

Sophia

NEW YORK TIMES BESTSELLER

มรดกทางปัญญาชิ้นสุดท้ายของสตีเฟน ฮอว์กิง

ON THE
ORIGIN
OF
TIME

กำเนิดแห่งกาลเวลา

THOMAS HERTOOG เขียน

ปิยบุตร บุรีคำ แปล

Sophia

On the Origin of Time

กำเนิดแห่งกาลเวลา

Thomas Hertog

เขียน

ปิยบุตร บุรีคำ

แปล

115014 ดัชนีการพิมพ์



กำเนิดแห่งกาลเวลา

On the Origin of Time

Sophia

ในเครือบริษัทอมรินทร์ คอร์เปอร์เรชั่นส์ จำกัด (มหาชน)

378 ถนนชัยพฤกษ์ (บรมราชชนนี) เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170

โทรศัพท์ 0-2422-9999 ต่อ 4964, 4969 E-mail: info@amarin.co.th

www.amarinbooks.com f X @amarinbooks Sophia Publishing

Copyright © 2023 by Thomas Hertog.

Published by arrangement with Brockman, Inc.

All rights reserved.

สื่อดิจิทัลให้บริการดาวน์โหลดสำหรับผู้ใช้บริการตามเงื่อนไขที่กำหนดเท่านั้น
การทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ ไม่มีวิธีใดๆนอกเหนือจากเงื่อนไขที่กำหนด
ถือเป็นความผิดอาญาตาม พรบ.ลิขสิทธิ์ และ พรบ.ว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์

เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 978-616-18-8299-0

เจ้าของ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา บริษัทอมรินทร์ คอร์เปอร์เรชั่นส์ จำกัด (มหาชน)
กรรมการผู้อำนวยการใหญ่ ศิริ บุญพิทักษ์เกศ • กรรมการผู้จัดการ อุษณีย์ วิรดกพันธ์
รองกรรมการผู้จัดการ ศศกร วัฒนาสุทธีวงศ์ • ที่ปรึกษา งามอาจ จิระอร
ที่ปรึกษากลุ่มออนไลน์ มณฑิรา ภูพาน้ำ • บรรณาธิการ ชมพูนุท ดีประวัตติ
ผู้จัดการฝ่ายการผลิต อมรลักษ์ณณ์ เขยกลั่น • ศิลปกรรมปก วณิชชา สนิทชน
ออกแบบรูปเล่ม ศิริพร เสนายอดด, สุนิดา ภาวะทรัพย์
พิสูจน์อักษร ปุณยวิชัย พันธุ์แก้ว, สุนทรีย์ ไกรวิจิตร

คำนำสำนักพิมพ์

เพื่อให้คุณเข้าใจว่าหนังสือเล่มนี้ “พิเศษ” อย่างไร เรามาทวนความเข้าใจให้ตรงกันก่อน

คำว่า “ฟิสิกส์” มีรากศัพท์มาจากคำกรีกว่า *physis* แปลว่า “ธรรมชาติ” องค์ความรู้นี้จึงครอบคลุมแทบทุกเรื่อง และเท่าที่เราเข้าใจกัน นักฟิสิกส์ศึกษาธรรมชาติในลักษณะที่สามารถพิสูจน์ตรวจสอบสร้างเป็นกฎเกณฑ์ใช้ทำนายอนาคตและอดีตได้ นั่นแปลว่าธรรมชาติที่พวกเขาศึกษาล้วนเป็นเรื่องทาง “กายภาพ” ตั้งแต่ธรรมชาติของน้ำ ธรรมชาติของอิเล็กตรอน ธรรมชาติของแรงต่างๆ เช่น แรงนิวเคลียร์ ความโน้มถ่วง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า จนถึงธรรมชาติของสิ่งใหญ่ๆ อย่าง ดวงดาว ระบบสุริยะ กาแล็กซี และเอกภพทั้งหมด

หากแต่มีบางสิ่งที่เดิมไม่เคยนับว่าอยู่ในขอบเขตฟิสิกส์ นั่นคือ ธรรมชาติของชีวิต ธรรมชาติของความคิด ธรรมชาติของความรู้สึก ธรรมชาติของจิตใจ เรามักยกให้มันเป็นเรื่องทางชีววิทยา จิตวิทยา มานุษยวิทยา สัตววิทยา ฯลฯ และนี่เองคือความยิ่งใหญ่หาญกล้าที่สุดของหนังสือเล่มนี้ ในร่างกายสลิบลึกไร้เรียวแรงลงทุกวันของสตีเฟน ฮอว์กิง บรรจุมองที่ทรงพลังที่สุดแห่งศตวรรษ สมองดังกล่าว ตั้งคำถามอย่างหาญกล้าอย่างที่ไม่มียกฟิสิกส์คนไหนกล้ามาก่อน

ทำไมธรรมชาติแห่งโลกทางกายภาพทั้งหมดล้วนนี้จึง “เอื้อต่อชีวิต”

ในทุกโลกหล้าที่วิทยาการมนุษย์บุกเบิกสังเกตการณ์ไปถึง ไม่เคยมีที่แห่งใดถึงพร้อมด้วยปัจจัยแสนเปราะบางที่จะทำให้ชีวิตอย่างเราดำรงอยู่ได้เลย เปลี่ยนผันเพียงเลี้ยวองศา แปรปรวนเพียงเศษแห่งอนุภาค จักไม่มีชีวิตใดดำรงอยู่ที่นี่ ความพอเหมาะอันสุดจะเชื่อได้

ผลักดันให้ฮอว์กิงออกผจญภัยทางสติปัญญาครั้งสุดท้ายของเขา ร่วมกับโทมัส เฮอร์ต็อก นักเอกภพวิทยาชาวเบลเยียมที่ทำงานร่วมกับฮอว์กิงจนนาทีสุดท้าย และเป็นผู้รับคำสั่งเสียจากฮอว์กิงว่าให้เขียนสิ่งนี้ขึ้นมา โลกต้องรับรู้

ในการตอบคำถามอภิมหาสำคัญข้อนั้น พวกเขาต้องเดินทางย้อนกลับไปสู่คำถามถึงจุดกำเนิดของทุกสิ่งอีกครั้ง และนั่นก็คือ “เวลา” ในเมื่อสิ่งต่าง ๆ ทั้งหมดที่เรารู้จักดำเนินไป “ในเวลา” ไม่มีสิ่งใดแยกเว้นได้เลย เช่นนั้นแล้วเวลามาจากไหน หากเวลาเกิดมาพร้อมเอกภพ แล้วเอกภพเกิดมาจากบิกแบง เช่นนั้นแล้วก่อนบิกแบงคืออะไร นี่คือการถามที่ต่อมาจะพาให้เราโยนบินข้ามพรมแดนแห่งฟิสิกส์ไปสู่ปัญญาญาณของอภิปรัชญา พัวพันคาบเกี่ยวกับศาสตร์ทุกแขนงในโลก หากแต่ยังคงหนักแน่นด้วยโครงสร้างตรรกะทางคณิตศาสตร์และจิตวิญญาณเยี่ยงนักฟิสิกส์

เฮอร์ต็อกเฉลยคำตอบแห่งทฤษฎีสุดท้ายไว้แล้ว ไม่ใช่แค่อยู่ในเล่มนี้ แต่อยู่ในหน้าถัดไปที่คุณกำลังจะได้เปิดอ่าน...และเนื้อหาทั้งเล่มที่เหลือ คือคำอธิบายคำตอบนั้น

ขอเชิญพลิกดูคำตอบได้เลยในหน้าถัดไป

Sophia

บทนำ

ประตูห้องทำงานสตีเฟน ฮอว์กิง เป็นสีเขียวโอลีฟ และแม่จะอยู่ตรงห้องส่วนกลางอันวุ่นวาย สตีเฟนก็ชอบแง้มเปิดมันไว้เล็กน้อย ผมเคาะแล้วเดินเข้าไป รู้สึกเหมือนถูกส่งตัวไปยังโลกแห่งการครุ่นคิดอันไร้กาลเวลา

สตีเฟนนั่งอยู่เงียบ ๆ หลังโต๊ะทำงาน ซึ่งหันหน้าสู่ประตูทางเข้าคิระของเขาหนักเกินกว่าจะตั้งตรงอยู่ได้ จึงเอนพิงกับที่พนักคิระบนเก้าอี้รถเข็น เขาค่อย ๆ เลิกตาขึ้นมองและทักทายผมด้วยรอยยิ้มต้อนรับ รวากับรอยยิ้มผมตลอดมา พยาบาลจัดให้ผมนั่งข้าง ๆ เขา ผมชำเลืองมองที่คอมพิวเตอร์บนโต๊ะทำงาน สกรีนเซฟเวอร์เป็นถ้อยคำวนไปมาบนหน้าจอ จงกล้าไปในที่ที่สตาร์เทรคกลัวจะยุ่งเหยิง

ตอนนั้นคือกลางเดือนมิถุนายน ปี 1998 และเราก็อยู่ในเขาวงกตอันวุ่นวายของแดมพ์ป (DAMTP, Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics) ภาควิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์และทฤษฎีฟิสิกส์อันเลื่องชื่อของเคมบริดจ์ DAMTP ตั้งอยู่ในอาคารเก่าสมัยวิกตอเรียที่ล้นเอี่ยมอัดบนฝั่งโอลด์เพรสของแม่น้ำแคม เป็นเวลาเกือบสามทศวรรษ ที่นี่คือฐานที่มั่นของสตีเฟน เป็นศูนย์กลางการค้นคว้าวิจัยทางวิชาการของเขา และเป็นที่นี่เองที่แม่เขาต้องนั่งบนวีลแชร์และไม่สามารถแม้แต่จะยกนิ้วมือ ก็ยังมุ่มมันบิตโค้งเอกภพตามประสงค์ตนเองอย่างหลงใหลดื่มด่ำ

นิล ทูริอก เพื่อนร่วมงานของสตีเฟนเคยบอกผมว่าท่านปรมาจารย์อยากพบผม ก็เพราะวิชาอันแสนสนุกของทูริอก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของปรัชญาคณิตศาสตร์ชั้นสูงอันโด่งดังของ DAMTP ที่

จุดประกายให้ผมสนใจเอกภพวิทยา ดูเหมือนสติเฟ่นได้ข่าวว่าผล
การสอบของผมยอดเยี่ยม เขาเลยอยากรู้ว่าผมจะเป็นแคนดิเดตน
นักศึกษาปริญญาเอกในการดูแลของเขาได้แค่ไหน

ห้องทำงานเก่าแก่ขรุขระของสติเฟ่นที่เต็มไปด้วยตำรา
และบทความวิจัยทำให้ผมรู้สึกอับอู่ มีเพดานสูงและหน้าต่างบานใหญ่
ที่ภายหลังผมพบว่าเขาเปิดทิ้งไว้แม้ในวันเย็นเยือกกลางฤดูหนาว
บนผนังติดกับทางเข้ามีภาพมาริลิน มอนโร ข้างใต้มีภาพใส่กรอบ
พร้อมลายเซ็นของฮอว์กกำลังเล่นโป๊กเกอร์กับไอ้โง่และนิวตัน
บนแท่นโฮโลแกรมของยานเอนเตอร์ไพรส์ กระดานดำสองแผ่นเต็ม
ไปด้วยสูตรคณิตศาสตร์อยู่บนผนังทางด้านขวา กระดานแผ่นหนึ่งเป็น
การคำนวณไม่นานมานี้เกี่ยวกับทฤษฎีล่าสุดของนีลกับสติเฟ่นว่าด้วย
จุดกำเนิดของเอกภพ แต่รูปร่างและสูตรต่างๆ บนกระดานแผ่นที่สอง
ดูเหมือนจะมีมาตั้งแต่ต้นทศวรรษ 1980 หรือนี่อาจเป็นลายมือสุดท้าย
ของฮอว์ก?



รูป 1 กระดานดำนี้แขวนอยู่ในห้องทำงานของสติเฟ่น ฮอว์ก ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ เป็นเหมือน
ของที่ระลึกจากการประชุม supergravity (ความโน้มถ่วงยิ่งยวด) ที่เขาจัดในเดือนมิถุนายน ปี 1980
เต็มไปด้วยเส้นขยุกขยิก รูปร่าง และสมการ เป็นเหมือนผลงานศิลปะที่ฉายภาพเอกภพอันเป็น
นามธรรมของนักทฤษฎีฟิสิกส์ มีการวาดฮอว์กไว้ตรงกลางใกล้ขอบล่าง โดยหันหลังให้เรา

เสียงคลิกเบา ๆ ดังขึ้นในความเงียบ สตีเฟนเริ่มพูดนั่นเอง เขาสูญเสียเสียงธรรมชาติไปกับการผ่าตัดเจาะคอตอนรักษาโรคปอดบวม เมื่อกว่าทศวรรษก่อน ตอนนี้เขาสื่อสารผ่านเสียงคอมพิวเตอร์อันไร้วิญญาณ เป็นกระบวนการอันเชื่องช้าและยากลำบาก

เขาเค้นแรงน้อยนิดในกล้ามเนื้อลิบแกรินของตน ส่งแรงดันเบา ๆ ไปที่บนอุปกรณ์คลิกหน้าตาเหมือนเมาส์คอมพิวเตอร์ ซึ่งวางอย่างระมัดระวังในอุ้งมือขวาของเขา สกรีนติดตั้งอยู่บนแขนด้านหนึ่งของวิลแชร์สว่างขึ้น แสดงเส้นเชื่อมต่อเสมือนจริงระหว่างความคิดเขากับโลกภายนอก

สตีเฟนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่าอีควอไลเซอร์ ซึ่งมีฐานข้อมูลของถ้อยคำและเครื่องสังเคราะห์เสียงอยู่ในตัว ดูเหมือนเขาจะท่องไปในพจนานุกรมอิเล็กทรอนิกส์ของอีควอไลเซอร์โดยสัญชาตญาณ กดคลิกเกอร์อย่างเป็นจังหวะราวกับมันกำลังเต้นระบำกับคลื่นสมองของเขา เมนูบนหน้าจอแสดงถ้อยคำที่ใช้ประจำกับตัวอักษรต่าง ๆ ฐานข้อมูลของโปรแกรมครอบคลุมศัพท์เทคนิคในฟิสิกส์ทฤษฎี และโปรแกรมก็ทำนายคำถัดไปที่เขาจะใช้ โดยแสดงเป็นห้าตัวเลือกในแถวด้านล่างของเมนู โชคร้ายที่การเลือกคำอิงอยู่กับอัลกอริทึมการค้นหาพื้นฐาน ซึ่งไม่สามารถแยกแยะระหว่างบทสนทนาทั่วไปกับภาษาทางฟิสิกส์ทฤษฎี บางครั้งเลยให้ผลลัพธ์ตลก ๆ ตั้งแต่รีซอตโตโมโคเรเวพระดับเอกภพไปจนถึงมิติเชิร์ชเพิ่มเติม

อันเดรอ้างว่า ปรากฏบนจอได้เมนู ผมรอฉันอยู่เงียบ ๆ หวังอย่างยิ่งว่าจะเข้าใจข้อความที่จะตามมา หนึ่งในสองนาที่ต่อมาสตีเฟนเอาเคอร์เซอร์ไปที่ไอคอน “พูด” ด้านมุมบนซ้ายของจอแล้วพูดด้วยเสียงอิเล็กทรอนิกส์ว่า *อันเดรอ้างว่ามีเอกภพอยู่มากมายเป็นอนันต์บ้างพอสมควร*

นั่นไงล่ะ สตีเฟนเปิดเกมแล้ว

อันเดร ลินเด เป็นนักเอกภพวิทยาชาวอเมริกัน - รัสเซียผู้โด่งดังหนึ่งในบิดาผู้คิดค้นทฤษฎีอินเฟลชันของเอกภพในต้นทศวรรษ 1980 ซึ่งเป็นฉบับปรับปรุงของทฤษฎีบิกแบง มีสมมติฐานว่าเอกภพเริ่มต้นขึ้นด้วยการระเบิดสั้น ๆ ของการขยายตัวอันเร็วยิ่งยวดหรืออินเฟลชันต่อมาลินเดปรับปรุงต่อยอดทฤษฎีตนเองอย่างสุดฤทธิ์ โดยอินเฟลชันไม่ได้สร้างแค่เอกภพเดียวแต่หลายหลากมากมาย

ผมเคยคิดว่าเอกภพมากมายทั้งหลายแหล่มีอยู่จริง แต่มันมากมายเท่าไรละ ในแนวคิดของลินเด สิ่งที่เราเรียกว่า “เอกภพ” เป็นเพียงเศษเสี้ยวของ “พหุภพ” (multiverse) อันไพศาลยิ่งกว่าเขาจินตนาการถึงคอสมอส (cosmos) ว่าเป็นอาณาบริเวณที่พองตัวจนใหญ่มหึมาของเอกภพที่แตกต่างกันจำนวนนับไม่ถ้วน ซึ่งอยู่พ้นจากขอบฟ้าเหตุการณ์ของเอกภพอื่น ๆ เหมือนเกาะแก่งที่อยู่ภายในมหาสมุทรที่พองตัวไม่สิ้นสุด นักเอกภพวิทยาเข้าร่วมการผจญภัยหรือหาว่าอันนี้ ส่วนสติเฟ่นผู้รักการผจญภัยที่สุกกลับตั้งคำถาม

“ทำไมถึงสนใจเอกภพอื่น ๆ ละครับ” ผมถามเขา

คำตอบของสติเฟ่นเป็นเหมือนปริศนา เพราะเอกภพที่เราสังเกตดูเหมือนจะถูกออกแบบมานะสิ แล้วเขาก็คลิกต่อ ทำไมเอกภพจึงเป็นอย่างที่เป็น ทำไมถึงมีเราอยู่ตรงนี้

ไม่เคยมีอาจารย์ฟิสิกส์ของผมนคนไหนเคยพูดถึงฟิสิกส์กับเอกภพวิทยาแบบอภิปรายเช่นนี้เลย

“นั่นไม่ใช่เรื่องทางปรัชญาหรอกหรือ” ผมลองถาม

“ปรัชญาตายแล้ว” สติเฟ่นกล่าวด้วยดวงตาเปล่งประกาย พร้อมแลกเปลี่ยนเต็มที่ ผมยังไม่ค่อยพร้อม แต่ผมอดคิดไม่ได้ว่าสำหรับคนที่ปฏิเสธปรัชญาอย่างสติเฟ่น เขากลับเชื่อมั่นอย่างเสรีและสร้างสรรค์ในงานของตัวเอง

มีกลิ่นอายความอัศจรรย์อยู่ในตัวสตีเฟน ด้วยการเคลื่อนไหวเพียงน้อยนิดเขาก็ทำให้บทสนทนามีชีวิตชีวาได้อย่างมาก เขามีเสน่ห์ดึงดูดในแบบที่ผมแทบไม่เคยพบเจอ รอยยิ้มกว้างขวางและสีหน้าแสดงความรู้สึกทั้งอบอุ่นและขี้เล่นในเวลาเดียวกัน ทำให้กระทั่งเสียงหุ่นยนต์ก็ฟังดูนุ่มนวลบุคลิกและดึงดูดผมให้ถลากลึกสู่ความเร้นลับแห่งเอกภพที่เขาได้ครุ่นคิด

เช่นเดียวกับเทพพยากรณ์แห่งเดลฟี เขาเข้าใจของศิลปะแห่งการสื่อความหมายมากมายด้วยคำเพียงไม่กี่คำ ผลที่ได้คือวิธีคิดและพูดถึงฟิสิกส์อย่างเป็นเอกลักษณ์ไม่เหมือนใคร รวมถึงฟิสิกส์แผนใหม่ที่ผมจะอธิบายต่อไปด้วย แต่ความกะทัดรัดนั้นก็อาจทำให้แม้แต่ความผิดพลาดเล็กๆ น้อยๆ อย่างคำที่หายไปเช่นคำว่า “ไม่” มักนำไปสู่ความหงุดหงิดและสับสน อย่างไรก็ตาม บ่ายวันนั้นผมยินดีตกอยู่ในความสับสน และรู้สึกขอบคุณที่สตีเฟนต้องความหาคำในอีควอไลเซอร์ เพราะมันทำให้ผมมีเวลาพิจารณาคำตอบนานขึ้น

ผมรู้ว่าเมื่อสตีเฟนกล่าวว่าเอกภพดูเหมือนถูกออกแบบมา เขาหมายถึงข้อสังเกตที่น่าอัศจรรย์ที่ว่าเอกภพปรากฏขึ้นจากจุดกำเนิดที่รุนแรงอย่างเหมาะสมเจาะต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตเป็นพิเศษ แม้เป็นเวลาอีกหลายพันล้านปีต่อมาก็ตาม ข้อเท็จจริงอันเหมาะสมเจาะพอดีนี้นี้ ไม่ว่าในแง่ไหนก็สร้างปัญหาหนักใจให้นักคตินักปราชญ์มายาวนานหลายศตวรรษ เพราะมันช่างเหมือนถูกใครกำหนดไว้ ราวกับว่าต้นกำเนิดแห่งชีวิตและคอสมอสนั้นเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน และคอสมอสรู้มาตลอดว่าสักวันหนึ่งมันจะกลายเป็นบ้านของเรา แล้วเราจะทำความเข้าใจการปรากฏอันชวนพิศวงของเจตจำนงนี้ได้อย่างไร นี่เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่มนุษย์ตั้งคำถามเกี่ยวกับเอกภพ และสตีเฟนรู้สึกอย่างลึกซึ้งว่าทฤษฎีเอกภพวิธานน่าจะสามารถตอบคำถามนี้ได้ ความเป็นไปได้หรือความหวังว่าจะสามารถไขปริศนาแห่ง

การออกแบบเอกภพเป็นแรงผลักดันผลงานส่วนใหญ่ของเขา

เรื่องนี้พิเศษยิ่งในตัวมันเอง นักฟิสิกส์ส่วนใหญ่เลือกหนทางจากประเด็นยาก ๆ ที่ดูเหมือนปรัชญาเช่นนี้ หรือไม่ก็เชื่อว่าสักวันจะพบว่าสภาวะบัพตยกรรมแสนประณีตของเอกภพนั้นเป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์อันงดงาม ณ หัวใจของทฤษฎีแห่งสรรพสิ่ง หากเป็นเช่นนั้นจริง การออกแบบของเอกภพที่เราประจักษ์นี้ย่อมดูเป็นความบังเอิญโชคดี เป็นผลลัพธ์โดยบังเอิญของกฎธรรมชาติอันเป็นวัฏวิสัย และไม่ใช่เรื่องส่วนตัว

แต่ทั้งสตีเฟนและแอนดรูว์ไม่ใช่นักฟิสิกส์ธรรมดาครับ พวกเขาแล่งเล่ที่จะวางเดิมพันกับความงามแห่งนามธรรมของคณิตศาสตร์ พวกเขาารู้สึกว่าการปรับจูนเอกภพที่ก่อให้เกิดสิ่งมีชีวิตกลับนี้เชื่อมโยงกับปัญหาหลักซึ่ง ณ รากเหง้าแห่งวิชาฟิสิกส์ ด้วยไม่พอใจกับการใช้แค่กฎธรรมชาติ พวกเขาค้นหาภาพทัศน์ที่กว้างกว่าของฟิสิกส์ ซึ่งรวมถึงการตั้งคำถามต่อจุดกำเนิดของตัวเอง ทำให้พวกเขาใคร่ครวญเรื่องบิกแบง เพราะคาดการณ์กันว่า ณ จุดกำเนิดของเอกภพเป็นจุดที่มีการออกแบบงานดีไซน์คล้ายกฎ และ ณ จุดกำเนิดนี้เองที่สตีเฟนกับแอนดรูว์เห็นแย้งกันอย่างรุนแรง

แอนดรูว์จินตนาการเอกภพว่าเป็นอวกาศใหญ่ยักษ์ที่กำลังพองตัวหลายบิกแบงสร้างเอกภพใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง แต่ละเอกภพมีสมบัติทางกายภาพของมันเองที่ราวกับคล้ายบรรยากาศของเอกภพของเรา เขาอธิบายว่าเราไม่ควรแปลกใจหากพบว่าเราอยู่ในเอกภพหายากที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิต เพราะแน่นอนว่าเราไม่อาจดำรงอยู่ได้ในเอกภพจำนวนมากมายที่ไม่อาจหล่อเลี้ยงชีวิต ความรู้สึกเหมือนมีการออกแบบอันยิ่งใหญ่สุดยอดอยู่เบื้องหลังนั้น ล้วนเป็นมายาในพหุภพของลินเด่ซึ่งเกิดจากมุมมองอันจำกัดของเราต่อคอสมอส

