Sophiα

ความจริง ไม่ใช่อย่างที่เห็น

Reality Is Not What It Seems

คาร์โล โรเวลลี

เขียน

ไชมอน คาร์เนลล์ และ **เอริกา ซีเกร**

แปลอังกฤษ

ปิยบุตร บุรีคำ

แปลไทย

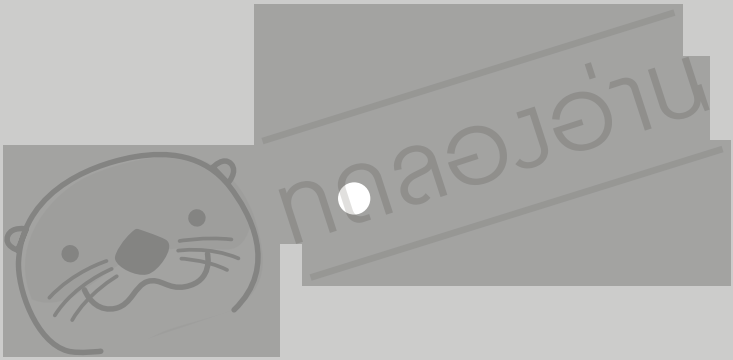
ทดลองอ่าน

การอ่านคือรากฐานที่สำคัญ

วิทยาศาสตร์คือการอ่านธรรมชาติจากมุมมองที่ค่อย ๆ เปิดกว้าง... นี่คือหนังสือเกี่ยวกับการผจญภัยไปสู่สิ่งที่ยังไม่เป็นที่ประจักษ์ เป็นการเดินทางที่พ้นไปจากมุมมองอันจำกัดและคับแคบแห่งสัจจะ ไปสู่ความรู้ความเข้าใจอันไพศาล

–คาร์โล โรเวลลี

หนังสือคุณภาพ
โดยอมรินทร์กรุ๊ป


ทดลองอ่าน

คำนำสำนักพิมพ์

กาเราเกิดสมัยสุโขทัยเป็นราชธานี แล้วใครบางคนบอกว่าใต้ฝ่าเท้าของเราลึกลงไป มีพวกฝรั่งกำลังใช้ชีวิตกลับหัวกลับหางอยู่ ระดับความงงของเราก็คงไม่ต่างจากหลายพันปีก่อน ตอนที่อาริสทาร์คัสแห่งซามอสพยายามวัดระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ แล้วพบว่ามันไม่ใช่ลูกบอลเล็ก ๆ ที่มีคนเอาไปแขวนไว้เหนือเมือง แต่มันอยู่ไกลมากอย่างเหลือเชื่อ และยังเป็นก้อนบ้าอะไรสักอย่างที่ใหญ่มากด้วย!

ความไม่รู้ของคนสมัยก่อนอาจฟังดูน่าเอ็นดู แล้วความไม่รู้ของคนสมัยนี้ล่ะ

เรามีความรู้ทั้งปวงอยู่ในกูเกิล แล้วเราก็มีกูเกิลอยู่ในมือถือ เราอธิบายทุกอย่างได้ แต่ถ้าคุณอ่านหนังสือเล่มนี้จบ คุณจะได้รับความรู้ใหม่อันน่าตื่นเต้นว่า จริง ๆ แล้วเราไม่รู้อะไรเลย

เราไม่รู้ว่าโลกทั้งใบที่เห็นนี้มีอยู่หรือไม่มีกันแน่ หากเราเอานิ้วขยายอากาศเหมือนที่เราทำบนหน้าจอมือถือจนเห็นโลกได้ในสเกลที่เล็กที่สุด เราจะเห็นว่าทุกสิ่งทุกอย่างและทุกวินาทีกะพริบสั่นไหวอยู่ตลอดเวลา เดี๋ยวมีอยู่ เดี๋ยวหายไป โลกทั้งปวงคือการสั่นสะเทือนจากการเกิดดับรวดเร็วของเหตุการณ์ระดับจุลภาคจำนวนมหาศาล นั่นคือโลกในระดับควอนตัม เม็ดจิ๋วอันเป็นมูลฐานของสรรพสิ่งปรากฏตัวเมื่อชนกับสิ่งอื่นเท่านั้น เมื่อไหร่และที่ไหนไม่อาจรู้ และคุณก็คงกำลังคิดว่าแล้วยังไงต่อดี ในเมื่อโลกที่กำลังนั่งอ่านหนังสืออยู่ตอนนี้ไม่เห็นเป็นแบบนั้นเลย

หนังสือเล่มนี้จะพาคุณเดินทางไปไกลกว่านั้น เดินทางจากโลกของเม็ดเล็กจิ๋วสู่โลกที่เคยเชื่อกันมาตลอดว่าหลักฟิสิกส์ควอนตัมใช้การไม่ได้

นั่นก็คือโลกสเกลปกติอย่างที่คุณกำลังนั่งอ่านหนังสืออยู่ ไปจนถึงสเกลใหญ่ยักษ์อย่างอวกาศและเวลา คุณจะได้พบการดวลกันระหว่างทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัมและทฤษฎีสัมพัทธภาพที่ครองความเป็นใหญ่ในเอกภพมายาวนาน สองแนวคิดนี้เป็นเสาหลักแห่งฟิสิกส์ เป็นคู่ชกที่สมศักดิ์ศรีตลอดกาล แต่คราวนี้เมื่อขึ้นเวทีดวลกันอีกครั้ง ทั้งคู่กลับลงเอยด้วยการจับมือ สร้างความเข้าใจใหม่ในระดับถอนรากถอนโคนให้เรา มอบบทกวีที่ขับกล่อมความจริงอันง่ายงามของธรรมชาติ

...อวกาศมืดดำไม่ใช่ภาชนะถาวรที่สิ่งต่าง ๆ ลอยคว้างอยู่ มันถักทอตัวเองขึ้นจากความสัมพันธ์กับทุกสิ่ง และเวลาก็ไม่ได้เกิดมาเพื่อเดินหน้าต่อไปชั่วนิรันดร์ มันเกิดขึ้นเป็นเนื้อเดียวกับสรรพสิ่ง กะพริบไหวไปพร้อมสรรพสิ่ง และดับลงพร้อมสรรพสิ่ง

ทั้งหมดล้วนมีอยู่จริง และไม่จริง...พอ ๆ กัน

หัวใจของหนังสือเล่มนี้ก็คือ ไม่ว่าจะยุคสมัยใด มนุษย์ก็ยังไม่รู้ “ความจริง” ทั้งหมดสักที และนั่นก็ไม่ใช่เรื่องที่ต้องหดหู่แต่อย่างใดเลย มันคือแรงกระตุ้นชั้นดีที่ขับเคลื่อนเหล่านักคิดทั่วโลกให้ยังคงเปี่ยมชีวิตชีวาเริงระบำอยู่กับสูตรสมการที่ชาวบ้านอ่านไม่ออก เช่นคุณคาร์โล โรเวลลี นักทฤษฎีฟิสิกส์ ผู้เขียนหนังสือเล่มนี้ เขารู้ดีว่ากำลังเขียนหนังสือให้คนธรรมดาอ่าน แต่ก็อดไม่ได้ที่จะต้องเขียนสูตรคณิตศาสตร์ทั้งที่รู้ว่าเราผู้อ่านไม่มีทางเข้าใจ แต่เขาสารภาพว่าการค้นพบมันช่างงดงามจนเขาต้องขอแบ่งปัน และเพราะมีบางคนบอกเขาว่า ทฤษฎีใด ๆ ก็ไม่น่าเชื่อถือหากไม่สามารถเขียนสรุปสมการได้บนเสื้อยืด เขาก็เลยเขียนสมการลูปควอนตัม

ความโน้มถ่วงลงบนเสื้อยืด!

เป็นเอามาก...แต่ก็เพราะมีคนเป็นเอามากแบบนี้หลายคน โลกประหลาด ๆ ของเราจึงยังเต็มไปด้วยเรื่องราวน่าเฉลิมฉลอง หนังสือเล่มนี้บรรจุเรื่องราวความเพียรอันบริสุทธิ์ของมนุษย์ ในค้นหาความจริงอันบริสุทธิ์ของธรรมชาติ บางทีนี่อาจคือเหตุผลในการมีอยู่ของเราก็ได้

สัพโพ โลโก ปัชชะลิโต - โลกทั้งหมดคือการเผาไหม้

สัมโพ โลโก ปะกัมปิโต ปะกัมปิโต - โลกทั้งหมดคือความสั่นไหว

บางทีคนสมัยก่อนอาจรู้ และเมื่อรู้แล้วเขาก็จากไป โดยไม่กลับมา "มีอยู่" อีกเลย

Sophiα

บันทึกผู้เขียน

ตลอดช่วงชีวิตการวิจัยของผมทั้งชีวิต มิตรสหายและผู้คนผู้อยากรู้อยากเห็นได้เฝ้าไถ่ถามให้ผมอธิบายงานวิจัยเกี่ยวกับควอนตัมความโน้มถ่วง มันเป็นไปได้อย่างไรกันที่จะศึกษาวิธีการใหม่ ๆ ในการทำความเข้าใจอวกาศและเวลา ผมถูกขอให้เขียนบทความสำหรับคนทั่วไปในหัวข้อวิจัยดังกล่าวมาครั้งแล้วครั้งเล่า ในขณะที่มีหนังสือเกี่ยวกับเอกภพวิทยาหรือทฤษฎีสตริงอยู่ดาษดื่น หนังสือเกี่ยวกับงานวิจัยทางธรรมชาติเชิงควอนตัมของอวกาศและเวลา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางควอนตัมความโน้มถ่วงแบบลูป (loop quantum gravity) กลับยังไม่มีสักเล่ม ผมลังเลอยู่เป็นเวลานาน เพราะผมต้องการรวบรวมสมาธิไปที่งานวิจัย หลายปีก่อน ภายหลังจากที่ได้เขียนตำราเชิงวิชาการในหัวข้อดังกล่าวเสร็จ ผมรู้สึกว่างานโดยรวมของนักวิทยาศาสตร์หลายคนทำให้หัวข้อนี้สุกงอมเพียงพอที่จะนำมาเขียนเป็นหนังสือวิทยาศาสตร์สำหรับคนทั่วไปแล้ว ภูมิทัศน์ที่เรากำลังสืบค้นวิจัยอยู่นั้นมีความน่าหลงใหลในตัว แล้วเหตุใดจึงเก็บงำมันไว้เล่า

แต่ผมก็ยังไม่ลงมือเขียนมันสักทีเพราะตัวเองยังไม่อาจ 'มองเห็น' เจ้าตัวหนังสือว่าควรออกมาเป็นอย่างไร จะอธิบายโลกอันปราศจากอวกาศและเวลาได้อย่างไรกัน คืนหนึ่งในปี 2012 ระหว่างการขับรถทางไกลคนเดียวเป็นเวลายาวนานจากอิตาลีไปยังฝรั่งเศส ผมก็ตระหนักว่าหนทางเดียวในการอธิบายให้คนเข้าใจได้ถึงการปรับเปลี่ยนแนวคิดของอวกาศและเวลาก็คือการเล่าเรื่องราวจากจุดเริ่มต้น เริ่มที่เดโมคริตุส (Democritus) ตลอดลงไปจนถึงควอนตัมของอวกาศ เพราะอย่างไรนี่ก็เป็นวิธีที่ตัวผมเองเข้าใจเรื่องราวนี้ ผมเริ่มออกแบบหนังสือทั้งเล่มภายในความคิดตัวเองระหว่างที่ขับรถและรู้สึกตื่นเต้นขึ้นเรื่อย ๆ จนได้ยินเสียงหวอของรถตำรวจบอกให้จอด เพราะผม

กำลังขับรถด้วยความเร็วสูงกว่าขีดจำกัดความเร็วอยู่มาก ตำรวจอิตาลีถามผมอย่างสุภาพว่าผมบ้ารึเปล่าที่ขับรถด้วยความเร็วสูงขนาดนั้น ผมอธิบายว่าผมเพิ่งค้นพบไอเดียที่ได้เพียรพยายามค้นหามานานนม คุณตำรวจปล่อยผมไปโดยไม่ได้ให้ใบสั่ง และอวยพรอวยชัยให้ผมโชคดีในการเขียนหนังสือซึ่งก็คือหนังสือเล่มนี้

หนังสือเล่มนี้ถูกเขียนและได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกในภาษาอิตาลีราวต้นปี 2014 หลังจากนั้นไม่นานผมเขียนบทความสองสามชิ้นเรื่องฟิสิกส์มูลฐานให้หนังสือพิมพ์ในประเทศอิตาลี อเดลฟี (Adelphi) สำนักพิมพ์ชื่อดังในอิตาลีขอให้ผมเขียนเวอร์ชั่นขยายของบทความเหล่านี้เพื่อทำเป็นหนังสือเล่มเล็กๆ ซึ่งกลายมาเป็นหนังสือเรื่อง *Seven Brief Lessons on Physics (บทเรียนฟิสิกส์สั้นๆ เจ็ดบท)* ผมแทบไม่อยากจะเชื่อว่าจะกลายเป็นหนังสือขายดียอดนิยมระดับนานาชาติและได้เปิดช่องทางการสื่อสารอันสวยงามระหว่างผมกับแฟนผู้อ่านทั่วโลก หนังสือ *บทเรียนฟิสิกส์สั้นๆ เจ็ดบท* จึงถูกเขียน *หลัง* หนังสือเล่มนี้ และในระดับหนึ่งจึงเป็นการสังเคราะห์เนื้อหาบางหัวข้อที่ผู้อ่านจะพบในหนังสือเล่มนี้ ถ้าคุณเคยอ่าน *บทเรียนฟิสิกส์สั้นๆ เจ็ดบท* และต้องการรู้ลึกมากขึ้นสู่การผจญภัยไปในโลกอันแสนพิศวงที่หนังสือเล่มนั้นได้วาดร่างเอาไว้แล้วละก็ คุณสามารถหาอ่านได้จากหนังสือเล่มนี้

แม้ว่าเนื้อหาทางฟิสิกส์ซึ่งผมพูดถึงในที่นี้อาจจะถูกนำเสนอจากมุมมองประหลาดกว่าธรรมดา อันเป็นมุมมองที่ตัวผมเองเข้าใจมัน ส่วนใหญ่ของเนื้อหาก็เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป อย่างไรก็ดี เนื้อหาส่วนควอนตัมความโน้มถ่วงนั้นเป็นความเข้าใจส่วนตัวของผมต่อหัวข้อวิจัยที่กำลังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ มันเป็นชายขอบแห่งองค์ความรู้ระหว่างสิ่งที่เรารู้กับที่เรายังไม่เข้าใจดี

และยังไม่มีข้อสรุปตายตัวใด ๆ ที่ทุกคนเห็นพ้องต้องกัน เพื่อนนักฟิสิกส์ในวงการของผมบางคนอาจจะเห็นด้วยกับสิ่งที่ผมเขียน แต่บางคนก็อาจจะเห็นต่าง นี่คือสิ่งที่เป็นจริงสำหรับงานวิจัยใด ๆ ที่อยู่สุดขอบแห่งองค์ความรู้ที่เรามี ซึ่งผมอยากจะออกตัวให้ชัดเจนไว้ ณ ตรงนี้

