บทที่ ๕

ทฤษฎีวิวัฒนาการในทางวิทยาศาสตร์

ดร.สุดารัตน์ บรรเทากุล

วัตถุประสงค์การเรียนประจำบท

เมื่อได้ศึกษาเนื้อหาในบทนี้แล้ว ผู้ศึกษาสามารถ

๑. อธิบายแนวคิดวิวัฒนาการของโลก จักรวาล ในทางวิทยาศาสตร์

๒. อธิบายวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในทางวิทยาศาสตร์ ตามทฤษฎีวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin)

๓. อธิบายวิวัฒนาการเรื่อง สสาร ธาตุ และพัฒนาการทฤษฎีอะตอม

๔. อธิบายวิวัฒนาการทฤษฎีเรื่องพลังงาน

ขอบข่ายเนื้อหา

- กำเนิดและวิวัฒนาการโลก จักรวาล มนุษย์
- ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin)
- สสาร ธาตุ และทฤษฎีอะตอม
- พลังงาน

ความนำ

ดังที่เราได้กล่าวมาแล้วในบทต้นๆ ว่า คำว่า science ที่มีรากศัพท์มาจากคำในภาษาลาติน scientia แปลว่า "ความรู้" มีศัพท์บัญญัติว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึงระบบวิชาความรู้ มีความหมายใกล้เคียงกับคำว่า philosophy หรือปรัชญาที่หมายถึงความรักในความรู้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะวิทยาศาสตร์และปรัชญามีจุดกำเนิดเดียวกัน นั่นคือปรัชญากรีกสมัยโบราณเป็นผู้ให้กำเนิดวิทยาศาสตร์ ในตะวันตกวิทยาศาสตร์ถูกจัดไว้ในสาขาหนึ่งของปรัชญา ดังนั้นพัฒนาการของวิทยาศาสตร์จึงมาจากปรัชญาธรรมชาติ (Natural Philosophy) ซึ่งใช้ระยะเวลามานานราว ๒,๐๐๐ ปี และแยกออกเป็นวิทยาศาสตร์เต็มตัวประมาณเมื่อเกือบ ๔๐๐ ปีที่ผ่านมานี้เอง

ทั้งนักปรัชญาและนักวิทยาศาสตร์ต่างก็มุ่งศึกษาหาความจริง เพียงแต่ใช้วิธีการแสวงหาความจริงที่ต่างกัน ปรัชญาใช้วิธีการคิดตามหลักตรรกศาสตร์ ต่างจากวิทยาศาสตร์ซึ่งใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนต่างๆ โดยเน้นการสังเกตและทดลอง ตลอดยุคสมัยที่ผ่านมา ความคิดหมายที่จะเอาชนะธรรมชาติ ด้วยการล้วงให้รู้ความลับ แล้วสามารถจัดการความรู้นั้นได้ตามปรารถนา จึงเป็นแรงขับดันอยู่เบื้องหลังพัฒนาการของวิทยาศาสตร์ตลอดเวลา นอกจากนั้นแล้ววิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยหนุนการพัฒนาเทคโนโลยีที่อยู่เบื้องหลังความเจริญของอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจ เพื่อให้มนุษย์บรรลุความพรั่งพร้อมในสิ่งเสพบริโภคที่จะมีความสมบูรณ์พูนสุข สิ่งเหล่านี้ทั้งหมดล้วนสร้างขึ้นจากข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับ ศึกษา และรู้ความจริงของธรรมชาติเฉพาะด้านวัตถุเท่านั้น ธรรมชาติด้านนามธรรมโดยเฉพาะด้านจิตใจยังไม่เป็นที่ยอมรับ

วิทยาศาสตร์แบบนี้ได้เป็นใหญ่ในการนำทางความเจริญก้าวหน้าของอารยธรรม เป็นหลักอ้างอิง และเป็นมาตรฐานตัดสินความจริงความถูกต้องของสิ่งทั้งหลายมาตลอดเวลาเกือบ ๔๐๐ ปี นับแต่การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ (ค.ศ. ๑๕๔๓/พ.ศ.๒๐๘๖) ครั้นในต้นคริสต์ศตวรรษที่ ๒๐ ก็ได้เกิดความเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ในวงการวิทยาศาสตร์ ที่ถึงกับเรียกว่าเป็นการปฏิวัติวิทยาศาสตร์ครั้งที่ ๒ ซึ่งได้สั่นคลอนความมั่นใจในวิทยาศาสตร์ลงไป โดยเฉพาะการค้นพบฟิสิกส์ใหม่ (new physics) ซึ่งการมองและความรู้เข้าใจความจริงของธรรมชาติเปลี่ยนพลิกไปอย่างแทบจะสิ้นเชิง

ความรู้แรกเริ่มในอารยธรรมของมนุษย์ชาติต่างก็ล้วนต้องการคำอธิบาย หรือรู้จักความจริงของธรรมชาติ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่อยู่รอบตัวเช่นโลก จักรวาล และสรรพสิ่ง รวมทั้งตนเองนั่นคือมนุษย์ ไม่เป็นที่น่าแปลกใจเลยว่า คำอธิบายเหล่านี้สามารถพบได้ในคำสอนศาสนาซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลความเชื่อดั้งเดิมของมนุษย์ เช่นศาสนาคริสต์ ฮินดู และพุทธ ซึ่งในสองศาสนาแรกนั้นต่างก็เป็นศาสนาเทวนิยม คือสอนบนฐานความเชื่อในเรื่องมูลการณ์ (first cause) คือมีผู้สร้าง (creator) แต่ข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ปัจจุบันที่ได้จากค้นคว้าทดลอง ที่ได้พยายามนำมาเป็นความรู้เพื่ออธิบายความจริงในธรรมชาติ ปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยเฉพาะเรื่องโลก จักรวาลและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งมนุษย์ มีผลกระทบในทางลบอย่างมากต่อศาสนาเทวนิยม เพราะขัดแย้งต่อคำสอนของศาสนาที่ว่าพระเจ้าสร้างโลกและสรรพสิ่ง ทฤษฎีนี้จึงถูกคัดค้านโดยศาสนาเทวนิยมมา

ตั้งแต่ต้นจนทุกวันนี้ โดยเฉพาะการค้นพบข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ เช่นโลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล แต่เป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน ตลอดทั้งทฤษฎีที่ชื่อว่าการระเบิดครั้งใหญ่ (Big Bang Theory)

คำอธิบายต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์ได้รับการพัฒนาอยู่ตลอดระยะเวลาตราบเท่าที่มีนักวิทยาศาสตร์ทำการคิดค้นคว้า นอกจากเรื่องของโลก จักรวาล ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามหาคำตอบแล้ว นักวิทยาศาสตร์ยังวิเคราะห์ขยายขอบข่ายความรู้รายละเอียดออกไปในมิติที่ซับซ้อนและสัมพันธ์กันมากขึ้น เช่นเรื่องธาตุ สสาร และพลังงาน เป็นต้น ความเชื่อที่ยอมรับกันนานนับพันปีว่าสรรพสิ่งต่างๆ ประกอบด้วยธาตุทั้งสี่ คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ ได้รับการหักล้างจากทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ในยุคต้นเชื่อว่าวัตถุ สารต่างๆ ประกอบด้วยธาตุที่มีอนุภาคทรงกลมที่เล็กที่สุดเรียกว่าอะตอม ไม่สามารถแบ่งแยกให้เล็กลงอีก ต่อมานักวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ก็ได้ทำการทดลองเสนอทฤษฎีอะตอมขึ้นใหม่ว่า อะตอมสามารถแบ่งได้ อะตอมประกอบด้วยอีเลค ตรอน และนิวเคลียสซึ่งประกอบด้วยโปรตรอน และนิวตรอน ทั้งอีเลคตรอน โปรตรอน และนิวตรอนสามารถแยกได้ และล่าสุดในราว ๕๐ ปีที่ผ่านมานี้เอง นักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันก็ได้ทำการทดลองและพิสูจน์ว่านิวตรอนประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลงไปอีกเรียกว่าควาร์ก ควาร์กต้องอยู่ในองค์ประกอบที่เรียกว่าแฮดรอน อนุภาคควาร์กไม่สามารถอยู่ได้โดดๆ ดังนั้นความเชื่อในปัจจุบันทางวิทยาศาสตร์อะตอมจึงไม่ใช่อนุภาคที่เล็กที่สุดอีกต่อไป อนุภาคที่เล็กที่สุดในจักรวาลจึงไม่ใช่อะตอม แต่เป็นอนุภาคควาร์กที่มีคุณสมบัติแปลกประหลาดมีทั้งประจุไฟฟ้า ประจุสี การหมุน และมวล

ในทางวิทยาศาสตร์ สสารจะมีความสัมพันธ์กับพลังงาน มวล สสาร และพลังงานไม่สูญหายแต่สามารถเปลี่ยนสภาพได้ พลังงานเป็นคุณสมบัติของสสาร อนุภาคควาร์กจึงมีพลังงานที่มีสภาพแปรเปลี่ยนไม่คงที่ รูปเป็นสิ่งที่สูญสลายได้ ในขณะที่พลังงานไม่ได้สูญหายไปจากระบบ

เนื้อหาในบทนี้เพื่อชี้ให้เห็นถึงวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ที่พยายามศึกษาหาความจริงโลกธรรมชาติตั้งแต่สิ่งที่อยู่ไกลตัว เช่นโลก จักรวาล และสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวเช่นเรื่องมนุษย์เอง รวมทั้งสิ่งที่ประกอบขึ้นเป็นสสารวัตถุซึ่งมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างออกไปตามยุคสมัยและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เช่นธาตุ อะตอม และควาร์ก รวมทั้งคุณสมบัติของอนุภาคเหล่านั้น

๕.๑ กำเนิดและวิวัฒนาการโลก จักรวาล มนุษย์

นักปรัชญาชาวฝรั่งเศสชื่อว่าออกุสต์ กองต์ (August Comte) บิดาแห่งวิชาสังคมวิทยา ได้แบ่งพัฒนาการคำอธิบายปรากฏการณ์ของโลกและจักรวาล ออกเป็นยุคใหญ่ๆ ๓ ยุค คือ ยุคเทววิทยา (Theological Stage) เป็นยุคแรกที่นักศาสนาอธิบายการกำเนิดและปรากฏการณ์ของโลกและมนุษย์ ยุคอภิปรัชญา (Metaphysical Stage) เป็นยุคที่นักปรัชญาได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับกำเนิดและปรากฏการณ์ของโลกและมนุษย์ และยุควิทยาศาสตร์ (Scientific Stage) ซึ่งเป็นยุคที่นักวิทยาศาสตร์ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับกำเนิดและปรากฏการณ์ของโลกและมนุษย์

ยุคเทววิทยา (Theological Stage) เป็นยุคแรกที่นักศาสนาอธิบายการกำเนิดและปรากฏการณ์ของโลกและมนุษย์ ศาสนาเทวนิยมสอนว่าพระเจ้าได้สร้างโลกและมนุษย์ในโลก ดังที่มีปรากฏในคัมภีร์ไบเบิลตอนแรกที่เป็นพันธสัญญาเดิม (Old Testament) ซึ่งว่าด้วยปฐมกาล (Genesis) ได้บันทึกไว้ว่าพระเจ้าทรงเนรมิตรสร้างโลกและสรรพสิ่งเป็นเวลา ๖ วัน ตามลำดับดังนี้ สร้างกลางวันและกลางคืนในวันที่ ๑ สร้างท้องฟ้า และเทหวัตถุในวันที่ ๒ สร้างแผ่นดินและพืชทุกชนิดในวันที่ ๓ สร้างดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ในวันที่ ๔ สร้างสัตว์น้ำและนกในวันที่ ๕ สร้างสัตว์บกและมนุษย์ในวันสุดท้ายคือวันที่ ๖

ต่อมายุคอภิปรัชญา (Metaphysical Stage) เป็นยุคที่นักปรัชญาได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับกำเนิดและปรากฏการณ์ของโลกและมนุษย์ เช่น เซนต์โธมัส อะไควนัส นำปรัชญาของอริสโตเติลมาอธิบายศาสนาคริสต์ได้อย่างผสมกลมกลืนจนเกิดระบบอัสสมาจารย์ (Scholastic Philosophy) ขึ้นมา หลักปรัชญาของอริสโตเติลได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการจากศาสนาจักรว่า เป็นหลักสัจธรรมที่สอดคล้องกับศาสนาคริสต์ ใครก็ตามที่สอนขัดแย้งกับอริสโตเติลจะถูกนำตัวขึ้นศาลสาสนาและถูกไต่สวนในข้อหาว่าเป็นคนนอกรีต

ยุควิทยาศาสตร์ตอนต้น (Scientific Stage) นักดาราศาสตร์ชาวกรีกชื่อ ปโตเลมี (Ptolemy) อาศัยที่เมือง อเล็กซานเดรียในราว พ.ศ. ๖๗๐-๖๘๘ เขาเสนอทฤษฏีว่า โลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลก คริสต์ศาสนจักรก็ได้ประกาศยอมรับอย่างเป็นทางการว่าเป็นทฤษฏีที่ถูกต้อง เพราะคัมภีร์ไบเบิลได้กล่าวถึงโครงสร้างของจักรวาลว่ามีโลกเป็นศูนย์กลาง ชาวตะวันตกสมัยโบราณและสมัยกลางเชื่อตามทฤษฏีของปโตเลมีสืบต่อกันมานานกว่าพันปี

จนกระทั่งในพ.ศ. ๒๐๘๖ เข้าสู่ยุควิทยาศาสตร์สมัยกลาง นักดาราศาสตร์ชาวโปแลนด์ชื่อโคเปอร์นิคัส (Copernicus) ได้เขียนหนังสือออกมาเล่มหนึ่ง ประกาศทฤษฏีใหม่ว่า โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์ โลกจึงไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาลดังที่ปโตเลมีเข้าใจ ในระยะแรกทรรศนะของโคเปอร์นิคัสยังเป็นเพียงทฤษฏีที่ขาดการสนับสนุนด้วยข้อมูลจากการสังเกตุการเคลื่อนไหวบนท้องฟ้า จึงมีทั้งผู้ที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับทฤษฏีนี้

