ปาฐกถาชุด "สิรินธร" ครั้งที่ ๗

เรื่อง "อเนกอนันตภพ"

โดย ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล

ปาฐกถาชุด "สิรินธร"

ครั้งที่ ๗

เรื่อง

"อเนกอนันตภพ"

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล

คำนำ

เมื่อปีพุทธศักราช ๒๕๒๐ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมเฉลิมพระอิสริยยศ สมเด็จพระเจ้าลูกเธอ เจ้าฟ้าสิรินธรรัตนราชสุดาฯ ขึ้นเป็นสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อเฉลิมฉลองศุภมงคลวโรกาสนั้น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจึงได้ก่อตั้งเงินทุนสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารีขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติในสมเด็จพระบรมราชกุมารี และทำนุบำรุงส่งเสริมการศึกษาและวิจัยในวิทยาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับอารยธรรมของชนชาวไทยและศิลปวัฒนธรรมไทย กิจกรรมของกองทุนนี้มีหลากหลาย ทั้งที่เป็นการให้ทุนส่งเสริมการวิจัย การให้เงินทุนอุดหนุนการพิมพ์หนังสือหรือตำราที่ทรงคุณค่า รวมตลอดทั้งจัดให้มีการปาฐกถาชุดสิรินธร อันหมายถึงปาฐกถาที่จัดขึ้นเพื่อเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยปาฐกผู้ทรงคุณวุฒิในศาสตร์ต่าง ๆ ที่อยู่ในความสนพระราชหฤทัย โดยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีเองทรงพระมหากรุณาพระราชทานปาฐกถาเรื่อง "วัดพระศรีรัตนศาสดาราม" เป็นประเดิมเมื่อวันที่ ๒๖ มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๒๕ พระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นเกล้าล้นกระหม่อมหาที่สุดมิได้

เมื่อวันที่ ๑๓ ธันวาคม พุทธศักราช ๒๕๓๔ คณะกรรมการบริหารเงินทุนสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้กราบเรียนเชิญ ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล มาแสดงปาฐกถาชุดสิรินธร ครั้งที่ ๗ เรื่อง "อเนกอนันตภพ" ณ ห้องประชุมสารนิเทศ หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงฟังปาฐกถาเรื่องนี้ด้วย

ปาฐกถาเรื่อง อเนกอนันตภพ ดังกล่าว เป็นปาฐกถาที่ทรงคุณค่าทางวิชาการ เพราะผู้เป็นปาฐกได้นำศาสตร์และศิลป์หลากหลายสาขาที่สั่งสมมาตลอดชีวิต มาวิเคราะห์จัดหมวดหมู่แสดงเหตุผลเชื่อมโยง และนำเสนอด้วยความลุ่มลึกกว้างขวาง สมภูมิปัญญาจัดว่าเป็นปาฐกถาที่งดงาม ชวนฟัง บริบูรณ์ด้วยอรรถะ สาระ ทุกประการ หากจะได้จัด

พิมพ์ปาฐกถาดังกล่าวขึ้นเผยแพร่ก็เห็นจะเป็นที่พอใจแก่ผู้ที่ได้รับไว้ศึกษาโดยทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจึงได้กราบเรียนขออนุญาตจาก ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล ผู้เป็นเจ้าของปาฐกถา เพื่อจัดพิมพ์เผยแพร่ ซึ่งก็ได้รับความกรุณาอนุญาต นับเป็นพระคุณอย่างสูงแก่มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเชื่อว่า ปาฐกถาเรื่อง อเนกอนันตภพ จักมีประโยชน์อำนวยวิทยาความรู้แก่ผู้สนใจใฝ่รู้โดยทั่วกัน

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์จรัส สุวรรณเวลา)

อธิการบดี

คำกราบบังคมทูลของอธิการบดี
ในการแสดงปาฐกถาชุด "สิรินธร" เรื่อง "อเนกอนันตภาพ"
โดย ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล
วันศุกร์ที่ ๑๓ ธันวาคม ๒๕๓๔ เวลา ๑๓.๓๐ น.
ณ ห้องประชุมสารนิเทศ หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอพระราชทานกราบบังคมทูลทราบฝ่าละอองพระบาท

เมื่อปีพุทธศักราช ๒๕๒๐ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อม เฉลิมพระอิสริยยศใต้ฝ่าละอองพระบาทขึ้นเป็น สมเด็จพระเทพรัตน-ราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อเฉลิมฉลองศุภมงคลวโรกาสนั้น จุฬาลงกรณ์มหา-วิทยาลัยอันเป็นสถาบันการศึกษาที่ใต้ฝ่าละอองพระบาทได้พระราชทานเกียรติยศอันสูงยิ่งแก่มหาวิทยาลัย โดยทรงเป็นสมเด็จเจ้าฟ้าจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ อัครราชกุมารี กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ พระองค์แรกในประวัติศาสตร์ จึงได้ก่อตั้งเงินทุนสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ขึ้น โดยสภาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้มีมติประเดิมทุนสำหรับเงินทุนกองนี้จำนวน ๑ ล้านบาท จัดทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ เมื่อรวมจำนวนเงินกับที่มีผู้บริจาคสมทบ และดอกผลหลังจากหักค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานแล้ว เงินทุนนี้มีเงิน ณ วันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๓๔ รวมทั้งสิ้น ๑๑,๔๖๔,๙๕๔.๙๖ บาท (สิบเอ็ดล้านสี่แสนหกหมื่นสี่พันเก้าร้อยห้าสิบสี่บาทเก้าสิบหกสตางค์) กองทุนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติในใต้ฝ่าละอองพระบาท ทำนุบำรุงส่งเสริมการศึกษา และวิจัยในวิทยาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับอารยธรรมของชนชาวไทย และศิลปวัฒนธรรมไทย กิจกรรมกองทุนนี้มีหลากหลาย ทั้งที่เป็นการให้ทุนส่งเสริมการวิจัย การให้เงินทุนอุดหนุนการพิมพ์หนังสือหรือตำราที่ทรงคุณค่า รวมตลอดทั้งจัดให้มีปาฐกถาชุดสิรินธร อันหมายถึงปาฐกถาที่จัดขึ้น เพื่อเฉลิมพระเกียรติในใต้ฝ่าละอองพระบาท ผู้ทรงเป็นสมเด็จพระบรมราชกุมารี โดยปาฐกผู้ทรงคุณวุฒิในศาสตร์ต่าง ๆ ที่อยู่ในความสนพระราชหฤทัย โดยทั้งที่ใต้ฝ่าละอองพระบาทเองได้ทรง

พระมหากรุณาพระราชทานปาฐกถาเรื่อง "วัดพระศรีรัตนศาสดาราม" เป็นประเดิม เมื่อวันที่ ๒๖ มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๒๕ พระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นเกล้าล้นกระหม่อมหาที่สุดมิได้ ในโอกาสต่อมา คณะกรรมการบริหารเงินทุนสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้กราบเรียนเชิญท่านผู้ทรงคุณวุฒิด้านอื่นมาแสดงปาฐกถาชุดสิรินธรไปแล้วโดยลำดับ รวมหกครั้ง

อนึ่ง ในปีพุทธศักราช ๒๕๓๔ นี้ คณะกรรมการบริหารเงินทุนสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ยังได้จัดกิจกรรมการแสดงปาฐกถาชุดปรีชาญาณสยามเพิ่มขึ้นอีกกิจกรรมหนึ่ง ปาฐกถาชุดดังกล่าวครั้งแรก เรื่อง "มหาธาตุ" บรรยายโดย รองศาสตราจารย์ นายแพทย์วิชัย โปษยะจินดา เมื่อวันที่ ๗ สิงหาคม ที่ผ่านมา ปรากฏว่าได้รับความสนใจจากผู้ฟังเป็นอย่างยิ่ง

ในวันนี้ นับเป็นปาฐกถาครั้งที่ ๗ ในปาฐกถาชุดสิรินธร โดยคณะกรรมการบริหารเงินทุนสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เห็นสมควรให้กราบเรียนเชิญ ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล มาบรรยายหน้าที่นั่ง เรื่อง "อเนกอนันตภพ" อันเป็นหัวข้อที่ปาฐกมีความสนใจและรอบรู้เชี่ยวชาญ จนมีเกียรติคุณเป็นที่ยกย่องในวงวิชาการไม่มีผู้ใดเสมอเหมือนผู้เป็นปาฐกอีกแล้ว ยิ่งไปกว่านั้น ปาฐกยังเป็นนักคิดนักเขียนผู้เรืองนาม จึงเป็นที่หวังว่าสรรพวิทยาความรู้ ที่จะเกิดมีขึ้นจากปาฐกถาเรื่องนี้ จักมีคุณประโยชน์ยิ่งแก่วงวิชาการ และผู้สนใจในด้านนี้สืบไป

ข้อหนึ่งที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยรู้สึกสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในใต้ฝ่าละอองพระบาทเป็นล้นพ้นก็คือ การที่ใต้ฝ่าละอองพระบาทได้ทรงพระเมตตาเสด็จพระราชดำเนินมาทรงฟังปาฐกถา ชุดสิรินธรนี้ทุกครั้งคราว แม้จะมีพระราชกรณียกิจเพิ่มพูนขึ้นหนักหนาเพียงใดก็ตาม พระมหากรุณาธิคุณและน้ำพระราชหฤทัยเยี่ยงนี้ย่อมเป็นที่ซาบซึ้งและเป็นสิริมงคลแก่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ที่เฝ้าชมพระบารมีอยู่ในที่นี้ยิ่งนัก

บัดนี้ ได้เวลาอันสมควรแล้ว ข้าพระพุทธเจ้าใคร่ขอพระราชทานพระราชานุญาตเบิก ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล แสดงปาฐกถา เรื่อง "อเนกอนันตภพ" ต่อไป

ด้วยเกล้าด้วยกระหม่อม

อเนกอนันตภพ

ศ.ดร. ระวี ภาวิไล

ขอพระราชทานกราบบังคมทูลทราบฝ่าละอองพระบาท

ข้าพระพุทธเจ้า ขอพระราชทานพระราชานุญาตแสดงปาฐกถาชุด "สิรินธร" เป็นครั้งที่ ๗ เรื่อง "อเนกอนันตภพ" หากมีการผิดพลาดบกพร่องหรือตื้นเขินประการใด ขอพระเมตตาคุณ พระกรุณาคุณ พระขันติคุณ พระราชทานอภัยแก่ข้าพระพุทธเจ้า ผู้มีสติปัญญาน้อยด้วย อนึ่งข้าพระพุทธเจ้า ขอพระราชทานพระราชานุญาตแสดงปาฐกถาต่อที่ประชุมนี้ โดยใช้ถ้อยคำในภาษาพูดของสามัญชน

นมัสการพระคุณเจ้า

ท่านผู้มีเกียรติทั้งหลาย

เรื่องที่กระผมจะได้บรรยายต่อไปนี้มีขอบเขตค่อนข้างกว้างขวาง แต่โดยที่เวลามีจำกัด กระผมจึงได้เตรียมเอกสารมาแจกด้วย เอกสารที่เย็บเป็นเล่มนี้มี ๕ ตอน คั่นโดยกระดาษสี

ตอนที่ ๑ เป็นเนื้อเรื่องที่ประสงค์จะกล่าวถึงในการบรรยายครั้งนี้คือเรื่อง "อเนกอนันตภพ"

ตอนที่ ๒ เรื่อง "จากบิ๊กเปรี้ยงถึงหลุมดำ" เป็นบทความซึ่งได้บรรยายแล้วในที่ประชุมของสำนักวิทยาศาสตร์แห่งราชบัณฑิตยสถานเมื่อต้นปีนี้ กระผมจัดมาเสนอไว้ด้วย เพราะเป็นความรู้พื้นฐานของสิ่งที่จะบรรยายในครั้งนี้

ตอนที่ ๓ เรื่อง "*สรรพธรรม* หรือ อสาร กาล อวกาศและเอกภพ" เป็นเรื่องที่นำเอาพระอภิธรรมมาพิจารณาเอกภพโดยเทียบเคียงกับทัศนะทางวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน เรื่องนี้แสดงว่า พระอภิธรรมมองโลก ชีวิตและเอกภพอย่างไร

ตอนที่ ๔ ได้คัดลอกจุฬนีสูตร และสุริยสูตร จากพระไตรปิฎกมาพิมพ์ไว้ แม้อาจไม่มีเวลาที่จะพิจารณาในการบรรยายนี้ ก็ขอฝากท่านผู้สนใจเพื่อนำไปใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าต่อไป

ในตอนสุดท้าย เป็นภาพซึ่งลอกมาจากวารสารทางวิทยาศาสตร์และทางดาราศาสตร์ แสดงถึงผลการวิจัยในปัจจุบันของผู้ที่ทำงานในเรื่องเอกภพในปัจจุบัน นำมาแสดงประกอบการบรรยาย และถือเป็นเอกสารอ้างอิง เพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

ผมขอเริ่มบรรยายโดยอาศัยภาพฉายสไลด์และโอเวอร์เฮดโปรเจคเตอร์ในลำดับต่อไปนี้ :

คำว่า **"เอกภพ"** เป็นศัพท์ดาราศาสตร์ แปลมาจากคำว่า "universe" ซึ่งหมายความถึงสภาวะทั้งหมดทั้งสิ้น มีความเป็นหนึ่งเดียว ไม่มีมากกว่าหนึ่ง ไม่เป็นสอง เป็นสภาวะซึ่งมีกฎธรรมชาติกำกับอยู่ และเป็นเรื่องทางสารวัตถุ หรือจะเรียกว่าเป็นสภาวะทางรูปธรรมก็ได้ ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์เป็นวิชาการฝ่ายสสารนิยม (materialism) คือเน้นความสำคัญของ **สสาร** หรือที่เราเรียกกันโดยทั่วไปว่า **วัตถุ** และถือว่าจิตสำนึกของมนุษย์สัตว์เป็นเพียงผลผลิตของสสาร จึงมีความสำคัญเป็นรอง นักวิทยาศาสตร์มองดูสิ่งทั้งหลายทั้งสิ้นซึ่งเป็นระบบสมบูรณ์ในตัวและเรียกว่า **เอกภพ** ว่ามีกฎธรรมชาติทางกายภาพ (physical law) กำกับอยู่ งานสำคัญของวิทยาศาสตร์ คือความพยายามที่จะเรียนรู้กฎธรรมชาติ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และเพื่อพยากรณ์สิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ในปริบทต่าง ๆ

ในปัจจุบันการศึกษาค้นคว้าทางดาราศาสตร์และจักรวาลวิทยา (cosmology) ได้ขยายตัวมาก เกิดมีทฤษฎีซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางเรียกว่า **ทฤษฎีบิ๊กเบรี้ยง** (The Big Bang Theory) เสนอว่า เอกภพดังที่ปรากฏให้รู้เห็นเช่นปัจจุบันมิใช่ว่าเคยมีมาเช่นนี้ตั้งแต่อดีตกาลแสนนานจนหยั่งไม่ถึง หากแต่ว่าได้อุบัติขึ้นในเหตุการณ์ที่เทียบได้กับ **การระเบิดมโหฬารที่สุด** อันยากที่ผู้ใดจะมีจินตนาการให้ถูกต้องได้ มันเป็นทั้งการระเบิดและการขยายตัวโป่งพองออกอย่างรวดเร็วเหลือประมาณ เหตุการณ์นี้คำนวณกันว่าได้เกิดขึ้นเมื่อประมาณ ๑๐,๐๐๐ ล้านปี ถึง ๒๐,๐๐๐ ล้านปีมาแล้ว ความไม่แน่นอนของการกำหนดจุดสำคัญนี้เป็นผลจากการที่เรายังไม่สามารถวัดระยะทางระหว่างดาราจักร

ของเอกภพได้แม่นยำเพียงพอ ในขั้นนี้เราอาจถือตัวเลขกลางว่าเอกภพอุบัติขึ้นเมื่อประมาณ ๑๕,๐๐๐ ล้านปีมาแล้ว

เราจะพิจารณาปรากฏการณ์ "บิ๊กเปรี้ยง" นี้โดยสังเขป ที่จุดเริ่มต้นแท้จริงคือเมื่อเวลาเป็นศูนย์ [t=0] นั้น ไม่อาจพิจารณาได้ เพราะอะไร ๆ ก็ยังไม่มี แต่นักจักรวาลวิทยาปัจจุบันก็ได้ใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์หยั่งเข้าไปใกล้จุดนั้นมากทีเดียว เราพอจะพูดอะไรได้ถึงสภาวะเมื่อเอกภพได้อุบัติขึ้นแล้ว $๑๐^{-๔๒}$ วินาที คือ ๐.๐๐๐... (มีเลข ๐ ๔๑ ตัว) ...๐๐๐๑ วินาที ขณะนั้นเอกภพมีขนาด ๐.๐๐๑ เซนติเมตร ขอให้ลองนึกถึงเม็ดฟองน้ำเล็กขนาดนั้นซึ่งคงจะต้องใช้แว่นขยายส่องดูจึงจะพอมองเห็นได้ แต่ว่าคงจะไม่มีใครเกิดขึ้นมาดูมันในขณะนั้น ซึ่งยังไม่มีอะไร ๆ แม้กระทั่งกาลอวกาศ (space-time) เกิดขึ้นภายนอกเม็ดนั้น มันคงจะต้องอัดแน่นมาก เพราะเป็นที่มาของสรรพสิ่งที่ปรากฏในปัจจุบันเป็นดาราจักร ดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ ฯลฯ รวมทั้งมนุษย์ สัตว์ พืช แร่ทั้งหมดทั้งสิ้นด้วย เขาคำนวณว่ามันมีความหนาแน่น $๑๐^{๙๗}$ กรัม/ลบ.ซม.! และมีอุณหภูมิ $๑๐^{๓๐}$ องศาเซลเซียส!!