สตีเฟนอธิบายว่าการขยายเอกภพอย่างยิ่งใหญ่ของลินเด่ จาก

เอกภพเดียวสู่พหุภพนั้นเป็นแพนตาซีทางอภิปรัชญาที่ไม่ได้อธิบายอะไรเลย แม้ผมพอรู้ว่าเขาไม่อาจพิสูจน์มันได้ กระนั้นผมก็พบว่ามันน่าสนใจและน่าตื่นเต้นที่นักเอกภพวิทยาที่โด่งดังที่สุดของโลกสองคน แม้เห็นแย้งกันอย่างรุนแรง ต่างก็อภิปรายปัญหาในระดับรากฐานนี้ด้วยความแน่วแน่นแรงกล้า

ลินเดไม่ได้ยกหลักการแห่งมานุษยวิทยาหรือเงื่อนไขที่เราดำรงอยู่หรอกครับ ในการเลือกเอกภพที่เหมาะสมจะมีชีวิต ในบรรดาพหุภพทั้งหลาย ผมลองถาม

สติเฟนเบนสายตามามองผมและขยับปากเล็กน้อย ผมจบนจนายต่อมาผมได้รู้ว่ากิจกรรมนี้หมายถึงเขาไม่เห็นด้วย เมื่อเขาเห็นว่าผมยังไม่รู้จักอวัจนภาษาที่เขาสื่อสารกับคนใกล้ชิด เขาก็เบนสายตากลับไปมองจอและสร้างประโยคใหม่ขึ้นมาหนึ่งประโยค ที่จริงก็สองประโยค

หลักการแห่งมานุษยวิทยาคือคำปรึกษาอันสั้นคิด เขาเขียนผมใจลอยไปกับการคลิกของเขา มันเป็นการปฏิเสธความหวังในการทำ ความเข้าใจระบบระเบียบเบื้องหลังเอกภพบนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์

นี่น่าแปลกใจนะครับ ผมเคยอ่าน *A Brief History of Time* จึงตระหนักดีว่าฮอว์กิงในยุคแรกๆ เคยสนใจหลักการแห่งมานุษยวิทยาว่าเป็นส่วนหนึ่งของคำอธิบายเอกภพ เนื่องจากเป็นนักเอกภพวิทยาโดยจิตวิญญาณ สติเฟนตระหนักตั้งแต่แรกถึงการฟ้องประสานอันน่าประหลาดใจระหว่างสมบัติทางกายภาพในสเกลใหญ่ๆ ของเอกภพ กับการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตเช่นที่เป็น ย้อนกลับไปถึงต้นทศวรรษ 1970 เขาเสนอข้ออภิปรายเชิงมานุษยวิทยาที่พบในเวลาต่อมาว่าไม่ถูกต้อง ข้ออภิปรายนั้นเป็นคำอธิบายว่าทำไมการขยายตัวของเอกภพจึงดำเนินไปในอัตราเดียวกันในอวกาศทั้งสามทิศทาง² นี่เขาเปลี่ยนใจเรื่องความถูกต้องของการใช้เหตุผลเชิงมานุษยวิทยาในเอกภพวิทยาแล้วอย่างนั้นหรือ

ในขณะที่สตีเฟนหยุดพักเพื่อเคลียร์หลอดลม ผมมองไปรอบ ๆ ห้องทำงานเขา หนังสือ *A Brief History of Time* ที่แปลเป็นภาษาแปลก ๆ กองสูงบนชั้นที่ทอดยาวตามผนังห้องทางด้านซ้าย ผมสงสัยว่าอะไรอีกในนั้นที่เขาไม่เชื่ออีกต่อไปแล้ว ถัดไปจากกองหนังสือประวัติย่อนี้ ผมสังเกตเห็นแถววิทยานิพนธ์นักศึกษابริฏานีเอกรุ่นก่อน ๆ ของเขา เริ่มตั้งแต่ต้นทศวรรษ 1970 สตีเฟนก่อตั้งสำนักคิดอันโด่งดังขึ้นที่เคมบริดจ์ รวมเอาเหล่านักศึกษาวิจัยและนักวิจัยหลังปริญญาเอกกลุ่มเล็ก ๆ ทุมนเวียนผลัดเปลี่ยนกัน

หัวข้อวิทยานิพนธ์ของพวกเขาเหล่านี้พิจารณาปัญหาสำคัญที่สุดที่ฟิสิกส์ค้นคว้าหนักหน่วงมาตอนปลายศตวรรษที่ยี่สิบ จากทศวรรษ 1980 ผมเห็น *Gravity: A Quantum Theory?* ของไบรอัน วิตต์ และ *Time and Quantum Cosmology* ของเรย์มอนด์ ลาฟลามม์ ส่วนหนังสือ *Spacetime Wormholes and the Constants of Nature* ของเฟย์ โดวเกอร์ พาผมย้อนไปต้นทศวรรษ 1990 ตอนที่สตีเฟนกับผู้ร่วมงานครุ่นคิดเกี่ยวกับรูหนอน ซึ่งเป็นสะพานทางเรขาคณิตข้ามผ่านอวกาศ ส่งอิทธิพลต่อสมบัติต่าง ๆ ของอนุภาคมูลฐาน (ต่อมา คิป ธอร์น เพื่อนของสตีเฟนใช้แนวคิดรูหนอนในภาพยนตร์ *Interstellar* เพื่อนำคูเปอร์กลับมาสู่ระบบสุริยะ) ทางขวาของวิทยานิพนธ์เฟย์คือ *Problems in M Theory* โดยมาริกา เทย์เลอร์ ศิษย์คนล่าสุดของสตีเฟน มาริกาทำงานภายใต้คำชี้แนะของฮอว์กิงในช่วงกลางการปฏิวัติสตริงครั้งที่สอง เมื่อทฤษฎีกลายร่างไปเป็นเครือข่ายกว้างใหญ่ที่เรียกว่าทฤษฎีเอ็ม และสตีเฟนก็เริ่มอุ่นเครื่องในการศึกษาแนวคิดนี้

ด้านซ้ายสุดของหิ้งมีหนังสือปกหนาสี่เขียวที่เก่ากว่าอยู่สองเล่ม ชื่อ *Properties of Expanding Universes* นี่คือนิพนธ์ระดับปริญญาเอกของสตีเฟนเองเมื่อกลางทศวรรษ 1960 ตอนเสาะอากาศ

รูปแตรเขาสัตว์โฮล์มเดลที่ห้องปฏิบัติการโรดท์ท์เบลล์ ตรวจจับสัญญาณสะท้อนแรก ๆ จากบิกแบงร้อนได้ในรูปของรังสีไมโครเวฟจาง ๆ สตีเฟนพิสุจน์ไว้ในวิทยานิพนธ์ของเขาว่า หากทฤษฎีความโน้มถ่วงของไอน์สไตน์ถูกต้อง การดำรงอยู่ของสัญญาณสะท้อนนี้ย่อมแปลว่ากาลเวลาลงจอดต้องมีจุดเริ่มต้น แล้วมันจะเข้ากับแนวคิดพหุภพของอันเดอร์ที่เราเพิ่งกล่าวถึงได้อย่างไรกันล่ะ

ทางขวามือของสตีเฟน ผมเห็นหนังสือ *Gravitational Radiation and Gravitational Collapse* ของแกรี กิบบอนส์ นักศึกษาปริญญาเอกคนแรกของสตีเฟนตอนต้นทศวรรษ 1970 ในช่วงเวลานักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน โจ วิเบอร์ อ้างว่าได้ยืนยันการระเบิดของคลื่นความโน้มถ่วงหลายครั้งจากใจกลางทางช้างเผือก ความเข้มของคลื่นความโน้มถ่วงที่เขารายงานนั้นสูงมากจนดูเหมือนกาแล็กซีกำลังสูญเสียมวลสารด้วยอัตราที่ทำให้มันไม่อาจคงดำรงอยู่ได้นานชั่วมิลลิปี หากนี่เป็นความจริง อีกไม่นานก็จะมีกาแล็กซีหลงเหลืออยู่ ด้วยอัศจรรย์ใจในความย้อนแย้งนี้ สตีเฟนกับแกรีเกิดโอเคทีเดียวว่าจะสร้างเครื่องตรวจจับคลื่นความโน้มถ่วงในชั้นใต้ดินของ DAMTP นี่เป็นเรื่องเฉียดฉิวเพราะข่าวลือเรื่องคลื่นความโน้มถ่วงกลับกลายเป็นไม่จริง และต้องใช้เวลากว่าสิบปีกว่าไลโก (LIGO) สถานีสังเกตการณ์คลื่นความโน้มถ่วงแบบการแทรกสอดเลเซอร์ประสบความสำเร็จในการตรวจจับการสั่นกระเพื่อมบางเบานี้ได้

ปกติสตีเฟนจะรับนักศึกษาวิจัยใหม่หนึ่งคนในแต่ละปี เพื่อทำงานร่วมกับเขาในโปรเจกต์อันเสียงสูงแต่ก็มีโอกาสดังสูง ไม่ว่าจะเป็นหลุมดำ ดาวฤกษ์ยุบตัวที่ซ่อนอยู่หลังขอบฟ้า หรือบิกแบง เขาพยายามสลับสับเปลี่ยนให้นักศึกษาคนหนึ่งทำวิจัยหลุมดำและคนถัดไปทำเกี่ยวกับบิกแบง เพื่อให้นักศึกษาในกลุ่มของเขาครอบคลุมงานวิจัยทั้งสองสาขาอยู่ตลอดเวลา เขาทำเช่นนั้นเพราะหลุมดำกับบิกแบง

เป็นเหมือนหยินกับหยางในความคิดของเขา ความรู้ความเข้าใจสำคัญ
ของสติเฟ้นเกี่ยวกับบิกแบงสามารถสืบย้อนไปได้ถึงแนวคิดที่เขาพัฒนา
ขึ้นครั้งแรกในการศึกษาหลุมดำ

ทั้งภายในหลุมดำและ ณ บิกแบง โลกมหภาคของความโน้มถ่วง
หลอมรวมเข้ากับโลกจุลภาคของอะตอมกับอนุภาคอย่างแท้จริง ภายใต้
เงื่อนไขอันสุดโต่งนี้ ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ที่บรรยายความ
โน้มถ่วงกับทฤษฎีควอนตัมควรต้องทำงานร่วมกัน แต่มันกลับไม่เป็น
เช่นนั้น และเป็นที่รู้กันทั่วไปว่านี่เป็นหนึ่งในปัญหาฟิสิกส์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุด
ซึ่งยังไม่อาจแก้ได้ ตัวอย่างเช่น ทั้งสองทฤษฎีมีมุมมองที่แตกต่างกัน
อย่างสิ้นเชิงต่อความเป็นเหตุผลและความกำหนดแน่ (determinism)
ในขณะที่ทฤษฎีของไอน์สไตน์ยึดโยงอยู่กับความกำหนดแน่ของนิวตัน
กับลาปลาซ ทฤษฎีควอนตัมมีองค์ประกอบพื้นฐานเป็นความไม่แน่นอน
กับความสุ่ม และคงเหลือเพียงแนวคิดกำหนดแน่แบบลดทอนประมาณ
ครึ่งหนึ่งของที่ลาปลาซเคยคิดไว้ เวลาหลายปีต่อมา กลุ่มความโน้มถ่วง
ของสติเฟ้นกับเหล่าลูกศิษย์ลูกหาทุ่มเทงานวิจัยมากมาย ซึ่งเผย
ให้เห็นถึงปัญหาย้อนแย้งเชิงแนวคิดลึกซึ้งเมื่อพยายามจับคู่หลักการ
ที่ดูขัดแย้งกันเองของสองทฤษฎีฟิสิกส์เข้าด้วยกัน ให้กลายเป็นกรอบ
ทฤษฎีที่สอดคล้องเป็นหนึ่งเดียว

ตอนนี้สติเฟ้นได้รับการ “ดูแลเรียบร้อยแล้ว” ตามคำของพยาบาล
เขาเริ่มคลิก ๆ อีกครั้ง (การหยุดสนทนาครั้งที่สองช่วงบ่ายวันนั้นคือ
เพื่อดูพรีวิวดอนหนึ่งของ *The Simpsons* ที่สติเฟ้นไปปรากฏตัว แล้ว
ต้องช่วยเช็กดูความเรียบร้อย)

ผมอยากให้คุณทำวิจัยกับผมเรื่องทฤษฎีควอนตัมของบิกแบง...

ชัดเจนว่าผมมาเจอบิกแบงสุดปัง

...เพื่อจัดการเรื่องพหุภพ เขามองขึ้นมาที่ผมด้วยรอยยิ้มกว้าง
ดวงตาเป็นประกายระยิบระยับอีกครั้ง มันต้องอย่างนี้สิ ไม่ใช่ปรัชญา

หรือหลักแห่งมานุษยวิทยา แต่ใช้การถกทอทฤษฎีควอนตัมให้ลึกล้ำ
เข้าสู่เอกภพวิทยา เพื่อให้เราสามารถเข้าถึงพหุภพ วิธีพูดของเขาฟังดู
เหมือนเป็นปัญหาในการบ้านธรรมดาๆ และแม้ผมจะสามารถบอกได้
จากสีหน้าของเขาว่าเราได้เริ่มทำงานกันแล้ว ผมก็ยังไม่รู้เลยว่ายาน
อวกาศของสตีเฟนจะนำเราไปในทิศทางใด

ผมอยากจะตาย... ถ้อยความปรากฏบนจอ

ผมตัวแข็งทื่อ มองไปที่พยาบาลซึ่งกำลังอ่านหนังสือเงียบๆ ตรง
มุมห้อง มองกลับมาที่สตีเฟนซึ่งก็ยังคงูปกติดีจากที่ผมเห็น แล้วเขา
ก็คลิกต่อว่า

...ผมอยากได้... ซา... ลัก... ถ้วย... จะตาย...

นี่คืออังกฤษเวลาบ่ายสี่โมง

เอกภพหรือพหุภพ? (ผู้) ออกแบบไว้หรือไม่ นี่เป็นคำถามซึ่งชะตา
ที่จะทำให้เรายุ่งไปอีกยี่สิบปี ปัญหาการบ้านหนึ่งข้อนำเราสู่ปัญหาใหม่
อีกข้อ และไม่นานสตีเฟนกับผมก็พบว่าตัวเองอยู่ท่ามกลางหนึ่งใน
การอภิปรายถกเถียงอันร้อนแรงที่สุดในฟิสิกส์ทฤษฎีต้นศตวรรษที่
ยี่สิบเอ็ด เกือบทุกคนมีความเห็นเรื่องพหุภพ แม้ไม่มีใครรู้ว่าจะทำ
ความเข้าใจมันอย่างไร สิ่ง que เริ่มต้นในฐานะโปรเจกต์ปริศนาเอก
ภายใต้คำแนะนำปรึกษาของเขา วิวัฒน์เปลี่ยนแปลงไปสู่การร่วมงาน
อันเข้มข้นและเย้ายมยอด ซึ่งสิ้นสุดลงเมื่อสตีเฟนจากโลกไปในวันที่
14 มีนาคม 2018

เดิมพันของงานเราไม่ใช่เพียงธรรมชาติของบิกแบง เจ้าปริศนา
ณ ใจกลางแห่งการดำรงอยู่เท่านั้น แต่ยังเป็นความหมายอันลึกล้ำ
ของกฎเกณฑ์แห่งธรรมชาติและอื่นๆ อีกด้วย ที่สุดแล้วเอกภพวิทยา
ค้นพบอะไรเกี่ยวกับธรรมชาติ เราอยู่ตรงไหนในนั้น การค้นคว้างดังกล่าว
นำฟิสิกส์ออกไปแสนไกลห่างจากพรมแดนเดิมที่คุ้นเคย กระนั้นมัน

ก็เป็นอาณาบริเวณที่สติเฟื่องชอบเที่ยวท่องไป และเป็นที่ซึ่งปัญญาญาณ
ไร้ใครเสมอเหมือนของเขากลายเป็นคำทำนายอันแม่นยำ ปัญญาญาณ
ซึ่งเขาบ่มเพาะนานนับทศวรรษจากการครุ่นคิดเรื่องเอกภพวิทยาอย่าง
ลึกซึ้ง

เช่นเดียวกับนักคิดนักวิชาการก่อนหน้า ช่วงแรกฮอว์กิงก็ถือว่า
กฎพื้นฐานทางฟิสิกส์เป็นสัจธรรมไม่ผันแปรชั่วนิรันดร์ “หากเราค้นพบ
ทฤษฎีอันสมบูรณ์แบบ...เรารู้ถึงจิตใจของพระเจ้าเป็นเจ้าอย่างแท้จริง”
เขาเขียนไว้ใน *A Brief History of Time* อย่างไรก็ดี กว่าสิบปี
ให้หลังในการพบกันครั้งแรกของเรา ซึ่งมีแนวคิดพหุภาพของลินเด
หายใจรดต้นคอกอยู่ ผมสัมผัสได้ว่าเขารู้สึกถึงรอยแตกร้าวในจุดยืน
ของตัวเอง ฟิสิกส์ให้รากฐานประหนึ่งพระเจ้าที่กำลังปฏิบัติกิจ ณ บิ๊กแบง
ซึ่งเป็นจุดกำเนิดแห่งเวลาจริงหรือ เราต้องการรากฐานแบบนั้นจริงหรือ

เราพบในไม่ช้าว่าลูกตุ้มแบบเพเลโตในฟิสิกส์ทฤษฎีได้แกว่งไกล
เกินไปแล้วจริง ๆ ตอนที่เราย้อนรอยเอกภพกลับไปยังช่วงเวลาแรก
ที่สุด เราพบพบกับระดับแห่งการวิวัฒนาการอันลึกล้ำยิ่งกว่า ที่ซึ่ง
กฎทางฟิสิกส์เองเปลี่ยนแปลงและวิวัฒน์ในเชิงอภีวิวัฒนาการ กฎ
ฟิสิกส์ผันแปรสภาพในเอกภพยุคแรกเริ่ม ในกระบวนการผันแปรแบบ
สุ่มและการคัดสรรที่เหมือนกับวิวัฒนาการของดาร์วิน โดยมีสายพันธุ์
จำเพาะของอนุภาค สรรพแรง และเราจะอธิบายต่อไปว่าแม้แต่วิชา
ก็เลือนหายไปในปีกแบง ยิ่งไปกว่านั้น สติเฟื่องกับผมยังเห็นในเวลา
ต่อมาว่าบิ๊กแบงไม่ได้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นของเวลา แต่ยังเป็นจุดกำเนิด
ของกฎฟิสิกส์อีกด้วย ณ หัวใจของวิชากำเนิดเอกภพ (cosmogony)
มีทฤษฎีทางกายภาพใหม่ของจุดกำเนิดทฤษฎี ซึ่งเราพบว่ามันรวมเอา
จุดกำเนิดของตัวทฤษฎีเองด้วย

การทำงานกับสติเฟื่องเป็นการเดินทางไม่เพียงไปยังอวกาศและ
เวลา แต่ยังลึกลงไปในความคิดจิตใจของเขา ลงไปสู่สิ่งที่ทำให้สติเฟื่อง

เป็นสติเฟน ภารกิจร่วมกันทำให้เราใกล้ชิดกัน เขาเป็นนักแสดงหาอย่างแท้จริง การได้อยู่ใกล้เขา ไม่ว่าใครก็ต้องได้รับอิทธิพลบางอย่างมาจากความตั้งใจแน่วแน่และความกระตือรือร้นในองค์ความรู้ของเขา เชื่อมั่นว่าเราจะจัดการกับปัญหาเอกภพอันลึลับได้ สติเฟนทำให้เรารู้สึกว่าเรากำลังเขียนเรื่องราวแห่งการกำเนิดของเราเอง ซึ่งในความหมายหนึ่งก็เป็นเช่นนั้นจริง ๆ

และฟิสิกส์นั้นก็แสนสนุก! กับสติเฟนคุณไม่รู้ชัด ๆ ว่าเสร็จงานเมื่อไรและเริ่มปาร์ตี้เมื่อไร ความปรารถนาไม่รู้ลืมที่จะเรียนรู้ของเขามากมายพอ ๆ กับความสนุกสุดเหวี่ยงในชีวิตและจิตวิญญาณแห่งการผจญภัย ในเดือนเมษายน ปี 2007 สองสามเดือนหลังวันเกิดครบรอบปีที่หกสิบห้า เขาเข้าร่วมในเที่ยวบินไร้แรงโน้มถ่วงบนเครื่องบินอู่ 727 ดัดแปลงพิเศษ ซึ่งเขาคิดว่าเป็นการชิมลองการเดินทางสู่อวกาศ ส่วนบรรดาหมอ ๆ ของเขาก็ตื่นตระหนกแล้วกับแค่เขาเดินทางข้ามช่องแคบบนรถไฟยูโรสตาร์มาเยี่ยมผมในเบลเยียม

ขณะเดียวกัน แม้เสี่ยงตามธรรมชาติของเขาเหือดหาย และร่างกายอ่อนแรงเกินจะขยับแม้แต่เพียงสักนิ้วมือหนึ่ง กระนั้นเขาก็ยังกลายมาเป็นผู้สื่อสารวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดในยุคสมัยของเรามีแรงบันดาลใจมาจากความรู้สึกลึกลับที่ว่าเราเป็นส่วนหนึ่งของแบบแผนยิ่งใหญ่ที่จารึกไว้เบื้องบน ร่ำรอให้เราค้นพบ เขาแบ่งปันความปิติยินดีในการค้นพบของเขากับผู้คนทั่วโลก ช่วงกลาง ๆ ในการทำงานร่วมกันของเรา สติเฟนเขียนหนังสือ *The Grand Design* สะท้อนความสับสนของเราในห้วงเวลาดังกล่าว ในเล่มนั้นสติเฟนยึดเหนี่ยวหลักการแห่งมานุษยวิทยา พหุภาพ และทฤษฎีสตริงสุดยอแด่แห่งสรรพสิ่ง รวมถึงความเป็นปรีภักษ์ของทฤษฎีพระเจ้าสร้างเอกภพ แต่ *The Grand Design* ก็ยังมีร่องรอยแรกเริ่มของกระบวนการค้นคว้าใหม่ทางเอกภพวิทยาที่จะตกผลึกในงานของเราไม่กี่ปีให้หลัง ไม่นานก่อนเขาเสียชีวิต สติเฟน

บอกผมว่าถึงเวลาเขียนหนังสือเล่มใหม่แล้ว และมันคือเล่มนี้แหละครับ ในสองสามบทต่อไปผมจะบรรยายการเดินทางของเรากลับสู่และเข้าสู่ บิ๊กแบง และอธิบายว่าการเดินทางนี้ที่สุดแล้วทำให้ฮอว์กิงละทิ้งพหุภพ และแทนที่มันด้วยมุมมองสดใหม่อันน่าอัศจรรย์แห่งจุดกำเนิดของ เวลา รุ่มรวยด้วยสปีริตและธรรมชาติแบบดาร์วิน และนำเสนอความรู้ ความเข้าใจใหม่ๆ ต่อแบบแปลนอันยิ่งใหญ่ของเอกภพ

ผู้ร่วมเดินทางกับเรายังมีนักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน จิม ฮาร์เทิล ผู้ร่วมงานเก่าแก่ของสตีเฟนที่ร่วมบุกเบิกงานวิจัยเอกภพวิทยาควอนตัม ในตอนต้นทศวรรษ 1980 ได้ นานหลายปีที่ทั้งคู่เข้าถึงเคล็ดวิชาของ เอกภพผ่านเลนส์ควอนตัม กระทั่งภาษาระหว่างเขาทั้งสองยังแสดงถึง แนวคิดทางควอนตัมราวกับว่าวงจรในสมองเชื่อมโยงอย่างแตกต่าง ตัวอย่างเช่น เมื่อกล่าวถึง “เอกภพ” นักเอกภพวิทยามักหมายถึง ดวงดาว กาแล็กซี และอวกาศไพศาลรอบตัว แต่เมื่อจิมหรือสตีเฟน พูดว่า “เอกภพ” พวกเขาหมายถึงเอกภพควอนตัมอันเป็นนามธรรม เต็มไปด้วยความไม่แน่นอน และประวัติศาสตร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ของมันดำรงอยู่ในสถานะซ้อนทับบางประเภท แต่ก็ด้วยมุมมองทาง ควอนตัมอันถนัดของพวกเขานี้เอง ทำให้ในที่สุดการปฏิวัติแบบดาร์วิน ในทางเอกภพวิทยาเป็นไปได้ขึ้นมา ฮอว์กิงในยุคหลังจึงจริงจังกับทฤษฎี ควอนตัมมากจริงๆ และตัดสินใจว่าจะใช้มันนำทาง ใช้มันศึกษาเอกภพ ในสเกลใหญ่ใหม่ทั้งหมด เอกภพวิทยาควอนตัมเป็นสาขาวิจัยที่มีสตีเฟน อยู่แนวหน้าจวบจนสิ้นอายุขัยของเขา