นี่ไม่ใช่หนังสือเกี่ยวกับสิ่งที่แน่นอนตายตัวรู้ชัด มันเป็นหนังสือเกี่ยวกับการผจญภัยไปสู่สิ่งที่ยังไม่เป็นที่ประจักษ์

โดยรวมแล้วนี่เป็นหนังสือท่องเที่ยวที่บรรยายการเดินทางอันแสนตื่นตาตื่นใจที่มนุษยชาติก้าวย่างผ่านมา เป็นการเดินทางที่พ้นไปจากมุมมองอันจำกัดและคับแคบแห่งสัจจะความจริง ไปสู่ความรู้ความเข้าใจอันทวีไพศาลต่อโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ การเดินทางอันแสนอัศจรรย์ที่พาเราพ้นไปจากมุมมองสามัญของสรรพสิ่ง การเดินทางซึ่งยังไม่มีทีท่าว่าจะสิ้นสุด

เมืองมาร์เซย์

4 พฤษภาคม 2016

สารบัญ

บทนำ : ทอดน่องตามชายหาด 1

ภาคหนึ่ง

รากเหง้า

1. เม็ด ๆ 9
2. ยุคคลาสสิก 35

ภาคสอง

เริ่มปฏิวัติ

3. อัลเบิร์ต 57
4. ควอนตา 96

ภาคสาม

อวกาศควอนตัมและเวลาสัมพันธ์

5. กาลอวกาศควอนตัม 128
6. ควอนตาของอวกาศ 140
7. เวลาไม่มีอยู่จริง 152

ทดลองอ่าน

ภาคสี่

พื้นอวกาศและเวลา

8. พ้นบิ๊กแบง 174
9. การยืนยันเชิงประจักษ์? 181
10. หลุมดำเชิงควอนตัม 192
11. จุดจบของอนันต์ 198
12. ข้อมูล 204
13. ปริศนา 221

เอกสารอ้างอิง *229*
เกี่ยวกับผู้เขียน *234*
เกี่ยวกับผู้แปล *235*

ทดลองอ่าน

บทนำ **ท อ ด น่ อ ง ต า ม ช า ย ห า ด**

เราหมกมุ่นกับตัวเอง เราศึกษาประวัติศาสตร์ *ของเรา* จิตวิทยา *ของเรา* ปรัชญา *ของเรา* พระเจ้า *ของเรา* ความรู้ส่วนใหญ่ของเราวนเวียนอยู่รอบตัวเราเอง เสมือนดั่งว่าเราเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในเอกภพ ผมคิดว่าผมชอบฟิสิกส์เพราะมันเปิดหน้าต่างให้เรามองไปสู่สิ่งอื่นที่ไกลออกไป มันทำให้ผมรู้สึกถึงอากาศบริสุทธิ์ที่หลั่งไหลเข้ามาในตัวบ้าน

สิ่งที่เรามองเห็นนอกหน้าต่างบานนี้ทำให้เราแปลกใจอยู่เสมอ เราเรียนรู้มากมายเกี่ยวกับเอกภพ ในเวลาหลายต่อหลายศตวรรษเราตระหนักว่าเราเคยมีความคิดความเชื่อผิด ๆ มากมาย เราคิดว่าโลกแบนและเป็นศูนย์กลางอันไม่เคลื่อนไหว เราคิดว่าเอกภพมีขนาดเล็กและไม่แปรเปลี่ยน เราเชื่อว่ามนุษย์พิเศษและแตกต่างจากสัตว์อื่น เราเรียนรู้ถึงการดำรงอยู่ของควาร์ก หลุมดำ อนุภาคแสง คลื่นของอวกาศ และโครงสร้างโมเลกุลแสนพิเศษภายในเซลล์ทุกเซลล์ของร่างกายเรา มนุษยชาติเป็นเหมือนเด็กกำลังโต และตื่นเต้นกับการค้นพบว่าโลกไม่ได้ประกอบมาจากแค่ห้องนอนและสนามเด็กเล่นของตัวเอง แต่โลกนั้นกว้างใหญ่ไพศาลและยังมีสิ่งต่าง ๆ นับร้อยนับพันรอให้ถูกค้นพบ ยังมีแนวคิดอีกนับไม่ถ้วนที่แตกต่างจากที่เคยคุ้นเคยมา เอกภพมีความหลากหลายไร้ขอบเขต และเรายังคงค้นพบแง่มุมใหม่ ๆ ของมันอยู่ตลอดเวลา ยิ่งเราเรียนรู้ธรรมชาติมากขึ้นเท่าไร เราก็ยิ่งอัศจรรย์กับความหลายหลาก ความสวยงาม และความเรียบง่ายของมันมากขึ้นเท่านั้น

แต่ยิ่งเราค้นพบมากขึ้น เรายิ่งเข้าใจว่าสิ่งที่เราไม่รู้มีอยู่มากกว่าสิ่งที่เรารู้แล้ว กล้องโทรทรรศน์ยิ่งทรงพลังเท่าไหร่ เรายิ่งมองเห็นสรวงสวรรค์อันแปลกประหลาดและไม่คาดฝันมากขึ้นเท่านั้น ยิ่งเรามองลึกลงไปในรายละเอียดของสสาร เรายิ่งค้นพบโครงสร้างอันสลับซับซ้อนของมัน ทุกวันนี้

เรามองย้อนกลับไปเกือบถึงบิ๊กแบง การระเบิดใหญ่เมื่อหนึ่งหมื่นสี่พันปีมาแล้วที่เป็นต้นกำเนิดของกาแล็กซีทุกดวง แต่เราก็เริ่มมองเห็นอะไรบางอย่างที่เหนือกว่าบิ๊กแบง เราเรียนรู้ว่าอวกาศโค้ง แต่ก็มองเห็นล่วงหน้าว่าอวกาศเดียวกันนี้แหละที่ถักทอมาจากเม็ดควอนตัมอันกระเพื่อมไหว

ความรู้ความเข้าใจของเราในไวยากรณ์พื้นฐานของธรรมชาติยังคงเพิ่มพูนขึ้นตลอดเวลา หากเราลองรวบรวมสิ่งที่เราเรียนรู้เกี่ยวกับโลกทางกายภาพตลอดช่วงศตวรรษที่ยี่สิบ จะพบว่าเงื่อนงำความรู้ใหม่ ๆ เหล่านี้ชี้นำสู่อะไรที่แตกต่างอย่างถึงรากจากสิ่งเราเรียนในโรงเรียน โครงสร้างพื้นฐานของธรรมชาติปรากฏขึ้นผ่านเหตุการณ์ทางควอนตัมจำนวนมากมายในแห่งหนที่ไม่มีเวลาและอวกาศดำรงตนอยู่ สนามควอนตัมทั้งหลายสรรค์สร้างอวกาศ เวลา สสาร และแสง แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเหตุการณ์หนึ่งกับเหตุการณ์อื่น โลกแห่งความเป็นจริงคือเครือข่ายแห่งเหตุการณ์อันไม่ต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นเม็ด ๆ ตัวพลวัตที่เชื่อมโยงเหตุการณ์ต่าง ๆ มีธรรมชาติแบบความน่าจะเป็น อวกาศ เวลา สสาร และพลังงานหลอมรวมกันในเมฆหมอกแห่งความน่าจะเป็น

โลกแห่งความเป็นจริงใหม่อันแสนประหลาดค่อย ๆ ก่อตัวขึ้นในปัจจุบัน จากการศึกษาคำถามสำคัญที่ยังไม่มีคำตอบในฟิสิกส์มูลฐาน ทฤษฎีควอนตัมความโน้มถ่วงหรือความโน้มถ่วงควอนตัม คือปัญหาการสังเคราะห์การค้นพบสำคัญสองสาขาในฟิสิกส์แห่งศตวรรษที่ยี่สิบ ให้รวมเข้ากันได้อย่างไม่มีความขัดแย้งในตัวเอง นั่นคือทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปกับทฤษฎีควอนตัม หนังสือเล่มนี้อุทิศให้แก่ควอนตัมความโน้มถ่วงและโลกแห่งความจริงอันแสนประหลาดที่การค้นคว้าวิจัยด้านนี้กำลังเผยให้เราประจักษ์

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมการค้นคว้าวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ สิ่งที่กำลังเรียนรู้ สิ่งที่เราทราบดี และสิ่งที่เราเริ่มเข้าใจ ว่าด้วยธรรมชาติขั้นมูลฐานของสิ่งต่าง ๆ มันตั้งต้นจากไอเดียหลักบางแนวคิดในอดีตที่ปัจจุบันเราใช้จัดระบบระเบียบให้กับความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ แล้วจึงบรรยายการค้นพบอันยิ่งใหญ่ที่สุดสองประการในศตวรรษที่ยี่สิบ นั่นคือทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์และกลศาสตร์ควอนตัม โดยพยายาม

รวบรวมความสนใจไปที่แก่นเนื้อหาทางกายภาพของมัน ซึ่งฉายภาพโลกแห่งความเป็นจริงที่ค่อย ๆ เป็นรูปเป็นร่างขึ้นจากการศึกษาวิจัยเรื่องควอนตัมความโน้มถ่วงในปัจจุบัน โดยพิจารณาถึงสิ่งที่เราเพิ่งเรียนรู้จากธรรมชาติ เช่น การยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองมาตรฐานทางเอกภพวิทยาที่ได้จากดาวเทียมแพลงค์ และความล้มเหลวของเซิร์น (CERN) ในการค้นหาอนุภาคสมมาตรยิ่งยวด[1] ที่เคยคาดการณ์ว่าน่าจะมีมาก่อน หนังสือเล่มนี้ยังอภิปรายถึงผลที่ตามมาของแนวคิดเหล่านี้ ได้แก่ โครงสร้างความเป็นเม็ดของอวกาศ การหายไปของเวลาที่สเกลขนาดเล็ก ๆ ฟิสิกส์ของบิ๊กแบง จุดกำเนิดความร้อนของหลุมดำ จนไปถึงบทบาทของข้อมูลในรากฐานของวิชาฟิสิกส์

ในเรื่องเล่าอันมีชื่อเสียงของเพลโตที่เขียนไว้ในหนังสือเล่มที่เจ็ดของ *The Republic (สาธารณรัฐ)* ชายหลายคนถูกล่ามโซ่ตรวนไว้ภายในถ้ำอันมืดมิดและมองเห็นได้เพียงเงาที่ปรากฏบนผนังจากไฟที่ลุกโชนอยู่ด้านหลัง คนเหล่านี้อาจคิดว่านี่คือสัจจะความจริง คนหนึ่งหลุดพ้นจากพันธนาการออกมาได้ หนีออกไปนอกถ้ำและค้นพบแสงแห่งดวงตะวันสาดส่องและโลกอันกว้างใหญ่ไพศาล ตอนแรกแสงที่ตาของเขายังไม่คุ้นทำให้ตื่นตระหนกและสับสน แต่ในที่สุดเขาก็ปรับตัวและสามารถมองเห็นได้และกลับมาหาเพื่อนพ้องในถ้ำอย่างตื่นเต้น บอกเล่าถึงสิ่งที่ตนเองได้พานพบมา พวกเพื่อน ๆ รู้สึกว่ามันยากที่จะเชื่อ

เราล้วนแล้วแต่อยู่ในถ้ำลึกต่างกันไป ถูกล่ามตรวนโดยโซ่แห่งความไม่รู้ โซ่แห่งอคติ และสัมผัสอันอ่อนแอ ซึ่งเผยให้เรารับรู้ได้เพียงเงาของสรรพสิ่ง หากเราพยายามมองออกไปให้ไกลขึ้นเราจะรู้สึกสับสน เราไม่คุ้นเคย แต่เราก็พยายาม นี่คือวิทยาศาสตร์ การคิดทางวิทยาศาสตร์สืบค้นและวาดภาพโลกความจริงขึ้นใหม่ ค่อย ๆ ทำให้เราเห็นภาพที่แจ่มชัดขึ้นของธรรมชาติ สอนให้เราคิดแบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่ง ๆ ขึ้นไปอีก

---

[1] supersymmetric particles หมายถึงอนุภาคที่เป็นคู่อนุภาคเฟอร์มิออนโบซอนที่เรารู้จักกันนั้น ได้รับการทำนายว่าจะดำรงอยู่ได้หากมีสมมาตรยิ่งยวด supersymmetry – ผู้แปล

วิทยาศาสตร์เป็นการค้นหาอันต่อเนื่องไม่หยุดหย่อนของกระบวนวิธีคิดของเราต่อธรรมชาติ จุดแข็งของมันคือความสามารถที่จะมีวิสัยทัศน์ ทำลายแนวคิดไอเดียที่เคยคิดเคยเชื่อกันมาก่อน เพื่อเผยให้เห็นถึงบริเวณใหม่แห่งสัจจะความจริง และสรรค์สร้างภาพของธรรมชาติอันแปลกใหม่และทรงประสิทธิภาพกว่าเดิม การผจญภัยนี้วางอยู่บนฐานรากแห่งองค์ความรู้ทั้งหมดในอดีต แต่หัวใจของมันเปลี่ยนแปรไป ธรรมชาตินั้นไร้ขอบเขตและสวยสุกใส เราต้องการก้าวออกไปเพื่อมองเห็นความเป็นจริงของมัน เราอยู่ท่ามกลางความลึกลับ ปริศนา และความสวยงามของมัน และที่พ้นขอบฟ้านั้นไปคือเขตแดนอันยังไม่เป็นที่เข้าใจกัน ความไม่สมบูรณ์แบบและความไม่แน่นอนของความรู้ของเรา ความล่อแหลมไม่มั่นคงของเราถูกแขวนอยู่บนห้วงเหวแห่งความไม่รู้อันลึกสุดหยั่ง แต่มันมิได้ทำให้ชีวิตไร้ความหมาย มันทำให้ชีวิตกลับมีชีวาเปี่ยมคุณค่าน่าสนใจ

ผมเขียนหนังสือเล่มนี้เพื่อเล่าถึงสิ่งที่ผมคิดว่าแสนอัศจรรย์ในการผจญภัยครั้งนี้ ผมเขียนโดยนึกถึงผู้อ่านบางประเภทไว้ในใจ นั่นคือคนที่แทบไม่รู้อะไรเกี่ยวกับฟิสิกส์ในปัจจุบันเลย แต่สนใจใคร่รู้ว่าเรารู้อะไรแล้วบ้าง และยังอยากรู้ในสิ่งเรายังไม่เข้าใจดีเกี่ยวกับการถักทอสายใยส่วนประกอบระดับมูลฐานของธรรมชาติ รวมถึงสิ่งที่เรากำลังค้นคว้าวิจัยกันอยู่ในปัจจุบัน ผมยังเขียนเพื่อสื่อสารความสวยสดงดงามของทัศนียภาพแห่งสัจจะความจริงในธรรมชาติ ที่เราสามารถมองเห็นได้จากมุมมองนี้

