การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ : รูปแบบการปฏิวัติความรู้ใหม่ของปัญญาชนยุโรป
Scientific Revolution : A New Form of Knowledge Revolution to European Intellectuals

ธิติพงศ์ มีทอง[1]

บทคัดย่อ

บทความเรื่องการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ : รูปแบบการปฏิวัติความรู้ใหม่ของปัญญาชนยุโรปมีวัตถุประสงค์สำคัญสองประการคือ 1) เพื่อศึกษาพัฒนาการของสถานภาพวิทยาศาสตร์ในสมัยใหม่ภายหลังการเปลี่ยนผ่านการปฏิวัติความรู้นับตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงยุคกลาง และ 2) เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการศึกษาเพิ่มเติมในรายวิชาประวัติศาสตร์ยุโรปสมัยใหม่ ทั้งนี้การปฏิวัติวิทยาศาสตร์นับเป็นปรากฏการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในช่วงสมัยใหม่เมื่อมีการพัฒนาทางคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ ชีววิทยา กายวิภาคศาสตร์ และเคมี ซึ่งมีอิทธิพลต่อธรรมชาติและสังคมมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ได้เริ่มต้นขึ้นในสมัยยุคฟื้นฟูศิลปวิทยาการจวบจนกระทั่งย่างเข้าสู่ศตวรรษที่ 18 ซึ่งมีอิทธิพลต่อขบวนการเคลื่อนไหวทางภูมิปัญญาซึ่งรู้จักในนามพวกฟิโลซอฟ การปฏิวัติในครั้งนี้ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระบอบเก่าและกระบวนทัศน์ในยุโรปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือกระบวนทัศน์ในการให้เหตุผลแบบวิทยาศาสตร์ เมื่อสิ้นปลายศตวรรษที่ 18 การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ก็ได้กรุยทางสู่สมัยภูมิธรรมในที่สุด

คำสำคัญ : การปฏิวัติวิทยาศาสตร์, ดาราศาสตร์, มนุษยนิยม, การปฏิวัติความรู้

---

[1] อาจารย์ประจำ สาขาวิชาสังคมศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อาจารย์พิเศษ ภาควิชาประวัติศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Abstract

The article “Scientific Revolution : A New Form of Knowledge Revolution to European Intellectuals” has two important objectives : 1) to study the evolution of scientific status in modern age after transformation the revolution of knowledge from antiquity to middle ages 2) to partake this article in western modern history subject. The scientific revolution was the emergence of modern science phenomena during the early modern period, when developments of mathematics, physics, astronomy, biology, anatomy and chemistry influenced to human’s society and nature. The scientific revolution have begun in the Renaissance period and then continued through the late 18th century, influencing the intellectual social movement known as the philosophe. This revolution have still changed the old structure and paradigm of Europe, most of all that was the new paradigm or logic science in argument. By the end of the 18th century, the scientific revolution had given way to the age of enlightenment.

Keywords : scientific revolution, astronomy, humanism, knowledge revolution

1. บทนำ

การปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นจุดหัวเลี้ยวหัวต่อสำคัญในประวัติศาสตร์ยุโรปสมัยใหม่เป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างความเชื่อจากศรัทธาคริสต์ศาสนามาสู่การใช้ปัญญาอย่างมีเหตุมีผล ขณะเดียวกันการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังมีอิทธิพลต่อสมัยยุคภูมิธรรมซึ่งเป็นขบวนการทางความคิดภูมิปัญญาโดยใช้พื้นฐานความคิดแบบวิทยาศาสตร์ ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงกลายเป็นศาสนาใหม่ของชุมชนวิทยาศาสตร์ อีกทั้งในเวลาต่อมาแนวคิดแบบวิทยาศาสตร์ได้แพร่ขยายออกเป็นวงกว้างไปทั่วมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในยุโรปจวบจนกระทั่งได้กลายมาเป็นเบ้าหลอมทางการศึกษาของทั่วโลกในเวลาต่อมา กฎของวิทยาศาสตร์ยังทำให้เกิดการทำนายอนาคตขึ้นและยังสามารถควบคุมความเป็นไปของธรรมชาติเพื่อให้มนุษย์สามารถเข้าใจธรรมชาติได้ วิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์สุขสบายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยวางรากฐานให้นักวิทยาศาสตร์ในรุ่นหลังนำระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลายเช่นกันในฐานะที่เป็นกฎสากล

2. ความสำคัญของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์

การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ (Scientific Revolution) เป็นช่วงเวลาสำคัญของประวัติศาสตร์ยุโรและยังเป็นรอยต่อสำคัญของประวัติศาสตร์ยุโรปสมัยใหม่ การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในสังคมยุโรปอย่างมหาศาล นอกจากนี้การปฏิวัติดังกล่าวยังครอบคลุมในกระบวนทัศน์ความรู้ทั้งทางด้านฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ ชีววิทยา แพทย์ศาสตร์ เคมี คณิตศาสตร์ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องระหว่างกัน ผลของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังรวมถึงเรื่องการรับรู้ในโลกทัศน์เชิงใหม่ซึ่งอาศัยศาสตร์ของวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือการสร้างความรู้และการรับรู้อีกทั้งยังส่งผ่านทั่วยุโรปรวมทั้งอเมริกา

การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ถือเป็นการปฏิวัติทางด้านญาณวิทยา (epistemology) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนวิธีการสร้างองค์ความรู้รวมทั้งวิธีการคิดแบบใหม่ต่อมนุษยชาติเป็นอย่างมาก ความสำคัญของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังมีพลังอิทธิพลมากกว่าสมัยยุคฟื้นฟูศิลปวิทยาการ (Renaissance) ซึ่งเป็นสมัยของการค้นพบความลับของธรรมชาติรวมทั้งเรื่องราวที่ซ่อนเร้นภายในตัวมนุษย์ โดยที่ยุค

การฟื้นฟูศิลปวิทยาการนักปรัชญาพยายามที่จะยกสถานะและเกียรติภูมิของมนุษย์ขึ้นภายหลังจากที่สมัยยุคกลางศาสนาคริสต์ได้ประเมินค่ามนุษย์ด้วยความต่ำต้อยรวมทั้งยังลดทอนคุณค่าความสามารถของมนุษย์ลง ทั้งนี้เพราะในยุคกลางมีโลกของแบบคริสต์ศาสนา (Christian matrix) ที่ควบคุมมนุษย์เอาไว้อย่างเข้มงวด ดังนั้นการศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับธรรมชาติรวมทั้งตัวมนุษย์จึงเป็นผลมาจากการล่มสลายของโลกของแบบคริสต์ศาสนาด้วยเช่นกัน

ความคิดของนักวิทยาศาสตร์ทำให้ความเชื่อที่มีมายาวนานนับตั้งแต่สมัยยุคกลางโดยเฉพาะอิทธิพลของคริสต์ศาสนาค่อยๆ สลายตัวลง พลวัตรส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการผสมผสานระหว่างกระแสยุคฟื้นฟูศิลปวิทยาการ การปฏิรูปทางศาสนาและยุคของการค้นพบ สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นเมื่อความรู้แบบเก่าถูกทำลายลงจึงทำให้มีองค์ความรู้ใหม่เข้ามาแทนที่ การปฏิวัติวิทยาศาสตร์จึงเป็นการตรวจสอบความรู้ที่เกิดขึ้นใหม่เกี่ยวกับมนุษย์และธรรมชาติ ขณะเดียวกันการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังเป็นความพยายามที่จะอธิบายเกี่ยวกับมนุษย์และโลกธรรมชาติที่ปรากฏอยู่ โดยเฉพาะนักวิทยาศาสตร์ นักปรัชญา รวมถึงนักคณิตศาสตร์ต่างพยายามที่จะหาคำตอบที่ซ่อนเอาไว้ในธรรมชาติ

อย่างไรก็ดี ปัญหาหนึ่งที่ถกเถียงกันอย่างกว้างขวางในวงวิชาการคือการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์แทบไม่ได้ใช้คำว่าวิทยาศาสตร์โดยตรง เนื่องจากวิทยาศาสตร์ในสมัยนั้นเป็นการศึกษาด้านปรัชญาธรรมชาติ (natural philosophy) ซึ่งหมายถึงโลกของธรรมชาติหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติรอบตัวมนุษย์ (John Henry, 2002 : 5) โดยที่ไม่ใช่เรื่องราวการศึกษาที่มนุษย์สร้างขึ้นแต่อย่างใด อย่างไรก็ดี วิทยาศาสตร์เริ่มศึกษาอย่างจริงจังเป็นผลมาจากการศึกษาทางด้านดาราศาสตร์โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นตัวแปรสำคัญ ศาสตร์ทั้งสองด้านจึงกลายเป็นกรอบกำหนดทฤษฎีรวมทั้งการอธิบายกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ถูกค้นพบ

ดังนั้นทั้งดาราศาสตร์และคณิตศาสตร์จึงเป็นวิชาที่มีลักษณะเฉพาะรวมทั้งมีภาษาอันเป็นสัญลักษณ์พิเศษเฉพาะตนซึ่งใช้กันเฉพาะกลุ่มเท่านั้น นอกจากนี้ภาษาที่ใช้ทั้งสองศาสตร์จึงเป็นภาษาชั้นสูงเนื่องจากมีคำอธิบายซึ่งสามารถเข้าใจได้มากกว่าการพูดด้วยภาษาธรรมดา กล่าวได้ว่าภาษาวิทยาศาสตร์จึงกลายเป็นภาษาสากล (เช่นเดียวกับที่พระเจ้าชาร์ลเลอมาญทรงใช้ภาษาละติน

เป็นภาษาของเหล่านักปราชญ์ในราชสำนัก) ด้วยเหตุนี้การปฏิวัติวิทยาศาสตร์จึงกลายเป็นการสร้างศักดินาของการเรียนรู้ไปโดยปริยาย

คุณูปการสำคัญของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์คือการคิดแบบวิทยาศาสตร์ (scientific thoughts) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่ใช้ตรรกะอย่างเป็นเหตุผลและความแม่นยำถูกต้องเป็นตัวกำหนด อีกทั้งวิธีการคิดยังมีระบบวิธีที่ซับซ้อนขึ้นเป็นอย่างมาก องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในยุคโบราณและยุคกลางถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ด้วยเช่นกัน ขณะเดียวกันนักประวัติศาสตร์เห็นพ้องกันว่ายุคฟื้นฟูศิลปวิทยาการมีส่วนผลักดันสำคัญให้เกิดการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ขึ้น ซึ่งก่อนหน้านี้ในสมัยยุคกลางคริสต์ศาสนายังมีความเชื่อเรื่องอิทธิปาฏิหาริย์ ภูตผีปีศาจ เรื่องราวเหนือธรรมชาติ ความลึกลับ ความหวาดกลัวรวมถึงความศรัทธาต่อคริสต์ศาสนาอย่างไม่สั่นคลอน แต่นับจากปลายยุคกลางเป็นต้นมาเรื่องราวต่างๆ เหล่านี้ถูกแทนที่ด้วยเหตุผลและข้อพิสูจน์ที่เห็นได้ชัดแจ้งมากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ความคิดแบบวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ดี ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ไม่ได้ทำลายล้างหรือลบล้างความเชื่อทางคริสต์ศาสนาที่มีมายาวนานแต่อย่างใด ตรงกันข้ามนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากทั้ง โคเปอร์นิคัส (Nicolaus Copernicus ค.ศ. 1473 – 1543) บราเฮ (Tycho Brahe ค.ศ. 1546 – 1601) เคปเลอร์ (Johannes Kepler ค.ศ. 1571 – 1630) กาลิเลโอ Galileo Galilei ค.ศ. 1564 – 1642) เดสคาร์ท (René Descartes ค.ศ. 1596 – 1650) รวมทั้งนิวตัน (Sir Isaac Newton ค.ศ. 1642 – 1726) ยังคงเป็นคริสตชนที่เคร่งในศาสนาเป็นอย่างยิ่งอีกทั้งพวกเขายังพยายามสร้างการประนีประนอมระหว่างวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของคริสต์ศาสนาเช่นกัน

การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ในสมัยหลังยังอาศัยความรู้ทั้งทางด้านวิชาคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ ชีววิทยารวมทั้งศาสตร์ต่าง ๆ อีกมาก ความรู้ต่างๆ เหล่านี้กลายเป็นโครงสร้างสำคัญที่ใช้ระบบการไต่สวนและการค้นหาความรู้แบบวิทยาศาสตร์เพื่อเข้าใจกระบวนทัศน์แบบองค์อินทรีย์และกระบวนทัศน์แบบกลศาสตร์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงเป็นความรู้ที่ถูกสั่งสมต่อเนื่องและยาวนานของแต่ละยุคแต่ละสมัย และทำให้ความรู้แบบวิทยาศาสตร์ได้ขยายตัวไปอย่างรวดเร็วในเวลาต่อมา

3. ภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์ : องค์ความรู้ของสมัยกรีกจนถึงสมัยยุคกลาง

การปฏิวัติวิทยาศาสตร์อาศัยรากฐานความรู้ในหลาย ๆ ด้านทั้งของกรีก มุสลิม ยิวและคริสตศาสนาเป็นสำคัญ องค์ความรู้เหล่านี้ถูกถ่ายทอดต่อกันมาในช่วงของการติดต่อทางอารยธรรมและยังคงถูกถ่ายทอดต่อมายังสมัยหลัง อย่างไรก็ดี พื้นฐานความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของชาวยุโรปก่อนได้รับอิทธิพลความรู้จากภายนอกได้อิงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมัยโบราณซึ่งประกอบไปด้วยฐานความรู้เก่าสามด้านคือความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของอริสโตเติล ความรู้ทางด้านดาราศาสตร์ของปโตเลมี และความรู้ทางด้านแพทยศาสตร์ของกาเล็นซึ่งถ่ายทอดต่อกันมาจวบจนถึงหลังยุคกลาง ดังนั้นกล่าวได้ว่าผลงานของนักวิทยาศาสตร์ยุคโบราณส่วนใหญ่ล้วนแต่เป็นภาษากรีกซึ่งเป็นภาษาที่มีความสำคัญในทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง แม้กระทั่งสมัยโรมันผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ก็ยังมีการถ่ายทอดออกในรูปแบบภาษาละติน แต่กระนั้นก็ยังมีคำเฉพาะอีกเป็นจำนวนมากที่ยังคงภาษากรีกซึ่งเป็นภาษาเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์เอาไว้ ขณะเดียวกันตลอดยุคสมัยโรมันซึ่งเต็มไปด้วยการทำสงครามและการขยายดินแดนทำให้วิทยาศาสตร์ของโรมันแทบไม่ก้าวหน้า ทำให้นักวิทยาศาสตร์โรมันเป็นจำนวนมากต้องใช้ผลงานของนักวิทยาศาสตร์กรีก

ในเวลาต่อมาเมื่อยุคกลางเริ่มเสื่อมลงชาวยุโรปยังได้รับความรู้มาจากอาณาจักรไบแซนไทน์หรือจักรวรรดิโรมันตะวันออกที่ยังรักษามรดกความรู้กรีกและโรมันเอาไว้อย่างเหนียวแน่น รวมทั้งอาณาจักรของชาวมุสลิมในแอฟริกาและเอเชียกลางที่มีการสร้างความรู้ของตนขึ้นโดยเฉพาะความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ก้าวหน้ากว่าชาวยุโรปอย่างมาก ดังนั้นแม้ว่ายุคกลางจะได้รับอิทธิพลจากคริสต์ศาสนา แต่ชาวยุโรปส่วนหนึ่งที่เดินทางไปยังต่างแดนก็ได้นำความรู้วิทยาการด้านต่าง ๆ ของต่างชาติเข้ามาเผยแพร่ในสังคมยุโรป ดังนั้นการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการปฏิวัติความรู้ที่ไม่ได้ใช้มรดกเก่าทางความคิดของสมัยโบราณแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังเป็นการผสมผสานการนำความรู้เฉพาะของแต่ละชาติเข้ามาประยุกต์ใช้และนำมาศึกษาเป็นแนวทางการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ทำให้สังคมยุโรปในศตวรรษที่ 17 กลายเป็นยุครอยต่อทางภูมิปัญญา (watershed) ของโลกตะวันตกไปโดยปริยาย

ก่อนสมัยการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ ชาวยุโรปอ้างอิงความรู้วิทยาศาสตร์หรือปรัชญาธรรมชาติจากอริสโตเติล นักปราชญ์กรีกเป็นสำคัญ อีกทั้งต่อมานักปราชญ์ยุโรปยุคกลางยังอ้างอิงความรู้กระแสหลักจากคริสต์ศาสนาโดยเฉพาะ

นักบุญ โธมัส อไควนัสกับดังเต โดยนำความรู้ของนักปราชญ์ดังกล่าวเข้ามาผสมผสานกับปรัชญากรีกเช่นกัน (Bernard Cohen, 1987 : 251) ความรู้ทั้งสองด้านกลายเป็นความรู้กระแสหลักที่ได้รับการถ่ายทอดมานานนับพันปี

อริสโตเติลทำให้วิชาปรัชญาธรรมชาติหรือวิทยาศาสตร์รุ่งเรืองในกรีกเป็นอย่างมาก (Bernard Cohen, 1987 : 30) โดยเฉพาะวิธีการหาความรู้ของเขาซึ่งเรียกว่า วิธีการนิรนัย (deduction) วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการหาความรู้ที่สืบทอดยาวนานกว่าพันปีและได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการหาความรู้ที่ถูกต้องและแม่นยำสูงสุด วิธีการนิรนัยคือการพิสูจน์ความรู้ชุดหนึ่งโดยอาศัยความเชื่อข้อตกลง หรือความรู้พื้นฐานที่เป็นยอมรับเป็นจุดเริ่มต้น ดังนั้น การนิรนัยจึงเป็นการเชื่อมความคิดจากจุดเริ่มต้นไปยังเรื่องอื่น ๆ ดังนั้นถ้ามนุษย์มีความรู้ในเรื่องบางอย่าง มนุษย์เองก็สามารถที่จะสืบหาความรู้บางอย่างจากความรู้ชุดเดิมที่มีอยู่ได้ ดังนั้นการนิรนัยจึงเป็นการให้เหตุผลจากบนลงล่าง (top-down logic) ทั้งยังทำให้วิธีการดังกล่าวเป็นการสร้างความรู้ที่ได้รับการเชื่อถือนับตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงสมัยกลาง

อริสโตเติลยังเป็นผู้พิสูจน์เกี่ยวกับกฎทางด้านฟิสิกส์ในเรื่องของการตกสู่เบื้องล่างของวัตถุโดยที่เขาระบุว่าวัตถุที่มีมวลน้ำหนักมากจะตกลงสู่พื้นได้เร็วกว่าวัตถุที่มีน้ำหนักเบา [ยกตัวอย่างเช่นก้อนหินตกลงได้เร็วกว่าใบไม้] สาเหตุของการตกสู่เบื้องล่างของวัตถุที่ไม่เท่ากันนี้ได้รับการอธิบายต่อมาในสมัยกาลิเลโอซึ่งเขาเป็นผู้ไขความลับว่าการที่วัตถุตกลงสู่เบื้องล่างโดยไม่เท่ากันนั้นเป็นเพราะแรงต้านของอากาศ นอกจากนี้อริสโตเติลยังมีผลงานด้านคณิตศาสตร์โดยเป็นผู้ผลักดันวิชาตรรกศาสตร์ (logics) ซึ่งต่อมามีการปรับปรุงเพิ่มเติมโดยจอร์จ บูล (George Boole) ซึ่งพัฒนามาเป็นแขนงวิชาพีชคณิตบูลีน (Boolean Algebra) ในเวลาต่อมา

อย่างไรก็ดี การค้นหาแบบแผนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเข้าใจความลับของธรรมชาติในสมัยกรีกสามารถแบ่งออกเป็นสองชุดด้วยกันคือ กระบวนทัศน์แบบองค์อินทรีย์กับแบบกลศาสตร์ แบบแรกคือกระบวนทัศน์แบบองค์อินทรีย์ (organic paradigm) เป็นแนวความคิดแบบตรรกะวิทยา โดยศึกษาถึงการเป็นไปของธรรมชาตินับตั้งแต่ปฐมเหตุ (first cause) จนถึงปัจฉิมเหตุ (final cause) โดยการเคลื่อนไหวหรือกระบวนการของธรรมชาติจะมีเป้าหมายปลายทางอยู่ตลอดเวลา แนวคิดดังกล่าวได้รับอิทธิพลมาจากอริสโตเติล

