สารบัญ

บทนำ
8

บทเรียนที่ 1
ทฤษฎีอันงดงามที่สุด
12

บทเรียนที่ 2
ควอนตัม
22

บทเรียนที่ 3
สถาปัตยกรรมแห่งจักรวาล
32

บทเรียนที่ 4
อนุภาค
42

บทเรียนที่ 5
เกล็ดปริภูมิ
50

บทเรียนที่ 6
ความน่าจะเป็น เวลา และความร้อนของหลุมดำ
60

บทเรียนสุดท้าย
ตัวเรา
72

รู้จักผู้เขียน
86

รู้จักผู้แปล
87

ความงามแห่งฟิสิกส์

•

Seven Brief Lessons on Physics

•

Carlo Rovelli

แปลโดย

สุนันทา วรรณสินธ์ เบล

บทนำ

บทเรียนเหล่านี้เขียนขึ้นสำหรับผู้มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ น้อยหรือไม่รู้เลย ทุกบทประกอบเข้าด้วยกันเป็นภาพรวมคร่าว ๆ เกี่ยวกับแง่มุมต่าง ๆ ที่น่าตื่นตาตื่นใจที่สุดของการปฏิวัติครั้งยิ่งใหญ่แห่งวงการฟิสิกส์ในศตวรรษที่ 20 อีกทั้งให้ภาพรวมของคำถามและเรื่องลึกลับที่การปฏิวัตินี้เผยให้เห็น เพราะวิทยาศาสตร์ไม่เพียงเสนอวิธีเข้าใจโลกอย่างถ่องแท้มากขึ้น แต่มันยังทำให้เราตระหนักว่าขอบเขตของสิ่งที่เรายังไม่รู้นั้นกว้างใหญ่เพียงใด

บทเรียนแรกกล่าวถึงทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของอัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ซึ่งได้ชื่อว่าเป็น “ทฤษฎีอันงดงามที่สุด” บทเรียนที่ 2 ว่าด้วยกลศาสตร์ควอนตัมซึ่งแฝงเร้นแง่มุมที่น่าฉงนที่สุดของฟิสิกส์สมัยใหม่ บทเรียนที่ 3 ว่าด้วยจักรวาล กล่าวคือสถาปัตยกรรมของเอกภพที่เราอาศัยอยู่ บทเรียนที่ 4 เกี่ยวกับอนุภาคมูลฐานของเอกภพ บทเรียนที่ 5 กล่าวถึงทฤษฎีโน้มถ่วงเชิงควอนตัม ซึ่งเป็นความพยายามที่ดำเนินต่อเนื่องเรื่อยมา โดยมีจุดมุ่งหมาย

เพื่อสังเคราะห์ความรู้จากบรรดาการค้นพบครั้งสำคัญในศตวรรษที่ 20 บทเรียนที่ 6 เกี่ยวกับความน่าจะเป็นและความร้อนของหลุมดำ บทเรียนสุดท้ายของหนังสือเล่มนี้ย้อนกลับมาที่ตัวเราและตั้งคำถามว่า เมื่อพิจารณาคำอธิบายโลกอันน่าอัศจรรย์จากมุมมองทางฟิสิกส์แล้ว เราจะมองการดำรงอยู่ของตนเองอย่างไร

บทเรียนเหล่านี้ต่อยอดมาจากชุดบทความที่ผู้เขียนเผยแพร่ในส่วนแทรกฉบับวันอาทิตย์ของหนังสือพิมพ์ภาษาอิตาลีที่ชื่อ *Il Sole 24 Ore* ผมขอขอบคุณอาร์มันโด มัสซาเรนตี (Armando Massarenti) อย่างสูงที่มอบเนื้อที่ในหน้าวัฒนธรรมของหนังสือพิมพ์ฉบับวันอาทิตย์ให้กับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้แสงสว่างฉายลงบนบทบาทของฟิสิกส์ ซึ่งเป็นแง่มุมที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อวัฒนธรรมของเรา

