การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

กันต์ฤทัย คุณเลี้ยง[1] น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร[2] และสายรุ้ง ซาวสุภา[1*]

[1]สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน และ [2]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

[*]E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

รับบทความ: 8 เมษายน 2565 แก้ไขบทความ: 7 มิถุนายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 14 กรกฎาคม 2565

บทคัดย่อ

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการคิดเชิงวิพากษ์ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่มีความจำเป็นในการดำเนินชีวิต ดังนั้นการเข้าใจการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และค้นพบวิธีการแก้ปัญหานำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ บทความนี้จึงมุ่งอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจถึงความหมายและคำจำกัดความของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความสำคัญ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แนวทางในการพัฒนา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เข้าใจและสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

คำสำคัญ: การคิดเชิงวิพากษ์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การศึกษาวิทยาศาสตร์

Development of Scientific Reasoning

Kanruthai Khunliang[1], Nampung Supautumporn[2] and Sairoong Saowsupa[1*]

[1]Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction, and
[2]Science and Technology Department, Chulalongkorn University Demonstration Secondary School,
Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
[*]E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

Received: 8 April 2022 Revised: 7 June 2022 Accepted: 14 July 2022

Abstract

Scientific reasoning is critical thinking that is one of the 21st century skills that are essential to life. Therefore, understanding scientific reasoning is of paramount importance to students for development of scientific explanation, scientific argument and discovery of problem solving in their everyday life. This article aims to elaborate on scientific reasoning to understand scientific reasoning. Including explaining the meaning and definitions of scientific reasoning, their importance, the tools used in the study of scientific reasoning, development guidelines and research related to scientific reasoning. To help those involved in scientific studies understands and be able to use this information to design and develop science teaching and learning that further enhances students' scientific reasoning ability.

Keywords: Critical thinking, Scientific reasoning, Science education

บทนำ

จุดประสงค์หนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหาการสร้างคำอธิบาย และการขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ ในสถานการณ์การแก้ปัญหาบางอย่างที่ไม่คุ้นเคยหรือที่มีบริบทที่ซับซ้อน นักเรียนต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2017) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญในชีวิตประจำวันของทุกคน แม้ว่าทุกคนจะไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ แต่ก็ต้องใช้เหตุผลที่ดีในการอธิบาย ทำนาย และควบคุมเหตุการณ์รอบตัว เมื่อต้องการเริ่มต้นอาชีพอย่างรวดเร็ว ปกป้องการลงทุน ปรับปรุงสุขภาพ บุคคลนั้นก็ต้องรวบรวมหลักฐานเพื่อค้นหาวิธีที่มีประสิทธิภาพซึ่งน่าจะบรรลุเป้าหมาย (Lau and Chan, 2015)

แม้ว่าเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย และการทดสอบระดับนานาชาติ อาทิ โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยา-

ศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study หรือTIMSS) (IPST, 2017) และโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) (IPST, 2020) ให้ความสำคัญกับการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งการประเมินของ TIMSS ในวิชาวิทยาศาสตร์ ประเมินด้านเนื้อหา 4 สาระ ได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ และการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ การแก้ปัญหาและการใช้เหตุผล ซึ่งการใช้เหตุผลนี้สอดคล้องกับความหมายของการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนแสดงหลักฐานหรือประจักษ์พยานมายืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐานของตน (Bradley *et al*., 2012) ในปี พ.ศ. 2558 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 456 คะแนน อยู่ในช่วงคะแนนความสามารถระดับต่ำ และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (IPST, 2017) จากผลการประเมินดังกล่าว พบว่านักเรียนไทยยังคงประสบปัญหาเรื่องการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (IPST, 2017, 2020) ดังนั้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถก่อประโยชน์ให้ผู้เรียนทั้งด้านวิชาการและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ในด้านวิชาการ พบว่า การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น (Pongsthana *et al*., 2020) และส่งเสริมการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล สามารถตรวจสอบสมมติฐานและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเชิงประจักษ์ (Ding, 2018; Erlina *et al*., 2018; Lawson, 2010) สำหรับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน พบว่า บุคคลที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ เหตุการณ์ และกระบวนการต่าง ๆ (Stammen et al., 2018) และมีประสิทธิภาพในการประเมินข้อมูล การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการทำงานด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ (Abate *et al*., 2020) บทความนี้นำเสนอความหมาย ความสำคัญ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา แนวทางในการพัฒนาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คืออะไร