อิทธิพลดังกล่าวยังส่งผ่านมายังยุคกลางและถูกผสานเข้ากับแนวความคิดของนักปราชญ์ยุคกลาง เช่น อไควนัส ตลอดจนเถระของลัทธิอัสมาจารย์ (Scholasticism) ซึ่งเชื่อว่าความเป็นไปของทุกสรรพสิ่งมีเป้าหมายปลายทางไปตามพระประสงค์ของพระเจ้า

แบบที่สองคือกระบวนทัศน์แบบกลศาสตร์ (mechanistic paradigm) แนวความคิดดังกล่าวเป็นการมองสภาวะของธรรมชาติว่าเป็นเสมือนเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเคลื่อนตัวเป็นกลไกที่มีความต่อเนื่องระหว่างกันและกัน ตลอดทั้งเอกภพและจักรวาลก็ดำเนินอยู่บนพื้นฐานของการขับเคลื่อนแบบจักรกลด้วยเช่นกัน แนวคิดดังกล่าวได้รับอิทธิพลมาจากอาร์คิเมดีสแห่งซิราคิวส์ (Archimedes of Syracuse 287– 212 ก่อนคริสตกาล) ซึ่งใช้คณิตศาสตร์อธิบายกระบวนทัศน์ดังกล่าวอย่างเป็นเหตุเป็นผล อิทธิพลแนวคิดดังกล่าวแพร่หลายเป็นอย่างมากในสมัยการปฏิวัติวิทยาศาสตร์จนถึงการปฏิวัติอุตสาหกรรมซึ่งใช้ตัวเลขเป็นกุญแจสำคัญในการคำณวนและการวัด ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงกลายเป็นเครื่องมือสำคัญของกระบวนทัศน์ดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง

ในสมัยยุคกลางความหมายของวิทยาศาสตร์รวมทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ถูกจัดเป็นแขนงหนึ่งทางด้านปรัชญาที่เรียกว่าปรัชญาธรรมชาติ (natural philosophy) ซึ่งคำนี้มีความหมายที่ครอบคลุมด้านฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ คณิตศาสตร์ แต่อย่างไรก็ดี ในเวลาต่อมาวิลเลียมแห่งอ็อคคัม (William of Ockham ค.ศ. 1287–1347) ได้นิยามความนี้ครอบคลุมไปถึงศาสตร์ทางเคมีชีววิทยารวมทั้งกลศาสตร์ นอกจากนี้ปรัชญาธรรมชาติยังมีความสำคัญในการมุ่งศึกษาทฤษฎีทางความรู้มากกว่าการปฏิบัติ จนกระทั่งในเวลาต่อมาได้กลายมาเป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (natural science) ซึ่งเป็นการศึกษาที่ใช้การทดลองมากขึ้นโดยผ่านขั้นตอนวิธีการทางระเบียบวิทยาศาสตร์

ในช่วงรอยต่อของยุคโรมันจนถึงสมัยยุคกลางนั้น อิทธิพลของคริสตศาสนาเริ่มขยายกว้างมากขึ้นภาษาละตินซึ่งกลายมาเป็นภาษาสำคัญของศาสนาได้แยกขาดจากปรัชญาและวิทยาศาสตร์กรีกมากยิ่งขึ้น ความก้าวหน้าของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในสมัยยุคกลางตอนต้นวางอยู่บนหลักการของการเก็บข้อมูล (accumulation) ซึ่งรวบรวมมาจากหลักฐานต่าง ๆ ด้วย ดังนั้นนักปราชญ์ในยุคกลางจึงอาศัยความรู้วิทยาศาสตร์ที่มาจากสมัยกรีก – โรมัน เป็นสำคัญ โดยอาศัยละตินเป็นภาษาสำคัญนอกเหนือจากภาษากรีกซึ่งเป็นภาษาทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้กันในยุคกลาง นักวิทยาศาสตร์สมัยยุคกลางจึงอ้างอิงความรู้

จากนักวิทยาศาสตร์โรมันเป็นจำนวนมากเช่นกัน เช่น คัลซิดิอุส (Calcidius) มาครอบิอุส (Macrobius) คาสซิโอดอรุส (Cassiodorus) และบอธิอุส (Boethius) เป็นต้น

การศึกษาวิทยาศาสตร์รวมทั้งศาสตร์แขนงอื่น ๆ มีศูนย์กลางสำคัญอยู่ที่อารามซึ่งเป็นสถานการศึกษาที่มีความสำคัญรองมาจากคัมภีร์ไบเบิลซึ่งเป็นพื้นฐานความรู้สำคัญที่นักปราชญ์ทุกคนต้องเรียนรู้ ในช่วงเวลานี้ผู้ที่มีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ นักบวช โดยนักบวชเหล่านี้มุ่งเน้นการศึกษาด้านธรรมชาติและอธิบายความเข้าใจทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอีกทั้งมีความพยายามที่จะนำเรื่องราวต่างๆ เข้ามาเชื่อมโยงกับคริสต์ศาสนาด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ดี ในสมัยยุคกลางนักวิทยาศาสตร์เริ่มศึกษาเหตุการณ์ทางธรรมชาติและเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับตัวมนุษย์โดยอาศัยการทดลองมากกว่าทฤษฎีหรือนามธรรมเหมือนดังเช่นสมัยกรีก – โรมัน เช่น การรักษาโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคม นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองยามากมายเพื่อทำการรักษาคนป่วย รวมทั้งการเก็บข้อมูลที่มีการศึกษาไว้ตั้งแต่สมัยกรีกจนถึงโรมัน ขณะเดียวกันนักบวชต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของดวงดาวเพื่อใช้ในการคำณวนวันสำคัญทางศาสนาซึ่งนำมาสู่การศึกษาและการสอนคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในด้านดาราศาสตร์โดยตรง

ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในยุโรปเริ่มเฟื่องฟูมากยิ่งขึ้นเมื่อชาวยุโรปเดินทางติดต่อกับชาวอาหรับหรือมุสลิมซึ่งเป็นชาติที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก ทำให้นักวิทยาศาสตร์ยุโรปได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากชาวอาหรับ อย่างไรก็ดี ความรู้ของนักวิทยาศาสตร์อาหรับส่วนหนึ่งก็ได้รับการถ่ายทอดมาจากกรีกยุคคลาสสิกเช่นกัน ขณะเดียวกันในช่วงเวลานี้การศึกษาของตะวันตกเริ่มขยายมากขึ้นตามจำนวนมหาวิทยาลัยที่เพิ่มขึ้น มหาวิทยาลัยมีอยู่มากในอาณาจักรโรมันอันศักดิ์สิทธิ์ต่อมายังได้ขยายต่อไปยังอิตาลี ฝรั่งเศส อังกฤษ รวมทั้งสเปน ตามลำดับ มหาวิทยาลัยได้รับการยกย่องว่าเป็นสถานที่อันมีเกียรติยศเป็นอย่างมาก ในช่วงนี้ผลงานวิทยาศาสตร์ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลงานวิทยาศาสตร์จำนวนมากทั้งจากกรีก อาหรับ โรมันและยิว ต่างได้รับการแปลและคัดลอกจากนักบวช

ในสมัยนี้ผลงานด้านวิทยาศาสตร์ของอริสโตเติลยังคงเป็นผลงานหลักที่ใช้ในการศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาในราวศตวรรษที่ 13 เป็นต้นมา ผลงาน

นักวิทยาศาสตร์กรีกถูกแปลออกเป็นภาษาลาตินอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการเรียนการสอนตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ โดยเฉพาะผลงานวิทยาศาสตร์ของอริสโตเติล ยูคลิด ปโตเลมี อาร์คิเมดีส และกาเล็นซึ่งได้รับการแปลออกมา นอกจากผลงานทางวิทยาศาสตร์กรีกแล้วก็ยังนำผลงานของนักวิทยาศาสตร์ชาวอาหรับและชาวยิวนำมาศึกษาด้วย ได้แก่ อวิเซ็นนา (Avicenna) อเวอโรเอส (Averroes) ไมมอนิเดส (Maimonides) ซึ่งล้วนแล้วแต่แปลเป็นภาษาละติน (Bernard Cohen, 1987 : 429) ด้วยเช่นกัน

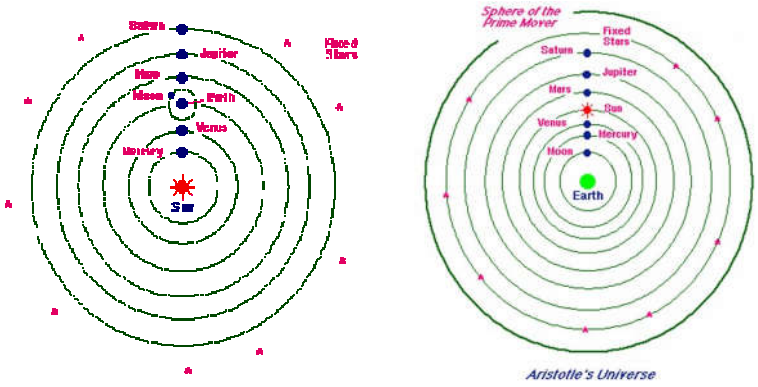
3. ดาราศาสตร์จุดเปลี่ยนสำคัญของการปฏิวัติวิทยาศาสตร์

ก่อนหน้านี้ชาวยุโรปต่างเชื่อว่าโลกเป็นศูนย์กลางจักรวาลและยอมรับความเชื่อเช่นนี้ยาวนานเกือบ สองพันปี แม้กระทั่งในสมัยยุคกลางคัมภีร์ไบเบิลยังระบุว่าพระเจ้าทรงสร้างโลกมนุษย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาล แต่อย่างไรก็ดี ใน ค.ศ. 1543 นิโคลัส โคเปอร์นิคัส ได้พยายามพิสูจน์เกี่ยวกับความเชื่อดังกล่าวและสรุปว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาล เขายังตีพิมพ์เผยแพร่การค้นพบของเขาให้กับชาวยุโรปด้วย ผลงานเขากล่าวว่านอกจากดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาลแล้วโลกยังหมุนรอบดวงอาทิตย์ การตั้งข้อสมมติฐานของเขาถือเป็นการสะเทือนความเชื่อของชาวยุโรปที่เชื่อกันอย่างยาวนานว่าโลกเป็นศูนย์กลาง รวมทั้งความเชื่อของคริสต์ศาสนาที่เชื่อว่าพระเจ้าทรงสร้างโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาลด้วยเช่นกัน คำอธิบายดังกล่าวทำให้นักดาราศาสตร์ในสมัยนั้นรวมทั้งสันตะปาปาต่างหันมาสนใจการอธิบายของโคเปอร์นิคัสเป็นอย่างมาก

