวลาอีกถึง 70 ปี จึงสามารถพิสูจน์ได้ว่ามีจริงในปี ค.ศ.1995

ปี ค.ศ. 1925-1926 (พ.ศ. 2468-2469)

สิ่งประดิษฐ์ของไอน์สไตน์



ต้นแบบของตู้เย็นของไอน์สไตน์และซิลลาร์ด แบบหนึ่งกำลังอยู่ระหว่างการประกอบ

ไอน์สไตน์กับนักฟิสิกส์ชื่อ ลีโอ ซิลลาร์ด (Leo Szilard) ได้ร่วมกันออกแบบตู้เย็นโดยใช้หลักการใหม่ถึง 3 แบบ ตู้เย็นบางแบบได้ขายสิทธิบัตรให้แก่เอบี อิเล็กโทรลักซ์ (AB Electrolux) ส่วนปั๊มปั๊แม่เหล็กไฟฟ้าที่ทั้งสองคนร่วมกันคิดในระหว่างนี้ได้ขายสิทธิบัตรให้แก่ บริษัท เจเนอรัล อิเล็กทริกของเยอรมัน (German General Electric Company หรือ Allgemeine Elektrizitäẗs Gesellschaft)

ในราวปี ค.ศ. 1926 ไอน์สไตน์ยังได้ออกแบบเข็มทิศ และต่อมาอีก 9 ปี ในปี 1935 ได้ออกแบบเข็มทิศไจโร (gyrocompass) สำหรับเครื่องบินอีกด้วย

ราวทศวรรษที่ 1920- **ค.ศ.**1955

ทฤษฎีสนามรวมเอกภาพ

กระดานดำสุดท้ายของไอน์สไตน์

ในช่วงบั้นปลายของชีวิต ไอน์สไตน์มุ่งค้นหาทฤษฎีสนามรวมเอกภาพ (unified field theory) ซึ่งพยายามรวมแรงต่างๆ ทางฟิสิกส์ทั้งหมดเข้าภายใต้กรอบทฤษฎีเดียวกัน แต่ก็ไม่ประสบผลสำเร็จ ตราบจนวาระสุดท้ายของชีวิต

บทสรุป

ประเด็นที่มีคนสงสัยอยู่เสมอๆ ก็คือ ทำไมจึงถือกันว่าไอน์สไตน์เป็นหนึ่งในนักฟิสิกส์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุด?

หากมองผลงานต่างๆ ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ เราจะเห็นความเป็นยอดนักคิดของไอน์สไตน์อย่างชัดเจน เพราะไอน์สไตน์คิดตั้งแต่ “เรื่องเล็กๆ” ที่ดูเหมือนจะไม่สำคัญอะไร (เช่น สีสันของท้องฟ้า) และสิ่งประดิษฐ์ใกล้ตัว (อย่างเช่น ตู้เย็น) ไปจนถึงเรื่องที่ยิ่งใหญ่หรือพ้นไปจากสามัญสำนึก เช่น แสงเป็นอนุภาคได้ และจักรวาลมีกำเนิดและพัฒนาการอย่างไร

โดยสรุป ไอน์สไตน์ยิ่งใหญ่ในทางฟิสิกส์ เพราะเขาได้ ...

- ปฏิวัติความคิดที่เชื่อถือกันมานาน เช่น เสนอว่า แสงอาจเป็นอนุภาคได้ และ ระยะทางและเวลาเป็นสัมพัทธภาพ ฯลฯ
- ทำให้เราเข้าใจความสัมพันธ์อันล้ำลึกของสรรพสิ่ง เช่น สสาร-พลังงาน อวกาศ-เวลา ฯลฯ
- สร้างทฤษฎีต่างๆ ขึ้นจากหลักการที่เรียบง่ายและงดงาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป

คุณผู้อ่านล่ะครับ เห็นด้วยหรือไม่? อย่างไร?

แนะนำขุมทรัพย์ทางปัญญา

- นิตยสาร *สารคดี* ปีที่ 21 ฉบับที่ 243 พฤษภาคม 2548 โปรยปก “1 ศตวรรษแห่งปีมหัศจรรย์ของไอน์สไตน์ – 100 Years of Einstein’s Miraculous Year” (บทความเกี่ยวกับไอน์สไตน์ในแง่มุมต่างๆ สำหรับคนทั่วไป)
- บัญชา ธนบุญสมบัติ, *แฟนพันธุ์แท้ไอน์สไตน์* จัดพิมพ์โดยบริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) ISBN 974-212-178-8 (หนังสือเกี่ยวกับทฤษฎีสัมพัทธภาพสำหรับเยาวชนและคนทั่วไป)
- รังสิมา ลี้เจริญชัย (แปล), ไอน์สไตน์ฉบับการ์ตูน พิมพ์ครั้งที่ 5, สำนักพิมพ์สมิต (การ์ตูนประวัติของไอน์สไตน์ เน้นแนวคิดที่นำไปสู่การพัฒนาทฤษฎีสัมพัทธภาพ โดยมีเกร็ดสนุกๆ และมุขเด็ดๆ หลายตอน)
- Shana Priwer and Cynthia Phillips, *The Everything Einstein Book*, Adams Media Corporation, Avon, Massachusetts, 2003. ISBN 1-58062-961-X (หนังสืออ่านง่ายๆ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมแทบทุกประเด็นเกี่ยวกับไอน์สไตน์)
- Gene Dannen, The Einstein-Szilard Refrigerators, *Scientifc American*, January 1997, pp.74-79 (บทความเกี่ยวกับตู้เย็นที่ออกแบบโดยไอน์สไตน์และซิลลาร์ด)