แม้ว่าโคเปอร์นิคัสได้เสนอทฤษฏีใหม่ว่าโลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์ แต่ชาวคริสต์ทั้งหลายส่วนใหญ่ก็ยังเชื่อว่าพระเจ้าสร้างโลก และเริ่มทุ่มเทการศึกษาว่าพระเจ้าสร้างโลกขึ้นเมื่อไร อาร์ชบิชอปแห่งไอร์แลนด์ชื่อว่า เจมส์ อัสเชอร์ (James Ussher) พยายามตอบคำถามนี้

โดยทุ่มเทศึกษาวิจัยอายุของอาดัม และลูกหลานเหลนของเขาที่สืบทอดกันมาหลายชั่วคน ตามที่บันทึกไว้ในคัมภีร์พันธสัญญาเดิม เมื่อคำนวณอย่างละเอียดแล้ว อัสเซอร์สรุปว่า พระเจ้าสร้างโลกเมื่อ ๔๐๐๔ ปีก่อนคริสต์ศักราช ดังนั้น เมื่อเราบวกกับคริสต์ศักราช ๒๐๑๑ ก็เท่ากับว่าโลกที่พระเจ้าสร้างนั้นมีอายุครบ ๖๐๑๕ ปี อัสเซอร์เขียนหนังสือคำนวณอายุของโลกไว้เมื่อราวพ.ศ. ๒๐๙๓ ชาวคริสต์ในยุโรปสมัยนั้นเชื่อว่าการคำนวณของอัสเซอร์ถูกต้องแล้ว[1]

๕.๑.๑ โลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล

ต่อมากาลิเลโอ (Galileo Galilei) นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี มีชีวิตอยู่ในพ.ศ. ๒๑๐๗-๒๑๘๕ เป็นบุคคลแรกที่ใช้กล้องดูดาวส่องดูความเคลื่อนไหวของดวงดาวบนท้องฟ้า และเมื่อรวบรวมข้อมูลได้มากพอเขาก็ประกาศชัดเจนในพ.ศ. ๒๑๕๖ ว่าทฤษฎีของโคเปอร์นิคัสที่ว่า โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นเรื่องที่ถูกต้อง กาลิเลโอยืนยันว่าโลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล คำประกาศของกาลิเลโอทำให้ทฤษฎีของโคปอร์นิคัสน่าเชื่อถือมากขึ้น และขัดแย้งกับทฤษฎีของปโตเลมี

คำประกาศยืนยันของกาลิเลโอว่าโลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล ได้สั่นคลอนระบบศรัทธาของ ศาสนจักรที่ว่าโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล ดังนั้นในปีพ.ศ. ๒๑๕๙ กาลิเลโอจึงถูกเรียกตัวมาสอบสวนที่ศาลศาสนาที่กรุงโรมเป็นครั้งแรก ศาลศาสนาสอบสวนแล้วมีคำสั่งห้ามกาลิเลโอมิให้ยึดถือหรือปกป้องทฤษฎีของโคเปอร์นิคัสอีกต่อไป พร้อมกันนั้น ศาลศาสนายังได้มีคำสั่งให้หนังสือของโคเปอร์นิคัสเป็นสิ่งต้องห้ามสำหรับชาวคริสต์

ต่อมาในปีพ.ศ. ๒๑๗๕ กาลิเลโอได้ผลิตผลงานชิ้นเอกเรื่องบทสนทนาเกี่ยวกับสองระบบโลกที่สำคัญ (Dialogues Concerning the Two Chief World Systems)ในหนังสือนี้ กาลิเลโอเปรียบเทียบทฤษฎีของปโตเลมีกับทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส และแสดงให้เห็นว่าทฤษฎีของโคเปอร์นิคัสน่าเชื่อถือมากกว่า เพราะผลงานชิ้นนี้ กาลิเลโอได้ถูกเรียกตัวขึ้นศาลศาสนาอีกครั้งหนึ่งด้วยข้อกล่าวหาที่ว่าจงใจขัดคำสั่งของศาลที่ห้ามมิให้ยึดถือหรือปกป้องทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส ศาลไต่สวนแล้วตัดสินว่ากาลิเลโอมีความผิดที่ประกาศนอกรีต จึงพิพากษาให้จำคุกตลอดชีวิต แต่เนื่องจากเห็นว่ากาลิเลโอแก่ชราแล้ว ศาลจึงลงโทษเหลือแค่กักบริเวณและสั่งให้กาลิเลโอประกาศว่าตนเลิกเชื่อทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส กาลิเลโอจึงจำใจทำตามคำสั่งศาลด้วยการประกาศยกเลิกความเชื่อที่ว่าโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ กาลิเลโอถูกกักบริเวณอยู่ภายในบ้านนอกตัวเมืองฟลอเรนซ์ จนกระทั่งเขาตาบอดและเสียชีวิตในที่สุด

วิทยาศาสตร์ปัจจุบันเสนอทฤษฎีว่าด้วยกำเนิดของโลกที่ต่างไปจากพันธสัญญาเดิมว่า โลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาลแต่เป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ แม้ดวงอาทิตย์จะเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ แต่ดวงอาทิตย์ก็เป็นเพียงดาวฤกษ์ดวงหนึ่งในบรรดาดาวฤกษ์ประมาณ ๑๐๐,๐๐๐ ล้านดวงที่รวมกลุ่มกันเป็นกาแล็กซีหรือดาราจักร ที่ฝรั่งเรียกว่าทางน้ำนม

---

[1] Encyclopedia Britannica 1997.

(Milky Way) หรือที่คนไทยเรียกว่าทางช้างเผือก ในจักรวาลของเรานี้มีกาแล็กซีประมาณ ๑๐๐,๐๐ ล้านกาแล็กซี

๕.๑.๒ กำเนิดจักรวาล

นักวิทยาศาสตร์อธิบายกำเนิดของจักรวาลด้วยทฤษฎีที่ชื่อว่าการระเบิดครั้งใหญ่ (Big Bang Theory) ซึ่งเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ ดังต่อไปนี้

ในเบื้องต้น สรรพสิ่งในจักรวาลได้รวมตัวเข้าด้วยกันอย่างหนาแน่นมาก เรียกว่าฟองไข่จักรวาล (Cosmic Egg) และแล้วฟองไข่จักรวาลได้ระเบิดออกมาเมื่อประมาณ ๑๕,๐๐๐ ล้านปีที่แล้ว ทำให้เกิดฝุ่นละอองและปรมาณูไฮโดรเจนและฮีเลี่ยม ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นหมอกควันและกลุ่มแก๊สมหึมา แรงโน้มถ่วงทำให้หมอกควันและกลุ่มแก๊สนั้นรวมตัวกันหนาแน่นมากขึ้นๆ จนเกิดกาแล็กซีหรือดาราจักรแรกสุดเมื่อ ๑๒,๐๐๐ ล้านปีที่แล้ว จากนั้นกาแล็กซีอื่นๆ ก็เกิดตามมาด้วยการรวมตัวของกลุ่มแก๊สและฝุ่นละอองอย่างนั้น กาแล็กซีของเราที่ชื่อว่าทางช้างเผือกเริ่มก่อตัวขึ้นด้วยวิธีเดียวกันนี้ เมื่อ ๑๐,๐๐๐ ล้านปีที่ผ่านมา ดวงอาทิตย์ของเราซึ่งเป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งในกาแล็กซีทางช้างเผือกก็ถือกำเนิดขึ้นในแบบเดียวกันเมื่อ ๕,๐๐๐ ล้านปีมาแล้ว

ดังนั้น ดวงอาทิตย์จึงชื่อว่าเกิดจากการรวมตัวของกลุ่มแก๊สและฝุ่นละอองในอวกาศ แรงโน้มถ่วงระหว่างกันทำให้กลุ่มแก๊สและฝุ่นละอองหดตัวจนมีรูปร่างเป็นแผ่นกลมแบนเหมือนจานข้าว แผ่นกลมนี้มีกลุ่มแก๊สอยู่ที่จุดศูนย์กลาง ฝุ่นละอองด้านนอกหมุนรอบจุดศูนย์กลางนั้นเร็วขึ้นๆ เมื่อหมุนเร็วมากขึ้นฝุ่นละอองและหมอกควันได้รวมตัวเข้ากับแก๊สที่จุดศูนย์กลางนั้นจนเกิดเป็นดวงอาทิตย์ขึ้นมา ความหนาแน่นในดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ขึ้นภายในจนกลายเป็นแหล่งความร้อนและแสงสว่างในตัวเอง ในเวลาเดียวกันนั้น ฝุ่นละอองและหมอกควันที่ห่างจากจุดศูนย์กลางได้รวมตัวกันเป็นโลกและดาวเคราะห์ดวงอื่น โลกถือกำเนิดด้วยวิธีนี้เมื่อประมาณ ๕,๐๐๐ ล้านปีที่แล้ว

นักวิทยาศาสตร์คำนวณว่า ดวงอาทิตย์จะดับในเวลาอีก ๕,๐๐๐ ล้านปีข้างหน้า ซึ่งก็จะเป็นวันสิ้นโลกด้วยเช่นกัน การที่ดวงอาทิตย์จะดับก็เพราะไฮโดรเจนในดวงอาทิตย์ถูกใช้หมดไป เหลือแต่ฮีเลียมที่จะเผาไหม้เป็นคาร์บอน ในระยะนี้ผิวนอกดวงอาทิตย์จะขยายตัวใหญ่ขึ้นจนกลืนดาวพุธและดาวศุกร์ โลกอาจจะไม่ถูกดวงอาทิตย์กลืนไปแต่ก็จะถูกเผาไหม้จนสิ่งมีชีวิตตายหมด จากนั้นผิวนอกของดวงอาทิตย์ก็จะค่อยเย็นลงและแตกกระจายเป็นเนบิวลา (Nebula) คือกลุ่มแก๊สและฝุ่นละออง จุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์จะหดตัวเล็กลงมากจนกลายเป็นดาวแคระสีขาวและดับหายไปในที่สุด

ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ว่าด้วยกำเนิดและวิวัฒนาการของจักรวาลดังกล่าวมานี้ ย่อมจะขัดแย้งกับคำสอนเรื่องพระเจ้าหรือพระพรหมสร้างโลกในศาสนาเทวนิยม เพราะกล่าวถึงกำเนิดของโลกและจักรวาลโดยไม่อ้างถึงพระผู้สร้างแต่อย่างใด ไม่มีมูลการณ์ (First Cause) นั่นคือไม่มีพระเจ้าในฐานะเป็นผู้ให้กำเนิดแรกสุดของโลก

๕.๒ ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin)

ชาวตะวันตกสมัยโบราณและสมัยกลางเชื่อว่า พระเจ้าเป็นผู้สร้างโลกและสรรพสิ่ง สิ่งต่างๆ ในโลกถูกสร้างมาอย่างมีระเบียบแบบแผนและประณีตบรรจง เช่นมะม่วงออกลูกเป็นมะม่วงตลอดกาล มือของมนุษย์ถูกสร้างไว้ให้จับ ตาถูกสร้างไว้ให้ดู หูถูกสร้างไว้ให้ฟัง ระเบียบแบบแผนและความประณีตบรรจงของสรรพสิ่งไม่ได้เกิดจากพลังมืดบอดในธรรมชาติ หากแต่เกิดจากการออกแบบด้วยปัญญาของพระเจ้า

๕.๒.๑ วิวัฒนาการสิ่งมีชีวิต

ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) เสนอทฤษฎีวิวัฒนาการ ในหนังสือเรื่อง *กำเนิดของชนิด (The Origin of Species)* เมื่อพ.ศ. ๒๔๐๒ มีสาระสำคัญว่า สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการคือการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ใช้เวลานับพันปีหรือบางทีก็นับล้านปี สิ่งมีชีวิตหลายล้านชนิดในปัจจุบันมีวิวัฒนาการมาจากต้นกำเนิดเดียวกันซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตแรกสุดในโลก จากนั้นก็แตกออกเป็นหลายชนิดหลายพันธ์ตามหลักการที่เรียกว่า การคัดสรรของธรรมชาติ (Natural Selection) พืชและสัตว์แต่ละชนิดเกิดมาพร้อมกับลักษณะประจำตัวที่ช่วยให้อยู่รอดและแพร่พันธุ์ต่อไป สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นได้ถ่ายทอดลักษณะประจำตัวไปยังลูกหลาน ถ้าลูกหลานได้ลักษณะที่ดีก็จะปรับตัวเข้าสภาพแวดล้อมได้อย่างดีและอยู่รอดต่อไป ถ้าได้ลักษณะไม่ดี ลูกหลานก็ไม่อาจอยู่รอดได้จึงต้องสูญพันธุ์ไปในที่สุด ดังนั้น ลักษณะที่ดีจึงช่วยให้ปรับตัวเก่งและอยู่รอด (The Survival of the Fittest)

การที่ดาร์วินประกาศว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีวิวัฒนาการมานับล้านปีเท่ากับปฏิเสธคำสอนศาสนาที่ว่าพระเจ้าได้สร้างมนุษย์ พืช และสัตว์ เสร็จสมบูรณ์ภายในเวลา ๖ วัน การที่ดาร์วินกล่าวว่ามนุษย์มีวิวัฒนาการมาจากลิงเท่ากับคัดค้านคำสอนศาสนาที่ว่าพระเจ้าสร้างอาดัมกับอีฟ และการที่ดาร์วินกล่าวว่าสิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่อความอยู่รอดนั้นเท่ากับยืนยันว่าระเบียบแบบแผนและความประณีตบรรจงที่พบในสิ่งมีชีวิตทั้งหลายเป็นผลมาจากการปรับตัวมานับล้านปี ตามหลักการคัดสรรของธรรมชาติ เช่นการที่มนุษย์เดินตัวตรงทุกวันนี้ก็เนื่องมาจากการปรับตัวของมนุษย์แต่ละยุคที่ผ่านมา ไม่ใช่เพราะการออกแบบล่วงหน้าของพระเจ้าแต่อย่างใด