ปัจจุบันเชื่อกันว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นหนทางในการจัดการกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องช่วยผู้เรียนในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งการให้เหตุผล ก็เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยการให้เหตุผล เป็นความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลและแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เป็นอิสระจากความรู้เดิม เป็นการวิเคราะห์ปัญหาใหม่ที่อาศัยความรู้และประสบการณ์ที่เคยได้รับมา (Sawekngam, 2014) โดยประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้ออ้าง (หลักฐานหรือเหตุผล) และส่วนที่เป็นข้อสรุปซึ่งเป็นผลหรือสิ่งที่เราต้องการบอกว่าเป็นจริง เช่นเดียวกันกับ “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์” ซึ่งเป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning)

หรือการคิดเชิงวิพากษ์ (critical thinking) (Kambeyo, 2017) เป็นทักษะการคิดที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบ การทดลอง การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้ง ที่นำไปสู่ของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (Zimmerman, 2005) และในกรณีที่ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ จะสะท้อนถึงกระบวนการได้มาซึ่งความรู้และการเปลี่ยนแปลงความรู้ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมการสืบสอบ (Bradley *et al*., 2012) ดังนั้นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นการให้เหตุผลในกระบวนการที่มีเป้าหมายเพื่อสร้างข้อสรุปซึ่งอาจเป็นแนวคิดหรือมโนทัศน์ โดยอาศัยการสร้างและตรวจสอบข้อเสนอเชิงสมมติฐาน เพื่อสรุปความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างผลของการตรวจสอบข้อเสนอเชิงสมมติฐานและสมมติฐาน

Lawson (1978) ได้พัฒนาแบบทดสอบในการการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal operation) โดยประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ โดยมีพื้นฐานมาจากการขั้นของการคิดเชิงนามธรรมตามทฤษฎีการพัฒนาการทางปัญญาของเพียเจต์ ได้แก่ 1) การแยกและการควบคุมตัวแปร (isolation and control of variables) 2) การให้เหตุผลแบบผสมผสาน (combinatorial reasoning) หมายถึง การวิเคราะห์เชิงผสมของปัจจัยเชิงสาเหตุที่เป็นไปได้ 3) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (probabilistic reasoning) หมายถึง การรู้ถึงลักษณะความน่าจะเป็นของปรากฏการณ์ 4) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional reasoning) หมายถึง การสร้างความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ระหว่างตัวแปร และ 5) การอนุรักษ์ของน้ำหนักและการแทนที่ของปริมาตร (conservation of weight and displaced volume) ทั้งนี้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งมักจะสอดคล้องกับแนวคิดของ Lawson ซึ่งปัจจุบัน Lawson *et al*. (2000) ได้ระบุถึงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การอนุรักษ์ปริมาตรและสสาร (conservation of matter and volume) 2) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional reasoning) 3) การควบคุมตัวแปร (control of variables) 4) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (probability reasoning) 5) การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (correlation reasoning) และ 6) การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetical–deductive reasoning)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำคัญอย่างไร

ปัจจุบันเชื่อกันว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นหนทางในการจัดการกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องช่วยนักเรียนในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา การประเมินข้อมูล การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่หลากหลาย การคิดเชิงวิเคราะห์ การให้เหตุผล และพัฒนาแนวคิดและผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ (Abate *et al*., 2020) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นทักษะการคิดที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบ การทดลอง การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้ง (Zimmerman, 2005) และหลักการของการให้เหตุผลก็ใช้ได้กับชีวิตประจำวัน (Lau and Chan, 2015) สอดคล้องเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย คือ เพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการดำรงชีวิต หรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่

ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ และที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (IPST, 2017)