เมื่อร่วมงานกันไปสักพัก เขาก็สูญเสียแรงเพียงน้อยนิดในอุ้งมือ สำหรับกดปุ่มคลิกที่เขาเคยใช้สื่อสาร สตีเฟนเปลี่ยนไปใช้เซนเซอร์ อินฟราเรดที่ติดตั้งบนแว่น ซึ่งเขาส่งสัญญาณให้ทำงานด้วยการขยับ แก้มเพียงเล็กน้อย แต่เอาเข้าจริงก็กลายเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก การสื่อสาร เชื่องช้าลงจากถ้อยคำสองสามคำต่อนาทีเป็นหลายนาทีต่อหนึ่งคำ ก่อน

ที่จะค่อย ๆ หยุตไปในที่สุด ขณะที่ความต้องการจะได้ยินสุรเสียง
ของเขากลับพุ่งทะยานสูงสุด³ นี่คือนักเผยแพร่วิทยาศาสตร์ผู้โด่งดัง
ที่สุดแห่งยุค ทว่าไม่อาจเปล่งเสียง แต่สติเฟื่องไม่ยอมแพ้ ด้วยความ
เชื่อมโยงทางปัญญาของเราที่แน่นแฟ้นขึ้นตามเวลาที่ใกล้ชิดกัน เรา
เปลี่ยนผ่านไปสู่การสื่อสารที่พ้นจากถ้อยคำ ข้ามพ้นอีควอไลเซอร์
เซนเซอร์ และคลิกเกอร์ ผมจะมานั่งอยู่ข้างหน้าเขา อยู่ในมุมสายตา
ให้เขาเห็นถนัด ๆ และสืบค้นจิตใจของเขาด้วยคำถามนานา ดวงตา
ของสติเฟื่องจ้องดูประกายสุกใสเมื่อข้ออภิปรายของผมสั่นพ้องกับ
ความเข้าใจของเขา จากนั้นเราพัฒนาต่อยอดจากความเชื่อมโยงนั้น
ค้นหาและแสวงหาภาษาสามัญ และความเข้าใจร่วมกันที่เราได้
สั่งสมมาตลอดหลายปี และจาก “การสนทนา” ช้า ๆ และสม่ำเสมอเช่นนี้
เอง สูดยอดทฤษฎีแห่งเอกภพของสติเฟื่องก็ถือกำเนิด

นี่เป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อสำคัญทางวิทยาศาสตร์ เมื่อการพิจารณา
ทางอภิปรายเข้ามามีบทบาท ไม่ว่าจะชอบหรือไม่ก็ตาม ที่ทางแยกนั้น
เราเรียนรู้บางสิ่งอันลึกซึ้ง ไม่เพียงเกี่ยวกับการทำงานของธรรมชาติ
แต่ยังรวมถึงเงื่อนไขที่ทำให้การศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นไปได้และควร
ค่า และยังเกี่ยวกับโลกทัศน์ที่อาจพุ่มพักขึ้นจากค้นพบของเรา ภารกิจ
ของฟิสิกส์เพื่อทำความเข้าใจว่าอะไรทำให้เอกภพเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิต
นำพาเราเข้าสู่ทางแยกสำคัญนี้ เพราะโดยเนื้อแท้แล้ว มันเป็นคำถาม
ของนักมนุษยนิยมที่ใหญ่ยิ่งกว่าวิทยาศาสตร์มากนัก มันเป็นเรื่อง
จุดกำเนิดของเรา สูดยอดทฤษฎีแห่งเอกภพของสติเฟื่องยังมีแก่นแห่ง
ภาพสะท้อนที่ทรงพลังไม่เหมือนใคร แสดงถึงความหมายของการเป็น
มนุษย์ในเอกภพที่เป็นมิตรต่อสิ่งมีชีวิตแห่งนี้ และมนุษย์ในฐานะ
เสมือนบริกรแห่งดาวเคราะห์โลก ด้วยเหตุผลนี้เพียงประการเดียวก็อาจ
พิสูจน์แล้วว่า มันคือมรดกตกทอดทางวิทยาการที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของเขา

สารบัญ

1. ความย้อนแย้ง	1
2. วันปราศจากความ	47
3. การสร้างเอกภพ	100
4. แก้วถ่านและหมอกควัน	144
5. หลงไปในพหุภพ	184
6. ไม่มีคำถามเหลือ วันก็ไม่มีประวัติศาสตร์!	231
7. กาลปราศจากเวลา	293
8. ที่บ้านในเอกภพ	348
กิตติกรรมประกาศ	373
เครดิตภาพ	378
เอกสารอ้างอิง	381
บันทึกเพิ่มเติม	384

บทที่ 1

ความย้อนแย้ง

*Es könnte sich eine seltsame Analogie ergeben,
daß das Okular auch des
riesigsten Fernrohrs nicht größer sein darf, als unser Auge.*

สทลัมพ์นั้นน่าสนใจอาจปรากฏขึ้นเพราะเลนส์ตาของกล้องโทรทรรศน์ที่ใหญ่ที่สุด
ไม่อาจใหญ่กว่าดวงตาของมนุษย์

—Ludwig Wittgenstein, *Vermischte Bemerkungen*

ปลายทศวรรษ 1990 เป็นจุดสูงสุดของทศวรรษทองแห่งการค้นพบในเอกภพวิทยา จากเคยถูกมองเป็นเขตแดนแห่งการคาดเดาอย่างไร้หลักการ ในที่สุดเอกภพวิทยาที่หาญกล้าศึกษาจุดกำเนิด วิวัฒนาการ และชะตากรรมของเอกภพทั้งมวล ก็ได้เข้าสู่วัยอันสูงส่งมาแล้ว นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกตื่นตะลึงยิ่งอลังกับผลสังเกตการณ์นำตื่นตาจากดาวเทียมและอุปกรณ์ตรวจจับอันสลับซับซ้อนบนโลก ซึ่งเปลี่ยนภาพความเข้าใจเอกภพของเราจนไม่เหลือเค้าเดิม รวากับเอกภพกำลังสนทนากับเรา ทำให้เหล่านักทฤษฎีต้องหันมาเผชิญความจริงหยุดการคาดเดา และค้นคำทำนายออกมาจากแบบจำลองของตนให้ได้

ในเอกภพวิทยาเราค้นพบอดีตครับ นักเอกภพวิทยาเป็นนักเดินทางท่องอดีต และกล้องโทรทรรศน์ก็คือไหม้แมชีนของพวกเขา

เมื่อเรามองลึกเข้าไปในห้วงอวกาศ เราก็กำลังมองย้อนกลับไปในอดีต เพราะแสงจากดาวและกาแล็กซีอันห่างไกลเดินทางมาเป็นเวลานานนับล้าน หรือแม้แต่หลายพันล้านปีกว่าจะมาถึงเรา ตั้งแต่ปี 1927 แล้วที่นักบวช และนักดาราศาสตร์ชาวเบลเยียม จอร์จ เลอแมตร์ (Georges Lemaitre) ทำนายว่าอวกาศนั้นขยายตัวเมื่อพิจารณาในช่วงระยะเวลา ยาวนาน แต่ต้องรอจนทศวรรษ 1990 กว่าเทคโนโลยีกล้องโทรทรรศน์ อันล้ำสมัยทำให้การแกะรอยประวัติศาสตร์การขยายตัวของเอกภพ เริ่มเป็นไปได้

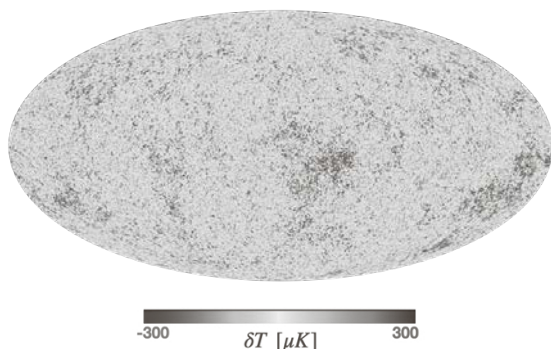
ประวัติศาสตร์มีเรื่องชวนเซอร์ไพรส์หลายอย่าง ตัวอย่างเช่น ในปี 1998 นักดาราศาสตร์ค้นพบว่าอวกาศเริ่มยืดขยายตัวเร็วขึ้น เมื่อประมาณ 5,000 ล้านปีก่อน แม้สูตรทุกรูปแบบที่เรารู้จักจะ ดึงดูดกันและทำให้การขยายตัวช้าลง นับแต่นั้นนักฟิสิกส์ก็ฉงนฉงาย ว่าการเร่งอันแสนประหลาดนี้อาจเกิดจากค่าคงที่เอกภพของไอน์สไตน์ หรือเปล่า ซึ่งเป็นพลังงานมืดที่มองไม่เห็นเหมือนกับอีเธอร์ ทำให้ ความโน้มถ่วงผลักใส่แทนที่จะดึงดูด นักดาราศาสตร์คนหนึ่งเปรียบเทียบ อย่างคมคายว่าเอกภพดูเหมือนลอสแอนเจลิส คือหนึ่งในสามเป็น สารสสาร อีกสองในสามเป็นพลังงาน

ชัดเจนว่าหากเอกภพกำลังขยายตัวอยู่ตอนนี้ มันต้องถูกบีบอัด จนขนาดเล็กกว่าในอดีต หากคุณย้อนประวัติศาสตร์เอกภพ สมมติว่า เป็นแบบฝึกหัดทางคณิตศาสตร์ข้อหนึ่งก็ได้ คุณจะพบว่าสสาร ทั้งหมดเคยถูกกดอัดหนาแน่นและร้อนอย่างยิ่งยวด เนื่องจากสสาร จะร้อนขึ้นและแผ่รังสีเมื่อถูกบีบอัดเข้าด้วยกัน สถานะยุคแรกเริ่มนี้ รู้จักกันในชื่อ *บิกแบงร้อน* ผลสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ตั้งแต่ ยุคทองทศวรรษ 1990 ได้กำหนดอายุของเอกภพจากช่วงระยะเวลา ตั้งแต่บิกแบงจวบจนปัจจุบัน ว่าเท่ากับ 13,800 ล้านปี บวกลบราว 20 ล้านปี

เพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกำเนิดเอกภพ องค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency, ESA) ปล่องดาวเทียมในเดือนพฤษภาคม ปี 2009 เพื่อสแกนท้องฟ้าตอนกลางคืนให้ละเอียดสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่เคยทำมา เป้าหมายคือหารูปแบบน่าสนใจของการกระเพื่อมรังสีความร้อนที่หลงเหลือจากบิกแบง เนื่องจากมันเดินทางผ่านเอกภพที่กำลังขยายตัวมาเป็นเวลา 13,800 ล้านปี ความร้อนจากกำเนิดของเอกภพที่มาถึงเราในปัจจุบันจะเย็นเยือกที่ 2.725 เคลวิน หรือประมาณ -270 เซลเซียส รังสีที่อุณหภูมินี้หลัก ๆ จะอยู่ในช่วงไมโครเวฟของสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความร้อนที่หลงเหลือจึงมีชื่อว่า รังสีไมโครเวฟพื้นหลังเอกภพ (cosmic microwave background) หรือรังสี CMB

ความพยายามของ ESA เพื่อตรวจจับความร้อนยุคดึกดำบรรพ์ ประสบผลสำเร็จสูงสุดในปี 2013 เมื่อภาพรอยจุดกระดำกระด่างที่ดูเหมือนภาพพอยทิสต์ปรากฏบนหน้าหนึ่งของหนังสือพิมพ์ทั่วโลก รับชมได้ในรูป 2 ซึ่งเป็นภาพแผนที่ทั่วท้องฟ้าพร้อมรายละเอียดเส้นประณั้มนับล้านพิกเซล แสดงถึงอุณหภูมิของรังสี CMB ที่หลงเหลือในทิศทางแตกต่างกันในอวกาศ ผลสังเกตการณ์ CMB อันละเอียดลออนั้นให้ภาพสแนปช็อตของเอกภพ ณ ช่วงเวลาเพียง 380,000 ปีหลังบิกแบง ตอนที่มันเย็นตัวลงจนมีอุณหภูมิเพียงสองสามพันองศา ซึ่งเย็นพอจะปลดปล่อยรังสียุคแรกเริ่มออกมาและมันก็เดินทางอย่างไร้อุปสรรคขัดขวาง ข้ามผ่านเอกภพมาจวบจนปัจจุบัน

แผนที่ท้องฟ้าของ CMB ยืนยันว่าความร้อนบิกแบงที่หลงเหลือนั้นกระจายตัวเกือบสม่ำเสมอทั่วอวกาศ แม้ไม่ถึงกับสมบูรณ์แบบ รอยต่างในภาพแสดงการผันแปรของอุณหภูมิระดับเล็กมาก ๆ การกระเพื่อมเล็ก ๆ ขนาดไม่เกินหนึ่งในแสนองศา การผันแปรเล็ก ๆ เหล่านี้แม้เล็กน้อย แต่สำคัญอย่างยิ่งยวด เพราะสามารถสืบย้อนเมล็ดพันธุ์ช่วงที่กาแล็กซีก่อตัวขึ้น หากบิกแบงร้อนกระจายตัวสม่ำเสมอ



รูป 2 แผนที่ท้องฟ้าการเรืองแสงของบิกแบงร้อนที่ผลิตภาพโดยดาวเทียมพลังค์ขององค์การอวกาศยุโรป ซึ่งตั้งชื่อตามผู้บุกเบิกควอนตัม มักซ์ พลังค์ รอยจุดรูปร่างต่าง ๆ สีเทาแสดงการผันแปรอุณหภูมิเล็ก ๆ ของรังสีไมโครเวฟยุคดึกดำบรรพ์เมื่อมันมาถึงเราจากทิศทางต่าง ๆ บนท้องฟ้า ในที่แรกการกระเพื่อมเหล่านี้ดูเหมือนเป็นแบบสุ่ม แต่การศึกษายละเอียดพบว่ามันแบบแผนเชื่อมโยงกันเองระหว่างบริเวณต่าง ๆ บนแผนที่ ด้วยการศึกษาแบบแผนเหล่านี้ นักเอกภพวิทยาจึงสามารถสร้างประวัติศาสตร์การขยายตัวของเอกภพเพื่อจำลองการก่อตัวของกาแล็กซีหรือแม้แต่ทำนายอนาคตของมันได้

โดยสมบูรณ์แบบทุกแห่งหนก็จักไม่มีกาแล็กซีได้อยู่เลยในปัจจุบัน

ภาพสแนปช็อตของรังสี CMB ยุคดึกดำบรรพ์กำหนดเขตแดนขอบฟ้าเอกภพของเรา นั่นก็คือจุดที่เราไม่อาจมองย้อนกลับไปไกลกว่านั้นได้ แต่เราอาจเก็บรวบรวมข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นยุคก่อนหน้าได้จากทฤษฎีเอกภพวิทยา ทำนองเดียวกับที่นักบรรพชีวินเรียนรู้จากฟอสซิลเห็นว่าสิ่งมีชีวิตบนโลกมีรูปร่างหน้าตาเป็นอย่างไร นักเอกภพวิทยาอาจปะติดปะต่อเรื่องราวได้ว่าเกิดอะไรขึ้นก่อนแผนที่ความร้อนที่หลงเหลือจะถูกจารึกไว้บนท้องฟ้า โดยถอดรหัสรูปแบบที่เข้ารหัสอยู่ในการกระเพื่อมฟอสซิลเหล่านี้ สิ่งนี้ทำให้งรังสี CMB กลายเป็นเหมือนหินโรเซตต้า* ในทางเอกภพวิทยา ทำให้เราแกะรอยประวัติศาสตร์เอกภพได้ไกลยิ่งขึ้น บางทีอาจไปไกลถึงช่วงเลี้ยววินาทีหลังมันถือกำเนิดก็เป็นได้

และสิ่งที่เราค้นพบก็ชวนฉงนสนเท่ห์ ดังที่เราจะได้เห็นในบทที่ 4 การผันแปรอุณหภูมิของรังสี CMB ซึ่งให้เห็นว่าเอกภพตอนแรกขยายตัวอย่างรวดเร็ว จากนั้นก็ช้าลง และเมื่อไม่นานมานี้ (ประมาณ 5,000 ล้านปีก่อน) ก็เริ่มเร่งเร็วขึ้นอีกครั้ง การช้าลงดูเหมือนจะเป็นข้อยกเว้นมากกว่าเป็นกฎของสเกลต่างๆ ในอวกาศและเวลาห้วงลึก นี่เป็นหนึ่งในสมบัติของเอกภพที่เหมือนจะบังเอิญเป็นมิตรกับสิ่งมีชีวิตพอดี เพราะในเอกภพที่ขยายตัวช้าเท่านั้นที่สสารจะรวมกันและกระจุกตัวเป็นกาแล็กซีต่างๆ หากปราศจากช่วงเวลาที่การขยายตัวเกือบจะหยุดนิ่งยาวนานพอในอดีตแล้วไซ้ ก็จักไม่มีกาแล็กซีหรือดวงดาว และไม่มีสิ่งมีชีวิตเช่นกัน

ผลลัพธ์คือ ประวัติศาสตร์การขยายตัวของเอกภพกลายเป็นศูนย์กลางความสนใจในช่วงระยะแรกๆ ที่ประเด็นเงื่อนไขการดำรงอยู่ของเราหลุดเข้ามาในเอกภพวิทยาสมัยใหม่ ช่วงระยะเวลานี้เกิดขึ้นในต้นทศวรรษ 1930 เมื่อเลอแมตร์สังเกตซ์ภาพสิ่งที่เขาเรียกว่าเอกภพ “แบบลังเล” (hesitating universe) ในสมุดโน้ตสีม่วงของเขา เป็นเอกภพที่มีประวัติศาสตร์การขยายตัวแบบขลุ่ยซลัก ซึ่งต่อมานั้นจะปรากฏขึ้นในผลสังเกตการณ์เจ็ดสิบปีให้หลัง[†] (ดูบทแทรก แผ่นภาพ 3) เลอแมตร์เชื่อว่าการขยายตัวนี้มีการหยุดชั่วคราวเป็นเวลานาน โดยพิจารณาภาวะเอื้อต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เขารู้ว่าผลสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ของกาแล็กซีใกล้เคียง ซึ่งให้เห็นอัตราการขยายตัวสูง

* Rosetta stone ศิลาจารึกสมัยอียิปต์โบราณ มี 3 ภาษา คือ ฮีโรกลิฟิก (hieroglyphic) เดโมติก (demotic) และกรีกโบราณ จารึกเนื้อความเดียวกัน จึงสามารถใช้ถอดความระหว่างสามภาษานี้ได้ – ผู้แปล

† เลอแมตร์มักจะเขียนภาพทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของเขาที่ด้านหนึ่งของสมุดโน้ต และเขียนภาพสะท้อนเชิงจิตวิญญาณไว้ในอีกด้านหนึ่ง บ่อยครั้งตรงกลางว่างราวกับว่า จะหลีกเลี่ยงการผสมผสานอันไม่จำเป็นของวิทยาศาสตร์กับศาสนา

ในช่วงระยะเวลาไม่นานมานี้ แต่เมื่อเขาย้อนวิวัฒนาการเอกภพกลับไปในอดีตในอัตราเดียวกัน เขาพบว่ากาแล็กซีต่าง ๆ ต้องซ่อนอยู่ในตำแหน่งเดียวกันเมื่อประมาณไม่เกิน 1,000 ล้านปีก่อน แน่หนอนว่ามันเป็นไปได้ เพราะโลกกับดวงอาทิตย์มีอายุยาวนานกว่านั้นมาก เพื่อหลีกเลี่ยงความขัดแย้งชัดเจนระหว่างประวัติศาสตร์เอกภพกับประวัติศาสตร์ระบบสุริยะ เขาจึงจินตนาการถึงช่วงกลางที่มีการขยายตัวช้ามาก ๆ เพื่อให้ดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ และสิ่งมีชีวิตมีเวลาพัฒนาขึ้น

ในช่วงหลายทศวรรษหลังผลงานชิ้นบุกเบิกของเลอแมตร์ นักฟิสิกส์ยังคงพบ “ความบังเอิญแสนสุข” นี้อีกหลายต่อหลายครั้ง หากเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพพื้นฐานไม่ว่าเรื่องใดแม้เพียงเล็กน้อย ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมของอะตอมและโมเลกุล จนถึงโครงสร้างเอกภพในสเกลใหญ่ที่สุด ความเอื้อต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตก็จะถูกแขวนร่อแร่ทันที

ดูอย่างความโน้มถ่วง แรงที่เสกสรรปั้นแต่งและควบคุมเอกภพในสเกลขนาดใหญ่ ความโน้มถ่วงนั้นอ่อนแรงอย่างที่สุด ต้องใช้มวลของทั้งโลกเพื่อยึดเท้าเราให้อยู่บนพื้น แต่หากแรงโน้มถ่วงนั้นแรงกว่านี้ ดาวฤกษ์ก็จะส่องสว่างมากขึ้นและตายเร็วขึ้นมาก ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับสิ่งมีชีวิตสลับซับซ้อนจะวิวัฒนาการขึ้นได้ในดาวเคราะห์ดวงใดก็ตามที่โคจรอยู่และได้รับความอบอุ่นจากความร้อนของดาวฤกษ์นั้น

หรือลองคิดถึงกาแล็กซีขนาดเล็ก ๆ ขนาดหนึ่งในแสนในอุณหภูมิรังสีบิกแบงที่หลงเหลืออยู่ หากตัวเลขความแตกต่างมากกว่านั้นเพียงเล็กน้อย สมมติว่าหนึ่งในหมื่น เมล็ดพันธุ์ของโครงสร้างระดับเอกภพส่วนใหญ่จะกลายเป็นหลุมดำยักษ์ แทนที่จะเป็นกาแล็กซีที่เต็มไปด้วยดวงดาว ในทางกลับกัน แม้การผันแปรเล็กกว่านั้น เช่น

หนึ่งในล้านหรือน้อยกว่านั้นอีก กาแล็กซีจะไม่เกิดขึ้นเลย บิ๊กแบงร้อนทำให้ทุกอย่างเหมาะสมจะพอดิบพอดี ด้วยวิธีอะไรสักอย่าง มันทำให้เอกภพอยู่ในภาวะเปี่ยมมิตรไมตรีอย่างยิ่งยวดต่อสิ่งมีชีวิต ดอกผลที่จะยังไม่ปรากฏจบจบจนหลายพันล้านปีให้หลัง คำถามคือเพราะอะไร

ตัวอย่างความบังเอิญอันแสนสุขของเอกภพมีอยู่ดาษดื่น เราอาศัยอยู่ในเอกภพที่มีอวกาศสามมิติ มันมีอะไรพิเศษกับเลขสามหรือ? มีครับ หากเพิ่มมิติอวกาศอีกเพียงมิติเดียวจะทำให้อะตอมและวงโคจรดาวเคราะห์ไม่เสถียร โลกจะวนเป็นก้นหอยตกลงสู่ดวงอาทิตย์ แทนที่จะโคจรเป็นวงเสถียรอยู่รอบมัน เอกภพที่มีมิติอวกาศขนาดใหญ่ตั้งแต่ห้ามิติขึ้นไปจะมีปัญหาใหญ่กว่านั้น ในทางตรงข้าม โลกที่มีอวกาศเพียงสองมิติก็อาจไม่มีที่พอให้ระบบซับซ้อนทำงานได้ ดังแสดงอยู่ในรูป 3 อวกาศสามมิตินั้นเหมือนจะพอเหมาะพอดีกับสิ่งมีชีวิต