๕.๒.๒ ทฤษฎีวิวัฒนาการและคำสอนดั้งเดิมเรื่องกำเนิดมนุษย์และจักรวาล

เพราะเหตุผลดังกล่าวมานี้ ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วินได้ถูกคัดค้านโดยศาสนาเทวนิยมมาตั้งแต่ต้นจนทุกวันนี้ ตัวอย่างของความขัดแย้งในเรื่องนี้เกิดขึ้นที่สหรัฐอเมริกา เมื่อพวกครูได้สอนทฤษฎีวิวัฒนาการในโรงเรียนรัฐบาลในราวพ.ศ. ๒๔๕๐ เป็นต้นมา กลุ่มผู้เคร่งศาสนาคริสต์ได้เสนอให้รัฐจำนวน ๒๐ รัฐ ในสหรัฐอเมริกาออกกฎหมายห้ามสอนทฤษฎีวิวัฒนาการในโรงเรียนของรัฐปรากฏว่าหลายรัฐได้ออกกฎหมายดังกล่าวออกมา จนเกิดการฟ้องศาลเป็นคดีโด่งดังในพ.ศ.๒๔๖๘ เมื่อครูชื่อจอห์น สะโคปส์ ถูกกล่าวหาว่าสอนทฤษฎีวิวัฒนาการในโรงเรียนที่รัฐเทนเนสซี และตั้งแต่

พ.ศ. ๒๕๐๓ เป็นต้นมา โรงเรียนรัฐบาลหลายแห่งเริ่มสอนทฤษฎีวิวัฒนาการเพราะเกรงว่าสหรัฐอเมริกาจะล้าหลังประเทศอื่นในด้านวิทยาศาสตร์ แต่กฎหมายที่ห้ามสอนทฤษฎีวิวัฒนาการในโรงเรียนรัฐบาลก็ยังคงมีผลบังคับใช้ในหลายรัฐ จนกระทั่งพ.ศ. ๒๕๑๑ ศาลสูงของสหรัฐอเมริกา มีคำสั่งห้ามใช้กฎหมายดังกล่าว เพราะเป็นเรื่องที่ขัดต่อรัฐธรรมนูญ ถึงกระนั้นกลุ่มผู้เคร่งศาสนาก็ยังไม่ละความพยายาม พวกเขาเสนอให้รัฐต่างๆ ออกกฎหมายบังคับให้โรงเรียนของงรัฐบรรจุวิชาว่าพระเจ้าสร้างโลก เป็นวิชาบังคับที่ต้องสอนคู่กับทฤษฎีวิวัฒนาการ รัฐอาร์คันซอส์และรัฐหลุยเซียนาได้ออกกฎหมายดังกล่าวเมื่อพ.ศ. ๒๕๒๔ ศาลชั้นต้นได้ประกาศในพ.ศ. ๒๕๒๕ ว่ากฎหมายนี้ของรัฐอาร์คันซอส์เป็นเรื่องขัดต่อรัฐธรรมนูญ และต่อมาในพ.ศ. ๒๕๓๐ ศาลสูงก็ประกาศทำนองเดียวกันในกรณีของกฎหมายรัฐหลุยเซียนา[2]

๕.๓ วิวัฒนาการเรื่องสสาร ธาตุ และอะตอม

นักปรัชญาชาวตะวันตกในสมัยโบราณ ได้ครุ่นคิดถึงโลกกายภาพ หรือสรรพสิ่งในโลกรอบๆ ตัว เช่นสิ่งมีชีวิตหรือสสารในธรรมชาติว่าประกอบด้วยอะไร เช่น ทาลิส (Thales) (ราวปีก่อนพุทธศักราช ๘๑ ปี ถึงปีพ.ศ.๗) คิดว่า น้ำเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (fundamental material) ของโลก เออะแนกซ์อิเมนิส (Anaximenes) (ราวก่อนพุทธศักราช ๒๒ปี ถึงปีพ.ศ.๑๗) ได้ตั้งทฤษฎีไว้ว่าคือลม ขณะที่เฮราคลิตุส Heraclitus (พ.ศ.๘--๖๘) ถือว่าสารประกอบพื้นฐานคือไฟ เอ็มพีโดเคิลส์ (Empedocles)

๕.๓.๑ ธาตุ

นักปรัชญากรีก เอ็มพีโดเคิลส์ อาศัยทางชายฝั่งตอนใต้ของเกาะซิซิลี ระหว่างพ.ศ. ๖๑–๑๑๑ ได้เสนอทฤษฎีเพื่ออธิบายสรรพสิ่งที่อยู่รอบตัวเราเป็นครั้งแรก ประกาศว่าสสารทั้งหลายประกอบด้วยธาตุสี่ คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ สรรพสิ่งประกอบด้วยด้วยอัตราส่วนของธาตุทั้งสี่ต่างกัน เพราะคุณสมบัติของธาตุมีผลต่อคุณสมบัติของสสาร เช่นก้อนหินจะมีสัดส่วนของธาตุดินอยู่เป็นจำนวนมาก ขณะที่กระต่ายจะมีอัตราส่วนของธาตุน้ำและธาตุไฟมากกว่า จึงทำให้กระต่ายมีความอ่อนนุ่มและมีชีวิต ทฤษฎีของเอ็มพีโดเคิลส์ได้รับความนิยมอย่างมากถึงแม้ว่าจะไม่สามารถตอบปัญหาบางประการได้ เช่น ไม่ว่าจะนำก้อนหินมาแบ่งครึ่งให้เล็กลงสักกี่ครั้งก็ตาม ก็ไม่สามารถมองเห็นสิ่งที่คล้ายคลึงกับธาตุหลักทั้งสี่คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ อย่างไรก็ตามทฤษฎีของเอ็มพีโดเคิลส์ทำให้เกิดการพัฒนาความคิดในทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับองค์ประกอบธาตุในสสาร

๕.๓.๒ อะตอม

---

[2] World Book Encyclopedia 1997.

หลังจากเอ็มพีโดเคิลส์ ได้เสนอทฤษฎีนี้ขึ้น ประมาณ ๒๐ปีต่อมา มีนักปรัชญากรีก ชื่อ เดมอคริตุส (Democritus) มีชีวิตอยู่ระหว่างพ.ศ. ๘๓-๑๗๓ ได้พัฒนาทฤษฎีสสารขึ้นใหม่ โดยรวบรวมคำสอนของนักปรัชญากรีก ๒ คนก่อน คือ ลูสิปปุส (Leucippus) และแอนแน็กซากอรัส(Anaxagorus) เดมอคริตุสทราบดีว่า ถ้านำก้อนหินมาตัดแบ่งครึ่ง แต่ละครึ่งนั้นจะมีคุณสมบัติเหมือนกับก้อนเดิม เมื่อตัดก้อนหินทีละครึ่งให้เล็กลงต่อไปเรื่อยๆ ก็จะถึงจุดหนึ่งที่ก้อนหินนั้นไม่สามารถตัดแบ่งต่อไปได้อีก เดมอคริตุสเรียกสารที่เล็กที่สุดที่ไม่สามารถแบ่งต่อไปได้อีกว่า “อะตอม” มาจากภาษากรีก “atomos” ซึ่งหมายถึงสิ่งที่ตัดแบ่งออกไปไม่ได้ (indivisible) ทฤษฎีอะตอมของ เดมอคริตุส เป็นหลักปรัชญาที่เกิดจากการคิดเก็งความจริงเท่านั้น เขากล่าวว่าอะตอมเป็นสิ่งที่มีอยู่นิรันดร์และไม่สามารถทำลายได้ ชนิดของอะตอมจะมีลักษณะเฉพาะเช่นเดียวกับสสารนั้น เช่นอะตอมของก้อนหินก็จะมีลักษณะเฉพาะเช่นเดียวกับก้อนหินซึ่งแตกต่างไปจากอะตอมของสสารอื่น เช่นอะตอมของขนสัตว์ เป็นต้น ทฤษฎีนี้เป็นทฤษฎีที่พยายามอธิบายถึงโลกทางกายภาพที่ปรากฏอยู่ โดยการบัญญัติศัพท์เฉพาะของสิ่งที่มีอยู่ที่มีหน่วยเล็กที่สุด สองนักปรัชญาชาวกรีกทั้งอริสโตเติล (Aristotle) และพลาโต (Plato) ได้ปฏิเสธทฤษฎีของเดมอคริตุส อริสโตเติลยอมรับทฤษฎีของเอ็มพีโดเคิลส์ แต่เพิ่มธาตุที่ห้า เรียกว่า อีเธอร์ (aether)

๕.๓.๓ สสาร

ในความคิดของอริสโตเติล สิ่งต่างๆ ในโลกที่เห็นได้ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานคือสสารและรูป matter and form อริสโตเติลใช้คำว่า สสาร ในความหมายตามอักษรที่แปลว่า ไม้ หรือ ไม้สัก ซึ่งคือ “วัตถุดิบ” ของสิ่งก่อสร้าง ที่จริงแนวคิดของอริสโตเติลเกี่ยวกับสสารโยงเข้ากับสิ่งที่ถูกประกอบขึ้น หมายความว่าสสารมีความหมายเชื่อมโยงกับกระบวนการเปลี่ยนแปลง สสารเป็นรากฐานของการเปลี่ยนแปลงของสาร ตัวอย่างเช่น ม้ากินหญ้า ม้าเปลี่ยนหญ้าที่อยู่ในตัวมัน หญ้าไม่สามารถคงสภาพเดิมเมื่ออยู่ในม้า แต่มีลักษณะบางสิ่งบางอย่างของหญ้า—ของสสาร—ที่ยังดำรงอยู่ คำว่าสสารไม่ได้ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายความหมายเฉพาะ (เช่นอะตอม) แต่สสารประกอบด้วยสิ่งหนึ่งที่ยังคงดำรงอยู่เมื่อเนื้อสสารของหญ้าในม้ามีการเปลี่ยนแปลง สสารในความหมายเช่นนี้จึงไม่ได้ดำรงมีอยู่อย่างอิสระ แต่ดำรงอยู่ชนิดต้องอาศัยรูปซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ สสารและรูปในความหมายของอริสโตเติลเทียบได้กับบางส่วนและทั้งหมด (parts and whole)

เรอเน เดสคาร์ต (René Descartes) พ.ศ. ๒๑๓๙-๒๑๙๓ เป็นคนแรกที่ให้แนวคิดใหม่เกี่ยวกับสสาร ด้วยความที่เป็นนักเรขาคณิต เขาจึงให้คำจำกัดความใหม่ที่เป็นนามธรรม คือใช้ศัพท์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นสิ่งที่ต้องการปริภูมิ (ครอบครองเนื้อที่) ดังนั้น เนื้อสสารจึงมีลักษณะธรรมชาติที่ประกอบจากสิ่งที่ขยายออกในระนาบยาว ระนาบกว้าง และระบาบลึก เดสคาร์ตยังกล่าวอีกว่า ความคิด (thought) มีลักษณะธรรมชาติที่ประกอบจากเนื้อสารที่ใช้เหตุผล (thinking substance) หากมีสิ่งต่างๆอื่นๆที่มีลักษณะเป็นตัววัตถุให้ตั้งสมมุติฐานได้เลยว่าเป็นสิ่งที่ขยายหรือ

ทำให้ใหญ่ขึ้นได้ในที่ว่างและเวลาหนึ่ง[3] เดสคาร์ตจึงให้คำนิยามของสสารและจิตใจโดยแตกต่างกันว่า ใจเป็นสิ่งที่ทำให้ขยายทำให้ใหญ่ขึ้นไม่ได้ ใจเป็นสารคิด ส่วนสสารเป็นสารที่ยืดขยายได้ คิดไม่ได้ ทั้งสสารและใจเป็นอิสระต่อกันอย่างสิ้นเชิง

อริสโตเติลให้คำจำกัดความของคำว่าสสารและรูปในความหมายของการเป็นองค์ประกอบเสริมกันที่อาศัยกัน อริสโตเติลให้นิยามว่า "สสารคือสิ่งที่ประกอบขึ้น" ขณะที่เดสคาร์ตให้นิยามว่า "สสารหมายถึงสิ่งในตัวเอง" อย่างไรก็ตาม สสารตามแนวคิดทั้งสองนี้ล้วนเป็นสิ่งที่ถูกกระทำหรือมีความเฉื่อย ในแนวคิดของอริสโตเติล สสารและความรู้จักคิด (เป็นรูป) มีอยู่ในความสัมพันธ์แบบอาศัยกัน ขณะที่เดสคาร์ต กล่าวว่า สสารและความรู้จักคิด (เป็นจิต) ตรงข้ามกันอย่างสิ้นเชิง เป็นสารที่ไม่ขึ้นต่อกัน (independent substances)

แม้ว่าอริสโตเติลถือว่าธาตุไฟ น้ำ ลม ดิน เป็นหน่วยโครงสร้างพื้นฐานของสารทั้งมวล แต่ธาตุทั้งสี่ไม่สามารถเกิดร่วมกันได้ทั้งหมดในสสารหนึ่งๆ ดังที่เขาได้แย้งไว้ว่า "มันเป็นไปไม่ได้ที่ของสิ่งเดียวกันจะมีทั้งลักษณะร้อนและเย็น, ชื้นและแห้ง" ทั้งนี้เป็นเพราะอริสโตเติลบ่งลักษณะธาตุด้วยลักษณะค่าความร้อนและความชื้น... ธาตุไฟมีลักษณะร้อนและแห้ง ธาตุลมมีลักษณะร้อนและชื้น ธาตุน้ำมีลักษณะเย็นและชื้น ธาตุดินมีลักษณะเย็นและแห้ง โดยวิธีคิดเช่นนี้ อริสโตเติลจึงบ่งลักษณะสารไร้ธาตุด้วยคุณสมบัติปฐมภูมิที่มีค่าเป็นกลางคือความอุ่นและความชื้น[4]