ภาพที่ 1 โคเปอร์นิคัสผู้ปฏิวัติความคิดเรื่องศูนย์กลางของระบบสุริยจักรวาล

โคเปอร์นิคัสเริ่มศึกษาค้นคว้าและพิสูจน์ความเชื่อของอาร์คิสทาร์คุส แต่เนื่องจากในยุคนั้นมีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ดาราศาสตร์ ด้วยเหตุนี้โคเปอร์นิคัสจึงใช้วิธีเจาะช่องฝาผนังเพื่อให้แสงสว่างส่องผ่านเข้ามา การทดลองครั้งนี้ทำให้เขาสรุปว่าโลกหมุนรอบตัวเองเป็นเวลาหนึ่งวันเต็ม นอกจากนี้เขายังกำหนดเส้นเมอร์ริเดียนขึ้นเพื่อใช้เป็นหลักการคำนวณทางดาราศาสตร์ ในช่วงทศวรรษที่ 1510 ขณะที่โคเปอร์นิคัสยังคงพำนักอยู่ที่ปรัสเซีย เขาสังเกตถึงการเคลื่อนที่ของเทหะวัตถุบนท้องฟ้า โคเปอร์นิคัสสรุปว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยจักรวาล และโลกก็หมุนรอบดวงอาทิตย์

โคเปอร์นิคัสสามารถหาข้อสรุปได้ว่าทฤษฎีของอาร์คิสทาร์คุสถูกต้องที่อธิบายว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยจักรวาล ขณะที่โลกรวมทั้งดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ต่างหมุนรอบดวงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ดี เขาก็ยังไม่กล้าที่จะเผยแพร่ผลงานการค้นพบเพราะเกรงกลัวอันตรายที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากขณะนั้นความเชื่อดาราศาสตร์ของปโตเลมีกับอริสโตเติลยังคงฝังรากแน่นในยุโรปสังคม (James Randall Jacob, 1998 : 28) ดังนั้นผลงานของเขาจึงเผยแพร่ในวงจำกัดเพียงนักดาราศาสตร์บางคนเท่านั้น เนื่องจากความคิดของโคเปอร์นิคัสสั่นคลอนความเชื่อของคนในยุคกลางอีกทั้งความคิดของเขายังก้าวล่วงเกินถึงความสัมพันธ์ระหว่างนักดาราศาสตร์กับศาสนจักรที่ระบุว่าโลกคือศูนย์กลางของสุริยจักรวาลตามที่พระเจ้าได้ทรงสร้างขึ้น



ภาพที่ 1 ซ้าย : ดวงอาทิตย์คือศูนย์กลางของสุริยะจักรวาล ขวา : โลกคือศูนย์กลางของสุริยะจักรวาล

อย่างไรก็ดี จอร์จ โจคิม เรติคัสนักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันได้เดินทางมาพบกับโคเปอร์นิคัสเพื่อทำการศึกษาค้นคว้าดาราศาสตร์ร่วมกัน ทั้งสองทำงานอยู่ร่วมกันนานถึง 2 ปี เรติคัสเป็นผู้มีส่วนสำคัญที่รบเร้าโคเปอร์นิคัสให้เผยแพร่ผลงานที่เขาเก็บไว้เป็นความลับ เรติคัสขอร้องโคเปอร์นิคัสให้เปิดเผยผลงานการค้นพบที่ยิ่งใหญ่แห่งศตวรรษเพื่อให้สาธารณชนได้รับรู้และถือเป็นการปฏิวัติความรู้ทางด้านดาราศาสตร์ของยุโรปด้วย

ในที่สุดโคเปอร์นิคัสยินยอมตามคำร้องขอโดยส่งผลงานของเขาไปตีพิมพ์ที่เมืองนูเรมเบิร์ก (Nuremburg) ในปรัสเซีย งานของโคเปอร์นิคัสถูกตีพิมพ์ใน ค.ศ. 1543 หลังจากที่โคเปอร์นิคัสเสียชีวิตไปเพียงปีเดียว หนังสือของโคเปอร์นิคัสมีชื่อว่า “การปฏิวัติทางโคจรแห่งดาวบนฟากฟ้า” (On the Revolutions of the Heavenly Bodies) หรือ De Revolutionibus Orbrium Codestium ในภาษาละติน หนังสือเล่มนี้บรรจุความยาวไว้ถึง 6 เล่ม ซึ่งแต่ละเล่มได้รวบรวมเนื้อหาต่าง ๆ เกี่ยวกับสุริยจักรวาลที่โคเปอร์นิคัสเป็นผู้ค้นพบโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นทฤษฎีใหญ่ 3 ข้อ ได้แก่

กฎข้อที่หนึ่ง ดวงอาทิตย์มีสถานะเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยจักรวาล ขณะที่โลกและดวงดาวเคราะห์อื่น ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ นอกจากนี้การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ต้องใช้เวลาถึง 1 ปี หรือราว 365 วัน ซึ่งมีผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆขึ้น

กฎข้อที่สอง โลกมีสัณฐานกลมไม่ได้แบนตามที่เชื่อกัน โคเปอร์นิคัสให้เหตุผลสนับสนุนว่ามนุษย์ไม่อาจมองเห็นดาวดวงเดียวกันในเวลาเดียวกันและสถานที่ต่างกัน ขณะเดียวกันโลกต้องหมุนรอบตัวเองอยู่ตลอดเวลาไม่ได้ หยุดนิ่ง ซึ่งโลกใช้เวลา 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมงในการหมุนรอบตัวเองและทำให้เกิดกลางวันและกลางคืนขึ้น

กฎข้อที่สาม ดาวเคราะห์ต่าง ๆ ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ต่างโคจรในลักษณะวงกลม โคเปอร์นิคัสอธิบายเรื่องนี้โดยเขียนรูปภาพประกอบแสดงวิถีการโคจรของดาวนพเคราะห์ที่หมุนรอบดวงอาทิตย์ (แต่อย่างไรก็ดี ทฤษฎีของโคเปอร์นิคัสในข้อนี้ผิดพลาดเพราะเขากล่าวว่าดาวเคราะห์ต่าง ๆ รวมทั้งโลกต่างหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นวงกลม ซึ่งต่อมาโจฮันเนส เคปเลอร์ นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันได้พิสูจน์และค้นพบว่าดวงดาวต่างๆ รวมทั้งโลกต่างหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี (James Randall Jacob, 1998 : 28 – 30)

แม้ว่าโคเปอร์นิคัสจะเสียชีวิตไปใน ค.ศ. 1543 และไม่มีโอกาสที่จะเห็นความสำเร็จของผลงานตน อย่างไรก็ดี จิออดาโน บรูโน (Giordano Bruno) ซึ่งเป็นผู้ที่ชื่นชมโคเปอร์นิคัสได้เผยแพร่ความคิดของโคเปอร์นิคัสว่าด้วยเรื่องดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาล ทำให้เขาถูกศาสนพิธีอินควิสิชั่นอีกทั้งยังทำให้นักดาราศาสตร์จำนวนมากต่างหวาดกลัวไม่กล้าสนับสนุนงานของเขาอย่างเปิดเผย แต่อย่างไรก็ตาม ผลงานของเขาก็ถือได้ว่าเป็นการปฏิวัติความเชื่อใหม่ทางดาราศาสตร์และทำให้นักดาราศาสตร์รุ่นต่อมานำแนวทางของเขามาใช้ในการค้นหาความลับทางดาราศาสตร์ (Bernard Cohen, 1987 : 434) นอกจากนี้นักประวัติศาสตร์จำนวนหนึ่งต่างยอมรับว่ายุโรปเข้าสู่สมัยการปฏิวัติวิทยาศาสตร์โดยยึดเอาผลงานของโคเปอร์นิคัสซึ่งเป็นการปฏิวัติความรู้ใหม่ทางดาราศาสตร์ของชาวยุโรปอย่างแท้จริง

4. ยุคมนุษยนิยม : รอยต่อขบวนการปฏิวัติวิทยาศาสตร์

ในทรรศนะนักปราชญ์ยุคกลาง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติล้วนถูกอธิบายด้วยคำว่า “ความมหัศจรรย์” (miracle) ทั้งนี้คนในยุคกลางต่างเชื่อว่าพระเจ้าเป็นผู้สร้างจักรวาลรวมทั้งสรรพสิ่งต่าง ๆ ที่แวดล้อมตัวมนุษย์ ความเชื่อดังกล่าวทำให้ชาวยุโรปต่างศรัทธาต่อพระเจ้าโดยดุษฎี จุดเปลี่ยนครั้งสำคัญเกิดขึ้นในสมัยยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยาการ (renaissance) เมื่อฟรานเชสโก เพทราค (Francesco Petrarch ค.ศ. 1304-1374) นักปราชญ์สำคัญของยุคที่เป็นผู้ริเริ่มสนใจรูปแบบความมหัศจรรย์ของธรรมชาติที่แวดล้อมตัวมนุษย์ เพทราค กล่าวว่าจักรวาลเป็นจุดเริ่มต้นของสิ่งต่าง ๆ และการเคลื่อนย้ายของสรรพสิ่งต่าง ๆ ล้วนเป็นไปตามวิถีเจตนาของพระเจ้าทั้งสิ้น

เหตุผลสำคัญที่ทำให้มนุษย์กระหายใคร่รู้เรื่องราวความลับที่ซ่อนเร้นไว้ในธรรมชาติเป็นผลมาจากแนวคิดที่ว่าหากมนุษย์สามารถล่วงรู้ความลับของธรรมชาติได้ มนุษย์ก็สามารถรับรู้ภาวะการดำรงอยู่ของพระเจ้าได้ด้วยเช่นกัน เพราะพระเจ้าเป็นผู้สร้างทุกสิ่งในจักรวาล ด้วยเหตุนี้นักปราชญ์ในยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยาการจึงมีเป้าหมายที่จะทราบถึงโครงสร้างรวมทั้งระบบกลไกการทำงานของธรรมชาติ ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์หลังสมัยยุคกลางจึงเป็นการศึกษาในเรื่องจักรวาลวิทยาเป็นสำคัญ ข้อสังเกตสำคัญคือความรู้ศาสตร์ต่าง ๆ ในสมัยยุคฟื้นฟู

