

บทที่ 2

พัฒนาการของฟิสิกส์

1. ปฐมกำเนิดของฟิสิกส์แผนเดิม

นับตั้งแต่มนุษย์ถือกำเนิดขึ้นมาบนโลกมนุษย์ต้องเผชิญกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ มากมาย ซึ่งมนุษย์พยายามที่จะเรียนรู้และเข้าใจมันเพื่อปกป้องตัวเองจากภัยธรรมชาติและเพื่อที่จะควบคุมมัน โดยผลพวงของความพยายามที่จะเข้าใจธรรมชาติของมนุษย์ก็คือวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ตะวันตกได้เริ่มถือกำเนิดมาตั้งแต่สมัยกรีกโบราณและพัฒนาเรื่อย ๆ จวบจนปัจจุบัน

1.1 วิทยาศาสตร์สมัยโบราณ (Ancient Science)

ในสมัยของกรีกโบราณถือว่าไอโอเนียน (Ionian) เป็นศูนย์กลางการศึกษาที่มีชื่อเสียง ความสำเร็จทางภูมิปัญญาของกรีกในสมัยโบราณ ถือว่ามีความสำคัญต่ออารยธรรมของชาวตะวันตกเป็นอย่างมาก ซึ่งวิทยาศาสตร์สมัยโบราณก็ได้เริ่มต้นถือกำเนิดขึ้นโดยนักปราชญ์ชาวกรีกเป็นพวกแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างมีเหตุผล นักปราชญ์ที่มีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ในยุคนี้มีดังนี้

ธาลีส (Thales : 640 - 584 B.C.) ถือว่าเป็นนักปรัชญาและนักวิทยาศาสตร์ธรรมชาติคนแรกของมนุษยชาติ กล่าวกันว่าเขาเป็นบุคคลแรกที่ดึงปรัชญาลงมาจากฟากฟ้า ธาลีสเห็นว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติมิได้เกิดจากการกระทำของพระเจ้า แต่เป็นไปโดยตัวของมันเองซึ่งเขาพยายามอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยการสังเกตธรรมชาติรอบตัวแล้วคิดวิเคราะห์หาเหตุผลสนับสนุนความคิดตน ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นธาลีสมิได้อ้างพระเจ้าหรือตำนานต่าง ๆ มาสนับสนุนความคิดของตนซึ่งแตกต่างไปจากนักคิดนักเขียนก่อนหน้านี้เขาไม่ว่าจะเป็นโฮเมอร์ (Homer) หรือ เฮสิโอด (Hesiod) โดยวิธีการอธิบายธรรมชาติของเขาได้แสดงให้เห็นว่า ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติเป็นไปได้อย่างไร ความคิดของธาลีสในการอธิบายธรรมชาติเช่นนี้เองถือว่าเป็นปฐมกำเนิดของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติและปรัชญา นักคิดรุ่นหลังธาลีสต่างก็ได้สานต่อทำที่ในการอธิบายธรรมชาติ

ที่ราเลสได้จุดประกายไว้ โดยการวิเคราะห์ วิจัยความคิดของเขาอันเป็นผลให้เกิดความก้าวหน้าทั้งทางด้านปรัชญาและวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ

ฮิปโปคราเตส (Hippocrates : 460-377 B.C.) ได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งการแพทย์ เขาเชื่อว่าโรคต่าง ๆ ไม่ได้เกิดจากการบัลลาลของเทพเจ้า ซึ่งเป็นการทำลายความเชื่อที่มลายเกี่ยวกับภูตผีปีศาจ เป็นผลให้การแพทย์มีลักษณะที่เป็นเหตุผลมากขึ้น

อริสโตเติล (Aristotle : 384 - 322 B.C.) เป็นที่น่าสังเกตว่าการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของนักคิดกรีกช่วงก่อนโสคราตีสจะอธิบายโดยใช้สามัญสำนึก (common sense) เป็นหลัก จนกระทั่งมาถึงยุคของอริสโตเติลผู้ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของชีววิทยา วิธีการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจึงมีความซับซ้อนและเป็นระบบมากขึ้น โดยเขาเห็นว่าบ่อเกิดของความรู้คือการมีประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส (sense experience) ซึ่งความรู้จะเป็นไปได้ได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส อริสโตเติลถือได้ว่าเป็นต้นตำรับของวิธีของอัสสมาจารย์ (scholarly method) โดยในแต่ละการศึกษาเขาจะกำหนดขอบเขตและปัญหา ก่อน... จากนั้นเขาจะใช้ประสบการณ์และเหตุผล ในการพัฒนาข้อสันนิษฐานของเขา¹

1.2 วิทยาศาสตร์แห่งเมืองอเล็กซานเดรีย

หลังจากยุคของคลาสสิกของกรีกสิ้นสุดลง ศูนย์กลางของวิทยาศาสตร์ได้ย้ายมาอยู่ที่เมืองอเล็กซานเดรีย ซึ่งเป็นเมืองที่มีความอุดมสมบูรณ์และเปิดโอกาสให้ผู้คนที่ได้ศึกษาค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่ายุคสมัยของกรีก วิทยาศาสตร์ในสมัยนี้เริ่มให้ความสำคัญกับการทดลอง นอกเหนือไปจากการสรุปทางตรรกวิทยาตามเหตุและผล

เมืองอเล็กซานเดรียได้สร้าง นักคิดนักวิทยาศาสตร์ที่โด่งดังมากมาย ดังต่อไปนี้

ยูคลิด (Euclid : 287 - 212 B.C.) ผู้รวบรวมและเรียบเรียงเรขาคณิตอย่างเป็นระบบ เรขาคณิตของเขามีอิทธิพลต่อระบบเรขาคณิตในยุคต่อ ๆ มาว่าสองพันปี² ในหนังสือที่ชื่อ *Elements* ของเขา เขาใช้วิธีการพิสูจน์ทฤษฎีบท (Theorems) จากการนิรนัยจากสัจพจน์ (Axioms) ด้วยวิธีการนี้เองทำให้เขาสามารถสร้างทฤษฎีบทได้มากมาย การค้นพบเรขาคณิตของยูคลิดถือว่าการค้นพบที่ยิ่งใหญ่และมีผลกระทบการใช้เหตุผลของมนุษย์มาก โดยนักปรัชญาส่วนใหญ่ถือว่า

¹ *The New Encyclopaedia Britannica* (N.P.: Encyclopaedia Britannica, Inc. Volume 16 ,1977), pp.366-367.

² จวบจนกระทั่งคริสต์ศตวรรษที่ 19 ระบบเรขาคณิตของยูคลิดจึงถูกท้าทาย ด้วยการถือกำเนิดของเรขาคณิตนอกแบบยูคลิด (non-Euclidean geometry) เช่น ระบบเรขาคณิตของเรมันน์ (Riemann) และระบบเรขาคณิตของโลบาเชฟสกี (Lobachevsky)

มันเป็นกระบวนการทัศน์ของการใช้เหตุผลของมนุษย์ จึงไม่น่าแปลกใจที่ผลของการค้นพบของเขาจะส่งผลต่อความคิดของนักคิดกรีกทำให้พวกเขาเชื่อมั่นในการใช้เหตุผลมากขึ้น

อาร์คิมิดีส (Archimedes : 287 - 212 B.C.) ผู้ค้นพบกฎของคานาคิดคานจัด เขาพบว่าน้ำหนักที่หายไปเมื่อชั่งในน้ำจะเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกวัตถุแทนที่ เขาได้นำคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาและแสดงสมมติฐานของพีทากอรัสที่มีอิทธิพลต่อกาลิเลโอผู้ซึ่งถือว่าเป็นบิดาของการทดลองทางวิทยาศาสตร์ในเวลาต่อมา

ฮิปปาร์คอส (Hipparchos : 190 - 120 B.C.) ผู้คิดเกี่ยวกับระบบสุริยจักรวาลซึ่งมีดวงอาทิตย์เป็นจุดศูนย์กลาง (ก่อนที่ความคิดนี้จะถูกปฏิเสธเป็นเวลานาน จนกระทั่งโคเปอร์นิคัสจะฟื้นฟูความคิดนี้อีกครั้ง ในเวลาเกือบสองพันปีให้หลัง) เขาเป็นผู้ริเริ่มทำแผนที่ดวงดาว

1.3 วิทยาศาสตร์ยุคกลาง (Medieval Science)

ความเจริญทางวิทยาศาสตร์ของเมืองอเล็กซานเดรียค่อย ๆ เสื่อมลงหลังจากการกำเนิดของคริสต์ศาสนา วิทยาศาสตร์ถูกมองว่าเป็นเรื่องนอกศาสนา พวกศาสนจักรมีความเชื่อว่ามนุษย์ไม่สามารถที่จะเข้าใจธรรมชาติได้ด้วยตัวของมนุษย์เองเพียงลำพัง โดยความรู้ของมนุษย์ขึ้นอยู่กับ การส่องสว่างของพระเจ้า (God's illumination) ซึ่งผลของความคิดนี้แสดงให้เห็นว่า มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงธรรมชาติได้โดยตรง การจะได้มาซึ่งความรู้นั้นต้องอาศัยพระเจ้า³

ตลอดสมัยของยุคกลางถูกปกคลุมด้วยอิทธิพลของศาสนา ทำให้วิทยาศาสตร์หมดบทบาทลง จวบจนกระทั่งพวกอาหรับที่เริ่มเข้ามามีบทบาทในคริสต์ศตวรรษที่ 12-13 ได้นำปรัชญาและวิทยาศาสตร์ของกรีกเข้ามาเผยแพร่ โดยมีการแปลตำราซึ่งมีความสำคัญของนักปรัชญา นักวิทยาศาสตร์กรีกมาเป็นภาษาอาราบิก (Arabic) ส่งผลให้คนในยุคนี้หันกลับมาให้ความสนใจในนักคิดของกรีกเป็นผลให้วิทยาศาสตร์กลับมาเป็นที่สนใจอีกครั้ง

ผลงานของนักวิทยาศาสตร์สมัยกลางที่พอจะมีบ้าง ได้แก่

1. การรวบรวมและจัดจำพวกพืช สัตว์ แร่ธาตุต่าง ๆ ไว้อย่างเป็นหมวดหมู่
2. มีการอธิบายเรื่องการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลาง เช่น เมื่อผ่านบรรยากาศ น้ำ เลนส์ จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า รุ้งกินน้ำ และยังมีการสร้างกระจกเงาโค้งขึ้น
3. มีการเล่นแร่แปรธาตุ การเปลี่ยนโลหะชั้นต่ำให้เป็นทองคำ ผลของการเล่นแร่แปรธาตุได้ก่อให้เกิดการค้นพบสารสำคัญอีกหลายอย่าง เช่น กรดไนตริก กรดกำมะถัน กรดเกลือ บอแรกซ์ ฯลฯ ซึ่งต่อมาการเล่นแร่แปรธาตุได้พัฒนามาเป็นวิชา เคมีนั่นเอง

³ The New Encyclopaedia Britannica (N.P. : Encyclopaedia Britannica, Inc. Volume 16 ,1977), p.378.

4. มีความเชื่อว่าการสังเกตและการทดลองเท่านั้นที่จะนำไปสู่ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง มีการค้นพบสูตรการหาพื้นที่

1.4 การถือกำเนิดของวิทยาศาสตร์ในสมัยฟื้นฟูศิลปวิทยา (Rebirth of Science in the Renaissance)

ผลจากเปลี่ยนแปลงทางระบบเศรษฐกิจและสังคม จากการเติบโตของสังคมทุนนิยมที่ซับซ้อนมากขึ้น รวมทั้งจากความคิดของพวกขบวนการปฏิรูปศาสนา (Reformation)⁴ เกี่ยวกับทางศาสนา ที่ลดอำนาจของศาสนจักร (church) ลงโดยเห็นว่า มนุษย์สามารถติดต่อกับพระเจ้าได้โดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องผ่านศาสนจักรและจากการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการเสื่อมลงของศาสนจักรอันถือได้ว่าเป็นจุดสิ้นสุดของยุคกลาง

ช่วงสมัยฟื้นฟูศิลปวิทยาได้มีการประดิษฐ์เครื่องพิมพ์ซึ่งช่วยให้วิทยาการต่าง ๆ แพร่หลายอย่างรวดเร็วและมีความเจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น มีการผลิตตำราทางวิทยาศาสตร์ทำให้บุคคลที่สนใจสามารถหาตำรามาศึกษาได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าและขยายวงกว้างมากขึ้น วิทยาศาสตร์จึงเริ่มแยกเป็นเอกเทศจากศาสนา

กระบวนการทัศน์ของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ (วิทยาศาสตร์สมัยใหม่เริ่มต้นตั้งแต่สมัยฟื้นฟูศิลปวิทยาจนถึงปัจจุบัน) เกิดขึ้นจากการค้นพบทางฟิสิกส์⁵ สำคัญ ๆ ในช่วงสมัยฟื้นฟูศิลปวิทยาซึ่งการค้นพบทางฟิสิกส์สมัยนี้ได้วางรากฐานวิธีทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดต่อมาอีกกว่าสามร้อยปีโดยเราเรียกฟิสิกส์ในสมัยฟื้นฟูศิลปวิทยาที่ได้วางรากฐานให้กับวิทยาศาสตร์ว่า ฟิสิกส์แผนเดิม (classical physics)

ฟิสิกส์แผนเดิมเกิดขึ้นมาพร้อมกับการปฏิวัติทางความคิดของโคเปอร์นิคัส (Nicolaus Copernicus ค.ศ. 1473 - 1543) ผ่านความเห็นที่ว่า ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาล โดยมีโลกและดาวดวงอื่น ๆ โคจรรอบมัน ซึ่งความคิดนี้แตกต่างจากความเห็นที่สอดคล้องกับคริสต์ศาสนาซึ่งเสนอโดย โทเลมี (Ptolemy) นักคิดของเมืองอเล็กซานเดรียในคริสต์ศตวรรษที่ 2 ที่เห็นว่า โลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล โคเปอร์นิคัสเล็งเห็นว่าจากการค้นพบของเขาจะก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงต่อ

⁴ แนวความคิดของพวกขบวนการปฏิรูปศาสนา (reformation) ได้ก่อให้เกิดคริสต์ศาสนานิกายโปรเตสแตนต์ (Protestant) ในเวลาต่อมา

⁵ ฟิสิกส์เป็นวิชาหลักของวิทยาศาสตร์ ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสสารทั่ว ๆ ไปและพลังงาน โดยไม่เกี่ยวข้องกับสสารใดสสารหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งสสารหมายถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่มีตัวตนในเอกภพรวมทั้งแสง ไฟฟ้าและพลังงานด้วย

ศาสนจักร งานพิมพ์ของเขาจึงแพร่หลายอยู่ในวงแคบ ๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตามงานพิมพ์ของเขาก็ได้รับความสนใจอย่างมากจาก โจฮันส์ เคปเลอร์ (Johannes Kepler : ค.ศ. 1571-1630) โดยเคปเลอร์ ได้พัฒนาทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส ตั้งเป็นกฎสำคัญสามข้อทางดาราศาสตร์

กาลิเลโอ กาลิเลอี (Galileo Galilei : ค.ศ. 1564-1642)

ทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส และ เคปเลอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมกล่าวคือ ทฤษฎีของพวกเขาตั้งขึ้นมาโดยมิได้ผ่านการทดลอง ได้รับการพิสูจน์โดยกาลิเลโอ กาลิเลอีนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ผู้ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ล้มล้างทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอริสโตเติล กาลิเลโอเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการทดลองในการแสวงหาความรู้ เขาล้มล้างทฤษฎีการเคลื่อนที่ของอริสโตเติลโดยการแสดงให้เห็นผ่านการทดลอง

กาลิเลโอให้ความสนใจกับงานเขียนของอาร์คิมิดีสและยูคลิดมาก เขาได้รับอิทธิพลจากอาร์คิมิดีสในความพยายามที่จะนำคณิตศาสตร์มาอธิบายวิทยาศาสตร์ซึ่งแตกต่างไปจาก การใช้ตรรกบท⁶ (Syllogism) พิสูจน์สิ่งต่าง ๆ ของยูคลิดกลางจะเห็นได้จากการที่เขานำเรขาคณิตมาอธิบายและสร้างเป็นสูตรการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น

ผ่านการนำเรขาคณิตที่เขานำมาใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้เองที่กาลิเลโอใช้เป็นเหตุผลสนับสนุนความเห็นที่ว่าฟิสิกส์เป็นศาสตร์ที่มีความแน่นอน โดยเขาเห็นว่า เนื่องจากสัจพจน์ทางเรขาคณิตและคุณสมบัติของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่สังเกตได้ด้วยประสบการณ์นั้นตรงกัน ด้วยเหตุนี้ทฤษฎีบทที่นิรนัยมาจากสัจพจน์จึงสามารถประยุกต์ใช้กับข้อเท็จจริงเชิงประสบการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้ นั่นคือฟิสิกส์สามารถที่จะเป็นศาสตร์ที่มีความแน่นอนได้⁷

สิ่งสำคัญที่กาลิเลโอได้ให้ไว้กับวิทยาศาสตร์คือ กาลิเลโอได้คิดค้นวิธีการแบบใหม่ให้กับวิธีทางวิทยาศาสตร์โดยการนำคณิตศาสตร์มาประกอบกับการสำรวจธรรมชาติ ซึ่งได้กลายมาเป็นราก

⁶ ตรรกบท (syllogism) คือ การอ้างเหตุผลแบบหนึ่งซึ่งต้องการสรุปว่า สิ่ง 2 สิ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยอาศัยสิ่งที่ 3 มาเป็นตัวกลาง

การอ้างเหตุผลแบบนี้ประกอบด้วยข้อตั้ง (premise) 2 ข้อคือ ข้อตั้งหลัก (major premise) และข้อตั้งรอง (minor premise) และข้อสรุป (conclusion) 1 ข้อ โดยข้อสรุปกล่าวถึง ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 สิ่ง ส่วนข้อตั้งแต่ละข้อจะเชื่อมสิ่งแต่ละสิ่งนี้เข้ากับสิ่งที่ 3 เช่น

มนุษย์ทุกคนเป็นสิ่งที่ต้องตาย (ข้อตั้งหลัก)

โสกราตีสเป็นมนุษย์ (ข้อตั้งรอง)

ดังนั้นโสกราตีสเป็นสิ่งที่ต้องตาย (ข้อสรุป) เป็นต้น

⁷ W.T. Jones, *Hobbes to Hume : a History of Western Philosophy* (N.P. : Harcourt, Brace & World, Inc., 1969), p. 104.

ฐานของวิธีทางวิทยาศาสตร์ในยุคต่อ ๆ มา และด้วยวิธีการใหม่ที่เขาคิดขึ้นโดยผ่านการสำรวจธรรมชาติผ่านกล้องโทรทรรศน์และการคำนวณนี้เอง ที่ทำให้เขาสามารถยืนยันว่าความคิดของโคเปอร์นิคัสเป็นความคิดที่ถูกต้อง

กาลิเลโอเป็นผู้ค้นพบที่เริ่มต้นของกฎแรงดึงดูดของวัตถุนานโลก เขาแสดงให้เห็นว่าวัตถุไม่ว่าจะหนักหรือเบากว่ากันถ้าปล่อยให้ตกจากที่สูงพร้อมกันจะตกถึงพื้นพร้อมกัน โดยเขาได้ทดลองทิ้งวัตถุที่หนักและเบาลงจากหอคอยเมืองปิซาเพื่อยืนยันความคิดของเขา ซึ่งความคิดนี้เองได้ล้มล้างความคิดของอริสโตเติลที่ว่า “ของสองสิ่ง น้ำหนักไม่เท่ากัน เมื่อโยนลงมาจากที่สูงจะตกถึงพื้นดินไม่พร้อมกัน ของหนักจะตกถึงก่อนของเบา คือถ้ายังหนักมากก็ยิ่งตกลงมาถึงเร็ว”⁸

ฟรานซิส เบคอน (Francis Bacon : ค.ศ. 1561-1626)

นักคิดชาวอังกฤษซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนที่ยิ่งใหญ่คนแรกของลัทธิประสบการณ์นิยม (Empiricism) เขามีความรู้ในหลาย ๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นค้าขายการปกครอง ทุนายความ ส่วนในด้านวิทยาศาสตร์เขาไม่ได้ค้นพบทฤษฎีใหม่ ๆ แต่เขาเป็นผู้ให้วิธีการในการแสวงหาความรู้แก่วิทยาศาสตร์ซึ่งก็คือวิธีการอุปนัย ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นหนึ่งในวิธีการทางฟิสิกส์แผนเดิม

เบคอนเห็นว่า จักรวาลประกอบไปด้วยสารที่เป็นปัจเจก (individual substance) ซึ่งสาร (substances) ที่แตกต่างกันนั้นมี คุณสมบัติที่แน่นอนรวมกัน ดังนั้นถ้านักวิทยาศาสตร์ต้องการศึกษา “มนุษย์” เขาต้องค้นหาบางสิ่งที่ทำให้มนุษย์แต่ละคนเป็น “มนุษย์” โดยถ้ามนุษย์ขาดบางสิ่งนั้นเขาก็จะสูญเสียความเป็นมนุษย์ไป สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ควรจะทำคือการดึงบางสิ่งนั้นออกมา

จากข้างต้นจะพบว่า การค้นหาบางสิ่งนั้นจำเป็นต้องมีประสบการณ์กับในแต่ละสารปัจเจกก่อน ดังนั้นเบคอนจึงมองว่าวิธีนัยที่พวกนักปราชญ์ยุคกลางใช้พิสูจน์สิ่งต่าง ๆ นั้นใช้ไม่ได้ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เพราะมันเป็นวิธีที่แทบจะไม่มีประสบการณ์กับธรรมชาติหรือแต่ละสารปัจเจกเลย เขาจึงได้เสนอวิธีใหม่ที่จะเข้าใจธรรมชาติ ซึ่งเขาเรียกว่า วิธีอุปนัย อันเป็นวิธีที่เกิดจากการมีประสบการณ์กับธรรมชาติอย่างครบครัน

อย่างไรก็ตามวิธีอุปนัยของเบคอนยังมีข้อผิดพลาด โดยข้อผิดพลาดของวิธีอุปนัยของเบคอนมาจากการที่เขาปฏิเสธการใช้เหตุผลเชิงตรรกบท (Syllogistic reasoning) ของยุคกลาง ซึ่งส่งผลให้เขาปฏิเสธมูลฐานของการใช้เหตุผล (rationalistic elements) ทั้งหมดทั้ง ๆ ที่มูลฐานของการใช้เหตุผลมิได้มีเพียงการใช้เหตุผลเชิงตรรกบทเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์อีกด้วย ด้วยเหตุนี้วิธีอุปนัยของเขาจึงขาดขั้นตอนของการใช้เหตุผลไป อย่างไรก็ตามแม้วิธีการอุปนัยของ

⁸ วีระชัย มีชอบธรรม และคณะ, วิทยาศาสตร์ 1 (กรุงเทพมหานคร : อักษราพัฒนาจำกัด), หน้า 9.

⁹ W.T. Jones, *Hobbes to Hume : a History of Western Philosophy*, pp. 85 - 86.

เบคอนจะมีข้อผิดพลาด แต่สิ่งที่เบคอนได้ให้เอาไว้กับวิทยาศาสตร์คือ เขาได้แสดงให้เห็นว่าถ้าเพียงการมีประสบการณ์กับธรรมชาติอย่างเดียวไม่ได้ก่อให้เกิดผลที่ดีต่อวิธีทางวิทยาศาสตร์ วิธีทางวิทยาศาสตร์จะต้องประกอบไปด้วยทั้งส่วนที่เป็นประจักษ์ (empirical) และ ส่วนที่เป็นเหตุผล (rational)

เรอเน เดการ์ต (Rene Descartes : ค.ศ. 1596-1650)

เรอเน เดการ์ต บิดาแห่งปรัชญาสมัยใหม่ เขามีความเห็นแตกต่างจากเบคอนในเรื่องบ่อเกิดของความรู้ เบคอนเห็นว่าเราสามารถสร้างความรู้ได้ผ่านการมีประสบการณ์กับธรรมชาติ แต่เดการ์ตเห็นว่าบ่อเกิดของความรู้คือเหตุผล เขาให้ความสำคัญกับคณิตศาสตร์มากโดยเห็นว่าคณิตศาสตร์มีลักษณะสัมบูรณ์ (absolute) ดังนั้นเขาจึงใช้มโนทัศน์ (concept) ของคณิตศาสตร์มาตั้งเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับธรรมชาติและกระบวนการทางปรัชญา โดยเขาพยายามหาข้อตั้ง (premise) ที่สัมบูรณ์ก่อนที่จะนิรนัยไปสู่ข้อสรุปอื่น ๆ อย่างไรก็ตามแม้ทั้งสองจะมีความเห็นต่างกันแต่ทั้งคู่ต่างก็เป็นบุคคลที่มีความสำคัญต่อฟิสิกส์แผนเดิม

ในขณะที่เบคอนได้ต่อต้านความเชื่อของพวกอัสมาจารย์¹⁰ (Scholastic) โดยเรียกร้องให้เราหันมาให้ความสำคัญกับประสบการณ์ เดการ์ตได้ต่อต้านพวกวิตินิยมของมนุษยนิยมในคริสต์ศตวรรษที่ 16 โดยการให้ความสำคัญกับคณิตศาสตร์ โดยถือว่ามันเป็นรูปแบบซึ่งความรู้ที่แน่นอนเกี่ยวกับธรรมชาติต้องมี¹¹

เดการ์ตเห็นว่าเราควรอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติผ่านเรขาคณิตและคณิตศาสตร์ เดการ์ตกล่าวว่า “ฉันไม่ยอมรับหรือปรารถนาหลักการอื่น ๆ ในฟิสิกส์มากไปกว่า เรขาคณิตและคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม เพราะว่าเราอาจจะอธิบายแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ของธรรมชาติได้ด้วยวิธีของพวกมัน”¹²

เขาเห็นว่าทุกการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนที่ในโลกของวัตถุสามารถอธิบายได้ในลักษณะของจักรกล (mechanical terms) เขาพยายามอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยการลดทอนปรากฏการณ์ลงสู่สสารและการเคลื่อนที่ ซึ่งต่อมาเราเรียกความคิดนี้ว่าปรัชญาจักรกล (mechanical philosophy) ซึ่งได้กลายมาเป็นกระบวนการทศน์ของฟิสิกส์แผนเดิม

¹⁰ พวกอัสมาจารย์ (Scholastic) หมายถึง นักปรัชญาที่เป็นนักพรตของศาสนาคริสต์ ระหว่างคริสต์ศตวรรษที่ 9 - 15

¹¹ *The New Encyclopaedia Britannica* (N.P. : Encyclopaedia Britannica, Inc. Volume 16 ,1977), p.378.

¹² W.T. Jones, *Hobbes to Hume : a History of Western Philosophy*, p. 179.

เดการ์ตและนักปรัชญาจักรกลนิยมคนอื่น ๆ มองความจริงทางฟิสิกส์ว่ามันประกอบไปด้วยอนุภาคจำนวนมากที่เคลื่อนไหวอยู่ พวกเขามองว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเป็นผลจากการมีปฏิสัมพันธ์กันในทางจักรกลของอนุภาคเหล่านั้น¹³

เขาเห็นว่าเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ไม่ใช่การหาอันตเหตุ (final cause)¹⁴ แต่เป็นการพยายามอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยจักรกล ตลอดจนการค้นหากฎทางจักรกลของวัตถุที่เคลื่อนไหว ความคิดนี้แสดงให้เห็นว่าเดการ์ตได้แยกศาสนาออกจากวิทยาศาสตร์ เขามีได้สร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากความรู้ทางด้านศาสนาเช่นเดียวกับพวกโรมันคาทอลิกในยุคกลาง

ความคิดของเดการ์ตได้มีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 มาก รวมถึงอิทธิพลที่มีต่อนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่อย่าง ไอแซก นิวตัน โดย ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และแรงโน้มถ่วงในหนังสือ *Principia* ของนิวตันนั้นสอดคล้องกับความคิดของเดการ์ต¹⁵

ไอแซก นิวตัน (Isaac Newton : ค.ศ. 1642 - 1727)

ไอแซก นิวตันนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ชาวอังกฤษ เขาให้ความสนใจในหลาย ๆ ด้าน อาทิเช่น ทางด้านทัศนศาสตร์ (optics) จากการค้นพบของเขาเกี่ยวกับองค์ประกอบของแสงสีขาว¹⁶ ซึ่งได้รวบเอาปรากฏการณ์ของสี (phenomenon of colors) เอาไว้ในวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแสง และการค้นพบของเขาได้เป็นพื้นฐานของ ฟิสิกส์แผนเดิมทางด้านทัศนศาสตร์

ผลจากการค้นพบของเขาเกี่ยวกับทฤษฎีแสง ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสามารถออกแบบกล้องโทรทรรศน์¹⁷ แว่นตา และกล้องถ่ายรูปได้ดีขึ้น

¹³ [\(2000, December 12\)](http://www.britannica.com/bcom/eb/article/7/0,5716,115657+2+108764,00.html)

¹⁴ อริสโตเติลเห็นว่า สรรพสิ่งเกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงต้องมีเหตุหรือปัจจัย 4 ประการ (four cause) คือ

1. วัสดุเหตุ (Material Cause) ได้แก่ วัสดุ
2. รูปเหตุ (Formal Cause) ได้แก่ แบบ
3. สัมฤทธิ์เหตุ (Efficient Cause) ได้แก่ ผู้กระทำการ
4. อันตเหตุ (Final Cause) ได้แก่ จุดมุ่งหมาย

อาทิเช่นการจะสร้างรูปปั้นรูปหนึ่งจะต้องมีวัสดุเหตุ คือ หิน รูปเหตุ คือ ลักษณะของรูปปั้น สัมฤทธิ์เหตุ คือ ผู้ทำ การปั้นรูปปั้นขึ้นมา ส่วนอันตเหตุ คือ จุดมุ่งหมายของการปั้น เป็นต้น ซึ่งความคิดเกี่ยวกับเหตุปัจจัย 4 ประการ โดยเฉพาะอันตเหตุได้รับการยอมรับในยุคสมัยกลาง เนื่องจากสามารถนำมาอธิบายสนับสนุนการมีอยู่ของพระเจ้าได้

¹⁵ *The New Encyclopaedia Britannica* (N.P.: Encyclopaedia Britannica, Inc. Volume 14, 1977), p. 380.