นอกจากนี้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถก่อประโยชน์ให้ผู้เรียนทั้งด้านวิชาการและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ในด้านวิชาการ พบว่า การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น (Pongsthana, 2020) และส่งเสริมการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล สามารถตรวจสอบสมมติฐานและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเชิงประจักษ์ (Ding, 2018; Erlina *et al*., 2018; Lawson, 2020) สำหรับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน พบว่า บุคคลที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ เหตุการณ์และกระบวนการต่างๆ (Stammen *et al*., 2018) และมีประสิทธิภาพในการประเมินข้อมูล การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการทำงานด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้ (Abate *et al*., 2020)

แนวทางการประเมินความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถทางการคิด ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรงด้วยอวัยวะสัมผัสทั้งห้า ในการศึกษาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องศึกษาผ่านเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดและประเมินโดยตรง จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า แนวทางในการศึกษาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นการใช้แบบทดสอบ การสัมภาษณ์ หรือกระทั่งการการใช้แบบทดสอบร่วมกับการสัมภาษณ์

Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR) เป็นแบบทดสอบที่นำมาเป็นเครื่องมือหรือต้นแบบในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักวิจัยหลายท่าน (Khoirina *et al*., 2018; Luo *et al*., 2020; Novia and Riandi, 2017) ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 24 ข้อ คิดเป็น 12 คะแนน เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (multiple choice) ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 2 ชั้น ประกอบไปด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ให้เลือกตอบเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหา และส่วนที่สองเป็นกลุ่มของเหตุผลต่าง ๆ ที่มีแบบหลายตัวเลือกให้เลือกเหตุผลที่ถูกต้องเหมาะสม Stammen *et al*. (2018) ได้แปลความหมายผลคะแนนจากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ LCTSR ตามระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของเพียเจต์ จึงแบ่งกลุ่มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตามระดับคะแนนที่ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 0 (0–4 คะแนน) concrete formal operational reasoners มีความพยายามในการให้เหตุผลเชิงนามธรรม ระดับ 1 (5–10 คะแนน) transitional reasoners สามารถให้เหตุผลเชิงนามธรรมได้บางบริบท และระดับ 3 (11–13 คะแนน) formal operational reasoners สามารถให้เหตุผลเชิงนามธรรมได้ในหลากหลายบริบท

จากการศึกษาแนวทางการประเมินการ

ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศไทย พบว่า นักวิชาการส่วนมากจะใช้โครงสร้างข้อคำถามที่เป็นการตอบ 2 ชั้น (two–tier structure item) ในการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในชั้นที่ 1 จะเป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ และในชั้นที่ 2 เป็นการตอบคำถามเพื่ออธิบายเหตุผลในการตอบของชั้นที่ 1 รูปแบบของแบบทดสอบสามารถเป็นได้ทั้งแบบทดสอบเลือกตอบแบบหลายตัวเลือกทั้งในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 (Pongsthana *et al*., 2020) แบบทดสอบเลือกตอบแบบหลายตัวเลือกในชั้นที่ 1 และแบบเขียนตอบแบบอธิบายในชั้นที่ 2 (Suwannaphuth and Bongkotphet, 2019), และแบบทดสอบแบบเขียนตอบแบบอธิบายทั้งในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 (Suaklun and Promratana, 2021) นอกจากนี้เครื่องมือวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังสามารถสร้างได้แบบอิงเนื้อหาทางวิชาวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ เช่น เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ในวิชาเคมี (Chaimongkol *et al*., 2016) เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในวิชาชีววิทยา (Suwannaphuth and Bongkotphet, 2019) เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ในวิชาฟิสิกส์ (Inthaud *et al*., 2019) และไม่อิงเนื้อหาทางวิชาวิทยาศาสตร์ (Suaklun and Promratana, 2021)

