

บทความวิชาการ (Academic Article)

ว่าด้วยธรรมชาติของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้
ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ON NATURE OF SCIENTIFIC HYPOTHESES AND ITS IMPLICATIONS
FOR SCIENCE TEACHING AND LEARNING

Received: May 29, 2019

Revised: August 13, 2019

Accepted: September 17, 2018

ลือชา ลดาชาติ^{1*} และลฎาภา ลดาชาติ²

Luecha Ladachart^{1*} and Ladapa Ladachart²

¹วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹School of Education, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

²Faculty of Education, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: ladachart@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอธรรมชาติของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่ได้รับความสนใจไม่มากนักในวงการวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยเฉพาะในประเทศไทย บทความมุ่งนำเสนอว่าสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายประเภท ได้แก่ สมมติฐานเชิงบรรยาย สมมติฐานเชิงอธิบาย และสมมติฐานเชิงกระบวนการ แต่หลายคนมักเข้าใจว่า สมมติฐานเป็นการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้น ดังนั้น บทความจึงเสนอว่า นักเรียนควรเข้าใจธรรมชาติของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ และฝึกตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูสามารถส่งเสริมได้ด้วยกลวิธีต่างๆ โดยเฉพาะการให้เหตุผลแบบจากร้อย

คำสำคัญ: สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

Abstract

This article presents nature of scientific hypotheses, which play important roles in scientific inquiry processes, but gain little attention in science education communities especially in Thailand. It aims to present that scientific hypotheses have many types including descriptive hypotheses, explanatory

hypotheses, and procedural hypotheses. But, many often understand hypotheses as predictions of what would happen. Therefore, the article suggests that students should understand nature of scientific hypotheses as well as practice generating scientific hypotheses by which teachers can facilitate using a number of strategies especially abductive reasoning.

Keywords: Scientific hypotheses, Nature of science, Scientific reasoning

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างและพัฒนาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Abd-El-Khalick, et al., 2004, pp. 397-419) โดยสมมติฐานมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เพราะสมมติฐานมักเป็นสิ่งที่กำหนดว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องดำเนินการอย่างไร เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอะไรและเพื่อทดสอบความคิดใด (Hempel, 1965) อย่างไรก็ตาม ธรรมชาติของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์กลับได้รับความสนใจน้อยมาก (Wenham, 1993) โดยหลายคนมักเข้าใจว่า สมมติฐานเป็นการพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น (Gyllenpalm & Wickman, 2011, pp. 1993-2015) ซึ่งเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Baxter & Kurtz, 2001, pp. 18-20) ทั้งนี้ เพราะสมมติฐานมีได้หลายประเภท (Wenham, 1993, pp. 231-240) โดยแต่ละประเภทมีลักษณะและหน้าที่แตกต่างกันไป (McComas, 1998, pp. 53-70) บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะ

บทความนี้ประกอบด้วย 4 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการกล่าวถึงนิยามโดยทั่วไปของคำว่า “สมมติฐาน” ซึ่งยังขาดความเจาะจงเกี่ยวกับธรรมชาติของสมมติฐานในการสืบเสาะแต่ละประเภท ด้วยเหตุนี้ ส่วนที่ 2 จึงนำเสนอสมมติฐานประเภทต่างๆ ทั้งสมมติฐานเชิงบรรยาย สมมติฐานเชิงอธิบาย และสมมติฐานเชิงกระบวนการ ซึ่งมีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกัน ด้วยเป้าหมายหลักของวิทยาศาสตร์คือการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ สมมติฐานเชิงอธิบายจึงได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ดังที่ Eastwell (2014, pp. 16-21) เสนอว่า คำว่า “สมมติฐาน” ควรถูกสงวนไว้สำหรับสมมติฐานเชิงอธิบายเท่านั้น ดังนั้น ส่วนที่ 3 จึงขยายความบทบาทของสมมติฐานเชิงอธิบายในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น ส่วนที่ 4 จึงเป็นการนำเสนอแนวทางสำหรับครูในการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกตั้งสมมติฐานเชิงอธิบาย และใช้สมมติฐานเชิงอธิบายนั้นเป็นกรอบแนวคิดที่ชี้นำกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

นิยามทั่วไปที่คลุมเครือ

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2551 (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2010, p. 105) คำว่า “สมมติฐาน” มีความหมายเกี่ยวกับการคาดการณ์คำตอบ ซึ่งเป็นนิยามโดยทั่วไปที่สอดคล้องกับคำในภาษาอังกฤษที่ว่า “Educated guess” (Baxter & Kurtz, 2001, pp. 18-20) แต่คำนิยามนี้ยังขาดความจำเพาะ ทั้งนี้ เพราะความหลากหลายของการใช้คำนี้ในทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการคาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้น การคาดการณ์สาเหตุที่อาจเป็นไปได้ การคาดการณ์ความสัมพันธ์