ยิ่งไปกว่านั้น ความพอเหมาะต่อชีวิตอันแสนประหลาดนี้ยังขยายไปสู่สมบัติทางเคมีของเอกภพอีกด้วย สิ่งนี้ถูกกำหนดโดยสมบัติต่างๆ ของอนุภาคและแรงมูลฐานที่มันกระทำระหว่างกัน ตัวอย่างเช่น นิวตรอนมีมวลมากกว่าโปรตอนเพียงเล็กน้อย อัตราส่วนมวลของนิวตรอนต่อโปรตอนคือ 1.0014 หากเป็นตรงข้าม โปรตอนทั้งหมดในเอกภพจะสลายตัวไปเป็นนิวตรอนไม่นานหลังบิ๊กแบง แต่หากปราศจากโปรตอนก็จะมีนิวเคลียสของอะตอมและย่อมไม่มีอะตอมและไม่มีเคมี

อีกตัวอย่างหนึ่งคือการผลิตสร้างคาร์บอนภายในดาวฤกษ์ เท่าที่เรารู้ คาร์บอนคือสิ่งจำเป็นต่อชีวิต แต่เอกภพไม่ได้ถือกำเนิดมาพร้อมคาร์บอน มันถูกผลิตสร้างในนิวเคลียร์ฟิวชันหรือการรวมตัวทางนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นภายในดาวฤกษ์ ในทศวรรษ 1950 นักเอกภพวิทยา



รูป 3 มนุษย์เหมือนสิ่งมีชีวิตจะเกิดขึ้นได้ยาก ไม่ต้องพูดถึงว่ามันจะดำรงอยู่ได้อย่างไรในเอกภพที่มีอวกาศเพียงสองมิติ กลไกในการล่าและการกินที่รู้จักกันดีนั้นเป็นไปได้

ชาวอังกฤษ เฟร็ด ฮอยล์ ชี้ให้เห็นการสังเคราะห์คาร์บอนจากฮีเลียมภายในดาวฤกษ์อันมีประสิทธิภาพนั้น ตั้งอยู่บนสมมติฐานละเอียดอ่อนระหว่างแรงนิวเคลียร์อย่างเข้มที่ยึดเหนี่ยวนิวเคลียสของอะตอมกับแรงแม่เหล็กไฟฟ้า หากแรงอย่างเข้มแรงมากขึ้นหรือน้อยลงเพียงเล็กน้อย แคสสองสามเปอร์เซ็นต์ พลังงานยึดเหนี่ยวนิวเคลียสก็จะเคลื่อนขยับ ทำลายการหลอมรวมและสร้างคาร์บอน รวมถึงสิ่งมีชีวิตที่ประกอบมาจากคาร์บอนก็ไม่อาจก่อเกิดเช่นกัน ฮอยล์รู้สึกว่ามันช่างแปลกประหลาดมากจนถึงกับกล่าวว่า เอกภพดูเหมือนเป็น “งานที่เต็มกัน” ราวกับ “สิ่งมีชีวิตทรงปัญญายิ่งยวดได้เล่นสิ่งหลอกเจ้ากับฟิสิกส์ เช่นเดียวกับเคมีและชีววิทยาด้วย”¹

แต่การปรับแต่งขบวนการที่สุดที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตคือพลังงานมืด ค่าความหนาแน่นพลังงานมืดที่เราวัดได้มีขนาดเล็กสุดแสน คือเป็น 10^{-123} ของที่นักฟิสิกส์หลายคนเชื่อว่าควรจะเป็นค่าตามธรรมชาติ กระนั้นความเล็กน้อยนี้ก็เป็นสิ่งที่ทำให้เอกภพ “โอ้อ้อ” อยู่เป็นเวลาประมาณ 8,000 ล้านปี ก่อนที่พลังงานมืดจะส่งแรงมากพอและเร่งการขยายตัวพอถึงปี 1987 สตีเวน ไวน์เบิร์ก ก็ชี้ให้เห็นว่าหากความหนาแน่นพลังงานมืดมีค่ามากขึ้นเพียงเล็กน้อย สมมติว่า 10^{-121} ของค่าตามธรรมชาติของมัน ผลแรงผลักของมันจะแรงมากขึ้นและเกิดขึ้นเร็วขึ้น

ซึ่งจะปิดประตูความเป็นไปได้ของการก่อเกิดกาแล็กซีเช่นเดียวกัน²

กล่าวโดยสรุป ดังที่สติเฟื่องเน้นในการสนทนาครั้งแรกของเรา เอกภพนั้นราวกับถูกออกแบบมาให้ชีวิตถือกำเนิดได้ นักเขียนและนักฟิสิกส์ทฤษฎีผู้โด่งดัง พอล เดวิส เคยพูดถึงบริบทปัจจัยโกลดิล็อกส์* ของเอกภพว่า “เหมือนกับอาหารเช้าข้าวต้มในเรื่องโกลดิล็อกส์กับเจ้าหมีทั้งสาม เอกภพดูเหมือนจะ ‘เหมาะสมเจาะ’ สำหรับชีวิต ในหลายหลากแง่มุมอย่างน่าอัศจรรย์”³ และแม้ไม่ได้หมายความว่าเอกภพควรอุดมไปด้วยสิ่งมีชีวิต ทว่าการปรับแต่งอันเหมาะสมเจาะที่ทำให้มันเอื้อต่อชีวิตก็ไม่ได้เป็นลักษณะผิวเผินของธรรมชาติเลยสักนิด สิ่งเหล่านี้ถูกจารึกอย่างลึกล้ำภายในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของกฎฟิสิกส์ มวลสารและสมบัติต่าง ๆ ของทิวแถวอนุภาค แรงต่าง ๆ ที่กำหนดอันตรกิริยาของมัน และแม้แต่องค์ประกอบโดยรวมของเอกภพ ทั้งหมดทั้งปวงล้วนเหมือนออกแบบมาเฉพาะเพื่อเอื้อต่อสิ่งมีชีวิตรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง สะท้อนถึงลักษณะจำเพาะของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่นิยามสิ่งที่นักฟิสิกส์เรียกว่ากฎของธรรมชาติ ดังนั้นปริศนาของการออกแบบในเอกภพวิทยาก็เป็นเรื่องที่กฎพื้นฐานทางฟิสิกส์ปรากฏราวกับถูกออกแบบมาเพื่อเอื้ออำนวยการกำเนิดของชีวิตโดยเฉพาะ ราวกับมีการพล็อตเรื่องไว้แล้ว และมันทอถักการดำรงอยู่ของเราเข้ากับกฎพื้นฐานแห่งการทำงานของเอกภพ ฟังดูเหลือเชื่อ และมันก็เหลือเชื่อจริง ๆ ครับ! พล็อตนั่นคืออะไรละ

ตอนนี้ผมควรเน้นว่าเป็นปริศนาไม่ธรรมดาอย่างมากสำหรับนักทฤษฎีฟิสิกส์ครับ โดยทั่วไปนักฟิสิกส์ใช้กฎธรรมชาติบรรยายปรากฏการณ์ใด ๆ หรือเพื่อทำนายผลของการทดลอง พวกเขายัง

* Goldilocks นิทานหมีทั้งสามกับอาหารเช้าข้าวต้มที่ร้อนไป เย็นไป และกำลังพอดี โดยหมีทั้งสามทำให้เด็กผู้หญิงชื่อโกลดิล็อกส์ - ผู้แปล

พยายามทำกฎที่มีอยู่ให้ใช้ได้ในกรณีทั่วไปเพื่อให้ครอบคลุมปรากฏการณ์ธรรมชาติได้กว้างขึ้น แต่ปริศนาแห่งการออกแบบนี้้นำเราสู่เส้นทางที่ค่อนข้างแตกต่างออกไป มันทำให้เราต้องย้อนมองลึกลงสู่ธรรมชาติของกฎต่าง ๆ และวิเคราะห์ว่าตัวเราอยู่ตรงไหนอย่างไรในโครงข่ายนั้น ความน่าตื่นเต้นของเอกภพวิทยายุคใหม่คือมันมอบกรอบคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เราหวังได้ว่าอาจช่วยไขปริศนาที่ยิ่งใหญ่ที่สุดแห่งห่อหุ้มลปริศนาทั้งปวงนี้ เนื่องจากเอกภพวิทยาเป็นสาขาหนึ่งของฟิสิกส์ประเภทที่ตัวเราเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาที่เราพยายามแก้

ในทางประวัติศาสตร์ แบบแปลนชัดเจนของธรรมชาติถูกใช้เป็นหลักฐานแสดงถึงวาระซ่อนเร้นภายในกฎการทำงานของธรรมชาติ มุมมองนี้ย้อนกลับไปถึงสมัยอาริสโตเติล ซึ่งน่าจะเป็นนักปรัชญาผู้ทรงอิทธิพลที่สุดที่เคยมีชีวิตบนโลก อาริสโตเติลยังเป็นนักชีววิทยาผู้ทุ่มเท เขาสังเกตว่าหลายกระบวนการที่ดำเนินไปในโลกของสิ่งมีชีวิตนั้นดูเหมือนจะเต็มไปด้วยเป้าหมาย หากสิ่งมีชีวิตที่ขาดเหตุผลมีวาระซ่อนเร้นอยู่แล้ว เขาคิดว่ามันก็ต้องมีสาเหตุสุดท้ายที่กำหนดเอกภพทั้งหมดทั้งมวล ข้ออภิปรายเชิงอันตนนิยม* ของอาริสโตเติลนั้นน่าเชื่อถือ เป็นเหตุเป็นผล น่าฟัง และในระดับหนึ่งก็เป็นเชิงประจักษ์ โลกรอบตัวเรามีตัวอย่างนับไม่ถ้วนที่สำแดงถึงสาเหตุสุดท้าย ตั้งแต่นกเก็บกิ่งไม้เพื่อสร้างรัง จนถึงสุนัขขุดหลุมในสวนเพื่อคุ้ยกระดูก จึงไม่น่าแปลกใจที่มุมมองอันตนนิยมของอาริสโตเติลดำรงคงอยู่มาเป็นเวลาเกือบสองสหัสวรรษอย่างปราศจากการท้าทาย

แต่จากนั้นในศตวรรษที่สิบหก ที่ไหนสักแห่งด้านนอกแผ่นทวีป

* teleology ปรัชญาที่อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยจุดประสงค์ของมัน

ยูเรเชีย งานของนักคิดนักวิชาการกลุ่มเล็ก ๆ ก็จัดประกายให้เกิดการปฏิวัติวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โคเปอร์นิคัส, เดการ์ต, เบคอน, กาลิเลโอ และนักวิชาการร่วมสมัยเน้นย้ำว่าประสาทสัมผัสของเราอาจหลอกลวงเรา พวกเขาเปิดรับหลักการภาษาละติน *Ignoramus* อย่างตรงไปตรงมาซึ่งแปลว่า “เราไม่รู้” การเปลี่ยนแปลงในวิสัยทัศน์เช่นนี้ส่งผลสะเทือนไปไกลและไพศาล บางคนถึงกับเชื่อว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงทรงอิทธิพลที่สุดหนึ่งเดียวในเกือบสองแสนปีที่มนุษย์อยู่บนโลก ยิ่งไปกว่านั้น ความสำคัญเต็มรูปแบบของมันยังเผยตัวออกมาไม่หมดผลทันทีของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์อย่างน้อยในหมู่แวดวงวิชาการคือการละทิ้งโลกทัศน์อันตนิมแบบอาริสโตเติลที่ยังรากลึก และแทนที่ด้วยแนวคิดที่ว่าธรรมชาติถูกกำกับโดยกฎเกณฑ์อันมีเหตุผลซึ่งดำเนินการอยู่ ณ ขณะนี้ และเราอาจค้นพบและเข้าใจมันได้ที่จริงแล้ว แก่นสาระของวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ก็คือ เมื่อยอมรับความไม่รู้ เราจึงสามารถหาความรู้ใหม่ ๆ ได้ ด้วยการทดลองและสังเกต ตลอดจนพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จัดระเบียบผลสังเกตการณ์เหล่านี้ในทฤษฎีทั่วไป หรือที่เรียกว่า “กฎ” นั้นเอง

อย่างไรก็ดี ก็เหมือนย้อนแย้งกันเอง การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ทำให้ปริศนาว่าด้วยเอกภพที่เอื้อต่อชีวิตนั้นซับซ้อนยิ่งขึ้นไปอีก ก่อนการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ มีเอกภพที่ค้ำยันความเข้าใจธรรมชาติของเราอยู่ กล่าวคือทั้งโลกที่มีชีวิตและไม่มีชีวิตได้รับการชี้แนะโดยเจตจำนงหนึ่งเดียวเป็นสากล ไม่ว่าจะเป็นพระเจ้าหรืออะไรก็ตาม แบบแปลนของธรรมชาติถูกมองเป็นการสำแดงของแผนการยิ่งใหญ่ระดับเอกภพซึ่งเป็นธรรมชาติที่จะมอบบทบาทพิเศษแก่มนุษย์ ตัวอย่างเช่นแบบจำลองโลกยุคโบราณที่เสนอโดยทอเลมี นักดาราศาสตร์ชาวอเล็กซานเดรียในหนังสือ *Almagest* ของเขา มีลักษณะแบบโลกเป็นศูนย์กลางมากพอ ๆ กับที่มนุษย์เป็นศูนย์กลาง

แต่ด้วยการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ พื้นฐานความสัมพันธ์ของชีวิตกับเอกภพทางกายภาพกลับกลายสับสน เกือบห้าศตวรรษต่อมา ความฉงนฉงายของเราชัดเจนเมื่อพบข้อเท็จจริงที่ว่ากฎฟิสิกส์ที่ควรจะเป็นเชิงวัตถุ ไร้ปัจเจก ไม่ขึ้นต่อเวลานั้น กลับกลายเป็นว่ามันเกือบจะสมบูรณ์แบบสำหรับสิ่งมีชีวิต เช่นนั่นเองแม้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่จะประสบความสำเร็จในการลบล้างสองชั่วแ่ก่ระหว่างสวรรค์กับโลก มันก็สร้างรอยร้าวน่าพร่นพริ้งครั้งใหม่ระหว่างโลกที่มีชีวิตกับไม่มีชีวิต และทำให้การรับรู้ตำแหน่งแห่งที่ของมนุษย์ในพิมพ์เขียวยิ่งใหญ่แห่งเอกภพนั้นไม่แน่นอนอย่างน่ากระวนกระวายยิ่งนัก

ที่จริงเราอาจเข้าใจมุมมองเชิงภววิทยาที่มนุษย์มีต่อกฎธรรมชาติได้ด้วยการกลับสู่รากเหง้าความคิดที่เชื่อว่ามิถุนอยู่แต่แรก สัญญาณแรกสุดที่บ่งบอกถึงกฎเกณฑ์ธรรมชาติเกิดขึ้นเมื่อหกศตวรรษก่อนคริสตกาล ในเมืองไมลิตัส ณ สำนักไอโอเนียนของธาลีส ในบริเวณที่ปัจจุบันเป็นส่วนทางตะวันตกของตุรกี ไมลิตัสเป็นเมืองที่ร่ำรวยที่สุดในหมู่เมืองไอโอเนียนของกรีก ตั้งอยู่ที่ท่าเรือธรรมชาติใกล้กับจุดที่แม่น้ำมิดันเดอร์ไหลลงสู่ทะเลอีเจียน ณ ที่แห่งนั้น ธาลีสซึ่งเป็นเหมือนนักวิทยาศาสตร์หัวทันสมัย มองลงไปภายใต้พื้นผิวของธรรมชาติเพื่อสืบค้นองค์ความรู้ที่อยู่ลึกลงไป

ธาลีสมีลูกศิษย์คนหนึ่งชื่อนักซิมานเดอร์ (Anaximander) ผู้สร้างสิ่งที่ชาวกรีกเรียกว่า *περι φύσεως ἱστορία* แปลว่า “การสืบค้นไปในธรรมชาติ” ซึ่งก็คือฟิสิกส์นั่นเอง

อนักซิมานเดอร์ยังถูกยกให้เป็นบิดาแห่งเอกภพวิทยาด้วย เพราะเขาเป็นคนแรกที่เข้าใจว่าโลกเป็นดาวเคราะห์ เป็นหินก้อนใหญ่ยักษ์ที่ลอยอย่างอิสระในอวกาศว่างเปล่า เขาให้เหตุผลว่า ภายใต้โลกนี้ไม่ได้มีโลกอื่นมากมายไม่สิ้นสุดหรือเสาใหญ่ยักษ์หลายต้นแต่อย่างใด หากแต่เป็นท้องฟ้าเดียวกันกับที่เรามองเห็นอยู่เบื้องบน เช่นนี้เองเขาจึง



รูป 4 ภาพปูนแสดงนักปรัชญาชาวกรีกโบราณ นักชีมานเดอร์จากเมืองไมลัสส์ สองพันหกร้อยปีก่อน นักชีมานเดอร์วางหินก้อนแรก ๆ ที่เป็นรากฐานไปสู่เส้นทางทางวิทยาศาสตร์อันยาวนานและคดเคี้ยว ในการครุ่นคิดพิจารณาถึงธรรมชาติในแบบใหม่ๆ

มอบความลึกแก่เอกภพ เปลี่ยนแปลงมันจากกล่องปิดที่มีสรวงสวรรค์ อยู่ข้างบนและโลกอยู่ข้างล่าง ไปเป็นอวกาศอันเปิดโล่ง การเปลี่ยนเชิงแนวคิดนี้ทำให้เราจินตนาการได้ถึงเทหวัตถุต่างๆ เคลื่อนผ่านไปใต้โลก เปิดทางให้กับวิชาดาราศาสตร์ของกรีก ยิ่งไปกว่านั้น นักชีมานเดอร์ เขียนหนังสือชื่อ *On Nature* ซึ่งสาบสูญไป แต่คาดกันว่ามีส่วนเนื้อหาบางส่วนดังต่อไปนี้⁴

ทุกสรรพสิ่งก่อเกิดจากกันและกัน

และสิ้นสูญไปสู่กันและกัน

เป็นไปตามความจำเป็น

เพราะมันมอบความยุติธรรมแก่กัน และชดเชยแก่กันในความ
อยุติธรรม

อย่างสอดคล้องกับฎีกาแห่งกาลเวลา

ในไม่กี่บรรทัดนี้นักซิแมนเดอร์กล่าวชัดเจนถึงแนวคิดสุดล้ำที่ว่าธรรมชาติไม่ใช่ทั้งไรกฎเกณฑ์หรือไร้สาระ หากแต่ถูกกำหนดโดยกฎบางรูปแบบ นี่คือสมมติฐานที่เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ ภายใต้พื้นผิวของปรากฏการณ์ธรรมชาติมีระเบียบอันเป็นนามธรรมหากแต่สอดคล้องประสานกัน

นักซิแมนเดอร์ไม่ได้สาธยายว่ากฎธรรมชาติอาจเป็นรูปแบบไหน เขาเพียงเปรียบเทียบกับกฎหมายที่ควบคุมสังคมมนุษย์ ทว่าลูกศิษย์ที่มีชื่อเสียงที่สุดของเขานามว่าพีทาโกรัส ได้เสนอพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ให้กับระเบียบของธรรมชาติ สำนักพีทาโกรัสมองว่าจำนวนตัวเลขนั้นมีความสำคัญอย่างลึกซึ้ง โดยพยายามสร้างเอกภพทั้งหมดมวลขึ้นจากตัวเลข แนวคิดของพวกเขาที่ว่าเราอาจบรรยายธรรมชาติได้ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ได้รับการสืบสานและบรรลุความเข้าใจโดยเพลโต ผู้ทำให้มันกลายเป็นหนึ่งในเสาหลักแห่งทฤษฎีสัจจะความจริง เพลโตเชื่อมโยงโลกแห่งประสบการณ์ของเราเข้ากับเงาของความจริงที่ยิ่งใหญ่กว่าในรูปของคณิตศาสตร์ ซึ่งดำรงอยู่อย่างแยกขาดจากสิ่งที่ประสาทสัมผัสเรารับรู้ ชาวกรีกโบราณจึงเชื่อกันต่อมาว่าแม้เราจะไม่สามารถสัมผัสหรือมองเห็นระเบียบที่ซ่อนอยู่ของธรรมชาติ หากแต่เราอาจสรุปการมีอยู่ของมันได้ผ่านตรรกะและเหตุผล

แม้ทฤษฎีของพวกเขาอาจจะน่าชื่นชม แต่การคาดเดาของคนโบราณเกี่ยวกับธรรมชาติก็แตกต่างจากฟิสิกส์สมัยใหม่อยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหา กระบวนวิธี หรือสไตล์ ประการหนึ่งชาวกรีกยุคแรกให้เหตุผลบนพื้นฐานทางสุนทรียะและสมมติฐานที่มีมาก่อนเกือบทั้งหมด โดยไม่พยายามทดสอบสมมติฐานเหล่านั้นแต่อย่างใด พวกเขาแค่ไม่เคยมีความคิดว่าควรทำ ดังนั้นแนวคิดของ “ฟิสิกส์” และกฎเกณฑ์ของสรรพสิ่งจึงไม่คล้ายกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ แม้แต่น้อย ในหนังสือเล่มสุดท้าย *To Explain the World* ของเขา

สตีเวน ไวน์เบิร์ก อภิปรายเหตุผลจากมุมมองสมัยใหม่ว่า ควรยกให้ชาวกรีกยุคแรกเป็นกวีมากกว่านักฟิสิกส์หรือนักวิทยาศาสตร์ หรือแม้แต่นักปรัชญา เนื่องจากวิธีการที่พวกเขาใช้แตกต่างอย่างถึงรากจากสิ่งที่จะถือได้ว่าเป็นงานเชิงวิชาการในปัจจุบัน แน่หนอน นักฟิสิกส์สมัยใหม่ก็มองเห็นความงามในทฤษฎีของตน และส่วนใหญ่ก็อ่อนไหวต่อประเด็นสุนทรียะในงานวิจัยของตัวเอง แต่ประเด็นดังกล่าวไม่ได้ทดแทนการพิสูจน์ทฤษฎีผ่านการทดลองและสังเกตการณ์ ซึ่งเป็นนวัตกรรมสำคัญของการปฏิบัติวิทยาศาสตร์

กระนั้นนิสัยทัศน์ของเพลโตในการทำให้ธรรมชาติเป็นคณิตศาสตร์ก็พิสูจน์ได้ว่าทรงอิทธิพลอย่างยิ่งยวด เมื่อสองพันปีต่อมาการปฏิบัติวิทยาศาสตร์สมัยใหม่บังเกิด ผู้มีบทบาทสำคัญล้วนมีแรงศรัทธาจากโปรแกรมของเพลโตในการค้นหาระเบียบอันเป็นรากฐานของโลกกายภาพที่ซ่อนอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ “หนังสืออันยิ่งใหญ่แห่งธรรมชาติ...” กาลิเลโอเขียน “...อาจเข้าใจได้เพียงผู้ที่รู้ภาษาที่ใช้เขียนมันแต่แรก และภาษานั้นก็คือคณิตศาสตร์”⁵

ไอแซก นิวตัน นักเล่นแร่แปรธาตุผู้ลึกลับยากหยั่งถึง หากแต่เป็นหนึ่งในนักคณิตศาสตร์ที่ทรงอิทธิพลที่สุดที่เคยมีชีวิตอยู่ บัญญัติกระบวนการวิธีทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาปรัชญาธรรมชาติไว้ใน *Principia* (พริ้นซิเปีย) หนังสือที่ถือว่าสำคัญที่สุดในประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ นิวตันเริ่มเขียนระหว่างช่วงกักกันการแพร่ระบาดของกาฬโรคในปี 1665 ตอนที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ปิด นิวตันซึ่งเป็นบัณฑิตปริญญาตรีหมาด ๆ กลับไปบ้านมารดาที่มีสวนแอปเปิลในลินคอล์นเชียร์ เขาครุ่นคิดเกี่ยวกับแคลคูลัส ความโน้มถ่วง การเคลื่อนที่ และแยกแยะด้วยปริซึม แสดงให้เห็นว่าแสงขาวประกอบมาจากแสงสีรุ้ง นานหลังจากนั้นในเดือนเมษายน ปี 1687 นิวตันนำเสนอ *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*

ต่อราชสมาคมเพื่อตีพิมพ์ สมบูรณ์ด้วยกฎการเคลื่อนที่สามข้อและกฎแห่งความโน้มถ่วงสากล กฎหลังน่าจะเป็นกฎธรรมชาติที่โด่งดังที่สุด ซึ่งกล่าวว่าแรงโน้มถ่วงระหว่างวัตถุสองชิ้นแปรผกผันตรงต่อมวลสารของวัตถุและลดลงตามระยะทางระหว่างมันยกกำลังสอง

