ร้อยปีของไอน์สไตน์
ท่านได้ "ให้" อะไรแก่โลกวิทยาศาสตร์บ้าง

อรพินท์ วิภาสุรมณฑล

ถ้าอัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ยังมีชีวิตอยู่จนถึงวันนี้ ท่านคงได้ฉลองวันเกิดครบรอบ ๑๐๐ ปี ไปแล้วเมื่อวันที่ ๔ มีนาคม ที่ผ่านมาในท่ามกลางวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องมาจากผลงานของท่านเอง

จากเด็กที่ครูลงความเห็นว่าปัญญาทึบ ได้คะแนนวิชาภาษาละตินและกรีกเลวมากสุดจะเคี่ยวเข็ญได้ต่อไป จนที่สุดครูต้องเชิญให้ออกจากโรงเรียนในขณะอยู่ชั้นไฮสกูล ได้พยายามด้วยความยากลำบากจนได้เข้าเรียนในวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ในสวิตเซอร์แลนด์และจบออกมาได้อย่างทุลักทุเล โดยไม่มีโรงเรียนไหนยอมรับเข้าเป็นครู โชคดีด้วยบารมีของเพื่อนพ่อคนหนึ่งช่วยให้ได้งานเป็นพนักงานในสำนักงานลิขสิทธิ์แห่งหนึ่งในเมืองเบิร์น สวิตเซอร์แลนด์ และที่นี่เองที่งานอันยิ่งใหญ่ของท่านได้เริ่มต้นขึ้นด้วยอุปกรณ์จำเป็นที่ใช้แค่ดินสอ กระดาษ และด้วยความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ในปี พ.ศ. ๒๔๔๘ (ค.ศ. ๑๙๐๕) ท่านได้ปลุกจิตสำนึกแห่งโลกวิทยาศาสตร์ให้ตื่นตะลึงด้วยบทความรายงานการค้นพบสำคัญ ๆ ๓ ฉบับ

๑. บทความอันแรกเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริก (Photoelectric effect)

ก่อนหน้านี้ในปี พ.ศ. ๒๔๔๕ (ค.ศ. ๑๙๐๒) มีการค้นพบว่าเมื่อแสดงความถี่พอเหมาะตกกระทบโลหะบางอย่าง จะทำให้อิเลคตรอนหลุดออกจากผิวโลหะนั้นได้ พลังงานของอิเลคตรอนที่หลุดออกมานี้ไม่ขึ้นกับความเข้มของแสงที่มากระทบแต่อย่างใด ที่น่าพิศวงก็คือพบว่า แม้แสงสว่างจ้ากว่าจะทำให้จำนวนอิเลคตรอนหลุดออกมามากกว่าแสงชนิดเดียวกันที่สลัว ๆ แต่พลังงานของอิเลค-

ตรอนที่หลุดออกมานั้นเท่ากัน

ไอน์สไตน์ใช้ทฤษฎีควอนตัม (quantum theory) ซึ่งแมกซ์ แพลงค์ (Max. Planck) เสนอไว้เมื่อ ๕ ปีก่อนหน้านี้เพื่ออธิบายการแผ่รังสีของวัตถุที่อุณหภูมิต่างๆ มาอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้สำเร็จ แพลงค์เสนอทฤษฎีไว้ว่า พลังงานแสง (คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า) ที่แผ่ออกมาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า O K นั้น อยู่ในรูปของกลุ่มหรือก้อน เรียกว่า ควอนตา (quanta) ยิ่งความถี่สูงขึ้น (ความยาวคลื่นน้อยลง) พลังงานของควอนตานั้นจะยิ่งมากขึ้น ทฤษฎีควอนตัมนี้ในสมัยนั้นไม่ค่อยมีใครเชื่อถือนัก เพราะเห็นว่าแพลงค์ได้มาจากการ "เล่น" กับตัวเลขลอยๆ เพื่อทำให้สมการเป็นจริงได้เท่านั้น แม้ตัวแพลงค์เองก็ไม่แน่ใจว่าควอนตามีจริงหรือไม่ จนกระทั่งไอน์สไตน์ยืดความคิดนี้มาใช้อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริกได้สำเร็จ

ไอน์สไตน์ แสดงให้เห็นว่าสำหรับโลหะที่กำหนดให้ชนิดหนึ่งนั้น ถ้าให้แสงความถี่มากกว่าความถี่จำกัดอันหนึ่งไปกระทบ จะสามารถปลดปล่อยอิเลคตรอนได้ในขณะที่ความถี่น้อยกว่านี้ไม่ได้ แสงความถี่สูงพอความเข้มต่ำๆ จะทำให้อิเลคตรอนหลุดจากผิวโลหะได้จำนวนน้อย แต่แสงความถี่ไม่เพียงพอ (น้อยกว่าความถี่จำกัด) แม้จะความเข้มสูงสักเท่าใดก็ไม่อาจปลดปล่อยอิเลคตรอนได้แม้แต่อนุภาคเดียว ยิ่งความถี่ของแสงมากขึ้น ควอนตาจะมีขนาดใหญ่ขึ้น อิเลคตรอนที่หลุดออกมาจะยิ่งมีพลังงานมากขึ้น