ผมยังเขียนเพื่อเพื่อนร่วมวงการ นักเดินทางผู้เที่ยวท่องทั่วโลก รวมถึงหญิงสาวและชายหนุ่มผู้หลงใหลในวิทยาศาสตร์ และตั้งใจร่วมเดินทางไปในการผจญภัยนี้เป็นครั้งแรก ผมได้ฉายภาพภูมิทัศน์ของโครงสร้างของโลกวัตถุทางกายภาพจากแสงสองลำของฟิสิกส์สัมพัทธภาพและควอนตัม และแสดงให้เห็นว่ามันจะผสมผสานเข้าด้วยกันได้อย่างไร หนังสือเล่มนี้ไม่เพียงแต่เปิดเผยความเร้นลับแห่งธรรมชาติ มันยังเป็นหนังสือที่บอกเล่ามุมมองความเข้าใจในสาขาวิจัยที่ความเป็นนามธรรมของภาษาวิชาการอาจบดบังวิสัยทัศน์ในมุมกว้างของตัวเอง วิทยาศาสตร์ประกอบมาจากการทดลอง สมมติฐาน สมการ การคำนวณ และการอภิปรายอันยาวนาน

แต่ทั้งหมดล้วนแล้วแต่เป็นเพียงเครื่องมือ แบบเดียวกับที่เครื่องดนตรีคือเครื่องมือสำหรับนักดนตรี ที่สุดแล้วสิ่งสำคัญในดนตรีก็คือตัวดนตรีเอง และสิ่งสำคัญในวิทยาศาสตร์ก็คือการเข้าใจธรรมชาติที่วิทยาศาสตร์เปิดเผย

เพื่อเข้าใจความสำคัญของการค้นพบว่าโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ เราไม่จำเป็นต้องคอยติดตามการคำนวณอันสลับซับซ้อนของโคเปอร์นิคัส เพื่อเข้าใจความสำคัญของการค้นพบว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหมดบนโลกล้วนแล้วแต่มาจากบรรพบุรุษเดียวกัน เราไม่จำเป็นต้องคอยติดตามการอภิปรายเหตุผลอันแยบยลในหนังสือของดาร์วิน วิทยาศาสตร์คือการอ่านธรรมชาติจากมุมมองที่ค่อย ๆ เปิดกว้างขึ้น

หนังสือเล่มนี้บรรยายสภาพการณ์ปัจจุบันของการค้นคว้าหาภาพใหม่ของธรรมชาติในแบบที่ตัวผมเองเข้าใจ ณ เวลานี้ มันเป็นคำตอบที่ผมจะมอบให้กับเพื่อนในวงการและมิตรสหายที่ถามผมว่า

“แล้วคุณคิดว่าอะไรคือธรรมชาติจริงแท้ของสรรพสิ่ง”

ตอนที่เราเดินทอดน่องตามชายหาดในช่วงค่ำของราตรีอันยาวนานกลางฤดูร้อน

ทดลองอ่าน

ภาคหนึ่ง

รากเหง้า

ทดลองอ่าน

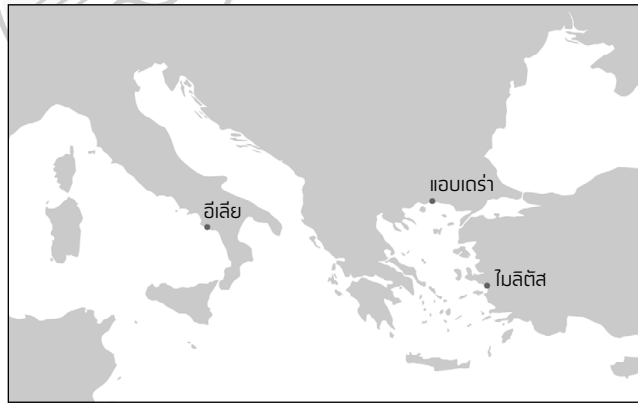
หนังสือเล่มนี้เริ่มต้นในเมืองไมลิตัส (Miletus) เมื่อสองพันหกร้อยปีก่อน ทำไมต้องเริ่มต้นหนังสือเกี่ยวกับควอนตัมความโน้มถ่วงด้วยเหตุการณ์ผู้คน และแนวคิดแสนโบราณน่ะเหรอ ผมหวังว่าผู้อ่านที่ใจจดใจจ่ออยากจะไปถึงควอนตัมของอวกาศจะไม่โกรธผม เพราะมันเป็นเรื่องง่ายกว่าที่จะทำความเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ โดยเริ่มที่รากเหง้าของมันว่ามันมีพัฒนาการมาอย่างไร แนวคิดจำนวนไม่น้อยที่นำมาใช้ทำความเข้าใจธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นถือกำเนิดมากว่าสองพันปีแล้ว หากเราย้อนไปถึงต้นกำเนิดของมันอย่างคร่าว ๆ แนวคิดเหล่านี้ก็จะกระจ่างชัดขึ้น และขั้นตอนความเข้าใจหลังจากนั้นก็จะง่ายและตรงไปตรงมากว่า

แต่ก็ยังมีเหตุผลมากกว่านั้น ปัญหาบางประการที่ถูกตั้งขึ้นในอดีตโบราณกาล ยังคงมีความสำคัญต่อความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของเราปัจจุบัน แนวคิดล่าสุดบางอย่างเกี่ยวกับโครงสร้างของอวกาศก็ใช้ไอเดียและประเด็นที่ถูกเสนอขึ้นมาในยุคนั้น ในการกล่าวถึงแนวคิดในอดีตเหล่านี้ ผมเลือกนำเสนอปัญหาที่เป็นหัวใจสำคัญในทฤษฎีควอนตัมความโน้มถ่วง ซึ่งจะทำให้เราสามารถจำแนกไอเดียที่ถือกำเนิดขึ้นนับตั้งแต่จุดเริ่มต้นของกระบวนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (แม้เราจะไม่คุ้นเคยกับมันนัก) ออกจากแนวคิดใหม่ถอดด้ามจริง ๆ ในทฤษฎีควอนตัมความโน้มถ่วง ความเชื่อมโยงระหว่างปัญหาที่ถูกตั้งขึ้นมาโดยนักวิทยาศาสตร์หรือปราชญ์ยุคโบราณกาล กับคำตอบที่ค้นพบโดยไอน์สไตน์และควอนตัมความโน้มถ่วง ปรากฏว่าใกล้เคียงกันอย่างน่าทึ่ง

1. เม็ดๆ

ตามเรื่องเล่าสืบต่อกันมาตั้งแต่ 450 ปีก่อนยุคปัจจุบัน[1] ชายผู้หนึ่งลงเรือออกเดินทางจากเมืองไมลิตัสไปเมืองแอบเดร่า (Abdera) ซึ่งมันจะกลายเป็นการเดินทางอันสำคัญยิ่งในประวัติศาสตร์องค์ความรู้ของมนุษยชาติ

ชายคนนี้น่าจะกำลังหนีจากความขัดแย้งทางการเมืองในไมลิตัสที่ชนชั้นนำใช้กำลังแย่งชิงอำนาจการปกครองโดยใช้ความรุนแรง ไมลิตัสเคยเป็นเมืองกรีกอันรุ่งเรืองเฟื่องฟู อาจนับเป็นเมืองหลักของอาณาจักรกรีกก่อนยุคทองแห่งเอเธนส์และสปาร์ต้าก็ว่าได้ มันเป็นศูนย์กลางทางการค้าอันพลุกพล่าน เป็นเครือข่ายหลักระหว่างเมืองขึ้นกับเมืองหน้าด่านนับร้อย ตั้งแต่ทะเลดำกินอาณาบริเวณออกไปถึงอียิปต์



รูป 1.1 การเดินทางของลูคิปปัสแห่งไมลิตัสผู้ก่อตั้งสำนักอะตอม
(ราว 450 ปีก่อนยุคปัจจุบัน)

[1] BCE : Before Common Era หรือก่อนยุคปัจจุบัน มีความหมายเหมือน BC : Before Christ ที่แปลว่า ก่อนคริสตกาล เป็นยุคก่อนที่จะมีการทำปฏิทินตามแบบปัจจุบัน – ผู้แปล

คาราวานจากเมโสโปเตเมียและเรือจากทั่วทั้งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนมาถึงเมืองไมลิตัสและแนวคิดหลายหลากก็เกิดการแลกเปลี่ยนอย่างแพร่หลาย

ช่วงศตวรรษก่อนหน้านั้นการปฏิวัติทางความคิดที่สำคัญยิ่งยวดต่อมนุษยชาติเกิดขึ้นในไมลิตัส นักคิดนักปราชญ์กลุ่มหนึ่งได้คิดค้นวิธีการตั้งคำถามต่อการทำงานของธรรมชาติรูปแบบใหม่ รวมถึงวิธีการหาคำตอบแบบใหม่ด้วย นักคิดที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในกลุ่มคืออแน็กซิแมนเดอร์ (Anaximander)

ตั้งแต่โบราณกาล หรืออย่างน้อยนับตั้งแต่มนุษย์ได้ทิ้งบันทึกลายลักษณ์อักษรเอาไว้ เราได้ถามตัวเองว่า โลกของเรามาจากไหน สิ่งต่างๆ ทำมาจากอะไร ถูกประกอบเข้าด้วยกันอย่างไร และทำไมปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ จึงเป็นอย่างที่มันเป็น นับพันปีที่บรรพบุรุษของเราได้ให้คำตอบที่ฟังดูคล้ายๆ กัน ได้แก่ คำตอบที่อิงกับเรื่องราวของวิญญาณภูตผี เทพเจ้า สิ่งมีชีวิตในจินตนาการและตำนาน และอื่นๆ ดุจเดียวกัน ตั้งแต่ศิลาจารึกอักษรคูนีฟอร์ม (cuneiform อักษรรูปสามเหลี่ยมและรูปลิ่มโบราณที่ใช้โดยอารยธรรมเก่าแก่ อาทิ ชาวอัคคาเดียและชาวบาบิโลน) บันทึกอักษรจีนโบราณ บันทึกอักษรอียิปต์โบราณในพีระมิด จนถึงเรื่องเล่าตำนานของชาวอินเดียนแดง ตั้งแต่บันทึกอินเดียโบราณไปจนถึงคัมภีร์ไบเบิล จากเรื่องเล่าชาวแอฟริกาไปจนถึงชาวอะบอริจินในออสเตรเลีย เรื่องราวเหล่านี้ล้วนสนุกมีสีสัน แต่โดยพื้นฐานก็เป็นแนวเดียวซ้ำๆ โลกเกิดมาจากอสรพิษปักษา[2] และโคใหญ่ หรือโลกเกิดมาจากเทพเจ้าขี้โมโห ชอบทะเลาะ หรือเทพยดาแสนดีผู้เป่าสร้างโลกจากสุญตา ขณะเปล่งวจี “แสงจงมี” หรือไม่ก็เกิดมาจากไข่หิน

ณ ไมลิตัส ต้นศตวรรษที่ห้าก่อนยุคปัจจุบัน ธาเลส (Thales), ลูกศิษย์ของเขา อแน็กซิแมนเดอร์, เฮคาเทียส (Hecataeus) และสำนักของพวกเขา ค้นพบวิธีการหาคำตอบต่อคำถามต่างๆ ที่แตกต่างออกไปจากวิธีที่มีอยู่ การปฏิวัติอันสำคัญยิ่งยวดในกระบวนวิธีคิดนี้เปิดฉากใหม่ให้กับ

[2] Plumed Serpents อสรพิษมีขนนกในอารยธรรมแอซเทก คล้ายพญานาคในความเชื่อไทย – ผู้แปล

องค์ความรู้และการทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ และเป็นสัญญาณถึงแสงแรกแห่งรุ่งอรุณของวิธีคิดทางวิทยาศาสตร์

ชาวไมลิเซียนเข้าถึงข้อเท็จจริงด้วยการสังเกตการณ์และใช้เหตุผลอย่างหลักแหลม แทนที่จะค้นหาคำตอบในแฟนตาซี เรื่องเล่าตำนานโบราณกาล หรือศาสนา และเหนือสิ่งอื่นใด พวกเขาใช้ความคิดวิเคราะห์ตัดสิน (critical thinking) อย่างตรงไปตรงมาและไร้อคติ มันเป็นไปได้ที่จะแก้ไขมุมมองที่เรามีต่อโลกและต่อธรรมชาติซ้ำ ๆ หลายครั้ง และค้นพบแง่มุมใหม่ ๆ ของสัจจะความจริงที่ซ่อนอยู่จากมุมมองดาด ๆ อันผิวเผิน มันเป็นไปได้ที่จะค้นพบสิ่งใหม่ ๆ

บางทีการค้นพบอันสำคัญที่สุดคือการค้นพบสไตล์การคิดที่ต่างกันหลายแบบ เหล่าศิษย์ไม่จำเป็นต้องยึดถือ เชื่อฟัง และเห็นพ้องกับอาจารย์ของตน แต่มีอิสระจะสร้างแนวคิดของตัวเองบนแนวคิดเหล่านั้น ไม่ต้องกลัวการตัดทิ้งหรือวิพากษ์วิจารณ์แนวคิดที่สามารถพัฒนาปรับปรุงได้ นี่เป็นทางสายกลางใหม่ระหว่างการยึดมั่นถือมั่นในสำนักและการปฏิเสธแนวคิดนั้น ๆ โดยสิ้นเชิง มันเป็นกุญแจสำคัญไปสู่พัฒนาการทางกระบวนวิธีทางปรัชญาและวิทยาศาสตร์สืบต่อมาในภายหลัง นับจากวินาทีนี้องค์ความรู้เริ่มสั่งสมเพิ่มพูนขึ้นในอัตราอันรวดเร็ว อุดมด้วยความรู้ในอดีต แต่ในขณะเดียวกันก็เปิดโอกาสให้มีการวิพากษ์วิจารณ์ และดังนั้นความรู้ความเข้าใจจึงมีการพัฒนาปรับปรุงขึ้นตลอดเวลา บทนำอันยอดเยี่ยมในหนังสือประวัติศาสตร์ของเฮคาเทียสแสดงถึงหัวใจสำคัญของการคิดวิเคราะห์ รวมถึงการตระหนักในความผิดพลาดได้ของตัวเอง 'ผมเขียนสิ่งที่ดูเหมือนจะเป็นจริงสำหรับตัวเอง เพราะเรื่องเล่าที่มาจากชาวกรีกนั้นเต็มไปด้วยความขัดแย้งในตัวเองและเรื่องเหลือเชื่อมากมาย'

ตามตำนานแล้วเฮราเคลส (Heracles) ลงมาหาเฮเดส[3] จากแหลมเทนาโร (Cape Tenaro) เฮคาเทียสเดินทางมาที่แหลมเทนาโรและพบว่า

[3] Hades, เทพแห่งนรก เป็นหนึ่งในสามพี่น้องเทพเจ้าที่ครองโลกหล้าในความเชื่อแบบกรีกโบราณ อีกสองเทพคือซุสกับโพไซดอน – ผู้แปล

ไม่มีทางใต้ดินหรือหนทางใด ๆ ไปสู่เฮเดสได้ จึงตัดสินว่าตำนานนี้ไม่เป็นความจริง นี่คืออรุณรุ่งแห่งยุคสมัยใหม่