แนวทางส่งเสริมความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการ นักวิจัยได้แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนการสอนที่ออกแบบมาอย่างรอบคอบ พบว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry–based learning) สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (Adey and Csapo, 2012; Chaimongkol *et al*., 2016; Erlina *et al*., 2018; Suwannaphuth and Bongkotphet, 2019) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพต้องการทักษะการนิรนัยหรือการอนุมาน (deductive skill) และทักษะการอุปนัยหรือการอุปมาน (inductive skill) นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบอื่น ๆ ก็สามารถส่งเสริมความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน เช่น การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model–based learning) (Heijnes *et al*., 2018) ซึ่ง Giere (2001) ได้เสนอกรอบแนวคิดใหม่สำหรับการสอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยได้นำเสนอรูปแบบการใช้แบบจำลองเป็นฐานแทนรูปแบบการสอนแบบดั้งเดิม (traditional statement approach) ซึ่งเป็นการอนุมานทางวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้างขึ้นใหม่ในลักษณะเป็นข้อโต้แย้งที่ชัดเจน ประกอบด้วยหลักฐานและข้อสรุป ต่อมางานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลได้อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของกรอบแนวคิดนี้ คือ กรอบแนวคิดนี้ครอบคลุมเฉพาะความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพียงประเภทเดียว นั่นคือ เหตุผลที่ใช้ในหลักปฏิบัติการวิจัยซึ่งขับเคลื่อนด้วยสมมติฐาน (hypothesis–driven research practices) ดังนั้นการจะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงมีประเด็นสำคัญบางประการที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. กระบวนการทางปัญญาและกลไก (cognitive processes and mechanisms) นักวิจัย

พบว่าความอยากรู้ อยากเห็น เป็นจุดเริ่มต้นของการนำไปสู่พฤติกรรมการสำรวจค้นหา (Jirout and Klahr, 2012) ซึ่งจะนำไปสู่การค้นคว้าหาข้อมูล โดยการค้นคว้าหาข้อมูลนี้เองจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดกลไกทางปัญญาในการคัดแยกข้อมูลและบุคคลนั้นก็จะสามารถปฏิบัติเพื่อไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ (Klahr, 2010)

2. กระบวนการรู้คิด (metacognitive processes) สมรรถนะการรู้คิด (metacognitive competence) มีความสำคัญสำหรับการให้เหตุผลเชิงสมมติฐาน (hypothetical reasoning) ซึ่งกลไกทางปัญญาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสืบสวน (investigation) พื้นฐานและการอนุมานสำหรับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลเกี่ยวกับความรู้ วิธีการได้มาซึ่งความรู้และการประเมินความรู้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมการใช้เหตุผลของบุคคล การให้เหตุผลที่ซับซ้อนจึงเกี่ยวข้องกับทั้งการใช้กลยุทธ์ที่หลากหลายในการทดสอบสมมติฐาน การอุปมาน การลงความเห็น การประเมินหลักฐานและความตระหนักรู้ในตนเอง (Bradley *et al*., 2012)

ความสามารถในการให้เหตุผลเป็นความสามารถที่ไม่ได้ติดตัวมาแต่กำเนิดแต่มีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อความสามารถนี้ ซึ่งปัจจัยสำคัญหนึ่งที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก็คือ รูปแบบหรือวิธีการสอนที่ครูเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมนั่นเอง การจัดกิจกรรมการสอนที่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นี้ควรเป็นกิจกรรมที่มีการให้สร้าง ทดสอบและทบทวนสมมติฐานและตัดสินใจในการแก้ปัญหา วิธีการหนึ่งที่ครูสามารถพัฒนาความสามารถนี้ให้กับผู้เรียนคือการใช้วิธีการสอนแบบทดลอง และใช้กระบวนการสืบสอบที่เป็น free inquiry learning และ modification inquiry (Khoirina *et al*., 2018)

ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ด้วยความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวในข้างต้น ทำให้ประเด็นในการศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นไปได้หลากหลาย ได้แก่ การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การสำรวจระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างเครื่องมือวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ Erlina *et al*. (2018) ใช้ evidence–based reasoning in inquiry–based teaching (EBR) เป็นกรอบของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในประเทศอินโดนีเซีย มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ EBR ในการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อปรับปรุงการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอน evidence–based reasoning in inquiry–based teaching ปรับปรุงการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ดังเช่นงานวิจัยของ Pongsthana *et al*. (2020) ทำการวิจัยกึ่งทดลองที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน มีกลุ่ม

ตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2.41 คะแนน (จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน) สูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ Novia and Riandi (2017) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2014/2015 ในเมืองบันดุง ประเทศอินโดนีเซีย เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาเชิงปริมาณ การออกแบบงานวิจัยที่ใช้เป็นแบบหนึ่งกลุ่มก่อนการทดสอบ–หลังการทดสอบ (one group pretest–posttest design) โดยใช้แบบทดสอบ modified Lawson classroom test of scientific reasoning (MLCTSR) ที่พัฒนาขึ้นจากการทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบ Lawson's classroom test of scientific reasoning (LCTSR) ในปี ค.ศ. 2000 ร่วมกับการสังเกตและการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่าการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เชิงปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก และ Ding (2018) ศึกษาแนวโน้มความก้าวหน้าของทักษะการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาวจีนในระดับชั้นประถมศึกษาถึงมหาวิทยาลัย โดยใช้ classroom test of scientific reasoning (CTSR) ที่จัดทำขึ้นกับนักเรียนชาวจีนจำนวน 2,669 คน นักเรียน 13 ชั้นปี (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงอุดมศึกษาปีที่ 4) ผลการศึกษาพบว่าแนวโน้มความก้าวหน้าข้ามระดับโดยทั่วไปเป็นไปตามเส้นทางที่ต่อเนื่องผ่านระดับการปรับปรุงที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่องค์ประกอบย่อยทั้งหมด แสดงการเติบโตอย่างเห็นได้ชัดในช่วงมัธยมต้นและมัธยมปลาย แต่ก็มีความก้าวหน้าในระดับคะแนนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ซึ่งเป็นวิธีการหรือลำดับขั้นตอนเพื่อสร้างหรือประเมินสมมติฐาน แม้ว่าทั้งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะดูเหมือนคล้ายกัน แต่ก็แตกต่างกันในแง่ที่ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการเรียนรู้ที่สามารถใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ในขณะที่วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนมาตรฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เมื่อทำการทดลอง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อาทิ โครงการ TIMSS ได้เสนอแนวทางการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภทดังนี้ 1) แบบทดสอบเขียนตอบ โดยกำหนดกำหนดสถานการณ์หรือปัญหา แล้วถามคำถาม โดยให้นักเรียนเขียนตอบเติมคำ เขียนตอบแบบอธิบาย หรือวาดรูปอธิบาย เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง และ 2) แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก โดยมีข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ และมีตัวเลือก 4 ตัวเลือก นอกจากนี้ Lawson (2000 อ้างถึงใน Bao *et al*., 2009) พัฒนาแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดแนวทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ในขั้นของการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning) เรียกว่า Lawson classroom test of scientific reasoning (LCTSR) เป็นแบบประเมิน

องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ การอนุรักษ์มวลและปริมาตร การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน การควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น และการให้เหตุผลแบบ

นิรนัยเชิงสมมติฐาน ประกอบด้วยข้อคำถาม 24 ข้อ คิดเป็น 12 คะแนน เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (multiple choice) ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 2 ชั้น (two–tier structure) ประกอบไปด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ให้เลือกตอบเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นกลุ่มของเหตุผลต่าง ๆ ที่มีแบบหลายตัวเลือกให้เลือกเหตุผลที่ถูกต้องเหมาะสม

สรุป

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนามธรรม เป็นทักษะการคิดที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบ การทดลอง การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้งที่นำไปสู่ของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถก่อประโยชน์ให้ผู้เรียนทั้งด้านวิชาการและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน แต่จากการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายของประเทศไทย ยังพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังระดับความซับซ้อนในระดับต่ำและจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาให้สูงขึ้น ซึ่งการออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้นการทำความเข้าใจการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นในการทำความเข้าใจเพื่อให้ครูผู้สอน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์สามารถจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

Abate, T., Michael, K., and Angell, C. (2020). Assessment of scientific reasoning: development and validation of scientific reasoning assessment tool. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education** 16(12): 1–15.

Adey, P., and Csapó, B. (2012). Developing and assessing scientific reasoning. In Csapó, B., and Szabó, G. (Eds.), **Framework for Diagnostic Assessment of Science** (pp. 17–53). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.

Bradley, J. M., Croker, S., Masnick, A. M., and Zimmerman, C. (2012). The Emergence of scientific reasoning. In Kloos, H. (Ed.) **Current Topics in Children's Learning and Cognition** (pp. 61–82). London: Intech Open.