ระหว่างตัวแปรต่างๆ และการคาดการณ์วิธีการหรือเทคนิคในการแก้ปัญหา ในกรณีนี้ Wenham (1993, pp. 231-240) ระบุว่า ปัญหาคือการที่หลายฝ่ายใช้คำว่า “สมมติฐาน” เพื่ออ้างถึงสมมติฐานเพียงบางประเภท แต่มักกล่าวโดยรวมราวกับว่า สมมติฐานนั้นเป็นตัวแทนของสมมติฐานประเภทอื่นด้วย ดังนั้น การให้นิยามคำว่า “สมมติฐาน” จึงอาจสร้างความสับสนได้ หากปราศจากประเภทของการสืบเสาะที่เป็นบริบทการใช้คำนี้

ประเภทของสมมติฐาน

ด้วยความหลากหลายของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจ การทดลอง และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Ladachart & Ladachart, 2016, pp. 24-44) ซึ่งสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ทฤษฎีที่อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และกฎที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ (Ladachart & Mahalee, 2016, pp. 284-310) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทจึงอาจมีสมมติฐานที่มีลักษณะและทำหน้าที่แตกต่างกัน สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์จึงมีความหลากหลาย เช่นเดียวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในกรณีนี้ Wenham (1993, pp. 231-240) ได้จำแนกสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) สมมติฐานเชิงบรรยาย (Descriptive hypotheses) 2) สมมติฐานเชิงอธิบาย (Explanatory hypotheses) และ 3) สมมติฐานเชิงกระบวนการ (Procedural hypotheses) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สมมติฐานเชิงบรรยาย คือ การคาดการณ์เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ยังไม่แน่ใจ อาทิ แก้วพลาสติกเก็บกักความร้อนได้ดีกว่าแก้วโลหะ พื้นผิวใต้มหาสมุทรแอตแลนติกมีลักษณะราบเรียบ หรือแม่เหล็กดึงดูดอะลูมิเนียมได้ แม้สมมติฐานเช่นนี้อาจถูกสำรวจตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะโดยการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำในแก้ว 2 แบบ การสำรวจโดยการส่งคลื่นไปสะท้อนกับพื้นผิวใต้มหาสมุทรแอตแลนติก หรือการทดสอบโดยการวางแผ่นอะลูมิเนียมไว้ใกล้แม่เหล็ก ตามลำดับ แต่กระนั้น สมมติฐานเช่นนี้นำไปสู่ข้อสรุปที่บรรยายหรือระบุสิ่งที่เกิดขึ้น แต่ไม่นำไปสู่ข้อสรุปเชิงเหตุผลที่อธิบายว่า ทำไมสิ่งที่เกิดขึ้นจึงเป็นเช่นนั้น ในบางกรณี สมมติฐานเชิงบรรยายอาจถูกเขียนให้อยู่ในรูปแบบของการพยากรณ์ อาทิ แก้วพลาสติกน่าจะเก็บกักความร้อนได้ดีกว่าแก้วโลหะ พื้นผิวใต้มหาสมุทรแอตแลนติกน่าจะมีลักษณะราบเรียบ และแม่เหล็กน่าจะดึงดูดอะลูมิเนียมได้

สมมติฐานเชิงอธิบาย คือ การคาดการณ์เกี่ยวกับสาเหตุของปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริง โดยข้อเท็จจริงนั้นเกิดขึ้นและเป็นที่ยอมรับแล้ว อาทิ จากข้อเท็จจริงที่ว่า พื้นผิวใต้มหาสมุทรแอตแลนติกมีลักษณะเป็นแนวเทือกเขายาวหลายกิโลเมตร นักวิทยาศาสตร์อาจตั้งสมมติฐานว่า แนวเทือกเขานั้นอาจเกิดจากการเคลื่อนตัวออกจากกันของแผ่นธรณีภาค ซึ่งก่อให้เกิดภูเขาไฟใต้น้ำที่ปลดปล่อยของหนืดได้พิภพ และก่อให้เกิดการทับถมเป็นหินใหม่ในบริเวณนั้น สมมติฐานเช่นนี้มุ่งตอบคำถาม “ทำไม” (ไม่ใช่คำถาม “อย่างไร” ดังเช่นสมมติฐานเชิงบรรยาย) สมมติฐานเชิงอธิบายจึงประกอบด้วยกลไกหรือกระบวนการที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล การทดสอบสมมติฐานเชิงอธิบายจึงไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงไปตรงมา (ดังเช่นการทดสอบสมมติฐานเชิงบรรยาย) หากแต่ต้องอาศัยการให้เหตุผล ทั้งนี้เพื่อยืนยันหรือหักล้างสมมติฐานนั้นด้วยหลักฐาน อาทิ นักวิทยาศาสตร์อาจวิเคราะห์อายุของหิน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ห่างไปจากแนวเทือกเขาใต้มหาสมุทรแอตแลนติก เพื่อชี้แจงด้วยหลักฐานจากอายุของหินเหล่านี้ว่า แผ่นธรณีภาคมีการเคลื่อนตัวออกจากกัน และก่อให้เกิดหินใหม่จริงหรือไม่