นิวตันสาธิตไว้ใน *Principia* ว่าหลักการซึ่งเป็นรากฐานการทำงานของสรวงสวรรค์กับโลกมนุษย์อันไม่สมบูรณ์ของเรานั้นเป็นหลักสากลเดียวกัน สิ่งที่เขาสานิตนี้สร้างรอยแยกจากแนวคิดและจิตวิญญาณแบบในอดีต มีการกล่าวกันว่านิวตันรวมสวรรค์กับโลกเป็นหนึ่งเดียว เขาสังเคราะห์การเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ไว้ในชุดสมการทางคณิตศาสตร์ไม่กี่สมการ ซึ่งพลิกโฉมภาพทัศน์ของระบบสุริยะก่อนหน้านี้ทั้งหมดและส่งสัญญาณการเปลี่ยนผ่านจากยุคแห่งเวทมนตร์ลึกลับมาสู่สิ่งที่กลายมาเป็นฟิสิกส์ยุคใหม่ในที่สุด กระบวนวิธีของนิวตันกลายเป็นกระบวนทัศน์ทั่วไปของฟิสิกส์ทั้งหลายทั้งปวงที่ตามมา ซึ่งแตกต่างจาก “ฟิสิกส์” ของกรีกโบราณจนจำแทบไม่ได้ นักฟิสิกส์สมัยใหม่รู้สึกอับอายสลายใจกับฟิสิกส์ของนิวตัน

หนึ่งในกฎของนิวตันที่ประสบความสำเร็จเป็นที่ยกย่องกันมากคือการค้นพบดาวเคราะห์เนปจูนในปี 1846 ก่อนหน้านั้นนักดาราศาสตร์มองเห็นเส้นทางของยูเรนัสเบี่ยงเบนเล็กน้อยจากวงโคจรที่ทำนายโดยกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน อูร์แบ็ง เลอ แวร์ริเย ชาวฝรั่งเศสพยายามหาทางอธิบายความเบี่ยงเบนอันดื้อดึงนี้ เขาเสนออย่างหาญกล้าว่านี่เป็นเพราะดาวเคราะห์ที่เราไม่รู้จักรที่อยู่ไกลออกไปอีกส่งแรงดึงดูดรบกวนเส้นทางของดาวยูเรนัสเล็กน้อย โดยใช้กฎของนิวตันนั่นเอง เลอ แวร์ริเย ทำนายได้ว่าดาวเคราะห์ที่เราไม่รู้จักรนี้ควรอยู่ที่ใดบนท้องฟ้าเพื่อให้สอดคล้องการส่ายของวงโคจรดาวยูเรนัสไม่นานนักดาราศาสตร์ก็ค้นพบดาวเนปจูนจริงๆ ภายในมุมหนึ่งองศาจากบริเวณที่เลอ แวร์ริเย ทำนายเอาไว้ นี่เป็นช่วงเวลาน่าตื่นตะลึงที่สุด

ในวิทยาศาสตร์ศตวรรษที่สิบเก้า กล่าวกันว่า เลอ แวร์รีเย ค้นพบดาวเคราะห์ดวงใหม่ “ด้วยปลายปากกา”⁶

ความสำเร็จอันน่าตื่นตาตื่นใจมากมาตลอดหลายศตวรรษเหล่านี้ดูเหมือนจะยืนยันว่ากฎของนิวตันเป็นสัจจะความจริงอันเป็นสากลอย่างแน่นอน ตั้งแต่ศตวรรษที่สิบแปดแล้วที่นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส โจเซฟ หลุยส์ ลากรางจ์ ตั้งข้อสังเกตว่านิวตันโชคดีที่มีชีวิตอยู่ในช่วงเวลาเดียวเท่านั้นในประวัติศาสตร์มนุษยชาติที่การค้นพบตัวกฎธรรมชาตินั้นเป็นไปได้ ที่จริงแล้วนิวตันเองแทบไม่ได้ทำอะไรมากเลยในการไขปริศนา เขาจ่อมจมในธรรมเนียมปฏิบัติแห่งความเร้นลับ และมองเห็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์อันงดงามของกฎที่เขาค้นพบ ว่าเป็นเหมือนการสำแดงความคิดของพระเจ้า

มันคือการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของกฎธรรมชาติในรูปแบบนี้เอง ที่มีความหมายของ “ทฤษฎี” ในความเข้าใจของนักฟิสิกส์ปัจจุบัน ทฤษฎีทางกายภาพให้ประโยชน์และพลังการทำนาย เพราะพวกมันบรรยายโลกแห่งความเป็นจริงในรูปสมการคณิตศาสตร์อันเป็นนามธรรมที่สามารถควบคุมจัดการได้ เพื่อทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นโดยไม่ต้องสังเกตการณ์หรือทำการทดลองจริง ๆ แล้วมันก็ใช้ได้! ตั้งแต่ค้นพบดาวเนปจูน จนถึงการตรวจจับคลื่นความโน้มถ่วง จนถึงการทำนายอนุภาคและปฏิอนุภาคมูลฐานใหม่ๆ ครั่งแล้วครั่งเล่าที่รากฐานทางคณิตศาสตร์ของกฎฟิสิกส์ทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใหม่ที่น่าแปลกใจซึ่งถูกสังเกตพบในเวลาต่อมา ด้วยความประทับใจอย่างมากในพลังแห่งการทำนายนี้ พอล ดิแรก เจ้าของรางวัลโนเบล จึงส่งเสริมให้คณิตศาสตร์อันสวยงามเป็นวิธีปฏิบัติอันเหมาะสมในทางฟิสิกส์คณิตศาสตร์ “จงมือคุณไป” เขากล่าว “เพื่อค้นพบทฤษฎีฟิสิกส์ใหม่ๆ”⁷ ปัจจุบันนักทฤษฎีสตริงนำเอาคำกล่าวของดิแรกมาเป็นสรณะในการวิจัยค้นหาสุดยอดทฤษฎีเอกภาพ และบางครั้งก็พ่ายแพ้ต่อ

สิ่งล่อใจเก่าแก่ที่จะยึดถือเอาความสวยงามทางคณิตศาสตร์ของ
กรอบคิดของตนเป็นเครื่องการันตีความถูกต้องของมัน ผู้บุกเบิก
ทฤษฎีสตริงมากกว่าหนึ่งคนเคยรำพึงรำพันว่า ทฤษฎีนี้มีโครงสร้าง
ทางคณิตศาสตร์ที่ช่างสวยงามเกินกว่าที่มันจะไม่เชื่อมโยงกับความจริง
ในธรรมชาติ

อย่างไรก็ดี ที่ระดับลึกซึ่งกว่า เรายังไม่เข้าใจดีนักว่าทำไม
ทฤษฎีฟิสิกส์จึงทำงานได้ดีอย่างไม่มีเหตุผลขนาดนี้ ทำไมธรรมชาติ
จึงคล้อยตามระบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสนละเอียดอ่อน
ซึ่งดำเนินการอยู่ลึกลงไปใต้พื้นผิว กฎต่าง ๆ เหล่านี้มีความหมายว่า
อย่างไรกันแน่ และทำไมมันจึงมีรูปแบบอย่างที่มีมันเป็น

นักฟิสิกส์ส่วนใหญ่ยังคงเดินรอยตามเพลโตในประเด็นนี้
พวกเขามีแนวโน้มจะยอมรับกฎทางฟิสิกส์ว่าเป็นสัจธรรมทาง
คณิตศาสตร์นิจนิรันดร์ ดำรงอยู่ไม่เพียงในจิตใจ แต่ยังดำเนินไป
ในความจริงอันเป็นนามธรรมที่พ้นจากโลกทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น
กฎแห่งความโน้มถ่วงหรือกลศาสตร์ควอนตัม มักถือกันว่าเป็น
ประมาณการของทฤษฎีสูงสุดที่ดำรงอยู่ตรงไหนสักแห่งในอาณาบริเวณ
ที่ยังไม่ถูกค้นพบ เช่นนั่นเอง หลังจากที่กฎทางฟิสิกส์เกิดขึ้นครั้งแรก
สุดท้ายในศตวรรษที่สิบเก้าในฐานะเครื่องมือบรรยายแบบแผน
ที่พบเจอในธรรมชาติ พวกมันก็มีชีวิตของมันเองเรื่อยมา นับตั้งแต่
ที่นิวตันระบุนิยามแห่งทางคณิตศาสตร์ของมัน ถือครองสัจจะความ
จริงบางอย่างที่พ้นไปจากโลกทางกายภาพ สำหรับพหุสหัสชาฝรั่งเศส
อ็องรี ปวงกาเร ผู้รอบรู้ยุคต้นศตวรรษที่ยี่สิบ เขามองว่าแนวคิด
กฎแบบเพลโตอันไร้เงื่อนไข ถือเป็นข้อสันนิษฐานอันขาดเสียไม่ได้
ในการค้นคว้าวิจัยทางวิทยาศาสตร์ด้วยซ้ำ

นอกจากวิสัยทัศน์ของปวงกาเรน่าสนใจและสำคัญแล้ว มันยัง
น่าฉงนสนเท่ห์อีกด้วย กฎอันไกลห่างจากสังคมและสูงส่งอยู่ในโลก

ของเพลโตนั้น เขามาร่วมกำกับควบคุมเอกภพทางกายภาพได้อย่างไร ยังไม่พูดถึงเรื่องที่เอกภพอื้อต่อสิ่งมีชีวิตอย่างน่าอัศจรรย์ด้วย ที่สำคัญอย่างยิ่งคือการค้นพบบิกแบงมีความหมายว่ามันไม่ใช่ “แค่” ปัญหาทางปรัชญา ที่จริงหากบิกแบงเป็นจุดกำเนิดของเวลาจริง ๆ ก็ดูเหมือนแนวคิดของปวงกาเรควรจะถูกต้อง เพราะหากกฎฟิสิกส์เป็นตัวกำหนดว่าเอกภพเริ่มต้นอย่างไร เราย่อมต้องคิดว่ากฎเหล่านี้มีอยู่ก่อนกาลเวลา ดังนั้นจึงน่าสนใจที่ทฤษฎีบิกแบงลากเอาสิ่งที่ดูเป็นปัญหาทางอภิปรัชญาเข้ามาสู่ขอบข่ายของฟิสิกส์และเอกภพวิทยา ตัวทฤษฎีทำให้เราเผชิญหน้ากับข้อสันนิษฐานบางประการเกี่ยวกับนิยามแท้จริงของกฎฟิสิกส์

ที่สุดแล้ว แนวคิดที่ว่ากฎฟิสิกส์อาจอยู่พ้นจากโลกทางธรรมชาตินั้น สุ่มเสี่ยงที่จะทำให้เราไม่มีวันไขปริศนาเอกภพอื้อต่อสิ่งมีชีวิตได้ นักฟิสิกส์ที่ยึดกับกรอบคิดดังกล่าวได้แต่หวังว่าหลักการทางคณิตศาสตร์อันทรงพลัง ณ แก่นกลางของสื่อยอดทฤษฎีจักรวาลอธิบายลักษณะที่เอกภพอื้อต่อสิ่งมีชีวิตได้ในสักวัน ปัจจุบันคำตอบของสาวกเพลโตต่อปริศนาการออกแบบคือ วันหนึ่งเราจะพบว่ามันเป็นความจำเป็นทางคณิตศาสตร์โง่งง เอกภพเป็นอย่างที่มันเป็น เพราะธรรมชาติไม่มีทางเลือก สมมติว่านี่เป็นคำตอบจริง ๆ มันก็ให้ความรู้สึกเหมือนอันตเหตุ (Final Cause) ของอาริสโตเติลที่จำแลงมาในรูปทฤษฎีฟิสิกส์สมัยใหม่ ยิ่งไปกว่านั้น หากสมมติว่าสื่อยอดทฤษฎีไม่ได้มีอยู่แค่ในความฝันอันไกลห่าง และเราค้นพบหลักการทางคณิตศาสตร์อันทรงพลังแล้ว ก็ยากจะไขข้อข้องใจอยู่ที่ว่าทำไมเอกภพจึงบังเอิญอื้อต่อสิ่งมีชีวิตอย่างโจ่งแจ้งขนาดนี้ ไม่มีสัจธรรมแบบเพลโตใด ๆ เชื่อมโยงช่องว่างระหว่างโลกของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิตที่เกิดขึ้น ณ อรุณรุ่งแห่งวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ได้เลย เรากลับจำต้องสรุปว่าชีวิตและภูมิปัญญาเป็นเพียงความบังเอิญอันแสนสุข

ภายในความเป็นจริงทางคณิตศาสตร์อันไร้ข้อคติโดยพื้นฐาน และจะมีอะไรอีกแค่เล็กน้อยให้ทำความเข้าใจ

การเอนเอียงทางเพโลโตในประเด็นการออกแบบทางฟิสิกส์และเอกภพวิทยาเหล่านี้ แม้ไม่ผิดอย่างชัดเจนก็แตกต่างกันอย่างถึงรากจากที่นักชีววิทยานับตั้งแต่ดาร์วินได้ประจักษ์ในแบบแผนการออกแบบสิ่งมีชีวิต

กระบวนการที่มีจุดมุ่งหมายและดีไซน์ที่เหมือนมีจุดประสงค์นั้น เป็นสิ่งที่พบได้ดาษดื่นในโลกทางชีวภาพ ที่จริงแล้ว มันเป็นพื้นฐานของมุมมองธรรมชาติเชิงอันติวิทยาของอาร์ิสโตเติล สิ่งมีชีวิตนั้นซับซ้อนอย่างมหัศจรรย์ เซลล์สิ่งมีชีวิตแม้เพียงหนึ่งเซลล์มีส่วนประกอบทางโมเลกุลมากมายหลากหลาย ทำานสอดประสานกันอย่างงดงามเพื่อทำภารกิจของมัน ในสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ขึ้น เซลล์จำนวนมหาศาลทำงานร่วมกันอย่างประสานสอดคล้องเพื่อสร้างโครงสร้างอันละเอียดอ่อนซึ่งมีจุดประสงค์เฉพาะ เช่น ดวงตาและสมอง ก่อนจะมีชาร์ลส์ดาร์วิน คนไม่อาจเข้าใจว่ากระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีสร้างความสลับซับซ้อนที่มีประโยชน์อย่างน่าทึ่งเช่นนั้นได้อย่างไร และคนจึงอุปโลกน์ว่ามีผู้ออกแบบอันศักดิ์สิทธิ์ พระสอนศาสนาชาวอังกฤษในศตวรรษที่สิบแปด วิลเลียม เพลย์ เชื่อมโยงความมหัศจรรย์ของโลกแห่งชีวิตกับการทำงานของนาฬิกา เพลย์อธิบายว่า เช่นเดียวกัน นาฬิการ่องรอยของการออกแบบในโลกแห่งชีวิตนั้นชัดเจนเกินจะมองข้าม และ “การออกแบบย่อมต้องมีผู้ออกแบบ”^๘ แต่ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วินบล้างแนวคิดเชิงอันติวิทยาออกจากชีววิทยาโดยสิ้นเชิง ความเข้าใจลึกซึ้งของดาร์วินคือวิวัฒนาการทางชีววิทยาเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ และกลไกเรียบง่ายของมันอย่างการผันแปรอย่างสุ่มและการคัดเลือกทางธรรมชาติ สามารถอธิบายแบบแผนในสิ่งมีชีวิต

ที่ดูเหมือนถูกออกแบบมาได้ โดยไม่จำเป็นต้องอุปโลกน์ว่ามีผู้ออกแบบ
 บนหมู่เกาะกาลาปาโกส ดาร์วินพบนกฟินช์มากมายที่แตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่างของจะงอยปาก นกฟินช์ภาคพื้นมีจะงอยปาก
 แข็งแรงสำหรับบดถั่วและเมล็ดพืช ในขณะที่นกฟินช์ต้นไม่มีปากแหลม
 เหมาะสำหรับจับแมลง ข้อมูลเหล่านี้และอื่น ๆ ระหว่างการเดินทาง
 ทำให้ดาร์วินคิดว่านกฟินช์ชนิดต่าง ๆ นั้นเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน และ
 วิวัฒนาการภายใต้อิทธิพลของบทบาทหน้าที่ทางนิเวศวิทยาอันจำเพาะ
 เจาะจงของมัน ในปี 1837 ขณะความทรงจำจากการเดินทางไป
 กาลาปาโกสบนเรือเอชเอ็มเอส บีเกิลยังสดใหม่ ดาร์วินสังเกตซ์ภาพ
 ง่าย ๆ ลงในสมุดบันทึกสีแดง เป็นภาพต้นไม้บรรพบุรุษที่แตกกิ่งก้าน
 สาขา แสดงถึงขอบเขตทฤษฎีลึกซึ้งของเขาที่กำลังงอกงาม ซึ่งระบุว่า
 สิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลกเชื่อมโยงสัมพันธ์กันและเกิดมาจากการบรรพบุรุษ
 ร่วมกันเพียงหนึ่งเดียว หรือก็คือลำต้นของต้นไม้ ผ่านกระบวนการ
 คัดเลือกจากสิ่งแวดล้อมอย่างค่อยเป็นค่อยไป และเกิดขึ้นในการก๊อปปี้
 ตัวเองที่เกิดกลายพันธุ์อย่างสุ่ม (ดูไบแทรก แผ่นภาพ 4)

หัวใจของแนวคิดแบบดาร์วินคือธรรมชาติไม่ได้มองไปข้างหน้า
 มันไม่ได้คิดว่าจะต้องใช้อะไรในการมีชีวิตรอด ในทางกลับกัน แนวโน้ม
 อย่างการเปลี่ยนรูปร่างของจะงอยปากนก หรือคอยีราฟที่ค่อย ๆ ยืดยาว
 ล้วนมาจากการกระบวนการคัดเลือกจากสิ่งแวดล้อมที่ดำเนินมาระยะเวลา
 นาน เพื่อส่งเสริมลักษณะอันเป็นประโยชน์

“มีความอลังการอยู่ในมุมมองชีวิตนี้” ดาร์วินเขียนไว้กว่ายี่สิบปี
 ให้หลังว่า “ด้วยพลังหลายประการของมัน ซึ่งผ่องถ่ายไปเป็นสิ่งมีชีวิต
 บางรูปลักษณะหรือกลายเป็นเพียงหนึ่งลักษณะ ขณะดาวเคราะห์ดวงนี้
 โคจรตามกฎความโน้มถ่วงอันตายตัวตลอดมา รูปลักษณะสรรพชีวิต
 แรกเริ่มอันเรียบง่าย ทั้งที่สวยงามที่สุดและมหัศจรรย์ที่สุด มีวิวัฒนาการ
 ตลอดมาและยังคงวิวัฒนาการต่อไป”⁹

แนวคิดแบบดาร์วินจับข้ออภิปรายเหตุผลของเพลย์มาพลิกกลับหัวกลับหาง โดยสาธิตว่านาฬิกาไม่จำเป็นต้องมีคนทำนาฬิกา ชาวสวิสหรือทฤษฎีของเขายกบรรยายวิวัฒนาการโลกแห่งชีวิตอย่างละเอียดครบถ้วน โลกที่การดิ้นรนรวมถึงกฎเกณฑ์ต่าง ๆ สามารถเข้าใจได้ว่าเป็นสมบัติที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่ใช่ผลจากการสรรค์สร้างเหนือธรรมชาติแต่อย่างใด

แม้จะสวยงามและอลังการ อย่างไรก็ดี กฎทางชีววิทยาก็มักถือว่าเป็นพื้นฐานน้อยกว่ากฎฟิสิกส์อยู่ระดับหนึ่ง เพราะแม้แบบแผนที่ดูคล้ายกฎอาจอยู่คงทน แต่ไม่มีใครคิดว่ามันเป็นสัจธรรมชั่วนิรันดร์ ยิ่งไปกว่านั้น การกำหนดแนและการทำนายได้ก็มีบทบาทน้อยมากในฐานะหลักการทางชีววิทยา กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันนั้นมีลักษณะเป็นนิยัตินิยม (กำหนดแน) ทำให้นักฟิสิกส์สามารถทำนายว่าวัตถุจะไปอยู่ที่ไหน ณ เวลาใดในอนาคต โดยอิงกับตำแหน่งและความเร็วของมันในปัจจุบัน (หรือ ณ ขณะเวลาใด ๆ ในอดีต) ในกรอบของดาร์วิน ความสับสนในการกลายพันธุ์ภายในระบบสิ่งมีชีวิตหมายความว่าเกือบจะไม่มีอะไรกำหนดล่วงหน้าได้แน่นอนเลย แม้แต่กฎที่วันหนึ่งอาจบังเกิดการขาดการกำหนดแนนี้ทำให้ชีววิทยามีลักษณะเป็นการมองย้อนกลับ กล่าวคือเราสามารถเข้าใจวิวัฒนาการทางชีววิทยาได้ด้วยการมองย้อนอดีตเท่านั้น ทฤษฎีของดาร์วินไม่ได้ให้รายละเอียดเส้นทางวิวัฒนาการจริง ๆ จากชีวิตแรกสุดจนถึงชีวมณฑลปัจจุบันอันซับซ้อนหลากหลาย มันไม่ได้ทำนายต้นไม้แห่งชีวิต เพราะนั่นไม่ใช่และไม่เคยเป็นวัตถุประสงค์ของทฤษฎี ในทางกลับกัน อัจฉริยภาพของดาร์วินปรากฏอยู่ภายในการพรรณนาหลักการจัดระบบระเบียบโดยทั่วไป แล้วปล่อยให้บันทึกทางประวัติศาสตร์เป็นหน้าที่ของวิชาวิวัฒนาการชาติพันธุ์และบรรพชีวินวิทยา กล่าวคือทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วินตระหนักว่าชีวิต

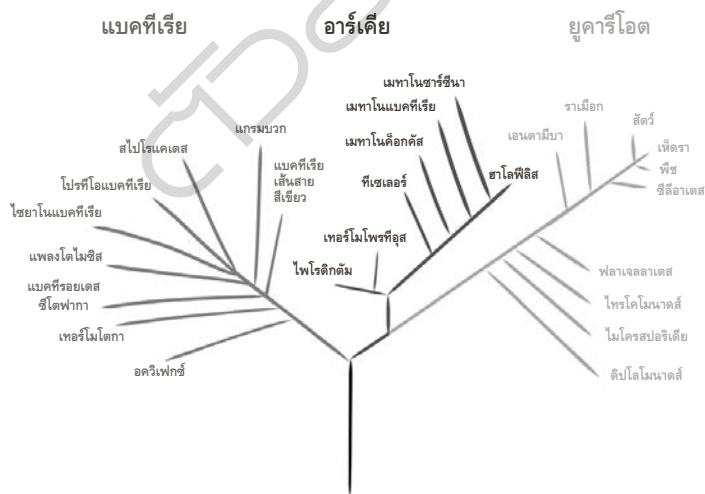
เช่นที่เรา รู้จักนี้เป็นผลผลิตร่วมกันของความเป็นปกติและประวัติศาสตร์ อันจำเพาะเจาะจง ประโยชน์ของมันคือทำให้นักวิทยาศาสตร์สร้าง ต้นไม้แห่งชีวิตย้อนหลังได้ เริ่มจากสังเกตการณ์ชีวโมเลกุลในปัจจุบัน และสมมติฐานว่าด้วยการมีบรรพบุรุษร่วมกัน

นกพิณซ์ของดาร์วินเป็นตัวอย่างในกรณีดังกล่าว หากดาร์วิน ให้เหตุผลล่วงหน้าไปในอนาคต และพยายามทำนายสปีชีส์นกพิณซ์ บนหมู่เกาะกาลาปากอส โดยเริ่มจากสิ่งแวดล้อมทางเคมีบนโลกยุค ก่อนมีสิ่งมีชีวิต เขาก็จะล้มเหลวโดยสิ้นเชิง การมีอยู่ของนกพิณซ์หรือ สปีชีส์อื่น ๆ บนโลกไม่อาจอนุมานได้จากพื้นฐานกฎฟิสิกส์และเคมี เพียงอย่างเดียว เพราะทุกแขนงในวิวัฒนาการทางชีววิทยานั้นเกี่ยวพัน กับความบังเอิญ ผลแห่งบังเอิญบางอย่างเอื้ออำนวยสอดคล้องกับ สภาพสิ่งแวดล้อม มันจึงคงอยู่ต่อไป พร้อมผลที่จะหลั่งไหลตามมา มากมายในภายหลัง อุปสรรคที่คงอยู่ต่อช่วยกำหนดลักษณะของ วิวัฒนาการที่ตามมาและอาจเกิดเป็นกฎทางชีววิทยาใหม่ๆ ตัวอย่างเช่น กฎมรดกตกทอด (laws of inheritance) ของเมนเดล ก็เกิดจาก ผลรวมของการแตกแขนงหลายครั้งที่น่าไปสู่สิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบ อาศัยเพศตั้งแต่แรก