ศิลปะวิทยาการมีลักษณะที่แยกตัวออกจากความรู้ทางศาสนามากขึ้นและให้ความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ผู้ที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากคือลีโอนาโด ดาวินซี (Leonardo da Vinci ค.ศ. 1452-1519) เขาเป็นนักปราชญ์สำคัญในสมัยยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยาการ นอกจากนี้เขายังเป็นทั้งศิลปิน วิศวกร นักคิด นักวิทยาศาสตร์ ลีโอนาโด ยังมีบทบาทสำคัญในฐานะที่เป็นผู้บุกเบิกด้านกายวิภาคศาสตร์มนุษย์รวมทั้งยังเป็นผู้ศึกษาระบบการไหลเวียนของเลือดรวมทั้งการเคลื่อนที่ของโลกกับดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ความรู้ของเขายังก้าวหน้าไปถึงการออกแบบการวาดเรือดำน้ำ เครื่องบิน รวมทั้งการใช้ร่วมชูชีพและการใช้ก๊าซวางยาพิษด้วยเช่นกัน แต่น่าเสียดายที่เขาไม่มีโอกาสได้ตีพิมพ์ผลงานเหล่านั้น

ด้วยเหตุนี้นักวิทยาศาสตร์บางคนจึงยกย่องเขาเป็นแม่แบบสำคัญของการปฏิวัติทางด้านวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน ขณะเดียวกันยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยาการยังมาพร้อมกับแนวคิดใหม่ทั้งระบบเศรษฐกิจแบบพานิชย์นิยม การอุบัติของรัฐชาติรวมทั้งการรวมอำนาจสู่ศูนย์กลางของสถาบันกษัตริย์ นอกจากนี้การค้นพบโลกใหม่ยังกลายเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ความรู้ของชาวยุโรปก้าวหน้าอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้ยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยาการกลายเป็นยุคหัวเลี้ยวหัวต่อสำคัญก่อนที่ยุโรปจะเข้าสู่สมัยการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการเปลี่ยนผ่านความรู้ที่สำคัญอย่างแท้จริง

นอกจากนี้ในสมัยฟื้นฟูศิลปะวิทยาการ วิทยาศาสตร์เริ่มได้รับการศึกษาอย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น นักวิทยาศาสตร์คนสำคัญของยุคดังกล่าว ได้แก่ กาลิเลโอ กาลิเลอิ (Galileo Galilei ค.ศ. 1564 –1642) ชาวอิตาลีซึ่งเป็นผู้บุกเบิกผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์คนแรกนับแต่ความรู้ของศาสนจักรในปลายยุคกลางเริ่มเสื่อมลง ด้วยเหตุนี้กาลิเลโอจึงได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้ให้กำเนิดวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ด้วยเช่นกัน ผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ของเขาปรากฏอย่างมากมายในช่วงเวลาดังกล่าวโดยเขาเป็นผู้ริเริ่มใช้คณิตศาสตร์ (mathematic) (John Henry, 2002 : 16) เป็นตัวพิสูจน์ข้อเท็จจริงทางธรรมชาติหลายด้าน กาลิเลโอเป็นคนแรกที่อธิบายว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติสามารถอธิบายได้ด้วยวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้เขายังมีบทบาทสำคัญในการแยกวิทยาศาสตร์ออกจากวิชาปรัชญาและศาสนาซึ่งแต่เดิมนั้นเป็นวิชาเดียวกันและยังคงมีสถานะที่ด้อยกว่าซึ่งนับเป็นความก้าวหน้าครั้งใหญ่ทางด้านวงการวิทยาศาสตร์ของตะวันตกด้วย กาลิเลโอแสดงให้เห็นแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์

(William E. Burns, 2001 : 180) โดยเฉพาะทฤษฎีพาราโบลากับทฤษฎีโปรเจ็กไทล์ซึ่งนำมาใช้ในการทดลองของเขา

ความสำเร็จจากการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ทำให้กาลิเลโอค้นพบวัตถุกลุ่มดาวสามดวงซึ่งมีตำแหน่งใกล้กับดาวพฤหัสบดีอีกทั้งอยู่ในระนาบเดียวกันทั้งหมด เขายังพบว่าตำแหน่งของดาวเหล่านั้นหากเทียบกับดาวพฤหัสบดีมีการเปลี่ยนแปลงโดยที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ ในหนังสือของเขาบันทึกว่ามีดาวดวงหนึ่งหายไปซึ่งเขาอธิบายว่าดาวดวงนี้อาจหลบอยู่ด้านหลังดาวพฤหัสบดี กาลิเลโอสรุปว่ากลุ่มดาวที่โคจรรอบดาวพฤหัสบดีล้วนเป็นดาวบริวารของดาวพฤหัสบดี ได้แก่ ดาวไอโอ ยูโรปา และคาลลิสโต ต่อมาเขาค้นพบดาวบริวารดวงที่สี่ซึ่งเป็นดาวดวงสุดท้ายคือดาวแกนีมีด ในที่สุดกาลิเลโอพบว่าดาวที่เป็นบริวารของดาวพฤหัสนั้นแท้จริงก็คือดวงจันทร์ทั้งสี่ดวงซึ่งเป็นบริวารของดาวพฤหัสบดีนั่นเอง กาลิเลโอยังอธิบายเพิ่มว่าดาวเคราะห์ที่มีขนาดเล็กกว่าจะโคจรโดยรอบดาวเคราะห์ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า แต่อย่างไรก็ดีแนวคิดของเขาขัดแย้งกับแนวคิดพื้นฐานจักรวาลวิทยาของอริสโตเติลซึ่งกล่าวว่าวัตถุบนท้องฟ้าทุกอย่างล้วนต้องโคจรรอบโลกเท่านั้น อย่างไรก็ดี ผลงานของกาลิเลโอก็ถูกนักดาราศาสตร์จำนวนมากในสมัยนั้นปฏิเสธ

ในเวลาต่อมากาลิเลโอยังทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีแรงเสียดทาน[2] (friction force) โดยทำการทดลองปล่อยลูกบอลซึ่งมีน้ำหนักต่างกันจากหอเอนปิซาเพื่อทดสอบเวลาที่ลูกบอลดังกล่าวตกลงสู่เบื้องล่างว่ามีความเกี่ยวข้องกับน้ำหนักของวัตถุหรือไม่ อย่างไรก็ดี ผลการทดลองของเขาขัดแย้งกับของอริสโตเติลที่ก่อนหน้านี้พิสูจน์ว่าวัตถุซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าจะตกลงสู่เบื้องล่างได้เร็วกว่าวัตถุที่มีน้ำหนักเบา (John Gribbin and Adam Hook, 2003 : 75) กาลิเลโอได้สรุปว่าแม้วัตถุจะมีน้ำหนักต่างกันก็ย่อมตกลงสู่เบื้องล่างด้วยความเร็วเดียวกันและเท่ากัน เขาได้ข้อสรุปว่าวัตถุจะตกสู่เบื้องล่างด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอตราบที่วัตถุชิ้นนั้นยังสามารถผ่านแรงต้านตัวกลางที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปได้โดยที่วัตถุดังกล่าวจะคงความเร็วของมันไว้ตราบจนกว่าจะมีแรงเสียดทานมากระทำต่อตัววัตถุ

---

[2] แรงเสียดทาน หมายถึง แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุและมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ

กาลิเลโอเริ่มมีความคิดเห็นขัดแย้งกับศาสนจักรนับตั้งแต่เสนอแนวคิดดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาลซึ่งเป็นความคิดที่ขัดแย้งกับคัมภีร์ไบเบิล รวมทั้งนักบุญออกัสตีนนักบวชเถระของศาสนาที่ยืนยันความถูกต้องของอริสโตเติล แม้ว่ากาลิเลโอจะเดินทางไปกรุงโรมเพื่อโน้มน้าวให้คริสตจักรคล้อยตามเชื่อตามความคิดของเขา แต่ทว่าคาร์ดินัลจำนวนมากต่างปฏิเสธความเชื่อของเขาและยังคงยืนกรานความเชื่อเดิมที่ว่าพระเจ้าทรงสร้างโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล นอกจากนี้เหล่าคาร์ดินัลยังห้ามกาลิเลโอเผยแพร่แนวคิดดังกล่าวด้วย อย่างไรก็ดี ใน ค.ศ. 1623 สันตะปาปาเออบานที่ 8 ทรงเปิดพระทัยกว้างและทรงอนุญาตให้กาลิเลโอเผยแพร่ความคิดเรื่องดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาลได้ในหนังสือเรื่องวิวาทะอันเกี่ยวเนื่องด้วยระบบดาวเคราะห์ใหญ่ทั้งสองดวง (Dialogue Concerning the Two Chief World Systems) ซึ่งถูกตีพิมพ์ขึ้นใน ค.ศ. 1632

กาลิเลโอถูกเรียกตัวไต่สวนความผิดฐานความคิดเดียรถีย์ (heresy) ใน ค.ศ. 1633 ด้วยข้อหาการเผยแพร่หนังสือนอกรีต โดยทางศาสนศาลได้ไต่สวนความผิดและประกาศว่ากาลิเลโอเป็นพวกนอกรีตทางทางศาสนาที่ต้องการบ่อนทำลายพระเกียรติภูมิของศาสนจักร ศาสนศาลยังบังคับให้เขาล้มล้างความเชื่อว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาล ด้วยเหตุนี้หนังสือดังกล่าวของกาลิเลโอจึงกลายเป็นหนังสือต้องห้ามไปโดยปริยาย[3] ผลของการไต่สวนในครั้งนี้ทำให้กาลิเลโอต้องโทษจำขังไว้ในบ้านจำขังตราบชั่วชีวิต กาลิเลโอถูกคุมตัวไปที่เมืองอาร์เซตรีโดยใช้ชีวิตที่เหลือในบ้านจำขังแห่งนี้ (William E. Burns, 2001 : 48) ในบั้นปลายชีวิตเขายังต้องเผชิญกับเคราะห์ซ้ำเนื่องจากตาบอด แต่กระนั้นก็ตาม กาลิเลโอยังคงอุตสาหะทุ่มเทเวลาที่เหลือในชีวิตรังสรรค์ผลงานที่สำคัญคือหนังสือเรื่องวิทยาศาสตร์ใหม่สองด้าน (Two New Sciences) โดยรวบรวมผลงานที่เขาได้ทำเอาไว้ตลอดช่วงสี่ทศวรรษซึ่งปัจจุบันได้กลายเป็นศาสตร์แขนงใหม่ทั้งสองสาขาที่เรียกว่าสาขาจลนศาสตร์ (kinematics) และความแข็งของวัตถุ (strength of materials) (John Gribbin and Adam Hook, 2003 : 66) คุณูปการด้านวิทยาศาสตร์นานัปการทำให้กาลิเลโอได้รับการขนานนามว่าบิดาแห่งฟิสิกส์ยุค