วิถีทางใหม่สู่องค์ความรู้เช่นนี้เห็นผลรวดเร็วและน่าประทับใจ ภายในเวลาไม่กี่ปี อแน็กซิแมนเดอร์เข้าใจว่าโลกลอยอยู่ในท้องฟ้าและท้องฟ้าทอดตัวต่อเนื่องไปใต้โลก เข้าใจว่าน้ำฝนมาจากการระเหยของน้ำบนพื้นโลก เข้าใจว่าสารต่าง ๆ ในธรรมชาติต้องถูกเข้าใจได้ในรูปของส่วนประกอบหนึ่งเดียวอันเรียบง่ายที่เขาเรียกว่า อเพรอน (apeiron) ซึ่งมีความหมายว่า มองไม่เห็นและจำแนกแยกแยะไม่ได้ อแน็กซิแมนเดอร์ยังเข้าใจว่าสรรพสัตว์และพืชพรรณวิวัฒน์เปลี่ยนแปรและปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม และยังเข้าใจว่ามนุษย์ผ่านการวิวัฒนาการมาจากสัตว์อื่น ดังนั้นเขาจึงค่อย ๆ วางรากฐานของไวยากรณ์เพื่อทำความเข้าใจธรรมชาติ ซึ่งเป็นสิ่งที่เรายังใช้อยู่ในปัจจุบัน

ทำเลตั้งอยู่ในตำแหน่งอันเป็นจุดร่วมระหว่างอารยธรรมกรีกที่กำลังก่อร่างสร้างตัว กับอาณาจักรโบราณเมโสโปเตเมียและอียิปต์ หล่อเลี้ยงด้วยองค์ความรู้ของตัวเอง ท่วมท้นไปด้วยเสรีภาพและความยืดหยุ่นทางการเมือง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของชาวกรีก ในสถานที่ทางสังคมที่ไร้พระราชวังแห่งองค์จักรพรรดิหรือปราสาทปราการทางศาสนาอันเกรียงไกร ที่นี่เป็นที่ที่ปัจเจกชนอภิปรายและตัดสินชะตาชีวิตของตัวเองในเวทีสาธารณะ ไมลิตัสเป็นที่แรกในประวัติศาสตร์ที่ผู้คนอภิปรายร่างกฎหมายของตัวเองร่วมกัน มีการประชุมสภาเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในโลกที่แพนิโอเนียม (Panionium) อันเป็นที่ประชุมของสหพันธ์อิออเนียน (Ionian League) และเป็นสถานที่แรกที่มนุษย์เริ่มสงสัยว่าเหล่าเทพยดาเท่านั้นหรือจึงจะสามารถทำความเข้าใจความลี้ลับของโลกหล้าได้

โดยผ่านการอภิปรายถกเถียง มันเป็นไปได้ที่จะเข้าถึงคำตัดสินที่ดีที่สุดสำหรับชุมชน โดยผ่านการอภิปรายถกเถียง มันเป็นไปได้ที่จะเข้าใจธรรมชาติและโลกหล้า นี่คือตำนานอันยิ่งใหญ่ของไมลิตัส เปลแห่งปรัชญา เปลแห่งวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ และเปลแห่งการศึกษาภูมิศาสตร์และประวัติศาสตร์ ไม่ได้เป็นการกล่าวเกินจริงแต่อย่างใดหากจะกล่าวว่า

ธรรมเนียมปฏิบัติทางวิทยาการและปรัชญาทั้งหมดตั้งแต่ยุคเมดิเตอร์เรเนียนและยุคใหม่ มีรากเหง้าสำคัญมาจากการคาดเดาของนักคิดนักปราชญ์แห่งไมลิตัสในศตวรรษที่หกก่อนยุคปัจจุบัน[4]

เมืองไมลิตัสอันเจิดจ้าเผชิญกับหายนะภายในเวลาไม่นาน การมาถึงของอาณาจักรเปอร์เซียและการลุกฮือต่อต้านระบอบจักรพรรดิที่ล้มเหลวนำไปสู่การทำลายล้างเมืองอย่างป่าเถื่อนในปี 464 ก่อนยุคปัจจุบัน และนำไปสู่การจับประชาชนจำนวนมากไปกดขี่เป็นทาส ในกรุงเอเธนส์กวีฟรินิชุส (Phrynichus) พรรณนาถึงโศกนาฏกรรมใน *The Taking of Miletus (ไมลิตัสเสียเมือง)* ซึ่งกระทบกระเทือนจิตใจของชาวเอเธนส์อย่างที่สุดจนถูกห้ามมิให้แสดงซ้ำด้วยเหตุผลว่าทำให้ผู้คนเศร้าโศกมากเกินไป แต่ยี่สิบปีให้หลัง ชาวกรีกขับไล่ชาวเปอร์เซียออกไปและไมลิตัสก็ถูกสร้างขึ้นใหม่ ประชากรเพิ่มขึ้นและกลับไปเป็นศูนย์กลางการค้าและแนวคิดหลากหลาย แผ่กระจายจิตวิญญาณของมันออกไปสู่โลกอีกครั้ง

คนที่เรากล่าวถึงตอนเริ่มบทนี้ก็ต้องได้รับอิทธิพลจากสปิริตนี้ตอนปี 450 ก่อนยุคปัจจุบัน ตามที่เล่าต่อ ๆ กันมานั้น เขาออกเดินทางจากไมลิตัสสู่เมืองอับเดร่า ชื่อของเขาคือลูคิปปัส (Leucippus) เราไม่รู้อะไรมากเกี่ยวกับชีวิตของเขา[5] เขาเขียนหนังสือเรื่อง *The Great Cosmology (เอกภพวิทยาฉบับใหญ่)* ตอนมาถึงเมืองอับเดร่าเขาได้ก่อตั้งสำนักวิทยาศาสตร์และปรัชญา ซึ่งต่อมาศิษย์คนหนึ่งของสำนักคือเดโมคริตุสได้เผยแผ่แนวคิดอันส่งอิทธิพลจวบจนปัจจุบัน

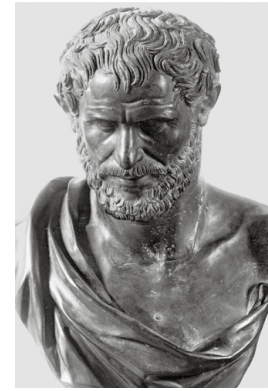
ทั้งสองคนร่วมกันสร้างวิหารแห่งแนวคิดสุดอลังการว่าด้วยอะตอม

---

[4] ว่าด้วยอแน็กซิแมนเดอร์และชาวไมลิเซียน ดู Carlo Rovelli, *The First Scientist: Anaximander and His Legacy,* trans. Marion Lignana Rosenberg (Yardley, Westholme, 2007)

[5] จุดกำเนิดความเป็นชาวไมลิเซียนของลูคิปปัสถูกอ้างถึงโดยซิมพลิชิอุส [ดู M. Andolfo, *Atomisti antichi. Frammenti e testimonianze (อะตอมยุคโบราณ บางส่วนและหลักฐานคำให้การ)* (Milan, Rusconi, 1999) หน้า 103] แต่มันก็ไม่แน่นอน การอ้างอิงถึงไมลิตัสและอีเลียมีความสำคัญในแง่ของรากเหง้าทางวัฒนธรรมของเขา สิ่งที่ลูคิปปัสได้จากซีโนแห่งอีเลียถูกอภิปรายในหน้าต่อ ๆ ไป

ยุคเก่า ลูคิปปัสเป็นอาจารย์ เดโมคริตุส ศิษย์เอกผู้เขียนงานหลายสิบชิ้นในองค์ความรู้ทุกแขนงและได้รับการเคารพนับถืออย่างสูงในสมัยนั้น สมัยที่ผู้คนคุ้นเคยกับงานเขียนเหล่านี้ เซเนกา (Seneca) เรียกเขาว่า 'ชาวกรีกผู้มีความคิดลึกซึ้งที่สุด'[6] ซิเซโร (Cicero) ถามว่า 'จะมีใครยิ่งใหญ่พอเทียบเคียงกับเขาได้อีก ไม่เพียงแต่ในทางอัจฉริยภาพ แต่ในทางจิตวิญญาณด้วย'[7]



รูป 1.2 เดโมคริตุสแห่งอับเดร่า

แล้วลูคิปปัสกับเดโมคริตุสค้นพบอะไร

ชาวไมลิเซียนเข้าใจว่าเราสามารถเข้าใจธรรมชาติได้ด้วยการใช้เหตุผล พวกเขาเชื่อว่าความหลากหลายของปรากฏการณ์ธรรมชาติต้องอธิบายได้ด้วยสิ่งที่เรียบง่าย และพยายามทำความเข้าใจว่าสิ่งนั้นคืออะไรกันแน่ พวกเขาคิดว่ามีสารสาระมูลฐานบางอย่างที่ประกอบเป็นทุกสิ่งทุกอย่าง อแน็กซิเมเนส (Anaximenes) หนึ่งในชาวไมลิเซียนจินตนาการถึงสารสาระตัวนี้ว่าอาจถูกกดอัดและทำให้เบาบางบริสุทธิ์ขึ้นได้ ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนแปรจากธาตุหนึ่งไปเป็นอีกธาตุหนึ่งที่ประกอบเป็นสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ นี่คือเมล็ดพันธุ์แรกของวิชาฟิสิกส์ หยาบและมูลฐาน แต่ก็ไปถูกทาง เราต้องการแนวคิดดี ๆ และวิสัยทัศน์อันลุ่มลึกเพื่อมองทะลุให้เห็นถึงระบบระเบียบที่ซ่อนเร้นของธรรมชาติ ลูคิปปัสกับเดโมคริตุสเสนอแนวคิดดังนี้

แนวคิดของระบบเดโมคริตุสเรียบง่ายมาก นั่นคือ เอกภพทั้งหมดทั้งมวลประกอบจากอวกาศอันไร้ขอบเขต ที่ซึ่งอะตอมจำนวนนับไม่ถ้วนวิ่งอยู่ภายใน อวกาศไม่มีขีดจำกัดใด ๆ ไม่มีบนหรือล่าง ไม่มีศูนย์กลางหรือขอบเขต อะตอมไม่มีสมบัติใด ๆ อยู่เลยนอกจากรูปทรงของมัน มันไม่มี

[6] Seneca, Naturales questiones, VII, 3, 2d.

[7] Cicero, *Academica priora,* II, 23, 73.

น้ำหนักหรือสีหรือรสชาติ ‘โดยธรรมเนียมแล้วหวาน โดยธรรมเนียมแล้วขม โดยธรรมเนียมแล้วร้อน โดยธรรมเนียมแล้วมีสีสัน แต่แท้จริงแล้วมีแต่อะตอมและที่ว่าง’[8]

อะตอมแบ่งแยกไม่ได้ พวกมันเป็นเม็ดมูลฐานของความมีอยู่จริงของสรรพสิ่ง ทุกสิ่งทุกอย่างเป็นเพียงผลิตผลที่เกิดขึ้นมาอย่างสุ่มและบังเอิญ จากการเคลื่อนที่และการรวมตัวกันของอะตอม ความหลายหลากนับอเนกอนันต์ของสสารต่าง ๆ ที่มีในโลกล้วนแต่ถูกสร้างขึ้นมาจากการรวมตัวกันของอะตอม

เมื่ออะตอมมาอยู่รวมกัน ปัจจัยเดียวที่เป็นตัวกำหนดในระดับมูลฐานที่สุดคือรูปทรงของมัน การจัดเรียงตัวและระบบระเบียบที่มันใช้ในการรวมตัวกัน เหมือนกับการรวมกันของตัวอักษรในรูปแบบต่าง ๆ เราอาจได้ละครตลกหรือบทโศกนาฏกรรม นิยายน้ำเน่าหรือมหากาพย์กวีนิพนธ์ก็ล้วนเป็นไปได้ ดังนั้นอะตอมขั้นมูลฐานจึงก่อร่างสร้างตัวขึ้นเป็นโลกหล้าอันหลากหลายสุดพรรณนา คำอุปมานี้เป็นของเดโมคริตุสเอง[9]

ไม่มีจุดสิ้นสุดและเป้าประสงค์ใด ๆ ในการเริงระบำแห่งอะตอม เราเป็นเพียงหนึ่งในผลผลิตของการเริงระบำไม่รู้จบ เหมือนกับสิ่งอื่น ๆ ในธรรมชาติ เป็นผลผลิตจากการรวมตัวกันโดยบังเอิญนั่นเอง ธรรมชาติยังคงทดลองสร้างรูปทรงและรูปลักษณ์โครงสร้างต่าง ๆ อยู่ต่อไป และเรา เช่นเดียวกับเหล่าสรรพสัตว์ ก็เป็นผลผลิตของการคัดสรรอย่างสุ่มและบังเอิญตลอดระยะเวลาหลายยุคสมัยอันยาวนาน ชีวิตของเราเป็นส่วนผสมของอะตอม ความคิดของเราประกอบมาจากอะตอมเล็ก ๆ ความฝันของเราเป็นผลผลิตมาจากอะตอม ความหวังและอารมณ์ความรู้สึกของเราถูกเขียนในภาษาที่สร้างมาจากส่วนผสมของอะตอม แสงที่เรามองเห็นประกอบมาจากอะตอมที่นำภาพมาให้เรา ทะเลและมหาสมุทรล้วนประกอบมาจากอะตอม เช่นเดียว

---

[8] Sextus Empiricus, *Adversus mathematicos,* VII, 135 (trans. R.G. Bury *Against the Professors*), (Loeb Classical Library, 1989).

[9] Aristotle, *On Generation and Corruption,* A1, 315b 6, ใน *The Complete Works of Aristotle,* Vol I, ed. Jonathan Barnes (Princeton, Princeton University Press, 1984).