ในสถานะของอุณหภูมิและความหนาแน่นเช่นนั้น มันมีทางเลือกทางเดียวคือต้องขยายตัวเองออกอย่างรวดเร็ว เป็นการระเบิด "บิ๊กเปรี้ยง" ความแตกต่างที่สำคัญประการหนึ่งของบิ๊กเปรี้ยงจากการระเบิดที่เรารู้จักกัน ซึ่งวัตถุขยายตัวออกในอวกาศซึ่งมีอยู่ก่อนแล้ว แต่ในบิ๊กเปรี้ยงนี้ ตัวเม็ดจิ๋วนั้นเองเป็นตัวกาลอวกาศที่ระเบิดขยายตัวออกสร้างทั้งกาลเวลาและอวกาศขึ้นพร้อมกันกับการสร้างเอกภพแห่งสสารและพลังงานขึ้น

เมื่อเวลาผ่านมาถึง $๑๐^{-๓๒}$ วินาที มันจะขยายตัวขึ้นหมื่นเท่า คือมีขนาด ๑๐ ซม. ความหนาแน่นลดลงเหลือ $๑๐^{๖๕}$ กรัม/ลบ.ซม. และเนื่องจากการขยายตัวนั้น อุณหภูมิก็จะลดลง ตั้งแต่นั้นมาเอกภพทารกซึ่งอุบัติขึ้นนี้ก็ขยายตัวออกเรื่อย ในขณะเดียวกันทั้งความหนาแน่นและอุณหภูมิก็ลดลงตามลำดับ มีขั้นตอนที่สสารเริ่มกลั่นตัวแยกออกจากพลังงานและก่อรูปเป็นดาราจักรและดาวฤกษ์ ฯลฯ

ในที่สุดเมื่อเวลาผ่านมาถึงขณะปัจจุบันที่เรากำลังประชุมกันอยู่นี้ เวลาได้ผ่านไป ๑๕,๐๐๐ ล้านปี หรือ $๑๐^{๑๗}$ วินาที อุณหภูมิ**เฉลี่ยของเอ**กภพลดลงเหลือประมาณ -๒๗๐ องศาเซลเซียส และความหนาแน่นเฉลี่ยเหลือเพียง $๑๐^{-๓๑}$ กรัม/ลบ.ซม. เป็นเอกภพ หรือโลกและชีวิตที่เรารู้เห็นกันอยู่

ขอเชิญท่านดูแผ่นฉายรายการนี้ ซึ่งแสดงสเกลของขนาดในโลกกายภาพ ระดับสเกลที่รู้จักกันในชีวิตประจำวันของชาวบ้าน วัดเป็น เซนติเมตร เป็นสิบเซนติเมตร หรือ $๑๐^{๑}$ เป็น ๑๐๐ ซม. หรือ $๑๐^{๒}$ หนึ่งเซนติเมตร คือ $๑๐^{๐}$ เล็กลงไปถึงขนาดของตัวเชื้อโรคเอดส์ คือ ขนาด $๑๐^{-๔}$ ซม. ขนาดเล็กลงไปอีกก็ถึงพวกที่เราเรียกว่า อะตอม ราว ๑/๑๐๐ ล้าน ซม. หรือ $๑๐^{-๘}$ ซม. แก่นกลางของอะตอมคือนิวเคลียสใหญ่ $๑๐^{-๑๓}$ ซม. เราเคยคิดกันว่าแก่นกลางของอะตอมไฮโดรเจนมันเล็กที่สุดแล้ว เดี๋ยวนี้นักฟิสิกส์กล่าวขวัญกันถึงเจ้าตัวเล็กว่านั้น ซึ่งขนานนามว่าเจ้าพวก **"ค๊วาก"** [quark] ซึ่งอาจไม่มีขนาดเลย อิเลกตรอนก็เหมือนกัน ไม่มีขนาดที่กำหนดวัดได้

เมื่อเราสาวต่อไปสู่ขนาดที่ยิ่งเล็กลงไปอีกก็ถึงภาวะที่ตัว "ที่ว่าง" หรือ "อวกาศ" เองนั้น มันไม่ราบเรียบอย่างที่เป็นอยู่ในระดับใหญ่กว่านั้นแล้ว ตัวอวกาศมันมีภาวะเป็นเม็ด ๆ หรือจะกล่าวว่าเป็นฟองก็ได้ ขอเปรียบเทียบว่า เมื่อเราบินสูงเหนือมหาสมุทรและมองลงไปนั้นดูคล้ายว่าพื้นผิวมหาสมุทรแสนจะราบเรียบ แต่เมื่อลงไปใกล้พื้นผิวจริง ๆ ก็จะพบว่ามันเต็มไปด้วยลูกคลื่น อวกาศก็เป็นฟองในสเกลเล็กมากเช่นกับที่มหาสมุทรเป็นคลื่นนั่นเอง

เคยมีนักฟิสิกส์คนหนึ่ง [ชื่อ แมกซ์ พลางค์ (Max Planck)] ได้เสนอไว้ว่า พลังงานที่ถ่ายเทกันในชีวิตประจำวันก็ดี ในเอกภพก็ดีนั้น ไม่ได้ไหลไปมาเหมือนสายน้ำลำธาร แต่ส่งรับกันเป็นเม็ด ๆ มีทั้งเม็ดใหญ่ เม็ดเล็ก ข้อเสนอของเขาเป็นการเริ่มต้นปฏิวัติความคิดรากฐานของวิชาฟิสิกส์ ทำให้เกิดฟิสิกส์ยุคใหม่ซึ่งนำมาใช้พิจารณาเรื่องของเอกภพในดาราศาสตร์ปัจจุบัน

ในยุคก่อนหน้านั้น ชื่อ นิวตัน (Issaac Newton) ดังมาก เราเข้าใจปรากฏการณ์ของเอกภพโดยอาศัยกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน แม้ในยุคจรวดเราก็ยังอาศัยทั้งกฎอันนี้และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันอีกน่ะแหละ คำนวณส่งจรวดออกสู่อวกาศและไปลงยังดวงจันทร์และดาวอังคารได้อย่างแม่นยำ

หันไปดูสเกลทางดาราศาสตร์บ้าง พวกดาวนี่มันขนาด $๑๐^{๑๐}$ ซม. ลองคิดดูว่าใหญ่แค่ไหน $๑๐^{๕}$ ซม. คือ ๑ กิโลเมตร ดังนั้น $๑๐^{๑๐}$ ซม. ก็คือ แสนกิโลเมตร เป็นขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นดาวฤกษ์สามัญดวงหนึ่ง เริ่มต้นตรงสเกลขนาดนี้ เราจะสาวต่อไปดูว่าดาราจักรใหญ่สักแค่ไหน ดาราจักรคือระบบดาวใหญ่ ซึ่ง

ประกอบด้วยดาวฤกษ์แสนล้านดวง [๑๐^{๑๑} ดวง] ดวงอาทิตย์ของเราเป็นเพียงสมาชิกแสนจะสามัญของดาราจักร หรือ "เมืองดาว" เมืองหนึ่งเท่านั้น

เมื่อต้องเผชิญกับระยะทางไกลมากระหว่างดาวฤกษ์ และระหว่างดาราจักร นักดาราศาสตร์ก็สร้างหน่วยวัดระยะทางใหม่ขึ้น โดยอาศัยความแน่นอนของความเร็วของแสงสว่างในสุญญากาศ หรือในอวกาศนั่นเอง ซึ่งความเร็วนี้มีค่า ๓๐๐,๐๐๐ ชม.ต่อวินาที เราเรียก **ระยะทาง** ที่แสงสว่างเดินไปได้ในอวกาศว่าเป็นระยะทาง ๑ วินาทีแสง แต่ว่าหน่วยนี้ก็ยังเล็กไป เราจึงตั้งหน่วยใหม่ที่ใหญ่กว่าคือ ๑ ปีแสง (light year) ซึ่งเท่ากับระยะทางที่แสงสว่างเดินทางไปได้ในหนึ่งปี จากการคำนวณง่าย ๆ จะพบว่า ๑ ปีแสงเท่ากับ ๙.๖ ล้านล้านกิโลเมตร เมื่อเอามาเข้าสเกลที่เรากำลังพูดกันอยู่ ถือว่า ๙.๖ เท่ากับ ๑๐ ดังนั้น ๑ ปีแสง = ๑๐×๑๐^{๖}×๑๐^{๖}×๑๐^{๕} = ๑๐^{๑๕} ชม.

ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้เราที่สุดนั้นอยู่ห่างเราออกไป ๔.๓ ปีแสง ดาราจักรมีรูปร่างคล้ายจานที่โป่งกลางประกบกัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางราวแสนปีแสง ดังนั้นก็มีขนาด ๑๐^{๑๕}×๑๐^{๕} = ๑๐^{๒๓} ชม. เอกภพนั้นเป็นที่ชุมนุมของดาราจักรเป็นเรือนหมื่นล้าน ดาราจักรจึงต้องกินอาณาเขตกว้างขวางแม่ไพศาลออกไป ในปัจจุบันขนาดของจักรวาลที่มนุษย์เราสำรวจได้อยู่ในสเกล ๑๐^{๒๘} ชม.

ในแผ่นใสนี้ ผมได้เขียนบันทึกหัวข้อหลักการสำคัญทางวิทยาศาสตร์ไว้ ทั้งนี้เพื่อเตือนความจำผู้บรรยายเองด้วยว่าจะพูดถึงเรื่องอะไรบ้าง ประการแรกคือเรื่อง **สมมาตร** (symmetry) เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจ ตัวอย่างของเรื่องสมมาตรก็เช่น ใบหน้าตรงของคนเรา ถ้าผ่ากลางด้วยเส้นตรงจากบนลงล่างจะเห็นว่า ซีกซ้ายขวานั้นรับกันเหมือนเงาในกระจก แม้ว่ารายละเอียดจะแตกต่างกันไปก็เล็กน้อย นี่คือสมมาตร ทีนี้สมมุติว่าเราเอาภาพหน้าตรงของคนสวยสองคนมาตัดตรงกลางแล้วเอาของคนละคนมาต่อกัน ผลที่เกิดขึ้นจะสวยอยู่อีกไหม? มันขาดสมมาตรและเราจะทนดูไม่ไหวไปทันที นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าธรรมชาติมีสมมาตรในตัว และมักจะคอยมองหาในกฎทางฟิสิกส์ด้วย ประการต่อมา กฎของนิวตันที่ได้พูดถึงมาแล้วเป็นเรื่องของ **ฟิสิกส์แผนเดิม** (classical physics) ซึ่งยังใช้ได้ดีอยู่ในขอบเขตอันหนึ่ง แต่เมื่อดาราศาสตร์ก้าวหน้ามา เราสำรวจอาณาบริเวณกว้างขวางขึ้น และสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับความโน้มถ่วงขยายขอบ

เขตความรุนแรง ไอนสไตน์ (Albert Einstein) ก็เสนอหลัก **สัมพัทธ์ทฤษฎี** (Theory of Relativity) ซึ่งใช้อธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่า

ทีนี้มาถึงเรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่ง คือเรื่อง**อันตรกริยา** (interaction) ระหว่างสสารพลังงาน โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ปัจจุบันย่อยสสารพลังงานลงเป็นเม็ดเล็ก ๆ เช่น อะตอม อิเล็กตรอน และควอนตา ฯลฯ เจ้าเม็ดพวกนี้ไม่ได้อยู่เฉย ๆ มันต้องเคลื่อนที่ไปมาในที่ว่างแห่งอวกาศ และมันต้องทำอะไรกันด้วย เช่น ชนกัน รวมกัน แยกกัน ฯลฯ นี่คืออันตรกริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เราสังเกตการณ์ในระดับปรากฏการณ์ทั้งหลายทั้งในชีวิตประจำวันและที่ลึกลับซับซ้อน การศึกษาเรื่องอันตรกริยานี้คืองานสำคัญของฟิสิกส์ปัจจุบัน

ในบรรทัดท้ายสุดผมเขียนไว้ว่า **"มนุษย์คือจุดหมาย"** นี่คือเรื่องสำคัญที่ผมตั้งใจจะพูดให้ถึง เมื่อนักวิทยาศาสตร์อาศัยหลักการที่กล่าวมาแล้วทำการศึกษาสิ่งทั้งหลายทั้งสิ้นซึ่งปรากฏเป็นโลกและชีวิตเพื่อตอบคำถามว่าเอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไร รวมทั้งมนุษย์เองด้วย ทั้งนี้เราก็รู้อยู่แล้วว่าเขาไม่ชอบคำตอบแบบที่ว่ามีใครมาสร้างขึ้น แต่มักจะพยายามคิดว่าสสารมีอันตรกริยาต่อกันในรูปแบบต่าง ๆ เป็นเวลายาวนานมากเพียงพอ แล้วบังเอิญเกิดสภาวะที่เหมาะสมขึ้นเป็นขั้น ๆ เมื่อถามว่าคนเรามาจากไหน อย่างไร คำตอบก็คือ เกิดจากวิวัฒนาการตั้งแต่อนุภาครวมตัวเป็นแร่ธาตุ แล้วสิ่งที่แพร่พันธุ์ได้คือ ไวรัส จุลินทรีย์ สัตว์เซลล์เดียว ฯลฯ จึงเกิดขึ้นตามลำดับในแอ่งน้ำ แล้วต่อมาก็มีสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่มีวิวัฒนาการจนถึงมนุษย์ผู้มีสติปัญญา เมื่อได้มีการตรวจสอบขั้นตอนเหล่านี้ ไม่แต่ในสมัยที่ไวรัสเกิดขึ้นแล้ว แต่ตั้งแต่สมัยหลังเกิดบิ๊กเบรี้ยงไม่นาน นักวิทยาศาสตร์ก็เริ่มฉุกใจคิดว่า **"ความบังเอิญ"** ในขั้นตอนต่าง ๆ นั้นเงื่อนไขการเกิดของมันดูจะจำเพาะเจาะจงให้อยู่บนเส้นทางที่เรียกว่าจะต้องให้เกิดมนุษย์ผู้มีสติปัญญาขึ้นมาเป็นพยาน หรือ **"ผู้สังเกตการณ์"** การมีอยู่ของเอกภพอย่างโจ่งแจ้งเกินไป จนถึงกับมีผู้เสนอหลัก **"มนุษย์คือจุดหมาย"** นี้ขึ้น ซึ่งผมจะได้ขยายความต่อไปข้างหน้า