¹⁶ แสงสีขาวเมื่อตกกระทบปริซึมจะกระจายออกเป็นสี 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง

ทางด้านจักรกล เขาได้สร้างกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อซึ่งเป็นรากฐานของสำคัญของฟิสิกส์แผนเดิม และจากกฎทั้งสามข้อนี้เอง เขาได้สร้างกฎแรงโน้มถ่วง (Law of Gravitation) ขึ้นมา ซึ่งกฎนี้มีความยิ่งใหญ่จนมีผู้เห็นว่า กฎนี้ได้เชื่อมโยงสวรรค์และโลกเข้าด้วยกัน

กฎการเคลื่อนที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี หลากหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบรถยนต์และเรือ การทำนายเส้นทางของยานอวกาศไปดวงจันทร์ ซึ่งในปัจจุบันกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันยังคงสามารถใช้อธิบายการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ที่มีความเร็วน้อยกว่าความเร็วของแสงซึ่งประมาณ 3×10^8 เมตรต่อวินาทีมาก ๆ ได้เป็นอย่างดี

ทางด้านคณิตศาสตร์ เขาเป็นผู้ค้นพบ ทฤษฎีทวินาม (binomial theory) แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ (differential calculus) และแคลคูลัสเชิงปริพันธ์ (integral calculus) ซึ่งต่อมาแคลคูลัสได้กลายมาเป็นเครื่องมือสำคัญในทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์อย่างขาดไม่ได้

โดยการค้นพบทางด้านฟิสิกส์ของนิวตัน ได้กลายมาเป็นงานพื้นฐานของฟิสิกส์แผนเดิมทั้งหมด แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ได้กล่าวถึงงานของนิวตันว่า เป็นงานที่ยิ่งใหญ่ที่สุดที่สติปัญญาของมนุษย์อาจกระทำได้¹⁸

นิวตันได้รับอิทธิพลจากปรัชญาจักรกลของเดการ์ต ซึ่งกฎการเคลื่อนที่ของเขามีรากฐานมาจากความพยายามที่จะอธิบายปรากฏการณ์ในลักษณะที่เป็นจักรกล โดยนิวตันถือได้ว่าเป็นผู้สังเคราะห์ปรัชญาจักรกลและความพยายามในการอธิบายธรรมชาติในรูปแบบของคณิตศาสตร์ อันเป็นส่วนสำคัญในการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นหนึ่งเดียวกัน ซึ่งผลของการกระทำของนิวตันได้กลายมาเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์¹⁹ ของฟิสิกส์แผนเดิมซึ่งได้สืบทอดต่อมาอีกกว่าสามร้อยปี

¹⁷ การประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์เกิดขึ้นเมื่อ 50 ปีก่อนที่นิวตันเกิด แต่เป็นเครื่องมืออย่างง่าย ๆ ให้ภาพไม่ชัดเจนในคริสต์ศตวรรษที่ 18 มีการใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงของนิวตันพัฒนากล้องจุลทรรศน์ที่ซับซ้อน และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อันนำไปสู่ความก้าวหน้าทางการแพทย์และชีววิทยาในหลากหลายสาขา

¹⁸ จูเลียน อักซ์ลีย์ ; แปลโดย จุฑาทิพย์ อุมะวิชนี. *วิวัฒนาการแห่งความคิด : ภาคนมนุษย์และโลก* (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2540), หน้า 77.

¹⁹ วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวิธีการและทำการทดลอง
2. สังเกตผลที่เกิดขึ้น
3. สรุป “สมมติฐาน” เบื้องต้นที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในการทดลอง
4. ทำการทดลองต่อไป เพื่อพิสูจน์และยืนยันความเป็นจริงของสมมติฐานนั้น ๆ
5. หากการทดลองภายหลังให้ข้อมูลเพิ่มเติมที่ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานเริ่มต้น ก็จะต้องทำการปรับปรุง หรือแม้แต่เปลี่ยนแปลงสมมติฐานนั้น ๆ เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์โดยรวมได้

ผลจากการค้นพบของนิวตันทำให้วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่น่าสนใจต่อนักคิด ตลอดจนสาธารณชนทั่ว ๆ ไป วิทยาศาสตร์ถูกมองว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถอธิบายความลึกลับของจักรวาล และช่วยให้มนุษย์เข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติได้ ซึ่งเมื่อมนุษย์เข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ก็สามารถที่จะควบคุม ตลอดจนเปลี่ยนแปลงวิถีของธรรมชาติได้

1.5 วิทยาศาสตร์ในคริสต์ศตวรรษที่ 18

ในคริสต์ศตวรรษนี้มีเหตุการณ์ที่สำคัญเกิดขึ้น คือ การปฏิวัติอุตสาหกรรมและการปฏิวัติฝรั่งเศสที่เกิดขึ้นในช่วงปลายศตวรรษ ในด้านวิทยาศาสตร์ช่วงเวลานี้เป็นเวลาที่สังคมและอุตสาหกรรมได้เป็นตัวกำหนดทิศทางของวิทยาศาสตร์ กล่าวคือหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมได้มีการนำเครื่องจักรมาใช้งานแทนมนุษย์ทำให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นในเวลาเท่าเดิม การค้นคว้าทางด้านวิทยาศาสตร์จึงเป็นไปในลักษณะของการนำพาความก้าวหน้ามาให้แก่อุตสาหกรรมต่าง ๆ วิทยาศาสตร์ในยุคนี้จึงมีความสัมพันธ์กับเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ได้เข้าไปมีบทบาททางด้านการเมือง พวกยุคสว่าง (Enlightenment) ซึ่งผู้ริเริ่มคือ วอลแตร์ (Voltaire) ได้นำข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์มาใช้ทางการเมือง เช่น นำมาใช้ต่อต้านศาสนจักร เป็นต้น ในช่วงเวลาของการปฏิวัติฝรั่งเศส พวกผู้ปฏิวัติมีความศรัทธาในวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และมีนักวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากที่อุทิศตนเป็นหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสงคราม

ปลายศตวรรษนี้มีการริเริ่มจัดตั้งองค์กรทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาซึ่งมีส่วนช่วยในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ในยุคต่อ ๆ มา โดยสมัยนี้มีนักวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ เช่น

เบนจามิน แฟรงคลิน (Benjamin Franklin : ค.ศ. 1706-1790) ผู้ค้นพบไฟฟ้าในอากาศ เขาเป็นผู้ประดิษฐ์สายล่อฟ้าขึ้นมา

เจมส์ วอตต์ (James Watt ค.ศ. 1736-1819) เขาเป็นผู้ปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำของนิวโคเมน และประดิษฐ์เครื่องจักรไอน้ำแบบใหม่

เฮนรี คาเวนดิช (Henry Cavendish ค.ศ. 1731-1794) เขาเป็นผู้ค้นพบว่า น้ำประกอบด้วยไฮโดรเจนและออกซิเจน

1.6 วิทยาศาสตร์ในคริสต์ศตวรรษที่ 19

ผลจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมและการปฏิวัติของฝรั่งเศสส่งผลให้อุตสาหกรรมมีความเจริญมากขึ้น วิทยาศาสตร์ในฐานะที่ช่วยในการพัฒนาอุตสาหกรรมจึงได้รับการยอมรับและการชื่นชมมาก โดยตัววิทยาศาสตร์เองก็มีความเจริญก้าวหน้าและมีบทบาทต่อคนทั่วไปในสังคมและต่อการดำรงชีวิตมากขึ้นกว่าเดิม ยุคนี้ถือว่าเป็นยุคทองของวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ได้มีการพัฒนา มีการขยายสาขาไปมากมาย มีการค้นพบความรู้ในเรื่องต่าง ๆ มากมาย เช่น การค้นพบรังสีเอกซ์ การค้นพบกัมมันตภาพรังสี พบยาปฏิชีวนะ พบโครงสร้างดีเอ็นเอ (สารพันธุกรรม) เป็นต้น ซึ่งผลส่วนหนึ่งมาจากการที่มีการสอนและการวิจัยวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัย จากวารสารทางวิทยาศาสตร์

สมัยนี้มีนักวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ เช่น

เออร์เนสต์ ออร์แลนโด ลาวัซซี (Antoine Laurent Lavoisier : ค.ศ.1743-1794) เขาเป็นผู้ค้นพบกฎทรงมวลของสสาร (law of conservation of mass) ซึ่งมีใจความว่า “มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา ย่อมเท่ากับมวลของสารหลังทำปฏิกิริยา”

จอห์น ดอลตัน (John Dalton : ค.ศ. 1766-1844) เขาเป็นผู้ค้นพบว่า น้ำหนักของธาตุเป็นค่าที่สำคัญ นำมาซึ่งทฤษฎีอะตอม ซึ่งมีใจความดังนี้

1. สสารทุกชนิดประกอบไปด้วยสิ่งที่เล็กที่สุด เรียกว่า อะตอม
2. อะตอมไม่อาจทำให้เกิดขึ้นทำลายหรือเปลี่ยนแปลงจากอะตอมหนึ่งไปเป็นอีกอะตอม หนึ่งได้
3. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน ย่อมมีน้ำหนักเท่ากัน และมีคุณสมบัติเหมือนกัน มีขนาด ลักษณะ และน้ำหนักแตกต่างจากอะตอมของธาตุอื่น
4. ถ้าธาตุ 2 ธาตุรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบมากกว่า 1 ชนิด น้ำหนักของธาตุหนึ่งที่คงตัวเมื่อเปรียบเทียบกับอีกธาตุหนึ่ง ย่อมมีอัตราส่วนเป็นเลขลงตัวน้อย ๆ

องเดร - มารี อองแปร์ (Andre-Marie Ampere : ค.ศ. 1774-1836) เป็นผู้ค้นพบกระแสไฟฟ้าสถิต

เกออร์ก ซิโมน โอห์ม (George Simon Ohm : ค.ศ. 1787-1854) เป็นผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน

ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday : ค.ศ. 1791-1867) เป็นผู้ค้นพบสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อันนำไปใช้ในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ทอมัส แอลวา เอดิสัน (Thomas Alva Edison : ค.ศ. 1847-1882) เป็นผู้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้า เครื่องบันทึกเสียง เครื่องฉายภาพยนตร์

ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin : ค.ศ. 1809-1882) เป็นผู้ค้นพบทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เขาเห็นว่า สัตว์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับธรรมชาติได้ก็จะอยู่รอด พวกที่ปรับตัวไม่ได้ก็จะสูญพันธุ์ไป ทฤษฎีของเขามีผลกระทบต่อความเชื่อทางศาสนาที่ว่าพระเจ้าสร้างมนุษย์และสัตว์อื่น ๆ มีผลกระทบต่อความคิดทางปรัชญาไม่ว่าจะเป็นเรื่องของสิ่งสากล (Universal), เรื่องสาระ (essence), เรื่องอันตวิทยา (teleology) ทฤษฎีของเขามีผลกระทบต่อความคิดของคนทั่ว ๆ ไปในสมัยนั้นมาก

2. ฟิสิกส์สมัยใหม่ (Modern Physics)

ในปี ค.ศ.1900 มักซ์ พลังค์ (Max Planck : ค.ศ.1858 - 1947) ได้เสนอทฤษฎีใหม่ขึ้นมา ซึ่งก่อให้เกิดเป็นการปฏิวัติความเชื่อของฟิสิกส์แผนเดิม โดยทฤษฎีของเขาดูเหมือนจะเป็นจุดเริ่มต้นของฟิสิกส์สมัยใหม่ ซึ่งฟิสิกส์สมัยใหม่สามารถแบ่งออกเป็น 2 แขนงใหญ่ ๆ คือ

1. ทฤษฎีควอนตัม (Quantum Theory)
2. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ (Theory of Relativity)

2.1 ทฤษฎีควอนตัม

ในคริสต์ศตวรรษที่ 19 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะหาคำอธิบายเกี่ยวกับปัญหาของการแผ่รังสี นักวิทยาศาสตร์พยายามจะอธิบายว่าทำไมเมื่อเผาวัตถุให้ร้อนจัดจะเกิดแสงขึ้น โดยจะเริ่มจากสีแดงก่อนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แสงก็จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และก่อนกลายเป็นสีขาวในที่สุด ทฤษฎีควอนตัมถือกำเนิดเมื่อปี ค.ศ. 1900 จากความพยายามของ มักซ์ พลังค์ (Max Planck) ในการอธิบายปัญหานี้ จากความพยายามของเขานำไปสู่ข้อสรุปที่ว่า พลังงานที่วัตถุปลดปล่อยออกมาและพลังงานที่วัตถุดูดกลืนเข้าไปมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง อยู่ในรูปของก้อนพลังงาน ซึ่งเขาเรียกมันว่า “ควอนตัม (quantum)” โดยแต่ละควอนตัมของพลังงานจะมีค่าแปรผันตามความถี่ กล่าวคือยิ่งความถี่มาก พลังงานก็จะมากตามไปด้วย เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า $E = hf$ โดย E เป็นพลังงานในแต่ละควอนตัม, f เป็นความถี่ของรังสี และ h คือ ค่าคงที่ของพลังค์

จากการค้นพบนี้ได้หักล้างทฤษฎีของ เจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ (James Clerk Maxwell) ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในสมัยนั้น ที่เห็นว่าพลังงานมีลักษณะต่อเนื่อง การเปลี่ยนจากระดับของพลังงานหนึ่งไปสู่อีกระดับพลังงานหนึ่งจะเป็นไปในลักษณะที่ต่อเนื่อง เช่น พลังงาน

ระดับ E_1 เปลี่ยนไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่าคือ E_2 จะเป็นไปได้ในลักษณะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แต่จากการค้นพบของพลังค์ การเปลี่ยนแปลงจากพลังงาน E_1 ไปเป็นพลังงาน E_2 จะเป็นไปได้ในลักษณะของการกระโดด คือ ไม่ผ่านช่วงระหว่าง E_1 และ E_2 เลย