สมมติฐานเชิงกระบวนการ¹ คือ การคาดการณ์เกี่ยวกับวิธีการที่เป็นทางออกของปัญหา อาทิ หากร่มชูชีพมีขนาดใหญ่ขึ้น ร่มชูชีพจะลอยอยู่ในอากาศได้นานขึ้น หรือหากล้อมีหน้าสัมผัสกับพื้นมากขึ้น รถจะเกาะถนนได้ดีขึ้น สมมติฐานเช่นนี้ไม่ได้นำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นความรู้โดยตรง ไม่ว่าจะเป็นข้อเท็จจริงหรือคำอธิบายเชิงเหตุผล หากแต่เป็นข้อสรุปที่นำไปสู่วิธีการ เทคโนโลยี หรือนวัตกรรมที่แก้ปัญหา ถึงกระนั้นก็ตาม การตั้งสมมติฐานเช่นนี้ต้องอาศัยความรู้เป็นพื้นฐาน ในบางกรณี สมมติฐานเช่นนี้อาจนำไปสู่การทดสอบว่า วิธีการ เทคโนโลยี และนวัตกรรมตามการคาดการณ์นั้น “ใช้การได้หรือไม่” ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขต่างๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อครั้งที่นักวิทยาศาสตร์เริ่มค้นพบอนุภาคใหม่ ๆ จากรังสีคอสมิก และมีการคาดการณ์เกี่ยวกับการมีอยู่ของอนุภาคอื่นที่ยังไม่มีการตรวจพบ (เช่น ควาร์ก) นักวิทยาศาสตร์อาจมีการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับวิธีการที่จะช่วยในการตรวจพบอนุภาคเหล่านั้น (เช่น การยิงอิเล็กตรอนเพื่อทดสอบการกระจายตัวของประจุบวกในโปรตอน) ซึ่งได้กลายเป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนมากขึ้นในเวลาต่อมา

นอกจากการจัดประเภทสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์โดย Wenham (1993, pp. 231-240) แล้ว นักวิทยาศาสตร์ศึกษาคนอื่น ๆ ได้จัดประเภทของสมมติฐานออกเป็นประเภทต่างๆ ในลักษณะที่คล้ายกัน ตัวอย่างเช่น McComas (1998, pp. 53-70) ได้จัดประเภทของสมมติฐานออกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือสมมติฐานสำหรับการอ้างอิงทั่วไป (Generalizing hypotheses) ซึ่งมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสมมติฐานเชิงบรรยาย โดยสมมติฐานประเภทนี้อาจกลายเป็นกฎทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ประเภทที่สองคือสมมติฐานเชิงอธิบาย (Explanatory hypothesis) ซึ่งอาจกลายเป็นทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายกลไกหรือกระบวนการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ด้วยเป้าหมายของวิทยาศาสตร์คือการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ Eastwell (2014, pp. 16-21) จึงเห็นว่า คำว่า “สมมติฐาน” ควรถูกสงวนไว้สำหรับสมมติฐานเชิงอธิบายเท่านั้น และเสนอให้ใช้คำว่า “กฎชั่วคราว” (Tentative law) แทนคำว่า “สมมติฐานเชิงบรรยาย” ดังนั้น เนื้อหาต่อไปจากนี้จึงมุ่งขยายความเกี่ยวกับสมมติฐานเชิงอธิบายเป็นหลัก