ด้วยเหตุที่อริสโตเติลสนับสนุนทฤษฎีของเอ็มพีโดเคิลส์ ทฤษฎีของเอ็มพีโดเคิลส์จึงได้รับการเชื่อถือมานานกว่าสองพันปี แม้ว่าปราศจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ก็ตาม ต่อมา โรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle)ได้ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เขาสนับสนุน "ปรัชญากลศาสตร์" ที่มีความเห็นว่าจักรวาลคล้ายกับเครื่องจักรกลหรือนาฬิกาขนาดใหญ่ ปรากฏการณ์ธรรมชาติทั้งหมดอธิบายได้โดยอาศัยการทำงานของเครื่องกล เขาสนับสนุนให้วิทยาศาสตร์เคมีตั้งสมมุติฐานบนทฤษฎีอนุภาค (อีกชื่อหนึ่งของอะตอม) ดังที่กล่าวว่าทุกสิ่งทุกอย่างล้วนประกอบขึ้นจากอนุภาคที่เล็กมากของสสารในเอกภพ (แต่สามารถแบ่งได้) อนุภาคเหล่านี้แตกต่างกันเพียงรูปร่างและการเคลื่อนที่ งานเขียนของเขาในหนังสือ *นักเคมีที่ช่างสงสัย (The Sceptical Chymist)* ได้ทำลายความเชื่อแบบอริสโตเติลในสมัยนั้น[5]

---

[3] So, extension in length, breadth, and depth, constitutes the nature of bodily substance; and thought constitutes the nature of thinking substance. And everything else which can be attributed to body presupposes extension, and is only a mode of that which is extended – *René Descartes,* Principles of Philosophy

[4] (DG II.3, 330a30–330b5). "it is impossible for the same thing to be hot and cold, or moist and dry … Fire is hot and dry, whereas Air is hot and moist …; and Water is cold and moist, while Earth is cold and dry". See Standford Encyclopedia of Philosophy on website http://plato.stanford.edu/entries/chemistry/#SubEleCheCom

[5] His contributions to chemistry were based on a mechanical "corpuscularian hypothesis"—a brand of atomism which claimed that everything was composed of minute (but not indivisible) particles of

๕.๓.๔ คุณสมบัติทางกายภาพของสสาร

ในราวพุทธศตวรรษที่ ๒๑ และ ๒๒ มีเหตุการณ์สำคัญๆช่วยสนับสนุนทฤษฎีว่า สสารประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ที่ไม่สามารถตัดแบ่งออกไปได้อีก เช่นในพ.ศ. ๒๑๘๖ อีแวนเจลิสตา ทอร์ริเซลลี (Evangelista Toricelli) นักคณิตศาสตร์ชาวอิตาเลียน ศิษย์ของกาลิเลโอ ได้แสดงให้เห็นว่าอากาศมีน้ำหนักและสามารถอัดอากาศลงในแท่งปรอทเหลว (ประดิษฐ์กรรมเครื่องมือที่เรียกว่าบารอมิเตอร์) สิ่งที่ค้นพบนี้ทำให้ตื่นตลึง เพราะอากาศซึ่งเป็นสสารที่เราเห็นไม่ได้ รู้สึกไม่ได้ ดมกลิ่นไม่ได้แต่มีน้ำหนัก ฉะนั้นอากาศจึงต้องมีบางสิ่งที่มีลักษณะทางกายภาพที่มนุษย์ไม่สามารถเห็นหรือสัมผัสได้

แดเนียล เบอร์นูลลี (Daniel Bernoulli พ.ศ. ๒๒๔๓-๒๓๒๕) นักคณิตศาสตร์ชาวสวิส เสนอคำตอบโดยพัฒนาทฤษฎีว่า อากาศและแก๊สอื่นๆ ประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้และเกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ครอบครองปริภูมิ-ที่ว่างในอากาศ (space) มีปริมาตร แม้อนุภาคเล็กๆ เหล่านี้สัมผัสไม่ได้ เพราะต่างจากอนุภาคของก้อนหินที่ไม่เคลื่อนที่ แต่อนุภาคเล็กๆ เหล่านี้สามารถเคลื่อนที่อยู่ข้างๆ มือหรือร่างกายมนุษย์ที่เคลื่อนไหวผ่านอนุภาคของอากาศ เบอร์นูลลีให้เหตุผลว่า ถ้าอนุภาคเหล่านี้ไม่มีการเคลื่อนที่ หรืออยู่คงที่ อนุภาคเหล่านี้ควรตกกระจายบนพื้นคล้ายอนุภาคฝุ่น ดังนั้นเขาจึงวาดภาพอนุภาคของอากาศคล้ายลูกบิลเลียดที่เคลื่อนที่ขึ้นลงตลอดเวลา

ในยุคนี้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านศึกษาโลกธรรมชาติ หลังจากที่เบอร์นูลลีได้เสนอทฤษฎีของเขา ในพ.ศ.๒๓๑๖ โจเซฟ พริสท์ลี (Joseph Priestley พ.ศ.๒๒๗๖-๒๓๔๗) ได้เริ่มทดลองศึกษาปรอทขี้โลหะที่มีลักษณะคล้ายหินสีแดง เมื่อถูกความร้อน จะกลายเป็นปรอทที่มีลักษณะเป็นโลหะเหลวสีเงิน พริสท์ลีสังเกตุว่าปรอทที่มีขี้โลหะเมื่อถูกความร้อนแล้ว กลายเป็นปรอทเหลว และยังมีสสารอีกชนิดหนึ่งเป็นลักษณะแก๊สเกิดขึ้นด้วย พริสท์ลี พยายามเก็บบรรจุแก๊สอย่างระมัดระวังในภาชนะแก้วเพื่อศึกษา การค้นพบของพริสท์ลีนี้แสดงให้เห็นว่าสสารสามารถรวมตัวกันหรือแยกออกจากกัน เกิดเป็นสสารใหม่ที่มีคุณสมบัติต่างไปจากเดิม แก๊สที่ไร้สีไร้กลิ่นสามารถรวมตัวกับปรอทเหลวสีเงิน กลายเป็นปรอทขี้โลหะที่มีลักษณะเป็นก้อนแร่สีแดง

ในยุคนั้นนักวิทยาศาสตร์ทั่วไปจะทราบว่า กรดเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะจะได้แก๊สชนิดหนึ่งที่ติดไฟได้ แอนโทนี ลาวัวซิเอร์ Antoine Lavoisier (พ.ศ. ๒๒๘๖-๒๓๓๗) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส บิดาแห่งเคมียุคใหม่ (father of modern chemistry) ได้ตั้งชื่อแก๊สนี้ว่าโฟลจิสตัน (pholgiston) ลาวัวซิเอร์ได้ทำการทดลองผสมแก๊สสองชนิดเข้าด้วยกัน คือ โฟลจิสตัน และอ็อกซิเจนในภาชนะแก้วปิด เขาเห็นโฟลจิสตันลุกไหม้ทันทีเมื่อมีออกซิเจน และหลังจากนั้นเขาก็เห็นหยดน้ำเล็กๆ ในภาชนะแก้วนั้น ด้วยการทดลองอย่างระมัดระวัง เขาค้นพบว่า น้ำเกิดจากปฏิกิริยาของโฟลจิสตัน และออกซิเจน ดังนั้นเขาจึงเรียกชื่อใหม่ของโฟลจิสตันว่า ไฮโดรเจน ซึ่งมาจากภาษากรีก

---

a single universal matter and that these particles were only differentiable by their shape and motion. See http://www.britannica.com/EBchecked/topic/76496/Robert-Boyle

แปลว่า "ผู้ทำให้เกิดน้ำ" ลาวัวซิเอร์ได้ทำการทดลองเผาไหม้สารอื่นๆอีก เช่นฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ในอากาศ และแสดงให้เห็นว่าสารทั้งสองนั้นสามารถผสมกับอากาศกลายเป็นสารใหม่ สารใหม่นี้มีน้ำหนักมากกว่าสารตั้งต้น นอกจากนั้นแล้ว ลาวัวซิเอร์ยังแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของสารใหม่ที่ได้นั้นจะสูญหายไปในอากาศเมื่อสสารถูกเผาไหม้ จากการเฝ้าสังเกตุการทดลองนี้ ลาวัวซิเอร์จึงได้ตั้งกฎการอนุรักษ์มวลสาร (the Law of Conservation of Mass) ซึ่งกล่าวไว้ว่า มวลสารไม่ได้สูญหายหรือเพิ่มขึ้นระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาเคมี

กฎนี้ได้ทำให้เกิดการทดลองทางเคมีอย่างมากในพุทธศตวรรษที่ ๒๓ และจากการทดลองของลาวัวซิเอร์ เขาได้ทำบัญชีรายชื่อของธาตุๆไว้ พร้อมกับรายชื่อธาตุที่ค้นพบใหม่ๆ เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ฮัมฟรี เดวีย์ (Humphrey Davy) สามารถแยกธาตุโซเดียมและโปแตสเซียมโดยวิธีการแยกสารด้วยไฟฟ้า (electrolysis), พบว่าดินเป็นสารประกอบ ฯลฯ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองมีจำนวนมากขึ้นๆ นักเคมีชื่อ ดมิตริ เมนเดลิฟ (Dmitri Mendeleev) จึงพิจารณาแยกแยะข้อมูลพร้อมจัดระเบียบข้อมูลเข้าเป็นหมวดหมู่และหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ เมนเดลิฟพบว่าธาตุบางธาตุมีคุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายกัน จึงจัดหมวดหมู่ให้กับธาตุนั้น โดยคิดทำตารางธาตุ (periodic table) ซึ่งแบ่งธาตุที่มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ในตารางนี้ปรากฏว่ามีช่องว่างเกิดขึ้นเป็นระยะ ช่องว่างนี้เป็นช่องว่างสำหรับธาตุที่ยังไม่ถูกค้นพบ ซึ่งนักเคมียุคต่อมาได้พบธาตุใหม่เป็นจำนวนมากแล้วนำมาเติมช่องว่างในตารางธาตุของเมนเดลิฟ

๕.๓.๕ แนวคิดทฤษฎีอะตอมใหม่

ทฤษฎีอะตอมใหม่ได้พัฒนาขึ้นด้วยความรู้ในทางเคมี โดยนักเคมีคือ พริสท์ลี และลาวัวซิเอร์ ตลอดทั้งนักวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้วางรากฐานทางด้านเคมีไว้ การทดลองของพวกเขาแสดงให้เห็นว่าสารบางชนิดสามารถผสมกับสารอื่นเพื่อได้สารใหม่ และสารต่างๆ ก็สามารถแยกตัวออกจากกันเพื่อให้เกิดสารตั้งต้นธรรมดา รวมทั้งมี"ธาตุ"บางตัวที่ไม่สามารถทอนลงได้อีก เพื่อที่จะตอบผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตนี้ จอห์น ดาลตัน (John Dalton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ จึงได้พัฒนาทฤษฎีอะตอมขึ้นใหม่ ในปี พ.ศ. ๒๓๔๖

ดาลตันมีนิสัยประจำอย่างหนึ่งคือ มักจะชอบจดบันทึกลักษณะภูมิอากาศ ที่บ้านเกิดของเขาคือเมืองแมนเชสเตอร์ประเทศอังกฤษ เขามักจะเฝ้าสังเกตหมอกในตอนเช้าและสภาพอากาศอื่นๆ ดาลตันทราบดีว่าน้ำสามารถอยู่ในสถานะแก๊สที่ผสมปนอากาศและครอบครองที่ว่างในอากาศ (space) เช่นเดียวกับอากาศ ซึ่งต่างจากสถานะของแข็งที่ไม่สามารถใช้เนื้อที่เดียวกันในอวกาศกับสถานะของแข็งชนิดอื่น ตัวอย่างเช่น น้ำแข็งไม่สามารถผสมปนกับอากาศ ฉะนั้นต้องมีสิ่งหนึ่งบางประการที่ทำให้บางครั้งน้ำอยู่ในสถานะของแข็งและบางครั้งในสถานะของเหลว ดาลตันทราบดีว่าสสารทุกชนิดต้องประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ อนุภาคเหล่านั้นเมื่ออยู่ในสถานะแก๊ส จะล่องลอยอย่างอิสระและสามารถผสมปนกับแก๊สอื่นๆ ได้ ดังที่เบอร์นูลลีได้เสนอความคิดนี้ไว้ แต่ดาลตันได้เพิ่มเติมว่าสามารถประยุกต์ใช้ได้กับสสารทั้งมวล คือแก๊ส ของเหลว และของแข็ง ดาลตันจึงเสนอทฤษฎี

อะตอมในปีพ.ศ. ๒๓๔๖ และต่อมาได้ปรับปรุงแนวคิดเป็นทฤษฎีอะตอมคลาสสิคในพ.ศ. ๒๓๕๑ เมื่อประมาณ ๒๐๐ ปีที่ผ่านมานี้ ในบทความเรื่องปรัชญาเคมีระบบใหม่ (*A New System of Chemical Philosophy*)

ทฤษฎีของดาลตันประกอบแนวคิดที่สำคัญ ๔ ประการ คือ

๑. สสารทั้งมวลประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ที่แบ่งตัดไม่ได้อีกต่อไป ที่เรียกว่าอะตอม เบอร์นูลลี ดาลตัน และนักวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้วาดภาพอะตอมเป็นทรงกลมคล้ายลูกบิลเลียด ที่มีทิศทางการเคลื่อนที่หลายทิศทาง ถึงแม้ว่าแนวคิดนี้จะมีประโยชน์และช่วยให้เข้าใจอะตอม แต่ก็ยังไม่ถูกต้องดังที่เราเห็นในหน่วยแบบมาตรฐานของทฤษฎีอะตอมในเวลาต่อมา

๒. อะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะเหมือนกัน อะตอมของธาตุต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติต่างกัน เช่นทุกๆ อะตอมของธาตุอ็อกซิเจนจะเหมือนกัน อะตอมของธาตุต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน เช่นอ็อกซิเจนและปรอท ดาลตันจำแนกธาตุตามน้ำหนักอะตอม อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการค้นพบไอโซโทปของธาตุต่างๆ ในปลายพุทธศตวรรษที่ ๒๓ แนวคิดนี้ก็ได้เริ่มเปลี่ยนไป

๓. ปฏิกิริยาเคมีเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการรวมตัวของอะตอม ไม่ใช่การทำลายอะตอม ในปฏิกิริยาเคมีอะตอมทั้งหลายถูกทำลายไม่ได้ เปลี่ยนแปลงไม่ได้ ดังเช่นพวกสารประกอบทั้งหลาย เช่น น้ำ ปรอทขี้โลหะ เกิดจากการรวมตัวของอะตอมหนึ่งกับอีกอะตอมหนึ่งในทางเคมี นี่เป็นแนวคิดใหม่ล่าสุดสำหรับในเวลานั้น เพราะอีก ๑๐๐ ปีต่อมา นักวิทยาศาสตร์จึงเริ่มอธิบายแนวคิดพันธะเคมี (chemical bonding)