ในรูป 5 ผมแสดงภาพต้นไม้แห่งชีวิตในเชิงวิวัฒนาการชาติพันธุ์ เวอร์ชันสมัยใหม่ อิงกับการวิเคราะห์ลำดับไรโบโซมอาร์เอ็นเอ (ribosomal RNA) ที่แสดงสามโดเมนของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แบคทีเรีย อาร์เคีย และยูคาริโอต ที่โคนต้นไม้เป็นบรรพบุรุษร่วมกันของพวกมัน ทุกอย่างที่อยู่บนต้นตั้งแต่โคนโมเลกุลจนถึงกิ่งก้านสาขาสปีชีส์นกพิณซ์ ครอบคลุมถึงประวัติศาสตร์พันพัวซับซ้อนของ “การทดลอง” ทางเคมี และชีววิทยานับพันล้านปี ที่ทำให้ชีววิทยาส่วนใหญ่เป็นศาสตร์แห่ง การมองย้อนกลับ ดังที่นักชีววิทยาวิวัฒนาการ สตีเฟน เจย์ กุลด์ กล่าวไว้ “หากเราย้อนประวัติศาสตร์แห่งชีวิตและเล่นมันอีกครั้ง

สปีชีส์ ผังร่างกาย และพีโนไทป์ที่จะวิวัฒนาการขึ้นมาก็อาจแตกต่างกันไปอย่างสิ้นเชิง”¹⁰

ความสับสนที่ตกทอดอยู่ภายในวิวัฒนาการทางชีววิทยาขยายสู่ประวัติศาสตร์ระดับอื่นเช่นกัน ตั้งแต่กำเนิดแห่งชีวิตไปจนถึงประวัติศาสตร์มนุษยชาติ เช่นเดียวกับดาร์วิน นักประวัติศาสตร์พิจารณาจุดหักมุมและผกผันในเส้นทางประวัติศาสตร์โดยจำแนกระหว่างการบรรยายว่า “อย่างไร” กับการอธิบายว่า “ทำไม” และในการบรรยายว่าอย่างไร นักประวัติศาสตร์ให้เหตุผลย้อนหลังอย่างที่นักชีววิทยาทำ แล้วสร้างลำดับเหตุการณ์เฉพาะที่นำเราจากจุดหนึ่งไปยังผลแบบหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การอธิบายว่าทำไม เราต้องคิดแบบนักฟิสิกส์ และทำงานล่วงเวลาไปในอนาคตเพื่อระบุถึงความเชื่อมโยงเป็นเหตุเป็นผลที่สามารถ



รูป 5 ต้นไม้แห่งชีวิตแสดงสิ่งมีชีวิตในสามโดเมนและที่โคนต้นคือบรรพบุรุษร่วมกันสากลสุดท้าย LUCA (Last Universal Common Ancestor) รูปแบบสิ่งมีชีวิตล่าสุดที่สิ่งมีชีวิตทุกอย่างบนโลกวิวัฒนาการมาจากมัน

กำหนดแน่ และทำนายเส้นทางทางประวัติศาสตร์เฉพาะเส้นทางหนึ่งว่ามีความเป็นไปได้มากกว่าเส้นทางอื่นๆ การอ่านประวัติศาสตร์แบบผิวเผินมักดูเหมือนจะทำให้คำอธิบายอันแน่นอนเป็นเหตุเป็นผลว่าทำไมสิ่งต่างๆ จึงเกิดขึ้นเช่นนั้น แต่การวิเคราะห์ที่รอบคอบกว่ามักเผยให้เห็นเครือข่ายของแรงขับเคลื่อนที่แข่งกันส่งผล ณ จุดเปลี่ยน พร้อมกับเหตุบังเอิญมากมายมหาศาล ทำให้เส้นทางที่ประวัติศาสตร์ดำเนินไปนั้นคลุมเครือ และแน่นอนว่าหาใช่เรื่องที่ไม่อาจหลีกเลี่ยง ทั้งหมดนี้ทำให้เราต้องพยายามตอบคำถามว่า “อย่างไร” มากกว่า “ทำไม”

นึกถึงป่าที่ผมมองเห็นจากหน้าต่างห้องทำงาน สองสามไมล์ทางตอนใต้ของสนามรบวอเตอร์ลู ในวันที่ 17 มิถุนายน 1815 คืบก่อนเกิดการปะทะใหญ่ นโปเลียน โบนาปาร์ต สั่งการนายพลเอ็มมานูเอล เดอเกราชี ให้ไล่ล่ากองทัพปรัสเซียเพื่อไม่ให้รวมตัวกับกองกำลังสัมพันธมิตรอังกฤษที่ตั้งฐานอยู่ทางเหนือ เกราชีเคลื่อนกำลังพลไปทางตะวันออกเฉียงเหนือตามหน้าที่พร้อมกับกำลังทหารฝรั่งเศสจำนวนไม่น้อย แต่ก็ไม่พบกองกำลังปรัสเซีย เข้าวุ่นรุ่งขึ้นจากป่าที่ผมมองเห็นนี้ เขาได้ยินเสียงดังท่มของปืนใหญ่กองทัพฝรั่งเศสดังห่างออกไป และตระหนักว่าการปะทะเริ่มต้นขึ้นแล้ว สองสามนาที่สำคัญเขาลังเลว่าจะละเมิดคำสั่งนโปเลียนแล้วถอยทัพกลับไปช่วยทหารฝรั่งเศสที่เหลืออยู่ได้ไหม แต่เขาเลือกเดินทัพต่อไป หนีห่างจากชะตาชีวิต เพื่อไล่ล่ากองทัพปรัสเซีย การตัดสินใจของเกราชีในเวลานั้นเป็นอุบัติเหตุดั่งที่ล้ำคดียิ่ง อุบัติเหตุที่ไม่เพียงส่งผลต่อสงครามเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อเส้นทางประวัติศาสตร์ของยุโรป

หรือลองดูอีกตัวอย่าง พิจารณาความรุ่งเรืองของคริสต์ศาสนาในจักรวรรดิโรมันศตวรรษที่สี่ ตอนที่จักรพรรดิคอนสแตนตินเถลิงราชบัลลังก์ในปี 306 ศาสนาคริสต์เป็นเพียงลัทธิอันคลุมเครือที่กำลังแข่งอิทธิพลกับนิกายความเชื่ออื่นๆ เหตุใดศาสนาคริสต์จึงยึดครอง

จักรวรรดิโรมันได้และกลายเป็นความเชื่อศรัทธาสามัญของคนทั่วไป นักประวัติศาสตร์ ยูวัล แฮรารี อภิปรายไว้ในหนังสือ *Sapiens* ว่า มันไม่มีคำอธิบายสาเหตุ และอิทธิพลครอบงำของศาสนาคริสต์ใน ยุโรปตะวันตกก็ควรถูกมองว่าเป็นอุปัทวเหตุคงค้างอีกประการหนึ่ง แฮรารีกล่าวพ้องกับกุลด์ในทางชีววิทยาว่า “ถ้าเราสามารถย้อน ประวัติศาสตร์และใช้ชีวิตในศตวรรษที่สี่สักหนึ่งร้อยครั้ง เราจะ พบว่าศาสนาคริสต์จักเป็นใหญ่ในจักรวรรดิโรมันเพียงสองสามครั้ง เท่านั้น” แต่อุบัติเหตุแซ่แข็งของศาสนาคริสต์ก่อให้เกิดผลตาม มาหาศาล ประการหนึ่งคือลัทธิพระเจ้าหนึ่งเดียวทำให้เกิดศรัทธา ในพระเจ้าผู้สร้าง ซึ่งมีแผนอันสมเหตุสมผลในการสร้างโลก จึงไม่น่า แปลกใจที่สิบสองศตวรรษให้หลัง เมื่อวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เกิดขึ้น ในยุโรปที่คริสต์ศาสนาเป็นใหญ่ นักวิทยาศาสตร์ยุคแรกจึงมองการ ค้นคว้าของตนเป็นการทำเพื่อศาสนารูปแบบหนึ่ง ซึ่งปูทางสู่ปริศนา แห่งการออกแบบที่เรากำลังครุ่นคิดกัน

โดยทั่วไปแล้ว เส้นทางมากมายเปิดกว้างในทุกจุด นับตั้งแต่ ประวัติศาสตร์มนุษยชาติจนถึงวิวัฒนาการทางชีววิทยาและดาราศาสตร์ ฟิสิกส์ นั้นหมายความว่าคำอธิบายเชิงนิยัตินิยมอยู่โดยคร่าวเท่านั้น ในแต่ละขั้นตอนของวิวัฒนาการ นิยัตินิยมกับความเป็นสาเหตุมัก กำหนดเพียงแนวโน้มนทางโครงสร้างและสมบัติโดยทั่วไปจากพื้นฐาน กฎเกณฑ์ในระดับซับซ้อนน้อยกว่า ตัวอย่างเช่น ประวัติศาสตร์ มนุษยชาติที่เต็มไปด้วยอุบัติเหตุผกผันนั้น เกิดขึ้นภายในดาวเคราะห์ โลกเป็นส่วนใหญ่ มีข้อยกเว้นบ้างจากการสำรวจเหตุต้ออื่นในระบบ สุริยะไม่กี่ครั้ง การจำกัดอยู่เพียงในดาวเคราะห์นี้ไม่น่าแปลกใจ และ ทำให้สามารถทำนายได้ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางกายภาพและธรณีวิทยา ที่ชีวิตมนุษย์ถือกำเนิด แต่ก็แทบไม่ได้บอกอะไรชัดเจนเกี่ยวกับ แต่ละยุคในประวัติศาสตร์มนุษยชาติ

ในทำนองเดียวกัน ลำดับธาตุทางเคมีและโครงสร้างตารางธาตุของเมนเดเลเยฟถูกกำหนดจากกฎของฟิสิกส์อนุภาคในระดับต่ำลงมา แต่ความอุดมอันจำเพาะของธาตุต่างๆ บนโลกขึ้นกับเหตุบังเอิญ นานัปการตลอดวิวัฒนาการของมันเป็นมาจนปัจจุบัน

ลองดูตัวอย่างระดับชีวเคมีกันบ้าง พิจารณากฎที่ว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหมดบนโลกมีรากฐานเป็นดีเอ็นเอ และยีนก็ประกอบมาจากนิวคลีโอไทด์สี่ชนิดที่ย่อว่า A, C, G และ T องค์ประกอบเฉพาะของโมเลกุลดีเอ็นเออาจเป็นผลโดยบังเอิญของการก่อเกิดสิ่งมีชีวิตจากสิ่งไร้ชีวิตบนดาวเคราะห์ของเรา แต่ความสามารถทางการคำนวณพื้นฐานที่สิ่งมีชีวิตต้องเรียนรู้เพื่อที่จะดำรงชีวิตได้นั้นอยู่ในระดับที่ลึกกว่า และอาจกำหนดสมบัติเชิงโครงสร้างกว้างๆ ของสื่อंनाโมเลกุลของข้อมูลทางพันธุกรรมบนพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ สิ่งนี้เกิดจากการสร้างสรรค์ทางทฤษฎีของออตโตมาตาที่ผลิตตัวเองได้ โดยนักคณิตศาสตร์ชาวฮังการีอเมริกัน จอห์น วอน นอยมานน์ ในปี 1948 ห้าปีก่อนที่วัตสันกับคริกจะค้นพบโครงสร้างของดีเอ็นเอ วอน นอยมานน์ ระบุปัญหาการคำนวณระดับจำเป็นที่สิ่งมีชีวิตต้องทำให้ได้เพื่อจะดำรงอยู่และจัดวางโครงสร้างอันชาญฉลาด โครงสร้างซึ่งดูเหมือนเป็นไปได้เพียงหนึ่งเดียว และสามารถผลิตตัวเองซ้ำๆ โครงสร้างที่เขาวาดขึ้นได้รับการยอมรับในทันทีในนาม DNA

วิวัฒนาการก่อตัวขึ้นอย่างต่อเนื่องบนสายโซ่แห่งอุปัทวเหตุ คงค้าง ความซับซ้อนระดับต่ำกว่ากำหนดสิ่งแวดล้อมให้กับวิวัฒนาการระดับสูงกว่า แต่ยังคงมีที่เหลือพอสำหรับความผกผันไม่คาดคิดที่มักทำให้เกิดเส้นทางที่ไม่น่าจะเป็นไปได้อย่างยิ่งหลายเส้นทาง และทำให้นิยัตินิยมล้มเหลว ผลโดยบังเอิญ ณ เหตุการณ์แตกแขนงจำนวนนับไม่ถ้วนผสมผสานกับส่วนประกอบที่ปรากฏขึ้นกลายเป็นวิวัฒนาการเพิ่มโครงสร้างและข้อมูลปริมาณมหาศาลที่ไม่ได้มีอยู่ในกฎระดับ

ต่ำกว่า ซึ่งก่อให้เกิดแบบแผนคล้ายกฎรูปแบบใหม่ขึ้นในระดับที่สูงกว่า ตัวอย่างเช่น ทุกวันนี้ไม่มีนักวิทยาศาสตร์อาชีพคนไหนเชื่อว่ามี “แรงแห่งชีวิต” ที่ไม่ได้ก่อกำเนิดจากเคมีกายวิภาค หากแต่ระดับกายภาพเพียงอย่างเดียวก็ไม่ได้กำหนดว่าอะไรคือกฎเกณฑ์ทางชีววิทยานานโลก

• • •

เพียงสิบแปดวันหลังจากวันที่ 24 พฤศจิกายน 1859 ที่มีการตีพิมพ์งานชิ้นเอก *On the Origin of Species* ชาร์ลส์ ดาร์วิน ได้รับจดหมายจากนักดาราศาสตร์ เซอร์จอห์น เฟรเดริก วิลเลียม เฮอร์เชล ผู้เป็นลูกชายของคนที่ค้นพบดาวยูเรนัส เฮอร์เชลแสดงความเคลือบแคลง ความไร้กฎเกณฑ์ของภาพทัศน์วิวัฒนาการของดาร์วิน โดยกล่าวว่าหนังสือของเขาเป็น “กฎแห่งความมั่วซั่ว”¹¹ กระนั้นนี่ก็คือจุดแข็งของมัน ความสวยงามของทฤษฎีดาร์วินคือมันมอบการสังเคราะห์ของแรงขับเคลื่อนแห่งการผันแปรและการคัดเลือกโดยสิ่งแวดล้อมในโลกของสิ่งมีชีวิต ดาร์วินพบจุดประจักษ์ระหว่าง “ทำไม” กับ “อย่างไร” ในชีววิทยา หลอมรวมคำอธิบายเชิงสาเหตุเข้ากับเหตุผลเชิงอนุมาน ในกรอบคิดอันสอดประสานหนึ่งเดียว เขาแสดงให้เห็นว่าแม้ชีววิทยาจะมีธรรมชาติเชิงประวัติศาสตร์และเต็มไปด้วยเหตุบังเอิญโดยพื้นฐาน มันก็สามารถเป็นวิทยาศาสตร์ที่เปี่ยมประโยชน์และเหมาะสม เพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจของเราต่อโลกของสิ่งมีชีวิต

แนวคิดดาร์วินนิยมเสริมพลังให้การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ และต่อ ยอดสู่สาขาที่มุ่มมองเชิงอันตวิทยา ดูไม่อาจถูกตั้งคำถาม โลกแห่งสิ่งมีชีวิตนั่นเอง ทว่าโลกทัศน์ที่สื่อออกมา นั้นช่างแตกต่างอย่างสิ้นเชิงจากมุมมองที่ได้จากกฎฟิสิกส์มูลฐาน ความแตกต่างนี้แสดงตัวชัดเจนที่สุดในมุมมองขัดแย้งกันเรื่องปริศนาแห่งการออกแบบ แนวคิด

ดาร์วินนิยมมอบความเข้าใจเชิงวิวัฒนาการอย่างละเอียดต่อการออกแบบในโลกของสิ่งมีชีวิต ในทางกลับกัน ฟิสิกส์กับเอกภพวิทยาก็สำรวจลึกลงในธรรมชาติของกฎทางคณิตศาสตร์อันไร้กาลเวลา เพื่อหาคำอธิบายการเปลี่ยนผ่านสู่ชีวิตว่าเป็นไปได้อย่างไรแต่แรก นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ชีวิตและนักฟิสิกส์มักเปรียบเทียบความต่างระหว่างกรอบแนวคิดวิวัฒนาการ “มั่วซั่ว” ของดาร์วินกับกฎฟิสิกส์อันตายตัวและไม่อาจเปลี่ยนแปลง ไม่ใช่ประวัติศาสตร์หรือวิวัฒนาการ หากแต่เป็นความสวยงามทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อกันว่าเป็นตัวควบคุมระดับพื้นฐานที่สุดของฟิสิกส์ วิลัยทัศน์อันยอดเยี่ยมของเลอแมตร์ที่ว่าเอกภพขยายตัว เห็นได้ชัดว่าชักพาความคิดเชิงวิวัฒนาการระดับเข้มข้นเข้ามาสู่เอกภพวิทยา กระนั้นที่ระดับลึกกว่าที่มีการพิจารณาต้นกำเนิดพื้นฐานของการออกแบบสิ่งมีชีวิต ภาพร่างของเลอแมตร์กับดาร์วินในไบเบิ้ลเกสส์ (แผ่นภาพ 3 กับ 4 ตามลำดับ) ดูเหมือนจะมอบโลกทัศน์ที่แตกต่างอย่างสุดซึ้ง เป็นช่องว่างทางความคิดที่แบ่งแยกชีววิทยาและฟิสิกส์ออกจากกันมานับตั้งแต่การปฏิวัติวิทยาศาสตร์

การเชื่อมต่อรอยแยกนี้เป็นการกิจในความคิดของสตีเฟ่นมาตั้งแต่การค้นคว้ายุคแรก ๆ ของเขา แต่ตกผลึกมาเป็นโปรแกรมวิจัยจริง ๆ ตอนปลายศตวรรษที่ยี่สิบ เมื่อโจทย์งานวิจัยส่วนใหญ่ของเขาวนเวียนอยู่รอบปัญหาแห่งการออกแบบเอกภพ เป็นความมูมนะโดยแท้ของเขาที่จะเปลี่ยนแปลงเอกภพวิทยาจากภายใน

เรามาพูดถึงถึงช่วงปีทองเหล่านี้ดีกว่า การค้นพบสเปกตรัมไฮโดรเจนจากการสังเกตการณ์ว่าเอกภพกำลังเร่งขยายตัวนั้นเชื่อมโยงกับพัฒนาการทางทฤษฎีที่น่าประหลาดใจพอกัน ซึ่งเสนอว่ากฎฟิสิกส์อาจไม่ได้ตายตัวราวกับถูกจารึกไว้ในก้อนหิน หลักฐานเพิ่มพูนขึ้นบ่งบอกว่าอย่างน้อยสมบัติบางอย่างของกฎฟิสิกส์อาจไม่ได้เป็นความจำเป็นทางคณิตศาสตร์ หากแต่เป็นความบังเอิญ ซึ่งสะท้อนลักษณะจำเพาะ

ที่เอกภพเย็นตัวลงจากบิกแบงร้อน จากสปีชีส์ของอนุภาคต่าง ๆ จนถึงความเข้มของแรง จนถึงปริมาณพลังงานมืด เริ่มชัดเจนว่า บาร์โค้ดสำหรับภาวะเอื้อต่อสิ่งมีชีวิตของเอกภพ อาจไม่ได้ถูกจารึก ผืนึกไว้ในสถาปัตยกรรมพื้นฐานของมันตั้งแต่แรก รวากับเป็นสัจจักรประเภทหนึ่ง หากแต่เป็นผลของวิวัฒนาการดึกดำบรรพ์ที่ซ่อนลึก อยู่ภายในยุคบิกแบงร้อน

ในเวลาไม่นาน นักทฤษฎีสตริงก็เริ่มจินตนาการถึงพหุภพ หลายหลาก อวกาศฟองตัวใหญ่โตมโหฬารประกอบด้วยเอกภพเป็น เกาะแก่งอยู่เป็นกลุ่ม ที่แต่ละกลุ่มมีฟิสิกส์ของมันเอง การต่อยอด อลังการในทางเอกภพนี้ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวางต่อ ประเด็นการจูนปรับเอกภพ แทนที่จะรำพึงรำพันถึงจุดจบของความผัน แห่งสุดยอดยุทษฎ์หนึ่งเดียวที่ทำนายว่าธรรมชาติควรเป็นอย่างไร ผู้สนับสนุนแนวคิดพหุภพพยายามพลิกเปลี่ยนความลึกลับน่าอาย โดยแปลงเอกภพวิทยาไปสู่วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (แต่เป็นสิ่งแวดล้อม ที่ใหญ่โตมโหฬารมาก!) นักทฤษฎีสตริงคนหนึ่งเชื่อมโยงลักษณะเฉพาะ แห่งของกฎทางฟิสิกส์ในพหุภพ เข้ากับสภาพอากาศชายฝั่งตะวันออก ของสหรัฐอเมริกาว่า “แปรปรวนอย่างยิ่งยวด เลวร้ายเกือบตลอดเวลา แต่ น่ารักในบางโอกาส”¹²

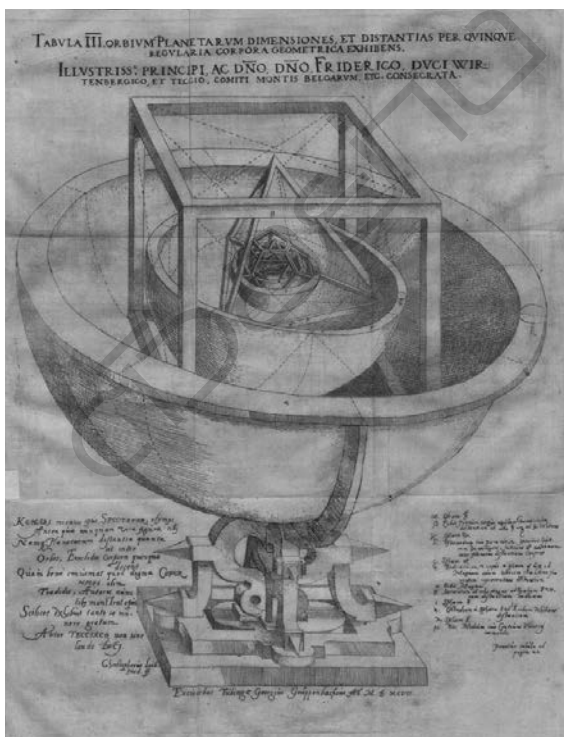
เราสามารถรับรู้ขนาดของการเปลี่ยนแปลงนี้ได้จากประวัติศาสตร์ ของวิทยาศาสตร์ ในปี 1597 นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมัน โยฮันเนส เคปเลอร์ เสนอแบบจำลองระบบสุริยะที่อิงกับทรงตันเพลโต (Platonic solids) ยุคโบราณ ซึ่งเป็นรูปทรงหลายเหลี่ยมห้าชนิดโดยมีลูกบาศก์ ที่รู้จักกันดีที่สุด เคปเลอร์จินตนาการถึงการยึดโยงวงโคจรทรงกลม ของดาวเคราะห์หกดวงที่รู้จักกันดี เข้ากับทรงกลมที่มองไม่เห็นซึ่งหมุน อยู่รอบดวงอาทิตย์ จากนั้นเขาสันนิษฐานว่าขนาดเชิงเปรียบเทียบ ของทรงกลมเหล่านี้ถูกกำหนดโดยเงื่อนไขว่าแต่ละทรงกลมต้องพอดี

อยู่ภายในทรงตันปกติรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง (ยกเว้นเพียงทรงกลมวงนอกสุดของดาวเสาร์) และทรงกลมแต่ละอัน (เว้นอันที่อยู่ใก้สุดของดาวพุธ) ต้องพอดีอยู่ภายในทรงตันปกติรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง^{*} ภาพวาดของเคปเลอร์ในรูป 6 แสดงการจัดเรียงดังกล่าว เมื่อเคปเลอร์วางทรงตันห้าแบบในลำดับที่ถูกต้อง อันหนึ่งอยู่ในอีกอันหนึ่ง ทั้งหมดเข้ากันพอดีพอดี เขาพบว่าทรงกลมที่ซ้อนกันอยู่นี้อาจอยู่ระยะห่างเป็นช่วง สอดคล้องกับความห่างของดาวเคราะห์แต่ละดวงจากดวงอาทิตย์ โดยมีดาวเสาร์เคลื่อนที่ตามทรงกลมตามรอบนอกสุดของทรงตัน โดยไม่มีช่องทางให้เปลี่ยนแปลงรัศมีเปรียบเทียบระหว่างกันแต่อย่างใด บนพื้นฐานนี้เขาทำนายจำนวนดาวเคราะห์ทั้งหมดว่าเท่ากับหก พร้อมกับขนาดเชิงเปรียบเทียบของวงโคจรของมัน สำหรับเคปเลอร์ จำนวนดาวเคราะห์กับระยะห่างของมันจากดวงอาทิตย์เป็นการสำแดงสมมาตรทางคณิตศาสตร์อันล้ำลึกของธรรมชาติ หนังสือ *Mysterium Cosmographicum* ของเขาเป็นความพยายามโดยแท้ที่จะผสานความฝันของความสอดประสานแห่งทรงกลมแบบเพลโตยุคโบราณ เข้ากับความเข้าใจในศตวรรษที่สิบหกที่ว่าดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์

ในยุคของเคปเลอร์ เรามักคิดกันว่าระบบสุริยะคือเอกภพทั้งหมดทั้งหมด ไม่มีใครรู้ว่าดาวฤกษ์คือดวงอาทิตย์ที่มีระบบดาวเคราะห์ของมันเอง เช่นนั้นจึงเป็นธรรมชาติที่จะสมมติว่าวงโคจรดาวเคราะห์เป็นสิ่งมูลฐานที่สุด ปัจจุบันเรารู้ว่าไม่มีความสำคัญอะไร

^{*} รายละเอียดก็คือหนีออกไปจากดวงอาทิตย์ เคปเลอร์จัดวางทรงกลมของดาวพุธ ทรงตันแปดหน้า (octahedron) ทรงกลมดาวศุกร์ ทรงตันยี่สิบหน้า (icosahedron) ทรงกลมโลก ทรงตันสิบสองหน้า (dodecahedron) ทรงกลมดาวอังคาร ทรงตันสี่หน้า (tetrahedron) ทรงกลมดาวพฤหัสบดี ลูปาร์ก และสุดท้ายทรงกลมดาวเสาร์

มากระหว่างจำนวนดาวเคราะห์หรือระยะห่างของมันจากดวงอาทิตย์ เราเข้าใจว่ากลุ่มดาวเคราะห์ภายในระบบสุริยะไม่ได้พิเศษหรือมีเอกลักษณ์ แต่เป็นเพียงผลจากความบังเอิญในประวัติศาสตร์การก่อตัวจากเนบิวลาของก๊าซและฝุ่นที่หมุนวนอยู่รอบดาวต้นกำเนิดดวงอาทิตย์ ในเวลาสามทศวรรษที่ผ่านมา นักดาราศาสตร์สังเกตพบระบบดาวเคราะห์หลายพันที่มีการจัดเรียงวงโคจรแตกต่างกันไป



รูป 6 ในงานทางดาราศาสตร์สำคัญชิ้นแรก *Mysterium Cosmographicum* ของเขา โยฮันเนส เคปเลอร์ เสนอแบบจำลองแบบเพลโตของระบบสุริยะเชื่อมโยงขนาดของวงโคจร (รูปวงกลม) ของดาวเคราะห์กับทรงตันปกติห้าแบบ ทรงกลมดาวเคราะห์สี่อันพร้อมกับทรงตันสิบสองหน้า ทรงตันสี่หน้า และลูกบาศก์ก็มองเห็นได้อย่างชัดเจนในรูปวาดของเคปเลอร์

ดาวฤกษ์บางดวงมีดาวเคราะห์ขนาดเท่าดาวพฤหัสบดีโคจรรอบภายในเวลาไม่กี่วัน บางดวงมีดาวเคราะห์คล้ายโลกที่อาจดำรงชีพได้จำนวนสามดวงหรือมากกว่า และบางระบบดาวเคราะห์ก็มีดาวฤกษ์สองดวง ทำให้เกิดแบบแผนแสนโกลาหลของกลางวันและกลางคืน รวมถึงปรากฏการณ์ทางท้องฟ้าที่น่าสนใจอื่นๆ

หากเราอยู่ในพหุภพจริง ๆ กฎฟิสิกส์ในเอกภพของเราก็จะมีชะตากรรมเหมือนวงโคจรดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ และย่อมไร้ประโยชน์ที่จะเดินตามรอยเคปเลอร์ ค้นหาอธิบายอันลึกซึ้งยิ่งขึ้นของการจูนปรับอย่างละเอียดที่ทำให้เกิดชีวิต ในพหุภพ สมบัติอันเอื้อต่อชีวิตจักเป็นเพียงผลจากความบังเอิญของกระบวนการอย่างสุ่มที่เกิดขึ้นในบิกแบงร้อน ที่ทำให้เกิดเอกภพแบบเกาะแก่งแห่งนี้ของเรา ผู้สนับสนุนแนวคิดพหุภพอภิปรายว่าผู้เชื่อแนวคิดเพลโตในปัจจุบันมองหาดิถีทาง มันไม่ใช่สัจธรรมทางคณิตศาสตร์อันงดงามลุ่มลึกที่ทำให้เอกภพอื้อต่อชีวิต พวกเขามองว่ามันก็แค่สภาพอากาศอันยอดเยี่ยมเฉพาะบางพื้นที่ในสเกลระดับเอกภพเท่านั้น การรับรู้ถึงการออกแบบอันยิ่งใหญ่แห่งเอกภพเป็นเพียงมายา

กระนั้นก็ยังมีปัญหาในตรรกะเหตุผลเช่นนี้ที่จะกลายเป็นประเด็นสำคัญยิ่งยวดเมื่อผมอภิปรายหัวใจหลักของทฤษฎีสุดท้ายของฮอว์กิง พหุภพในตัวเองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นในแนวทางของเพลโต พหุภพวิทยาตั้งสมมติฐานถึงอภิกฎ (metalaw) อันไร้กาลคอยกำกับทุกสิ่งทุกอย่าง แต่อภิกฎเหล่านี้ไม่ได้ระบุว่าท่ามกลางเอกภพทั้งหลาย เราควรจะอยู่ในภพไหนกันแน่ นี่คือนิยามที่ผิด เพราะหากปราศจากกฎที่เชื่อมโยงอภิกฎของพหุภพเข้ากับกฎเฉพาะของเอกภพแบบเกาะของเราแล้ว ตัวทฤษฎีก็จะตกอยู่ในวังวนความย้อนแย้งที่ทำให้ไม่สามารถทำนายอะไรที่ตรวจสอบได้ออกมาเลย พหุภพวิทยานั้นคลุมเครือและขาดการกำหนดแน่ในระดับรากฐาน ไม่มีข้อมูลสำคัญ

เกี่ยวกับตำแหน่งแห่งหนของเราภายในแผ่นผืนเอกภพอันบ้าคลั่งนั้น ผลก็คือ มันไม่อาจทำนายสิ่งที่เราควรสังเกตพบ พหุภพเป็นเหมือน บัตรเดบิตที่ไม่มีรหัส หรือที่แย่กว่านั้นคือเหมือนตู้เสื้อผ้าอีกที่ไม่มี คู่มือประกอบ ในความหมายอันสำคัญยิ่ง ทฤษฎีนี้ไม่สามารถบอก ได้ว่าเราเป็นใครในคอสมอสและทำไมเราจึงอยู่ ณ ตรงนี้

อย่างไรก็ดี นักพหุภพวิทยาไม่ยอมแพ้โดยง่ายครับ พวกเขาเสนอ วิธีที่จะปรับปรุงทฤษฎี เป็นแนวคิดสุดโต่งที่เขย่าแวดวงวิทยาศาสตร์ มานับแต่นั้น นั่นก็คือ *หลักแห่งมานุษยวิทยา (anthropic principle)*

หลักแห่งมานุษยวิทยา เข้าสู่เขตแดนเอกภพวิทยาในปี 1973 นักดาราศาสตร์ฟิสิกส์ แบรndon คาร์เตอร์ ซึ่งเป็นนักศึกษาร่วมรุ่นกับ สตีเฟนที่เคมบริดจ์ เสนอหลักการนี้ที่การประชุมที่คราคร่ำเพื่อระลึก ถึงโคเปอร์นิคัส นี่เป็นการหักมุมอันน่าสนใจทางประวัติศาสตร์ เพราะ ในศตวรรษที่สิบหก โคเปอร์นิคัสได้เริ่มก้าวแรกที่ลบบทบาทของ มนุษยชาติจากตำแหน่งสำคัญในเอกภพ¹³ มากกว่าสี่ศตวรรษให้หลัง คาร์เตอร์เห็นพ้องกับโคเปอร์นิคัสว่าเราเหล่านมนุษย์ไม่ได้เป็นศูนย์กลาง ของระเบียบแห่งเอกภพ กระนั้นเขาก็ให้เหตุผลว่าเราอาจกำลังเข้าใจ ผิดก็ได้หากจะสรุปว่าเราไม่ได้พิเศษในทางใดเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อพิจารณาจากผลสังเกตการณ์เอกภพของเราเอง บางทีเราอาจ มองเห็นเอกภพเป็นอย่างที่เราเป็นก็เพราะมีเราอยู่ตรงนี้ใช้ไหมนะ

คาร์เตอร์มีประเด็นน่าคิดครับ แน่แน่นอนว่าเราย่อมไม่สังเกตเห็น อะไรเลยในที่ที่เราไม่ดำรงอยู่ หรือเมื่อไม่มีเราอยู่ ตั้งแต่ทศวรรษ 1930 นักวิทยาศาสตร์อย่างเลอแมตร์กับนักดาราศาสตร์ชาวอเมริกัน โรเบิร์ต ดิกกี พิจารณาว่าสมมติแบบใดที่เอกภพต้องการเพื่อเอื้อต่อ สิ่งมีชีวิตทรงปัญญา ตัวอย่างเช่น สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะทรงปัญญาหรือไม่ ต้องอาศัยคาร์บอน ซึ่งถูกหลอมขึ้นในการเผาไหม้เทอร์โมนิวเคลียร์

ภายในดาวฤกษ์ กระบวนการที่ใช้เวลาหลายพันล้านปี แต่เอกภพที่ขยายตัวไม่อาจมอบเวลาหลายพันล้านปีได้นอกเสียจากจะมีอวกาศที่ว่างอยู่หลายพันล้านปีแสงเช่นกัน เลอแมตร์กับดิกก็จึงสรุปว่าเราไม่ควรแปลกใจที่เราอยู่ในเอกภพเก่าแก่และใหญ่โตแบบนี้ เอกภพที่ขยายตัวมีช่วงระยะเวลาอันเหมาะสมที่นักดาราศาสตร์ผู้ประกอบมาจากคาร์บอนจะกำลังทำงานวิจัยอยู่ และนี่ก็แน่นอนว่าต้องส่งอิทธิพลต่อสิ่งที่พวกเขาอาจสังเกตเห็น

ข้อสรุปดังกล่าวไม่ได้แตกต่างโดยมูลฐานจากสิ่งที่เราสรุปได้เมื่อพิจารณาความโน้มเอียงต่าง ๆ ในสถานการณ์ชีวิตประจำวัน แต่คาร์เตอร์ไปไกลกว่านั้น ไกลแบบล้ามาก ๆ เขาเสนอว่าผลการคัดเลือกเกิดขึ้นไม่เพียงภายในเอกภพเดียวเท่านั้น ซึ่งคือเอกภพของเรา หากแต่เกิดขึ้นทั่วพหุภพ เขาเสนอว่าหลักแห่งมานุษยวิทยามีบทบาทในเรื่องนี้ กฎที่อยู่เหนือและพ้นจากทุกกฎ เป็นอภิกฎที่กำหนดความเป็นไปของพหุภพ ทำให้เงื่อนไขที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตเป็นรูปเป็นร่างขึ้น และอภิกฎนั่นเอง “ทำการ” คัดเลือกกว่าภพไหนในหลายหลากภพควรเป็นเอกภพของเรา

นั่นเป็นข้อเสนอสุดโต่งอย่างถึงราก และนำชีวิตกลับไปอยู่ในตำแหน่งอภิสิทธิ์ ณ ศูนย์กลางของคำอธิบายของเอกภพอีกครั้ง หลักแห่งมานุษยวิทยาของคาร์เตอร์ดูเหมือนจะนำเราถอยหลังไปห้าศตวรรษสู่ยุคก่อนโคเปอร์นิคัส โดยการจัดวางเงื่อนไขสถานการณ์โดยรวมที่ถูกเลือก ซึ่งรวมถึงชีวิต สติปัญญา หรือแม้แต่จิตสำนึก มันยังมีกลิ่นอายของอันตวิทยา ซึ่งเป็นมุมมองแบบอริสโตเติลที่การปฏิวัติวิทยาศาสตร์เคยล้มล้างสำเร็จไปแล้ว หรือที่เราคิดว่าล้มล้างสำเร็จไปแล้ว

ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจที่ในปี 1973 เมื่อคาร์เตอร์เสนอหลักแห่งมานุษยวิทยาระดับเอกภพ โดยมีหลักฐานทางทฤษฎีของพหุภพ

อยู่เพียงคร่าว ๆ แนวคิดของเขาก็ถูกปฏิเสธว่าไร้สาระ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายศตวรรษ เหตุการณ์กลับกลายเป็นอย่างชัดเจน ทฤษฎีพหุภพเริ่มได้รับการยอมรับ แนวคิดมานุษยวิทยาของคาร์เตอร์ถูกทิ้งอย่างรวดเร็วและถูกนำมาใช้หาตำแหน่งแห่งหนของเราภายในเอกภพตัดปะอันกว้างใหญ่ไพศาล หลักแห่งมานุษยวิทยาถูกมองว่าเป็น**หมุด**ที่เปลี่ยนทฤษฎีพหุภพจากระบบความเชื่อแบบเพเลโตอันเป็นนามธรรม สู่ทฤษฎีทางกายภาพที่มีศักยภาพในการอธิบายได้จริงๆ

ผู้คลั่งไคล้ในพหุภพประกาศว่าพวกเขาค้นพบคำตอบที่เป็นไปได้ข้อที่สองของปริศนาการออกแบบเอกภพ คำตอบแรกคือมันเป็นเพียงเหตุบังเอิญ เป็นผลสืบโชคของหลักคณิตศาสตร์อันลึกล้ำแต่ (ยัง) ลึกลับ ณ หัวใจของการดำรงอยู่ คำตอบที่สองจากพหุภพวิทยาแบบมานุษยนิยมคือ แบบแผนที่เราเห็นกันชัดๆ นี่เป็นสมบัติของสิ่งแวดล้อมระดับเอกภพ “เฉพาะแห่ง” ของเรา กล่าวคือเรามีชีวิตอยู่ในเอกภพที่เอื้อต่อการมีชีวิตและหาได้ยาก ภายในแผ่นกระเบื้องเอกภพแบบเกาะแก่งอันใหญ่โตมหึมา ถูกคัดเลือกโดยหลักแห่งมานุษยวิทยามีความตื่นตันทึ่งสูงที่เดียวต่อพัฒนาการเรื่องนี้ “เราอยู่ด้วยกัน เอกภพกับเรา” ลินเดประกาศ “ผมไม่อาจจินตนาการได้ถึงทฤษฎีเอกภพที่สอดคล้องในตัวเองโดยไม่สนใจเรื่องชีวิตและจิตสำนึก”¹⁴ ในหนังสือ *The Cosmic Landscape* นักทฤษฎีสตริงผู้ตือตึง เลโอนาร์ด ซัสคินด์ แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (ซึ่งเชื่อได้เลยเรื่องการคาดการณ์อันหาญกล้า) พรรณนาถึงการตีความด้วยกันระหว่างอภิปรัชญาทางวัตถุวิสัยกับหลักแห่งมานุษยวิทยาเชิงปัจเจกว่าเป็นกระบวนการทัศน์ใหม่ในฟิสิกส์มูลฐาน

ยักษ์ใหญ่แห่งวงการฟิสิกส์อนุภาค สตีเวน ไวน์เบิร์ก เสนอว่าการใช้เหตุผลแบบมานุษยวิทยาเป็นสัญญาณบ่งบอกยุคใหม่แห่ง

เอกภพวิทยา ความเข้าใจเรื่องแรงเอกภาพของเขาดอนปลายทศวรรษ 1960 ที่ว่าแรงแม่เหล็กไฟฟ้ากับแรงนิวเคลียร์อย่างอ่อนเป็นแรงเดียวกัน กลายเป็นพื้นฐานของแบบจำลองมาตรฐานของฟิสิกส์อนุภาค คำทำนาย บางประการของแบบจำลองมาตรฐานได้รับการตรวจสอบยืนยันความ ถูกต้องด้วยความแม่นยำไม่น้อยกว่าทศนิยมสิบสี่ตำแหน่ง ทำให้มันเป็นทฤษฎีที่ถูกรตรวจสอบอย่างแม่นยำที่สุดเท่าที่เคยมีมาในฟิสิกส์ กระนั้นแม้จะแม่นยำขนาดนี้ ไวน์เบิร์กก็รู้สึกว่าการจะเข้าใจสาเหตุให้ ลึก ๆ ว่าทำไมแบบจำลองมาตรฐานจึงมีรูปแบบอย่างที่เราเป็น เรา จำเป็นต้องเสริมหลักการทางคณิตศาสตร์ของฟิสิกส์ดั้งเดิมด้วย หลักการที่มีธรรมชาติแตกต่างอย่างสิ้นเชิง “พัฒนาการส่วนใหญ่ ในประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ได้รับการบันทึกตามการค้นพบเกี่ยวกับ ธรรมชาติ” เขากล่าวในการบรรยาย “Living in the Multiverse” ที่เคมบริดจ์ “แต่ ณ จุดพลิกผันบางจุด เราได้ค้นพบเกี่ยวกับตัว วิทยาศาสตร์เอง และค้นพบว่าทฤษฎีแบบไหนถือเป็นทฤษฎีที่ ยอมรับได้ เราอาจกำลังอยู่ ณ จุดพลิกผันแบบนั้น...พหุภพทำให้ เหตุผลทางมานุษยวิทยาได้รับการยอมรับเป็นพื้นฐานใหม่ของทฤษฎี ทางกายภาพ”¹⁵ โลกทัศน์ที่ไวน์เบิร์กหยิบยกนี้สะท้อนถึงทวินิยม รูปแบบหนึ่ง มีกฎทางกายภาพหรืออภิปรัชญาซึ่งเรากำลังค้นพบมัน หาก แต่มันเย็นชาและเป็นสากล อย่างไรก็ดี นอกเหนือจากกฎเหล่านี้ยังมี หลักแห่งมานุษยวิทยาที่เชื่อมโยง (อภิปรัชญา) เข้ากับโลกทางกายภาพ ที่เรารู้ ในวิถีลึกลับของมันเอง

เกิดปฏิกิริยาต่อต้านอย่างรุนแรง ในระยะเวลาหลายปีหลักแห่ง มานุษยวิทยาได้กลายมาเป็นประเด็นอันร้อนแรงที่สุดในทุกแง่มุม ในฟิสิกส์ทฤษฎี บางคนปฏิเสธอย่างสิ้นเชิงโดยไม่ลังเล พอล สไตน์ฮาร์ดท์ ผู้ค้นพบร่วมเรื่องอินฟเลชันของเอกภพจากพรีนซ์ตัน

ประกาศว่า “ทฤษฎีอินเฟลชันชุดหลุมฝังศพตัวเอง” เดวิด กรอส เจ้าของรางวัลโนเบลจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียกล่าวตรง ๆ ว่า “เหมือนยอมแพ้เลย” คนอื่นรู้สึกว่าการอภิปรายทั้งหลายเกี่ยวกับตำแหน่งของเราในเอกภพนั้นยังไม่ถึงเวลาที่เหมาะสม นิมา อาร์คานี-ฮาเฮมิต นักทฤษฎีผู้ที่ปกติก็เปี่ยมด้วยวิสัยทัศน์ กล่าวแก่ผู้ฟัง นักทฤษฎีสตรีงในฤดูร้อนปี 2019 ว่า “มันเร็วเกินไปที่จะคิดถึงเรื่องนั้น”¹⁶ ห้าศตวรรษหลังการปฏิวัติวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ซึ่งเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ทวินิยมไว้ในฟิสิกส์ ประโยคดังกล่าวนับว่าสุดยอดเยี่ยม

สติเฟื่องหุดหิดที่นักทฤษฎีส่วนใหญ่ยังคงไม่สนใจ พวกเขาหลงทางอยู่ในคณิตศาสตร์ นักทฤษฎีฟิสิกส์ส่วนใหญ่รู้สึกจนถึงตอนนี้ว่า การสืบค้นสาเหตุลึกล้ำของเอกภพที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตอยู่นอกขอบข่ายสาขาวิชาตัวเอง พวกเขาเลือกที่จะเชื่อว่าปัญหาจะอันตรธานไปเมื่อเราค้นพบสมการสุดยอดเยี่ยมทฤษฎีสตรีงที่กำกับกฎเกณฑ์พหุภาพครึ่งหนึ่งในช่วงเวลาน้ำชาที่ DAMTP สติเฟื่องผู้ไม่เคยลังเลที่จะโยนแมวเข้าไปในฝูงนกพิราบ บ่นออกมาว่า “ผมแปลกใจนัก” เขากล่าว “ที่คนเรา [นักทฤษฎีสตรีง] มีวิสัยทัศน์อันคับแคบได้ถึงเพียงนี้ และไม่ได้คิดตั้งคำถามจริงจังว่าเอกภพมาอยู่ตรงนี้ได้ได้อย่างไรและทำไม”¹⁷ สติเฟื่องคิดว่ามันไม่เพียงพอที่จะแค่ค้นพบอภิกฎทางคณิตศาสตร์ หากเราต้องการไขปริศนาแห่งการออกแบบเอกภพ สำหรับเขาแล้ว การค้นคว้าหาทฤษฎีเอกภพในฟิสิกส์ผูกพันแน่นแฟ้นกับจุดกำเนิดบิกแบง เขาอภิปรายว่าเราไม่อาจเข้าถึงสุดยอดทฤษฎีได้หากเราถือว่าเป็น “เพียง” อีกปัญหาในการค้นคว้าปฏิบัติ มันต้องถูกค้นคว้าในบริบทวิวัฒนาการของเอกภพ ในการสืบแสวงหามุมมองใหม่ๆ ของเอกภพ คณิตศาสตร์เป็นผู้รับใช้ของสติเฟื่อง ไม่ได้เป็นเจ้านาย ฮอว์กิงเห็นพ้องกับผู้สนับสนุนหลักแห่งมานุษยวิทยาว่า ความเข้าใจในสมบัติการเอื้อต่อสิ่งมีชีวิตของเอกภพนั้นสำคัญและมุมมองแบบเพเลโต

ธรรมดาๆ ไม่เพียงพอ เขาเห็นว่ามันต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ เปลี่ยนแปลงรากฐานของวิธีเข้าใจฟิสิกส์และศึกษาเอกภพ¹⁸ อย่างไรก็ตาม เขาก็เริ่มเคลือบแคลงว่าเหตุผลแบบมานุษยวิทยาเป็นการปฏิบัติแบบที่เราต้องการเพื่อพัฒนาเรื่องนี้จริงหรือเปล่า ความกังวลของเขาเกี่ยวกับหลักแห่งมานุษยวิทยาในฐานะกระบวนทัศน์ใหม่ทางเอกภพวิทยา ไม่ได้อยู่ที่ธรรมชาติเชิงคุณภาพของมันสักเท่าไร ชีวิตวิทยากับประวัติศาสตร์ก็เต็มไปด้วยคำทำนายเชิงคุณภาพยิ่งกว่าเสียอีก ทว่าปัญหาจริง ๆ สำหรับเขาก็คือ เหตุผลตามหลักแห่งมานุษยวิทยานั้นทำให้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าด้วยการทำนายและการตรวจสอบนั้น เหนือออกนอกกลุ่มนอกทาง