บทบาทของสมมติฐานเชิงอธิบาย

เนื่องจากเป้าหมายของวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นแม้สมมติฐานมีได้หลายประเภท (Wenham, 1993, pp. 231-240) แต่สมมติฐานเชิงอธิบายได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพราะสมมติฐานเชิงอธิบายมีบทบาทสำคัญในการเป็นกรอบแนวคิดที่อธิบายสาเหตุและกระบวนการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งไม่ใช่แค่การบรรยายหรือพยากรณ์ว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเป็นหรือจะเป็นอย่างไรเท่านั้น หากยังเป็นการอธิบายเชิงทฤษฎีว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร (Giere, 1983) ในกรณีนี้ Quinn & George (1975, pp. 289-296) จึงนิยาม “สมมติฐาน” ว่าเป็น “คำอธิบายที่สามารถถูกทดสอบได้” (Testable explanations) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Eastwell (2014, pp. 16-21) เสนอให้สงวนคำว่า “สมมติฐาน” ไว้สำหรับสมมติฐานเชิงอธิบายเท่านั้น โดยสมมติฐานประเภทอื่นๆ อาจเกิดขึ้นจากการต่อยอดหรือแตกประเด็นมาจากสมมติฐานเชิงอธิบาย

¹ สมมติฐานเชิงกระบวนการมักปรากฏในกระบวนการสร้างและออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นเป้าหมายใหม่ของการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการ 4 ศาสตร์สำคัญ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Ladachart & Ladachart, 2018, pp. 246-260)

สมมติฐานเชิงอธิบายเกิดขึ้นจากการให้เหตุผลแบบจรรยา (Abductive reasoning) ซึ่งเป็นกระบวนการให้เหตุผล “ย้อนกลับ” จากผลไปหาเหตุ (Walton, 2001, pp. 141-169) โดยนักวิทยาศาสตร์มีผลที่เป็นข้อเท็จจริงอยู่แล้ว และพยายามอธิบายว่า สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นคืออะไร ตลอดจนกระบวนการที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นคืออะไร ดังเช่นที่ Oh (2010, p. 543) บันทึกตัวอย่างไว้ว่า ฟอสซิลของสัตว์ทะเลที่ปรากฏบนแผ่นดินที่ห่างจากทะเล (ผล) เกิดขึ้นจากการที่ครั้งหนึ่งน้ำทะเลถูกพัดขึ้นมาบนแผ่นดิน (เหตุ) ซึ่งทำให้สัตว์ทะเลถูกพัดขึ้นมาด้วย ก่อนที่สัตว์ทะเลเหล่านั้นจะตาย และกลายเป็นฟอสซิลในเวลาต่อมา (กระบวนการ) การให้เหตุผลแบบจรรยานี้มักเกิดขึ้น โดยการ “ยืม” คำอธิบายที่ประสบผลสำเร็จในสถานการณ์หนึ่งมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายในอีกสถานการณ์หนึ่ง (Kwon, et al., 2006, pp. 643-656) จากตัวอย่างเกี่ยวกับฟอสซิลของสัตว์ทะเล คำอธิบายนี้อาจถูกยืมมาจากการอธิบายการพบวัตถุต่างๆ (เช่น เศษไม้ และลูกมะพร้าว) ที่ถูกน้ำทะเลพัดขึ้นมายังชายฝั่ง เป็นต้น

ประวัติศาสตร์ในอดีตเปิดเผยว่า นักวิทยาศาสตร์มีการให้เหตุผลแบบจรรยานี้เพื่อสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายอยู่เป็นปกติ ดังตัวอย่างที่ Ladachart and Ladachart (2017, pp. 436-448) บันทึกไว้ว่า นักฟิสิกส์เคยสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเกี่ยวกับการได้ยินเสียงว่า เสียงเป็นอนุภาคเล็กๆ ที่เคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังผู้ฟัง นักเคมีเคยสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมวลของสารหลังจากการเผาไหม้ว่า สารมีอนุภาคที่มีชื่อว่า “ฟล็อกิสตัน” (Phlogiston) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาในระหว่างการเผาไหม้ และทำให้มวลของสารนั้นลดลง นักชีววิทยาเองก็เคยสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมว่า เลือดเป็นสาเหตุที่ทำให้ลูกมีลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายกับพ่อแม่ ในทำนองเดียวกัน นักธรณีวิทยาก็เคยสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเกี่ยวกับรูปร่างที่เข้ากันได้ระหว่าง 2 ทวีปอเมริกาใต้และทวีปแอฟริกา ซึ่งมีมหาสมุทรแอตแลนติกคั่นอยู่ว่าเป็นเพราะการเคลื่อนตัวออกจากกัน 2 ทวีปนี้ในอดีต