ข้อควรเน้นในขั้นนี้ก็คือ วิทยาศาสตร์รวมทั้งวิชาการปัจจุบันของมนุษย์ ปัจจุบันเป็นผลิตผลของการ **"คาดคะเน"** ทั้งนั้น นักวิทยาศาสตร์รวบรวมข้อมูลจากสังเกตการณ์และ/หรือการทดลองนำมาจำแนกประเภท ต่อจากนั้นก็อาศัยความเชื่อที่ว่าธรรมชาติมี

ระเบียบแบบแผนหรือกฎเกณฑ์ดำเนินการแสวงหากฎธรรมชาติในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถือเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นต่อมาก็นำเอาสมมุติฐานหรือทฤษฎีที่ตั้งขึ้นนี้ไปพยากรณ์ว่าในบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้ ถ้าธรรมชาติมีกฎเกณฑ์เช่นนั้น ปรากฏการณ์อย่างใดจะเกิดขึ้นแล้วก็ดำเนินการทดลองสังเกตการณ์เพื่อทดสอบคำพยากรณ์นั้น ถ้าหากการพยากรณ์มีผลถูกต้องแม่นยำเพียงพอที่จะใช้งานได้ สมมุติฐานหรือทฤษฎีนั้นก็จะเป็นที่ยอมรับว่าเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ ของมนุษย์ในเรื่องของธรรมชาติ และเผยแพร่เก็บรักษาไว้จนกว่าจะมีปรากฏการณ์ที่ขัดแย้งเกิดขึ้น ก็เป็นเรื่องที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขกันต่อไป

นี่คือลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของมนุษย์ปัจจุบัน ที่ผู้คนนำเอามาใช้พิจารณาหาความเข้าใจในเรื่องของชีวิตและเอกภพ ลักษณะเช่นนี้ของวิทยาศาสตร์ทำให้ความคิดของผู้คนในเรื่องโครงสร้างของสสารเป็นต้องเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เราจึงมีวิชาฟิสิกส์แผนเดิม ควอนตัมฟิสิกส์ และฟิสิกส์สัมพัทธ์เกิดขึ้นสืบเนื่องกันมา

ตัวอย่างเรื่องอนุภาคมูลฐาน ซึ่งหมายความถึงอนุภาคสสารขนาดเล็กซึ่งจะแยกย่อยต่อไปไม่ได้อีก ครั้งหนึ่งนานมาแล้วเราถือว่าโมเลกุลเล็กที่สุด ต่อมาก็เป็นอะตอม ต่อมาเป็นนิวตรอน โปรตอน อิเล็กตรอน มาถึงปัจจุบันเราก็บอกว่านิวตรอน โปรตอน ยังประกอบขึ้นด้วยอนุภาคเล็กลงไปกว่านั้น ซึ่งให้ชื่อว่า ควาก (Quarks) ในขณะเดียวกันก็มีแนวคิดเรื่อง สมมาตร คือ Symmetry เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย อนุภาคต่าง ๆ มีอันตรกริยาต่อกัน ซึ่งได้แก่ แรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์เข้า และแรงนิวเคลียร์อ่อน แรงพวกนี้มีพิสัยและความเข้มเปรียบเทียบแตกต่างกัน นักฟิสิกส์ในยุคนี้ได้พยายามที่จะค้นหาหลักการที่จะรวมแรงอันตรกริยาตามธรรมชาติ ๔ พวกนี้เข้าด้วยกัน แต่เท่าที่เป็นมาแล้วก็ได้เพียงรวมแรงนิวเคลียสอ่อนเข้ากับแรงแม่เหล็กไฟฟ้า เชื่อกันว่าถ้ามนุษย์สามารถทำความเข้าใจกับแรงอันตรกริยา ๔ ประเภทนี้อย่างแท้จริงแล้ว ก็จะได้กุญแจที่ไขความลับของเอกภพได้ด้วย

หลักการที่เราควรใช้ในการศึกษาเรื่องของเอกภพ อาจจำแนกได้เป็นหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้ :

๑. **ความเร็วแสงในสุญญากาศเป็นความเร็วสูงสุดที่มีได้ในธรรมชาติ** นี่เป็น

กฎธรรมชาติ ความเร็วอันนี้เท่ากับประมาณ ๓๐๐,๐๐๐ กิโลเมตรต่อวินาที หรือ ๓×๑๐^{๕} ซม./วินาที ข้อที่น่าประหลาดใจก็คือ จะทำให้เกิดความเร็วสูงกว่านี้ไม่ได้ แม้ว่าอาศัยความเร็วของแสงบวกกับความเร็วของต้นแสง สมมติว่าเอาไฟฉายติดอยู่กับหัวจรวดที่วิ่งเร็ว ฉายไปในทิศทางที่จรวดจะวิ่งไป มีผู้สังเกตการณ์ใช้อุปกรณ์คอยจับแสงไฟฉายวัดความเร็วของแสงจากไฟฉายนี้ เมื่อจรวดอยู่นิ่ง เขาวัดได้ค่าความเร็วของแสงในลำไฟฉายเท่าใด เมื่อจรวดออกวิ่งพุ่งมาทางเขาด้วยความเร็วสูง เขาก็จะยังวัดความเร็วของแสงไฟฉายนั้นได้เท่าเดิม! ข้อนี้แตกต่างจากกรณีที่จรวดติดอาวุธปืนแล้วยิงลูกปืนออกมา ความเร็วของลูกปืนจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของจรวดด้วย

๒. ไม่มีอวกาศสัมบูรณ์ อวกาศไม่ใช่มัชฌิมที่มีตัวตนคงที่และมีสารวัตถุล่องลอยอยู่ภายในมัชฌิมอวกาศนั้น แล้วสามารถเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของสารวัตถุต่าง ๆ กับมัชฌิมอวกาศที่ถือเอาว่าอยู่นิ่งได้ ข้อนี้เปรียบเทียบอวกาศเหมือนน้ำในสระว่ายน้ำ และความเร็วของนักว่ายน้ำก็วัดเทียบกับน้ำซึ่งถือเป็นมัชฌิมอยู่นิ่งได้ แต่อวกาศแห่งเอกภพไม่เป็นเช่นนั้นจะใช้เป็นหลักเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของสารวัตถุที่ล่องลอยอยู่ในเวหาไม่ได้ เพื่อไขปัญหานี้ ไอนสไตน์จึงได้เสนอสัมพัทธ์ทฤษฎี (Theory of Relativity) ขึ้น

๓. อวกาศกับเวลาไม่แยกจากกัน มนุษย์รับรู้ความมีอยู่ของโลกรอบตัวโดยทางอินทรีย์ ๕ และโดยเฉพาะที่สำคัญและครอบคลุมกว้างไกลคือ ดวงตาซึ่งรับแสงสว่าง อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ขยายขอบข่ายของการรับรู้ก็อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความเร็วเท่ากับแสงสว่าง เพราะเป็นการแผ่รังสีประเภทเดียวกัน ข้อมูลที่มาจากดาราจักรเข้าสู่วงความรับรู้ของมนุษย์จำเป็นต้องใช้เวลาเคลื่อนที่เข้ามามากน้อยตามระยะห่างของมัน และเวลาน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ก็คือ เวลาที่แสงต้องใช้เดินจากเทห์วัตถุนั้นมาถึงผู้สังเกตการณ์บนโลก ดาวฤกษ์ที่อยู่ห่างไป ๘ ปีแสง และเรากำลังส่องกล้องมองดูมันอยู่นั้น เรากำลังมองกลับไปสู่อดีต ๘ ปีมาแล้ว เมื่อเราสังเกตการณ์ดาราจักรที่อยู่ห่างออกไปสองล้านปี เราก็จำเป็นต้องมองย้อนกลับไปสู่อดีตสองล้านปีมาแล้ว ทั้งนี้เราจะไม่มีทางทราบได้เลยว่า "เดี๋ยวนี้" อะไรกำลังเกิดขึ้นที่ดาราจักรนั้น ข้อนี้มีผลสรุปว่า เมื่อเราสำรวจไกลออกไปในเอกภพ เรากำลังย้อนกลับไปสู่อดีตกาลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อวกาศกับเวลาจึงมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในปัญหาของเอกภพ

๔. สสารกับพลังงานเป็นรูปลักษณ์ปรากฏของสิ่งเดียวกัน ข้อนี้เป็นที่ทราบกันดีในวงการวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน มีข้อยืนยันในปรากฏการณ์ของการผลิตพลังงานจากมวลสารในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู และในการระเบิดเทอร์โมนิวเคลียร์ เป็นต้น นอกจากนี้การทดลองทางฟิสิกส์พลังงานสูง เช่นการให้พลังงานจลน์แก่อนุภาคอย่างมากมายคือเร่งให้มันมีความเร็วสูงยวดยิ่งแล้วเบี่ยงเบนให้มาชนกัน พลังงานจลน์นั้นจะถูกแปรเป็นอนุภาคสสารชนิดแปลก ๆ ขึ้น นักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่าการทดลองแบบนี้จะให้ความรู้เรื่องสภาวะของเอกภพในสมัยอดีตกาล ภายหลังจากปรากฏการณ์บิ๊กเปรี้ยงไม่นานได้ด้วย

๕. ความเป็นองค์ประกอบบริบูรณ์ (complementarity) ในการแสวงหาความรู้ความเข้าใจธรรมชาติทางกายภาพ นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าปรากฏการณ์บางอย่างของแสงสว่างจำเป็นต้องอธิบายด้วยทฤษฎีคลื่น และปรากฏการณ์บางอย่างต้องอธิบายด้วยทฤษฎีอนุภาค ส่วนอนุภาคเช่นอิเล็กตรอนก็มีปัญหาขัดแย้งแบบเดียวกันนี้ ถ้าหากเรานำเอาแนวคิดจากสามัญสำนึกบนรากฐานของประสบการณ์สามัญมาพยายามทำความเข้าใจก็จะพบปัญหาข้อขัดแย้งว่า ของสิ่งเดียวกันจะเป็นทั้งคลื่นและอนุภาคได้อย่างไร?

คำตอบก็คือ แสงสว่างก็ดี อิเล็กตรอนก็ดี มีธรรมชาติแท้จริงลึกล้ำกว่าที่เราจะนำเอาแนวคิดแบบสามัญสำนึกในชีวิตประจำวันมาเป็นรากฐานพิจารณาได้ แต่จะปรากฏเป็นทวิลักษณ์ อันดูคล้ายขัดแย้งกัน คือเป็นทั้งคลื่นและเป็นทั้งอนุภาค แต่ลักษณะปรากฏทั้งสองนั้นต่างก็เป็นองค์ประกอบของความบริบูรณ์ตามธรรมชาติของสิ่งนั้น

ข้อนี้หมายความว่า โลกและชีวิตปรากฏเป็นทวิลักษณ์ ดังที่แสดงในสัญลักษณ์หยินหยางของตะวันออกโบราณ และในธรรมชาติจึงปรากฏความเป็นคู่ตรงข้าม เช่น มืดสว่าง ดีชั่ว บวกลบ ฯลฯ จนกระทั่งถึงผู้สังเกตการณ์กับปรากฏการณ์ด้วย

๖. หลักความสัมพันธ์ไม่แน่นอน (Uncertainty Relation) ความรู้ในเรื่องโลกกายภาพนั้นเกิดขึ้นจากสังเกตการณ์ ซึ่งต้องมีผู้สังเกตการณ์กับปรากฏการณ์ที่ถูกสังเกต เป็นทวิลักษณ์ของความเป็นองค์ประกอบสมบูรณ์ดังกล่าวแล้วข้างบน ดังนั้น

ความรู้จึงต้องเป็นผลของความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งสอง และไม่ใช่สิ่งที่เป็นอิสระจากผู้สังเกตการณ์ ซึ่งมีส่วนกำหนดผลของการสังเกตคือความรู้นั้นด้วย

นักฟิสิกส์ยกตัวอย่างอิเล็กตรอน ซึ่งถ้ามีอยู่โดยไม่มีใครสังเกตเห็นเลยก็ไม่มีความหมายอันใด การที่มันจะเข้ามาสู่โลกแห่งความรับรู้นั้นก็คือต้องกำหนดได้ว่ามันมี **โมเมนตัม** (หรือ **ความเร็ว**) เท่าใด และอยู่ที่ **ตำแหน่ง**ใด กล่าวเป็นภาษาฟิสิกส์ว่าต้องรู้ทั้ง mv หรือ p **กับต้อง**รู้ x ด้วยอย่างแม่นยำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั่นหมายความว่า ความไม่แน่นอนในโมเมนตัม Δp และความไม่แน่นอนในตำแหน่ง Δx ต้องใกล้ศูนย์ที่สุด กล่าวคือ $\Delta x \cdot \Delta p$ ต้องใกล้ศูนย์ที่สุด

นักฟิสิกส์ชื่อ ไฮเซนแบร์ก (Heisenberg) เป็นผู้เสนอหลักความสัมพันธ์ไม่แน่นอนว่า $\Delta x \cdot \Delta p$ จะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณคงที่สำคัญอันหนึ่งในธรรมชาติ คือ $\overline{h}/2$ ซึ่ง $\overline{h}$ คือค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant)

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{1}{2}\overline{h}$$

ในลำดับต่อไปนี้ กระผมจะบรรยายประกอบการฉายภาพสไลด์

ภาพแรกนี้เป็นภาพดาวฤกษ์ที่ปรากฏบนท้องฟ้า ใช้กล้องถ่ายภาพประกอบกับกล้องโทรทัศน์ขนาดใหญ่ขยายให้เห็นส่วนนิดเดียวของท้องฟ้า ท่านทั้งหลายอาจคุ้นเคยกับหมู่ดาวลูกไก่ ซึ่งมองเห็นด้วยตาเปล่าเป็นกระจุก ดาวเล็กๆ นับจำนวนดาวฤกษ์ได้ ๗ ดวง อาณาบริเวณของภาพบนจอนี้มีขอบเขตแคบให้เราได้เห็นเพียง ๔ ดวงใน ๗ ดวงนั้น นอกจากนั้นที่เห็นกระจายอยู่เต็มจอก็เป็นสมาชิกของหมู่ดาวลูกไก่เหมือนกัน แต่เรามองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ถ้าใช้กล้องสองตาส่องดูก็จะเห็นได้ ๓๐-๔๐ ดวง ที่จริงหมู่ดาวลูกไก่นี้เป็นกระจุกดาว (Star cluster) ที่มีสมาชิกราว ๒๐๐ ดวง ก่อตัวขึ้นมาจากกลุ่มฝุ่นและก๊าซเมื่อประมาณ ๒๐ ล้านปีมาแล้ว อยู่ห่างจากเราออกไปประมาณ ๔๑๐ ปีแสง ทุกจุดสว่างที่ท่านเห็นในภาพนี้เป็นดาวฤกษ์ ซึ่งแต่ละดวงก็เป็นเช่นดวงอาทิตย์ของเราทั้งนั้น คือเป็นลูกไฟใหญ่ สุกสว่างอยู่ได้ก็เพราะมีการผลิตพลังงานจากการหลอมรวมนิวเคลียสไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสฮีเลียมที่ในแก่นกลางของมัน แล้วมวลสารหายไป ตามสมการอันเลื่องลือของไอนสไตน์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับสสารว่า

$$E = MC^2$$

ช่วงเวลาที่ยาวนานที่สุดในชีวิตของดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง ๆ คือช่วงเวลาที่มันผลาญเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในตัวของมันในปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์นี้ และเราก็ถือเอาว่าเป็นอายุของมัน ในช่วงชีวิตอันนี้ดาวฤกษ์จะมีขนาดและความสว่างคงที่เพราะเกิดสมดุลขึ้นระหว่างแรงดันของรังสีที่แผ่ออกมาจากภายในกับแรงกดให้ยุบตัวเนื่องจากความโน้มถ่วง ซึ่งก็มากขึ้นตามขนาดมวลของดาวฤกษ์นั้น ดาวฤกษ์ซึ่งมีมวลมากจำเป็นต้องมีแรงดันรังสีมาก ซึ่งหมายความว่าจะต้องผลิตพลังงานรังสีด้วยอัตราสูง ดังนั้นจึงต้องผลาญเชื้อเพลิงมาก สรุปว่าดาวใหญ่มวลมากและสว่างมากจะใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมดเร็ว ดาวเล็กมวลน้อยจะมีอายุยืนนาน ดวงอาทิตย์ของเราเป็นดาวฤกษ์ประเภทที่มีมวลปานกลาง ได้ส่องสว่างคงที่เช่นปัจจุบันมานาน ๕,๕๐๐ ล้านปีแล้ว และจะดำรงชีพเช่นนี้ต่อไปอีกเป็นเวลาเท่ากันก่อนที่เชื้อเพลิงร่อยหรอและแก่ชราเข้าสู่อายุขัย ดาวฤกษ์ทั้งหลายที่เรามองเห็นเต็มท้องฟ้าและที่ไม่เห็นเพราะไกลออกไปล้วนเป็นดวงอาทิตย์ทั้งนั้น แต่ที่เห็นเป็นเพียงจุดสว่างก็เพราะต่างก็อยู่ไกลมาก ทั้งหมดนี้รวมกันอยู่เป็นระบบใหญ่ของดาวฤกษ์และบริวาร รวมทั้งฝุ่นและก๊าซ เราเรียกระบบเช่นนี้ว่า ดาราจักร **(galaxy)** และดาราจักรที่ดวงอาทิตย์ของเราเป็นสมาชิกสามัญดวงหนึ่งนี้ มีดาวฤกษ์**ประมาณแสน**ล้านดวง นักดาราศาสตร์เรียกว่า ดาราจักรทางช้างเผือก (Milky Way Galaxy)