๔. เมื่อธาตุต่างๆ ทำปฏิกิริยาเกิดสารประกอบขึ้น ธาตุเหล่านั้นจะทำปฏิกิริยากันตามโครงสร้างที่กำหนดไว้ด้วยสัดส่วนเต็มจำนวน ปฏิกิริยาเคมีไม่ได้เกิดขึ้นอย่างไร้ทิศทาง กระบวนการดำเนินไปอย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และตามสูตรที่กำหนดไว้

แนวคิดที่ว่าสารประกอบมีสูตรทางเคมีที่แน่นอน เริ่มตั้งแต่ในต้นพุทธศตวรรษที่ ๒๓ โดยนักเคมีชาวฝรั่งเศสชื่อ โจเซฟ หลุยส์ เพราสท์ (Joseph Louis Proust) เพราสท์แสดงให้เห็นว่า การทดลองทุกครั้งที่เขาใช้ธาตุต่างๆ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ธาตุทั้งหลายนั้นจะทำปฏิกิริยาด้วยสัดส่วนที่แน่นอน เช่น ไฮโดรเจนสองส่วนทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนหนึ่งส่วนเสมอเพื่อให้เกิดน้ำ ปรอทหนึ่งส่วนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหนึ่งส่วนเสมอเพื่อเกิดปรอทขี้โลหะ ดาลตันจึงใช้กฎสัดส่วนที่คงที่แน่นอนของเพราสท์ในการพัฒนาทฤษฎีอะตอมมิคของเขา ในการทดลอง อัตราส่วนของไฮโดรเจนต่อออกซิเจนต่อน้ำจะเป็น ๒: ๑: ๑ เสมอ เมื่อสารตั้งต้นมีจำนวนเกินสัดส่วนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา สารตั้งต้นที่เกินนั้นก็จะยังคงเหลือหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว

ความเข้าใจเรื่องธาตุ (element) ในวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ที่มีความเฟื่องฟูทางเคมี ทำให้คำจำกัดความของคำว่า “ธาตุ” (ดิน น้ำ ลม ไฟ) ในสมัยกรีกโบราณได้ถูกหักล้างไป คำว่า “ธาตุ” มีความหมายใหม่ ว่าเป็นธาตุมูลฐาน ซึ่งในปัจจุบันได้ให้คำจำกัดความลงไปอีกว่า เป็นธาตุมูลฐานที่ไม่สามารถทำลายลงต่อไปอีกด้วยวิธีทางเคมี ธาตุทั้งหลายเป็นโครงสร้างใหญ่ของจักรวาล ในทางเคมี ถึงแม้ว่าธาตุ ๑ หน่วย จะเรียกว่า อะตอม อะตอมเป็นหน่วยพื้นฐานที่สุดของวัตถุที่อยู่ในโลก

รอบๆตัวเรา อะตอมแต่ละอะตอมดำรงคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ตามธาตุหลักเดิมของตน แบบจำลองของอะตอมในยุคของดาลตันเป็นรูปทรงกลมกลวงคล้ายลูกบิลเลียด

ในพุทธศตวรรษที่ ๒๓ หลังจากที่มีการพัฒนาตารางธาตุในทางเคมีเกิดขึ้นแล้ว และทฤษฎีอะตอมก็ได้พัฒนาขึ้น ดังนั้นอะตอมจึงถูกเห็นว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสสาร อะตอมอยู่ในรูปของโมเลกุลและสารประกอบ คำว่า “สสาร” ได้เป็นที่ถกเถียงกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญา มีหนังสือเล่มหนึ่งได้เขียนสรุปเรื่องสสารตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๔๑๓ อธิบายคำว่าสสารว่าคือสิ่งที่ประดิษฐ์ขึ้นจากอะตอม ธาตุคือสารที่ไม่สามารถทำลายลงเป็นสารอื่นได้ด้วยทางเคมีทั่วไป ธาตุไม่สามารถถูกทำลายด้วยกรด ตัวอย่าง เช่นไม่สามารถเปลี่ยนด้วยกระแสไฟฟ้า แสง หรือความร้อน แต่สามารถแยกธาตุได้โดยกระแสไฟฟ้า การทดลองที่เป็นที่รู้จักกันดีทั่วไปคือ การผ่านกระแสไฟฟ้าลงในโมเลกุลน้ำจะได้ธาตุออกซิเจน ๑ อะตอม และธาตุไฮโดรเจน ๒ อะตอม

แนวคิดเรื่องธาตุในทางเคมีเป็นเพียงเสี้ยวหนึ่งของความหมายของธาตุในปัจจุบัน ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่ง เปรียบเทียบเหมือนกับคน ที่ไม่เพียงดูความแตกต่างจากคนอื่น แต่ยังดูการกระทำที่แตกต่างด้วย ดังนั้นธาตุจึงมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี การค้นพบธาตุใหม่ๆในตารางธาตุของเมนเดลิฟ ไม่ได้หมายความว่าเป็นการค้นพบคุณสมบัติทางเคมีเฉพาะตัวของธาตุใหม่เท่านั้น แต่เป็นการค้นพบน้ำหนักอะตอมของธาตุที่เข้าได้กับช่องในตารางธาตุ สิ่งที่เป็นเรื่องท้าทายยิ่งไปกว่านั้นคือพวกอะตอมที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี ในตอนต้นอะตอมเหล่านี้สามารถถูกแยกออกมาในปริมาณเล็กน้อยมาก วิธีตรงใช้ในการหาสมบัติเฉพาะตัวโดยคุณสมบัติทางเคมีจึงเป็นไปไม่ได้ แต่เป็นการแผ่พลังงานรังสี หรือแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมเหล่านี้ ต่อมาอะตอมกัมมันภาพรังสีพวกนี้สามารถจัดประเภทกับเคมีดั้งเดิม จึงเรียกอะตอมเหล่านี้ว่าเป็นธาตุใหม่ ในยุคเมนเดลิฟ มีการค้นพบธาตุประมาณ ๖๐ กว่าชนิด (ในปัจจุบันทราบแล้วมากกว่า ๑๑๐ ชนิด) ในยุคของเมนเดลิฟ อะตอมถือว่าเป็นอนุภาคพื้นฐานของสสาร โครงสร้างของอะตอมที่เป็นอิเล็กตรอน โปรตรอน และนิวตรอน เป็นสิ่งที่ค้นพบต่อมาภายหลัง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ในยุคของเมเดลิฟทราบก็เป็นเพียงน้ำหนักอะตอมของแต่ละธาตุ เป็นน้ำหนักของอะตอมเมื่อเทียบกับอะตอมของไฮโดรเจน ซึ่งเป็นธาตุที่เบาที่สุด

โดยแท้จริงแล้ว สสารเป็นสิ่งที่แสดงได้ด้วยเลขอะตอมของธาตุ คือจำนวนอิเล็กตรอนของอะตอมที่โคจรรอบ ซึ่งมอสเลย์ (Moseley) วัดได้จาก รังสีเอ็กซ์ ตั้งแต่นั้นมาธาตุต่างๆ ในตารางธาตุจึงจัดเรียงใหม่ตามเลขอะตอม จนกระทั่งเมื่อมีการพัฒนากลศาสตร์ควอนตัมในพ.ศ. ๒๔๖๓ เป็นต้นมา นักวิทยาศาสตร์จึงหาคำตอบได้ว่าอิเล็กตรอนจัดระเบียบตนเองอย่างไรจึงให้ธาตุที่มีคุณสมบัติต่างๆ [6]ในปัจจุบัน ชื่อทางเคมีรวมทั้งการจำกัดความของคำว่า “ธาตุ” ได้จัดเป็นระบบโดย สหภาพนานาชาติด้านเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ (The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)) ในปีพ.ศ.๒๔๖๖ โดย IUPAC ใช้มาตรฐานของธาตุตามหลักเมนเดลิฟ แต่เรียง

[6] http://www.aip.org/history/curie/periodic.htm

ธาตุตามเลขอะตอม(atomic number) คือเรียงตามจำนวนโปรตรอนของอะตอมธาตุที่เป็นกลาง แทนการเรียงตามน้ำหนักอะตอม (atomic weight) ในแบบเดิม

๕.๓.๖ ทฤษฎีอะตอมยุคปัจจุบัน

ทฤษฎีอะตอมได้มีการพัฒนาขึ้นอีกราว ๑๐๐ ปีที่ผ่านมา โดยการทดลองทางฟิสิกส์ ในพ.ศ. ๒๔๕๔ ทฤษฎีที่ว่าอะตอมเป็นอนุภาคที่ไม่อาจแบ่งแยกนี้ได้ถูกหักล้างโดยการทดลองของลอร์ด เออร์เนสท์ รัทเธอร์ฟอร์ด (Lord Ernest Rutherford) นักวิทยาศาสตร์ด้านฟิสิกส์ชาวนิวซีแลนด์ รัทเธอร์ฟอร์ดได้ทดลองยิงอนุภาคแอลฟาของแสงผ่านแผ่นทองบาง ขนาด ๐.๐๐๐๔ เซนติเมตร รังสีแอลฟาเป็นที่ทราบกันว่าคือ อะตอมฮีเลียมที่มีประจุบวก อนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่ทะลุผ่านแผ่นทองเลยไปส่องแสงเป็นประกายบนจอภาพที่อยู่ถัดไป มีอนุภาคแอลฟาจำนวนเล็กน้อยที่เบี่ยงเบนทำมุมไปเล็กน้อย และยังพบอีกว่ามีอนุภาคแอลฟาจำนวนหนึ่งในสองหมื่นที่เบี่ยงเบนไป ๑๔๕ องศา จากรังสีที่ยิงไป รัทเธอร์ฟอร์ดประหลาดใจมากถึงกับอุทานว่า “เกือบจะเป็นเรื่องเหลือเชื่อ มันเหมือนกับการที่ท่านยิงกระสุนปืนใหญ่ขนาด ๑๕ นิ้ว ไปที่กระดาษทิชชูและกระสุนสะท้อนกลับมาหาท่าน” รัทเธอร์ฟอร์ดได้ข้อสรุปจากการทดลองครั้งนี้ว่า การกระจายอนุภาคแอลฟาเกิดขึ้น เนื่องจากอนุภาคแอลฟา[7]สามารถถูกเหนี่ยวนำโดยพลังอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้อง และ “ชน” กับ มวลของอะตอมที่เขาเรียกว่านิวเคลียส

รัทเธอร์ฟอร์ดได้สร้างแบบจำลองของอะตอมขึ้นใหม่ โดยมีประจุบวกทั้งหมดแออัดกันในก้อนนิวเคลียสเล็กๆ ที่มีขนาดเล็กกว่าอะตอม ๑ อะตอม ประมาณหนึ่งแสนเท่า, เปรียบได้กับลูกหิน ๑ ลูก ในใจกลางสนามฟุตบอล อนุภาคอิเล็กตรอนจะเบากว่ามาก ซึ่งรัทเธอร์ฟอร์ดสมมุติว่าอิเล็กตรอนวางอยู่นอกนิวเคลียส แบบจำลองนี้สร้างความพิศวงให้กับทุกคน เพราะอะตอมของดาวเคราะห์, คน, หรือเปียนโน และสิ่งต่างๆ อื่นๆ ประกอบขึ้นจากสิ่งที่เกือบทั้งหมดเป็นช่องว่าง แบบจำลองนิวเคลียร์อะตอมของรัทเธอร์ฟอร์ดเป็นก้าวแรกที่สำคัญในการทำความเข้าใจธรรมชาติในระดับอนุภาคเล็กๆ แม้ว่าการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาจะให้รายละเอียดต่างๆ มากมาย แต่ก็ยังไม่สามารถตอบปัญหาได้ว่า ทำไมนิวเคลียสรวมสิ่งที่อยู่ด้วยซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกจึงไม่ดูดอิเล็กตรอนเข้าหากัน รัทเธอร์ฟอร์ด ได้แย้งและเปรียบเทียบแบบจำลองอะตอม มีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียสคล้ายการโคจรของระบบสุริยะ (ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์)

หลังจากการค้นพบนิวเคลียสของรัทเธอร์ ฟอร์ดแล้ว ทำให้นักวิทยาศาสตร์อื่นค้นพบส่วนประกอบต่างๆ ของอะตอมตามลำดับดังนี้[8] คือมีการค้นพบอิเล็กตรอนในพ.ศ. ๒๔๔๐ ค้นพบนิวเคลียสของอะตอมในพ.ศ.๒๔๕๔ ซึ่งทำให้ทราบว่าอะตอมแท้ที่จริงแล้วประกอบด้วยกลุ่มก้อน

---

[7] ในราว ๑๐ ปีก่อนการทดลองของรัทเธอร์ฟอร์ด อนุภาคแอลฟาเคยมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ารังสีแอลฟา ถือว่าเป็นกัมมันตภาพรังสีชนิดหนึ่งที่ได้จากอนุภาคกัมมันตภาพรังสี เช่นยูเรเนียม เป็นสิ่งที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากและมีประจุบวก (ปัจจุบันทราบกันดีว่าคือ นิวเคลียสฮีเลียมที่มีความเร็วสูง)

[8] http://www.britannica.com/EBchecked/topic/570533/subatomic-particle

อิเล็กตรอนที่ล้อมรอบใจกลางที่เล็กมากและทึบ มวลของอะตอมเกือบทั้งหมดจะอยู่ที่นิวเคลียส และในราวปีพ.ศ. ๒๔๗๓ ได้มีการค้นพบว่านิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กลงไปอีก คือ โปรตรอนและนิวตรอน ล่าสุดในพ.ศ. ๒๔๗๕ ค้นพบนิวตรอนโดยเจมส์ แช็ดวิค (James Shadwick) ซึ่งทำให้ได้ภาพโครงสร้างของอะตอมที่สมบูรณ์ นับได้ว่าเข้าสู่ยุคฟิสิกส์ที่เรียกว่า อนุภาคฟิสิกส์ (particle physics) นอกจากนั้นยังสามารถค้นพบขนาดของอะตอมซึ่งมีขนาดเล็กมาก เปรียบเทียบให้เห็นถึงขนาดของอะตอมไว้ว่า หัวเข็มหมุดหนึ่งหัวประกอบด้วยอะตอมจำนวน ๖๐,๐๐๐ ล้านอะตอม!