การให้เหตุผลแบบจรรยานี้แตกต่างจากการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) และการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) ทั้งนี้เพราะการให้เหตุผลแบบจรรยานี้ก่อให้เกิดความคิดใหม่ที่เป็นสมมติฐานเชิงอธิบาย (Park, 2006, pp. 469-489) ในขณะที่การให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการสร้างข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากข้อเท็จจริงหลายกรณี (เช่น นาย ก. นาย ข. และ นาย ค. เป็นคนไทยและกินข้าวเป็นอาหารหลัก ดังนั้น คนไทยจึงกินข้าวเป็นอาหารหลัก) ส่วนการให้เหตุผลแบบนิรนัยสร้างข้อสรุปเฉพาะกรณีจากหลักการทั่วไป (เช่น คนไทยกินข้าวเป็นอาหารหลัก นาย ง. เป็นคนไทย ดังนั้น นาย ง. จึงกินข้าวเป็นอาหารหลัก) แม้ข้อสรุปจากการให้เหตุผลแบบอุปนัยอาจเป็นความรู้ใหม่เกี่ยวกับกฎหรือหลักการทั่วไป และแม้การให้เหตุผลแบบนิรนัยอาจเป็นการยืนยันหรือการขยายขอบเขตของหลักการทั่วไป (Okasha, 2002) แต่ข้อสรุปจากการให้เหตุผลทั้งสองแบบไม่ใช่การอธิบายว่า เหตุใดคนไทยจึงกินข้าวเป็นอาหารหลัก ดังภาพ 1

อวัยวะไม่ใช่สาเหตุและกระบวนการที่ทำให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงควรพิจารณาสมมติฐานเชิงอธิบายอื่นๆ ที่อาจเป็นไปได้มากกว่าสมมติฐานเกี่ยวกับการใช้และไม่ใช้อวัยวะ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเปิดเผยว่า นักเรียนและนิสิตครูอาจไม่เข้าใจธรรมชาติและบทบาทของสมมติฐานเชิงอธิบาย (Kim, et al., 2012, pp. 175-189; Park, 2006, pp. 469-489) ด้วยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สมมติฐาน คือ การพยากรณ์ (Gyllenpalm & Wickman, 2011, pp. 1993-2015) การสืบเสาะในชั้นเรียนจึงเป็นไปเพียงเพื่อทดสอบผลการพยากรณ์ โดยปราศจากการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงไปสู่การสนับสนุนหรือการหักล้างสมมติฐานเชิงอธิบายที่อยู่เบื้องหลังการสืบเสาะนั้น ดังตัวอย่างในสถานการณ์ที่ซึ่งนิสิตครูจัดการเรียนการสอนนักเรียนในระดับชั้น ป.4 โดยนิสิตครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำภายในแก้วที่คว่ำอยู่บนภาชนะที่บรรจุน้ำ หลังจากที่เทียนไขภายในแก้วนั้นดับลงในการนี้ Yoon, et al. (2012, pp. 589-608) พบว่า นักเรียนตั้งสมมติฐานว่า ยิ่งจำนวนเทียนไขมีมากขึ้น ระดับน้ำภายในแก้วก็จะยิ่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแท้จริงแล้วเป็นการพยากรณ์ ไม่ใช่สมมติฐานเชิงอธิบาย ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงทำการทดลองเพื่อยืนยันว่า จำนวนเทียนไขส่งผลต่อระดับน้ำภายในแก้วจริงหรือไม่ ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่ได้นำไปสู่การอธิบายว่าสาเหตุและกระบวนการอะไรทำให้ระดับน้ำในแก้วเพิ่มสูงขึ้น

ด้วยคำว่า “สมมติฐาน” มักมีนิยามที่คลุมเครือ งานวิจัยจึงเปิดเผยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับบทบาทของสมมติฐานในกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยบุคคลทั่วไป หรือแม้กระทั่งนิสิตครู มักเข้าใจว่า สมมติฐานเป็นเพียงการพยากรณ์ หรือการคาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้น (Baxter & Kurtz, 2001, pp. 18-20; Gyllenpalm & Wickman, 2011, pp. 1993-2015) ดังนั้น หากสมมติฐานได้รับการยืนยันโดยหลักฐาน สมมติฐานนั้นก็กลายเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในทันที ดังเช่นที่ McComas (1998, pp. 53-70) พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สมมติฐานเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตรงไปตรงมาเกินไป โดยสมมติฐานเกิดขึ้นจากการสังเกต ซึ่งหากได้รับสนับสนุนด้วยหลักฐาน สมมติฐานนั้นจะกลายเป็นทฤษฎี และเมื่อทฤษฎีได้รับการยืนยันซ้ำๆ ทฤษฎีนั้นก็กลายเป็นกฎ (การสังเกต → สมมติฐาน → ทฤษฎี → กฎ) ความสัมพันธ์ที่ตรงไปตรงมาเช่นนี้ไม่เพียงแต่ไม่แสดงถึงความหลากหลายของสมมติฐาน หากยังไม่สะท้อนบทบาทของสมมติฐาน โดยเฉพาะสมมติฐานเชิงอธิบายในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดสำคัญของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า “สมมติฐานเป็นเพียงการพยากรณ์” ก็คือ การสืบเสาะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ใดๆ จะไม่นำไปสู่คำอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุและกระบวนการเกิดปรากฏการณ์นั้น หากแต่จะถูกจำกัดอยู่เพียงแค่ข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์นั้นเท่านั้น ดังตัวอย่างในภาพ 1 หากนักเรียนเข้าใจว่า สมมติฐาน คือ การพยากรณ์เท่านั้น นักเรียนก็จะตั้งสมมติฐานเพียงแค่ว่า คนไทยอื่นๆ นอกเหนือจาก นาย ก. นาย ข. นาย ค. และ นาย ง. กินข้าวเป็นอาหารหลัก และมุ่งหาหลักฐานเพื่อยืนยันข้อเท็จจริงนี้ โดยนักเรียนไม่ได้ตั้งสมมติฐานเชิงอธิบายว่าแล้วเหตุใดคนไทยจึงกินข้าวเป็นอาหารหลัก การสืบเสาะและการให้เหตุผลเพื่อยืนยันหรือหักล้างสมมติฐานเชิงอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุของปรากฏการณ์นี้จึงยากที่จะเกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงควรได้รับการส่งเสริมให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทและบทบาทของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมมติฐานเชิงอธิบาย ซึ่งหมายความว่า ครูจำเป็นต้องเข้าใจประเภทและบทบาทของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