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์สามัญดวงหนึ่งในบรรดาดาวฤกษ์ประมาณแสนล้านดวงที่รวมกลุ่มกันอยู่เป็นดาราจักรทางช้างเผือก ซึ่งก็เป็นดาราจักรหนึ่งในบรรดาดาราจักรราวหมื่นล้านอันประกอบกันขึ้นเป็นเอกภพที่มนุษย์สามารถใช้อุปกรณ์สังเกตการณ์ได้ อย่างไรก็ตาม **ความไม่สามัญ** ที่สำคัญของดวงอาทิตย์ก็คือมันเป็นดาวฤกษ์ซึ่งมีบริวาร กล่าวคือดาวเคราะห์หลายดวง**พร้อมด้วย**บริวารย่อยโคจรรอบ และดาวเคราะห์ของดวงอาทิตย์ดวงหนึ่งเป็นโลก **ซึ่งมีจิตสำนึก**และสติปัญญาปรากฏขึ้น และทำตัวเป็น **"ผู้สังเกตการณ์"** สำรวจศึกษาและพยายามทำความเข้าใจกับสภาวะทั้งหมดทั้งสิ้น กล่าวคือ **เอกภพ** นี้เอง

เงื่อนไขของการอุบัติขึ้นของชีวิตและสติปัญญาบนดาวเคราะห์ ซึ่งวนโคจรรอบดาวฤกษ์ใด ๆ นั้น ดาวฤกษ์แม่จะต้องมีอายุแผ่รังสีด้วยปริมาณคงที่มากพอเป็นเวลายาวนานพอ ดวงอาทิตย์ได้เริ่มแผ่รังสีอย่างมีเสถียรภาพโดยมีความแปรปรวนน้อยกว่า ๑% มานาน ๕,๕๐๐ ล้านปีแล้ว และยังมีเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ คือ ไฮโดรเจนเพียงพอจะให้อยู่ใน

สภาพเช่นนี้ได้นานกว่าเท่าตัว โลกซึ่งเป็นบริวารก็มีวงโคจรรีเกือบจะกลมรอบดวงอาทิตย์ ทำให้ได้รับรังสีความร้อนค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี และหมุนรอบตัวเองด้วยอัตราเพียงพอที่จะให้ความร้อนที่ได้รับถ่ายเทโดยบรรยากาศซึ่งมีห่อหุ้มพอเหมาะ เพราะโลกมีมวลมากพอที่จะมีแรงโน้มถ่วงดึงดูดเอาก๊าซห่อหุ้มไว้เป็นบรรยากาศ นอกจากนี้เนื่องจากระยะห่างพอเหมาะจากดวงอาทิตย์ พื้นผิวและบรรยากาศในระดับพื้นผิวของโลกก็จึงมีอุณหภูมิพอดีที่น้ำสามารถมีอยู่ได้ในสภาพของเหลว โดยสรุปแล้ว ขนาด มวล องค์ประกอบทางแร่ธาตุ ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ การหมุนตัว เส้นทางโคจรรอบดวงอาทิตย์ ความสุกสว่างและเสถียรภาพของดวงอาทิตย์ ฯลฯ ทั้งหมดนี้ สนับสนุนเกื้อกูลให้เกิดสิ่งที่มีชีวิต ซึ่งพัฒนามาเป็นมนุษย์ ผู้สังเกตการณ์และเพ่งพินิจเรื่องการอุบัติและวิวัฒนาการของจักรวาล

ความพยายามที่จะสำรวจดูว่ามีชีวิต แม้เพียงขั้นต่ำอุบัติอยู่บนดาวเคราะห์อื่นของระบบสุริยะหรือไม่ ยังไม่มีผลยืนยัน การแสวงหาระบบดาวเคราะห์รอบดาวฤกษ์อื่นก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จชัดเจน ได้มีความพยายามที่จะรับสัญญาณวิทยุ (ถ้ามี) จากอารยธรรมอื่นในดาราจักรทางช้างเผือกก็ยังไม่ได้รับ สรุปว่า จนถึงขณะปัจจุบัน ยังไม่พบหลักฐานว่า มีแม้เพียงชีวิตขั้นต่ำอุบัติขึ้น ณ ที่ใดในเอกภพ

ภาพต่อมานี้เป็นกระจุกดาวอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า **กระจุกดาวทรงกลม** (globular cluster) ตามลักษณะที่ดาวฤกษ์ชุมนุมกันอยู่เป็นจำนวน ๑ ล้านถึง ๑๐ ล้านดวง มีจำนวนที่ตรวจพบแล้ว ๑๒๕ กระจุก และคาดคะเนกันว่า ที่ประกอบอยู่กับดาราจักรทางช้างเผือกนี้คงจะมีประมาณ ๕๐๐ กระจุก โดยมีการกระจายกันอยู่โดยรอบจุดศูนย์กลางของดาราจักรในทุกทิศทุกทาง ดังนั้นจึงไม่อยู่ในระนาบของดาราจักรเช่นกับกระจุกดาวลูกไก่ ซึ่งเรียกชื่อประเภทให้แตกต่างออกไปว่า **กระจุกดาวกาแลคติค** (galactic cluster)

ข้อที่น่าสนใจของกระจุกดาวทรงกลมก็คือ ดาวฤกษ์ ในกระจุก ดาวฤกษ์รุ่นแรกมีอายุเท่ากับอายุของดาราจักรเอง คือประมาณ ๑๐,๐๐๐ ล้านปี อนึ่งดาวฤกษ์ที่เป็นประชากรประเภทสอง (Population II) ในกระจุกดาวทรงกลมก็ปรากฏว่าขาดธาตุหนัก และมีองค์ประกอบเป็นก๊าซไฮโดรเจนและฮีเลียม ข้อนี้เป็นนัยบ่งว่าขณะเมื่อดาราจักรและ

กระจุกดาวทรงกลมก่อตัวขึ้นนั้น ยังไม่มีธาตุหนักและพวกโลหะ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฝุ่นผงเกิดขึ้น สัดส่วนของก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซฮีเลียมที่มีอยู่ในเอกภพ ในยุคที่ดาราจักรต่าง ๆ รวมทั้งกระจุกดาวทรงกลมก่อตัวขึ้นนั้นเป็นเรโช ๓ : ๑

เมื่อเราสำรวจท้องฟ้าในระนาบของดาราจักร ซึ่งก็หมายความถึงในแถบสว่างเรืองของทางช้างเผือก โดยอาศัยอุปกรณ์ถ่ายภาพมาพิจารณาวิเคราะห์ ดังตัวอย่างภาพที่ฉายแสดง จะเห็นได้ว่านอกจากดาวฤกษ์ซึ่งกล่าวมาแล้วว่า เป็นลูกไฟเช่นดวงอาทิตย์ จะเห็นเหมือนเมฆสว่างเรืองและก้อนเมฆมืด สลับซับซ้อนกันอยู่ สิ่งเหล่านี้ไม่ใช่เมฆในบรรยากาศของโลกเรา แต่เป็นกลุ่มก๊าซและฝุ่น ซึ่งบางแห่งสว่างเรืองขึ้นเพราะถูกรังสีจากดาวฤกษ์ซึ่งมันห่อหุ้มอยู่ และบางแห่งที่เป็นก้อนมืดก็เพราะมันบังรังสีหรือแสงจากดาวหรือจากก้อนสว่างเรืองซึ่งอยู่ไกลออกไป ความสลับซับซ้อนของก้อนฝุ่นก๊าซที่ลุกเรืองสว่างและที่มืดดำปรากฏให้เห็นเป็นภาพงดงาม สำหรับก้อนดำเล็ก ๆ ที่เห็นกระจัดกระจายอยู่บางแห่งในภาพนี้ ซึ่งอยู่ห่างจากเราออกไปประมาณ ๕,๕๐๐ ปีแสง มีผู้เสนอว่าน่าจะเป็นกลุ่มฝุ่นและก๊าซ ซึ่งกำลังยุบตัวลงเป็นระบบดาวฤกษ์กับบริวาร เช่นระบบสุริยะของเรา และนักดาราศาสตร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันก็เห็นคล้อยตาม ผู้เสนอนั้นชื่อศาสตราจารย์ บ๊อค (Bart J. Bok) ผู้เคยเป็นครูสอนดาราศาสตร์คนหนึ่งของผม ขณะที่ท่านเป็นผู้อำนวยการหอดูดาวภูเขาสตรอมโล (ML. Stromlo Obsenatory) ที่ประเทศออสเตรเลีย

ดวงอาทิตย์ของเราพร้อมด้วยดาวเคราะห์และบริวารอื่น ๆ ก็คงจะได้กลั่นตัวลงมาจากก้อนฝุ่นและก๊าซ ซึ่งศาสตราจารย์ บ๊อค ได้ให้ชื่อว่า โกลบุลส์ (globules) เช่นนี้ดวงอาทิตย์จึงเป็นดาวฤกษ์รุ่นที่สอง ประกอบขึ้นจากทั้งก๊าซไฮโดรเจน ฮีเลียมและธาตุหนักกับโลหะ ซึ่งมีอยู่แล้วในฝุ่นของก้อนโกลบุลส์นั้นเอง

ปัญหาที่ว่าฝุ่นแห่งดาราจักรมาจากไหน ตอบได้โดยอาศัยภาพฉายวัตถุท้องฟ้าที่น่าทึ่ง ซึ่งเขาเรียกกันว่า **เนบิวลา ปู** (crab nebula) ภาพนี้

วัตถุท้องฟ้าชิ้นนี้อยู่ห่างออกไปจากเรา ๗,๑๗๒ ปีแสง และเป็นสิ่งที่ได้รับการศึกษาวิจัยมากที่สุดในวงการดาราศาสตร์ปัจจุบัน เราอาจพิจารณาได้โดยง่ายว่าสิ่งนี้มีลักษณะคล้ายเปลวระเบิดที่กำลังกระจายออกมาจากศูนย์กลางของการระเบิด ซึ่งได้เกิดขึ้น

แล้วก่อนหน้านี้ ซึ่งความจริงมันก็เป็นผลจากการระเบิด ซึ่งมีผู้ได้สังเกตเห็นเป็นปรากฏการณ์ บนท้องฟ้าเมื่อ ๙๓๘ ปีมาแล้ว !

ในครั้งนั้นมนุษย์ยังไม่มีอุปกรณ์เช่นกล้องโทรทัศน์แต่ก็ได้มีสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แล้วในแหล่งอารยธรรมหลายแห่งบนพื้นผิวโลก เช่นในประเทศจีน ญี่ปุ่น และแม้แต่ในชนเผ่าอินเดียนแดง กับในทวีปอเมริกากลางและใต้

ตรงตำแหน่งของเนบิวลาปูปัจจุบันนี้ บันทึกเก่าแก่ของจีนมีว่าได้เกิด "ดาวใหม่" ดวงหนึ่งขึ้นตรงนั้น ซึ่งแต่เดิมไม่มีดาวฤกษ์ปรากฏให้เห็น อยู่ ๆ เมื่อปี พ.ศ. ๑๕๙๗ (ค.ศ. ๑๐๕๔) ก็มีดาวฤกษ์ปรากฏขึ้น แล้วสุกสว่างยิ่งขึ้นทุกคืน และภายในไม่กี่วันก็เห็นได้บนท้องฟ้ากลางวันเป็นจุดสว่าง ต่อมาอีกมันก็ค่อย ๆ ลดความสว่างลงทีละน้อย และภายหลังต่อมา ๒-๓ เดือน มันก็จางหายไปจากท้องฟ้า

นับตั้งแต่มีการใช้กล้องโทรทัศน์สำรวจท้องฟ้า ก็มีผู้ได้เห็นฝ้าขาวปรากฏที่ตำแหน่งเดียวกันนี้ และได้รับชื่อเรียกว่า เนบิวลาปู (crab nebula) ในปัจจุบันเมื่ออุปกรณ์การวิจัยทางดาราศาสตร์พัฒนาขึ้น และมีการศึกษาวิจัยวัตถุท้องฟ้านี้กันอย่างมากมายหลายแง่มุม นักดาราศาสตร์ก็เห็นพ้องต้องกันว่า เนบิวลาปู นี้คือ ซากของดาวระเบิดใหญ่ หรือซากซูเปอร์โนวา (supernova remnant) อันเป็นปรากฏการณ์ที่คนในยุคก่อนได้สังเกตเห็น และบันทึกไว้เมื่อ พ.ศ. ๑๕๙๗ นั่นเอง

ดาวระเบิดใหญ่รายอื่นในดาราจักรทางช้างเผือกที่มีผู้สังเกตเห็นถัดจากนั้นมาเกิดขึ้นในปี พ.ศ. ๒๑๑๕ (ค.ศ. ๑๕๗๒) ซึ่งไทโคบราเฮ่ สังเกตเห็น และในปี พ.ศ. ๒๑๔๗ (ค.ศ. ๑๖๐๔) ซึ่งเคปเล่อร์สังเกตเห็น นอกจากนี้ดาวระเบิดใหญ่ในดาราจักรอื่นไกลออกไปก็มีการสังเกตและบันทึกกันอยู่ในปัจจุบันเป็นประจำ แสดงว่าปรากฏการณ์นี้เป็นสิ่งสามัญในดาราจักรทั่วไป และโดยเฉลี่ยแล้วจะเกิดขึ้นราว ๒๐๐ ปีต่อครั้ง

พวกซูเปอร์โนวา หรือดาวระเบิดใหญ่นี้คือดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่าดวงอาทิตย์หลายเท่า พวกนี้เปรียบเหมือนทายาทเศรษฐีที่มีสมบัติมาก แล้วผลาญสมบัติหมดสิ้นในเวลาสั้นถึงขั้นล้มละลายสิ้นชีวิต แต่การสิ้นชีวิตของดาวมวลมากพวกนี้เป็นลักษณะการตายโหง คือระเบิดตัวเอง นักดาราศาสตร์ได้ศึกษาวิวัฒนาการของซูเปอร์โนวาจากดาวมวล