ในสมัยของนิวตัน นิวตันเป็นผู้แรกที่ใช้ปริซึมในการแยกแสงสีขาว โดยแสดงให้เห็นว่าแสงสีขาวประกอบด้วยสีประกอบเจ็ดสี นิวตันเห็นว่าแสงมีลักษณะเป็น “อนุภาค (corpuscles)” แต่นักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อว่า คริสเตียน ฮอยเกนส์ (Christian Huygens) มีความเห็นที่แตกต่างไปจากนิวตัน เขาเห็นว่าแสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านอวกาศ แต่ในสมัยนั้นคนส่วนมากเห็นด้วยกับนิวตันและปฏิเสธความคิดของฮอยเกนส์ จวบจนกระทั่งในคริสต์ศตวรรษที่ 19 ทอมัส ยัง (Thomas Young) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการแทรกสอด (interference) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของคลื่น แสดงให้เห็นว่าแสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นตามที่ ฮอยเกนส์ ได้กล่าวไว้ เวลาผ่านมาจนกระทั่งมาถึงพลังค์ จากการค้นพบของเขาที่เห็นว่าพลังงานมีลักษณะเป็นก้อนพลังงาน (ควอนตัม) นำไปสู่ข้อสรุปที่ว่า แสงมีลักษณะเป็นก้อนพลังงานมิได้มีลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งความคิดของพลังค์ได้ขัดแย้งกับความคิดของฮอยเกนส์ที่เห็นว่าแสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่น อันเป็นที่ยอมรับในเวลานั้น เพราะคลื่นมีลักษณะต่อเนื่อง ไม่มีลักษณะเป็นก้อน ทำให้ทฤษฎีของเขาไม่เป็นที่ยอมรับในช่วงแรก จนกระทั่งปี ค.ศ. 1905 แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ได้นำทฤษฎีของพลังค์มาอธิบายปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect)²⁰ ซึ่งกำลังก่อให้เกิดความงุนงงต่อนักฟิสิกส์ในช่วงนั้น โดยเขาอธิบายว่าสาเหตุที่ความเร็วของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากแผ่นโลหะที่ถูกแสงตกกระทบขึ้นอยู่กับความถี่ของแสงที่ตกกระทบนั้น เป็นเพราะว่าแสงที่ตกกระทบโลหะมีลักษณะเป็นก้อนพลังงาน ซึ่งเขาเรียกว่า โฟตอน (photon) เมื่อโฟตอนไปตกกระทบอิเล็กตรอนก็จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน ถ้าพลังงานที่ถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอนมีค่ามากกว่าพลังงานต่ำสุดค่าหนึ่งซึ่งอิเล็กตรอนต้องใช้เพื่อหนีออกจากผิวโลหะ อิเล็กตรอนก็จะถูกชนให้หลุดออกจากแผ่นโลหะได้ โดยพลังงานที่ถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอนจะถูกแปลงไปเป็นพลังงานที่ใช้ในการหลุดหนีออกจากผิวโลหะ และพลังงานจลน์ ซึ่งพลังงานที่โฟตอนถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอนมีค่ามากกว่าพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการหนีออกจากผิวโลหะมากเท่าใด ก็จะเป็นผลให้อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากแผ่นโลหะมีพลังงานจลน์มากเท่านั้น นั่นคืออิเล็กตรอนจะมีความเร็วมากขึ้น ทั้งนี้จากคำอธิบายของพลังค์นั้น พลังงานของโฟตอนหรือพลังงานที่ถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ hf ดังนั้นความเร็วของอิเล็กตรอนจึงขึ้นอยู่กับความถี่

²⁰ ปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กทริก คือ ปรากฏการณ์ที่ เมื่อฉายแสงกระทบแผ่นโลหะจะทำให้อิเล็กตรอน หลุดออกจากโลหะนั้น โดยความเร็วของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมามีขึ้นอยู่กับความถี่ของแสงที่ใช้ส่อง ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง แสงความถี่เดียวกัน ส่องด้วยความสว่างมากน้อยต่างกัน ไม่มีผลต่อความเร็วของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมา

ของแสงที่ตกกระทบแผ่นโลหะ ผลจากการอธิบายของไอน์สไตน์ทำให้เขาได้รับรางวัลโนเบล และก็มีส่วนช่วยให้ทฤษฎีของพลังค์กลายเป็นที่ยอมรับ

อย่างไรก็ตามมีปรากฏการณ์ของแสงมากมายที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่น ไม่ว่าจะเป็นการทดลองของ ทอมัส ยัง ที่แสดงให้เห็นการแทรกสอดซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของคลื่นของแสง ดังนั้นจึงเกิดข้อสงสัยขึ้นมามีว่า แสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นหรือเป็นอนุภาค (โฟตอน) กันแน่ ในปี ค.ศ. 1925 หลุย เดอ เบรย (Louis de Broglie) ได้ตอบคำถามนี้โดย เขาเสนอว่าถ้าในบางเวลาคคลื่นสามารถแสดงคุณสมบัติของอนุภาคได้เช่นที่พลังค์และไอน์สไตน์แสดงให้เห็นเกี่ยวกับแสงแล้วมันก็เป็นไปได้ที่บางเวลาอนุภาคจะแสดงคุณสมบัติของคลื่นได้ด้วย ซึ่งคุณสมบัตินี้เรียกว่า ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค (wave-particle duality) เขาเห็นว่าอิเล็กตรอนควรมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับแสงคือ มีพฤติกรรมเป็นอนุภาคในปรากฏการณ์หนึ่งและเป็นคลื่นในอีกปรากฏการณ์หนึ่ง นั่นคืออนุภาคไม่ว่าจะมีมวลขนาดใดก็ตามสามารถแสดงคุณสมบัติของคลื่นได้

นิลส์ โบร์ (Niels Bohr) ได้นำทฤษฎีของพลังค์ไปประกอบการอธิบายโครงสร้างของอะตอมที่เขาคิดค้นขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอมได้ดีในระดับหนึ่ง

หลังจากที่ เดอ เบรย ได้เสนอสมมติฐานว่า อนุภาคสามารถแสดงคุณสมบัติเป็นคลื่นได้ นักฟิสิกส์หลายคนพยายามจะใช้สมมติฐานนี้ไปอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค เช่น ระดับอะตอมให้สมบูรณ์กว่าโบร์ ในปี ค.ศ. 1925 กลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) ซึ่งเป็นหัวใจของการศึกษาฟิสิกส์ในสมัยปัจจุบันก็ได้ถือกำเนิด ในระยะแรก ๆ กลศาสตร์ควอนตัม ปรากฏขึ้นในสองรูปแบบซึ่งค้นพบโดยนักฟิสิกส์สองคนคือ แอร์วิน ชเรอดิงเงอร์ (Erwin Schrodinger) และ เวอร์เนอร์ ไฮเซนแบร์ก (Werner Heisenberg) ซึ่งต่อมามีผู้พิสูจน์ว่าทั้งสองแบบให้ผลเช่นเดียวกัน กลศาสตร์ควอนตัมของชเรอดิงเงอร์ เป็นรูปแบบที่เข้าใจง่ายกว่ากลศาสตร์ควอนตัมของไฮเซนแบร์ก เกิดจากสมมติฐานของ เดอ เบรย ที่ว่าอิเล็กตรอนสามารถแสดงคุณสมบัติของคลื่นได้ เขาเห็นว่าสมการการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนควรจะคล้ายกับสมการของคลื่น จากความคิดนี้เขาได้สร้างสมการการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนขึ้นมา ซึ่งสามารถใช้อธิบายได้กว้างขวางกว่าทฤษฎีของ โบร์ ส่วนกลศาสตร์ควอนตัมของไฮเซนแบร์ก เขาอธิบายผ่านโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า เมทริกซ์ (matrices)

จากปัญหาเรื่องทวิภาพของคลื่นและอนุภาค เดอ เบรย ได้ตีความว่าอิเล็กตรอนมีลักษณะเป็นอนุภาคที่รวมกันโดยมีคลื่นเคลื่อนที่ไปพร้อมกับอนุภาคและควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน ต่อมา ชเรอดิงเงอร์ ตีความว่า มันเป็นเพียงคลื่นซึ่งรวมกันภายใต้ขอบเขตเล็ก ๆ ของอวกาศ ดังนั้นมันจึงมีลักษณะคล้ายอนุภาค ซึ่งปัญหาเรื่องนี้ได้มาสู่ข้อสรุปในปี ค.ศ. 1926 โดยการตีความของ

แมกซ์ บอร์น (Max Born) ซึ่งแตกต่างไปจาก การตีความที่ผ่าน ๆ มา โดยบอร์นได้เสนอความคิดว่า คลื่นในทวิภาพไม่ได้มีลักษณะเป็นคลื่นกลเหมือนคลื่นน้ำ แต่มันเป็นคลื่นแห่งความเป็นไปได้ โดยเขาได้เปลี่ยนจากการตีความในลักษณะของคลื่นกลไปเป็นคลื่นของความน่าจะเป็น (waves of probability) จากความคิดนี้เองเขาสามารถอธิบายการเลี้ยวเบนซึ่งเคยอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีของ คลื่นเท่านั้นได้ ในแง่ของความน่าจะเป็นของอนุภาค (ควอนตัม) ของแสงหรืออิเล็กตรอนที่จะเคลื่อน ที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ณ จุดนั้น ๆ

ในปี ค.ศ. 1927 ไฮเซนเบิร์ก ได้เสนอหลักความไม่แน่นอน (uncertainty principle) ซึ่งมีใจความว่า เราไม่สามารถจะวัดทั้งตำแหน่งและความเร็วของอนุภาคอย่างแน่นอนพร้อมกันได้ โดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$(\Delta x)(\Delta p) \geq h/(2\pi)$ ²¹ โดย Δx คือ ความไม่แน่นอนทางตำแหน่ง, Δp คือ ความไม่แน่นอนทางโมเมนตัม และ h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.626×10^{-34} Js

จากหลักความไม่แน่นอนจะพบว่ายิ่งเราต้องการวัดความเร็วของอนุภาคให้ถูกต้องแน่นอนมากขึ้นเท่าไร ค่าของตำแหน่งก็จะผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น ในทำนองเดียวกันถ้าเราต้องการจะ วัดตำแหน่งที่แน่นอน ค่าความเร็วก็จะผิดพลาดมากขึ้น

ในปี ค.ศ. 1927 โปร์ ได้เสนอหลักเสริมกันและกัน (complementary) เพื่ออธิบายในเรื่อง ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค ซึ่งมีใจความว่า แม้ว่าพฤติกรรมของคลื่นและอนุภาคของวัตถุจะ จำกัดซึ่งกันและกัน แต่ทั้งสองต่างก็จำเป็นสำหรับความเข้าใจในคุณสมบัติของวัตถุ ²² เขาเห็นว่า สัต ของ ควอนตัม (quantum entity) จะแสดงตัวเป็นอนุภาคหรือคลื่นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม

จากหลักเสริมกันและกันของโปร์ หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก และการตีความสมการคลื่นของชเรอดิงเงอร์ ของบอร์น ได้นำไปสู่ความคิดที่เรียกว่า การตีความแห่งโคเปนเฮเกน (Copenhagen Interpretation : CHI) ซึ่งมีบทบาททางความคิดต่อนักฟิสิกส์จำนวนมาก การตีความแห่งโคเปนเฮเกน มีหลักการกว้าง ๆ ว่า การอธิบายเกี่ยวกับสถานะของระบบอะตอมก่อนที่จะทำการวัดนั้นมีลักษณะ ไม่สามารถนิยามได้ มันมีค่าเป็นเพียงแค่ความน่าจะเป็นเท่านั้น ²³

ตามหลักของ CHI แล้ว อนุภาคก่อนที่เราจะทำการวัดมันจะอยู่ในลักษณะของความ เป็นไปได้ กล่าวคือเราไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่ามันอยู่ในลักษณะใด जबจนกระทั่งเราทำการวัดมัน มันจึงจะเปลี่ยนจากลักษณะของความเป็นไปได้มาสู่ลักษณะที่แน่นอน ซึ่งการตั้งอุปกรณ์

²¹ ต่อมาภายหลังเพื่อความถูกต้องมากยิ่งขึ้นแก้ไขเป็น $(\Delta x)(\Delta p) \geq h/(4\pi)$

²² J.P. McEvoy and Oscar Zarate, *Quantum theory for beginners* (Cambridge : Icon Books Ltd., 1996),

p.160.

²³ *Ibid.*, p.161.

ที่ใช้วัดมีผลต่อคุณสมบัติของอนุภาค เช่น เมื่อเราทำการวัดอิเล็กตรอนโดยตั้งอุปกรณ์วัดเพื่อสังเกตว่ามันมีคุณสมบัติเป็นคลื่นหรือไม่ อิเล็กตรอนก็จะแสดงคุณสมบัติเป็นคลื่นให้เราเห็น แต่ถ้าเราตั้งอุปกรณ์วัดเพื่อจะดูว่าอิเล็กตรอนมีคุณสมบัติเป็นอนุภาคหรือไม่ มันก็จะแสดงคุณสมบัติของความ เป็นอนุภาคให้เห็น โดยเราไม่สามารถรู้ได้อย่างแน่นอนว่าอิเล็กตรอนก่อนที่จะทำการวัดมี ลักษณะเป็นอย่างไร เป็นต้น

ไอน์สไตน์ ไม่เห็นด้วยกับลักษณะที่เป็นความน่าจะเป็นของ CHI สำหรับเขาแล้ว จักรวาลมีลักษณะที่แน่นอน เขาเชื่อว่า “พระเจ้าไม่เล่นลูกเต๋ากับจักรวาลของเรา”²⁴ จากความคิดนี้ ไอน์สไตน์ได้ทุ่มเทเวลาในความพยายามที่จะแสดงให้เห็นว่า ทฤษฎีควอนตัม ตามแบบของ CHI นั้น ไม่สมบูรณ์ เขาและผู้ร่วมงานของเขาสองคนคือ โบริส โปโดลสกี (Boris Podolsky) และ นาธาน โรเซน (Nathan Rosen) ได้สร้างรูปแบบการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า ทฤษฎีควอนตัมไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันว่า “ปริศนาอีพอาร์” (Einstein Podolsky Rosen paradox : EPR paradox) โดยมีใจความว่ามันมีความเป็นไปได้ที่จะมีอนุภาคคู่หนึ่งซึ่งอยู่ในสถานะที่เรียกว่า สถานะเดี่ยว (Singlet state) กล่าวคือผลรวมของการหมุน (spin) ของพวกมันจะต้องมีค่าเป็นศูนย์ สมมติว่าอนุภาคคู่นี้เป็น อิเล็กตรอน เรียกว่า A และ B โดย ถ้า A หมุนในทิศทางขึ้น B จะต้องหมุนในทิศทางลง เพื่อให้ผลรวมของการหมุนของพวกมันมีค่าเป็นศูนย์ ตามหลักการของ CHI เราไม่สามารถรู้ทิศทางหมุนของ A ได้จนกว่าเราจะทำการวัดมัน ทันทีที่เราทำการวัดทิศการหมุนของ A มันจะต้องส่งผลกระทบต่อทิศการ หมุนของ B เพื่อให้ผลรวมของทิศการหมุนเป็นศูนย์ สมมติว่า A และ B อยู่ห่างกันมาก ในระยะที่ แสดงต้องใช้เวลาในการเดินทางมาก เช่น 1 ปี เป็นต้น โดยทันทีที่วัดทิศทางหมุนของ A จะส่งผล กระทบต่อ ทิศการหมุนของ B ซึ่งกรณีนี้จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อ A กับ B จะต้องสื่อสารถึงกันได้รวดเร็วกว่าความเร็วแสง (เพราะ A และ B อยู่ไกลกัน 1 ปีแสง) ซึ่งขัดกับทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ที่ว่าไม่มีวัตถุใดเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วแสง ด้วยเหตุนี้ไอน์สไตน์จึงเห็นว่าทฤษฎีควอนตัมไม่สมบูรณ์ เขาได้เสนอว่ามันมี “ตัวแปรซ่อนเร้น (hidden variable)” ที่พวกเรายังหาไม่พบ

จากความคิดของไอน์สไตน์ แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่แยกกันได้ (separateness) ของ A และ B ซึ่งโบร์ เห็นว่า เราสามารถแก้ปริศนาอีพอาร์นี้ได้โดยมอง A และ B ว่าเป็นระบบเดียวกัน ไม่ได้แยกกันอยู่คนละระบบเหมือนที่ไอน์สไตน์คิดผลของความคิดนี้ได้แก้ปัญหาว่า ทำไม A และ B สามารถสื่อสารกันได้เร็วกว่าความเร็วแสง (เพราะ A กับ B คือระบบเดียวกัน) โดยไม่ขัดกับทฤษฎีสัมพัทธภาพ นั่นคือ

²⁴ Donah Zohr. *The quantum self* (N.P.: Flamingo Paperbacks, 1990), p. 12.