การส่งเสริมการตั้งสมมติฐานเชิงอธิบาย

จากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนระหว่างสมมติฐานกับการพยากรณ์ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงเห็นว่า นักเรียนและนิสิตครูควรได้รับการส่งเสริมให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติและบทบาทของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ (Kim, et al., 2012, pp. 175-189; Yoon, et al., 2012, pp. 589-608) รวมทั้งความสามารถในการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ (Park, 2006, pp. 469-489; Quinn & George, 1975, pp. 289-296) โดยเฉพาะสมมติฐานเชิงอธิบายที่ทำหน้าที่เป็นกรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่ชี้นำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Ladachart & Ladachart, 2017, pp. 436-448; Hempel, 1965) เนื่องจากสมมติฐานเชิงอธิบายมักถูกสร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงจากการสังเกตผ่านการให้เหตุผลแบบจากราย (Walton, 2001, pp. 141-169) ดังนั้น การส่งเสริมการสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายจึงต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สังเกตปรากฏการณ์นานเพียงพอ (Johnston, 2009, pp. 2511-2525) จนกระทั่งนักเรียนยอมรับข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น ตลอดจนนักเรียนเกิดความสงสัยเกี่ยวกับสาเหตุว่า ปรากฏการณ์เกิดขึ้นเช่นนั้นได้อย่างไร อย่างไรก็ตาม การสังเกตแบบเป็นเงื่อนไขที่จำเป็น แต่ก็ยังไม่เพียงพอในการสร้างสมมติฐานเชิงอธิบาย

ความรู้เดิมมีบทบาทสำคัญในการสร้างสมมติฐานเชิงอธิบาย ทั้งนี้เพราะนักเรียนมักตีความประสบการณ์ต่างๆ บนพื้นฐานของความรู้เดิมที่ตนเองมีอยู่ (Kwon, et al., 2006, pp. 643-656) ดังนั้น เมื่อนักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ใดๆ และสงสัยเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์นั้น นักเรียนจะระดมความรู้เดิมของตนเองเพื่อสร้างคำอธิบายที่อาจเป็นไปได้เกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น ครูจึงควรขยายและกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียน ไม่ว่าจะโดยการตั้งคำถาม การอุปมา และการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย (Oh, 2010, pp. 541-560) ตลอดจนการให้นักเรียนได้สำรวจปรากฏการณ์นั้นอย่างละเอียดมากขึ้น (Johnston, 2009, pp. 2511-2525) ดังตัวอย่างในกรณีของการจัดการเรียนการสอนวิชาธรณีวิทยา ซึ่งนักเรียนได้สังเกตว่า หินมีลักษณะเป็นชั้นๆ จากนั้น ครูจึงใช้การอุปมาระหว่างหินกับขนมอบ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนตั้งสมมติฐานว่า ลักษณะที่เป็นชั้นๆ ของหินอาจเกิดจากการทับถมของส่วนผสมต่างๆ เช่นเดียวกับการทำขนมอบ (Oh, 2001, p. 550) ในการนี้ Guisasola, et al. (2006, pp. 163-186) เตือนว่า นักเรียนมีแนวโน้มที่จะยอมรับสมมติฐานเชิงอธิบายที่สอดคล้องกับความรู้เดิมของตนเองในทันที