มาก และสรุปขั้นตอนได้ดังนี้คือ เริ่มต้นด้วยการเผาผลาญเชื้อเพลิงไฮโดรเจนโดยให้รวมตัวเป็นฮีเลียม เมื่อไฮโดรเจนหมดก็ใช้ฮีเลียมเป็นเชื้อเพลิงรวมตัวเป็นธาตุหนักขึ้นเช่นคาร์บอน ต่อจากนั้นพอฮีเลียมหมด ก็เผาคาร์บอนและได้ธาตุหนักขึ้นไปเรื่อย ๆ เป็นการสังเคราะห์ธาตุหนักต่าง ๆ ในดวงดาวนั้นเอง ขณะเดียวกันการเผาหรือหลอมรวมธาตุดังกล่าวมาเป็นต้นนี้ คายพลังงานให้ดาวฤกษ์นั้นแผ่รังสีได้ แต่ต่อมาก็จะถึงขั้นวิกฤตเมื่อมีการหลอมรวมธาตุหนัก เพื่อให้เกิดธาตุเหล็กขึ้น ในขั้นนี้แทนที่จะเป็นการคายพลังงานออกมากลับเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน ซึ่งหมายความว่า ไม่มีแรงดันของรังสีที่จะต่อต้านแรงโน้มถ่วงให้เกิดสมดุลได้ ดังนั้นดาวฤกษ์ทั้งดวงจะยุบตัวฮวบลงอย่างกะทันหัน แต่การยุบตัวลงนั้นเองคายพลังงานศักย์ของความโน้มถ่วงออกมา ทำให้อุณหภูมิของแกนในของดาวพุ่งพรวดสูงขึ้น เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสังเคราะห์ธาตุหนักทุกชนิดถึงยูเรเนียม แล้วพลังงานปริมาณมหาศาลที่เกิดขึ้นนั้นก็ทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรงที่สุด สาดเนื้อสารของดาวออกสู่อวกาศในทุกทิศทุกทาง พร้อมกับมีการแผ่รังสีทุกชนิดควบคู่ออกมาด้วย ซูเปอร์โนวาจึงเป็นแหล่งกำเนิดของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกประเภทตั้งแต่ รังสีแกมม่า รังสีเอ็กซ์ อุลตราไวโอเลต แสงสว่างอินฟราเรดจนถึงคลื่นวิทยุ และก็เป็นแหล่งเกิดของอนุภาคสสารความเร็วสูงยิ่ง เช่นอิเล็กตรอนและโปรตอน รวมทั้งอนุภาคหนักที่ปรากฏเป็นรังสีคอสมิกกับทั้งฝุ่นคอสมิก ซึ่งมีธาตุหนักและโลหะทุกชนิดอยู่ด้วย

ได้กล่าวแล้วว่าตามสถิติในดาราจักรโดยเฉลี่ยจะมีปรากฏการณ์ซูเปอร์โนวาเกิดขึ้น ๒๐๐ ปีต่อครั้ง เมื่อกะประมาณว่า ดาราจักรทางช้างเผือกมีอายุ ๑๐,๐๐๐ ล้านปี ก็หมายความว่าในระยะเวลาที่ผ่านมาได้เกิดซูเปอร์โนวาขึ้นแล้ว ๕๐ ล้านครั้ง ซึ่งควรจะมากเพียงพอที่ทำให้เกิดฝุ่นและก๊าซล่องลอยอยู่ในเวหาและรวมตัวกันเข้าเป็นดาวฤกษ์รุ่นที่สองเช่นดวงอาทิตย์ของเรา และที่ยังไม่รวมตัวก็ปรากฏเป็นเนบิวลามืด และเม็ดโกลบุลส์ที่เราได้เห็นในภาพของท้องฟ้ามาแล้ว

ความสำคัญประการหนึ่งของซูเปอร์โนวาก็คือทำให้เกิดดาวฤกษ์หรือดวงอาทิตย์ที่มีบริวารเป็นก้อนวัตถุแข็งเพราะฝุ่นผงของธาตุหนักและโลหะที่มันสังเคราะห์ขึ้นก่อนการระเบิดใหญ่แล้วสาดกระจายออกสู่ห้วงเวหา ดาวฤกษ์รุ่นแรกนั้นมีแต่ก๊าซไฮโดรเจนกับฮีเลียม จึงไม่สามารถมีบริวารเป็นดาวเคราะห์ มีพื้นหินและแก่นกลางเป็นโลหะดังเช่นโลกของเราได้

เมื่อพิจารณาเรื่องนี้ต่อมาอีกขั้นหนึ่ง สิ่งมีชีวิตและจิตใจดังเช่นมนุษย์เรานี้ ที่อุบัติขึ้นมาได้ก็ต้องอาศัยธาตุหนักต่าง ๆ นับตั้งแต่คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน รวมทั้งโลหะ เช่น แคลเซียม สำหรับกระดูก รวมทั้งธาตุเหล็กสำหรับเลือดด้วย ถ้าไม่มีธาตุหนักและโลหะที่เกิดขึ้นในการระเบิดซูเปอร์โนวาแล้ว ไม่ใช่แต่ดาวเคราะห์เกิดขึ้นไม่ได้เท่านั้น แต่สัตว์และมนุษย์ที่มีสติปัญญามาประชุมกันพิจารณาเรื่องความเป็นมาและเป็นไปของเอกภพก็เกิดมีขึ้นไม่ได้!

ดังนั้นการระเบิดซูเปอร์โนวาในดาราจักรจึงเป็นเงื่อนไขสำคัญประการหนึ่งของการเกิดมนุษย์และสติปัญญาขึ้นในเอกภพ

ภาพแผนผังต่อไปนี้แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์และโลกในดาราจักรทางช้างเผือก

การกระจายตัวของดาวฤกษ์แสนล้านดวงพร้อมทั้งฝุ่นและก๊าซของดาราจักรทางช้างเผือกของเรานั้น มีรูปลักษณ์เทียบได้กับขนมฝักบัวหรือไข่ดาว มิเช่นนั้นก็อาจกล่าวว่าเหมือนหมวกฟางกันแดดปีกกว้างสองใบประกบกันอยู่ ส่วนกระจุกดาวทรงกลมราว ๕๐๐ กระจุกที่พิจารณากันมาแล้วนั้นเป็นระบบทรงกลมซึ่งซ้อนอยู่ด้วยโดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกับจุดศูนย์กลางของดาราจักรด้วย ข้อควรเน้นก็คือดวงอาทิตย์ไม่ได้อยู่ที่บริเวณศูนย์กลางของดาราจักร แต่อยู่ห่างออกมาราว ๓ ใน ๕ ของรัศมีของดาราจักร ซึ่งมีค่าประมาณ ๕๐,๐๐๐ ปีแสง ดังนั้นก็หมายความว่าดาราจักรมีลักษณะคล้ายจานแบน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๐๐,๐๐๐ ปีแสง และดวงอาทิตย์อยู่ห่างออกมาจากจุดศูนย์กลางประมาณ ๓๐,๐๐๐ ปีแสง และเคลื่อนที่เป็นวงไปรอบ ๆ จุดศูนย์กลางเช่นเดียวกับระบบดาวฤกษ์ต่าง ๆ ในดาราจักรนี้

ภาพดาราจักรอื่นเป็นตัวอย่างเพื่อแสดงให้เห็นว่าถ้าเราสามารถออกไปภายนอกดาราจักรทางช้างเผือกของเราเอง แล้วมองย้อนกลับมาดูเราจะเห็นมันมีรูปร่างอย่างไร ผมได้เอามาฉายให้ดูสามภาพต่อไปนี้

วัตถุท้องฟ้าในภาพแรกนี้ คือ ดาราจักรวังน้ำวน (whirlpool galaxy) อยู่ห่างออกไป ๑๒.๔ ล้านปีแสง มีรูปร่างสวยงามมาก ถ้าเราออกไปในทิศทางตั้งฉากกับระนาบดาราจักรทางช้างเผือกของเราจะเห็นรูปร่างคล้ายดาราจักรนี้ แต่คงจะไม่มีดาราจักรบริวารอยู่ด้วยอย่างที่เห็นในรูป อย่างไรก็ตามควรสังเกตได้ว่าที่เห็นเป็นคล้ายเมฆสว่างนั้น

อันที่จริงเป็นดาวฤกษ์จำนวนมาก แต่เพราะอยู่ห่างไกลมากจึงเห็นเป็นธุลีละอองละเอียด ในขณะเดียวกันควรจะได้เห็นฝุ่นและก๊าซเป็นทาง ๆ ในวงโคจรวนรอบศูนย์กลางของดาราจักรวังน้ำวนนี้ด้วย

ภาพที่สอง เป็นดาราจักรพี่น้องของเราอยู่ห่างออกไปเพียง ๒ ล้าน ๒ แสนปีแสง เชื่อกันว่าคล้ายคลึงกับดาราจักรทางช้างเผือกของเรามาก แม้ว่าจะมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย เรามองเห็นจากมุมมองเฉียง ๆ มันมีชื่อเรียกว่า ดาราจักรอันโดรเมดา เพราะปรากฏบนท้องฟ้าในทิศทางของหมู่ดาวอันโดรเมดา และอันที่จริงแล้วเราสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเป็นดวงรีสว่างเรืองบนท้องฟ้าข้างแรม มีขนาดประมาณเท่ากับดวงจันทร์ นี่เป็นวัตถุเวหาที่ไกลที่สุดที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งเราก็น่าอัศจรรย์ใจว่าดวงตาของเราสามารถมองออกไปได้ไกลถึงระยะทาง ๒ ล้าน ๒ แสนปีแสง หรือประมาณ ๒๑ ล้านล้านกิโลเมตร !

ภาพที่สาม ชื่อดาราจักรซอมเบรอโร (sombrero galaxy) เพราะมองดูเป็นรูปหมวกแมกซิกันสองใบประกบกัน อยู่ห่างจากเราไป ๓๙ ล้านปีแสง นับว่าไกลจนกระทั่งเห็นดาวฤกษ์เป็นฝุ่นละอองสว่าง เป็นภาพดาราจักรในมุมมองตามระนาบของดาราจักรเอง ที่น่าสนใจก็คือฝุ่นที่บังแสงดาวอยู่ในแนวระนาบของดาราจักรปรากฏให้เห็นชัดเจนเป็นแถบมืด

เท่าที่ผ่านมาเราได้พิจารณาดาราจักร ซึ่งเป็นระบบสารวัตถุใหญ่ที่สุดในเอกภพ และเป็นหน่วยองค์ประกอบของเอกภพมาแล้ว ๓-๔ ดาราจักร ปัญหาคงจะเกิดขึ้นในใจของท่านทั้งหลายว่า ดาราจักรมีอยู่ด้วยกันทั้งหมดสักเท่าใด ที่ประกอบกันเป็นเอกภพ ?

คำตอบก็คือ เท่าที่มนุษย์สำรวจได้และคาดคะเนจากส่วนที่สำรวจแล้ว ดาราจักรในอาณาบริเวณที่จะสำรวจได้ควรจะมีราวสักหมื่นล้านระบบ !

ขอให้ท่านพิจารณานับจำนวนดาราจักรในภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพดาวชมิดท์ของหอดูดาวอังกฤษในออสเตรเลีย ภาพนี้ซึ่งกินอาณาบริเวณบนท้องฟ้าไม่กว้างกว่าขนาดดวงจันทร์เท่าใดนัก เพียงอาณาบริเวณแคบ ๆ เท่านี้ ยังมีดาราจักรมากมายดังที่เห็นอยู่ และก็เป็นดาราจักรพวกที่นับว่าอยู่ใกล้ ที่ไกลออกไปยังมีอีกมากมายนัก

เรื่องที่ผมขอกล่าวถึงต่อไปก็คือการศึกษาการเคลื่อนที่ของดาราจักร ซึ่งนำไปสู่การค้นพบว่าเอกภพกำลังขยายตัว

วัตถุในเวหาเช่นดาราจักรต่าง ๆ นั้นอยู่ห่างจากเราออกไปไกลเหลือเกิน แม้ว่ามันจะเคลื่อนที่ไปในเวหารวดเร็วปานใด องค์ประกอบของการเคลื่อนที่หรือความเร็วในแกนตั้งฉากกับทิศทางที่เรามองไปยังมันนั้น ก็ไม่ปรากฏให้เราเห็นได้

แต่สำหรับองค์ประกอบของความเร็วของวัตถุในแนวทางตามทิศที่เรามองดูนั้น เราสามารถตรวจสอบและวัดได้ โดยหลักการทางฟิสิกส์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ดอปเล่อร์ (Doppler Effect)

สมมติว่าเรายืนอยู่ที่สถานีรถไฟแห่งหนึ่งในชนบท มีรถไฟขบวนหนึ่งแล่นผ่านสถานีนั้นแต่ไม่หยุด คือเพียงแต่วิ่งผ่านไปด้วยความเร็วสูง แต่เปิดหวูดไปด้วย ทั้งช่วงที่แล่นเข้าหาสถานีและแล่นออกห่างจากสถานี

เสียงจากหวูดรถไฟเป็นคลื่นอัดของอากาศที่มีความถี่คงที่ ถ้ารถไฟหยุดอยู่และเปิดหวูดด้วย คนที่ยืนอยู่ที่สถานีจะได้ยินเสียงหวูดตามความถี่นั้น แต่ขณะเมื่อรถไฟวิ่งเข้าหาเรา คลื่นจากหวูดรถไฟจะถูกอัดเพราะความเร็ว ทำให้เราได้ยินเสียงหวูดสูงขึ้นกว่าธรรมดา แต่พอเมื่อรถไฟวิ่งผ่านแล้วหนีห่างออกไป คลื่นจากหวูดจะถูกดึงถ่างออก ทำให้เราได้ยินเสียงหวูดต่ำลง

ถ้าเรามีอุปกรณ์วัดขนาดคลื่นหรือความถี่ของเสียงหวูด ขณะที่มันเคลื่อนเข้าหาหรือเคลื่อนออกจากเรา เทียบกับค่าขนาดคลื่นหรือความถี่ที่ถูกต้องของหวูด เราสามารถคำนวณหาความเร็วที่รถไฟวิ่งเข้าหาหรือวิ่งออกจากเราได้

นี่คือหลักของปรากฏการณ์ดอปเล่อร์ ซึ่งแม้ตัวอย่างที่ยกมาเป็นเรื่องคลื่นเสียงในอวกาศ แต่เรื่องคลื่นแสงที่เดินทางผ่านอวกาศจากดาวฤกษ์หรือจากดาราจักรมาถึงโลกเราก็มีหลักการเช่นเดียวกัน

ดังนั้น นักดาราศาสตร์ก็สามารถวัดความยาวคลื่นในแสงดาวหรือแสงจากดาราจักรแล้วบอกได้ว่ามันกำลังเคลื่อนที่เข้าหาเรา หรือเคลื่อนที่ออกจากเราด้วยความเร็วเท่าใด

ในปี ค.ศ. ๑๙๒๐ ได้มีการค้นพบโดย Hubble ว่า ดาราจักรอื่น ๆ เคลื่อนที่คล้ายหนีจากดาราจักรทางช้างเผือกออกไปรอบด้าน ด้วยความเร็วซึ่งเป็นปฏิภาคกับระยะห่าง หลักฐานการค้นพบนั้นคือการเลื่อนไปทางความยาวคลื่นมากขึ้นของเส้นสเปกตรัม ซึ่งมีชื่อเรียกว่า **การเลื่อนทางแดง** และได้ถูกตีความว่าเป็นเพราะการขยายตัวออกของเอกภพ ซึ่งคล้ายกับการระเบิดของ **ต้นกำเนิด** ซึ่งมีขนาดเล็กมาก มีความหนาแน่นสูงยวดยิ่งและมีอุณหภูมิสูงยวดยิ่ง การคำนวณทางทฤษฎีบ่งว่า การระเบิดนี้ที่เรียกว่า บิ๊กเปรี้ยง (The Big Bang) ได้เกิดขึ้นในอดีต เมื่อประมาณระหว่าง ๑๐,๐๐๐ ล้านปี - ๒๐,๐๐๐ ล้านปีมาแล้ว สรรพสิ่งในเอกภพที่เราสังเกตได้ในปัจจุบัน กล่าวคือ ดาวฤกษ์และบริวารเช่นโลก กลุ่มฝุ่น กลุ่มก๊าซ วัตถุเวหาทั้งปวง ฯลฯ เป็นสิ่งที่อุบัติขึ้นจาก **บิ๊กเปรี้ยง** ทั้งสิ้น สำหรับหลักฐานยืนยันในปัจจุบันเรื่องการเลื่อนทางแดงของดาราจักรนั้น ขณะนี้ในวงการดาราศาสตร์ได้อาศัยการตรวจสอบสเปกตรัมของดาราจักรแล้วประมาณ ๒๘,๐๐๐ ดวง รวมทั้งเควซาร์ซึ่งเป็นดาราจักรแรกเกิดด้วย