การอธิบายโครงสร้างของอะตอมโดยรัทเธอร์ฟอร์ด และการทดลองของนักวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้หักล้างทฤษฎีเก่าที่เคยเชื่อว่าอะตอมเป็นสิ่งที่ตัดแบ่งไม่ได้ นักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันได้เสนอภาพโครงสร้างของอะตอมที่สมบูรณ์ จากการค้นพบว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลงไปอีก ๓ ส่วนคือ โปรตรอน และนิวตรอน แต่ละอนุภาคมีคุณสมบัติทางพลังงานที่ต่างกัน นั่นคืออิเล็กตรอน อิเล็กตรอนเป็นมวลที่มีประจุไฟฟ้าลบ อิเล็กตรอนนี้คอยวิ่งวนรอบๆ จุดศูนย์กลางคือนิวเคลียสตลอดเวลา ภายในนิวเคลียสมีโปรตรอนและนิวตรอนรวมอยู่ด้วยกัน โปรตรอนเป็นมวลที่มีประจุไฟฟ้าบวก นิวตรอนเป็นมวลที่ไม่แสดงประจุไฟฟ้า (ยกเว้น อะตอมของไฮโดรเจน ๑ อะตอม จะไม่มีนิวตรอน และไฮโดรเจนที่มีประจุบวก จะไม่มีอีเลคตรอน) ทั้งอิเล็กตรอน โปรตรอน และนิวตรอนต่างอาศัยซึ่งกันและกันเพื่อให้เป็นวัตถุที่มีพลังงานอยู่ในภาวะสมดุลย์ เมื่อใดก็ตามที่มีผู้พยายามทำให้นิวเคลียสของอะตอมแตกกระจัดกระจายโดยฉับพลัน (fission) เมื่อนั้นมวลของอะตอมก็จะกลายเป็นพลังงาน

ในช่วงปีพ.ศ. ๒๔๔๓-๒๔๖๘ เป็นช่วงที่นักฟิสิกส์ได้คิดค้นทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับอนุภาคเล็กๆโดยอาศัยหลักการแนวคิดตามทฤษฎีควอนตัม (ก่อนกลศาสตร์ควอนตัมยุคใหม่) ที่มาแทนที่ฟิสิกส์แบบดั้งเดิม ในวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับสสาร พลังงาน การเคลื่อนไหว และแรง คำว่าควอนตัม คือส่วนเอกภาพซึ่งปรากฏอยู่จริงทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำที่มีขนาดหรือปริมาณน้อยมาก ด้วยแนวคิดพื้นฐานที่ว่าคุณสมบัติทางกายภาพสามารถเปลี่ยนค่าได้ (quantized) โดยอ้างถึง “สมมุติฐานการเปลี่ยนค่า” หมายความว่าขนาดหรือปริมาณสามารถรับเข้ามาเพียงค่าจำนวนหนึ่งซึ่งแยกกัน คำที่มีความเกี่ยวข้องคือ เลขควอนตัม (quantum number) ตัวอย่างของส่วนเอกภาพซึ่งปรากฏอยู่จริงที่เปลี่ยนค่าได้ เช่นพลังงานแสง ที่สามารถอยู่ในรูปของทั้งคลื่นและอนุภาค การถ่ายเทของอนุภาคของสสาร (เรียกว่า เฟอร์มิออนส์) เมื่อรวมเข้าไว้ในกลศาสตร์ควอนตัม สิ่งนี้จึงถือว่าเป็นพื้นฐานส่วนหนึ่งเพื่อการเข้าใจและการอธิบายธรรมชาติที่อยู่ในระดับที่เล็กมาก โดนทั่วไปแล้วควอนตัมจะถูกนึกถึงว่าเป็นสิ่งที่รวมกันเป็นก้อนหย่อมๆที่มีพลังงานสะสมอยู่ แมกซ์แพลงค์ (Max Planck) อธิบายว่าควอนตัมเป็นกลุ่มอนุภาคเล็กๆที่สามารถเปลี่ยนรูปได้ (หมายความว่าอนุภาคเล็กๆ เหล่านี้สามารถถูกดูดซึมหรือถูกปลดปล่อยออกมาได้) ปรากฏการณ์นี้สามารถสังเกตได้ในกรณีของการแผ่รังสีของวัตถุสีดำ เมื่อมันมีสภาพที่ถูกทำให้ร้อนหรือเย็น

หลังจากที่นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนวคิดทำให้เกิดการประดิษฐ์เครื่องเร่งอนุภาค (particle accelerators) และเครื่องจับอนุภาค (particle detectors) ซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาผล

ของอะตอมที่เคลื่อนที่ด้วยพลังงานเร็วสูง ซึ่งทำให้ความรู้เกี่ยวกับอะตอมก้าวหน้าขึ้นไปอีกระดับหนึ่ง นิวตรอนและโปรตรอนถูกค้นพบว่าเป็นแฮดรอน โปรตรอนประกอบขึ้นจากอนุภาคที่เล็กลงไปอีกที่เรียกว่า ควาร์ก นิวเคลียร์ฟิสิกส์ได้รับการพัฒนาจนสามารถอธิบายคุณสมบัติของนิวเคลียสได้สำเร็จโดยใช้คำว่า อนุภาคปรมาณู (sub-atomic particles) และพลังที่กระทำซึ่งกันและกัน

๕.๓.๗ อนุภาคควาร์ก

แนวคิดสมัยใหม่เรื่องสสารได้รับการขัดเกลาอีกหลายครั้งในประวัติศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน ได้ค้นพบอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอะตอม โดยบัญญัติศัพท์เฉพาะขึ้นใหม่ เรียกว่า ควาร์ก (quark) ในปี พ.ศ. ๒๕๐๗ นักฟิสิกส์อิสระ ๒ คน คือ เมอร์เรย์ เกลล์-แมนน์ (Murray Gell-Mann) และ จอร์จ ซวิก (George Zwig) นำเสนอแบบจำลองควาร์ก ซึ่งเสนอว่า ควาร์กคืออนุภาคมูลฐาน อนุภาคปฐมภูมิหรือปฐมอนุภาค (elementary particle) และเป็นส่วนประกอบมูลฐานสำคัญของวัตถุในทางวิทยาศาสตร์ อนุภาคมูลฐานนี้ได้แก่ อีเลคตรอนและควาร์กซึ่งมีโครงสร้างที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ทั้งอีเลคตรอนและควาร์กไม่สามารลดหรือแบ่งแยกเป็นส่วนประกอบที่เล็กลงได้อีก ซึ่งในวิทยาศาสตร์ยุคดั้งเดิมถือว่าอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ไม่สามารถแบ่งย่อยลงไปอีกคือโปรตรอน แต่จากการทดลองทางฟิสิกส์ทำให้ทราบว่า แท้ที่จริงโปรตรอนประกอบด้วยควาร์กชนิดต่างๆ ฉะนั้นอนุภาคปรมาณู (sub-atomic particle) จึงหมายถึงอนุภาคมูลฐาน คืออีเลคตรอน, ควาร์ก, และอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นที่เกิดจากควาร์ก แม้ว่าอิเล็กตรอนและควาร์กจะเป็นอนุภาคมูลฐาน แต่ทั้งสองก็มีคุณสมบัติที่ต่างกันหลายประการ[9]

แฮดรอน (hadron) มาจากภาษากรีกที่แปลว่า “แข็ง” หมายถึงอนุภาคทั้งหลายที่สร้างขึ้นจากควาร์กและสามารถชนกับแรงกระทำชนิดแข็ง (strong force) ตัวอย่างของแฮดรอนที่พบได้มากที่สุดคือ โปรตรอนและนิวตรอน [10]

เลปตอน (lepton) เป็นอนุภาคปรมาณูที่สามารถโต้ตอบแรงแม่เหล็กไฟฟ้า, แรงกระทำชนิดอ่อน, และแรงโน้มถ่วงโลก และไม่มีผลต่อแรงกระทำชนิดแข็ง เลปตอนอาจนับว่าเป็นอนุภาคมูลฐานได้เพราะเลปตอนไม่สามารถแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยลงไปได้อีก เลปตอนสามารถบรรจุประจุไฟฟ้าได้ถึงหนึ่งหน่วย หรือเป็นกลาง เลปตอนที่มีประจุคือ อีเลคตรอน, มิวออน และเทา ทั้งสามชนิดนี้มีประจุเป็นลบแต่มีมวลสารที่ต่างกัน เลปตอนที่มีประจุไฟฟ้าสามารถมีแรงกระทำกับแรงแม่เหล็กไฟฟ้าได้[11]

---

[9]http://www.britannica.com/EBchecked/topic/570533/subatomic-particle/60729/Elementary-particles

[10] http://www.britannica.com/EBchecked/topic/570533/subatomic-particle/60739/Hadrons

[11]http://www.britannica.com/EBchecked/topic/570533/subatomic-particle/60738/Leptons-and-antileptons

ควาร์กมีอยู่ 6 ชนิด เรียกว่า 6 เฟลเวอร์ (flavor) ได้แก่ อัพ (up), ดาวน์ (down), ชาร์ม (charm), สเตรนจ์ (strange), ท็อป (top), และ บ็อททอม (bottom) ควาร์กแบบอัพและดาวน์เป็นแบบที่มีมวลต่ำที่สุดในบรรดาควาร์กทั้งหมด ควาร์กที่หนักกว่าจะเปลี่ยนแปลงมาเป็นควาร์กแบบอัพและดาวน์อย่างรวดเร็ว โดยผ่านกระบวนการการเสื่อมสลายของอนุภาค (particle decay) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสถานะมวลมากกว่ามาเป็นสถานะมวลต่ำกว่า ด้วยเหตุนี้ ควาร์กแบบอัพและดาวน์จึงเป็นชนิดที่เสถียร และพบได้ทั่วไปมากที่สุดในเอกภพ ขณะที่ควาร์กแบบชาร์ม สเตรนจ์ ท็อป และบ็อททอม จะเกิดขึ้นได้ก็จากการชนที่มีพลังงานสูงเท่านั้น (เช่นที่อยู่ในรังสีคอสมิกและในเครื่องเร่งอนุภาค)

๕.๓.๘ คุณสมบัติควาร์ก

ควาร์กมีคุณสมบัติในตัวหลายประการ ซึ่งรวมถึงประจุไฟฟ้า ประจุสี การหมุน และมวล ควาร์กเป็นอนุภาคมูลฐานเพียงชนิดเดียวในแบบจำลองมาตรฐานของฟิสิกส์อนุภาค ที่สามารถมีแรงกระทำกันกับแรงพื้นฐาน (fundamental forces)ได้ครบหมดทั้ง 4 ชนิด คือ อำนาจดึงดูดโดยแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้า (elrctromagnetism), แรงโน้มถ่วง (gravitation), แรงกระทำกันอย่างเข้ม (strong interaction) และแรงกระทำกันอย่างอ่อน (weak interaction) รวมทั้งยังเป็นอนุภาคเพียงชนิดเดียวเท่าที่รู้จักในปัจจุบัน ที่มีประจุไฟฟ้าที่ไม่ใช่เลขจำนวนเต็มทวีคูณกับประจุมูลฐาน ควาร์กทุกชนิดจะมีคู่ปฏิอนุภาค เรียกชื่อว่า แอนติควาร์ก (antiquark) ซึ่งมีความแตกต่างกับควาร์กในคุณสมบัติเกี่ยวกับจำนวนค่าที่มีขนาดเท่ากันแต่สัญลักษณ์ตรงข้าม

หลักฐานการทดลองที่แสดงถึงการมีอยู่จริงของควาร์กมีไม่มากนัก จนกระทั่งในปี พ.ศ. ๒๕๑๓ มีการทดลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Deep inelastic scattering) ที่ห้องทดลองการเร่งอนุภาคแห่งชาติ SLAC (SLAC National Accelerator Laboratory) ทำให้เริ่มมีการสังเกตเฟลเวอร์ทั้งหกของควาร์ก จากการทดลองเร่งอนุภาคในครั้งนั้น ในปี พ.ศ. ๒๕๓๘ ได้สังเกตพบควาร์กแบบท็อปครั้งแรกที่ เฟอร์มิแล็บ นับเป็นเฟลเวอร์ที่ค้นพบเป็นลำดับสุดท้าย

ฉะนั้นความรู้จากการทดลองทางฟิสิกส์ใหม่ของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันจึงทราบได้ว่า ควาร์กเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุดในจักรวาล นักวิทยาศาสตร์นำทฤษฎีควาร์กมาอธิบายกำเนิดของจักรวาล เช่นมีสิ่งๆ หนึ่งล่วงล้ำเข้าสู่อาณาเขตของหลุมดำ หากมันมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับแสง มันจะถูกดูดและบดขยี้ทันที โดยจะถูกบดจนกลายเป็นอะตอม และถูกบดอีกจนกลายเป็นควาร์ก และไม่สามารถแยกย่อยได้อีก นี่เป็นตัวอย่างหนึ่งของความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้ว และเป็นบันไดสู่เทคโนโลยีในอนาคต

๕.๔ วิวัฒนาการทฤษฎีพลังงาน

คำว่า “พลังงาน” มาจากภาษากรีกว่า energeia ปรากฏมีการนำมาใช้ครั้งแรกในงานเขียนของอริสโตเติล ในราวพุทธศตวรรษที่ ๑ แนวคิดเรื่องพลังงานสืบเนื่องมาจากความคิดเรื่องพลังชีวิต

vis viva (living force) ซึ่งไลบ์นิซ (Gottfried Leibniz) นิยามว่า เป็นผลผลิตของมวลของวัตถุและความเร็วทวีคูณ เขาเชื่อว่า *vis viva* ถูกเก็บรักษาตลอดเวลา เขาตั้งทฤษฎีว่าพลังงานปริมาณความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบของส่วนประกอบในสสาร ซึ่งเซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) ก็มีแนวคิดเช่นนี้ ความคิดนี้เชื่อกันมานานนับศตวรรษ จนกระทั่งในปีพ.ศ. ๒๓๕๐ โทมัส ยัง (Thomas Young) เป็นคนแรกที่ใช้คำว่า พลังงาน (energy) แทนคำว่า *vis viva* ต่อมาในปี พ.ศ. ๒๓๗๒ และพ.ศ. ๒๓๙๖ คำว่าพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ ถูกบัญญัติขึ้นมาใช้ โดยกุสตาฟ โคริโอลิส (Gustave-Gaspard Coriolis) และวิลเลียม แรนไคน์ (William Rankine) ตามลำดับ และก็เป็นที่ถกเถียงกันอยู่หลายปีว่า พลังงานเป็นสาร (ที่เกี่ยวกับความร้อนเป็นแคลอรี) หรือเป็นเพียงคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น โมเมนตัม (ปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ)