จากการสังเกตนักเรียนที่กำลังสังเกตและสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุของปรากฏการณ์ซึ่งแม่เหล็กถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ตกผ่านท่อ 2 ชนิดที่มีความยาวกัน (ท่ออะลูมิเนียมและท่อพลาสติก) แต่แม่เหล็กกลับตกถึงพื้นไม่พร้อมกัน Park (2006, pp. 469-489) พบว่า นักเรียนที่ทบทวนความรู้เดิมของตนเองเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น (ในกรณีนี้คือความรู้เดิมเกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็ก) สร้างสมมติฐานเชิงอธิบายได้ตรงประเด็นกว่านักเรียนที่จดจ่ออยู่กับบริบทที่ปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้น (อาทิ ความยาวของท่อ ขนาดของแม่เหล็ก และการสัมผัสกันระหว่างแม่เหล็กกับท่อ) ดังนั้น ในการขยายและกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียน ครูจึงควรมุ่งเน้นไปที่ความรู้ทางทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของปรากฏการณ์เป้าหมาย อันจะนำพานักเรียนไปสู่การตั้งสมมติฐานเชิงอธิบายที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากครูและนักเรียนจดจ่ออยู่กับสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยทางบริบท นักเรียนก็อาจสร้างสมมติฐานเกี่ยวกับบริบท และไม่นำไปสู่สมมติฐานเชิงอธิบายที่เป็นแนวคิดทางทฤษฎี

นอกจากการสังเกตปรากฏการณ์อย่างเพียงพอ และการกระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียนแล้ว การส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกให้เหตุผลมีส่วนร่วมช่วยในการตั้งสมมติฐานเชิงอธิบายด้วยเช่นกัน (Kwon, et al., 2006, pp. 643-656) เนื่องจากสมมติฐานเชิงอธิบายมักเกิดขึ้นจากการให้เหตุผลแบบจรรยา ซึ่งเป็นการยืมคำอธิบายของปรากฏการณ์หนึ่งมาประยุกต์ใช้เป็นสมมติฐานของอีกปรากฏการณ์หนึ่ง (Walton, 2001, pp. 141-169) การให้เหตุผลบนพื้นฐานของความคล้ายคลึงของ 2 ปรากฏการณ์ (Similarity-based reasoning) (Park, 2006, pp. 469-489) ตลอดจนการให้เหตุผลเชิงอุปมา (Analogical reasoning) (Oh, 2010, pp. 541-560) จึงช่วยให้นักเรียนสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายได้ง่ายขึ้น ดังนั้น ในการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ใดๆ ครูควรเตรียมปรากฏการณ์อื่นที่มีส่วนคล้ายกับปรากฏการณ์เป้าหมาย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของปรากฏการณ์เหล่านั้น และสร้างเป็นสมมติฐานเชิงอธิบายบนพื้นฐานของความคล้ายคลึงนั้นได้ นอกจากนี้ การกระตุ้นการรู้คิดก็มีส่วนช่วยให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเชิงอธิบายด้วยเช่นกัน (Kim & Pedersen, 2011, pp. 1780-1789)

ในประเทศไทยนั้น งานวิจัยที่ศึกษาและส่งเสริมการตั้งสมมติฐานเชิงอธิบายของนักเรียนยังไม่มีปรากฏมากนัก นอกจากนี้ งานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจของครูและนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติและหน้าที่ของสมมติฐานก็ยังมีน้อยเช่นเดียวกัน ในกรณี Ladachart and Ladachart (2017, pp. 436-448) กระตุ้นให้เกิดการเกิดการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยการสืบเสาะที่มีแนวคิดทางทฤษฎีชี้นำ โดยแนวคิดทางทฤษฎีหมายถึงสมมติฐานเชิงอธิบายที่ถูกสร้างขึ้นเพื่ออธิบายสาเหตุและกระบวนการที่ทำให้ปรากฏการณ์ใดๆ เกิดขึ้น ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นกรอบแนวคิดสำหรับการออกแบบการสืบเสาะเพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือหักล้างสมมติฐานเชิงอธิบายนั้นผ่านการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ต่อไป (Kim, et al., 2012, pp. 175-189; Yoon, et al., 2012, pp. 589-608) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ทำการสืบเสาะตามอำเภอใจ หากแต่ทำเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของแนวคิดทางทฤษฎีหรือสมมติฐานเชิงอธิบาย (Giere, 1983; Hempel, 1965) นักเรียนไทยจึงควรได้รับการส่งเสริมให้เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและหน้าที่ของสมมติฐานเชิงอธิบาย ทั้งนี้ เพื่อทำการสืบเสาะเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