กับเมืองของเรา และเหล่าดวงดาว นี่เป็นวิสัยทัศน์อันสุดยอด ไร้ขอบเขต เรียบง่ายอย่างเหลือเชื่อ และสุดแสนทรงพลัง เป็นวิสัยทัศน์อันเป็นรากฐานที่องค์ความรู้ของอารยธรรมหนึ่งจะถูกก่อร่างสร้างขึ้น

บนฐานรากนี้เดโมคริตุสเขียนหนังสือหลายสิบเล่มบรรยายถึงระบบอันไพศาล ตอบคำถามทางฟิสิกส์ ปรัชญา จริยศาสตร์ การเมืองการปกครอง และเอกภพวิทยา เขายังเขียนเรื่องธรรมชาติของภาษา ศาสนา จุดกำเนิดของสังคมมนุษย์และอื่นๆ อีกมากมาย [ประโยคเปิดในหนังสือ *Little Cosmology (เอกภพวิทยาฉบับเล็ก)* ตรึงใจนัก กล่าวว่า 'ในงานชิ้นนี้ข้าพเจ้าพิจารณาถึงทุกสิ่ง'] หนังสือทั้งหมดนี้สูญหายไปหมดแล้ว เรารู้ความคิดของเขาผ่านทางการอ้างอิงถึงและสรุปแนวคิดของเขาโดยนักเขียนยุคโบราณคนอื่นๆ[10] แนวคิดที่ปรากฏขึ้นจึงเป็นแนวมนุษยนิยม ยึดหลักเหตุผลและวัตถุนิยม[11] เดโมคริตุสผสมผสานความอยากรู้อยากเห็นต่อธรรมชาติอันกระจ่างชัดขึ้นด้วยความโปร่งใสในตัวเอง ปราศจากอคติจากแนวคิดงมงายดั้งเดิมในยุคนั้น ผสมผสานกับความใส่ใจในมนุษยชาติและประเด็นทางจริยศาสตร์อันลึกซึ้งของชีวิต ซึ่งพยากรณ์ล่วงหน้าไว้สองพันปีถึงแง่มุมสำคัญที่จะเกิดขึ้นในยุคเรืองปัญญาแห่งศตวรรษที่สิบแปด โลกในอุดมคติทางจริยศาสตร์ของเดโมคริตุสก็คือความสงบของจิตใจ ที่เข้าถึงได้จากแนวคิดทางสายกลางและความพอดี โดยเชื่อในการใช้เหตุผลและไม่ให้ตัวเองถูกครอบงำโดยตัณหาอารมณ์

เพลโตและอาริสโตเติลคุ้นเคยกับแนวคิดของเดโมคริตุสและถกเถียงแย้งกับแนวคิดดังกล่าว พวกเขาอภิปรายโต้แย้งโดยใช้แนวคิดแบบอื่น ซึ่ง

---

[10] คอลเล็กชั่นของเนื้อหาบางส่วนและหลักฐานคำให้การยุคโบราณที่กล่าวถึงแนวคิดอะตอมมีอยู่ใน *Ancient Atomists* ของ เอ็ม. อันดอลโฟ งานรวบรวมบทประพันธ์ฉบับสมบูรณ์ของเนื้อหาบางส่วนและหลักฐานคำให้การที่เกี่ยวกับเดโมคริตุสถูกตีพิมพ์โดยโซโลมอน ลูเรีย (ดูข้อ 'เดโมคริตุส' ในเอกสารอ้างอิงสำหรับเวอร์ชั่นภาษาอังกฤษ)

[11] สำหรับงานสั้นๆ และน่าสนใจเมื่อไม่นานมานี้เกี่ยวกับความคิดของเดโมคริตุส ที่กล่าวในแง่บริบทของมนุษยนิยม ดู S. Martini, *Democrito: filosofo della natura o filosofo dell'uomo? (เดโมคริตุส: ปราชญ์แห่งธรรมชาติหรือปราชญ์แห่งมนุษย์)* (Rome, Armando, 2002.)

บางแนวคิดเหล่านั้นได้สร้างอุปสรรคต่อการสั่งสมเพิ่มพูนองค์ความรู้ของมนุษย์เป็นเวลาหลายร้อยปีให้หลัง ทั้งสองยืนยันจะปฏิเสธคำอธิบายโลกธรรมชาติของเดโมคริตุสเพื่อความพยายามในการทำความเข้าใจธรรมชาติในแบบเป้าประสงค์สุดท้ายของมัน (finalism : อันตนิยม – ผู้แปล) โดยเชื่อว่าทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นล้วนแล้วแต่มีเป้าประสงค์ นี่เป็นวิธีคิดที่จะเผยให้เห็นในที่สุดว่าไม่เหมาะสมกับการทำความเข้าใจการทำงานของธรรมชาติ หรือมองโลกในเชิงความดีและความชั่ว ซึ่งนำประเด็นของมนุษย์มาผสมปนเปกับวัตถุสสารที่ไม่ได้มีความเชื่อมโยงกับเรา

อาริสโตเติลกล่าวถึงแนวคิดของเดโมคริตุสอย่างยืดยาวและด้วยความเคารพ เพลโตไม่เคยอ้างอิงเดโมคริตุส แต่นักวิชาการในปัจจุบันเชื่อว่านี่เป็นความตั้งใจ และมิใช่เพราะขาดความรู้ในงานของเดโมคริตุส การวิพากษ์วิจารณ์งานของเดโมคริตุสแฝงอยู่ในงานเขียนหลายงานของเพลโต ตัวอย่างเช่นในการวิจารณ์ 'เหล่านักฟิสิกส์' ของเขา ตอนหนึ่งในงานเขียนฟีโด (Phaedo) ของตน เพลโตให้โสกราตีส (Socrates) กล่าวตำหนิ 'เหล่านักฟิสิกส์' ทั้งหลายออกมาอย่างโจ่งแจ้ง ซึ่งจะกลายเป็นเสียงอันดังก้องกังวานและจะยังคงอยู่เป็นระยะเวลายาวนานสืบต่อมา เขาแสดงความข้องใจว่าเมื่อ 'เหล่านักฟิสิกส์' อธิบายว่าโลกกลม เขาไม่เห็นด้วยเพราะเขาต้องการรู้ว่าจะมีอะไร 'ดี' หากโลกมันกลมจริง ความกลมของมันจะเป็นประโยชน์กับโลกเองอย่างไร การยกคำของโสกราตีสโดยเพลโตว่าในทีแรกเขากระตือรือร้นยินดีกับวิชาฟิสิกส์อย่างไรแต่ต่อมาก็รู้สึกตาสว่างเพราะมัน :

> ข้าคาดการณ์ว่าตอนแรกจะถูกสอนว่าโลกแบนหรือกลม แต่ยังหวังด้วยว่าต่อมาจะได้รับคำอธิบายจนทราบถึงเหตุผลถึงความจำเป็นในรูปทรงของมัน โดยเริ่มจากหลักการที่ดีที่สุด พิสูจน์ให้ข้าประจักษ์ว่าสิ่งที่ดีที่สุดสำหรับโลกคือการมีรูปทรงแบบนี้ และหากเขาบอกว่าโลกอยู่ที่ศูนย์กลางของโลกหล้าแล้วก็ต้องแสดงให้ข้าเห็นว่าการอยู่ที่ศูนย์กลางมันมีประโยชน์ต่อโลกอย่างไรด้วย

เพลโตผู้ยิ่งใหญ่ไฉนจึงออกนอกลู่นอกทางไปได้เยี่ยงนี้!

มีขีดจำกัดในการแบ่งแยกหรือไม่

นักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดของครึ่งหลังศตวรรษที่ยี่สิบ ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Feynman) เขียนไว้ในตอนต้นของบทเรียนฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานอันยอดเยี่ยมของเขาว่า

> หากองค์ความรู้ทางวิทยาการทั้งหมดถูกทำลายลงไปในภัยพิบัติบางอย่าง และเพียงประโยคเดียวถูกถ่ายทอดต่อสิ่งมีชีวิตรุ่นถัดไป ข้อความแบบไหนจะมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากที่สุดโดยใช้คำน้อยที่สุด ผมเชื่อว่าคำตอบคือสมมติฐานอะตอมหรือข้อเท็จจริงของอะตอม หรืออะไรก็ตามที่คุณบอกว่า *ทุกสรรพสิ่งล้วนประกอบจากอะตอม อนุภาคเล็ก ๆ ที่เคลื่อนที่ไปมาไม่สุดสิ้น ดึงดูดกันเองเมื่ออยู่ใกล้กัน แต่ผลักกันเมื่อถูกบีบอัดให้เข้าใกล้กันมากขึ้น* ในประโยคนี้ประโยคเดียวคุณจะมองเห็นข้อมูลปริมาณมหาศาลเกี่ยวกับธรรมชาติ ด้วยการใช้จินตนาการและความคิดเพียงเล็กน้อย[12]

โดยไม่ต้องอาศัยอะไรจากฟิสิกส์ยุคใหม่ เดโมคริตุสสามารถเข้าถึงแนวคิดที่ว่าทุกสิ่งทุกอย่างประกอบมาจากอนุภาคที่แบ่งแยกไม่ได้ เขาทำได้อย่างไรกัน

เขามีข้อเหตุผลที่อิงกับการสังเกต ตัวอย่างเช่น เขาจินตนาการอย่างถูกต้องว่าการเสื่อมสภาพของล้อหรือการแห้งของเสื้อผ้าที่แขวนไว้ อาจเกิด

[12] Plato, *Phaedo,* ed. David Gallup (Oxford, Oxford University Press, 2009, XLVI).

จากการลอยออกไปของอนุภาคไม้หรืออนุภาคน้ำ แต่เขาก็มีข้อเหตุผลเชิงปรัชญาด้วยเช่นกัน เรามาพิจารณาข้อเหตุผลเหล่านี้ เพราะมันมีศักยภาพที่จะขยายต่อไปได้จนถึงควอนตัมความโน้มถ่วงเลยทีเดียว

เดโมคริตุสสังเกตว่าสสารไม่อาจเป็นก้อนต่อเนื่อง เพราะมันมีความย้อนแย้งในข้อความที่ว่ามันเป็นเช่นนั้น เราทราบถึงตรรกะเหตุผลของเดโมคริตุส เพราะอาริสโตเติลกล่าวถึงมันเอาไว้[13] เดโมคริตุสกล่าวว่า ลองจินตนาการว่าสสารสามารถถูกแบ่งแยกได้ไม่สุดสิ้น นั่นคือมันสามารถถูกแบ่งย่อยลงไปได้เป็นจำนวนอนันต์ครั้ง จินตนาการต่อว่าหากคุณแบ่งแยกสสารชิ้นหนึ่งได้อย่างไม่สิ้นสุด แล้วจะเหลืออะไร

อนุภาคเล็ก ๆ ขนาดจำกัดจะหลงเหลืออยู่ได้ไหม ไม่ได้ เพราะหากเป็นเช่นนั้นสสารชิ้นนั้นก็ไม่ได้ถูกแบ่งแยกลงไปเป็นอนันต์ เพราะฉะนั้นจะต้องเหลือเพียงจุดหลายจุดที่ไม่มีขนาด คราวนี้เราลองนำจุดเหล่านี้มาประกอบกันเข้าเป็นก้อนสสาร โดยการนำเอาจุดสองจุดมาอยู่ด้วยกันโดยไม่มีระยะห่าง คุณไม่อาจสร้างสิ่งที่มีขนาดขึ้นมาได้ เช่นเดียวกันกับจุดสามจุดหรือแม้แต่สี่จุด ไม่ว่าคุณจะนำจุดมารวมกันจำนวนมากเท่าไร คุณก็ไม่มีวันได้อะไรที่มีขนาดขึ้นมา เพราะจุดไม่มีขนาด เพราะฉะนั้นเราไม่อาจคิดว่าสสารประกอบมาจากจุดที่ไม่มีขนาดได้ เพราะไม่ว่าเราจะใช้จุดเหล่านี้จำนวนมากเท่าไหร่ เราก็ไม่อาจสร้างสิ่งที่มีขนาดขึ้นมาได้ เดโมคริตุสสรุปว่า ความเป็นไปได้เดียวก็คือสสารทุกชิ้นประกอบมาจากชิ้นส่วนไม่ต่อเนื่องแบ่งแยกไม่ได้ แต่ละชิ้นส่วนมีขนาด *จำกัด* นั่นคืออะตอม

จุดเริ่มต้นของข้อเหตุผลเชิงแยบยลประเภทนี้มีมาก่อนเดโมคริตุส มันมาจากบริเวณซิเลนโต้ (Cilento) ตอนใต้ของประเทศอิตาลี จากเมืองที่มีชื่อว่าเวเลีย (Velia) ที่ในศตวรรษที่ห้าก่อนยุคปัจจุบัน ตรงนั้นเป็นอาณานิคมกรีกอันรุ่งเรืองที่มีชื่อเรียกในตอนนั้นว่าอีเลีย (Elea) นักปราชญ์พาร์เมนิเดส (Parmenides) เคยอาศัยอยู่ที่นั่น เขาเชื่ออย่างที่สุดจนอาจจะเกินเลยไปบ้างในเหตุผลนิยมแนวไมลิตัสและแนวคิดที่ถือกำเนิดขึ้นในไมลิตัส

[13] Richard Feynman, *The Feynman Lectures on Physics,* Vol. 1, eds. Robert Leighton and Matthew Sands (London, Basic Books, 2011).

โดยเชื่อว่าเหตุผลสามารถเผยให้เราเห็นถึงความเป็นจริงของสิ่งต่าง ๆ มากกว่าที่ปรากฏ พาร์เมนิเดสค้นคว้าหาสัจจะความจริงผ่านทางการใช้เหตุผลเพียงอย่างเดียว เป็นวิธีที่ทำให้เขาประกาศว่ารูปลักษณ์ภายนอกล้วนเป็นมายา ดังนั้นจึงเป็นการเปิดทางไปสู่วิธีคิดที่ค่อย ๆ นำไปสู่อภิปรัชญา (metaphysics) และแปลกแยกตัวเองออกจากสิ่งที่จะกลายเป็น 'วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ'

ในที่สุดซีโน (Zeno) ศิษย์ของเขา ซึ่งมาจากอีเลียเช่นกัน เสนอข้อเหตุผลอันแยบยลเพื่อสนับสนุนลัทธิเหตุผลนิยมสุดขั้วนี้ ข้อเสนออันปฏิเสธความเชื่อถือได้ของรูปลักษณ์ที่ปรากฏโดยสิ้นเชิง หนึ่งในข้อเหตุผลเหล่านี้คือ 'ข้อย้อนแย้งของซีโน' หรือ 'พาราด็อกซ์ของซีโน' ข้อเหตุผลเหล่านี้พยายามแสดงให้เห็นว่ารูปลักษณ์ภายนอกที่ปรากฏเป็นเพียงภาพลวง โดยอภิปรายให้เหตุผลว่าแนวคิดสามัญของการเคลื่อนที่นั้นขัดแย้งในตัวเอง[14]

พาราด็อกซ์ของซีโนที่มีชื่อเสียงที่สุดถูกนำเสนอในรูปของนิทานสั้น ๆ เจ้าเต่าท้าอะคิลลิส (Archilles) วิ่งแข่งโดยให้ตัวเองนำหน้าไปก่อนสิบเมตร อะคิลลิสจะสามารถวิ่งทันเจ้าเต่าได้หรือไม่ ซีโนอภิปรายว่าตรรกะอันชัดเจนบอกว่าเขาไม่มีวันวิ่งตามเจ้าเต่าทัน เพราะก่อนที่จะตามทัน อะคิลลิสจำเป็นต้องวิ่งให้ได้ระยะทางสิบเมตร และเพื่อการนั้นเขาต้องใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่ง ในช่วงระยะเวลานี้เจ้าเต่าจะต้องวิ่งไปได้เป็นระยะทางสองสามเซนติเมตร เพื่อวิ่งตามให้ได้ระยะทางสองสามเซนติเมตรนี้อะคิลลิสจะต้องใช้เวลาอีกนิดหนึ่ง แต่ในขณะเดียวกันเจ้าเต่าก็จะวิ่งไปได้ระยะทางอีกหน่อยหนึ่งเช่นกัน เป็นเช่นนี้ไปไม่สุดสิ้น อะคิลลิสจึงต้องใช้ *ช่วงระยะเวลาแบบนี้เป็นจำนวนอนันต์ช่วง* ในการวิ่งตามเจ้าเต่าให้ได้ทัน และ *ช่วงเวลาจำนวนอนันต์ช่วง* นี้แหละที่ซีโนอภิปรายว่าเป็น *ช่วงระยะเวลาอนันต์* ดังนั้นตามตรรกะอันไม่อาจเป็นอื่นนี้ อะคิลลิสต้องใช้เวลาเป็นอนันต์ในการวิ่งตามเจ้าเต่าให้ทัน หรือกล่าวได้ว่าเขาไม่มีวันจะตามทัน แต่เนื่องจากในความเป็นจริงเรามองเห็นอะคิลลิสกระโจนโผผ่านเจ้าเต่าตัวแล้วตัวเล่าเท่าที่ปรารถนา สิ่งที่เราเห็นจึงไม่สมเหตุสมผลและเป็นเพียงมายา

---

[14] งานเขียนที่ดีเมื่อไม่นานมานี้เกี่ยวกับซีโนพาราด็อกซ์และความเกี่ยวข้องทางปรัชญาและคณิตศาสตร์ของมัน โดย วินเซนโซ ฟาโน่ ใน *I paradossi di Zenone (Zeno's Paradoxes),* (Rome, Carocci, 2012).