กระบวนการนี้ถูกอธิบายอย่างละเอียดโดยนักปรัชญาวิทยาศาสตร์ชาวออสเตรเลีย-อังกฤษ คาร์ล พอปเปอร์ พอปเปอร์เห็นว่าสิ่งที่ทำให้วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการวิธีอันทรงพลังไม่เหมือนใครในการแสวงหาองค์ความรู้ก็คือความจริงที่เห็นพ้องต้องกันเป็นเอกฉันท์ในหมู่นักวิทยาศาสตร์ครั้งแล้วครั้งเล่า ซึ่งเป็นผลมาจากข้ออธิบายตามหลักเหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานที่มี พอปเปอร์ตระหนักว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่อาจถูกพิสูจน์ว่าถูกต้องได้ แต่อาจถูกพิสูจน์ว่าผิดได้ ซึ่งคือเมื่อมันขัดแย้งกับการทดลอง แต่หัวใจหลักของพอปเปอร์ก็คือ กระบวนการตรวจสอบความถูกต้องนี้เป็นไปได้เพียงเพราะสมมติฐานทางทฤษฎีต้องให้คำทำนายที่ไม่คลุมเครือ เพื่อว่าหากเราพบผลขัดแย้ง อย่างน้อยสมมติฐานส่วนหนึ่งก็ต้องแสดงให้เห็นได้ว่ามันไม่เป็นจริงในธรรมชาติ สาเหตุที่เรื่องนี้เป็นหัวใจของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็เพราะสถานการณ์นี้ไม่สมมาตร การยืนยันคำทำนายทางทฤษฎีหนึ่งอาจสนับสนุนความถูกต้องของทฤษฎี หากแต่ไม่ได้พิสูจน์ความถูกต้องของมัน ในขณะที่การพิสูจน์ว่ามันผิดนั้นสามารถแสดงให้เห็นได้ว่ามันผิด ความเป็นไปได้ของความ



รูป 7 (A) เดือนสิงหาคม ปี 2001 มาร์ติน รีส์ ที่ยืนทางซ้ายของสตีเฟน จัดการประชุมที่บ้านไร่ของเขาในเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ เพื่ออภิปรายข้อดีของหลักแห่งมานุษยวิทยาหากจะมีอยู่บ้างสักข้อในฟิสิกส์มูลฐานและเอกภพวิทยา มันเป็นการประชุมนี้ที่สตีเฟนกับผู้เขียน (แถวสามหลังสตีเฟน) เริ่มอภิปรายอย่างเข้มข้นถึงผลทางควอนตัมในระดับเอกภพที่อาจเข้ามาแทนที่การให้เหตุผลเชิงหลักแห่งมานุษยวิทยาได้ การประชุมของรีส์นำเอาเพื่อนร่วมวงการหลาย ๆ คนของเรามารวมตัวกัน ผู้ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญในการเดินทางของเรา รวมถึงนีล ทูร็อก (นั่งทางซ้ายสุด) ลี สโมลิน (นั่งทางขวา) และอันเดร ลินเด ผู้ยืนอยู่ตรงขวาสุดแถวกลาง ทางซ้ายของลินเดคือ จิม ฮาร์เทิล ที่แทบจะมองไม่เห็นอยู่หลังเบอร์นาร์ด คาร์ร ถัดมาคือ เจาเม การ์ริกา, อเล็กซ์ วิลกิน, และแกรี กิบบอนส์

ลัทธิของสมมติฐานจะยังคงมีอยู่เสมอในวิทยาศาสตร์ และนั่นก็เป็นส่วนสำคัญในพัฒนาการของมัน

แต่หลักแห่งมานุษยวิทยาทำให้กระบวนการดังกล่าวอยู่บนรากฐานอันไม่มั่นคง เพราะวิธีการตัดสินของส่วนตัวของแต่ละคนว่าอะไรทำให้เอกภพอธิปไตยมีชีวิต นำเอาส่วนประกอบที่เป็นปัจเจกเข้าสู่ฟิสิกส์ซึ่งทำลายกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของพอบเปอว์ มุมมองเชิงหลักมานุษยวิทยาของคุณอาจเลือกผืนแผ่นหนึ่งของพหุภาพที่มีกฎเกณฑ์ชุดนี้ ขณะที่ความชอบทางมานุษยวิทยาของผมอาจเลือกผืนแผ่นอื่นที่มีกฎต่างกันไป โดยไม่มีกฎทางภววิสัยที่จะใช้ตัดสิน

ได้ว่าอันไหนถูกต้อง

เรื่องนี้ค่อนข้างแตกต่างจากวิวัฒนาการของดาร์วิน ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงการอธิบายเหตุผลคล้ายหลักแห่งมานุษยวิทยาไม่ให้ยกรายเข้ามาในชีวิตวิทยาได้อย่างชาญฉลาด ไม่ว่าสิ่งมีชีวิตนอกโลกจะมีอยู่จริงหรือไม่ หรือมันวิวัฒนาการมาอย่างไร ก็ไม่มีผลใดในทฤษฎีของดาร์วิน แนวคิดแบบดาร์วินไม่ได้ให้วิธีเลือกสปีชีส์ใดสปีชีส์หนึ่งว่ามีบทบาททางชีววิทยามากกว่าสปีชีส์อื่น ไม่ว่าจะเป็นแพนเทร่าเลโอหรือโฮโมเซเปียนส์ หรืออะไรก็ตาม ในทางตรงข้าม แนวคิดแบบดาร์วินยังรากลึกอยู่ในความสัมพันธ์ของเรากับโลกของสิ่งมีชีวิตที่เลื้อยตระหนกถึงความเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างกันและกันของสรรพชีวิตหนึ่งในวิสัยทัศน์อันยิ่งใหญ่ของดาร์วินคือโฮโมเซเปียนส์ วิวัฒนาการร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในธรรมชาติ “ผมว่าเราต้องยอมรับว่ามนุษย์ผู้เปี่ยมคุณสมบัติประเสริฐทั้งหลาย...ภายในสรีระของตน ยังคงมีตราประทับของจุดกำเนิดอันต่ำต้อยอย่างไม่อาจลบล้าง” เขาเขียนไว้ใน *The Descent of Man* นี่ช่างแตกต่างอย่างถึงรากจากหลักแห่งมานุษยวิทยาของคาร์เตอร์ในเอกภพวิทยา ซึ่งดำเนินไปนอกวิวัฒนาการตามธรรมชาติของเอกภพ ราวกับเป็นส่วนเสริมเพิ่มเติมเข้ามา

ความหมายของพอลเปอร์ในประเด็นของการตรวจสอบความถูกผิด พหุภพแบบมานุษยวิทยาแทบไม่แตกต่างจากเอกภพวิทยาคตวรุษที่ลึบเจ็ดของพหุสุตชาวเยอรมัน กือตต์ฟรีด ไลบ์นิซ ในผลงาน *The Monadology* ของเขา ไลบ์นิซเสนอว่ามีเอกภพออยู่เป็นจำนวนนับอนันต์ แต่ละเอกภพมีอวกาศ เวลา และสสารของมันเอง และเราอยู่ในโลกที่ดีที่สุดที่คัดสรรโดยพระเจ้าผู้เปี่ยมเมตตา

จึงค่อนข้างเข้าใจได้นะครับว่าทำไมวงการวิทยาศาสตร์ถึงขัดแย้งกับหลักแห่งมานุษยวิทยาตลอดกาล ในผลงานวิพากษ์วิจารณ์ทฤษฎีสตริงอันแหลมคม *The Trouble with Physics* นักฟิสิกส์และ

นักเขียนชาวอเมริกัน ลี สโมลิน ชี้ประเด็นว่า “เมื่อทฤษฎีที่ไม่อาจตรวจสอบความถูกต้องได้ เป็นที่ยอมรับมากกว่าทางเลือกอื่นที่ตรวจสอบได้ เช่นนั้นแล้วกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็จะหยุดลง และการเพิ่มพูนองค์ความรู้ย่อมหาไม่” นี่ก็เป็นสิ่งที่ทวนใจสติเฟื่องเช่นกัน ตอนที่เราสันทนาการครั้งแรกในห้องทำงานของเขา ว่าหากเราเชื่อในหลักแห่งมานุษยวิทยา เราก็จักเลิกค้นหาความสามารถในการทำนายได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์

เรามาถึงทางตันครับ หลักแห่งมานุษยวิทยาประสงค์จะระบุว่า “เราเป็นใคร” ในแผ่นผืนเอกภพอันไพศาล และเช่นนี้เองจึงทำหน้าที่เหมือนสะพานเชื่อมระหว่างทฤษฎีฟิสิกส์อันเป็นนามธรรมกับประสบการณ์ของเราในฐานะผู้สังเกตการณ์ภายในเอกภพ อย่างไรก็ดี มันล้มเหลวที่จะทำเช่นนั้นโดยไม่ละเมิดหลักการปฏิบัติพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ ทำให้แนวคิดพหุภพวิทยาไร้พลังในการอธิบายอะไรทั้งสิ้น

นี่นาเรามาสู่ข้อสังเกตอันสำคัญยิ่ง ในความหมายที่กว้างที่สุด นับตั้งแต่การปฏิวัติวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เป็นต้นมา เรามีพัฒนาการน้อยมากในการเข้าถึงต้นกำเนิดแห่งการออกแบบแสนลึกลับซึ่งเป็นพื้นฐานของความจริงทางกายภาพ ไซ่ครับ ตอนนี้เราเข้าใจประวัติศาสตร์การขยายตัวของเอกภพออย่างละเอียดลออ เราเข้าใจว่าความโน้มถ่วงกำหนดรูปทรงของเอกภพในสเกลขนาดใหญ่ได้อย่างไร และเราเข้าใจพฤติกรรมทางควอนตัมของสสารอย่างแม่นยำตรงไปจนถึงสเกลที่เล็กกว่าโปรตอนหนึ่งตัว แต่ความเข้าใจทางกายภาพอย่างถี่ยิบในรายละเอียดซึ่งสำคัญยิ่งโดยตัวมันเอง กลับมีบทบาทเพียงเพิ่มปริศนาที่ซ่อนลึกอยู่ในการออกแบบของธรรมชาติเท่านั้น ลักษณะที่เอกภพเป็นมิตรต่อชีวิตยังคงสร้างความสับสน สร้างความแตกแยกทั้งในวงการวิทยาศาสตร์และสาธารณชนเช่นเดียวกัน ช่องว่างทางความคิดอันลึกล้ำยังคงแบ่งแยกระหว่างความรู้ของเราในโลกแห่งชีวิต กับความรู้

ของเราต่อเงื่อนไขทางกายภาพที่ทำให้ชีวิตนั้นเป็นไปได้ ทำให้กฎทางคณิตศาสตร์ที่เกิด ณ บิ๊กแบงจึงกลับกลายเป็นเอื้อต่อสิ่งมีชีวิต เราควรได้ข้อสรุปอะไรจากข้อเท็จจริงนั้น รอยแตกที่แบ่งแยกโลกสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต ปรากฏลึกล้ำอย่างไม่เคยมีมาก่อน

นักฟิสิกส์กล่าวว่า พหุภพผูกโยงเราไว้กับความย้อนแย้ง พหุภพวิยาสสร้างขึ้นบนอินฟินิเพลชัน ซึ่งเป็นไอเดียที่ว่าเอกภพผ่านช่วงการระเบิดสั้น ๆ ของการขยายตัวอย่างรวดเร็วในยุคแรกสุด ทฤษฎีอินฟินิเพลชันได้รับการสนับสนุนเชิงสังเกตการณ์อย่างล้นหลามนานพอสมควร แต่มีแนวโน้มไม่สู้ดี คือมันมักจะสร้างไม่เพียงหนึ่งเอกภพ หากแต่มากมายหลายหลาก และเพราะมันไม่ได้บอกว่าเราควรอยู่ในเอกภพไหน มันขาดข้อมูลนี้ ทฤษฎีจึงสูญเสียความสามารถในการทำนายว่าเราอาจเห็นอะไรได้บ้าง นี่คือการย้อนแย้งครับ ในอีกด้านหนึ่ง ทฤษฎีที่ดีที่สุดของเราต่อเอกภพยุคแรกเริ่มก็บ่งชี้ว่าเราน่าจะอยู่ในพหุภพขณะเดียวกัน พหุภพก็ทำลายพลังการทำนายส่วนใหญ่ของตัวทฤษฎีไป

ที่จริงนี้ไม่ใช่ครั้งแรกที่สถิติเพนเฮซิฐูหน้กับความย้อนแย้งลึกลับนี้ ย้อนไปในปี 1977 เขาพิจารณาปริศนาทำนองเดียวกันนี้เกี่ยวกับชะตากรรมของหลุมดำ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ทำนายว่าข้อมูลเกือบทั้งหมดเกี่ยวกับอะไรก็ตามที่ตกลงไปในหลุมดำจะถูกซ่อนไว้ในนั้นชั่วนิรันดร์ แต่สถิติค้นพบว่าทฤษฎีควอนตัมเต็มจุดหักมุมย้อนแย้งให้กับทฤษฎีนี้ เขาพบว่ากระบวนการทางควอนตัมใกล้เคียงกับผิวของหลุมดำทำให้หลุมดำแผ่รังสีปริมาณน้อย ๆ แต่สม่ำเสมอออกมาเป็นอนุภาคต่าง ๆ รวมถึงอนุภาคของแสง รังสีนี้ปัจจุบันมีชื่อว่า รังสีฮอว์กิง (Hawking radiation) ซึ่งอ่อนกำลังเกินจะตรวจจับได้ในทางกายภาพ ทว่าแม้แต่การดำรงอยู่ของมันก็เป็นปัญหาในตัวของมันเอง¹⁹ เหตุผลคือหากหลุมดำแผ่พลังงานออกไป พวกมันจะต้อง

หตุตัวและอันตรายหายไปในที่สุด แล้วจะเกิดอะไรขึ้นล่ะกับข้อมูลปริมาณมหาศาลภายในเมื่อหลุมดำแผ่รังสีมวลออนซ์สุดท้ายของมันไปแล้ว การคำนวณของสติเฟนแสดงว่าข้อมูลจะสูญหายไปชั่ววินาทีเดียว เขาอธิบายว่าหลุมดำคือสื่อยอดแห่งถึงขยะ อย่างไรก็ตามก็ขัดแย้งกับหลักการพื้นฐานของทฤษฎีควอนตัม ซึ่งกำหนดว่ากระบวนการทางกายภาพอาจเปลี่ยนแปลงและผสมผสานข้อมูลได้แต่ไม่อาจทำลายล้างข้อมูลอย่างไม่หวนคืน อีกครั้งที่เรามาเจอความย้อนแย้ง กระบวนการทางควอนตัมทำให้หลุมดำแผ่รังสีและสูญเสียข้อมูล กระนั้นทฤษฎีควอนตัมก็บอกว่ามันเป็นไปไม่ได้หรอก

ความย้อนแย้งในวัฏจักรชีวิตหลุมดำและตำแหน่งแห่งหนของเราในพหุภพกลายเป็นปริศนาสองประการที่เป็นที่ถกเถียงกันอย่างเผ็ดร้อนและรบกวนจิตใจที่สุดในฟิสิกส์ทศวรรษหลัง ๆ มานี้ ปริศนาเหล่านี้เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและชะตากรรมของข้อมูลในฟิสิกส์ ดังนั้นจึงโจมตีโดยตรงที่หัวใจของคำถามที่ว่าทฤษฎีทางกายภาพจริง ๆ แล้วคืออะไรกันแน่ ความย้อนแย้งทั้งสองประการเกิดขึ้นในบริบทของสิ่งที่เรียกว่าความโน้มถ่วงกึ่งคลาสสิก (semi-classical gravity) เป็นการบรรยายทางทฤษฎีของความโน้มถ่วงที่บุกเบิกโดยสติเฟนกับแก๊งเคมบริดจ์ของเขาราวกลางทศวรรษ 1970 โดยหลอมรวมแนวคิดเชิงคลาสสิกกับเชิงควอนตัมเข้าด้วยกัน ความย้อนแย้งเกิดขึ้นเมื่อเราใช้วิธีคิดกึ่งคลาสสิกเช่นนี้ในสเกลเวลาที่ยาวนานอย่างยิ่ง (ในกรณีหลุมดำ) หรือในสเกลระยะทางที่กว้างใหญ่ไพศาลมาก (ในกรณีพหุภพ) โดยรวมพวกมันแสดงถึงความยุ่งยากอย่างลึกซึ้งเมื่อเราพยายามนำเอาสองเสาหลักแห่งฟิสิกส์ศตวรรษที่ยี่สิบ นั่นคือทฤษฎีสัมพัทธภาพกับทฤษฎีควอนตัมเข้ามาทำงานประสานกัน ในบทบาทนี้พวกมันทำหน้าที่เป็นการทดลองในจินตนาการอันบรรเจิด ที่นักทฤษฎีได้ขยายวิธีคิดกึ่งคลาสสิกเกี่ยวกับความ

โน้มน้าวให้ครอบคลุมถึงกรณีสุดโต่ง เพื่อดูว่ามันจะล้มเหลวตรงไหนเมื่อไร และอย่างไร

การทดลองในจินตนาการเป็นสิ่งที่สติเฟื่องโปรดปราน เมื่อได้ประกาศว่าตนปฏิเสธปรัชญาแล้ว สติเฟื่องก็ชอบทดลองคิดปัญหาปรัชญาอีกซึ่งบางประการ เช่น เวลาที่มีจุดกำเนิดหรือไม่ ความเป็นสาเหตุเป็นเชิงมูลฐานหรือไม่ และที่ทะเยอทะยานที่สุดคือ เรา “ผู้สังเกต” มีบทบาทอยู่ในระดับเอกภพอย่างไร และเขาทำเช่นนั้นด้วยการตั้งกรอบคำถามในรูปการทดลองอันชาญฉลาดทางฟิสิกส์ทฤษฎี การค้นพบครั้งสำคัญของสติเฟื่องสามประการล้วนแล้วแต่เป็นผลมาจากการทดลองในจินตนาการอันชาญฉลาดและกำหนดเงื่อนไขอย่างรัดกุม การค้นพบแรกคือชุดทฤษฎีบทภาวะเอกฐานของบิกแบงในความโน้มถ่วงคลาสสิก สองคือการค้นพบในปี 1974 เกี่ยวกับความ



รูป 7 (B) สติเฟื่อง (ทางซ้าย) กับผู้เขียน (ทางขวา) ในปี 2001 ไม่นานหลังจากเริ่มการเดินทางของเราในบาร์ A La Mort Subite ในกรุงปารีส

โน้มน้าวถึงคลาสสิกซึ่งพบว่าหลุมดำแผ่รังสี และสามคือข้อเสนอไร้ขอบเขต (no-boundary proposal) ในความโน้มถ่วงถึงคลาสสิกอีกเช่นกัน เกี่ยวกับจุดกำเนิดของเอกภพ

ขณะที่เรายังคงอภิปรายว่าความย้อนแย้งของหลุมดำยังเป็นเพียงความสนใจทางวิชาการเท่านั้น เพราะเราไม่น่าจะตรวจวัดรายละเอียดการแผ่รังสีฮอว์กิงได้แน่ ความย้อนแย้งแบบพหุภพกลับส่งผลโดยตรงต่อผลสังเกตการณ์ระดับเอกภพ ณ หัวใจสำคัญของความย้อนแย้งคือความสัมพันธ์อันยุ่งเหยิงในเอกภพวิทยาสัมัยใหม่ระหว่างโลกของสิ่งมีชีวิตและ*ความเป็นผู้สังเกต (observership)* กับเอกภพทางกายภาพ ความย้อนแย้งของพหุภพกลายเป็นความหวังสำหรับฮอว์กิง ผู้พยายามทำความเข้าใจความสัมพันธ์นี้ใหม่อีกครั้ง โดยพัฒนามุมมองทางควอนตัมเต็มรูปแบบต่อคอสมอส สุดยอดทฤษฎีเอกภพของเขา ซึ่งเป็นควอนตัมล้วนๆ วาดภาพใหม่ของรากฐานของเอกภพวิทยาใหม่ และเป็นคุณูปการยิ่งใหญ่ประการที่สี่ของฮอว์กิงในวิชาฟิสิกส์ การทดลองทางความคิดอันยิ่งใหญ่ที่เป็นรากฐานตัวทฤษฎีต้องใช้เวลาพัฒนาถึงห้าศตวรรษ การสืบสานมันต่อให้สำเร็จคือการเดินทางของเรา

“เปิดโลกอย่างแท้จริง ที่สุดของที่สุดของความสับสนใจ”

— *Times*

“เขียนอย่างงดงาม เรื่องราวกระตุ้นความคิดของทั้งฟิสิกส์และบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความอุตสาหะสุดปราดเปรื่องของฮอว์กิงในการเข้าใจเอกภพ...โทมัส เฮอร์ท็อก เล่าอย่างชวนทั้งประสาดนงใน”

— *Neil Turok*

ศาสตราจารย์อีกลี ภาควิชาฟิสิกส์กฤษฏี มหาวิทยาลัยเอดินบะระ

มรดกชิ้นสุดท้ายจากสตีเฟน ฮอว์กิง นักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดแห่งศตวรรษ

ก่อนจะล่วงลับ ฮอว์กิงแน่วแน่ในการค้นหา “ทฤษฎีสุดท้าย” ที่จะไขปริศนาว่าด้วยการมีอยู่ของทุกสรรพสิ่ง นั่นคือคำถามที่ว่าเอกภพเกิดขึ้นมาได้อย่างไร แล้วทำไมเอกภพจึงมีลักษณะ “เอื้อต่อชีวิต” เช่นที่เราได้มาอยู่ตรงนี้

หนังสือเล่มนี้จะพาเราเข้าสู่ “ฐานบัญชาการ” ของฮอว์กิงที่เคมบริดจ์ ฟังการค้นคว้าถกเถียงของเหล่าอัจฉริยะลูกศิษย์ของเขา สำนวความเป็นไปได้ของวิวัฒนาการเอกภพแบบต่าง ๆ โดยใช้ฟิสิกส์ควอนตัมและฟิสิกส์สัมพัทธภาพเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ จนในที่สุดก็นำไปสู่การค้นพบชวนตะลึงที่สุด ณ ยุคดึกดำบรรพ์แห่งวิวัฒนาการ พวกเขาพบว่ากฎฟิสิกส์เองเปลี่ยนแปลงและเรียบง่ายเสียจนอนุภาคต่าง ๆ กลบกลายหายไป แม้แต่ “เวลา” เองก็เปลี่ยนแปลงกลายเป็นอวกาศ และพวกเขาได้กำลังมุ่งหน้าสู่ออนาคต หากแต่เป็นอดีตของเราเอง...

สิ่งนี้สิ้นสะเทือนโลกทัศน์ทั้งปวงของเราอย่างถึงราก รวมถึงทัศนะ “การมีอยู่” ของเราเอง เพราะมันกำลังบอกเราว่าแก๊สแล้วกฎฟิสิกส์ไม่ตายตัวและไม่ได้มีอยู่มาก่อน มันก่อร่างสร้างขึ้นพร้อมเอกภพที่มันกำกับดูแล นี่คือแนวคิดที่เรียกว่า “โฮโลแกรมเอกภพ” อาจฟังดูแฟนตาซีเหลือเกิน แต่ต้องไม่ลืมว่ามันผ่านกระบวนการสลักเสลาด้วยปัญญาญาณอันบริสุทธิ์ทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์จากหลายมันสมองที่ฉลาดที่สุดในยุคสมัยของเรา และความซับซ้อนนี้ได้รับการบอกเล่าอย่างประณีตหมดจด โดยผู้ร่วมงานคนใกล้ชิดที่สุดคนสุดท้าย โทมัส เฮอร์ท็อก นักเอกภพวิทยาชาวเบลเยียมจากการร่วมค้นหาและพัฒนา “ทฤษฎีสุดท้าย” ด้วยกันนานถึงสองทศวรรษ...

เชื่อว่าเขาค้นไม่พบ หากแต่พบแล้วว่าทฤษฎีสุดท้ายนั้นไม่มีอยู่

หมวดความรู้ทั่วไป