บทสรุป

บทความนี้มุ่งสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ ประเภท และหน้าที่ของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นสมมติฐานเชิงบรรยาย สมมติฐานเชิงอธิบาย และสมมติฐานเชิงกระบวนการ ในการนี้ บทความมุ่งชี้ให้เห็นว่า สมมติฐานเชิงอธิบายมีบทบาทสำคัญยิ่งในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เพราะวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายหลักเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ถึงกระนั้นก็ตาม สมมติฐานเชิงอธิบายกลับไม่ได้รับความสนใจมากนักในประเทศไทย ดังนั้น บทความจึงมุ่งสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสมมติฐานเชิงอธิบาย ซึ่งเกิดขึ้นจากการให้เหตุผลแบบจรรยา ยิ่งในช่วงเวลาที่ประเทศไทยกำลังตื่นตัวกับสะเต็มศึกษา ซึ่งมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดและสร้างนวัตกรรมผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Ladachart & Ladachart, 2018, pp. 246-260) สมมติฐานเชิงกระบวนการอาจได้รับความสนใจมากขึ้น ในขณะที่สมมติฐานเชิงอธิบายอาจถูกละเลยมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ครูและนักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจธรรมชาติและหน้าที่ของสมมติฐานแต่ละประเภท ทั้งนี้เพื่อสร้างสมมติฐานที่สอดคล้องกับประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

References

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, P., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Nias, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2014). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Baxter, L. M., & Kurtz, M. J. (2001). When a hypothesis is not an educated guess. *Science and Children*, 38(7), 18-20.
- Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. (2010). *Indicators and core learning content in science according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. Bangkok: Agricultural Co-operative Federation of Thailand. [in Thai]
- Eastwell, P. (2014). Understanding hypotheses, predictions, laws, and theories. *Science Education Review*, 31(1), 16-21.
- Giere, R. N. (1983). *Testing theoretical hypotheses*. Minneapolis: University of Minnesota. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, <http://hdl.handle.net/11299/185344>
- Guisasola, J., Ceberio, M., & Zubimendi, J. L. (2006). University Students' Strategies for Constructing Hypothesis When Tackling Paper-and-Pencil Tasks in Physics. *Research in Science Education*, 36(3), 163-186.
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P. O. (2011). The uses of the term hypothesis and the inquiry emphasis conflation in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1993-2015.
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*. New York: The Free Press.
- Johnston, J. S. (2009). What does the skill of observation look like in young children? *International Journal of Science Education*, 31(18), 2511-2525.
- Kim, H. J., & Pedersen, S. (2011). Advancing young adolescents' hypothesis-development performance in a computer-supported and problem-based learning environment. *Computer and Education*, 57(2), 1780-1789.
- Kim, M., Jung, Y. J., & Yoon, H. (2012). Stories of teaching hypothesis-verification process in elementary science classrooms. In K. C. D. Tan and M. Kim (Eds.). *Issues and Challenges in Science Education Research: Moving Forward* (pp. 175-189). Dordrecht: Springer.
- Kwon, Y., Jeong, J., & Park, Y. (2006). Roles of abductive reasoning and prior belief in children's generation of hypotheses about pendulum motion. *Science and Education*, 15(6), 643-656.

- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2016). Pre-service biology teachers' understandings about nature of scientific inquiry. *Journal of Learning Innovations Walailak University*, 2(1), 24-44. [in Thai]
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2017). From 5Es inquiry cycle towards theory-directed inquiry. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 8(2), 436-448. [in Thai]
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2018). From scientific literacy and inquiry to stem education and design. *Journal of Education Naresuan University*, 20(1), 246-260. [in Thai]
- Ladachart, L., & Mahalee, K. (2016). Lower-secondary School Students' Understandings about Nature of Scientific Inquiry. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 7(2), 284-310. [in Thai]
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Ed.). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 53-70). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? some strategies found in abductive inquiry activities of earth science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560.
- Okasha, S. (2002). *Philosophy of science: A very short introduction* (C. Chanthamrong, Trans.). Bangkok: The Princess Maha Chakri Sirindhorn Anthropology Centre.
- Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489.
- Quinn, M. E., & George, K. D. (1975). Teaching hypothesis formation. *Science Education*, 59(3), 289-296.
- Walton, D. N. (2001). Abductive, presumptive and plausible arguments. *Informal Logic*, 21(2), 141-169.
- Wenham, M. (1993). The nature and role of hypotheses in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.
- Yoon, H. G., Joung, Y., J., & Kim, M. (2012). The challenge of science inquiry teaching for pre-service teachers in elementary classrooms: Difficulties on and under the scene. *Research in Science Education*, 42(3), 589-608.