พูดกันตรง ๆ มันไม่ได้ฟังดูน่าเชื่อเลย แล้วผิดตรงไหนล่ะ

คำตอบหนึ่งที่เป็นไปได้คือซีโนผิด เพราะมันไม่จริงที่การรวมเอาของจำนวนอนันต์เข้าด้วยกันแล้วเราจะได้จำนวนอนันต์ขึ้นมาเอง ลองคิดถึงส่วนของเส้นเชือก ตัดแบ่งครึ่งมันแล้วตัดแบ่งครึ่งอีก ทำเช่นนี้ซ้ำ ๆ ไปไม่สุดสิ้นที่สุดแล้วคุณจะได้ชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของเส้นเชือกจำนวนอนันต์ แต่ผลรวมของมันจะได้เส้นเชือกความยาวจำกัด เพราะมันต้องรวมกันได้เท่ากับความยาวตั้งต้นของเส้นเชือก ดังนั้นเส้นเชือกจำนวนอนันต์สามารถรวมกันได้เป็นเส้นเชือกความยาวจำกัดได้ ช่วงระยะเวลาที่สั้นลง ๆ จำนวนอนันต์ช่วงเวลาก็สามารถรวมกันเป็นช่วงระยะเวลา *จำกัด* ได้ และฮีโร่ของเรา อะคิลลิส แม้ว่าเขาต้องวิ่งกินระยะทางย่อยที่สั้นลงเป็นจำนวนอนันต์ระยะทาง เขาก็จะใช้เวลา *จำกัด* ในการวิ่งและจะตามเจ้าเต่าทันในที่สุด

ดูเหมือนพาราด็อกซ์ความย้อนแย้งถูกแก้ไขแล้ว คำตอบอยู่ในแนวคิดเรื่องความต่อเนื่อง ช่วงเวลาสั้น ๆ ไม่รู้สิ้นสุดอาจดำรงอยู่ ซึ่งผลรวมของมันในจำนวนอนันต์จะเท่ากับช่วงเวลาอันจำกัด อาริสโตเติลเป็นคนแรกที่หยั่งรู้ถึงความเป็นไปได้เช่นนี้ ซึ่งต่อมาถูกพัฒนาต่อยอดโดยคณิตศาสตร์ยุคโบราณและยุคใหม่[15]

แต่นี่เป็นคำตอบที่ถูกต้องในโลกแห่ง *ความเป็นจริง* หรือไม่ เส้นเชือกความยาวสั้น ๆ ไม่รู้สุดสิ้นมีอยู่จริงหรือ เราสามารถตัดแบ่งย่อยเส้นเชือกลงไปเป็นจำนวน *กี่ครั้งก็ได้* จริงหรือ ช่วงเวลาสั้น ๆ แต่ไม่รู้จักสิ้นสุดมีอยู่จริงหรือ นี่คือคำถามสำคัญที่ควอนตัมความโน้มถ่วงต้องตอบ

---

[15] ในเชิงวิชาการแล้วหมายถึงมีผลรวมอนุกรมอนันต์ที่ลู่เข้า ตัวอย่างเช่น ในกรณีเส้นเชือก ผลรวมอนันต์ $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \ldots$ ลู่เข้าสู่ค่า 1 ผลรวมอนุกรมอนันต์ลู่เข้ายังไม่เป็นที่รู้จักกันในสมัยซีโน อาร์คิมีดีสทำความเข้าใจอนุกรมแบบนี้สองสามศตวรรษให้หลังและใช้มันคำนวณพื้นที่ต่าง ๆ นิวตันใช้มันอย่างมาก แต่ต้องรอจนศตวรรษที่สิบเก้าที่โบลซาโน่ (Bolzano) กับไวเออร์สตราซ (Weierstrass) เข้าใจอย่างแจ่มแจ้งในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของอนุกรมประเภทนี้ อาริสโตเติลรู้ดีตั้งแต่ยุคนั้นแล้วว่านี่คือคำตอบหนึ่งต่อปริศนาของซีโน การจำแนกจำนวนอนันต์แบบอาริสโตเติลระหว่างจำนวนอนันต์จริง ๆ กับจำนวนที่อาจเป็นอนันต์นั้นมีแนวคิดหลักที่ถูกต้องหลายประการ นั่นคือ ความแตกต่างระหว่างการไร้ขีดจำกัดการแบ่งแยก กับความเป็นไปได้ในการแบ่งแยกจริง ๆ เป็นจำนวนอนันต์ครั้ง

ตามที่เล่ากันมา ซีโนพบลูคิปปัสและกลายเป็นอาจารย์ของเขา ลูคิปปัสจึงคุ้นเคยกับปริศนาของซีโน แต่ตัวเขาเองได้คิดวิธี *ที่แตกต่างออกไป* ในการไขปริศนานี้ ลูคิปปัสเสนอว่า บางทีอาจไม่มีอะไรที่เล็กจนไม่รู้จักสุดสิ้น แต่อาจมีขีดจำกัดต่ำสุดในการแบ่งแยกจำแนกย่อยอยู่

เอกภพเป็นเม็ด ๆ ไม่ต่อเนื่อง ด้วยจุดที่เล็กไม่สิ้นสุด เราไม่อาจสร้างขนาดขึ้นมาได้ดังที่เดโมคริตุสได้อภิปรายเอาไว้และอ้างอิงถึงต่อมาโดยอาริสโตเติล ซึ่งเรากล่าวถึงมาแล้วข้างต้น ดังนั้นขนาดของเส้นเชือกจะต้องมาจากวัตถุที่มีขนาด *จำกัด* จำนวน *จำกัด* เส้นเชือกนี้ไม่อาจถูกตัดแบ่งลง *เป็นจำนวนเท่าที่เราต้องการ* สสารไม่มีความต่อเนื่อง มันประกอบจาก 'อะตอม' แต่ละอะตอมที่มีขนาดจำกัด

ไม่ว่าข้อเหตุผลเชิงนามธรรมนี้ถูกต้องหรือไม่ก็ตาม ข้อสรุปของมันดังที่เราทราบในปัจจุบันก็มีความจริงที่ถูกต้องอยู่ไม่น้อย สสารมีโครงสร้างเชิงอะตอมอยู่จริง หากผมแบ่งหยดน้ำออกเป็นสองส่วนผมจะได้หยดน้ำสองหยด ผมสามารถแบ่งย่อยแต่ละหยดต่อไปได้เรื่อย ๆ แต่ผมไม่อาจแบ่งได้ไปจนถึงอนันต์ครั้ง หยดน้ำจะไม่เหลืออยู่ในขนาดที่เล็กกว่าหนึ่งโมเลกุลของน้ำ

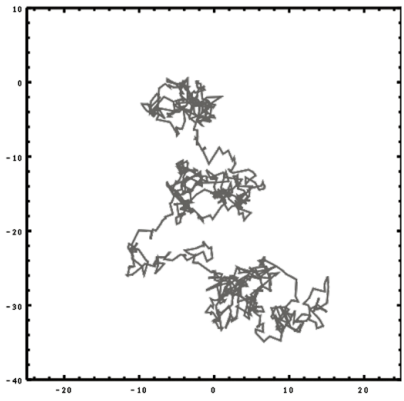
ปัจจุบันเรามีความรู้แบบนี้ได้อย่างไรกัน หลักฐานที่รวบรวมมาหลายศตวรรษส่วนใหญ่มาจากทางเคมี สารทางเคมีประกอบมาจากการรวมตัวของธาตุไม่กี่ชนิด และเกิดขึ้นมาโดยประกอบจากสัดส่วนเป็นจำนวนเต็ม (ทางน้ำหนัก) ของแต่ละธาตุ นักเคมีสร้างวิธีคิดเกี่ยวกับสารต่าง ๆ ว่าสร้างมาจากโมเลกุลที่ประกอบด้วยส่วนผสมตายตัวของอะตอมธาตุชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น น้ำ H_2O ประกอบจากสองส่วนของไฮโดรเจนกับหนึ่งส่วนของออกซิเจน

แต่นี่เป็นเพียงเงื่อนงำไม่กี่ประการ กระนั้นในตอนต้นศตวรรษที่แล้วนักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาหลายต่อหลายคนไม่คิดว่าสมมติฐานของอะตอมนั้นเชื่อถือได้ หนึ่งในนั้นคือนักฟิสิกส์และนักปรัชญามีชื่อเอิร์นสท์ มัค (Ernst Mach) ผู้ซึ่งเสนอแนวคิดเกี่ยวกับอวกาศที่ต่อมาจะส่งอิทธิพลอันสำคัญยิ่งต่อไอน์สไตน์ ในตอนท้ายการบรรยายของลุดวิก โบลท์ซมานน์ (Ludwig Boltzmann) ที่ราชบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์แห่งกรุงเวียนนา มัคประกาศต่อสาธารณชนว่า 'ผมไม่เชื่อว่ามีอะตอมอยู่จริง!'

นี่เป็นปี 1897 หลายคนก็เหมือนกับมัคเข้าใจสูตรทางเคมี และคิดว่าเป็นเพียงแค่วิธีในการสรุปรวมกฎเกณฑ์ของปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ แต่ไม่ใช่หลักฐานว่ามีโมเลกุลของน้ำที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนสองอะตอม ออกซิเจนหนึ่งอะตอมอยู่จริง ๆ คนเหล่านี้จะบอกว่าคุณมองไม่เห็นอะตอม เราจะไม่มีวันมองเห็นอะตอม แล้วพวกเขาก็จะถามว่า แล้วอะตอมมีขนาดสักเท่าไหร่กันล่ะ เดโมคริตุสไม่สามารถวัดขนาดอะตอมของตัวเองได้แต่อย่างใด...

รูป 1.3 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์

แต่คนอื่นทำได้ ข้อพิสูจน์สำคัญของ'สมมติฐานอะตอม' ต้องรอจวบจนปี 1905 จึงถูกค้นพบโดยหนุ่มขบถวัยยี่สิบห้าปี ผู้ศึกษาฟิสิกส์แต่ไม่สามารถหางานนักวิทยาศาสตร์ทำได้ และหาเลี้ยงชีพโดยการทำงานเป็นลูกจ้างสำนักสิทธิบัตรในกรุงเบิร์น ในเนื้อหาที่เหลือของหนังสือ ผมจะพูดถึงชายหนุ่มคนนี้ และพูดอีกมากถึงบทความสามบทที่เขาส่งไปลงวารสารฟิสิกส์ชั้นนำในสมัยนั้น ซึ่งคือวารสาร *แอนนาเลนเดอร์ฟิสิค (Annalen der Physik)* บทความแรกมีการพิสูจน์ว่าอะตอมมีอยู่จริง และคำนวณขนาดของมันเพื่อตอบคำถามที่ตั้งขึ้นโดยลูคิปปัสและเดโมคริตุสเมื่อยี่สิบสามศตวรรษก่อนหน้า



รูป 1.4 ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน

ชื่อของชายหนุ่มผู้นี้คือ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์

เขาทำได้อย่างไร ไอเดียนั้นเรียบง่ายเกินคาด ใครๆก็สามารถคิดได้ นับแต่ยุคของเดโมคริตุสเป็นต้นมา หากคนคนนั้นมีความเฉียบแหลมและเก่งคณิตศาสตร์

พอจะทำการคำนวณที่ไม่ง่ายได้ ไอเดียคือ หากเราเฝ้าสังเกตอนุภาคเล็กมาก ๆ เช่น เม็ดฝุ่นหรือเมล็ดละอองเกสรที่ลอยอยู่ในอากาศหรือของเหลว เราจะมองเห็นมันสั่นไหวและเต้นเร่า ด้วยการสั่นไหวเช่นนี้พวกมันจะลอยล่องไปแบบสุ่ม แบบซิกแซ็ก และค่อย ๆ เคลื่อนออกจากจุดตั้งต้นของมันไปเรื่อย ๆ การเคลื่อนที่ของอนุภาคในของไหลนี้เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian motion) เพื่อเป็นเกียรติแก่โรเบิร์ต บราวน์ นักชีววิทยาผู้บรรยายถึงปรากฏการณ์นี้อย่างละเอียดในศตวรรษที่สิบเก้า ตัวอย่างเส้นทางของอนุภาคที่เต้นเร่าไปมาในรูปแบบนี้ถูกแสดงในรูป 1.4 เหมือนว่าอนุภาคเล็ก ๆ นี้ถูกชนอย่างสุ่มจากทุกทิศทุกทาง ซึ่งมันก็ถูกชนจริง ๆ ไม่ใช่ 'เหมือนกับว่า' ถูกชน มันสั่นไหวไปมาเพราะมันถูกชนโดยโมเลกุลแต่ละโมเลกุลในอากาศ ซึ่งเข้าชนกับอนุภาค บางทีจากทางขวา บางทีจากทางซ้าย

ประเด็นที่ลึกซึ้งคือ มีโมเลกุลอยู่เป็นจำนวนมหาศาลในอากาศ โดยเฉลี่ยแล้วเมล็ดละอองจะถูกชนจากทางซ้ายเท่า ๆ กับทางขวา ถ้าโมเลกุลของอากาศมีขนาดเล็กไม่สิ้นสุดและมีจำนวนเป็นอนันต์แล้ว ผลของการชนจากทางขวาและทางซ้ายจะหักกลบลบกันพอดี ณ แต่ละขณะเวลา และเมล็ดละอองก็จะไม่เคลื่อนที่ แต่หากโมเลกุลมีขนาดจำกัด และการที่มันมีจำนวน *จำกัด* ไม่ใช่อนันต์ ทำให้มี *การกระเพื่อม* (fluctuations นี่คือคำสำคัญ) ซึ่งทำให้การหักกลบลบกันไม่ *สมบูรณ์แบบ* พวกมันแค่หักล้างกัน *โดยเฉลี่ย*

จินตนาการว่าหากมีโมเลกุลจำนวนน้อยมากและมีขนาดใหญ่มาก เมล็ดละอองจะถูกชนเพียงครั้งคราว ตอนนี้จากทางขวา เดี๋ยวต่อมาจากทางซ้าย ระหว่างการชนแต่ละครั้งมันจะเคลื่อนที่ไปที่นั่นที่นี่ ด้วยระยะทางที่มากเหมือนลูกฟุตบอลที่โดนเด็ก ๆ เตะไปมารอบสนาม ในทางกลับกัน หากยิ่งโมเลกุลมีขนาดเล็ก ระยะห่างและการหักล้างระหว่างการชนแต่ละครั้งจากทุกทิศทางก็จะดีขึ้น หักกลบลบกันหมดจดมากขึ้น และเมล็ดละอองก็จะเคลื่อนที่น้อยลง

มันเป็นไปได้ที่จะคำนวณย้อนจากปริมาณการเคลื่อนที่ของเมล็ดละอองที่สังเกตได้ กลับไปสู่ขนาดของโมเลกุล โดยใช้คณิตศาสตร์เพียงเล็กน้อย ไอน์สไตน์ทำการคำนวณนี้ในวัยยี่สิบห้าปีดังที่ผมได้กล่าวมาแล้ว จากผล

สังเกตการณ์เมล็ดละอองเกสรลอยเลื่อนในของไหลต่าง ๆ และจากการวัดว่าเมล็ดเหล่านี้ 'ลอยเลื่อน' ไปเท่าใด นั่นคือลอยออกไปห่างจากตำแหน่งเดิมเท่าใด เขาสามารถคำนวณขนาดอะตอมของเดโมคริตุส อันเป็นก้อนเม็ดมูลฐานซึ่งประกอบเป็นสสารออกมาได้ หลังจากระยะเวลา 2,300 ปี เขาพิสูจน์ถึงความแม่นตรงในวิสัยทัศน์ของเดโมคริตุส : สสารมีลักษณะเป็นเม็ด ๆ

ธรรมชาติของสรรพสิ่ง

ผลงานแสนประเสริฐของลูเครติอุสจักยืนยง
จวบจนวันที่โลกสูญสลายตายจาก
– โอวิด (Ovid)[16]

ผมมักคิดว่าการสูญเสียงานเดโมคริตุสไปจนหมดสิ้น[17] เป็นโศกนาฏกรรมทางปัญญาที่เลวร้ายที่สุดอันเป็นผลมาจากการล่มสลายของอารยธรรมคลาสสิกยุคโบราณ ลองดูรายการงานเขียนของเขาในฟุตโน้ตดูครับ มันเป็น

[16] *Amores* (Love Poems), I, 15, 23 - 24.