เมื่อทฤษฎีควอนตัมซึ่งมีรูปแบบแตกต่างจากหลักฟิสิกส์ดั้งเดิมโดยสิ้นเชิงใช้ได้ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องยอมรับทฤษฎีนี้ และก่อให้เกิดการปฏิวัติขนานใหญ่ในเกือบทุกๆ แง่มุมของวิชาฟิสิกส์และเคมีขึ้น ทำให้เกิดเส้นขีดคั่นระหว่างฟิสิกส์ยุคดั้งเดิม (classical physics) กับฟิสิกส์ยุคใหม่ (modern physics) ขึ้นด้วย จึงนับว่า อย่างน้อยไอน์สไตน์ก็มีส่วนทำให้เกิดเส้นขีดคั่นนี้มากเท่าๆ กับแพลงค์ที่เดียวและผลงานนี้ทำให้ท่านได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. ๒๔๖๔

๒. บทความต่อมา เสนอในปีเดียวกันเป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian) โดยใช้คณิตศาสตร์

การเคลื่อนที่แบบบราวเนียน พบครั้งแรกเมื่อ ๗๕ ปี ก่อนหน้านี้ จากการสังเกตพบว่า อนุภาคเล็กๆ เช่นละอองเกสร หรือผงสีที่แขวนลอยในน้ำ จะเต้นไปมาไม่มีระเบียบโดยไม่รู้สาเหตุ

ไอน์สไตน์ อธิบายว่า โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ไม่เป็นระเบียบ ที่ขณะใดขณะหนึ่งโมเลกุลของน้ำจำนวนมากกว่าจะกระทบอนุ-

ภาคแขวนลอยในทิศทางหนึ่งมากกว่าทิศทางอื่น แล้วที่ขณะต่อมาก็จะเคลื่อนในทิศเปลี่ยนไปทางอื่น ไอน์สไตน์คิดสมการอธิบายการเคลื่อนที่แบบนี้ได้โดยในสมการมีค่าขนาดโมเลกุลของน้ำปรากฏอยู่ด้วย อะตอมและโมเลกุล เป็นส่วนหนึ่งของความคิดทางเคมีมานานเกือบศตวรรษแล้วในขณะนั้น แต่ยังไม่มีหลักฐานยืนยันโดยตรงว่ามีจริง เป็นสิ่งที่สมมุติขึ้นมาเพื่อทำความเข้าใจปฏิกิริยาเคมีได้ง่ายขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามเมื่อสมการของไอน์สไตน์ได้รับการตีพิมพ์ ทำให้เห็นลู่ทางที่จะวัดคุณสมบัติของอะตอมได้โดยตรง เพราะถ้าหาค่าต่าง ๆ ในสมการได้ยกเว้นขนาดของโมเลกุลของน้ำก็จะคำนวณหาขนาดโมเลกุลของน้ำออกมาได้ ในปี พ.ศ. ๒๔๕๖ เจ. บี. เพอริน (J.B. Perrin) คำนวณหาขนาดโมเลกุลของน้ำได้จริง ๆ ต่อจากนั้นไปขนาดของอะตอมและทฤษฎีอะตอมจึงเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