ก่อนเกิดบิ๊กเปรี้ยงไม่มีอะไรเลย กาลอวกาศก็ถูกสร้างขึ้นในปรากฏการณ์บิ๊กเปรี้ยง ตรงจุดเริ่มต้นแท้จริง **คือ** จุดที่ เวลา = ๐ นั้น วิทยาศาสตร์ไม่มีคำตอบ เพราะกาลเวลายังไม่เกิด และกฎธรรมชาติ หรือกฎฟิสิกส์จึงนำไปใช้พิจารณาไม่ได้ ต่อเมื่อบิ๊กเปรี้ยงเกิดแล้ว แม้ส่วนย่อยนิดเดียวของวินาที วิทยาศาสตร์ก็จะสามารถเริ่มสำรวจได้โดยการนำทฤษฎีฟิสิกส์ที่พัฒนาขึ้นในยุคปัจจุบันเข้าไปใช้ชี้นำและพยากรณ์ รวมทั้งอธิบายปรากฏการณ์ที่ยังคงเกิดสืบเนื่องมาใช้ทำสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ได้ในปัจจุบัน

การขยายตัวของเอกภพไม่ใช่การมีต้นกำเนิดเป็นเม็ดเล็กอัดแน่นลอยอยู่ในอวกาศก่อน แล้วมันระเบิดขึ้น ชิ้นส่วนของมันก็แตกออก ขยายตัวออกไปในอวกาศอันกว้างขวาง เพื่อจะเข้าใจให้ถูกต้อง เราต้องสร้างมโนภาพใหม่ว่า เมื่อบิ๊กเปรี้ยงได้เกิดขึ้นแล้ว $๑๐^{-๔๒}$ วินาที กาลอวกาศเป็นตัวเอกภพเอง เป็นเม็ดเล็ก $๑๐^{-๓}$ ซม. มีความหนาแน่น $๑๐^{๙๗}$ กรัม/ลบ.ซม. อุณหภูมิ $๑๐^{๓๐}$ K เนื่องจากร้อนจัดนี้เองจึงขยายตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านมาถึงปัจจุบันราว $๑๐^{๑๗}$ วินาที ก็ปรากฏเป็นเอกภพอย่างที่เราสำรวจอยู่นี้

ตามหลักฟิสิกส์วัตถุร้อนที่ขยายตัวออกจะต้องเย็นลง เอกภพก็เช่นกันควรเย็นลง นักทฤษฎีพยากรณ์ไว้เมื่อปี ๑๙๔๐ ว่าจะเหลืออุณหภูมิราว ๗K ต่อมาในปี ๑๙๖๕

เพนซิอัส (Penzias) กับวิลสัน (Wilson) ได้ตรวจพบคลื่นวิทยุไมโครเวฟที่ขนาดคลื่น ๗ ซม. จากทุกทิศทางในอวกาศ ชี้บ่งว่าเป็นรังสีความร้อนที่หลงเหลืออยู่ในจักรวาลจากการระเบิดใหญ่นั้น เป็นค่าอุณหภูมิราว ๓K ในปัจจุบันได้มีการตรวจยืนยันรังสีไมโครเวฟพื้นหลังของจักรวาล [cosmic microwave background radiation (CMBR)] นี้อย่างละเอียดถี่ถ้วน ทั้งโดยอุปกรณ์ภาคพื้นดิน และที่ส่งออกไปวัดรังสีอินฟราเรดในอวกาศ พบว่า เอกภพโดยรอบอาบด้วยรังสีที่มีสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียว (homogeneous) และเท่ากันในทุกทิศทาง (isotropic) โดยความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ๑ ใน ๑๐,๐๐๐ และมีอุณหภูมิ ๒.๗๓๕± ๐.๐๖ K การค้นพบ CMBR นี้ เป็นการยืนยันหลัก **เอกภพขยายตัว** ในอดีตจากการเริ่มต้นที่ร้อนจัดอย่างรุนแรงเป็น **บิ๊กเบรี้ยง** อย่างแน่นอน

นักฟิสิกส์ได้นำเอาทฤษฎีอันตรกริยาของอนุภาคมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ดาราศาสตร์อย่างได้ผล ตั้งแต่ปฏิกริยาเทอร์โมนิวเคลียร์แปรมวลสารเป็นพลังงานของการแผ่รังสีของดาวฤกษ์ จนถึงการระเบิดรุนแรงของมหานวดารา หรือซูเปอร์โนวา (super-nova) ซึ่งมีการสังเคราะห์อนุภาคปรมาณูหนัก แล้วสาดกระจายออกสู่ห้วงเวหา รอเวลาที่แรงโน้มถ่วงจะรวบรวมกลับกลั่นตัวลงเป็นดาวฤกษ์รุ่นที่สอง เช่นดวงอาทิตย์พร้อมกับดาวเคราะห์บริวาร มาบัดนี้ นักฟิสิกส์ก็ได้นำทฤษฎีอันตรกริยาของอนุภาคมาอธิบายปรากฏการณ์จักรวาลวิทยาในช่วงต้นของเอกภพแรกเกิด บางทฤษฎี หรือข้อเสนอมีหลักพยากรณ์ปรากฏการณ์ที่ตรวจสอบได้ ส่วนบางทฤษฎีก็ก้าวไปไกลเกินที่จะตรวจสอบโดยสังเกตการณ์ใด ๆ ได้

วิทยาศาสตร์เป็นสสารนิยม โดยมุ่งอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติทั้งหมดทั้งสิ้นด้วยอนุภาคและอันตรกิริยาหรือแรงระหว่างอนุภาค อนุภาคเป็นโครงสร้างย่อยเล็กของสสาร เมื่อการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์มีพัฒนาการก้าวหน้ามา ก็ได้ให้ความรู้ด้านจุลภาคของสสารในขนาดที่เล็กลงตั้งแต่โมเลกุล ($๑๐^{-๗}$ ซม.) อะตอม ($๑๐^{-๘}$ ซม.) นิวเคลียส ($๑๐^{-๑๒}$ ซม.) และโปรตอน ($๑๐^{-๑๓}$ ซม.) ในปัจจุบันเรามีความรู้ว่า โปรตอนและนิวตรอนนั้นมิใช่อนุภาคมูลฐานแท้จริง แต่ยังประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานที่แท้จริงกว่า กล่าวคือ ควาร์ก ซึ่งเชื่อกันว่า ไม่มีโครงสร้างภายใน คือ ไม่ประกอบด้วยอะไรอีก

ฟิสิกส์จำแนกอันตรกริยาเป็น ๔ ประเภท เรียงตามลำดับความแรงสูง ไปหาความแรงต่ำ โดยกำหนดให้แรงนิวเคลียร์เข้มมีความแรง ๑ แรงแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความแรง $๑๐^{-๒}$ แรงนิวเคลียร์อ่อนจะแรง $๑๐^{-๕}$ และแรงโน้มถ่วงน้อยที่สุด คือ $๑๐^{-๓๙}$

อย่างไรก็ตามแรงนิวเคลียร์เข้มมีพิสัยเพียง $๑๐^{-๑๓}$ ซม. และแรงนิวเคลียร์อ่อนมีพิสัย $๑๐^{-๑๖}$ ซม. แรงทั้งคู่นี้จึงมีผลและบทบาทมากมายในโลกจุลภาคที่ระยะ $๑๐^{-๑๓}$ ซม. ลงไป แรงแม่เหล็กไฟฟ้ามีบทบาทเป็นอย่างมากในระดับชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพราะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รับรู้ได้โดยตรงผ่านประสาทสัมผัสทั้ง ๕ เช่นที่เกี่ยวกับแสงสว่าง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นแรงในปฏิกิริยาเคมีทุกชนิด แรงนี้มีพิสัยตั้งแต่ระยะใกล้ชิดไปไกลได้ถึงอนันต์ แต่เนื่องด้วยสารวัตถุก้อนใหญ่มักเป็นกลางทางไฟฟ้า จึงไม่มีอันตรกริยาแม่เหล็กไฟฟ้าต่อกัน สำหรับแรงโน้มถ่วงนั้นแม้จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับแรงอื่น แต่การที่มันมีพิสัยไกลถึงอนันต์ จึงมีบทบาทสำคัญในทางจักรวาลวิทยา

แรงโน้มถ่วงมีบทบาทในปรากฏการณ์บิ๊กเปรี้ยง ในการทำให้ดาราจักรที่กำลังเคลื่อนที่ออกจากกันนั้นลดความเร็วลงเมื่อเวลาผ่านไป เพราะดาราจักรทั้งหลายซึ่งเป็นวัตถุจะต้องถูกแรงโน้มถ่วงดึงดูดเข้าหาจุดศูนย์กลางของมวลรวม ถ้ามวลรวมของสสารซึ่งประกอบกันเข้าเป็นเอกภพมีมากพอ แรงโน้มถ่วงจะสามารถทำให้ดาราจักรชะลอความเร็วลงจนในที่สุดอาจจะ 'ตกกลับ' หรือเคลื่อนที่กลับทิศเข้ารวมกันอีกครั้งหนึ่งเป็น 'บิ๊กอัด' (The Big Crunch) ซึ่งจะกลับร้อนจัดเพียงพอที่จะเป็นบิ๊กเปรี้ยงรอบต่อไปก็เป็นได้

ถ้าหากมวลสารรวมของเอกภพไม่พอเพียงที่จะมีแรงโน้มถ่วงดึงดูดให้หยุด เอกภพก็จะขยายตัวออกเรื่อย ๆ ต่อไปไม่สิ้นสุด ดาราจักรก็จะห่างกันออกไปเรื่อย ๆ จนผู้สังเกตการณ์ในดาราจักรนี้จะไม่สามารถเห็นดาราจักรอื่นได้ และดาวฤกษ์ต่าง ๆ ก็จะค่อย ๆ หมดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์มอดลง เป็นการสิ้นสุดของเอกภพในความเปล่าเปลี่ยว อ้างว้าง แทนที่จะเป็นการสิ้นสุดในประลัยกัลปของบิ๊กอัด ซึ่งอาจมีหวังจะได้ชุบชีวิตขึ้นใหม่ในบิ๊กเปรี้ยงรอบต่อไป

นักดาราศาสตร์ได้พยายามสำรวจหาหลักฐานต่าง ๆ ที่จะมาใช้เป็นรากฐานพยากรณ์อนาคตของเอกภพ เป็นต้นว่า สำรวจปริมาณสสารของดาราจักรในทุกรูปแบบทั้งที่สว่างเห็นได้ และมืดเห็นไม่ได้ แต่แสดงความมีอยู่ด้วยแรงโน้มถ่วง เป็นต้น ฯลฯ เมื่อ

นำเอามาคิดบัญชีรวบยอดแล้ว ปรากฏว่าอย่างมากที่สุดมีเพียงไม่ถึง ๒๐% ของปริมาณที่จะเพียงพอดีให้เอกภพหยุดขยายตัว ซึ่งเรียกว่า **มวลวิกฤต** (critical mass) ของเอกภพได้

อย่างไรก็ตามเมื่อหันไปพิจารณาวิเคราะห์กราฟแสดงการเคลื่อนที่กระจายออกของดาราจักร ก็พบว่า บิ๊กเปรี้ยงได้เกิดขึ้นอย่าง**พอเหมาะเกินไป** คือ เอกภพกำลังขยายตัวพอดีราวกับว่า มีมวลเท่ากับมวลวิกฤต กล่าวคือ เท่ากับปริมาณไฮโดรเจน ๖ อะตอมต่อออวกาศยุคปัจจุบัน ๑ ลบ.เมตร

มีตัวเลขไร้มิติ จำนวนหนึ่ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในฟิสิกส์ และฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ตัวเลขพวกนี้แสดงปริมาณในธรรมชาติของเอกภพและมีค่าเหมือนเดิมในทุกหน่วยของการวัด ในปี ๑๙๖๑ ดิคกี้ (Dicke) แห่งปรินซตัน ได้ยกตัวเลขไร้มิติ ซึ่งมีค่ามากเหลือเกิน หรือน้อยเหลือเกิน ซึ่งเรียกกันว่า **เลขบิ๊ก** (Big Number) สามตัวขึ้นพิจารณา คือ

ค่าคงตัวคู่ควบความโน้มถ่วง (G) = $๑๐^{-๔๐}$

อายุของเอกภพในหน่วยอะตอม (T) = $๑๐^{๔๐}$

จำนวนของอนุภาคมีมวลมากในเอกภพ (N) = $๑๐^{๘๐}$

ค่าคงตัวคู่ควบความโน้มถ่วงบอกความแรงของแรงโน้มถ่วง

หน่วยอะตอมของเวลา คือ เวลาที่แสงสว่างใช้ในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่ากับรัศมีของอนุภาคโปรตอน

จะเห็นว่าในเอกภพปัจจุบันเกิดความสัมพันธ์ :

(๑) $G = 1/T$ (แรงโน้มถ่วงเท่ากับส่วนกลับของอายุเอกภพ)

(๒) $N = T^2$ (จำนวนอนุภาคเท่ากับอายุเอกภพกำลังสอง)

และ (๓) $G = 1/\sqrt{N}$ (ความโน้มถ่วงเท่ากับส่วนกลับของรูทสองของจำนวนอนุภาคที่มีมวลมาก)

ไดแรค (Dirac) เป็นผู้สังเกตความสัมพันธ์อันน่าประหลาดนี้มาตั้งแต่ราว ค.ศ. ๑๙๓๐ และไม่คิดว่าจะเป็นเพียงความบังเอิญ เขาเชื่อว่า G กับ N เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกันในลักษณะที่ทำให้ความสัมพันธ์นี้ดำรงอยู่ตลอดอายุของเอกภพ

ดิคกี้อ้างหลักของ มัค (Mach) ที่ว่า มวลของอนุภาคมิได้เป็นคุณสมบัติส่วนตัวของอนุภาคอย่างที่เข้าใจกันทั่วไป แต่เป็นผลรวมของอิทธิพลของสสารทั้งหมดที่อยู่ห่างออกไปในเอกภพ จึงมีความสัมพันธ์ ข้อ (๓) ได้

แต่ความสัมพันธ์ ข้อ (๑) และ (๒) นั้น ดูคล้ายว่า บังเอิญเจาะจงเกิดในยุคที่มีมนุษย์เกิดมาเป็นผู้สังเกตการณ์เท่านั้น !

ดิคกี้จึงเสนอว่า ค่าอายุของเอกภพนั้นมีเงื่อนไขบังคับอย่างแรงกำหนด ภาวะจำเป็นที่จะต้องให้เกิดมีมนุษย์ 'ผู้สังเกตการณ์' เอกภพให้จงได้ เงื่อนไขที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ เอกภพจะต้องมีอายุยืนนานเพียงพอสำหรับการที่ดาวฤกษ์จะสร้างธาตุหนักกว่าไฮโดรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุคาร์บอนขึ้นมาในการสังเคราะห์นิวเคลียสที่ใจกลางของมัน และสาดออกสู่ห้วงเวหาเมื่อดาวฤกษ์ระเบิดเป็นมหานวดารา ดังนั้นอายุของเอกภพจะสั้นกว่าอายุของดาวฤกษ์ที่อายุสั้นที่สุดไม่ได้

ข้อเสนอนี้ของดิคกี้ นับเป็นข้อเสนอครั้งแรกของ **หลัก 'มนุษย์คือจุดหมาย'** (The Anthropic Principle) ซึ่งก่อให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์ในวงจักรวาลวิทยาปัจจุบันเป็นอย่างมาก โดยมีทั้งผู้สนับสนุนและคัดค้าน นับว่าประเด็นที่ยังไม่มีข้อยุติ

โดยย่อ **หลัก 'มนุษย์คือจุดหมาย'** มีใจความว่า การอุบัติขึ้นของเอกภพนี้ถูกกำหนดด้วยเงื่อนไขอย่างแรงในวิวัฒนาการหลายขั้นตอน **ให้บรรจุเป้าหมายสำคัญคือการอุบัติขึ้นของมนุษย์** ผู้มีสติปัญญาที่จะเป็นผู้สังเกตการณ์เอกภพเองได้ !

จากสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ เอกภพในสเกลใหญ่ปรากฏเป็นเนื้อเดียวและเป็นไอโซโทรปี คือเหมือนกันในทุกทิศทาง ตามหลักฐานจากการวัดคลื่นวิทยุไมโครเวฟ (CMBR) ส่วนในสเกลเล็กนั้นปรากฏรวมตัวเป็นดาราจักร ดาวฤกษ์ และดาวเคราะห์ คอลลินส์ (Collins) และ ฮอคิง (Hawking) พบว่า อำนาจความโน้มถ่วงมีกำลังพอเหมาะที่จะหน่วงความเร็วของการขยายตัวของเอกภพให้เท่าพอดีกับความเร็ววิกฤต ถ้ามันแรงกว่านี้เพียงนิดเดียว เอกภพจะยุบตัวลงก่อนที่ดาราจักรและดาวฤกษ์จะอุบัติขึ้น แล้วดาวเคราะห์ซึ่งเป็นที่อาศัยเกิดของชีวิตก็มีไม่ได้ ถ้าความโน้มถ่วงมีอำนาจน้อยกว่านี้ แรงดึงดูดระหว่างมวลสารก็ไม่พอเพียงที่จะทำให้อนุภาคสสารรวมตัวกันเข้าเป็นดาราจักรและดาวฤกษ์ดาวเคราะห์ได้ ดังนั้นเอกภพซึ่งมีมนุษย์เกิดขึ้นมาเป็นผู้สังเกตการณ์ศึกษาอยู่นี้

จึงเป็นเอกภพที่มีความเป็นพิเศษอย่างยิ่ง เพราะเลือกค่าคงตัวของความโน้มถ่วงพอเหมาะจากค่ามากมายที่เป็นไปได้

ข้อสังเกตที่สนับสนุนหลัก 'มนุษย์คือจุดหมาย' ของเอกภพ ยังมีอีกเช่น :

ค่าของแรงนิวเคลียร์เข้มซึ่งกระทำในระดับจุลภาคนั้นมีกำลังพอดีที่จะผูกมัดนิวตรอนกับโปรตอนให้เกาะติดกันเป็นนิวเคลียสของอะตอมได้เท่านั้น ถ้ามันมีกำลังอ่อนกว่าที่เป็นอยู่เล็กน้อยก็จะมีธาตุไฮโดรเจนอยู่เพียงธาตุเดียวในธรรมชาติ แล้วสิ่งมีชีวิตก็อุบัติขึ้นในเอกภพไม่ได้เช่นกัน ถ้ามันมีกำลังแรงกว่าที่เป็นอยู่ การสังเคราะห์ธาตุหนักจะมีผลแตกต่างไป และเอกภพก็จะไม่เอื้ออำนวยชีวิตอย่างที่เป็นอยู่ด้วย

ค่าประจุไฟฟ้า หรือมวลของอิเล็กตรอน หรือของโปรตอนก็ตาม ถ้าหากว่า ค่าใดค่าหนึ่งผิดแผกไปจากที่เป็นอยู่แล้ว จะมีผลทำให้ชีวิตไม่สามารถเกิดขึ้นในเอกภพนี้ได้เช่นกัน อนึ่งการที่ธาตุคาร์บอนมีคุณสมบัติเป็นโครงสร้างหลักของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นรากฐานของสิ่งมีชีวิตทั้งปวง ก็เป็นเพราะค่าระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมของคาร์บอน ซึ่งถ้าผิดแผกไปเพียงเล็กน้อย ธาตุคาร์บอนก็จะไม่เป็นรากฐานของชีวิตในเอกภพได้

จากหลักฐานที่แสดงมาแล้ว มีท่าทีที่จะนำไปสู่ข้อสรุปว่า เอกภพที่มีศักยภาพสามารถสร้างสรรค์ผู้สังเกตการณ์ (คือมนุษย์) เท่านั้น จึงจะอุบัติขึ้นมาได้

ทำไม จึงเป็นเช่นนั้น?

ในขั้นนี้ อาจมีคำตอบได้สองประการ

(๑) คำตอบฝ่ายศาสนาเทวนิยม เสนอว่า พระเจ้าออกแบบสร้างเอกภพให้มีชีวิตสัตว์ และมนุษย์อุบัติขึ้นมา และอาศัยอยู่ได้ คำตอบแบบนี้นักวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นเรื่องความเชื่อส่วนบุคคล จึงไม่พร้อมที่จะรับพิจารณา

(๒) ผู้สังเกตการณ์ ที่เอกภพพัฒนาขึ้นมามีส่วนทำให้เอกภพอุบัติขึ้นมาโดยทางใดทางหนึ่ง คำตอบแบบนี้เป็นการนำเอาผู้สังเกตการณ์ที่มีจิตสำนึกและสติปัญญา เข้ามาเกี่ยวข้องกับการอุบัติของเอกภพ ดังนั้นจึงเป็นแนวคิดเอียงไปฝ่ายปรัชญาจิตนิยม ซึ่งถือว่าสาระมูลฐานของเอกภพเป็นจิต และโลกกายภาพมีความเป็นจริงน้อยกว่า นักวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นนักสสารนิยมโดยรากฐานความคิดก็มีความลังเลที่จะยอมรับแนวคิดเช่นนี้ด้วย

หลักทางอภิธรรมอันเป็น **ขณิกวาท** นั้น ไม่เป็นทั้ง **สสารนิยม** และ **จิตนิยม** แต่เป็นการวิเคราะห์ปรากฏการณ์โลกและชีวิตออกเป็น **ขณะรู้** ซึ่งปรากฏเกิดดับสืบเนื่องกันไปอย่างรวดเร็ว และเป็นการเริ่มปรากฏของ **ขณะจุด** ซึ่งอยู่นอกเหนือกาลอวกาศในมิติแห่งเวลา ในทัศนะทางอภิธรรม มโนทัศน์เรื่อง โลกและชีวิต เอกภพ กาลอวกาศ สสาร พลังงาน อนุภาค มวล ฯลฯ เป็นเพียงองค์ประกอบของโลกสมมตบัญญัติที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นในความพยายามจะเข้าใจปรากฏการณ์ ซึ่งแท้จริงก็เป็นการประมวลขณะรู้โดยกลไกธรรมชาติของจิตนั่นเอง ในระดับของ **ขณะจุด** และ **ขณะรู้ ผู้สังเกตการณ์** และ **เอกภพ** ไม่ได้แยกจากกัน เช่นเดียวกับที่ **จิต** และ **อารมณ์** ยังไม่ถูกวิเคราะห์แยกออกเพื่อการศึกษาตามแนวอภิธรรม

บุคคลจะสามารถมีประสบการณ์เรื่องนี้โดยตรงได้ โดยการพัฒนาศักยภาพทางจิตใจ คือสติ ปัญญาและสมาธิของคน ในทัศนะนี้ โลกและชีวิต ก็คือ จิตรู้อารมณ์ และจิตนั่นเองเป็นรากฐานของมิติเวลา

มโนทัศน์ ซึ่งสืบเนื่องกับการวิเคราะห์นี้ ก็คือ เนื่องจากขณะจิตในอดีตทั้งปวงก็ดับไปแล้ว ไม่มีอยู่ ขณะจิตที่ยังจะเกิดในอนาคตก็ยังไม่มี ขณะจิตปัจจุบันเท่านั้นที่มีอยู่จริง และเป็นปรากฏการณ์จริงเฉพาะหน้า กล่าวได้ว่า โลกและชีวิตตามเป็นจริง นั้นมีขณะเดียวคือที่กำลังเป็นอยู่ในปัจจุบัน

อภิธรรมชี้แนะการวิเคราะห์แยกแยะมิติเวลาออกเป็นหน่วยย่อย คล้ายคลึงกับการที่วิทยาศาสตร์ควอนตัมแยกแยะสสารพลังงานออกเป็นเม็ดคือควอนตัม แต่สสารพลังงานนั้นเป็นรากฐานของมิติอวกาศ อภิธรรมย่นย่อเวลาลงเป็น **ขณะ** วิทยาศาสตร์ประมวลสสารพลังงานลงเป็นอนุภาคและเป็น **จุด** กาลและอวกาศไม่ได้แยกจากกัน แต่สอดคล้องประสานสัมพันธ์กัน ดังนั้น **ขณะ** กับ **จุด** ก็ไม่ได้แยกจากกัน ธรรมชาติแท้จริงของเอกภพ จึงกล่าวได้ว่าเป็น **ขณะจุด**

หลักที่ควรกล่าวเน้นทบทวนไว้เสมอในทุกขั้นตอนของการศึกษาอภิธรรมคือ **อนัตตตา** กล่าวคือ ลักษณะความเป็นของไม่ใช่ตัวตนของธรรมทั้งปวง ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อนี้แล้วย่อมครอบคลุมถึง **อนิจจตา** ซึ่งเป็นลักษณะความเป็นของไม่เที่ยง และ **ทุกขตา** อันได้แก่ ลักษณะความทนอยู่ในสภาวะเดิมไม่ได้ด้วย

ทั้งนี้เพราะโลกทัศน์ชีวทัศน์ของอภิธรรมนั้น เป็นการวิเคราะห์หรือแยกแยะปรากฏการณ์อันเรียกว่าโลกเรียกว่าชีวิตออกเป็นกระบวนการขององค์ธรรมย่อยแห่งนามรูปอันเกิดดับมีปฏิสัมพันธ์เป็นลูกโซ่แห่งความเป็นเหตุผลสืบต่อกันไปตามความไร้แก่นสารตัวตน การเกิดขึ้นเป็นสัตว์บุคคลนั้นเป็นผลจากการกำหนดหมายภายใต้อำนาจของความหลงผิด กล่าวคือ โมหะ หรือ อวิชชา ซึ่งบังเกิดอยู่ในสันดานของปุถุชนโดยทั่วไป

อภิธรรมพิจารณาวิเคราะห์โลกและชีวิตเป็นจิตซึ่งรู้อารมณ์ ทั้งจิตและอารมณ์ต่างก็เป็นสิ่งมีลักษณะอนิจจตา ทุกขตา และอนัตตตา ด้วยกันทั้งสองฝ่าย

ทุกขั้นตอนของเนื้อหาวิชาอภิธรรม กล่าวคือกฎธรรมชาติอันกำหนดความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ ระหว่างปรมัตถธรรม กล่าวคือ จิต เจตสิก รูป นิพพาน และบัญญัติธรรม ซึ่งมีผลทำให้เกิดเป็นปรากฏการณ์โลกและชีวิตขึ้น วิชาอภิธรรมเป็นการประมวลความรู้ที่สืบเนื่องมาจากการตรัสรู้ของพระพุทธเจ้า ซึ่งกล่าวในความหมายของภาษาสามัญได้ว่าเป็นความรู้ในสภาพตามเป็นจริงจากการประจักษ์คือ ประสบการณ์ตรง ความรู้ทางอภิธรรมจึงไม่ใช่สมมุติฐานหรือทฤษฎี เช่นความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือวิชาการปัจจุบัน ซึ่งเป็นเรื่องของการเก็งการทายว่ากฎเกณฑ์ของธรรมชาติน่าจะเป็นอย่างไร เราจึงไม่ควรใช้คำว่า ทฤษฎี หรือ สมมุติฐาน กับหลักอภิธรรมหรือหลักธรรมทางพุทธศาสนา ข้อนี้เป็นความแตกต่างสำคัญระหว่างพุทธธรรมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความรู้ทางศาสตร์ "สมัยใหม่" ทั้งหลายที่ยึดถือระเบียบ วิธีการของวิทยาศาสตร์เป็นแบบฉบับ

โลกและชีวิตปรากฏต่อจิตในกรอบของอวกาศและเวลา เราทำการวัดขนาดของสิ่งของโดยอาศัยการวัดระยะในสามทิศทางที่ตั้งฉากกัน คือ กว้าง ยาว สูง มีตัวอย่างเช่นขนาดของห้อง เราอาจกำหนดตำแหน่งของสิ่งของในห้อง เช่น หลอดไฟฟ้าที่ห้อยจากเพดาน โดยวัดและกล่าวถึงระยะตั้งฉากของสิ่งนั้นจากกำแพงสองด้านที่ทำมุมฉากกัน และจากพื้นห้อง ดังนั้นเราใช้ตัวเลขที่วัดได้อันแสดงปริมาณระยะทาง ๓ ตัว เพื่อกำหนดตำแหน่งของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ระยะทางคือช่องว่างระหว่างของ เราจึงใช้คำว่า อวกาศ (บาลี : อากาโส) แทนระยะทาง หรือช่องว่างหรือที่ว่างที่ถูกสิ่งของแทนที่ เมื่อการวัดปริมาตรซึ่งเป็น "ความกินที่ว่าง" ของสิ่งของก็ดี หรือการกำหนดตำแหน่งของสิ่งของในที่ว่างก็ดี ต้องอาศัยการวัดระยะ ๓ ทิศทางหรือการวัด ๓ ครั้ง เราจึงกำหนดว่า อวกาศมี ๓ มิติ ในความรับรู้ของเรา

การกำหนดตำแหน่งของวัตถุก็ดี ขนาดเช่นความกว้างยาวสูง หรือปริมาตรก็ดี เพื่อความแม่นยำชัดเจนในสภาพชีวิตจริงจะต้องกำหนดเวลาไว้ด้วย ทั้งนี้เพราะปริมาณเหล่านั้นเปลี่ยนแปรไปได้ เห็นได้ชัดว่าสิ่งต่าง ๆ ไม่อยู่นิ่ง การเปลี่ยนตำแหน่งคือการเคลื่อนที่ ความเร็วคืออัตราการเปลี่ยนตำแหน่งต่อหน่วยเวลา ดังนั้นในการพิจารณาโลกและชีวิตนั้น นอกจากจะต้องกำหนดกรอบอวกาศ ๓ มิติแล้ว จึงจำเป็นต้องนำเอามิติหรือการวัดเวลาเข้ามาเป็นมิติที่ ๔ ด้วยสรุปได้ว่าโลกและชีวิตหรือสิ่งทั้งหลายทั้งสิ้นปรากฏแก่จิตในกรอบอวกาศ เวลา ๓+๑ = ๔ มิติ

ข้อควรสังเกตในเบื้องต้นคือ ความแตกต่างระหว่างมิติอวกาศกับมิติเวลา การวัดระยะทางในอวกาศจากจุดเริ่มต้นใด ๆ จะทำได้ในสองทิศทางตรงข้ามกัน พูดตามภาษาคณิตศาสตร์ ก็คือ เราวัดได้ทั้งระยะทางที่เป็น + และ - และเลือกกำหนดเอาได้ สำหรับเวลานั้นแตกต่างจากระยะทางเพราะมีทิศทางจากอดีตผ่านปัจจุบันไปสู่อนาคตได้ทิศทางเดียวย้อนกลับไม่ได้

การวิเคราะห์โลกและชีวิต โดยกำหนดให้อยู่ในกรอบแห่งอวกาศ เวลา ๔ มิติดังกล่าวมานี้ อาศัยรากฐานตามประสบการณ์สามัญของบุคคล โลกทัศน์ชีวทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก็อาศัยรากฐานเช่นเดียวกันนี้ ควรสังเกตว่าโลกและชีวิต หรือธรรมชาติด้านที่ปรากฏเช่นนี้เข้ามาสู่ความรับรู้ของบุคคล ทาง ตา หู จมูก ลิ้น และกายประสาท คือเป็นอารมณ์ของทวาร ๕ และได้รับการปรุงแต่งตีความหมายทางทวารที่ ๖ คือทางมโนทวาร วิชาอภิธรรมวิเคราะห์ขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการเช่นนี้โดยละเอียดลึกซึ้ง ดังที่จะได้พิจารณาต่อไปข้างหน้า มีผลซึ่งอาจนำมาเสนอสรุปล่วงหน้าในขั้นนี้ได้ว่า อวกาศ เวลา ๔ มิตินี้เป็น บัญญัติ ที่จิตสร้างขึ้นเพื่อรับรู้และสื่อสารเรื่องของโลก และชีวิตในรูปลักษณ์ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต บัญญัติมิใช่สภาพตามเป็นจริงของสิ่งทั้งหลายทั้งสิ้น เพราะเป็นผลจากการปรุงแต่งโดยจิต แต่ก็มีส่วนเป็นตัวแทนของสภาพตามเป็นจริง ซึ่งเป็นสิ่งที่บุคคลจะต้องวิเคราะห์แยกแยะให้ออกจากกัน