บทเรียนที่ 1

ทฤษฎีอันงดงามที่สุด

ในวัยหนุ่ม อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ใช้เวลา หนึ่งปีเตร็ดเตร่อย่างไร้จุดหมาย คุณจะไปไม่ถึงไหนหรอกถ้าไม่ได้ "เสีย" เวลาไปบ้างเลย น่าเสียดายที่พ่อแม่ของวัยรุ่นมักหลงลืมในจุดนี้ ไอน์สไตน์อยู่ในเมืองปาเวีย เขากลับมาพักกับครอบครัวหลังจากละทิ้งการศึกษาในประเทศเยอรมนี เพราะไม่สามารถทนความเข้มงวดในโรงเรียนมัธยมที่นั่นได้ เวลานั้นเป็นช่วงต้นศตวรรษที่ 20 และเป็นช่วงเริ่มปฏิวัติอุตสาหกรรมในอิตาลี พ่อของเขาซึ่งเป็นวิศวกรกำลังติดตั้งโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าแห่งแรกบนที่ราบปาดานา อัลเบิร์ตอ่านงานของคานท์ (Immanuel Kant) และเข้าฟังบรรยายที่มหาวิทยาลัยปาเวียเพื่อความเพลิดเพลินเป็นครั้งคราวโดยที่ไม่ได้ลงทะเบียนที่นั่นและไม่ต้องกังวลเรื่องสอบ เหล่านักวิทยาศาสตร์ผู้คร่ำเคร่งถือกำเนิดขึ้นมาเช่นนี้เอง

หลังจากนั้นเขาลงทะเบียนเรียนที่มหาวิทยาลัยซูริกและศึกษาฟิสิกส์อย่างคร่ำเคร่ง ไม่กี่ปีต่อมา ในปี 1905 เขาส่งบทความ

สามชิ้นไปยังวารสารวิทยาศาสตร์อันทรงเกียรติที่สุดในสมัยนั้น นั่นคือ *วารสารฟิสิกส์ประจำปี* (*Annalen der Physik*) แต่ละชิ้นควรค่าพอที่จะคว้ารางวัลโนเบลได้เลย บทความชิ้นแรกพิสูจน์ว่าอะตอมมีอยู่จริง บทความชิ้นที่สองวางรากฐานให้กับกลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) ซึ่งผมจะกล่าวถึงในบทเรียนถัดไป บทความที่สามเสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพ (theory of relativity) ของเขาเป็นครั้งแรก [ปัจจุบันรู้จักในชื่อ "สัมพัทธภาพพิเศษ" (special relativity)] ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ชี้แจงว่าเวลาไม่ได้ดำเนินไปในแบบเดียวกันสำหรับทุกคน ฝาแฝดเหมือนคู่หนึ่งจะอายุต่างกันถ้าฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

เพียงข้ามคืนไอน์สไตน์ก็กลายเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงและมีมหาวิทยาลัยหลายแห่งเสนองานให้ แต่บางอย่างรบกวนจิตใจเขา ทฤษฎีสัมพัทธภาพของเขาได้รับการยกย่องอย่างรวดเร็วก็จริง แต่มันไม่สอดคล้องกับสิ่งที่เรารู้เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วง กล่าวคือเรื่องที่ว่าสิ่งต่างๆ ตกลงพื้นได้อย่างไร เขาตระหนักถึงประเด็นนี้ขณะเขียนบทความสรุปทฤษฎีของตน และเริ่มสงสัยว่าอาจจำเป็นต้องทบทวนกฎแห่ง "ความโน้มถ่วงสากล" ซึ่งบัญญัติโดยไอแซก นิวตัน (Isaac Newton) บิดาแห่งฟิสิกส์ เพื่อให้เข้ากับแนวคิดใหม่ว่าด้วยสัมพัทธภาพ เขาหมกมุ่นครุ่นคิดเพื่อไขปัญหานี้ และใช้เวลาถึงสิบปี มันเป็นสิบปีแห่งการศึกษาอย่างคลุ้มคลั่ง ความพยายาม ข้อผิดพลาด ความสับสน บทความผิดๆ ความคิดบรรเจิด และความคิดผิดรูป

ท้ายที่สุด ในเดือนพฤศจิกายน 1915 เขาตัดสินใจพิมพ์บทความอธิบายคำตอบอันสมบูรณ์ นั่นคือทฤษฎีแรงโน้มถ่วงใหม่ ซึ่งเขาเรียกว่า “ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป” (General Theory of Relativity) ผลงานชิ้นเอกของเขา และเป็น “ทฤษฎีอันงดงามที่สุด” ในบรรดาทฤษฎีทั้งหลายทั้งปวง ตามคำกล่าวของเลฟ แลนเดา (Lev Landau) นักฟิสิกส์ชาวรัสเซียผู้ยิ่งใหญ่