สำหรับกลศาสตร์ควอนตัมแล้ว มันไม่อนุญาตให้มีความแบ่งแยกระหว่างผู้สังเกตกับสิ่งที่ถูกสังเกต อิเล็กตรอนสองตัวและผู้สังเกตต่างก็เป็นส่วนหนึ่งในระบบเดียวกัน การทดลองของ EPR ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีควอนตัม แต่เป็นข้อสมมติฐานเกี่ยวกับเงื่อนไขของลักษณะที่แยกกันได้ (local) ในระบบอะตอม ทันทีที่ทั้งเงื่อนไขเหล่านั้นถูกเชื่อมเข้าด้วยกัน จะพบว่า ระบบอะตอมไม่เคยแยกจากกัน²⁵

ในเวลาต่อมา จอห์น เอส เบล (John S. Bell) ได้ทำการทดลอง โดยมีข้อตั้ง (premise) ว่า ความคิดเรื่องตัวแปรซ่อนเร้นของไอน์สไตน์เป็นจริง ผลจากการทดลองของเขานำไปสู่ข้อสรุปว่า ธรรมชาติมีลักษณะแยกกันไม่ได้ (non-local) ซึ่งสนับสนุนความคิดของโบร์.

ลักษณะโดยรวมของทฤษฎีควอนตัมสามารถสรุปได้ ดังนี้²⁶

1. พลังงานมีลักษณะไม่ต่อเนื่องแต่อยู่ในลักษณะของก้อนพลังงาน
2. อนุภาคพื้นฐานมีลักษณะเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค
3. การเคลื่อนไหวของอนุภาคเหล่านี้มีลักษณะโดยพื้นฐานเป็นแบบสั่น
4. ในทางฟิสิกส์มันเป็นไปได้ที่จะรู้ ตำแหน่งและโมเมนตัมของอนุภาคในเวลาเดียวกัน โดยถ้าเรารู้สิ่งหนึ่งแม่นยำมากขึ้นเท่าไร การรับรู้อีกสิ่งหนึ่งก็จะลดความความถูกต้องลงเท่านั้น
5. โลกของอะตอมไม่เหมือนกับโลกที่เราอาศัยอยู่

2.2 ทฤษฎีสัมพัทธภาพ

นักฟิสิกส์สมัยดั้งเดิมเห็นว่าคลื่นต้องอาศัยตัวกลางช่วยในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นน้ำอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง คลื่นเสียงอาศัยอากาศเป็นตัวกลาง เป็นต้น แมกซ์เวลล์ค้นพบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง โดยที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ดังนั้นแสงจึงต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ซึ่งเขาเรียกตัวกลางนั้นว่า อีเธอร์ (ether) โดยอีเธอร์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้เหมือนน้ำ ไม่สามารถรู้สึกถึงการมีอยู่ของมันได้เช่นอากาศ ดังนั้นนักฟิสิกส์จึงได้เริ่มทดลองเพื่อยืนยันความมีอยู่ของอีเธอร์ โดยการทดลองที่สำคัญ คือ การทดลองของ เอ เอ ไมเคิลสัน (A. A. Michelson) และ อี คับบลิว มอร์เลย์ (E. W. Morley) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1887 ผลจากการทดลองของเขานำมาสู่ข้อสรุปว่า ความเร็วปรากฏของโลกในอีเธอร์มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่าโลกไม่เคลื่อนที่หรือไม่ก็ไม่มีอีเธอร์อยู่อย่างใดอย่างหนึ่งจากผลการทดลองนี้ได้ก่อให้เกิดความตื้นตันตระหนัก

²⁵ J.P. McEvoy and Oscar Zarate, *Quantum theory for beginners*, p. 168.

²⁶ [http://library.thinkquest.org/3487/qp.html#20.\(2000, March 22\)](http://library.thinkquest.org/3487/qp.html#20.(2000, March 22))

ในวงการฟิสิกส์ในสมัยนั้น เพราะนักฟิสิกส์ช่วงนั้นเชื่อว่าจำเป็นต้องมีอีเธอร์อยู่มากกว่าที่จะปฏิเสธว่ามันไม่มีอยู่จริง ดังนั้นพวกเขาจึงได้หาเหตุผลมาอธิบายเพื่อแสดงให้เห็นว่า ทำไมการทดลองของเอ เอ ไมเคิลสัน และ อี คับบลิว มอร์เลย์ จึงผิดพลาด แต่ไม่ว่าพวกเขาจะหาเหตุผลมาอธิบายอย่างไร พวกเขาก็คงหนีไม่พ้นปัญหาของอีเธอร์อยู่ดี อาทิเช่นถ้ามันมีอยู่จริงทำไมจึงไม่สามารถตรวจพบซึ่งความสับสนในเรื่องของอีเธอร์ได้ถูกกำจัดให้หมดไป โดย ไอน์สไตน์ ในเวลาต่อมา

ไอน์สไตน์ ได้คิดทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ²⁷ ขึ้นมา โดยเขาได้ตั้งสัจพจน์มูลฐาน 2 ข้อ²⁸ ดังนี้

1. ผลการทดลองทางฟิสิกส์ทุกอันไม่ได้ขึ้นอยู่กับระบบอ้างอิงที่ใช้ ถ้าหากระบบอ้างอิงนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่สัมพัทธ์ (เทียบ) กัน

2. อัตราเร็วของแสง (รวมทั้งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ) ในสุญญากาศมีค่าคงที่เสมอไม่ว่าสถานะของการเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไรทั้งสิ้น

สัจพจน์ข้อหนึ่ง ผลจากสัจพจน์ข้อที่หนึ่งนำไปสู่ความคิดที่ว่า การเคลื่อนที่ทั้งหลายเป็นเพียงการสัมพัทธ์กันเท่านั้นเอง สมมติเช่น เมื่อเรานั่งอยู่ในรถที่กำลังเคลื่อนที่ เรามองกระจกหลังเห็นรถอีกคันหนึ่งวิ่งตามหลังกมาและกำลังจะเคลื่อนที่แซงหน้าไป เราจะรู้สึกว่ารถของเราหยุดนิ่งในขณะที่รถคันที่กำลังจะแซงเคลื่อนที่ โดยสาเหตุที่เรามองเห็นว่ารถของเราและรถคันที่กำลังจะแซงต่างก็เคลื่อนที่นั่นเป็นเพราะเรามองเทียบกับสิ่งที่หยุดนิ่ง คือทิวทัศน์ข้างทาง เป็นต้น นอกจากนี้ผลจากสัจพจน์ข้อนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ในเอกภพไม่มีสิ่งใดเลยที่จะสามารถใช้เป็นจุดอ้างอิงที่หยุดนิ่งได้เหมือนเช่นที่นิวตันคิด เช่น จากตัวอย่างข้างต้นสาเหตุที่เรามองเห็นรถของเราเคลื่อนที่เนื่องจากเรามองเทียบกับทิวทัศน์ข้างทางที่หยุดนิ่ง แต่ทิวทัศน์ข้างทางหรือโลกก็กำลังเคลื่อนที่หมุนรอบตัวเอง หมุนรอบดวงอาทิตย์อยู่ เป็นต้น

²⁷ ทฤษฎีสัมพัทธภาพที่ ไอน์สไตน์ ค้นพบมี 2 ทฤษฎี คือ

1.ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (The Special Theory of Relativity) เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายในระบบที่มีความเร็วคงที่ เมื่อสัมพัทธ์ (หรือเทียบ) กับระบบที่ไม่มีความเร็ว คำนพบในปี ค.ศ.1905

2.ทฤษฎีทั่วไปแห่งสัมพัทธภาพ (The General Theory of Relativity) เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายในระบบที่มีความเร็วไม่คงที่ เมื่อสัมพัทธ์ (หรือเทียบ) กับระบบที่มีความเร็ว คำนพบในปี ค.ศ. 1916

²⁸ เจมส์ เอ โคลแมน;แปลโดย สุวิทย์ ชวเดช,ทฤษฎีสัมพัทธภาพ (กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ สมิต, 2540), หน้า 46.

จากสัจพจน์ข้อแรกนี้เองได้ตอบคำถามว่าทำไมเราถึงตรวจสอบ อิเธอร์ไม่พบ โดย การที่เราตรวจสอบอิเธอร์ไม่พบนั้น อาจเป็นเพราะว่าอิเธอร์เป็นสิ่งเดียวในเอกภพที่อยู่นิ่งหรือไม่มีการเคลื่อนที่แท้จริงก็ได้ และเราสามารถตรวจวัดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ได้อย่างเดียวเท่านั้น จึงทำให้เราตรวจสอบอิเธอร์ไม่ได้ เรื่องทำนองนี้นิวตันเองก็ได้เคยชี้แจงไว้ว่าการที่เราจะบอกว่าเรือกำลังแล่นอยู่ในน้ำหรือไม่ โดยอาศัยการทดลองภายในเรือลำนั้นย่อมกระทำไม่ได้ ดังนั้นเราจึงไม่สามารถบอกได้ว่า โลกของเรากำลังเคลื่อนที่ผ่านอิเธอร์ โดยอาศัยการทดลองที่กระทำอยู่บนโลกของเรา²⁹

สัจพจน์ข้อสอง เมื่อเราขว้างลูกบอลด้วยความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเทียบกับตัวเรา ซึ่งหมายความว่าลูกบอลจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเทียบกับตัวเราไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่หรือหยุดนิ่งก็ตาม ถ้าเรายืนอยู่บนรถไฟซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่งแล้วขว้างบอลออกไปด้วยความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสัมพัทธ์กับตัวเราไปยังสะพาน ลูกบอลจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากกว่าหรือน้อยกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเมื่อเทียบกับสะพาน ถ้ารถไฟเคลื่อนที่เข้าหาสะพาน ความเร็วของลูกบอลเทียบกับสะพานก็จะมากกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้ารถไฟวิ่งออกจากสะพาน ความเร็วของลูกบอลก็จะน้อยกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สมมติถ้าแทนสะพานด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่อยู่บนโลก แทนคนขว้างลูกบอลด้วยดาวฤกษ์ที่อยู่ไกลออกไป แทนลูกบอลด้วยแสง เมื่อดาวฤกษ์กับโลก (กล้องโทรทรรศน์) เคลื่อนที่เข้าหากัน (คนขว้างลูกบอลกับสะพานเคลื่อนที่เข้าหากัน) ความเร็วของแสงจะมีค่าเท่าเดิมคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที (ลูกบอลจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าเดิม) และเมื่อดาวฤกษ์กับโลกเคลื่อนที่ออกจากกัน ความเร็วของแสงก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมจากมูลบทข้อนี้ ไอน์สไตน์ ได้นำไปใช้ปฏิเสธ “ความพร้อมกัน” สมมติว่ารถไฟขบวนหนึ่งมีความยาวมาก นาย ก. นั่งอยู่กึ่งกลางของรถไฟพอดี เขามีอุปกรณ์ที่ทำให้เขาสามารถมองเห็นเหตุการณ์ด้านหน้าของขบวนรถไฟและด้านหลังขบวนรถไฟได้โดยไม่ต้องหันหน้าดู ในขณะที่กึ่งกลางรถไฟแล่นถึงนาย ข. ซึ่งนั่งอยู่บนพื้นดิน (เป็นเวลาที นาย ข. อยู่ตำแหน่งเดียวกับนาย ก. พอดี) ไฟได้ผ่าลงมาที่ด้านหน้าขบวนรถไฟและด้านหลังขบวนรถไฟพร้อมกัน นาย ข. มีอุปกรณ์ที่ช่วยให้เห็นเหตุการณ์ด้านหน้ารถไฟและด้านหลังรถไฟได้โดยไม่ต้องหันหน้าไปดูเช่นเดียวกับ นาย ก. นาย ข. จะเห็นเหตุการณ์ฟ้าผ่าพร้อมกัน แต่นาย ก. จะเห็นไม่พร้อมกัน โดยเขาจะเห็นเหตุการณ์ฟ้าผ่าที่ตอนหน้าของขบวนรถไฟก่อน เนื่องจากแสงใช้เวลาเดินทางจากด้านหน้ารถไฟมาจุดที่นาย ก.อยู่น้อยกว่าแสงที่เดินทางจากด้านหลังรถไฟมาจุดที่นาย ก. อยู่ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าแสงจากฟ้าผ่าด้านหน้าขบวนกับแสงจากฟ้าผ่าท้ายขบวนจะเดินทางด้วยความเร็วที่เท่ากัน (ตามสัจพจน์ข้อที่สอง) แต่ระยะทางระหว่างฟ้าผ่าหน้าขบวนมายังนาย ก. จะสั้นกว่าระยะทางระหว่างฟ้าผ่าตรงท้ายขบวนมายังนาย ก.

²⁹ เรื่องเดียวกัน, หน้า 51.

เพราะว่ารถไฟนำนาย ก. วิ่งเข้าหาฟ้าผ่าที่หน้าขบวน ดังนั้นฟ้าที่ผ่าลงมานำขบวนรถไฟกับหลังขบวนรถไฟจะเกิดขึ้นไม่พร้อมกันในสายตาของนาย ก. แต่จะเกิดขึ้นพร้อมกันในสายตาของนาย ข. นั่นคือ “ความพร้อมกัน (simultaneity)” ไม่สามารถใช้ได้ทุกหนทุกแห่งในเอกภพ

สำหรับไอน์สไตน์แล้วมันไม่มีสิ่งที่เรียกว่า “เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน” มันมีเพียงแค่ “เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันสัมพันธ์กับกรอบอ้างอิงเฉพาะซึ่งเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมออันหนึ่ง”³⁰

ผลจากทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษได้นำไปสู่

1. การหดตัวของความยาว กล่าวคือถ้าวัตถุหนึ่งเคลื่อนที่สัมพันธ์กับเราด้วยความเร็วค่าหนึ่ง เราจะเห็นวัตถุนั้นมีความยาวเปลี่ยนแปลงไป ถ้าความเร็วสัมพันธ์มีค่ามากขึ้น ความยาวที่ปรากฏต่อเราก็จะน้อยลง วัตถุจะหดสั้นเข้า ซึ่งการหดตัวของความยาวขึ้นอยู่กับความเร็วสัมพันธ์เท่านั้น

2. การเพิ่มของมวลสาร โดยถ้าวัตถุมีความเร็วมากขึ้น มวลสารของวัตถุก็จะมากขึ้นด้วย โดยเมื่อวัตถุหนึ่งกำลังเคลื่อนที่สัมพันธ์กับผู้สังเกตอีกคนหนึ่งแล้ว มวลสารที่ผู้สังเกตอีกคนหนึ่งวัดได้จะมีขนาดเพิ่มขึ้น โดยปริมาณการเพิ่มของมวลสารของวัตถุขึ้นอยู่กับความเร็วสัมพันธ์กันของวัตถุกับผู้สังเกตเท่านั้น³¹

และจากสมการการเพิ่มมวลสารนี้เองได้นำมาสู่ สมการที่โด่งดังของไอน์สไตน์ คือ $E = mc^2$ โดย E คือ พลังงานที่สมมูลกับมวลสาร m, m คือ มวลสารของวัตถุ และ c คือ ความเร็วแสง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที จากสมการนี้แสดงให้เห็นว่า ถ่านหิน 1 ปอนด์ สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานได้เท่ากับ 30,000,000,000,000,000 ฟุต - ปอนด์ ซึ่งเป็นพลังงานที่มากมายมหาศาล

3. การยืดตัวของเวลา ถ้าผู้สังเกตสองคนเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน เวลาที่ผู้สังเกตหนึ่งเห็นจากผู้สังเกตอีกคนหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือเวลาที่ผู้สังเกตหนึ่งอ่านได้จากอีกคนหนึ่งจะช้ากว่า นาฬิกาของตน ยิ่งความเร็วสัมพันธ์มีค่าสูงขึ้นเท่าไรก็จะเห็นเวลาที่ช้าขึ้นเท่านั้น

4. จาก ข้อ 3 ข้างต้นนำไปสู่ความคิดที่ว่าทุก ๆ สิ่งมีความเร็วสูงสุดไม่เกินค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งก็คือความเร็วของแสง

ในปี ค.ศ.1916 ไอน์สไตน์ได้เสนอทฤษฎีทั่วไปแห่งสัมพัทธภาพซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับแรงดึงดูดระหว่างมวล เขาได้เสนอหลักของความสมมูล (principle of equivalence) ซึ่งมีใจความว่า

³⁰ Lawrence Sklar, *Philosophy of physics* (Colorado : Westview Press, Inc., 1992), p. 29.