---

[3] แต่อย่างไรก็ดี หลังจากที่กาลิเลโอเสียชีวิตไปแล้วใน ค.ศ. 1642 คำสั่งห้ามการตีพิมพ์ผลงานของกาลิเลโอถูกยกเลิกไปใน ค.ศ. 1718 โดยเฉพาะในสมัยสันตะปาปาเบเนดิกต์ที่ 14 ทรงอนุญาตให้เผยเพร่ผลงานของกาลิเลโอได้รวมทั้งผลงานเรื่อง Dialogue ด้วยซึ่งได้รับการตีพิมพ์ใน ค.ศ. 1758

ใหม่ ขณะเดียวกันเขายังเป็นศาสดาของยุคมนุษยนิยมอีกด้วย ทั้งนี้เพราะกาลิเลโอนับเป็นบุคคลแรกเริ่มที่หันมาศึกษาธรรมชาติของมนุษย์แทนที่จะให้ความสำคัญกับธรรมชาติที่อยู่รอบกายมนุษย์เหมือนนักปราชญ์อื่น ๆ ที่ผ่านมา

5. การปฏิวัติทางความรู้ของเดการ์ตกับเบคอน

ยุคการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์มีวิธีการหาความรู้ทางปรัชญาซึ่งต่อมาได้กลายเป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ในช่วงต้นศตวรรษที่ 17 แนวทางปรัชญาที่สำคัญมีอยู่สองระบบคือปรัชญาแบบประจักษ์นิยม (empiricism) กับปรัชญาแบบเหตุผล (rationalism) ระบบปรัชญาสายประจักษ์นิยมมาจากภาษากรีกคือคำว่า Empeiria ซึ่งหมายถึงประสบการณ์ ความรู้ของปรัชญาดังกล่าวใช้วิธีการแบบอุปนัย (inducion) เป็นเครื่องมือสำคัญในการหาแสวงหาความรู้ โดยนักปราชญ์กลุ่มนี้เชื่อว่าการหาความรู้ต้องมาจากการสังเกตในสิ่งนั้น ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างบ่อยครั้ง โดยความจริงของสิ่งนั้นจะถูกต้องได้ต้องยึดการให้นิยามและการให้ความหมาย (Bertrand Russell, 2013 : 46) แนวคิดประจักษ์นิยมเป็นทฤษฎีความรู้ที่กล่าวว่าความรู้ที่แท้จริงต้องมาจากประสบการณ์แห่งผัสสะเป็นสำคัญ ขณะที่ปรัชญาสายเหตุผลนิยมยังคงเน้นการใช้วิธีการแบบนิรนัย (deduction) เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ แต่อย่างไรก็ดี นักปราชญ์ในกลุ่มยุคหลังนิยมการใช้ศาสตร์ทางตัวเลขมาเป็นเครื่องมือในการหาความรู้แบบใหม่ เนื่องจากให้ความรู้ที่แน่นอนและชัดเจน ด้วยเหตุนี้นับตั้งแต่ศตวรรษที่ 17 เป็นต้นมา วิธีการหาความรู้แบบวิทยาศาสตร์จึงวางรากฐานอยู่บนฐานปรัชญาใหญ่ทั้งสองด้าน

วิธีการแบบประจักษ์นิยมหรือประสบการณ์นิยมเป็นกระบวนการทางญาณวิทยา (epistemology) คือการแสวงหาความรู้ที่เน้นความสำคัญของประสบการณ์จากผัสสะและหลักฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับรู้ทางด้านผัสสะทั้งห้าของร่างกาย ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น กาย ซึ่งก่อตัวขึ้นเป็นความคิดและเป็นความรู้ในเชิงประสบการณ์ อย่างไรก็ดี ในสมัยยุคกลางก็มีนักปรัชญาคนสำคัญที่เป็นผู้บุกเบิกแนวคิดแบบประจักษ์นิยมเช่นกัน ได้แก่ วิลเลียมแห่งอ็อคคัม (William of Ockham ค.ศ.1287–1347)นักปรัชญาประจักษ์นิยมซึ่งเน้นความรู้ที่มาจากการทดลองค้นคว้า ซึ่งในเวลาต่อมาวิธีการดังกล่าวกลายเป็นรากฐานทางด้านระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีการพัฒนาเป็นขั้นตอนนับตั้งแต่การตั้ง

ข้อสมมติฐาน การตั้งทฤษฎีและนำมาพิสูจน์ต่อข้อสังเกตทางปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่นักปราชญ์ต้องการไขปริศนาความลับของธรรมชาติ นักคิดคนสำคัญที่ใช้วิธีการแบบประจักษ์นิยมมีเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ดีในยุคนี้นักคิดสำคัญ ได้แก่ ฟรานซิส เบคอนกับจอห์น ล็อค ซึ่งทั้งคู่กล่าวยืนยันว่าความรู้ของมนุษย์ล้วนได้มาจากประสบการณ์เป็นสำคัญ

เบคอนถือเป็นนักปรัชญาสายประจักษ์นิยมรุ่นแรกของศตวรรษที่ 17 เขาเห็นขัดแย้งกับนักปรัชญารุ่นเก่าเป็นจำนวนมากเพราะเห็นว่าปรัชญาแบบเก่าไม่สามารถให้ความรู้ที่แท้จริงและแน่นอนได้ เบคอนยังโจมตีวิธีการหาความรู้ของอริสโตเติลซึ่งเป็นนักคิดที่มีอิทธิพลสูงสุดในขณะนั้น โดยเฉพาะการใช้วิธีนิรนัย รวมทั้งเถระของศาสนจักรที่ล้วนใช้วิธีการดังกล่าวของอริสโตเติลเป็นเครื่องมือหาความรู้เช่นกัน ขณะเดียวกันเบคอนยังโจมตีวิธีของพวกไสยศาสตร์และพวกเล่นแร่แปรธาตุที่หลอกลวงผู้คนในสังคมอย่างงมงาย ด้วยเหตุนี้เขาเห็นว่าต้องกำจัดความเชื่อแบบผิด ๆ ที่สร้างความสับสนให้กับผู้คนให้หลุดพ้นจากอวิชชา ขณะเดียวกันจำเป็นที่จะต้องสร้างวิธีการหาความรู้ชุดใหม่ขึ้น เบคอนเชื่อว่าความรู้ของมนุษย์เกิดขึ้นภายหลังจากที่มนุษย์มีประสบการณ์ต่อสิ่งนั้น ดังนั้นจึงกล่าวว่านักปรัชญาสายประจักษ์นิยมเชื่อว่าความรู้เกิดจากที่มนุษย์มีประสบการณ์ (a posteriori) เพียงแต่มนุษย์นั้นจะต้องค้นหาความจริงเหล่านั้นให้ปรากฏขึ้น

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ของเบคอนเน้นการใช้ระบบผัสสะทั้งห้าของร่างกายอันได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น รวมทั้งร่างกายเป็นส่วนสำคัญของการสร้างความรู้ขึ้น ผัสสะต่างๆ เหล่านี้ถือเป็นประสบการณ์สำคัญในการรับความรู้จากโลกภายนอก ขณะเดียวกันวิธีการดังกล่าวต้องใช้การอุปนัยเป็นเครื่องมืออันสำคัญในการแสวงหาความรู้ ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการสังเกตจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง จากนั้นจึงมาตั้งเป็นข้อสมมติฐานเพื่ออธิบายปรากฏการณ์บางอย่างที่เกิดขึ้นแล้วจึงทำการทดลองและเมื่อทดลองเป็นผลสัมฤทธิ์จึงมีการตั้งเป็นกฎ (rule) ขึ้น กระบวนการต่างๆที่ปรากฏในแต่ละขั้นตอนกลายเป็นแก่นสาระสำคัญของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น (James Randall Jacob, 1998 : 121) ด้วยเหตุนี้กฎของการทดลองจากขบวนการวิทยาศาสตร์จึงมีลักษณะของความเป็นกฎสากล (universal law) ไปโดยปริยายซึ่งทำให้มนุษย์สามารถทำนายเรื่องราวที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำมากขึ้นกว่าเดิม (John Gribbin and Adam Hook, 2003 : 184)

วิธีการหาความรู้ที่เบคอนได้ปฏิวัติขึ้นใหม่ซึ่งเรียกว่าการอุปนัยนั้นจึงเป็นวิธีการแบบใหม่ที่ปฏิวัติมาจากวิธีการนิรนัยที่สืบเนื่องมานับแต่สมัยกรีกจนถึงยุคกลาง วิธีการนิรนัยเป็นวิธีการอ้างความรู้โดยยกความจริงที่อยู่ในความรู้เดิมและเป็นที่ยอมรับสากลให้ปรากฏออกมาอย่างชัดเจน ขณะที่วิธีการอุปนัยเป็นการอ้างเหตุผลโดยอาศัยประสบการณ์จากการสังเกต หรือการทดลองเหตุการณ์หลายๆ ครั้ง ผลที่ได้ซ้ำๆ กันจึงสรุปเป็นกฎทั่วไป กล่าวได้ว่าวิธีการอุปนัยคือการอ้างอิงตัวอย่างหลายตัวอย่างที่เป็นเรื่องเดียวกันแล้วนำไปสู่ข้อสรุปซึ่งจัดตั้งเป็นกฎขึ้น โดยที่การสรุปความจริงที่เป็นกฎสากลต้องอาศัยการสังเกตซ้ำอย่างต่อเนื่องจากเหตุการณ์เฉพาะที่ได้จากประสบการณ์ซึ่งต้องผ่านขั้นตอนการทดลอง การสะสมข้อมูลและตั้งเป็นกฎขึ้น