มีงานชิ้นเอกที่ทำให้เรารู้สึกซาบซึ้งกินใจ เช่น บทเพลง *เรเควียม* ของโมซาร์ท *มหากาพย์โอดิสซีย์* ของโฮเมอร์ วิหารซิสตีน ชาเปล และบทละครเรื่อง *คิงเลียร์* หากต้องการเข้าถึงอัจฉริยภาพของสิ่งเหล่านี้ เราอาจต้องศึกษาฝึกปรือยาวนาน แต่รางวัลที่ได้นั้นงดงามจับใจ และไม่เพียงเท่านั้น เรายังได้เปิดหูเปิดตาสู่มุมมองโลกแบบใหม่ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปซึ่งเป็นเพชรน้ำเอกของไอน์สไตน์คือหนึ่งในผลงานชิ้นเอกระดับนี้

ผมจำได้ดีถึงความรู้สึกตื่นเต้นเมื่อผมเริ่มเข้าใจทฤษฎีนี้บางส่วน ตอนนั้นเป็นฤดูร้อนขณะที่ผมเรียนมหาวิทยาลัยปีสุดท้าย ผมอยู่บนชายหาดที่กอนโดฟูรีในแคว้นกาลาเบรีย ท่ามกลางแสงแดดแห่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนฝั่งเฮลเลนิก ช่วงปิดเทอมเหมาะสมที่สุดที่จะศึกษาสิ่งต่าง ๆ เพราะไม่ถูกการเข้าชั้นเรียนรบกวนสมาธิ ตอนนั้นผมศึกษาจากหนังสือที่มีรอยหนูแทะตามมุม เพราะตอนกลางคืนผมใช้หนังสือปิดรูของสัตว์โลกผู้น่าสงสารเหล่านี้ในบ้านสไตล์ฮิปปี้ที่ออกจะเก่าโทรมบนเนินเขาในแถบอัมเบรีย ซึ่งผมใช้เป็นที่หลบภัยจากชั้นเรียนน่าเบื่อของมหาวิทยาลัยในโบโลญญา

นานๆ ทีผมจะเงยหน้าจากหนังสือขึ้นมองทะเลระยิบ รู้สึกเหมือนมองเห็นความโค้งแห่งปริภูมิ (space) และเวลาในจินตนาการของไอน์สไตน์จริงๆ ราวกับมีเวทมนตร์ดลใจ คล้ายว่าเพื่อนคนหนึ่งมากระซิบข้างหูและบอกข้อเท็จจริงลี้ลับอันเหลือเชื่อ จู่ๆ ม่านแห่งความเป็นจริงก็เลื่อนขึ้น เผยให้เห็นระเบียบกฎเกณฑ์ที่เรียบง่ายกว่าและลึกซึ้งกว่า นับตั้งแต่ที่เราค้นพบว่าโลกกลมและหมุนวนราวกับลูกข่างบ้าคลั่ง เราก็เข้าใจว่าความเป็นจริงไม่ได้เป็นดังที่เราเห็น ทุกครั้งที่เราแย้มเห็นแง่มุมใหม่ของโลก มันเป็นประสบการณ์ที่กินใจอย่างลึกซึ้ง ม่านบังตาอีกผืนหนึ่งได้เปิดออกแล้ว

แต่ในบรรดาความรู้ความเข้าใจที่ก้าวกระโดดไปข้างหน้าครั้งแล้วครั้งเล่าตลอดประวัติศาสตร์ของมนุษย์ อาจไม่มีครั้งใดเทียบเท่าก้าวกระโดดของไอน์สไตน์ได้เลย ทำไมจึงเป็นเช่นนั้นเล่า

ประการแรก เป็นเพราะทฤษฎีนี้เรียบง่ายจนน่าทึ่งหากคุณเข้าใจว่ามันทำงานอย่างไร ผมขอสรุปให้ฟังดังนี้

นิวตันได้พยายามอธิบายเหตุผลที่ทำให้สิ่งต่างๆ ตกสู่พื้นและดาวเคราะห์หมุน เขาจินตนาการว่ามี “แรง” ซึ่งดึงดูดวัตถุทุกอย่างเข้าหากันและเรียกมันว่า “แรงโน้มถ่วง” เราไม่รู้ว่าแรงดังกล่าวกระทำต่อสิ่งที่อยู่ห่างกันโดยไม่มีอะไรเป็นตัวเชื่อมได้อย่างไร บิดาผู้ยิ่งใหญ่แห่งวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เองก็ยังคุมเชิงและไม่บุ่มบ่ามเสนอสมมติฐานใดๆ นิวตันจินตนาการต่ออีกว่าวัตถุต่างๆ เคลื่อนที่ผ่านปริภูมิ และปริภูมิเป็นภาชนะใหญ่โตที่ว่างเปล่า มันเป็นกล่องขนาดใหญ่ซึ่งครอบเอกภพไว้ และเป็น