๓. บทความว่าด้วยทฤษฎีสัมพัทธภาพยุคใหม่

ไอน์สไตน์เริ่มจากการตั้งสมมุติฐานว่าความเร็วของแสงจะวัดได้คงที่เสมอไม่ขึ้นกับสภาพการเคลื่อนที่ใด ๆ ของผู้วัด (เทียบกับแหล่งกำเนิดแสง) ซึ่งข้อนี้ขัดกับสามัญสำนึกและหลักการหาความเร็วสัมพันธ์ของนิวตันโดยสิ้นเชิง ตามทฤษฎีของนิวตันนั้นถ้าเราอยู่บนรถไฟแล่นด้วยความเร็ว ๒๐ ไมล์/ชม. ไปข้างหน้าเทียบกับพื้นดิน ถ้าเราโยนลูกบอลไปข้างหน้าด้วยความเร็ว ๒๐ ไมล์/ชม. เทียบกับรถไฟ คนบนพื้นดินจะวัดความเร็วของลูกบอลได้ ๒๐ + ๒๐ = ๔๐ ไมล์/ชม. ไปข้างหน้า (หรือลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ๔๐ ไมล์/ชม. เทียบกับพื้นดิน) ในชีวิตประจำวันเราก็เห็นเช่นนี้จริง ๆ แต่ตามสมมุติฐานของไอน์สไตน์ แสงไฟจากแฟลชบนรถไฟที่จอดนิ่ง จะเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยความเร็ว ๑๘๖,๒๘๒ ไมล์/วินาทีเทียบกับพื้นดิน ถ้าแฟลชนี้อยู่บนรถไฟแล่นไปข้างหน้าด้วยอัตราเร็ว ๒๐ ไมล์/ชม. แสงจากแฟลชยังคงเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยอัตรา ๑๘๖,๒๘๒ ไมล์/วินาที เทียบกับพื้นดิน ถึงแม้แฟลชนี้จะอยู่บนรถไฟแล่นด้วยอัตรา ๑๐๐,๐๐๐ ไมล์/วินาที หรือ ๑๘๖,๐๐๐ ไมล์/วินาที แสงจากแฟลชก็ยังคงเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยอัตราเร็วดูเหมือนจะขัดกับสามัญสำนึก แต่สิ่งที่เราเรียก "สามัญสำนึก" นั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ซึ่งความเร็วที่พบนั้นน้อยกว่าความเร็วแสงมากมาย

ไอน์สไตน์ได้คิดสูตรสำหรับหาความเร็วสัมพัทธ์และแสดงให้เห็นว่าการบวกความเร็วแบบดั้งเดิม (โดยใช้หลักของนิวตัน) นั้นไม่ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์นัก ที่จริงแล้ว

ยิ่งความเร็วเพิ่มขึ้นเท่าใด ผลบวกก็จะได้ต่างกับผลการบวกตามหลักคณิตศาสตร์ง่าย ๆ (ดั้งเดิม) ยิ่งขึ้นเท่านั้น จนอัตราเร็วสูงเท่าแสงจะไม่มีการบวกกันเลย

จากสมมุติฐานนี้ได้ข้อสรุปที่ดูเหมือนจะแปลกประหลาดไปจากหลักฟิสิกส์ดั้งเดิมมากมาย พบว่า: ไม่มีอะไรที่มีมวลจะสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยอัตราเร็วเท่าแสงในสูญญากาศ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ความยาวในทิศที่วัตถุเคลื่อนที่ จะลดลง มวลจะเพิ่มขึ้น และช่วงเวลาจะเนิ่นนานขึ้น พบว่า แสงไม่จำเป็นต้องคิดในแง่เป็นการสั่นของสสารลึกลับที่เรียกว่า "อีเทอร์" (ether) แต่แสงเคลื่อนที่ในสูญญากาศได้ในรูปของ "โฟตอน" (photon)

สมการของไอน์สไตน์ลดรูปลงเป็นสมการแบบเดียวกับสมการของนิวตันได้เมื่อคิดว่าอัตราเร็วแสงมีค่าอนันต์ เนื่องจากอัตราเร็วแสงมีค่าสูงมากพอจึงทำให้สมการนิวตันยังคงใช้ได้ถูกต้องพอควรในกรณีอัตราเร็วที่เกี่ยวข้องมีค่าต่ำ เช่น อย่างการเคลื่อนที่ของจรวด แต่เพราะอัตราเร็วแสงไม่ใช่อนันต์ สมการของนิวตันจึงใช้ไม่ได้กับกรณีอัตราเร็วสูง ๆ อย่างที่เป็นอยู่ในพวกอนุภาคขนาดเล็กกว่าอะตอม นี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทฤษฎีของไอน์สไตน์เกี่ยวกับความเร็วสัมพัทธ์เป็นที่ยอมรับ มิฉะนั้น เราไม่สามารถเรียนรู้อะไรเลยเกี่ยวกับฟิสิกส์ของอนุภาคขนาดเล็กกว่าอะตอม และเราจะทำให้เครื่องเร่งอนุภาคทำงานได้อย่างไรโดยปราศจากความเข้าใจสมการของไอน์สไตน์

นอกจากนั้นสมการของไอน์สไตน์ยังแสดงด้วยว่ามวลเป็นรูปหนึ่งของพลังงานและได้ให้ความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองไว้ด้วย (นั่นคือสมการลือชื่อ $E = mc^2$ นั่นเอง) สมการนี้ทำให้ต้องเปลี่ยนความเข้าใจเกี่ยวกับการคงตัวของพลังงานเสียใหม่ และนำไปสู่การพัฒนาโดยตรงของระเบิดนิวเคลียร์และเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะเพื่อสันติหรือเพื่อการสงครามก็ตาม