³¹ เจมส์ เอ โคลแมน ; แปลโดย สุวิทย์ ชวเดช, *ทฤษฎีสัมพัทธภาพ*, หน้า 64.

“ณ จุดที่อยู่ในอวกาศตามลำพัง โคดเดียว ผลของการดึงดูดระหว่างมวลและผลของการเคลื่อนที่ที่มีความเร่งจะเหมือนกัน และแยกความแตกต่างกันไม่ออก”³²

เช่น เมื่อเรายืนอยู่ในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง เราจะรู้สึกที่เราถูกผลักให้ติดกับพื้นลิฟต์ เหมือนกับที่เราถูกดูดด้วยแรงดึงดูด สมมติว่าเรายู่นบนยานอวกาศมีดวงดาวขนาดใหญ่อยู่ข้างหลังเรา เราารู้สึกถูกดูดทำให้หลังเราดึงกับเบาะ ถ้าเราไม่หันไปมองเราจะแยกไม่ออกกว่าที่เป็นเช่นนี้เพราะว่ายามเรากำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือเพราะว่าเราถูกดึงดูดด้วยแรงดึงดูดระหว่างมวล

ทฤษฎีทั่วไปแห่งสัมพัทธภาพ แสดงให้เห็นว่า

1. มวลสารมีผลต่อลำแสง กล่าวคือมวลสารมีผลทำให้เส้นทางเดินของแสงเบี่ยงเบนไป โดยมันจะดึงดูดให้ลำแสงโค้งตัวเข้าหามัน
2. มวลสารมีผลต่อเวลา กล่าวคือยิ่งมวลสารมีขนาดมากขึ้น เวลาที่จะยิ่งเดินช้าลงในดวงดาวที่มีมวลมากเวลาก็จะเดินช้าลง เช่น เวลาของโลกจะเดินช้ากว่าเวลาของดวงจันทร์
3. ผลของสนามแรงโน้มถ่วง (gravitational field) ทำให้ อวกาศ-เวลา (space-time) มีลักษณะโค้ง

ไอน์สไตน์คิดว่า ความมีอยู่ของสนามแรงโน้มถ่วงเป็นสาเหตุให้อวกาศและเวลามีลักษณะโค้ง [ขณะที่เมื่อปราศจากแรงโน้มถ่วง มันจะมีลักษณะเรียบ(flat)] และนี่คือเหตุผลที่ทำให้เราไม่สามารถสร้างกรอบอ้างอิงเฉื่อยได้³³

4. อวกาศและเวลาไม่สามารถแยกจากกันได้

3. ฟิสิกส์แผนเดิมและผลกระทบที่มีต่อปรัชญา

ฟิสิกส์แผนเดิมเริ่มต้นจากการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ผ่านการค้นพบทางฟิสิกส์ในสมัยฟื้นฟูศิลปวิทยา (Renaissance) โดยการเกิดขึ้นของวิทยาศาสตร์ในสมัยนั้นตอบสนองความต้องการของผู้คนในยุคนี้ได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นความต้องการทางด้านเศรษฐกิจ ความต้องการทางการคมนาคม ฯลฯ จึงส่งผลให้วิทยาศาสตร์มีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น และได้ส่งผลกระทบต่อความคิดทางด้านปรัชญาในหลาย ๆ ด้าน

³² เรื่องเดียวกัน. หน้า 124.

³³ The New Encyclopaedia Britannica (N.P. : Encyclopaedia Britannica, Inc. Volume 15 ,1977), p. 585.

3.1. ลักษณะของฟิสิกส์แผนเดิม

ฟิสิกส์แผนเดิมมีพื้นฐานอยู่ที่ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ของเซอร์ไอแซก นิวตัน, ปรัชญาจักรกลของ เรอเน เดการ์ต และวิธีอุปนัย และการแสวงหาความรู้ของฟรานซิส เบคอน โดยลักษณะสำคัญของฟิสิกส์แผนเดิม มีดังนี้

1. จักรวาลเป็นเหมือนกับเครื่องจักรขนาดใหญ่อยู่ในกรอบที่สมบูรณ์ของอวกาศและเวลา โดยการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนสามารถเข้าใจได้ผ่านการเคลื่อนไหวย่างง่าย ๆ ของส่วนย่อย ๆ
2. จากกฎของนิวตันแผ่ไปว่าทุก ๆ การเคลื่อนไหวต้องมีสาเหตุของมัน ถ้ามีการเคลื่อนที่เกิดขึ้นก็สามารถบอกได้เลยว่ามีสาเหตุที่ทำให้มันเคลื่อนที่ ซึ่งนี่คือหลักการง่าย ๆ ของเหตุและผล (cause & effect)
3. ถ้าเรารู้สถานะของการเคลื่อนที่ (state of motion) ในจุดหนึ่งเราสามารถที่จะรู้สถานะของมันในอนาคตหรืออดีตได้อย่างแน่นอน นี่คือนิยามของนิยัตินิยม (determinism)
4. คุณสมบัติของแสงสามารถอธิบายได้อย่างสมบูรณ์โดยทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวล
5. มีรูปแบบทางฟิสิกส์ที่ใช้เป็นตัวแทนของพลังงานในการเคลื่อนที่อยู่สองรูปแบบหนึ่งคืออนุภาค (particle) ซึ่งแทนลักษณะที่เป็นทรงกลมตันเหมือน เช่น ลูกบิลเลียด สองคือคลื่น (wave) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับคลื่นในท้องทะเล โดยทั้งสองต่างก็จำกัดซึ่งกันและกัน (mutually exclusive) เช่น พลังงานไม่เป็นคลื่นก็ต้องเป็นอนุภาค เป็นต้น
6. มีความเป็นไปได้ที่จะวัดคุณสมบัติของระบบ เช่น อุณหภูมิหรืออัตราเร็วอย่างละเอียดถูกต้องได้ โดยวิธีวัดความเข้มเครื่องวัดของผู้ทดลองหรือโดยแก้ไขตัวทฤษฎี ซึ่งระบบของอะตอมก็เป็นเช่นนี้โดยไม่มีข้อยกเว้นแต่อย่างใด

3.1.1 การมองจักรวาลในลักษณะที่เป็นจักรกล

นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ วิลเลียม ฮาร์วี (William Harvey : ค.ศ. 1578 -1657) ได้เสนอความคิดเขาเกี่ยวกับเรื่องการหมุนเวียนของโลหิตในร่างกาย ผ่านหนังสือเรื่อง “เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ” (De Motu Cordis) โดยเขาได้แสดงให้เห็นว่า

โลหิตมีการหมุนเวียนและหัวใจมีหน้าที่สูบฉีดโลหิต (โลหิตได้สูบฉีดจากหัวใจด้านหนึ่ง โดยผ่านโลหิตและไหลกลับมาจากโลหิตอีกด้านหนึ่ง) เส้นโลหิตหลอดเลือดต่อกันเป็นทอด ๆ บางอันก็ประกอบด้วยลิ้นปิดเปิด³⁴

ซึ่งแตกต่างจากความคิดของคนในยุคนี้ที่ยังเชื่อกฎของอริสโตเติลและกาเลนที่ว่า โลหิตไหลลงและเคลื่อนไปมาจากหลอดเลือดเดียวกัน ยังให้เกิด “อารมณ์ของสัตว์” ที่แตกต่างกันในอวัยวะที่ต่างกัน³⁵

จากการค้นพบข้างต้นของ ฮาร์วี ผนวกกับความคิดที่ ทอมัส ฮอบส์ (Thomas Hobbes : ค.ศ. 1588-1679) ที่เห็นว่า มนุษย์เป็นเครื่องจักรโดยธรรมชาติ โดยเขาพยายามอธิบายทุกอย่างในลักษณะจักรกล ส่งผลให้ผู้คนในยุคนี้เริ่มเห็นว่าจักรวาลและร่างกายมนุษย์เป็นเพียงเครื่องจักร เช่นเดียวกับระบบการสูบฉีดโลหิต

เดการ์ตก็เป็นอีกคนที่เห็นว่าร่างกายของมนุษย์และสัตว์ต่างก็เป็นเพียงเครื่องจักร แต่เขาเห็นว่าร่างกายของมนุษย์แตกต่างจากสัตว์ตรงที่ ร่างกายของมนุษย์เป็นเครื่องจักรที่มีวิญญาณ เดการ์ตได้สร้างระบบปรัชญาจักรกลขึ้นมา ผ่านความพยายามที่จะลดทอนทุกอย่าง อยู่ในรูปของสสารและการเคลื่อนที่ของมัน ซึ่งการเคลื่อนที่ของมันจะเป็นไปตามกฎทางด้านจักรกล (mechanical law)

หลังจากการค้นพบปรัชญาจักรกลของเดการ์ตความคิดของเขาได้กลายมาเป็นรากฐานสำคัญของฟิสิกส์แผนเดิม โดยนิวตันได้ใช้หลักของปรัชญาจักรกล สร้างกฎการเคลื่อนที่ ขึ้นมาซึ่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ได้มากมาย ด้วยผลสำเร็จของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันนี้เองได้ขยายลักษณะของการมองปรากฏการณ์อย่างจักรกลให้เป็นที่ยอมรับในวงกว้าง ประกอบกับการมองจักรวาลในลักษณะที่เป็นจักรกล สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ของสมัยนั้นได้เป็นอย่างดี จึงเป็นผลให้วิทยาศาสตร์ที่มีแนวคิดเกี่ยวกับการมองจักรวาลแบบจักรกล (ฟิสิกส์แผนเดิม) ได้รับการยอมรับต่อมาเป็นเวลากว่าสามร้อยปี

3.1.2 ลักษณะที่เป็นนิยัตินิยม (Determinism)

เดการ์ตเชื่อว่าการเคลื่อนไหวของสสารนั้นเป็นไปตามกฎทางจักรกล โดยเขาเห็นว่า สสารวัตถุซึ่งรวมถึงร่างกายของมนุษย์เป็นเครื่องจักรกลที่ทำงานภายใต้หลักการของจักรกล (mechanical principles)³⁶ ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถคาดการณ์การเคลื่อนไหวของสสารวัตถุได้อย่าง

³⁴ จูเลียน อักซัสส์ ; แปลโดย จุฑาทิพย์ อุมะวิชณี, วัฒนาการแห่งความคิด : ภาคนมนุษย์และโลก , หน้า 67.

³⁵ เรื่องเดียวกัน , หน้า 67.

³⁶ <http://www.britannica.com/bcom/eb/article/5/0,5716,115145+6+108563,00.html>. (2001, Jan 3)

แน่นอนผ่านกฎทางจักรกลว่าการเคลื่อนไหวของสสารวัตถุจะเป็นไปในลักษณะใด ซึ่งเป็นลักษณะของนิยัตินิยม

นิวตันได้รับความคิดในเรื่องปรัชญาจักรกลของเดการ์ต ดังนั้นเราจึงสามารถเห็นลักษณะนิยัตินิยมได้จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยถ้าเรารู้สถานะของวัตถุหนึ่ง ๆ เราสามารถคาดการณ์ได้ว่าในเวลาหนึ่ง ๆ สถานะของมันเป็นอย่างใดไม่ว่าจะเป็นสถานะในอนาคตหรือสถานะในอดีตก็ตาม

ผลของความสำเร็จของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ไม่ว่าจะผ่านการทดลองหรือผ่านการนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับเทคโนโลยี ทำให้ความคิดเรื่องนิยัตินิยมได้กลายเป็นเสาหลักเสาหนึ่งของฟิสิกส์แผนเดิม

3.1.3 ลักษณะที่เป็นเหตุภาพ (causality)

หนึ่งพันปีก่อนยุคสมัยของ นิวตัน หลุยส์ ชิบบัส นักปรัชญาชาวกรีก ได้เสนอหลักของเหตุภาพว่า “ไม่มีสิ่งใดเกิดขึ้นโดยปราศจากสาเหตุ แต่ทุกสิ่งมีสาเหตุและเกิดขึ้นจากความจำเป็น”³⁷ แต่ หลุยส์ ชิบบัส มิได้พิสูจน์ความเชื่อของเขาให้เห็นจนมาถึงยุคสมัยของนิวตัน เขาได้แสดงลักษณะความเป็นเหตุภาพ ผ่านกฎการเคลื่อนที่ของเขา ซึ่งได้ผ่านการพิสูจน์จนเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง จากกฎการเคลื่อนที่ของเขาจะพบว่า การเอาชนะความเฉื่อยหรือการเปลี่ยนแปลงทิศทางของวัตถุจำเป็นต้องมีแรงกระทำต่อวัตถุ ซึ่งความคิดนี้แฝงไว้ถึงลักษณะของเหตุภาพ กล่าวคือ วัตถุจะคงอยู่ในสภาพเดิมที่มันเป็นอยู่ตราบเท่าที่ยังไม่มีสาเหตุใด ๆ มาเปลี่ยนแปลงมัน ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นอยู่เดิม แสดงว่าต้องสาเหตุซึ่งก็คือแรงที่กระทำต่อมัน

เนื่องจากกฎการเคลื่อนที่ของเขาสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างกว้างขวาง จึงเป็นเหตุให้หลักของเหตุภาพกลายเป็นที่ยอมรับ จนกลายเป็นเสาหลักที่สำคัญอีกเสาหนึ่งของฟิสิกส์แผนเดิม