ด้วยเหตุนี้การที่มนุษย์จะตั้งกฎสิ่งใดได้นั้นจำเป็นจะต้องนำความรู้เฉพาะหลายๆ ส่วนมารวมเข้าด้วยกันเพื่อตั้งเป็นทฤษฎีหรือกฎขึ้น ดังนั้นกฎหรือทฤษฎีเหล่านั้นจึงกลายมาเป็นความจริงสากล (universal truth) ในที่สุด กรณีนี้เช่นเดียวกับวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้วิธีการอุปนัยซึ่งมีขบวนการขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกันตลอดเวลานับตั้งแต่การสังเกตกรณีตัวอย่างหลายๆ อันและบันทึกรวมทั้งตั้งข้อสรุป ดังนั้นการอุปนัยจึงเป็นการให้เหตุผลแบบล่างขึ้นบน (bottom-up logic) ด้วยเหตุนี้วิธีการหาความรู้ดังกล่าวจึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์โดยปริยาย อีกทั้งในสมัยต่อมาระเบียบการทางวิทยาศาสตร์จึงอยู่ภายใต้คำอธิบายของกฎนิยาม (covering law) โดยที่กฎดังกล่าวจะใช้พิสูจน์ข้อเท็จจริงทุกเงื่อนไขได้

ภาพที่ 2 ซ้าย : เรอเน เดการ์ต นักเหตุผลนิยม ขวา : ฟรานซิส เบคอน นักประจักษ์นิยม

อย่างไรก็ดี นอกจากวิธีการคิดแบบประจักษ์นิยมแล้ว ในช่วงศตวรรษที่ 17 ยังเกิดขบวนการทางด้านปรัชญาเหตุผลนิยมขึ้นพร้อม ๆ กัน นักคิดในสกุลนี้เชื่อว่าประสบการณ์ไม่สามารถให้ความรู้ที่ถูกต้องได้ เมธีสำคัญในสำนักนี้ ได้แก่ เดการ์ต และไลบ์นิซ โดยนักคิดเหล่านี้ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ (mathematics) เป็นเครื่องมือพิสูจน์ความจริง ด้วยเหตุนี้วิชาคณิตศาสตร์จึงกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการค้นหาความจริง อย่างไรก็ดี นักเหตุผลนิยมโดยเฉพาะเดการ์ต กลับเลือกใช้วิธีการนิรนัยเป็นชุดความรู้ในการค้นหาความจริง เนื่องจากเขาเชื่อว่าวิธีการดังกล่าวเป็นการใช้ความคิดอย่างบริสุทธิ์ ในขณะที่การใช้ผัสสะทั้งห้าของนักประสบการณ์นิยมจะทำให้มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงความจริงสูงสุดได้ ด้วยเหตุนี้นักคิดในสกุลนี้จึงปฏิเสธวิธีการอุปนัยอย่างสิ้นเชิง

เรอเน่ เดการ์ต (René Descartes ค.ศ. 1596-1650) ได้รับการยกย่องว่าเป็นนักคิดคนแรกในสำนักเหตุผลนิยมของยุโรปสมัยใหม่เนื่องจากเป็นผู้วางรากฐานความคิดในวิทยาศาสตร์ธรรมชาติซึ่งเขาอธิบายไว้ในหนังสือเรื่อง Meditations on First Philosophy หนังสือเล่มนี้เดการ์ต พยายามค้นหาหลักการความจริงสูงสุดที่มีอยู่โดยทำให้มนุษย์ปราศจากข้อสงสัยอย่างสิ้นเชิง เขาปฏิวัติความคิดใหม่ซึ่งใช้วิธีการที่เรียกว่า “วิมัติวิทยา” (methodological skepticism) กล่าวคือการที่มนุษย์จะหาความรู้ได้นั้นมนุษย์ต้องสงสัยกับทุก ๆ ความคิดที่สามารถสงสัยได้ วิธีการคิดของเขาทรงอิทธิพลเป็นอย่างมากเนื่องจากเดการ์ต ได้เปลี่ยนแนวทางอภิปรัชญาซึ่งเป็นการหาแบบฉบับของความรู้ที่นักปราชญ์แต่ละคนแสวงหาจากอดีตมาสู่แนวทางญาณวิทยาซึ่งเป็นการหาความรู้เกี่ยวกับการตั้งประเด็นคำถามด้วย

ขณะเดียวกันเดการ์ต อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อจำกัดของประสาทสัมผัสที่นักปรัชญากลุ่มประจักษ์นิยมใช้กัน โดยเขายกตัวอย่างเรื่องขี้ผึ้ง (wax) เพื่ออธิบายความรู้ทางปรัชญาโดยกล่าวว่าผัสสะทั้งห้าของร่างกายมนุษย์ทำให้ทราบถึงลักษณะต่าง ๆ ของขี้ผึ้งนับตั้งแต่ รูปร่าง ขนาด สี และกลิ่น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมนุษย์นำขี้ผึ้งเข้าใกล้ไฟ ลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างสิ้นเชิง แต่ทว่าก้อนขี้ผึ้งที่เปลี่ยนแปลงจากเดิมก็ยังคงเป็นขี้ผึ้งก้อนเดิมอยู่ แต่ว่าประสาทสัมผัสของมนุษย์กลับบอกว่าลักษณะของมันไม่เป็นดังเดิมแล้ว ดังนั้นการเข้าใจธรรมชาติของขี้ผึ้งได้นั้นมนุษย์ต้องไม่ใช้ผัสสะเป็นตัวกำหนดแต่ต้องใช้จิตมนุษย์หรือปัญญาเป็นเครื่องมือรับรู้ถึงความจริงนั้น

ปรัชญาของเดการ์ต จึงเป็นวิธีการสร้างระบบความรู้ขึ้นใหม่โดยมนุษย์ต้องทิ้งพิชานหรือสัมผัสทั้งห้า เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ผ่านทางประสาทสัมผัสทั้งห้าเป็นข้อมูลที่ไม่อาจเชื่อถือได้อีกต่อไป ในเวลานี้เดการ์ต ไม่เห็นพ้องกับนักประจักษ์นิยมต่อการยอมรับวิธีการแบบอุปนัย เขาสนับสนุนวิธีการหาความรู้ด้วยการนิรนัยซึ่งเน้นการตั้งสัจพจน์โดยถือเอาความจริงที่ทุกคนไม่สงสัยมากำหนดเป็นมูลบท (postulate) ขึ้น จากนั้นจึงใช้มูลบทอันนี้เป็นข้อพิสูจน์ต่อไปเรื่อย ๆ ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่านักปรัชญาทั้งสองสำนักต่างมีทัศนะความเชื่อเรื่องความรู้ที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิง นักประจักษ์นิยมเชื่อว่าว่าความรู้ที่แท้จริงเกิดหลังประสบการณ์ ขณะที่เดการ์ต รวมทั้งนักปรัชญาเหตุผลนิยมมีทัศนะว่าความรู้ของมนุษย์มีมาก่อนประสบการณ์ (a priori) เพียงแต่มนุษย์ต้องค้นหามูลบทให้พบจึงจะนำความรู้มาใช้ได้ (Frederick Copleston, 1994 : 16)

นอกเหนือจากการหาความรู้แบบเหตุผลนิยมกับประจักษ์นิยมซึ่งถูกนำมาใช้ในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้ว การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังวางอยู่บนหลักกระบวนทัศน์ทางกลศาสตร์ (mechanism) ด้วยเช่นกัน แท้จริงแล้วแนวคิดแบบกลศาสตร์นั้นมีมายาวนานนับตั้งแต่สมัยกรีก – โรมัน และตกทอดมาถึงยุคกลาง โดยแนวคิดกลศาสตร์มีหลักสำคัญว่าโลกเปรียบเสมือนเครื่องจักรกล (machine) ขนาดใหญ่ซึ่งมีกฎเกณฑ์เป้าหมายที่ตายตัว (determinism) อริสโตเติลนักเมธีสำคัญได้อธิบายเกี่ยวกับความคิดดังกล่าวว่าเป็น “สาเหตุสุดท้าย” (final cause) ซึ่งนำมาใช้อธิบายเรื่องกระบวนการทางธรรมชาติว่าทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นล้วนมีเป้าหมายในตัวมัน (John Gribbin and Adam Hook, 2003 : 226) ด้วยเหตุนี้การอธิบายด้วยหลักการสาเหตุสุดท้ายจึงเป็นการให้เหตุผลแบบวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง

6. นิวตัน : ศาสดาของการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์

นิวตันเป็นบุคคลสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อประวัติศาสตร์ยุโรปเป็นอย่างมาก หลังจากที่กาลิเลโอนักวิทยาศาสตร์คนสำคัญของยุคฟื้นฟูศิลปะวิทยาการถึงแก่กรรมลงใน ค.ศ. 1642 ซึ่งเป็นปีเดียวที่ไอแซค นิวตัน (Isaac Newton ค.ศ. 1642– 1727) ถือกำเนิดในวันที่ 25 ธันวาคมอันเป็นวันคริสต์มาส ดังนั้นชาวยุโรปต่างพากันเชื่อกันว่านิวตันคือผู้ที่พระเจ้าประทานของขวัญมาให้แก่มวลมนุษยชาติ นิวตันจบการศึกษาที่มหาวิทยาลัย

เคมบริดจ์ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ในช่วงที่เป็นนักศึกษาที่มหาวิทยาลัยดังกล่าว นิวตันสนใจเกี่ยวกับวิชาแคลคูลัสกับทฤษฎีไบโนเมียล (Binomial) เป็นอย่างมาก หลังจากจบการศึกษานิวตันได้อุทิศตนทั้งชีวิตเพื่อศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง เนื่องจากเขาไม่เคยสนใจในเรื่องส่วนตัวทั้งการแต่งงาน การเข้าสังคมและการหลงใหลในลาภยศสรรเสริญแต่อย่างใด แต่กระนั้นก็ดี นิวตันก็เป็นผู้ที่เคร่งศาสนาเป็นอย่างมาก