๕.๔.๑ แนวคิดเกี่ยวกับพลังงานในวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ ดังนี้

ในบริบทที่เกี่ยวข้องด้านเคมี พลังงานเป็นสมบัติประจำตัวของสารเป็นผลที่เกิดจากอะตอม, โมเลกุล, หรือส่วนประกอบของโครงสร้างนั้น เนื่องจากการเปลี่ยนสภาพในทางเคมีเกิดพร้อมกับการเปลี่ยนโครงสร้างส่วนประกอบเหล่านั้นให้เป็นสารใหม่หนึ่งหรือสองชนิด เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่ที่เกิดพร้อมกับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพลังงานของสารที่เกี่ยวข้อง พลังงานบางชนิดถูกถ่ายเทจากสารตั้งต้นไปยังสิ่งที่แวดล้อมในปฏิกิริยาในรูปความร้อนหรือแสง ดังนั้นผลของปฏิกิริยาอาจทำให้มีพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจากสารตั้งต้น ปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นไม่ได้ยกเว้นสารตั้งต้นสามารถพิชิตพลังงานกีดขวางที่เรียกว่า พลังงานกระตุ้น หรือพลังงานก่อกัมมันต์ (activation energy) พลังงานกระตุ้นที่จำเป็นสำหรับปฏิกิริยาเคมีสามารถอยู่ในรูปของพลังงานปริมาณความร้อน

ในทางชีววิทยา พลังงานเป็นสมบัติประจำตัวของระบบทางชีววิทยาทั้งหมดตั้งแต่ชั้นบรรยากาศโลกที่สิ่งมีชีวิตอยู่ได้ (biosphere) ไปจนถึงสิ่งมีชีวิตที่เล็กที่สุด ภายในสิ่งมีชีวิตพลังงานมีหน้าที่ทำให้เจริญเติบโตและพัฒนาการเซลล์ ดังนั้นพลังงานถูกเก็บสะสมอยู่ในเซลล์ในโครงสร้างของโมเลกุลของสาร เช่น คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน, โปรตีน ซึ่งจะปล่อยพลังงานออกมาเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเมื่อหายใจ

ในทางภูมิศาสตร์ การเคลื่อนไหวของแผ่นทวีป เทือกเขา ภูเขาไฟ และแผ่นดินไหว เป็นปรากฏการณ์ที่สามารถนำมาอธิบายรูปแบบการเปลี่ยนสภาพพลังงานในใต้พิภพ แต่ปรากฏการณ์ทางอุตุเช่น ลม, ฝน, หิมะ, ฟ้าแลบ, ทอร์นาโด และเฮอร์ริเคนส์ เป็นผลของการเปลี่ยนสภาพพลังงานที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ในชั้นบรรยากาศโลกของโลก

ในทางจักรวาลวิทยาและดาราศาสตร์ ปรากฏการณ์ดวงดาว, โนวา, ซุปเปอร์โนวา, วัตถุที่คล้ายดาว, และการระเบิดของรังสีแกมมา เป็นการเปลี่ยนสภาพพลังงานของสสารที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงที่สุดในจักรวาล ปรากฏการณ์ทุกอย่างที่เกี่ยวกับดวงดาวถูกขับเคลื่อนออกมาจากสภาพพลังงานที่ถูกเปลี่ยนไปในรูปต่างๆ พลังงานที่ถูกเปลี่ยนสภาพไปเช่นนั้นอาจเกิดจากการชนของแรง

โน้มถ่วงของสสาร (มักเป็นโมเลกุลของไฮโดรเจน) ที่เข้าสู่เทหวัตถุต่างๆ ในท้องฟ้าหลากชนิด เช่น ดาวงดาว หลุมดำ เป็นต้น หรือจากการเกิดนิวเคลียร์ฟิวชั่นของธาตุที่เบากว่า

๕.๔.๒ ความแตกต่างระหว่างคำว่า พลังงานและพลัง

ถึงแม้ว่าในทุกวันนี้ คำทั้งสองมักถูกนำมาใช้เป็นไวพจน์กัน แต่นักวิทยาศาสตร์จะใช้ในความหมายที่แตกต่างกัน ในเชิงวิทยาการ พลังไม่ได้หมายถึงพลังงานใดๆ พลังเป็นอัตราหรือระดับที่พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบหนึ่ง ดังนั้นโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ (a hydroelectric plant) คือการให้น้ำเหนือเขื่อนไหลผ่านกังหันน้ำ เปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์ของน้ำเป็นพลังงานจลน์และเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาคือพลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้น

พลังงานเกือบทุกชนิดส่วนมากอยู่ภายใต้กฎการอนุรักษ์ ในกรณีเช่นนี้พลังงานเพียงถูกเปลี่ยนสภาพระหว่างขอบเขตปริภูมิที่ติดต่อกัน กฎการอนุรักษ์พลังงานต้องคิดพิจารณาจากทั้งระบบ คือพลังงานที่ไหลเข้าไปในระบบต้องเท่ากับพลังงานที่ไหลออกจากระบบ บวกกับพลังงานที่เก็บอยู่ในระบบที่เปลี่ยนไป กฎนี้เป็นหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ และเป็นไปตามสมมาตรระนาบเวลา (translational symmetry of time) คือไม่ว่าเป็นวันนี้ พรุ่งนี้ หรือเมื่อวานนี้ กฎนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าพลังงานเป็นปริมาณที่มาคู่กับเวลาตามที่กำหนดไว้ ความซับซ้อนในทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับพลังงานและเวลาเป็นผลให้เกิดหลักแห่งความไม่แน่นอนขึ้น เพราะไม่มีความเป็นไปได้เลยที่สามารถกำหนดจำนวนแน่นอนของพลังงานภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ ณ เวลาหนึ่ง ไม่ควรสับสนระหว่างกฎแห่งความไม่แน่นอนและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎความไม่แน่นอนสามารถกำหนดและวัดพลังงานในหลักการทางขอบเขตของคณิตศาสตร์

๕.๔.๓ รูปแบบของพลังงาน

ในบริบทของวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ได้กำหนดรูปแบบของพลังงานไว้ต่างๆดังนี้ พลังงานปริมาณความร้อนThermal energy ที่มีการลำเลียงเรียกว่าความร้อน, พลังงานเคมี Chemical energy, พลังงานไฟฟ้า Electrical energy, พลังงานแม่เหล็ก Magnetic energy, พลังงานเสียง Sound energy, พลังงานเครื่องกล Mechanical energy, พลังงานเรืองแสง Luminous energy, พลังงานยืดหยุ่น Elastic energy, พลังงานรังสี Radiant energyพลังงานที่แผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า, และพลังงานนิวเคลียร์ Nuclear energy

รูปแบบพลังงานอาจแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ พลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ และพลังงานในรูปแบบอื่นที่ผสมกันทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ เช่น ความร้อนเป็นรูปแบบพลังงานชนิดหนึ่งที่เป็นพลังงานศักย์บางส่วนและพลังงานจลน์บางส่วน พลังงานอาจเปลี่ยนรูปจากแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบหนึ่ง รายชื่อของรูปแบบพลังงานที่ได้กล่าวไว้อาจจะยังไม่สมบูรณ์ ตราบใดที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบปรากฏการณ์ใหม่ๆ ที่ฝืนกฎของการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานรูปแบบใหม่

อาจถูกเพิ่มเติมเข้ามา เช่นในกรณีพลังงานมืด (dark energy) พลังงานมืดเป็นลักษณะสมมุติที่พลังงานสามารถแทรกเข้าไปในที่ว่างทั้งหมด และเพิ่มอัตราขยายตัวของจักรวาล

ในปีพ.ศ. ๒๕๐๔ ริชาร์ด เฟย์นแมน (Richard Feynman) อาจารย์ฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงในมหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย California Institute of Technology ได้กล่าวถึงเรื่องพลังงาน ในขณะที่สอนนักศึกษาปริญญาตรีมีดังนี้ว่า

> มีความจริงสิ่งหนึ่ง หรืออาจพูดได้ว่า มีกฎหนึ่งที่ควบคุมปรากฏการณ์ธรรมชาติ และเท่าที่ทราบยังไม่มีสิ่งใดที่สามารถยกเว้นจากกฎข้อนี้ได้ และเป็นกฎที่เรารู้กันมานานแล้ว กฎนี้รียกว่ากฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎนี้กล่าวว่า มีปริมาณบางสิ่งบางอย่างที่เราเรียกว่าพลังงาน จะไม่เปลี่ยนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่ดำเนินไปในธรรมชาติ แนวคิดนี้เป็นความคิดแบบนามธรรม เพราะมันเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ หรืออาจกล่าวได้ว่ามีปริมาณที่เป็นจำนวนตัวเลขที่ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อบางสิ่งบางอย่างเกิดขึ้น แน่นอนว่าสิ่งนี้ไม่ใช่คำอธิบายเชิงกลศาสตร์หรือสิ่งที่เป็นรูปธรรม มันเป็นเพียงความจริงอันประหลาดที่เราสามารถคำนวณจำนวนตัวเลขออกมาได้ แล้วเมื่อเสร็จสิ้นการเฝ้าดูธรรมชาติที่ผ่านกลลวง แล้วคำนวณจำนวนตัวเลขอีก มันเป็นจำนวนตัวเลขเดียวกัน[12]

แนวคิดเรื่องพลังงานและการเปลี่ยนสภาพของพลังงานมีประโยชน์ในการนำมาอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ในธรรมชาติส่วนใหญ่ ทิศทางของการเปลี่ยนสภาพของพลังงานจากชนิดหนึ่งเป็นอีกชนิดหนึ่งมักจะอธิบายด้วยการพิจารณาจาก เอนโทรปี entropy (เท่ากับพลังงานที่กระจายไปทั่วทั้งหมดในระดับที่เป็นอิสระ) ในขณะที่การทำได้จริงๆทางปฏิบัติ การเปลี่ยนสภาพพลังงานทั้งมวลทำได้ในเฉพาะมาตราส่วนเล็กๆ แต่การเปลี่ยนสภาพในระดับที่มีมาตราส่วนใหญ่ขึ้นย่อมเป็นสิ่งที่ยาก เพราะเป็นการอ้างข้อมูลทางสถิติซึ่งไม่เหมือนกับพลังงานหรือสสารที่เคลื่อนที่ไปอย่างไร้ทิศทางไปสู่รูปที่เข้มขึ้นหรือปริภูมิที่เล็กกว่า

ในกลศาสตร์ดั้งเดิม พลังงานศักย์คือหน่วยจำนวนงานของวัตถุในตำแหน่งหนึ่ง และพลังงานจลน์คือหน่วยจำนวนงานของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ทั้งตำแหน่งและการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันในลักษณะกรอบอ้างอิงซึ่งต้องชี้เฉพาะ ส่วนใหญ่มักเป็นจุดที่ไม่ระบุกำหนดบนพื้นผิวโลก จึงเรียกว่ากรอบอ้างอิงบนโลก terrestrial frame of reference นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จำแนกพลังงานทุกรูปแบบออกเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ แต่ก็ไม่ได้เป็นวิธีการแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า

---

[12] It states that there is a certain quantity, which we call energy, that does not change in manifold changes which nature undergoes. That is a most abstract idea, because it is a mathematical principle; it says that there is a numerical quantity which does not change when something happens. It is not a description of a mechanism, or anything concrete; it is just a strange fact that we can calculate some number and when we finish watching nature go through her tricks and calculate the number again, it is the same.