เนื่องจากอวกาศ - เวลาหรือกาลอวกาศ ๔ มิติ เป็นผลจากการรับรู้ทางอายตนะ ๕ ดังนั้นจึงเป็นการปรากฏของโลกและชีวิตทางด้านรูปธรรมต่อจิต สำหรับโลกและชีวิตทางด้านนามธรรมนั้นย่อมปรากฏต่อจิตได้แตกต่างออกไปแม้ว่าในประสบการณ์ของมนุษย์จะไม่แยกออกจากโลกแห่งรูปธรรมโดยเด็ดขาดก็ตาม

ได้กล่าวมาแล้วว่า สิ่งของในโลกแห่งรูปธรรมนั้นกินที่ในมิติแห่งอวกาศ ของสองสิ่งที่เป็นรูปธรรมเช่นเก้าอี้สองตัวจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันไม่ได้ คนสองคนจะนั่งบนเก้าอี้ตัวเดียวกันโดยใช้อวกาศแห่งเดียวกันไม่ได้ ที่ว่างหรืออวกาศในห้องใดห้องหนึ่งมีจำกัด จึงสามารถบรรจุคนได้เป็นจำนวนจำกัด ฯลฯ

ส่วนนามธรรมอันได้แก่ความรู้สึกนึกคิด หรือจิตเจตสิกนั้น ไม่ปรากฏชัดว่า กินที่ในอวกาศหรือมีปริมาตรหรือมวลสาร แม้ผู้คนจะมาประชุมร่วมกันอยู่มากมายเท่าใด ก็ไม่เบียดเสียดยัดเยียดในด้านความรู้สึกนึกคิดว่าอัดแน่นเหมือนทางรูปธรรม แต่ละบุคคลก็ยังเสรีที่จะคิดฝันไปอย่างไรก็ได้ อย่างไรก็ตามในประสบการณ์ของบุคคลโดยทั่วไปนั้น นามธรรมก็มีที่อยู่อาศัยสัมพันธ์กับรูปธรรมกล่าวคือ ความรู้สึกนึกคิดกับรูปกายอยู่ด้วยกันเสมอ แม้อาจไม่ชัดเจนว่าอยู่ "ตรงไหน" แห่งเดียวในรูปกายนั้น ๆ ก็ตาม

ด้วยเหตุผลดังกล่าวมานี้ จิตเจตสิก ซึ่งเป็นนามธรรมประเภทสังขตะ คือมีปัจจัยปรุงแต่ง จึงไม่อาจกำหนดได้แน่นอนในกรอบอวกาศ ๓ มิติ แต่พอจะกำหนดได้ในกรอบเวลา ในขั้นต้นเราอาจจำแนกเวลาออกเป็น อดีต ปัจจุบัน และอนาคตตามความเคยชินในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ ความรู้สึกนึกคิดของเรานั้น มีที่ล่วงไปแล้วสิ้นสุดไปแล้ว นั่นคือจิตเจตสิกในอดีต ความรู้สึกนึกคิดในปัจจุบันคือจิตเจตสิกที่กำลังเกิดอยู่ และอีกประเภทหนึ่ง คือความรู้สึกนึกคิดหรือจิตเจตสิกที่กำลังจะเกิดต่อไปในอนาคต

เมื่อเรากำหนดว่าจิตเจตสิกเป็นสิ่งซึ่งปรากฏในมิติแห่งเวลา และจากประสบการณ์เราทราบว่า จิตเจตสิกหรืออีกนัยหนึ่งคือ ความรู้สึกนึกคิดของเรานี้เปลี่ยนแปรอยู่เรื่อย เราก็อาจใช้วิธีการแบ่งช่วงเวลาย่อยออกให้เป็นช่วงสั้นลงทุกที เพื่อให้ถึงช่วงเวลาสั้นที่สุดที่จิตเจตสิกดำรงอยู่เป็นหน่วยเล็กที่สุด กล่าวคือปรากฏเป็นความรู้สึกนึกคิดเรื่องเดียวอันเดียวยังไม่ทันเปลี่ยนแปลงไปสู่จิตเจตสิกหรือความรู้สึกนึกคิดอันใหม่ หน่วยเล็กที่สุดนี้ก็คือการปรากฏของจิตเจตสิกดวงหนึ่งนั่นเอง ซึ่งกินเวลาในขนาดเพียงเศษหนึ่งส่วนล้านล้านวินาที หรืออย่างที่กล่าวในคัมภีร์อภิธรรมรุ่นหลังว่า ในขณะดีดนิ้วหนึ่งครั้งนั้นจิตเจตสิกเกิดดับได้แสนโกฏิดวง

ทฤษฎีอะตอมทางวิทยาศาสตร์แยกแยะอวกาศออกเป็นขนาดที่เล็กที่สุด ซึ่งได้แก่ขนาดของสิ่งที่เรียกว่าอนุภาคมูลฐาน วิชาอภิธรรมชี้ให้เห็นว่า ตามธรรมชาตินั้น เวลา

ปรากฏเป็นหน่วยย่อยที่สุดคือช่วงอายุของจิตดวงหนึ่ง หรือจะกล่าวให้แม่นยำขึ้นไปอีกก็คือ ช่วงเวลาระหว่างการปรากฏของจิตสองดวงที่เกิดขึ้นสืบเนื่องกัน เราอาจให้ชื่อช่วงเวลานี้ว่า ขณะจิต (ใหญ่) ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น ๓ ขณะจิต (เล็ก) คือ ขณะเกิดขึ้น (อุปาทะ) ขณะตั้งอยู่ (ฐิติ) และขณะดับไป (ภังคะ)

ในเรื่องการวิเคราะห์ออกเป็นมิติย่อยนี้ จะเห็นได้ว่าโลกทัศน์ชีววัทศน์วิทยาศาสตร์เน้นการศึกษาแยกแยะอวกาศ หรือระยะทางในขณะที่โลกทัศน์ ชีวทัศน์ อภิธรรมเน้นการแยกแยะมิติเวลาออกเป็นขณะจิตใหญ่และขณะจิตเล็ก

การเพ่งพิจารณาปรากฏการณ์ชีวิตและโลก ควรจะทำให้บุคคลตระหนักว่า มิติเวลามีความสัมพันธ์อย่างลึกซึ้งกับโลกและชีวิต ทั้งนี้เพราะจิตเจตสิกที่เป็นธรรมชาติรู้โลกรู้ชีวิตนั้นเอง ปรากฏเป็นหน่วยเล็กที่สุดของเวลา ในขั้นต้นเราพิจารณาศึกษาเรื่องเวลาโดยการเทียบเคียงกับมิติอวกาศ ซึ่งเราคิดว่าคุ้นเคยอยู่มากกว่า

ทั้งอภิธรรมและวิทยาศาสตร์ยังชี้แนะแนวมโนทัศน์ต่อไปอีกว่า **ขณะจุดนี้** อุบัติขึ้นจาก **สุญญากาศ** หรือ **สุญญตา** จึงเป็นอันสรุปได้ว่าเอกภพ อุบัติขึ้นจากความว่างเปล่านั่นเอง

วิทยาศาสตร์มีประเพณีกำหนดแนวคิดเป็นฝ่ายสสารนิยม ซึ่งสืบเนื่องมาจากปรัชญาวัตถุนิยมของกรีกโบราณ แต่วิทยาศาสตร์ก็พึ่งรากฐานแนวคิดสามัญสำนึกซึ่งถือว่ามีบุคคลตัวตน คืออัตตา ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตการณ์มองดูโลกหรือเอกภพ เป็นการแยกองค์รวมแห่งธรรมชาติออกเป็นสอง นอกจากนี้ก็พยายามปฏิเสธหรือทับถมบทบาทของจิตให้เป็นรองสิ่งสมมติบัญญัติ ที่เรียกว่า สสารหรือวัตถุ ทฤษฎีควอนตัม ซึ่งอุบัติขึ้นปฏิวัติแนวคิดทางฟิสิกส์ เมื่อต้นศตวรรษนี้ ได้เริ่มให้ความสนใจถึงความเกี่ยวข้องระหว่างผู้สังเกต-การณ์กับปรากฏการณ์ว่า **ผู้สังเกตการณ์มีส่วนกำหนดสภาพของปรากฏการณ์นั้นโดยอาศัยการสังเกตการณ์นั้นเอง** อนึ่งหลักสำคัญของฟิสิกส์ควอนตัมคือหลัก **ความเป็นองค์ประกอบสมบูรณ์** (complementarity) ของ นิลส์โบร์ (Neils Bohr) แสดงนัยบ่งถึงความจริงแท้ในธรรมชาติว่าปรากฏเป็นคู่คล้ายขัดแย้งกัน เช่น ความเป็นอนุภาคกับความเป็นคลื่น หรือปรากฏเป็นหลักความสัมพันธ์ไม่แน่นอน (uncertainty relation) ของ Heisenberg ที่ว่าเราจะกำหนดทั้งตำแหน่งและความเร็วของอนุภาคให้แม่นยำพร้อมกันไม่ได้

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันวิทยาศาสตร์ ยังไม่พร้อมที่จะพิจารณาความเป็นองค์ประกอบสมบูรณ์ของ จิตกับสสาร เพราะอคติที่สืบทอดมาจากประเพณี สสารนิยมของกรีกดังกล่าวแล้ว ข้อนี้นับว่าเป็นอุปสรรคสำคัญในปัจจุบัน ที่ขัดขวางไม่ให้ สามารถเข้าใจปัญหาในระดับของการอุบัติขึ้นและวิวัฒนาการของเอกภพ ด้วยความพอเหมาะพอดีเหลือเกินให้เกิด**มนุษย์**ขึ้นมาได้ การที่นักวิทยาศาสตร์ชั้นนำเริ่มสนใจพิจารณาหลักการ**มนุษย์คือจุดหมาย** ที่ได้กล่าวมาอย่างจริงจังขึ้นอาจเป็นการเริ่มต้นนำไปสู่การยอมรับหลักความเป็นองค์ประกอบสมบูรณ์ของจิตและสสารในอนาคตอันใกล้ก็เป็นได้

เอกภพเป็นระบบมโหฬาร แต่มีองค์ประกอบเล็กจิ๋วเป็นจุลภาค ชะตากรรมของมันจึงขึ้นอยู่กับทั้งโครงสร้างใหญ่ และองค์ประกอบเหล่านั้น ในระดับจุลภาคนั้นมีกฎฟิสิกส์กำหนดให้มีความเลือนลางควอนตัม (quantum fuzziness) ตามหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนแบร์ก เมื่อนำหลักนี้มาใช้กับสภาวะสุดโต่งของบิ๊กเบรี้ยง นักจักรวาลวิทยาคาดคะเนว่า กาลอวกาศในระดับจุลภาคโดยทั่วไปนั้น มีการเปลี่ยนแปลงอย่างสับสนและพยากรณ์ไม่ได้ อวกาศจะถูกยืดและบิดงออย่างรุนแรงจนมีรูปลักษณ์แบบ **'รูไส้เดือน' อุโมงค์** และ **สะพาน** ซึ่งเรียกรวมว่าเป็น **ฟองกาลอวกาศ** ในท่ามกลางฟองกาลอวกาศนี้เองที่จะเกิดมีเอกภพจิ๋วครบถ้วนในตัวเองนับไม่ถ้วนอุบัติขึ้นและสูญสลายไปตามหลักของการกระเพื่อมควอนตัม ตามแนวคิดอันนี้ เอกภพเริ่มต้นขึ้น เป็น **ทารกเอกภพ** ขนาด $๑๐^{-๓๓}$ ซม. ปัญหาไม่ได้อยู่ที่ว่ามันเกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเป็นไปตามกฎฟิสิกส์ควอนตัม แต่อยู่ที่ว่า มันจะเติบโตขึ้นเป็นบิ๊กเบรี้ยงอย่างไร โดยไม่สลายสูญไป ดังที่จำนวนมหาศาลเกิดแล้วดับสลายไปรอบตัวเราขณะนี้

ข้อเสนอกลไกที่เป็นไปได้อันหนึ่งก็คือ การ**โป่งเฟ้อ** (inflation) หลักฟิสิกส์ควอนตัมยอมให้ **แรงปฏิโน้มถ่วง** (antigravity) เข้ากระทำกับเอกภพทารก ทำให้มันขยายตัวอย่างรวดเร็วยวดยิ่งจนมีขนาด $๑๐^{๕๐}$ เท่าในเวลาเพียง $๑๐^{-๓๒}$ วินาที แล้วต่อจากนั้นมันก็ขยายตัวออกตามอัตราของการขยายตัวของเอกภพที่เราสังเกตได้ต่อไป ทฤษฎีการโป่งเฟ้อได้อธิบายปรากฏการณ์ของจักรวาลที่เราสังเกตได้หลายประการ เป็นต้นว่า การโป่งเฟ้อนั้นทำให้อวกาศปรากฏแบนเป็นแบบยูคลิด ซึ่งตรงกับที่สังเกตได้ และตรงกับที่มีปริมาณมวลสารวิกฤติดังกล่าวมาแล้ว

ทั้งหลัก **การอุบัติของเอกภพทารก** และ **การโป่งเฟ้อ** ที่กล่าวมาทำให้เกิดมโนทัศน์ว่าเอกภพที่เป็นอิสระแก่กันกำลังเกิดขึ้นและสลายตัวอยู่นับไม่ถ้วนในกาลอวกาศ จักรวาล (cosmos) จึงประกอบด้วย **เอกภพ** นับไม่ถ้วนคือเป็น **อเนกอนันตภพ** ต่างก็มีกฎธรรมชาติและค่าคงตัวเฉพาะของตน ส่วนที่ว่าจะสูญสลายแตกดับไป หรือวิวัฒนาการอย่างไรนั้น ยังไม่แน่ชัดว่าจะเป็นไปตามหลัก 'มนุษย์คือจุดหมาย' หรือไม่

ขอพระราชทานพระราชานุญาตจบปาฐกถาลงตามความจำกัดของเวลาตามสมควร ควรมิควรแล้วแต่จะทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อม

คำกราบบังคมทูลของอธิการบดี เมื่อเสร็จสิ้นการแสดงปาฐกถา

ขอพระราชทานกราบบังคมทูลทราบฝ่าละอองพระบาท

ข้าพระพุทธเจ้าใคร่ขอพระราชทาพระราชานุญาตกล่าวคำขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล ปาฐกผู้บรรยายเรื่อง อเนกอนันตภพ ที่เพิ่งเสร็จสิ้นลงไป ณ บัดนี้ เรื่องราวที่เราได้ยินผ่านพ้นไปนั้นย่อมเป็นที่เห็นได้ชัดว่า เป็นผลจากความรอบรู้เชี่ยวชาญเปี่ยมด้วยสติปัญญาความสามารถของปาฐกโดยแท้ ในนามของมหาวิทยาลัย พวกเราทั้งหลายขอขอบพระคุณปาฐกไว้ ณ ที่นี้อีกครั้งหนึ่ง

ในลำดับนี้ ข้าพระพุทธเจ้าขอพระราชทานอัญเชิญใต้ฝ่าละอองพระบาทเสด็จพระราชดำเนินไปยังห้องรับรองชั้นบนหอประชุมนี้ เพื่อเสวยพระสุธารสที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยขอพระราชทานน้อมเกล้าน้อมกระหม่อมจัดถวายต่อไป

ด้วยเกล้าด้วยกระหม่อม

พิมพ์ที่โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. ๒๑๕๓๖๒๖
นางวัฒนา ศิวะเกื้อ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา ธันวาคม ๒๕๓๕
๓๖๐๒-๑๘๘/๑,๐๐๐ (๔)