ในช่วงเวลานั้นปัญหาสำคัญที่ถกเถียงกันอย่างกว้างขวางในทางวิทยาศาสตร์คือเรื่องแรงดึงดูด[4] (Gravitational Force) ในสมัยโบราณอริสโตเติลกล่าวว่าวัตถุที่มีน้ำหนักมากจะตกลงสู่เบื้องล่างของโลกเสมอ ขณะที่วัตถุที่มีน้ำหนักเบาจะลอยขึ้นสู่ท้องฟ้า อย่างไรก็ดี ในสมัยของกาลิเลโอได้พิสูจน์ว่าวัตถุทุกชนิดย่อมจะตกลงสู่เบื้องล่างเสมอ ซึ่งการพิสูจน์ของเขายังนำไปสู่การค้นพบเรื่องดวงจันทร์ที่โคจรรอบโลกโดยที่ไม่หลุดออกจากกัน ต่อมานิวตันได้ต่อยอดองค์ความรู้ของกาลิเลโอโดยที่เขาศึกษาว่าวัตถุเคลื่อนที่ได้อย่างไร นิวตันนำเอาเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุในสภาวะต่างๆ โดยใช้ความคิดเรื่องแรงเฉื่อยของกาลิเลโอมาตั้งเป็นกฎพื้นฐานสำหรับการเคลื่อนที่ของวัตถุและมีการตั้งเป็นข้อสรุป

ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของนิวตันสรุปไว้ด้วยกฎสามข้อ คือ กฎข้อที่หนึ่งเป็นกฎเกี่ยวกับความเฉื่อย นิวตันสรุปว่าวัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่ตลอดไปนอกจากมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ (John Gribbin and Adam Hook, 2003 : 226) นอกจากนี้วัตถุจะเคลื่อนที่ในแนวเดิมต่อไปด้วยความเร็วเท่าเดิมจวบจนกว่าจะมีแรงอื่นใดมารบกวน และหากไม่มีแรงเฉื่อยวัตถุนั้นก็จะคงสภาพการเคลื่อนที่ในลักษณะเดิมไปเรื่อย ๆ ตลอดไม่เปลี่ยนแปลง กฎข้อสองเป็นกฎที่ให้คำนิยามในรูปสมการ $F = ma$ โดยกฎข้อนี้นิวตันแสดงถึงความหมายที่ต่างกันระหว่างมวล (mass) กับน้ำหนัก (weight) นิวตันอธิบายต่อว่าน้ำหนักคือแรงที่โลกกระทำต่อวัตถุและมวลเป็นคุณสมบัติเฉพาะพิเศษของวัตถุในแต่ละชิ้นทั้งยังเป็นตัวบ่งชี้ความเฉื่อยของวัตถุนั้นๆ อีกด้วย (Bernard Cohen, 1987 : 75) ซึ่งทฤษฎีข้อนี้นิวตันนำความรู้เรื่องแรงเฉื่อยของกาลิเลโอมาอธิบาย กฎข้อที่สามนิวตันอธิบายว่าว่าการที่ดวงจันทร์ไม่หลุดหายไปจากโลกก็

[4] แรงดึงดูด คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุบนโลกไม่ให้ลอยออกสู่อวกาศ โดยแรงโน้มถ่วงนั้นมีผลมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุเหล่านั้น

เนื่องมาจากโลกมีแรงดึงดูดต่อดวงจันทร์ เขาคิดว่าแรงที่ดึงดูดระบบดวงดาวไว้ในวงโคจรน่าจะเป็นแรงเดียวกับที่ทำให้แอปเปิลตกใส่ที่ศีรษะเขา

ความรู้เรื่องแรงโน้มถ่วงจักรวาลของนิวตันจึงกลายเป็นองค์ความรู้ที่ก้าวหน้าสูงสุดนับจากยุคกลางสิ้นสุดลง นิวตันตั้งกฎแรงโน้มถ่วงขึ้นโดยกล่าวว่าวัตถุทุกชนิดต่างมีแรงดึงดูดต่อกันด้วยแรงโน้มถ่วง นิวตันได้นำเรื่องกฎแรงดังกล่าวมาประยุกต์กับวิชาแคลคูลัสโดยอธิบายให้สมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้นซึ่งเขาถอดออกมาในรูปสมการ F = G m1 m2/r2 ด้วยกฎดังกล่าว นิวตันสรุปว่าทั้งโลกและดวงจันทร์ต่างมีแรงดึงดูดระหว่างกันและกัน แต่ดวงจันทร์มีมวลน้ำหนักที่น้อยกว่าโลก ดังนั้นดวงจันทร์จึงเป็นฝ่ายเคลื่อนที่ไปรอบโลก ขณะเดียวกันดาวนพเคราะห์ดวงอื่นๆ ก็ใช้หลักการในการอธิบายแบบเดียวกัน

นิวตันยังคงบุกเบิกผลงานด้านคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและได้เรียบเรียงหนังสือที่มีชื่อเสียงเรื่องปรินซิเปีย (Principia Philosophiae Naturalis Mathematica)หรือ กฎคณิตศาสตร์ของปรัชญาธรรมชาติ (The Mathematical Principles of Natural Philosophy) เมื่อ ค.ศ. 1687 ซึ่งเป็นตำราที่รวบรวมผลงานทางด้านฟิสิกส์โดยเฉพาะพื้นฐานทางด้านกลศาสตร์ซึ่งเป็นศาสตร์สำคัญอีกแขนงของวิทยาศาสตร์ (Bernard Cohen, 1987 : 171) ตำราดังกล่าวถือเป็นตำราที่ยิ่งใหญ่และทรงอิทธิพลต่อวงการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์อย่างมาก และผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการร้องขอให้นิวตันเผยแพร่ผลงานดังกล่าวคือเอ็ดมุนด์ ฮัลเลย์ (Edmund Halley) หนังสือเล่มนี้ได้รับการยกย่องว่าเป็นหนังสือวิทยาศาสตร์ที่แต่งดีที่สุดในศตวรรษ

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆ คือ ตอนแรกว่าด้วยเรื่องกฎการเคลื่อนที่สามข้อของวัตถุกับเรื่องกฎแรงโน้มถ่วง ตอนที่สองเป็นการนำทฤษฎีไปใช้กับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่มีการเคลื่อนที่ และตอนที่สามการนำกฎเคลื่อนที่ของวัตถุกับกฎแรงโน้มถ่วงไปใช้กับการศึกษาดาราศาสตร์ ด้วยเหตุนี้นิวตันจึงกลายเป็นบุคคลสำคัญที่นำองค์ความรู้ด้านวิชาคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ในวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับเดการ์ตพยายามนำเอาวิชาคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปริศนาความลับธรรมชาติเช่นกัน นิวตันมองว่าคณิตศาสตร์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้มนุษย์รู้ความลับที่ถูกซ่อนเอาไว้ในธรรมชาติ

7. **สรุป**

ผลการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ทำให้ชาวยุโรปกลายเป็นชนชาติที่มีความรู้ก้าวหน้าสูงสุดเหนือชนชาติอื่นๆ ทั่วโลก ขณะที่อารยธรรมจีนในสมัยราชวงศ์ชิงกำลังเริ่มเสื่อมลงตามลำดับ การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคม การเมือง เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ผลของการปฏิวัติครั้งนี้ยังก่อให้เกิดแนวคิดริเริ่มการสร้างเครื่องมือประดิษฐ์ขึ้นเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่มีการนำเอาความรู้ด้านคณิตศาสตร์มาใช้สร้างเครื่องมือต่าง ๆ ทั้งเครื่องจักรกลเพื่อทุ่นแรงงาน รวมทั้งการสร้างเครื่องมือเพื่อบุกเบิกทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน เหล็ก รวมทั้งการสร้างเครื่องจักรไอน้ำ เป็นต้น ขณะที่ในด้านศาสนานั้นการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ยังทำให้ผู้คนเริ่มตั้งคำถามเกี่ยวกับคำสอนของศาสนารวมทั้งการใช้อำนาจของสันตะปาปาซึ่งเคยเชื่อกันมาอย่างยาวนาน โดยผู้ที่มีบทบาทต่อการเคลื่อนไหวได้แก่ชนชั้นปัญญาชนซึ่งเกิดขึ้นมากในสมัยยุคภูมิธรรม แต่เหนือสิ่งอื่นใดการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ยังถือเป็นการเปลี่ยนถ่ายความรู้ครั้งใหญ่อย่างที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในประวัติศาสตร์ยุโรป การเปลี่ยนถ่ายความรู้ครั้งนี้ยังถือเป็นการเปลี่ยนผ่านกระบวนทัศน์ที่สำคัญ ทั้งยังเป็นการดึงกลุ่มปัญญาชนจำนวนมากให้เข้ามาอยู่ใต้ร่มธงของชุมชนวิทยาศาสตร์โดยอาศัยปริมณฑลของวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือพิสูจน์ความรู้ขึ้น ขณะที่คริสต์ศาสนาก็ค่อย ๆ ถูกผลักออกจากแวดวงความรู้ของสังคมอย่างต่อเนื่อง สิ่งที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้นจะเห็นได้ว่านับจากสมัยยุคกลางเหล่านักบวชซึ่งเคยเป็นผู้ที่ผูกขาดความรู้มายาวนานนับพันปีกลับถูกท้าทายความรู้ใหม่จากเหล่าฆราวาสซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นปัญญาชนชนชั้นใหม่ที่นำขนบจารีตความรู้ใหม่เข้าแทนที่ความรู้แบบเก่าของศาสนา อันมีผลของมรดกความรู้ที่เชื่อถือกันมายาวนานของคริสต์ศาสนาค่อย ๆ เลือนหายไปในที่สุด

บรรณานุกรม

Burns, E William. (2001). **The Scientific Revolution : An Encyclopedia**. California : ABC-CLIO, inc,.

Bynum, William. (2012). **A Little History of Science**. Cornwall : International Ltd,.

Cohen, Bernard (1987). **Revolution in Science**. London : Belknap Press of Harvard University Press.

Copleston, Frederick. (1994). **Modern Philosophy : From Descartes to Leibnitz (A History of Philosophy, Vol.4).** New York : Bantam Doubleday Dell Publishing Group, Inc.

Gribbin, John and Hook, Adam. (2003). **The Scientists : A History of Science**. New York; Random House,Inc,.

Henry, John. (2002). **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**. New York: Palgrave MacMillan.

Jacob, James Randall. (1998). **The Scientific Revolution : Aspiration and Achievement 1500-1700**. Michigan : Humanities Press.

Kuhn, S. Thomas. (1996). **The Structure of Scientific**. Chicago : University of Chicago.

Linberg, C. David. (2007). **The Beginnings of Western Science : The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, Prehistory to A.D. 1450**. Chicago : University of Chicago.

Russell, Bertrand. (2013). **The Problems of Philosophy**. New York : Simon & Brown.

Shapin, Steven. (1996). **The Scientific Revolution**. Chicago : University of Chicago Press.