[17] รายการงานเขียนของเดโมคริตุสทั้งหมดตามหัวข้อเรื่องที่ระบุโดยดิโอเจเนส ลาเออทิอุส (Diogenes Laertius) *Great Cosmology (เอกภพวิทยาฉบับใหญ่); Little Cosmology (เอกภพวิทยาฉบับเล็ก); Cosmography (ภูมิศาสตร์เอกภพ); On the Planets (ว่าด้วยดาวเคราะห์); On Nature (ว่าด้วยธรรมชาติ); On Human Nature (ว่าด้วยธรรมชาติมนุษย์); On Intelligence (ว่าด้วยสติปัญญา); On the Senses (ว่าด้วยผัสสะ); On the Soul (ว่าด้วยจิตวิญญาณ); On Flavours (ว่าด้วยรส); On Colour (ว่าด้วยสีสัน); On Diverse Movements of Atoms (ว่าด้วยการเคลื่อนไหวหลายหลากของอะตอม); Of Changes in Shape (ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงในรูปทรง); The Causes of Celestial Phenomena (เหตุแห่งปรากฏการณ์ฟากฟ้า); The Causes of Atmospheric Phenomena (เหตุแห่งปรากฏการณ์ภูมิอากาศ); On Fire and On Things in Fire (ว่าด้วยไฟและสิ่งติดไฟ); The Causes of Acoustic Phenomena (เหตุแห่งปรากฏการณ์เชิงเสียง); Concerning the Magnet (เกี่ยวกับแม่เหล็ก); The Causes of Seeds, Plants and Fruits (เหตุแห่งเมล็ดพันธุ์ พืชพรรณและผลไม้); On Animals (ว่าด้วยสัตว์); A Description of the Sky (บรรยายท้องฟ้า);*

การยากที่จะไม่รู้สึกสิ้นหวังอย่างรุนแรง ลองจินตนาการว่าเราได้สูญเสียความคิดความเชื่อทางวิทยาการของยุคโบราณไปมากมายเพียงไร แต่เรากลับมีข้อเขียนของอาริสโตเติลเหลืออยู่ครบ ซึ่งอารยธรรมตะวันตกใช้มันก่อร่างสร้างตัวขึ้นมาโดยไม่ได้ใช้อะไรของเดโมคริตุสเลย บางทีในทางกลับกันหากงานของเดโมคริตุสเหลืออยู่ครบถ้วนโดยไม่เหลืองานของอาริสโตเติลอยู่เลยละก็ อารยธรรมของเราอาจดีกว่าที่เป็นมา...

แต่เวลาหลายศตวรรษแห่งอิทธิพลของลัทธิเอกเทวนิยม (monotheism) หรือลัทธิที่เชื่อว่ามีพระเจ้าองค์เดียว ทำให้ลัทธิธรรมชาตินิยมของเดโมคริตุส

Geography (ภูมิศาสตร์); A Description of the Pole (บรรยายขั้วโลกและขั้วฟ้า); On Geometry (ว่าด้วยเรขาคณิต); Geometrical Reality (ความจริงทางเรขาคณิต); On the Tangents of the Circle and the Sphere (ว่าด้วยเส้นสัมผัสวงกลมและทรงกลม); Numbers (จำนวน); On Irrational Lines and Solids (ว่าด้วยเส้นอตรรกยะและทรงตัน); Projections (การฉายเงา); Astronomy (ดาราศาสตร์); Astronomical Table (ตารางทางดาราศาสตร์); On Rays of Light (ว่าด้วยรังสีแสง); On Reflected Images (ว่าด้วยภาพสะท้อน); On Rhythm and Harmony (ว่าด้วยจังหวะและความสอดประสาน); On Poetry (ว่าด้วยบทกวี); On the Beauty of Songs (ว่าด้วยความสวยงามของบทเพลง); On Euphony and Cacophony (ว่าด้วยเสียงไพเราะและเสียงขรม); Concerning Homer (เกี่ยวกับโฮเมอร์) หรือที่เกี่ยวกับการใช้ถ้อยคำที่ถูกต้องในมหากาพย์ (Correct Epic Diction); The Science of Medicine (วิทยาการทางการแพทย์); On Agriculture (ว่าด้วยเกษตรกรรม); On Words (ว่าด้วยถ้อยคำ); On Names (ว่าด้วยชื่อ); On Values (ว่าด้วยคุณค่า) หรือว่าด้วยคุณงามความดี (On Virtue); On the Disposition which Characterizes the Wise (ว่าด้วยอุปนิสัยของคนฉลาดประเภทต่าง ๆ); On Paintings (ว่าด้วยภาพวาด); A Treatise on Tactics (ตำราว่าด้วยกลยุทธ์); Circumnavigation of the Ocean (การท่องมหาสมุทรรอบโลก); On History (ว่าด้วยประวัติศาสตร์); The Thought of Chaldea (ความคิดความรู้ของชาวคาลเดีย); The Thought of the Phrygians (ความคิดความรู้ของชาวฟรีเจียนส์); On the Sacred Writings of Babylon (ว่าด้วยงานเขียนศักดิ์สิทธิ์ของชาวบาบิโลน); On the Sacred Writings of the Meroe (ว่าด้วยงานเขียนศักดิ์สิทธิ์ของชาวเมอโร); On Fevers and the Coughs Deriving from Illness (ว่าด้วยไข้และไอจากโรคภัย); On Aporiae (ว่าด้วยอโพเรีย – อโพเรียคือสภาวะที่หาข้อสรุปไม่ได้เชิงปรัชญา – ผู้แปล); Legal Questions (คำถามทางกฎหมาย); Pythagoras (พีทาโกรัส); On Logic (ว่าด้วยตรรกะ) หรือว่าด้วยระเบียบวิธีคิด (Criterion of Thought); Confirmations (การตรวจสอบยืนยัน); Points of Ethics (ประเด็นทางจริยศาสตร์); On Well-being (ว่าด้วยการกินดีอยู่ดี)

ไม่เหลือรอด การปิดสำนักยุคโบราณเช่นในกรุงเอเธนส์และอะเล็กซานเดรีย การตั้งหน้าตั้งตาทำลายข้อเขียนทั้งหมดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดคริสเตียนอย่างเป็นระบบและกว้างขวาง ในห้วงเวลาแห่งการกดขี่คนไม่นับถือศาสนาอย่างโหดร้ายทารุณ นับตั้งแต่ประกาศิตของจักรพรรดิธีโอดอซิอุส (Theodosius) ซึ่งประกาศไว้ในปี 390 - 391 ว่าศาสนาคริสต์ต้องเป็นศาสนาหนึ่งเดียวที่ทุกคนนับถือในอาณาจักร เพลโตและอาริสโตเติลไร้ศาสนาแต่เชื่อในความเป็นอมตะของจิตวิญญาณ หรือเชื่อในการดำรงอยู่ของผู้ขับเคลื่อนองค์แรกชาวคริสต์ซึ่งเป็นผู้มีชัยในยุคนั้นจึงยอมให้แนวคิดพวกเขาคงเหลืออยู่ได้ แต่ไม่ใช่แนวคิดของเดโมคริตุส

ทว่าข้อเขียนชิ้นหนึ่งเหลือรอดจากหายนะและได้มาถึงยุคของเราอย่างครบถ้วน ผ่านทางข้อเขียนชิ้นนี้ เราเรียนรู้เพียงน้อยนิดเกี่ยวกับแนวคิดอะตอมยุคโบราณ และเหนือสิ่งอื่นใด เราได้เรียนรู้จิตวิญญาณของวิทยาศาสตร์รูปแบบนั้น บทกวีอันหมดจดงดงาม *De rerum natura (The Nature of Things – ธรรมชาติแห่งสรรพสิ่ง* หรือ *On the Nature of the Universe – ว่าด้วยธรรมชาติแห่งเอกภพ)* โดยกวีละตินนามลูเครติอุส (Lucretius)

ลูเครติอุสยึดถือปรัชญาของเอปิคุรุส (Epicurus) ศิษย์ของศิษย์แห่งเดโมคริตุส เอปิคุรุสสนใจในปัญหาทางจริยศาสตร์มากกว่าปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และไม่ได้มีความลึกซึ้งเท่ากับเดโมคริตุส บางครั้งเขาแปลงานเขียนแนวคิดอะตอมของเดโมคริตุสแบบผิวเผิน แต่วิสัยทัศน์ต่อธรรมชาติของเขาคล้ายคลึงนักปราชญ์ผู้ยิ่งใหญ่แห่งแอบเดร่าอย่างมาก ลูเครติอุสเรียงร้อยถ้อยคำประพันธ์บรรยายแนวคิดของเอปิคุรุสและแนวคิดอะตอมของเดโมคริตุส และด้วยเหตุนี้บางส่วนของปรัชญาอันลึกซึ้งจึงเหลือรอดจากการทำลายล้างทางปัญญาในยุคมืดมาได้ ลูเครติอุสขับร้องถึงอะตอม ทะเล ท้องฟ้า และธรรมชาติ เขาบรรยายคำถามทางปรัชญา แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ข้อเหตุผลอันลึกซึ้งเอาไว้ในโคลงกลอนอันเจิดจ้า

> ...ข้าจักอธิบายว่าแรงใดในโลกหล้าผลักขับตะวันไปตามทางของตะวัน แลดวงจันทร์ไปตามเส้นทางของจันทร์ เพื่อเราจัก

> มิต้องสมมติว่า มันสองดวงตะบึงแข่งทุกขวบปีไปสวรรค์แลกลับสู่โลกตามแต่ใจปรารถนา...หรือมันถูกกลิ้งไสไปด้วยเหตุผลแห่งพระผู้เป็นเจ้า...[18]

ความสวยงามของโคลงบทนี้อยู่ที่ความรู้สึกฉงนฉงายในมุมมองอะตอมอันรุ่มรวย ความรู้สึกถึงความเป็นหนึ่งเดียวของสรรพสิ่งที่ได้จากความรู้ที่ว่าเราประกอบมาจากสารสาระชนิดเดียวกันกับดวงดาวและท้องทะเล

> ...เราทั้งหลายล้วนเกิดจากเมล็ดพันธุ์แห่งสรวงสวรรค์ ทุกสิ่งมาจากบิดาเดียวกัน ที่ซึ่งพระมารดาโลกอันโอบอุ้มได้รับหยาดหยดแห่งความชื้นเปียกที่พร่างพรมลงมา เธอจึงปฏิสนธิและให้กำเนิดพืชพรรณ แย้มสรวลแลต้นไม้ดกดื่น แก่มนุษยชาติแลสิงสาราสัตว์ทั้งมวล เธอคือผู้ให้อาหารที่เราดื่มกิน เติบโตดำรงชีพอันแสนสุข และเปลี่ยนแปรเชื้อพันธุ์แห่งตน...[19]

มีความเงียบสงบและเยือกเย็นปลอดโปร่งอยู่ในโคลงบทนี้ อันเป็นผลมาจากความเข้าใจว่าไม่มีพระผู้เป็นเจ้าที่เรียกร้องสิ่งยากเย็นต่าง ๆ จากเราและลงโทษเราตามอำเภอใจ มีความปีติยินดีอันเริงร่าและเร้าระรัว เริ่มจากบทเปิดอันยอดเยี่ยม อุทิศแก่ดาวศุกร์วีนัส สัญลักษณ์อันสุกสกาวของแรงสรรค์สร้างแห่งธรรมชาติ

> จากเบื้องหน้าเจ้า ลมตีจาก และเมื่อเจ้ามาถึง หมู่เมฆผละจากฟากฟ้า แด่เจ้า มหาสมุทรหยุดเฮฮา ท้องฟ้าสงบเย็นแลเปล่งประกายแผ่ผ่าน[20]

---

[18] Lucretius, *On the Nature of the Universe,* trans. E.A. Latham, (Harmondsworth, Penguin, 1951), หน้า 173.