โดยสรุปแล้วลักษณะของฟิสิกส์แผนเดิมนี้อยู่บนรากฐานของปรัชญาจักรกล ซึ่งพยายามอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยการลดทอนปรากฏการณ์ลงสู่สสารและการเคลื่อนที่ของสสาร ซึ่งเราสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของสสารได้ด้วยกฎทางจักรกล จากความคิดเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าโลกทัศน์ของฟิสิกส์แผนเดิมมีลักษณะแบบจักรกล กล่าวคือเห็นว่าจักรวาลมีลักษณะ

³⁷ ไมเคิล ไรท์ ; แปลโดย วาริ พิมพ์เพชร, ไอแซก นิวตัน (กรุงเทพมหานคร : บ.นานมีบุ๊คส์ จำกัด, 2539) , หน้า

เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถลดทอนลงสู่ส่วนเล็ก ๆ ที่เป็นสสารได้ โดยเราสามารถคาดการณ์ปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหรือเกิดขึ้นแล้วในอดีตได้อย่างแน่นอน

3.2 ฟิสิกส์แผนเดิมและปรัชญา

จากการถกเถียงกำเนิดของฟิสิกส์แผนเดิม ได้ส่งผลกระทบต่อปรัชญาในหลากหลายด้าน ในที่นี้จะกล่าวถึงผลกระทบที่มีต่ออภิปรัชญา ญาณวิทยา และจริยศาสตร์

3.2.1 ผลกระทบต่ออภิปรัชญา

ฟิสิกส์แผนเดิมส่งผลกระทบต่ออภิปรัชญาในด้านต่าง ๆ ในที่นี้จะพูดถึงผลกระทบที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับความจริง (concept of reality) และพระเจ้า

3.2.1.1 ผลกระทบต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับความจริง (concept of reality)

ฟิสิกส์แผนเดิมเห็นว่าความจริงทางฟิสิกส์ประกอบด้วยสสารและการเคลื่อนที่ของมัน โดยสสารคือสิ่งที่นักฟิสิกส์วัดได้ ซึ่งมีลักษณะกึ่งในขณะของการเคลื่อนที่คือการเคลื่อนที่ของสสารจากอวกาศ (space) หนึ่งไปยังอีกอวกาศหนึ่ง ซึ่งการเคลื่อนที่ของมันเป็นไปตามกฎทางจักรกล จากหลักการของฟิสิกส์แผนเดิมดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับธรรมชาติของกรีก ตลอดจนของยุคกลางที่มีลักษณะเป็นคุณภาพ (qualitative) และอันตวิทยา (teleology) ถูกแทนที่ด้วยลักษณะที่เป็นปริมาณ (quantitative) และจักรกล (mechanical) ฟิสิกส์แผนเดิมเปลี่ยนจากคำถามของอริสโตเติลว่า “ทำไม” (Why ?) ซึ่งเป็นคำถามที่นำไปสู่อันตเหตุ (final cause) มาเป็นคำถามว่า “อย่างไร” (How ?) ซึ่งเป็นลักษณะของจักรกล

ฟิสิกส์สมัยดั้งเดิมเห็นว่าความรู้สึกเกี่ยวกับสี กลิ่น รส เสียง มิใช่ความเป็นจริงของสิ่งภายนอก เพราะเราไม่สามารถอธิบายมันในรูปของการเคลื่อนที่ของสสารได้ เขาเห็นว่าพวกมันเป็นเพียงสภาพปรากฏ (appearances) ที่เกิดขึ้นในจิตของเราผ่านระบบประสาทเมื่อเรามีผัสสะกับสิ่งภายนอก สิ่งภายนอกไม่ได้มีลักษณะเป็น แดง เขียว ร้อน เย็น ฯลฯ สิ่งพวกนี้เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นในจิตของเราซึ่งมีลักษณะเป็นจิตวิสัย ในขณะที่คุณสมบัติในลักษณะวัตถุวิสัยของสสารวัตถุมีลักษณะเป็น ปริมาณ เช่น ปริมาณของตำแหน่ง รูปร่าง ขนาด มวล และความเร็ว เป็นต้น ซึ่งผู้ริเริ่มแยกลักษณะของความจริงที่เป็นวัตถุวิสัย ออกจากสภาพปรากฏที่เป็นจิตวิสัยคือ กาลิเลโอ เขาเห็นว่า

เราไม่อาจกล่าวได้ว่าคุณสมบัติเหล่านี้ (ความรู้สึกเกี่ยวกับสี กลิ่น รส เสียง) เป็นคุณสมบัติของวัตถุ เช่นเดียวกับที่เราไม่สามารถกล่าวได้ว่า ความรู้สึกเจ็บหรือรู้สึกจุกกระจี้ ซึ่งเกิดขึ้นในบางครั้ง เมื่อเราไปสัมผัสวัตถุบางอย่าง เป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้น³⁸

โดยกาลิเลโอได้วางหลักไว้ว่า นักวิทยาศาสตร์ควรจะกำหนดขอบเขตของการศึกษาหาคุณสมบัติของวัตถุ ทั้งในแง่ของรูปทรง จำนวนและการเคลื่อนไหว เฉพาะส่วนที่สามารถวัดและหาปริมาณได้ คุณสมบัติอื่น ๆ เช่น สี เสียง รส หรือกลิ่น เป็นเพียงการปรากฏของความคิดแบบจิตวิสัย ซึ่งควรจะถูกแยกออกไปจากอาณาเขตของวิทยาศาสตร์³⁹

จากข้างต้นจะพบว่าการถือกำเนิดของฟิสิกส์แผนเดิมได้ก่อให้เกิดการถกเถียงเกี่ยวกับความจริงทางปรัชญาใหม่ ๆ เช่น ปัญหาในเรื่องของ คุณสมบัติปฐมภูมิ และคุณสมบัติทุติยภูมิ ซึ่งได้มีการถกเถียงกันต่อ ๆ กันมา⁴⁰ ไม่ว่าจะเป็นจอห์น ลอค (John Locke : ค.ศ.1632-1704) ซึ่งเป็นคนแรกที่แยกลักษณะของความเป็นจริงที่เป็นวัตถุวิสัยออกจากสภาพปรากฏซึ่งเป็นจิตวิสัยอย่างชัดเจน เขาแบ่งแยกคุณสมบัติของวัตถุเป็นคุณสมบัติปฐมภูมิ (primary quality) และคุณสมบัติทุติยภูมิ (secondary quality) โดยเขาเห็นว่ารูปร่าง การเคลื่อนที่ ความแข็ง น้ำหนัก และสมบัติทางเรขาคณิตของวัตถุเป็นคุณสมบัติปฐมภูมิ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ติดตัววัตถุมีลักษณะเป็นวัตถุวิสัย ในขณะที่สี กลิ่น รส เสียงเป็นคุณสมบัติทุติยภูมิไม่มีอยู่ประจำในวัตถุ แต่ขึ้นอยู่กับ การรับรู้ของผู้ใดผู้หนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์หรือ จอร์จ เบิร์กเลย์ (George Berkeley : ค.ศ. 1685-1753) ที่เห็นว่าคุณสมบัติปฐมภูมิ และคุณสมบัติทุติยภูมิ ไม่สามารถแยกจากกันได้และต่างก็ขึ้นอยู่กับจิต เป็นต้น

³⁸ ลินคอล์น บาร์เน็ต ; แปลโดย อรุณ รัชตะนาวัน, *เอกภพและดร. ไอน์สไตน์* (คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2516), หน้า 9.

³⁹ คาปรีา ฟรีดจอฟ ; แปลโดย พระประชา ปสนมธนโม และคณะ , *จุดเปลี่ยนแห่งศตวรรษ เล่ม 1* (กรุงเทพมหานคร: เคล็ดไทย, 2542), หน้า 52.

⁴⁰ ถ้าเราตีความปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติปฐมภูมิ และคุณสมบัติทุติยภูมิในลักษณะของภววิทยา (ontology) คือ ในลักษณะของความจริงและสภาพปรากฏเราจะพบว่าปัญหานี้เริ่มต้นมาตั้งแต่ ปาร์เมนิเดส ในเรื่องของสัจ (being) หรือที่เห็นได้ชัด คือ ในเรื่องของโลกแห่งแบบ และโลกของวัตถุของเพลโต มันจึงดูเหมือนว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นการเดินซ้ำรอยทางเดิมของปรัชญา

3.2.1.2 ผลกระทบต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับพระเจ้าและจิตของมนุษย์

จากการถกเถียงกันของฟิสิกส์แผนเดิมที่ยืนอยู่บนพื้นฐานของปรัชญาจักรกลซึ่งพยายามอธิบายปรากฏการณ์ในรูปของสสารและการเคลื่อนที่ ส่งผลต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับพระเจ้าและจิตของมนุษย์ เพราะว่าทั้งสองสิ่งไม่อาจอธิบายในลักษณะของสสารและการเคลื่อนที่ได้

ผู้ที่สะท้อนความคิดในลักษณะจักรกลนิยมได้ดีที่สุดคือ ฮอบส์ เขาไม่เห็นว่าการวาล (universe) เคลื่อนไหวเป็นไปตามประสงค์ของพระเจ้า แต่จักรวาลคือ ทุก ๆ สิ่งซึ่งเกิดจากพฤติกรรมของอนุภาคของสสารที่เคลื่อนไหวไปตามกฎทางจักรกล เขาเห็นว่าความเป็นจริง (reality) คือ สสาร (matter) ดังนั้นเขาจึงปฏิเสธความมีอยู่ของพระเจ้า เขาเห็นว่า พระเจ้าเป็นเพียงแค่อำนาจ

ฮอบส์ มองว่า “พระเจ้า” เป็นเพียงแค่นามที่ว่างเปล่า ความคิดนี้เป็นผลมาจากข้อตั้งที่ว่า มีเพียงสสารที่เคลื่อนไหวเท่านั้นที่มีอยู่⁴¹

อย่างไรก็ตามเดการ์ต แตกต่างจากฮอบส์ ตรงที่แม้เดการ์ตจะพยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในรูปของสสารและการเคลื่อนที่แต่เขายังคงให้ความสำคัญกับพระเจ้ายิ่งนัก เขายกพระเจ้าขึ้นเหนือระบบจักรกล โดยสำหรับเขาแล้วพระเจ้าอยู่นอกเหนือจากลักษณะนิยติ (deterministic nature) เขาเห็นว่าพระเจ้าเป็นสิ่งที่สมบูรณ์และเป็นต้นกำเนิดของทุก ๆ สิ่ง สำหรับเดการ์ตแล้วความรู้ของมนุษย์ไม่มีความสมเหตุสมผล (validate) ในตัวมันเอง ต้องอาศัยพระเจ้า เขาเชื่อว่าเราจะเข้าถึงความรู้ที่สมบูรณ์ได้โดยผ่านการรู้เอง (intuition) ซึ่งความรู้ที่เกิดจากการรู้เองก็เป็นการส่องสว่าง (illumination) ของจิต ซึ่งรู้ได้ภายใต้แสงของพระเจ้า โดยผ่านพระเจ้าจิตของเราจึงค้นพบเปรียบเทียบได้กับเมื่อเราอยู่ในห้องมืด เราไม่สามารถมองเห็นอะไรต่อเมื่อเราเปิดไฟทุกอย่างในห้องจึงจะปรากฏต่อเรา เช่นเดียวกันภายใต้แสงของพระเจ้าทุกอย่างจึงปรากฏต่อเรา ดังนั้นจิตของเราไม่ถือว่าเป็นตัวกระทำ แต่เป็นเพียงตัวรับรู้รังสีของพระเจ้า ถ้าปราศจากพระเจ้า เราก็ไม่สามารถมีความรู้ได้

เดการ์ตเห็นว่าสัตว์เป็นเพียงเครื่องจักรที่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ โดยพฤติกรรมของมันจะถูกกำหนดโดยการกระตุ้นจากภายนอกเหมือนกับพฤติกรรมของลูกบิลเลียดที่มันถูกกำหนดจากแรงภายนอก และเนื่องจากพฤติกรรมของสัตว์ถูกกำหนดจากเหตุการณ์ก่อนหน้า ดังนั้นมันจึงเป็นไปได้ที่จะคาดการณ์พฤติกรรมของมันได้ในลักษณะที่แน่นอนได้ ถ้าเรารู้จักกฎการเคลื่อนที่ของมันอย่างพอเพียง

เดการ์ตเห็นว่าร่างกายของมนุษย์ก็เหมือนกับสัตว์คือเป็นเครื่องจักร ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ ดังนั้นเราจึงสามารถคาดการณ์การเคลื่อนไหวของร่างกายของมนุษย์ได้ อย่างไรก็ตาม เดการ์ตมิได้มองจิตของมนุษย์เป็นเครื่องจักร เขาเห็นว่าจิตของมนุษย์เป็นเช่นเดียวกับพระเจ้า

⁴¹ W.T. Jones, *Hobbes to Hume : a History of Western Philosophy*, p. 168.

คืออยู่นอกเหนือจากลักษณะนิยัตินี้ เขาเห็นว่าจิตของมนุษย์ มีเจตจำนงเสรี (free will) และเป็นผู้ควบคุมร่างกายของมนุษย์

เป็นที่น่าสังเกตว่านักคิดสมัยฟิสิกส์แผนเดิมซึ่งเป็นผู้วางรากฐานของฟิสิกส์แผนเดิมมิได้ปฏิเสธพระเจ้าเนื่องจากอิทธิพลของปรัชญาสมัยกลาง แม้ว่าโนทัศน์ของพระเจ้าจะขัดกับหลักปรัชญาจักรกลที่เป็นพื้นฐานของฟิสิกส์แผนเดิมก็ตาม เช่น นิวตันที่ใช้ความเชื่อในพระเจ้าสนับสนุนความคิดของเขาในเรื่องอวกาศอยู่นิ่งและไม่เคลื่อนที่ซึ่งเขาไม่สามารถพิสูจน์ได้ หรือความคิดของเดการ์ตเกี่ยวกับความรู้ของมนุษย์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะของปรัชญาสมัยกลางอย่างชัดเจน

เดการ์ต นิวตัน และไลบ์นิซผู้นำทางความคิดในยุคนั้นมีความคิดที่สอดคล้องกับท้าววิทยาช้อโต้แย้งเกี่ยวกับความรู้ของมนุษย์และความกรุณาของพระเจ้ามิให้เห็นในข้อเขียนของเดการ์ตที่เห็นว่า วิถีทางเหตุผลในการแสวงหาความรู้ขึ้นอยู่กับความคิดที่ว่า พระเจ้าไม่ได้หลอกลวงเรา⁴²

จากข้างต้นพอสรุปได้ว่า แม้ความคิดของเดการ์ตจะขึ้นอยู่กับปรัชญาจักรกล แต่เขายังคงรักษาความจริงเกี่ยวกับจิตมนุษย์ หรือพระเจ้า แม้มันจะขัดแย้งกับหลักปรัชญาจักรกลก็ตาม เพราะทั้งจิตมนุษย์และพระเจ้าไม่สามารถอธิบายในลักษณะของสสารและการเคลื่อนที่ได้ เดการ์ตแก้ปัญหาโดยยกทั้ง จิตมนุษย์และพระเจ้าอยู่นอกลักษณะจักรกล ซึ่งแตกต่างจากความคิดของฮอบส์ที่มีลักษณะจักรกลนิยมอย่างชัดเจน โดยเขาปฏิเสธว่าจิตมนุษย์และพระเจ้าไม่มีอยู่จริงเป็นเพียงชื่อหรือนามเท่านั้น

อย่างไรก็ตามการก่อกำเนิดของฟิสิกส์แผนเดิมได้นำปัญหาใหม่ ๆ มาสู่ปรัชญา กล่าวคือ ปรัชญาเริ่มหันมาสนใจใน ปรัชญาวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิดทางอภิปรัชญาอย่างมาก แม้จะไม่ได้ชัดในสมัยของเดการ์ต หรือนิวตัน แต่ก็ได้เริ่มก่อให้เกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับอภิปรัชญา อาทิเช่น ผลกระทบที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับพระเจ้า ดังจะเห็นได้จากความคิดของฮอบส์เกี่ยวกับพระเจ้า ซึ่งสะท้อนลักษณะของจักรกลนิยมอย่างชัดเจน ก่อนที่จะพัฒนาไปสู่การละทิ้งความคิดทางอภิปรัชญาในที่สุด

3.2.2 ผลกระทบที่มีต่อญาณวิทยา

ฟิสิกส์แผนเดิมเห็นว่าความเป็นจริงคือสสารและการเคลื่อนที่ของสสาร โดยสสารเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำลายหรือสร้างขึ้นใหม่ได้มีอยู่เป็นอิสระจากการรับรู้ของเรา ดังนั้นความเป็นจริงเดียวกันจะถูกรับรู้ได้เหมือนกันโดยไม่ขึ้นกับผู้รับรู้ ด้วยเหตุนี้ความรู้ในสายตาฟิสิกส์แผนเดิมจึงมีลักษณะแน่นอนเป็นวัตถุวิสัย

⁴² The New Encyclopaedia Britannica (N.P.: Encyclopaedia Britannica, Inc. Volume 16, 1977), p. 378.