ทฤษฎีสัมพัทธภาพที่ไอน์สไตน์คิดขึ้นในปี พ.ศ. ๒๔๔๘ ดังกล่าวนี้เป็น "ทฤษฎีสัมพัทธภาพกรณีเฉพาะ" (special theory of relativity) ซึ่งใช้ได้เมื่อผู้สังเกตไม่มีความเร่งเท่านั้น ต่อมาในปี พ.ศ. ๒๔๕๘ จึงได้ขยายออกไปให้ใช้ได้กับการเคลื่อนที่มีความเร่งได้ด้วย ซึ่งเป็นที่มาของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป (general theory of relativity) ทฤษฎีนี้เป็นพื้นฐานของวิชาจักรวาลวิทยา (cosmology) สมัยใหม่ ซึ่งทำให้การศึกษาสมบัติของจักรวาลโดยส่วนรวมและต้นกำเนิดจักรวาลเป็นไปได้เป็นครั้งแรก

ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์

ทำนายว่าแสงจะเดินทางเป็นเส้นโค้งเมื่อผ่านเข้าไปในสนามความโน้มถ่วง ซึ่งต่อมาได้รับการยืนยันจากการวัดตำแหน่งของดาวฤกษ์ใกล้ดวงอาทิตย์ขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงได้ในปี พ.ศ. ๒๔๖๒ ทำนายว่าแสงจะสูญเสียพลังงานเมื่อเคลื่อนผ่าสนามโน้มถ่วง ข้อนี้ได้รับการยืนยันจากการศึกษาดาวคู่ของดาวแคระขาวซิริอุส ทำนายว่าจักรวาลกำลังขยายตัว ข้อนี้ได้รับการสนับสนุนจากการทำนายว่ามีคลื่นความโน้มถ่วงและหลุมดำอยู่จริง

ในปี พ.ศ. ๒๔๖๐ ไอน์สไตน์ ประสบความสำเร็จในการอธิบายการรับและถ่ายพลังงานของอะตอมในรูปควอนตัม ท่านแสดงให้เห็นว่าเมื่ออะตอมได้รับพลังงานเพิ่มและถูกกระทบโดยโฟตอน อะตอมนั้นจะปล่อยโฟตอนพลังงานเท่าๆกัน ออกมาในทิศทางเดียวกัน อีก ๓๔ ปี ต่อมาหลักนี้ ซี. เอช. เทาเนส (C.H. Townes) ได้นำไปสร้างเมเซอร์ (maser) และอีก ๙ ปีต่อมา ที. เอช. ไมแมน (T.H. Maiman) ได้นำไปใช้ในการสร้างเลเซอร์ (laser) ซึ่งมีบทบาทสำคัญมากในด้านความก้าวหน้าทางสื่อสารคมนาคมในอนาคตอันใกล้นี้ โดยการเข้าแทนที่คลื่นวิทยุ และเลเซอร์ยังใช้ในการจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันด้วย โดยวิธีนี้ทำให้การพัฒนาปรับปรุงให้ได้พลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันควบคุม (controlled fusion) เป็นไปได้ ซึ่งถ้าสำเร็จจะช่วยแก้ปัญหาภาวะวิกฤติของพลังงานโลกขณะนี้ได้

ในปี พ.ศ. ๒๔๗๒ ดับบลิว. เค. ไฮเซนเบิร์ก (W.K. Heisenberg) ได้เสนอ "หลักความไม่แน่นอน" (uncertainty principle) ซึ่งกล่าวว่าปริมาณมูลฐานบางอย่าง เช่น โมเมนตัมกับตำแหน่งไม่อาจวัดได้ถูกต้องแน่นอนพร้อมๆกันได้ บางอย่างสามารถบอกได้ในเทอมของความน่าจะเป็น (probability) และสถิติเท่านั้น ไอน์สไตน์ไม่ยอมรับความคิดนี้ โชคไม่ดีที่หลักความไม่แน่นอนนี้อธิบายปรากฏการณ์ของจักรวาลได้ เมื่อไอน์สไตน์หันหลังให้กับหลักนี้ ท่านจึงถูกทิ้งอยู่เบื้องหลังความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ในช่วงปลายของชีวิต จึงมีผลงานออกมาน้อยมาก

แต่นั่นไม่สำคัญเท่ากับความจริงที่ว่าสิ่งที่ท่านได้ "ให้" แก่โลกวิทยาศาสตร์ในช่วงกลางของชีวิตที่ผ่านมานั้นนานัปการ พอๆกับที่คนธรรมดา ๑ โหล จะทำได้ทีเดียว

เก็บความจาก One-Man Revolution: Albert Enstein in a Centenial Study
โดย Isaac Asimov, Science Digest, Feb., 1979