—*The Feynman Lectures on Physics*

เป็นวิธีการทำให้ง่ายลง ดังที่เฟย์แมนได้ชี้ออกมาว่า นัยของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เหล่านี้ต้องอาศัยนัยของมาตราส่วนความยาวหรือระยะเวลา ตัวอย่างเช่น เมื่อพูดถึงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ขนาดใหญ่ที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า ที่ไม่รวมปริมาณความร้อนแบบพลังงานศักย์และพลังงานจลน์แล้ว สิ่งที่เรียกว่าพลังงานศักย์ในทางเคมีก็เป็นความหมายที่มีนัยขนาดใหญ่ และการสังเกตที่เข้าใกล้ยิ่งขึ้นแสดงให้เห็นว่า มันเป็นผลบวกของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ในมาตราส่วนระดับอะตอม และอนุภาคปรมาณู ข้อสังเกตจะเป็นเช่นเดียวกัน เมื่อประยุกต์ใช้กับพลังงานศักย์นิวเคลียร์และพลังงานในรูปแบบอื่นๆ สิ่งที่อาศัยมาตราส่วนของความยาวหรือระยะเวลาจะไม่เป็นปัญหาหากมาตราส่วนความยาวหรือระยะเวลาจะถูกแยกออกจากกัน ตัวอย่างเช่นการเสียดทานที่เปลี่ยนรูปเป็นงานในระดับขนาดใหญ่เข้าไปในพลังงานปริมาณความร้อนในระดับขนาดเล็ก

๕.๔.๔ การเปลี่ยนสภาพพลังงานจากรูปหนึ่งสู่อีกรูปแบบหนึ่ง

พลังงานในรูปแบบหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนสภาพไปอีกรูปแบบหนึ่งสามารถพบได้เสมอด้วยการช่วยของวิธีการบางอย่าง เช่น ด้วยแบเตอรรี่ สามารถเปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เขื่อน สามารถเปลี่ยนจากจากพลังงานศักย์เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงให้เป็นพลังงานจลน์ที่น้ำกำลังเคลื่อนที่โดยการหมุนใบพัดไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่นเดียวกับในกรณีของการระเบิดทางเคมี พลังงานศักย์ทางเคมีจะถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นพลังงานจลน์และพลังงานปริมาณความร้อนในเวลาอันรวดเร็ว หรือตัวอย่างอื่น เช่น การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา (pendulum) ณที่จุดสูงสุดพลังงานจลน์จะเป็นศูนย์ และพลังงานศักย์ที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงโลกจะมากที่สุด ณ ที่จุดต่ำสุดพลังงานจลน์จะมากที่สุด และเท่ากับการลดลงของพลังงานศักย์ ถ้าสมมุติว่าไม่มีแรงเสียดทาน (ซึ่งดูไม่สมจริง) การสลับเปลี่ยนของพลังงานก็จะสมบูรณ์ที่สุด และการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกานี้ก็จะแกว่งต่อเนื่องไปไม่มีวันสิ้นสุด

พลังงานจะทำให้เกิดน้ำหนักถ้าพลังงานถูกจับให้อยู่ในระบบที่ปริมาณการเคลื่อนที่เป็นศูนย์ พลังงานวัดได้ซึ่งมีค่าเท่ากับมวล มวลจึงมีค่าเท่ากับพลังงานจำนวนหนึ่ง ซึ่งทั้งมวลและพลังงานมีความเกี่ยวข้องกัน ฉะนั้นจึงมักอธิบายในรูปของ ค่ามวล-พลังงาน (mass-energy equivalence) มีส ูตร ว่า พลังงาน เท่ากับมวลสารคูณด้วยความเร็วแสงยกกำลังสอง $E = mc^2$, ได้จากไอน์สไตน์ Albert Einstein (พ.ศ.๒๔๔๙) ใช้จำนวนมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มวลคงเหลือ (rest-mass) และพลังงานคงเหลือ (rest-mass) ภายในกรอบแนวคิดสัมพัทธภาพพิเศษ (special relativity) สูตรที่คล้ายคลึงกันก็สามารถได้จากในกรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่ต่างออกไป เช่นได้จากแนวคิดของ เจ. เจ. ทอมสัน (J. J. Thomson) (พ.ศ.๒๔๒๔), Friedrich Hasenöhrl (พ.ศ.๒๔๔๗) และอื่นๆ

๕.๔.๕ ความสัมพันธ์ระหว่างมวล สสารและพลังงาน

สสารอาจถูกทำลายและเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน และในทางกลับกันพลังงานเปลี่ยนเป็นสสาร แต่มวลไม่เคยถูกทำลาย ยิ่งไปกว่านั้นมวลยังมีค่าคงที่สำหรับทั้งสสารและพลังงานระหว่าง

กระบวนการที่สสารและพลังงานเปลี่ยนไปมา ในสูตรสมการ ความเร็วยกกำลังสองซึ่งมีขนาดใหญ่อย่างยิ่งเมื่อสัมพัทธ์กับระดับมาตราส่วนของมนุษย์ปกติ ค่าการเปลี่ยนสภาพสสารสามัญ (สมมุติ ๑ กิโลกรัม) ให้เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ (เช่นความร้อน แสง และการแผ่รังสีต่างๆ) สามารถปล่อยพลังงานอิสระได้อย่างมหาศาล (เท่ากับระเบิด ทีเอนทีหนัก ๒๑ เมกกะตัน) ดังที่สามารถเห็นได้ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (nuclear reactors) และอาวุธนิวเคลียร์

หากเปลี่ยนไปในทางตรงข้าม มวลที่ได้จากค่าเท่ากับหนึ่งหน่วยพลังงานจะเป็นขนาดจิ๋ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียพลังงาน (สูญเสียมวล) จากระบบเป็นสิ่งที่วัดค่าได้ยาก เว้นเสียแต่ว่าพลังงานที่สูญเสียนั้นจะมีขนาดมหาศาล ตัวอย่างของการเปลี่ยนรูปพลังงานให้เป็นสสารดังที่พบในนิวเคลียร์ฟิสิกส์ เช่นพลังงานจลน์เข้าสู่อนุภาคพร้อมด้วยมวลคงเหลือ ตัวอย่างเช่น รังสีแกมมาวิ่งเข้าไปสู่สนามไฟฟ้าที่มีความเข้มสูงมากๆ ภายในอะตอมของธาตุหนักที่มีนิวเคลียสใหญ่ๆ รังสีแกมมาจะกลายเป็นอนุภาค ๒ ตัว คือ อิเล็กตรอนและ โปสิตรอน

การเปลี่ยนสภาพพลังงานเข้าไปในงานที่เป็นประโยชน์เป็นหัวข้อสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและพลังงานกล thermodynamics ในธรรมชาติการเปลี่ยนสภาพพลังงานมักแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและพลังงานกลที่ย้อนกลับได้ reversible และที่ย้อนกลับไม่ได้ irreversible กระบวนการที่ย้อนกลับได้ การกระจายหรือการสูญหายของพลังงานไม่สามารถเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น สำหรับตัวอย่างที่การเปลี่ยนรูปพลังงานจากชนิดหนึ่งไปสู่อีกชนิดหนึ่งที่เป็นแบบย้อนกลับไม่ได้ ดังเช่นระบบในการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกสร้างขึ้นมา (พลังงานต่ำกว่าในสภาพควอนตัม) แสดงให้เห็นถึงการกระตุ้นเร้าที่เกิดขึ้นได้ในสนามระหว่างอะตอม ทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งกักเก็บในส่วนของพลังงาน ซึ่งไม่สามารถกู้คืนมา เพื่อการเปลี่ยนให้เป็นพลังงานอื่นที่มีประสิทธิภาพเต็มร้อยเปอร์เซ็นต์ ในกรณีนี้พลังงานที่ค้างอยู่ส่วนหนึ่งเป็นความร้อน และไม่สามารถกู้คืนเพราะเป็นพลังงานที่ถูกใช้ไปแล้ว ยกเว้นว่าเป็นสิ่งที่คล้ายความร้อนที่เพิ่มความไร้ระเบียบในสถานะควอนตัมในจักรวาล (เช่นการขยายตัวของสสาร หรือความไม่มีรูปแบบในก้อนผลึก)

ขณะที่จักรวาลวิวัฒนาการไปตามเวลาที่ผ่านไป พลังงานในจักรวาลถูกจับให้อยู่ในสถานะที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ (เช่นเป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานชนิดอื่นที่เพิ่มขึ้นอย่างไร้ระเบียบ) สิ่งนี้ได้ถูกอ้างอิงว่าเป็นความร้อนตาย heat deathของความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกลและความร้อนที่เกิดขึ้นอย่างแน่นอนในจักรวาล พลังงานความร้อนตายในจักรวาลไม่เปลี่ยนแปลง แต่การเสียดทานของพลังงานซึ่งเกิดขึ้นในการผลิตงานด้วยการผ่านเครื่องจักรความร้อน heat engine หรือถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานรูปอื่นที่นำมาใช้ประโยชน์ได้[13]

---

[13] http://en.wikipedia.org/wiki/Energy. As the universe evolves in time, more and more of its energy becomes trapped in irreversible states (i.e., as heat or other kinds of increases in disorder). This has been referred to as the inevitable thermodynamic heat death of the universe. In this heat death the energy of the universe does not change, but the fraction of energy which is available to do produce work

บทสรุป

จากการศึกษาในทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า ข้อเท็จจริงที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้สภาพหรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นสุดโต่ง เช่นอุณหภูมิ และความดันที่สุดโต่ง จึงทำให้อะตอมไม่สามารถอยู่ในสภาพที่ดำรงอยู่ได้ เมื่อค้นพบว่าที่จริงอะตอมสามารถแบ่งแยกออกไปได้อีก นักฟิสิกส์จึงคิดค้นคำว่า อนุภาคมูลฐาน เพื่อเรียกอนุภาคที่ไม่สามารถแบ่งย่อยต่อไปได้อีก วิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับอนุภาคปรมาณูนี้ จึงเรียกว่า ฟิสิกส์อนุภาคและในวิชาสาขานี้เองที่นักวิทยาศาสตร์หวังอย่างยิ่งว่าจะสามารถค้นพบความจริงพื้นฐานในธรรมชาติของวัตถุ

นักวิทยาศาสตร์ตั้งแต่อดีตได้พยายามค้นพบความจริงธรรมชาติของสสารและพลังงาน ในทางวิทยาศาสตร์กายภาพ (physical sciences) เมื่อพูดถึงเรื่องของสสารและพลังงาน พูดถึงมวล ก็มักจะพูดถึงเซอร์ไอแซค นิวตันที่ไปนั่งอยู่ใต้ต้นแอปเปิ้ล เมื่อเห็นแอปเปิ้ลหล่นลงมาก็ได้ความคิดเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วง แอปเปิ้ลเมื่ออยู่บนต้นยังไม่หล่นจะมีพลังงานศักย์เนื่องจากสนามแห่งความโน้มถ่วง พอแอปเปิ้ลหล่นลงมา มวลของแอปเปิ้ลมีการเคลื่อนที่จึงมีพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงก็กลายเป็นพลังงานจลน์ ก็จะได้ข้อสรุปที่สำคัญว่า พลังงานรวมของระบบ = พลังงานจลน์ + พลังงานศักย์

มวลที่ไอแซคนิวตันพูดถึงนั้นมักมีขนาดที่ใหญ่ เช่น โลก ดวงจันทร์ หรือขนาดเล็กที่ตาเรามองเห็นและจับต้องได้ วิชาที่ว่าด้วยเรื่องราวของสสารและพลังงานที่ว่านี้ก็คือวิชากลศาสตร์ที่มีการพัฒนาตั้งแต่สมัยโบราณ บางที่ก็เรียกว่า กลศาสตร์ดั้งเดิม (Classical Mechanics) ซึ่งนักฟิสิกส์ที่เป็นผู้ริเริ่มที่สำคัญคือนิวตัน ต่อมาได้มีการค้นพบปรากฏการณ์แปลกๆที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยกลศาสตร์ดั้งเดิมหลายอย่าง เช่นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับหน่วยที่เล็กมากๆ เช่นระบบของอะตอมหรืออนุภาคปรมาณู ดังนั้นในพุทธศตวรรษที่ ๒๔ ควอนตัมกลศาสตร์ (quantum mechanics) ซึ่งนับได้ว่าเป็นแนวคิดที่ยิ่งใหญ่ ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยนีลส์ บอร์, เออร์วิน ชโรดิงเงอร์, แวร์เนอร์ ไฮเซนเบิร์ก และแมกซ์ บอร์น ซึ่งได้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิดความจริงที่เป็นรูปธรรมแบบเก่าอย่างรุนแรง ควอนตัมกลศาสตร์สามารถอธิบายโครงสร้างของอะตอม, นิวเคลียสของอะตอม, โมเลกุล รวมทั้งพฤติกรรมของอนุภาคปรมาณู[14]

นิวตันเคยกล่าวไว้ว่า “ข้าพเจ้ารู้เรื่องต่างๆมากมาย แต่เรื่องที่ข้าพเจ้าไม่รู้นั้นมีมากกว่า” ซึ่งก็เป็นความจริง นิวตันไม่เคยบอกว่ามวลกับพลังงานคือสิ่งเดียวกัน แต่ไอน์สไตน์ได้แถลงทฤษฎีสัมพัทธภาพ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นอีกจุดหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ยุคใหม่ (Modern Physics) โดยที่ท่านได้แสดงความสัมพันธ์ของมวลกับพลังงานไว้ว่า พลังงาน = มวล X (ความเร็วของแสง)ยกกำลังสอง

---

through a heat engine, or be transformed to other usable forms of energy (through the use of generators attached to heat engines), grows less and less.

[14] http://www.britannica.com/EBchecked/topic/486231/quantum-mechanics

มวลสามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานได้ และพลังงานก็เปลี่ยนกลับมาเป็นมวลได้ เช่นกัน ได้มีการทดลองพิสูจน์แล้ว เช่น รังสีแกมม่า ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีพลังงานสูงกว่าแสงที่ตามองเห็น สูงกว่ารังสีเอ็กซ์ เมื่อรังสีแกมม่าวิ่งเข้าไปสู่สนามไฟฟ้าที่มีความเข้มสูงมากๆ เช่นภายในอะตอมของธาตุหนักที่มีนิวเคลียสใหญ่ๆ รังสีแกมมาจะกลายเป็นอนุภาค 2 ตัว คือ อิเล็กตรอนและโปสิตรอน เราเรียกกระบานการนี้ว่า Pair Production

โปสิตรอน มีขนาดและมวลเท่ากับอิเล็กตรอน มีประจุเท่ากับประจุของอิเล็กตรอนแต่มีประจุตรงกันข้ามคือเป็นบวก เราเรียกอนุภาคโปสิตรอนว่าเป็น Anti-particle อันที่จริงยังมีอนุภาคตรงข้ามกันแบบนี้อีกหลายคู่ ถ้าอนุภาคทั้งคู่เหล่านี้มาเจอกัน มวลของอนุภาคทั้งสองจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงาน เช่น อิเล็กตรอน และ โปสิตรอนมาเจอกัน จะกลายเป็นรังสีแกมม่า กระบวนนี้เราเรียกว่า "การประลัย" หรือ Annihilation การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี เช่น ยูเรเนียม เรเดียม แล้วกลายเป็นธาตุใหม่ จะมีมวลบางส่วนหายไปกลายเป็นพลังงาน ทั้งในรูปของรังสีแกมม่า ความร้อน หรือแม้แต่ให้อนุภาคเล็กๆอื่นๆออกมา

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิงประจำบท

พระราชวรมุนี(ประยูรธมมจิตโต).**วิทยาศาสตร์ในทรรศนะของพระพุทธศาสนา.**พิมพ์ครั้งที่๒. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิพุทธธรรม. ๒๕๔๐.

ระวี ภาวิไล. **โลกทัศน์ ชีวทัศน์ เปรียบเทียบ วิทยาศาสตร์กับพระพุทธศาสนา**. กรุงเทพมหานคร : สหธรรมิก, ๒๕๔๓.

Honderich, T., The Oxford Companion to Philosophy, Oxford University Press, 1995.

Encyclopedia Britannica 1997.

History of energy and timeline of thermodynamics, statistical mechanics, and random processes