ฟิสิกส์แผนเดิมปฏิเสธสิ่งที่เรารับรู้ที่มีลักษณะเป็นจิตวิสัยว่ามีใช้ความรู้ เนื่องจากสสารเป็นอิสระจากผู้รับรู้ มีลักษณะแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการรับรู้สสารหรือความเป็นจริงของเราจึงควรมีลักษณะแน่นอนเป็นวัตถุวิสัย สิ่งที่เรารับรู้ใดมีลักษณะเป็นจิตวิสัย แสดงว่ามันมิได้เกี่ยวข้องกับสสารหรือความเป็นจริงเลย ดังนั้นจึงมีอาจกล่าวได้ว่า สิ่งนั้นเป็นความรู้ได้

ในด้านบ่อเกิดของความรู้ ฟิสิกส์แผนเดิมเห็นสอดคล้องกับพวกประจักษ์นิยมโดยเห็นว่า เราสามารถรู้ความเป็นจริงคือสสารได้โดยผ่านการมีผัสสะ (sense perception)

ผลจากความคิดที่ว่าความรู้ต้องมีลักษณะเป็นวัตถุวิสัยทำให้ฟิสิกส์แผนเดิมสนใจเฉพาะสิ่งที่เป็นวัตถุวิสัย ปฏิเสธหรือละเลยไม่สนใจในสิ่งที่เป็นจิตวิสัย ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อจริยศาสตร์ ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.2.3 ผลกระทบที่มีต่อจริยศาสตร์

จากการถกเถียงกันของฟิสิกส์แผนเดิม ได้ส่งผลกระทบต่อจริยศาสตร์อย่างรุนแรง สาเหตุที่ฟิสิกส์แผนเดิมละเลยมิให้ความสำคัญกับจริยศาสตร์ มีดังนี้

1. ผลจากความคิดทางด้านญาณวิทยาของฟิสิกส์แผนเดิมที่เห็นว่าความรู้มีลักษณะแน่นอนเป็นวัตถุวิสัย ส่งผลให้ฟิสิกส์แผนเดิมสนใจเฉพาะสิ่งที่มีลักษณะวัตถุวิสัย โดยไม่สนใจในสิ่งที่เป็นจิตวิสัย และผลจากความก้าวหน้านั้นเนื่องจากฟิสิกส์แผนเดิมทำให้คนในสมัยนั้นเชื่อว่าฟิสิกส์แผนเดิมจะนำเราไปสู่ความเป็นจริง ดังนั้นคนในสมัยนั้นจึงเชื่อมั่นในฟิสิกส์แผนเดิมและให้ความสนใจกับสิ่งที่เป็นวัตถุวิสัยโดยละเลยสิ่งที่เป็นจิตวิสัย เนื่องจากจริยศาสตร์ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ คนสมัยนั้นจึงเห็นว่าจริยศาสตร์มิได้มีลักษณะเป็นวัตถุวิสัย ด้วยเหตุนี้พวกเขาจึงไม่สนใจในจริยศาสตร์โดยเห็นว่ามันมีลักษณะเป็นจิตวิสัย (subjective) จะเห็นตัวอย่างได้ชัดเจนจากความคิดของฮอบส์ที่ปฏิเสธความรู้เกี่ยวกับความเป็นจริงที่ไม่เป็นสสาร โดยเขาเห็นว่าเราไม่สามารถอธิบายจริยศาสตร์และศาสนาในลักษณะของจักรกล (mechanical term) ได้ ดังนั้นมันจึงเป็นเพียงสภาพปรากฏ (appearance) ในลักษณะเดียวกับ สี กลิ่น รส เสียง คุณค่า ซึ่งมีลักษณะเป็นจิตวิสัย

ดับเบิลยู ที โจนส์ (W.T. Jones) กล่าวว่า トラบเท่าที่มนุษย์ยังเชื่อว่า เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์จะนำความจริงทั้งหมดเกี่ยวกับจักรวาลมาให้แก่เรา มันก็เป็นการยากสำหรับพวกเขาที่จะเห็นว่าพระเจ้า อิสราภาพ และ ความเป็นนิรันดร์ ตลอดจนความกล้าหาญ ความยุติธรรม และความเคร่งครัดในศาสนา มีลักษณะเป็นความจริงแบบวัตถุวิสัยมันเป็นการยากสำหรับพวกเขาที่จะปฏิเสธว่า สิ่งทีวิทยาศาสตร์เปิดเผยให้เรารู้เป็นความจริงและสิ่งที่วิทยาศาสตร์ไม่ได้เปิดเผย เช่น จิตวิญญาณ

แบบ (forms) และคุณค่าต่าง ๆ ที่พวกปรัชญายุคแรกและยุคกลางยอมรับว่ามันเป็นองค์ประกอบพื้นฐานในจักรวาล เป็นเพียงความรู้สึกที่มีลักษณะจิตวิสัย⁴³

2. ลักษณะของปรัชญาจักรกล ซึ่งเป็นรากฐานทางความคิดของฟิสิกส์แผนเดิมนั้น แตกต่างจากวิทยาศาสตร์ของอริสโตเติล (Aristotelian science) ซึ่งได้รับการยอมรับในปรัชญาสมัยกลาง อริสโตเติลมองว่าแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงของสิ่ง ๆ หนึ่ง เป็นอำนาจภายในที่มีมาตามธรรมชาติของสิ่งนั้น เช่น แรงที่เปลี่ยนแปลงให้เมล็ดต้นมะม่วงกลายเป็นต้นมะม่วง มีมาตามธรรมชาติของมะม่วงมิได้เกิดจากสิ่งภายนอก เป็นต้น ดังนั้นเขาจึงเห็นว่าทุก ๆ สิ่งมีวัตถุประสงค์และต้องดำเนินไปสู่เป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ด้วยเหตุนี้การที่จะรู้ความเป็นไปของแต่ละสิ่งจำเป็นต้องสนใจที่จะรู้วัตถุประสงค์ หรืออันตเหตุของแต่ละสิ่งนั้นด้วย ดังนั้นเขาจึงนำคำถาม “ทำไม (Why)” มาใช้ในการแสวงหาความรู้ เนื่องจากอริสโตเติลให้ความสำคัญกับอันตเหตุ เขาได้นำมันมาใช้ในทฤษฎีทางจริยศาสตร์ โดยเขาเห็นว่ามนุษย์ทุกคนมีวัตถุประสงค์เหมือนกัน เขามองว่าสิ่งที่ดีก็คือสิ่งนำไปสู่วัตถุประสงค์ ดังนั้นการกระทำใดจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อการกระทำนั้นนำไปสู่วัตถุประสงค์

ในขณะที่ปรัชญาจักรกลพยายามอธิบายทุกสิ่งผ่านสสารและการเคลื่อนที่ที่เขาเชื่อว่าการเคลื่อนที่นั้นจะเป็นไปตามกฎทางจักรกล ดังนั้นการที่จะรู้ความเป็นไปของสิ่งต่าง ๆ เราจึงควรแสวงหากฎทางจักรกล ด้วยเหตุนี้พวกเขาจึงนำคำถาม “อย่างไร (How)” มาใช้ในการแสวงหาความรู้ โดยปฏิเสธคำถาม “ทำไม (why)” ซึ่งมีความสำคัญทางจริยศาสตร์ของอริสโตเติลอันเป็นผลให้ลักษณะอันตวิทยา (teleology) ของอริสโตเติลหมดไปจากฟิสิกส์ทำให้ฟิสิกส์แผนเดิมละทิ้งไม่สนใจในจริยศาสตร์

4. บทสรุป

ฟิสิกส์แผนเดิมถือกำเนิดในสมัยฟื้นฟูศิลปวิทยาและมีอิทธิพลต่อมาอีกประมาณสามร้อยปี โดยฟิสิกส์แผนเดิมอยู่บนรากฐานของทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ของเซอร์ไอแซก นิวตัน, ปรัชญาจักรกลของ เรอเน เดการ์ต และวิธีอุปนัยและการแสวงหาความรู้ของฟรานซิส เบคอน เนื่องจากฟิสิกส์แผนเดิมนั้นอยู่บนปรัชญาจักรกลที่เห็นว่าทุกการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนที่ในโลกของวัตถุสามารถอธิบายได้ในลักษณะของจักรกล โดยพยายามอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยการลดทอน

⁴³ W.T. Jones. *Hobbes to Hume : a History of Western Philosophy*, p. 3.

ปรากฏการณ์ลงสู่สสารและการเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่ของสสารจะเป็นไปตามกฎทางจักรกลใน ขณะที่สสารมีลักษณะคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายได้ มีลักษณะเป็นวัตถุวิสัย ดังนั้นฟิสิกส์แผนเดิมจึงมองจักรวาลเป็นเสมือนเครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามหลักเหตุผลและมีลักษณะนิยัตินิยม กล่าวคือสามารถอธิบายหรือคาดการณ์ได้อย่างแน่นอน มุมมองจักรวาลของฟิสิกส์แผนเดิมสามารถเปรียบได้กับนาฬิกาที่เกิดจากการนำเครื่องจักรกลมาประกอบกัน โดยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น(เข็มนาฬิกาที่เคลื่อนไหว) เกิดจากฟันเฟืองตัวหนึ่งเป็นเหตุให้ฟันเฟืองตัวอื่น ๆ เคลื่อนไหว ซึ่งการเคลื่อนไหวของแต่ละฟันเฟืองสามารถคาดการณ์ได้อย่างแน่นอนจากสูตรการเคลื่อนที่ (กฎทางจักรกล)

เนื่องจากฟิสิกส์แผนเดิมซึ่งยืนอยู่บนพื้นฐานของปรัชญาจักรกลซึ่งมองจักรวาลเป็นจักรกลและละเลยไม่ให้ความสนใจในสิ่งที่มีลักษณะวัตถุวิสัย ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในช่วงสามศตวรรษที่ผ่านมา ดังนั้นแนวความคิดของฟิสิกส์แผนเดิมจึงมีผลกระทบต่อปรัชญาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในด้านอภิปรัชญาฟิสิกส์แผนเดิมมองความจริงประกอบด้วยสสารและการเคลื่อนที่ของสสารซึ่งเป็นไปตามกฎทางจักรกล ซึ่งความคิดดังกล่าวได้ก่อให้เกิดการละทิ้งลักษณะคุณภาพและอันตวิยตามมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของกรีกและยุคกลาง ฟิสิกส์แผนเดิมเห็นว่า สี กลิ่น รส เสียง เป็นเพียงสภาพปรากฏมิใช่ตัวความเป็นจริง เนื่องจากมันมิได้มีลักษณะวัตถุวิสัย ซึ่งผลกระทบนี้ได้ก่อให้เกิดการถกเถียงเกี่ยวกับความเป็นจริงใหม่ ๆ ขึ้นในปรัชญา เช่น ปัญหาในเรื่องของคุณสมบัติปฐมภูมิและทุติยภูมิ เป็นต้น นอกจากนี้ฟิสิกส์แผนเดิมยังปฏิเสธความมีอยู่ของพระเจ้าและจิตของมนุษย์ โดยพวกเขาเห็นว่าทั้งสองสิ่งไม่สามารถอธิบายในลักษณะของสสารและการเคลื่อนที่ได้ ด้านญาณวิทยา ฟิสิกส์ดั้งเดิมเห็นว่าความรู้ต้องมีลักษณะแน่นอนเป็นวัตถุวิสัย โดยเรามีความรู้เกี่ยวกับความเป็นจริงหรือสสารได้ในลักษณะที่แน่นอนผ่านการมีผัสสะ ส่วนในด้านจริยศาสตร์ฟิสิกส์แผนเดิมไม่ให้ความสนใจจริยศาสตร์เพราะเห็นว่า จริยศาสตร์มิได้มีลักษณะวัตถุวิสัย

ฟิสิกส์สมัยใหม่ถือกำเนิดมาในปี ค.ศ. 1900 มีสองแขนงใหญ่ ๆ คือทฤษฎีควอนตัมและทฤษฎีสัมพัทธภาพ ฟิสิกส์สมัยใหม่มีลักษณะแตกต่างจากฟิสิกส์แผนเดิมโดยสิ้นเชิง เนื่องจากฟิสิกส์สมัยใหม่แสดงให้เห็นว่าหลักปรัชญาจักรกลซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของฟิสิกส์แผนเดิมใช้ได้ไม่ขอบเขตที่จำกัด กล่าวคือฟิสิกส์สมัยใหม่ค้นพบว่าหลักปรัชญาจักรกลไม่สามารถใช้ได้ไม่ขอบเขตของสิ่งที่เล็กกว่าอะตอม (ทฤษฎีควอนตัม) และขอบเขตของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียงแสง (ทฤษฎีสัมพัทธภาพ) โดยจากการศึกษาในอาณาจักรที่เล็กกว่าอะตอมแสดงให้เห็นถึงลักษณะของความไม่แน่นอน ความเป็นพลวัตไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงสสารซึ่งมีลักษณะเป็นวัตถุวิสัยเหมือนเช่นความคิดของปรัชญาจักรกลได้ ในขณะที่ทฤษฎีสัมพัทธภาพแสดงให้เห็นถึงลักษณะสัมพัทธ์ อาทิเช่นทฤษฎีสัมพัทธภาพแสดงให้เห็นว่ามวลของสสารวัตถุมิได้มีลักษณะแน่นอน ไม่

เปลี่ยนแปลง ไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายได้อีกต่อไป ตรงกันข้ามมวลสารมีความสัมพันธ์กับ
ความเร็วโดยมวลสารจะสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วของสสารวัตถุ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University