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., and Wang, Y. (2009). Learning and scientific reasoning. **Science** 323: 586–587.

Chaimongkol, P., Chanunan, S., and Klamtet, J. (2016). Development of scientific reasoning ability in stoichiometry unit using argument–driven inquiry instructional model. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 8(1): 27–40. (in Thai)

Csapó, B., and Szabó, G. (Eds.) **Framework for Diagnostic Assessment of Science**

(pp. 17–53). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.

Ding, L. (2018). Progression trend of scientific reasoning from elementary school to university: A large–scale cross–grade survey among Chinese students. **International Journal of Science and Mathematics Education** 16(8): 1479–1498.

Erlina, N., Susantini, E., Wasis, W., Wicaksono, I., and Pandiangan, P. (2018). The Effectiveness of evidence–based reasoning in inquiry–based physics teaching to increase students' scientific reasoning. **Journal of Baltic Science Education** 17(6): 972–985.

Giere, R. N. (2001). A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation** 15(1): 21–33.

Heijnes, D., van Joolingen, W. R., and Leenaars, F. (2018). Stimulating scientific reasoning with drawing–based modeling. **Journal of Science Education and Technology** 27(1): 45–56.

Inthaud, K., Bongkotphet, T., and Chindaruksa, S. (2019). Developing scientific reasoning using argument driven inquiry instructional model in light and visual instrument topic for 11th grade students. **Journal of Physics: Conference Series** 1157(3): 032014.

Khoirina, M., Cari, C., and Sukarmin. (2018). Identify students' scientific reasoning ability at senior high school. **Journal of Physics: Conference Series** 1097(1): 1–6.

Klahr, D. (2010). Coming up for air: But is it oxygen or phlogiston? A response to Taber's review of constructivist instruction: Success or Failure? **Education Review** 13(13): 1–6.

Lau, J., and Chan, J. (2021). **Scientific Methodology**. Retrieved from http://philosophy.hku.hk/think/sci/, February 27, 2022.

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. **Journal of Research in Science Teaching** 15(1): 11–24.

Lawson, A. E. (2000). Classroom test of scientific reasoning. **Journal of Research in Science Teaching** 15: 11–24.

Luo M., Wang, Z., Sun, D., Wan, ZH. Zhu, L. (2020). Evaluating scientific reasoning ability: The design and validation of an assessment with a focus on reasoning and the use of evidence. **Journal of Baltic Science Education** 19(2): 261–275.

Novia, N., and Riandi, R. (2017). The analysis of students' scientific reasoning ability in solving the modified Lawson classroom test of scientific reasoning (MLCTSR) problems by applying the levels of inquiry. **Journal Pendidikan IPA Indonesia** 6(1): 116–122.

Pongsthana, N., Samiphak, S., and Pollawatn, R. (2020). Effects of argumentation and evaluation instruction on scientific reasoning

ability and biology learning achievement of upper secondary school student. **An Online Journal of Education** 15(2): 1–13. (in Thai)

Saweкngam, W. (2014). Reasoning ability. **Journal of Education Studies** 42(2): 207–223. (in Thai)

Stammen, A. N., Malone, K. L., and Irving, K. E. (2018). Effects of modeling instruction professional development on biology teachers' scientific reasoning skills. **Education Science** 8: 1–19.

Suaklun, P., and Promratana, P. L. (2021). Scientific reasoning abilities of upper secondary school students in private schools. **The 15th RSU National Graduate Research Conference** (pp. 1819–1830). Pathumthani, Thailand: Rangsit University. (in Thai)

Suwannaphuth, T., and Bongkotphet, T. (2019). An action research for enhancing 11th grade student's scientific reasoning ability on the topic of DNA technology using argument–driven inquiry. **Silpakorn Educational Research Journal** 11(2): 395–409. (in Thai)

The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2017). **TIMSS 2015 Project Research Report**. Bangkok: Author. (in Thai)

The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2020). **PISA Assessment Results 2018 Reading, Mathematics and Science** Bangkok: Author. (in Thai)

Zimmerman, C. (2005). **The development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning**. Final draft of a report to the National Research Council Committee on Science Learning Kindergarten through Eighth Grade. Washington, DC: National Research Council.