[19] จากแหล่งเดียวกัน หน้า 89

[20] จากแหล่งเดียวกัน หน้า 27

ในโคลงเรารู้สึกได้ถึงความยอมรับอย่างลึกซึ้งในชีวิตที่เราเองก็ถือเป็นส่วนหนึ่ง :

> เจ้ามิเห็นหรือว่าธรรมชาตินั้นโหร้องก้องเพียงสองสิ่ง ร่างกายอันปราศจากความเจ็บปวด กับจิตใจอันสิ้นพันธนาการจากความกังวลและความกลัว ที่จะยินดีกับรสสัมผัสอันรื่นรมย์[21]

และก็ยังรู้สึกถึงได้ถึงการน้อมยอมรับอย่างสงบในความหลีกเลี่ยงไม่ได้ของความตาย ซึ่งหักล้างความเลวร้ายทุกประการและไม่มีอะไรน่ากลัวสำหรับลูเครติอุส ศาสนาคือความเขลา เหตุผลคือคบเพลิง นำมาซึ่งความสว่างรู้แจ้ง

งานเขียนของลูเครติอุสที่ถูกลืมเป็นเวลาหลายร้อยปีได้ถูกค้นพบในเดือนมกราคม ปี 1417 โดยนักมานุษยวิทยา พอกจิโอ แบรคจิโอลินี (Poggio Bracciolini) ในห้องสมุดของอารามแห่งหนึ่งในประเทศเยอรมนี พอกจิโอเคยเป็นเลขานุการของพระสันตะปาปาหลายพระองค์และเป็นนักสะสมหนังสือโบราณตัวยง ในสมัยหลังจากที่ฟรานเชสโก เพทราค (Francesco Petrarch) ค้นพบงานเขียนสำคัญที่สูญหายหลายต่อหลายครั้ง การค้นพบงานเขียนของควินทิเลียน (Quintilian) นำไปสู่การปรับปรุงการศึกษาทางกฎหมายในสถาบันการศึกษาทั่วทั้งยุโรป การค้นพบงานเขียนทางสถาปัตยกรรมของวิทรูเวียส (Vitruvius) เปลี่ยนแปลงวิธีออกแบบและก่อสร้างตึกรามอันสวยงาม แต่ผลงานชิ้นเอกของเขาคือการค้นพบงานเขียนของลูเครติอุส สมุดบันทึกดั้งเดิมของการค้นพบโดยพอกจิโอนั้นสูญหายไปแล้ว แต่สำเนาที่คัดลอกโดยสหาย นิคโคโล นิคโคลี [Niccolo Niccoli ปัจจุบันรู้จักกันในชื่อ บันทึกเลาเรนซิอาโน่ (Codex Laurenziano) 35.30] ยังคงถูกเก็บรักษาในสภาพสมบูรณ์ ในหอสมุดประวัติศาสตร์เลาเรนเทียน (Biblioteca Laurenziana) กรุงฟลอเรนซ์

[21] จากแหล่งเดียวกัน หน้า 60

ฐานรากถูกตระเตรียมมาอย่างดีแล้วสำหรับสิ่งใหม่ๆ ตอนที่พอกจิโอมอบงานเขียนของลูเครติอุสคืนแก่ชาวโลก ตั้งแต่ยุคของดันเตแล้วที่เราสามารถสดับบางสำเนียงที่เพี้ยนต่างออกไปได้

ดวงเนตรท่านแทงผ่านกลางใจข้า
เร้าปลุกความรู้สึกนึกคิดสนิทเร้น
บัดนี้ข้าสิ้นคิดทุรนทุราย
ด้วยความรักเสน่หากระชากฉีกชีวาวาย[22]

แต่การค้นพบงานเขียน *De rerum natura* ส่งผลกระทบอย่างลึกล้ำกว้างขวางต่อยุคฟื้นฟูศิลปวิทยาการของอิตาลีและยุโรป[23] และเสียงสะท้อนก้องกังวานของมัน ไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม ปรากฏอยู่ในงานเขียนของนักเขียนหลายต่อหลายคน ตั้งแต่กาลิเลโอ, เคปเลอร์, เบคอน ไปจนถึงมาคิอาเวลลี ในงานของเชกสเปียร์ หนึ่งศตวรรษหลังจากพอกจิโอ อะตอมก็ปรากฏขึ้นอย่างน่ายินดี

โอ เมอร์คูติโอ แล้วข้าก็เห็นราชินีแม็บอยู่กับท่าน :
นางหมอตำแยของเทวภูต และนางปรากฏ
ในทรงรูปที่ไม่ใหญ่ไปกว่าเม็ดหินสี
บนนิ้วชี้ของเทศมนตรี
ถูกดึงลากด้วยทีมอะตอมเล็กๆ
ไปตามจมูกยามนิทรา...[24]

---

[22] Guido Cavalcanti, *Rime.,* trans. Leonard Cottrell

[23] สำหรับเนื้อหาการค้นพบงานเขียนของลูเครติอุสและผลกระทบต่อวัฒนธรรมยุโรป ดู Stephen Greenblatt, *The Swerve: How the World Became Modern* (New York, Norton, 2011)

[24] William Shakespeare, *Romeo and Juliet,* 1.4, 55 - 60, *Complete Works,* eds. Jonathan Bate and Eric Rassmussen (London, Macmillan/The Royal Shakespeare Company, 2007), p. 1690.

งาน *Essays (รวมเรียงความ)* ของมงตาญ (Montaigne) มีการอ้างอิงถึงข้อความอย่างน้อยหนึ่งร้อยข้อความจากลูเครติอุส แต่อิทธิพลโดยตรงของลูเครติอุสแผ่ขยายไปถึงนิวตัน, ดาลตัน, สปิโนซา, ดาร์วิน จวบจนไปถึงไอน์สไตน์ แนวคิดของไอน์สไตน์ที่ว่า การดำรงอยู่ของอะตอมถูกเผยให้ประจักษ์โดยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนของอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ในของไหล อาจสืบย้อนกลับไปถึงลูเครติอุส ต่อไปนี้คือข้อความที่ลูเครติอุส 'พิสูจน์ชัดแจ้ง' ถึงแนวคิดของอะตอม

> กระบวนการนี้มองเห็นได้ในภาพที่ปรากฏต่อหน้าต่อตาเราอยู่เนืองนิจ สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นเมื่อลำแสงจากดวงอาทิตย์สาดไปยังอาคารและส่องเข้าไปยังบริเวณที่มีเงา คุณจะเห็นอนุภาคเล็ก ๆ จำนวนมากล่องลอยเปะปะในที่ว่างภายในลำแสง ราวกับกำลังต่อสู้ชิงชัยกับปรปักษ์อย่างไม่หยุดหย่อน ศึกแล้วศึกเล่าเดี๋ยวปรองดองเดี๋ยวแตกแยก จากปรากฏการณ์นี้คุณจึงอาจจินตนาการถึงอะตอมว่าจะเป็นอย่างไรเมื่อถูกโยนไปมาในที่ว่างอันไม่สุดสิ้น อย่างไม่มีวันสิ้นสุด โดยคร่าว ๆ แล้วสิ่งเล็ก ๆ อาจทำให้เรามองเห็นภาพอันอาจไม่สมบูรณ์ของสิ่งใหญ่ ๆ ได้ นอกจากนี้ยังมีเหตุผลอื่นว่าทำไมคุณจึงควรสนใจอนุภาคที่กำลังเต้นไปมาในลำแสงอาทิตย์ การเริงระบำของมันแสดงถึงการเคลื่อนที่ของสสารที่เรามองไม่เห็น คุณจะมองเห็นอนุภาคจำนวนมากมายถูกชนโดยสิ่งที่มองไม่เห็น เปลี่ยนทิศทางและกระเด็นไปในเส้นทางต่าง ๆ ทางนั้นทางนี้ในทุกทิศทุกทาง คุณต้องเข้าใจว่าพวกมันเต้นไม่หยุดหย่อนเช่นนี้เพราะอะตอมมันเริ่มจากอะตอมที่ขับเคลื่อนตัวเอง แล้ววัตถุขนาดเล็กมาก ๆ ที่ไวต่อการชนของอะตอมที่สุดก็จะถูกชนโดยอะตอม ให้เคลื่อนที่โดยการชนที่ตามองไม่เห็น และมันก็จะไปชนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอีกต่อเนื่องกันไป ดังนั้นการเคลื่อนที่จึงสะสมขึ้นไปจากระดับอะตอมและค่อยปรากฏต่อระดับผัสสะของเรา

ดังนั้นวัตถุที่เรามองเห็นเต้นไปมาในลำแสงอาทิตย์จึงถูกขับเคลื่อนโดยการชนที่เรามองไม่เห็น[25]

ไอน์สไตน์นำ 'การพิสูจน์ชัดแจ้ง' ที่นำเสนอโดยลูเครติอุสและน่าจะคิดขึ้นโดยเดโมคริตุสนี้กลับมาใหม่ และทำให้มันมีรากฐานมั่นคงโดยแปลไปสู่ภาษาคณิตศาสตร์ และจึงสามารถคำนวณหาขนาดของอะตอมได้

ศาสนจักรนิกายคาทอลิกพยายามหยุดลูเครติอุส ในการประชุมสงฆ์กรุงฟลอเรนซ์เดือนธันวาคม ปี 1516 ศาสนจักรสั่งห้ามการอ่านข้อเขียนของลูเครติอุสในโรงเรียน ในปี 1551 สภาเทรนท์แบนงานของเขา แต่มันสายไปแล้ว วิสัยทัศน์ต่อโลกที่ถูกกวาดล้างไปโดยคริสเตียนหัวรุนแรงสุดโต่งในยุคกลางได้ถือกำเนิดขึ้นใหม่ในยุโรปและได้เบิกเนตรยุโรปขึ้นอีกครั้ง ไม่เพียงแต่ลัทธิเหตุผลนิยม ลัทธิปฏิเสธพระเจ้า และวัตถุนิยมของลูเครติอุสเท่านั้นที่ถูกนำเสนอใหม่ในยุโรป มันไม่ได้เป็นเพียงการทำสมาธิจดจ่ออย่างสะอาด สว่าง สงบในความงดงามของธรรมชาติเท่านั้น มันไปไกลกว่านั้นมาก มันเป็นโครงสร้างระบบความคิดอันซับซ้อนและชัดเจนเกี่ยวกับความเป็นจริง เป็นวิธีคิดแบบใหม่อันแตกต่างอย่างถึงรากจากวิธีคิดแบบยุคกลางที่เคยเป็นมาหลายศตวรรษ[26]

เอกภพยุคกลางที่ได้รับการสรรเสริญอย่างยิ่งในงานเขียนของดันเตถูกตีความบนพื้นฐานของระบบแบบลำดับชั้นของเอกภพ ซึ่งสะท้อนถึงโครงสร้างชนชั้นของสังคมยุโรป ในลักษณะเช่นเดียวกับโครงสร้างเอกภพ

---

[25] *On The Nature of the Universe,* pp. 63 - 64.

[26] ปิเออร์จิออร์จิโอ โอดิเฟรดดี (Piergiorgio Olifreddi) ได้ตีพิมพ์งานแปลของลูเครติอุสพร้อมความคิดเห็นประกอบที่เหมาะสำหรับใช้ในโรงเรียน [*Come stanno le cose. Il mio Lucrezio, la mia Venere (ธรรมชาติของสรรพสิ่ง ลูเครติอุสของฉัน วีนัสของฉัน),* (Milan, Rizzoli, 2013)] มันจะยอดเยี่ยมมากหากโรงเรียนต่างๆ นำเอาหนังสือเล่มนี้ไปใช้และหากถ้อยความอันจับใจนี้ได้เป็นที่รู้จักกันมากขึ้น การอ่านงานเขียนของนักเขียนที่ตรงกันข้ามกับของโอลิเฟรดดีมีในงานของ V.E. Alfieri ใน *Lucrezio (ลูเครติอุส),* (Florence, Le Monnier, 1929) และเน้นถึงคุณภาพเชิงกวีอันแหลมคมของงาน ซึ่งนำไปสู่การตีความที่สูงส่งแต่ขมขื่นเกี่ยวกับบุคลิกภาพของลูเครติอุส

ทรงกลมมีโลกเป็นศูนย์กลาง แบ่งแยกโลกออกจากสวรรค์อย่างไม่อาจเป็นอื่น คำอธิบายเชิงอุปมาต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติมีลักษณะเบ็ดเสร็จไม่อาจโต้แย้ง ความหวาดกลัวต่อพระเจ้า ความกลัวตาย ความสนใจน้อยนิดต่อธรรมชาติ แนวคิดว่ารูปแบบ[27] กำหนดโครงสร้างของธรรมชาติ ไม่ใช่วัตถุ แนวคิดที่ว่าแหล่งความรู้มีอยู่เพียงในอดีต อยู่ในธรรมเนียมและอภินิหาร...

ไม่มีสิ่งเหล่านี้เลยในโลกของเดโมคริตุสที่พรรณนาโดยลูเครติอุส ไม่มีความกลัวพระเจ้า เทพยดาฟ้าดิน ไม่มีจุดสิ้นสุดหรือเป้าประสงค์แห่งธรรมชาติ ไม่มีลำดับชั้นทางเอกภพ ไม่มีการแบ่งแยกระหว่างโลกและสรวงสวรรค์ มีเพียงความรักอย่างลึกล้ำในธรรมชาติ มีเพียงการผสานอย่างรื่นรมย์เข้ากับธรรมชาติ มีการตระหนักรู้ว่าเราเป็นส่วนหนึ่งของมันอย่างแยกไม่ออก ระหว่างชาย หญิง สัตว์ พืชพรรณ และเมฆา เป็นสายใยอินทรีย์แห่งเอกภาพอันน่าอัศจรรย์ทั้งมวล หากปราศจากลำดับชนชั้น มีเพียงความรู้สึกถึงความเป็นสากลอันลึกล้ำในถ้อยคำอันงดงามหมดจดของเดโมคริตุสที่ว่า

> 'แด่ผู้เปี่ยมปัญญา โลกหล้าทั้งมวลนั้นเปิดกว้าง เพราะแหล่งแห่งหนอันแท้จริงของจิตวิญญาณบริสุทธิ์นั่นแล คือเอกภพทั้งมวล'[28]

เรายังมีความปรารถนาที่จะคิดถึงธรรมชาติในรูปแบบที่เรียบง่าย ต้องการสืบค้นและเข้าใจความลับของธรรมชาติ ต้องการจะรู้ให้มากกว่าที่พ่อแม่ของเรารู้ และเราก็มีเครื่องมืออันเป็นแนวคิดมหัศจรรย์ที่กาลิเลโอ, เคปเลอร์ และนิวตันจะสรรค์สร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้น แนวคิดของการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในอวกาศ แนวคิดของวัตถุมูลฐานและอันตรกิริยาของมันที่

---

[27] form แนวคิดของเพลโตว่าความเป็นจริงไม่ใช่วัตถุ แต่เป็นรูปแบบหรือแบบของแนวคิดในโลกแห่งมโนคติ – ผู้แปล

[28] H. Diels and W. Kranz, eds., *Die Fragmente der Vorsokratiker* (ก่อนโสกราตีส: เนื้อหาบางส่วน), (Berlin, Weidmann, 1903), 68 b 247.

ธรรมชาติทั้งมวลกอปรขึ้น แนวคิดของอวกาศที่บรรจุธรรมชาติทั้งมวลเอาไว้

แล้วก็มีแนวคิดง่าย ๆ ว่าสิ่งต่าง ๆ สามารถแบ่งแยกได้ไม่สิ้นสุด ลักษณะอันเป็นเมล็ดของธรรมชาติ แนวคิดที่หยุดความเป็นอนันต์ไว้ระหว่างปลายนิ้วของเรา แนวคิดนี้เป็นรากฐานของสมมติฐานอะตอม แต่ต่อมามันกลับมาใหม่ด้วยแรงเสริมจากกลศาสตร์ควอนตัม และปัจจุบันก็พิสูจน์ตัวเองแล้วว่าเป็นประโยชน์และใช้งานได้ดีเป็นอย่างยิ่งในฐานะแกนหลักสำคัญแห่งควอนตัมความโน้มถ่วง

คนแรกที่ทำให้ตัวต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาในยุคฟื้นฟูศิลปวิทยาการผสานเข้าเป็นหนึ่งเดียว คนแรกที่กอบกู้วิสัยทัศน์เดโมคริตุสและเสริมพลังจนแข็งแกร่งขึ้นมาก แล้ววางมันเป็นศูนย์กลางของแนวคิดสมัยใหม่ คือชายชาวอังกฤษผู้หนึ่ง นักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ที่สุดตลอดกาล และเป็นตัวเอกของบทต่อไป

ทดลองอ่าน