

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 Nature of Science and Learning in the 21st Century

ภาริณี สุวรรณศรี¹
ประสาท เนืองเฉลิม²

บทคัดย่อ

การเรียนการสอนในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงจึงมิใช่การแสวงหาความรู้อย่างดั่งเดียว แต่ต้องเติมเต็มคุณลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 บทความนี้มุ่งนำเสนอธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการเตรียมพลโลกให้มีความพร้อมในการดำรงชีวิตในยุคที่มีการแข่งขันแบบร่วมมือ ซึ่งผู้อ่านจะได้นำแนวคิดไปประยุกต์ให้เข้ากับบริบทของห้องเรียนในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: วิทยาศาสตร์ การเรียนการสอน ศตวรรษที่ 21 การศึกษา ทักษะที่จำเป็น

ABSTRACT

Teaching and learning in the era of rapidly changed is not need only pure knowledge, but it must be fulfilled by 21st century learning and important attributes. This paper aims to represent the relationship between nature of science and learning in the 21st century. It helps us to prepare citizens to face with the competitive and collaborative lives. Readers can bring ideas into 21st century classroom as it should be in appropriately.

Keywords: Science Instruction, 21st century Education Necessary Skills

¹ โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทนำ

ความรู้ที่ค้นพบบนโลกล้วนได้รับการตรวจสอบอย่างเป็นระบบโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ที่สั่งสมผ่านระยะเวลาอันยาวนานก่อให้เกิดการพัฒนาความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จนสังคมสะท้อนถึงความต้องการให้บรรจุสิ่งเหล่านี้ไว้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นหัวใจสำคัญในการผลักดันให้เยาวชนและพลเมืองของประเทศต่างๆ ได้นำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจรรโลงความรู้และต่อยอดเป็นนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่สร้างสรรค์ต่อสังคม การเข้าใจวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมและควรจะเป็นจะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีคุณค่าและความหมาย ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ และนำความรู้ไปใช้ในการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (ประสาธ เนืองเฉลิม, 2556)

บทความนี้จึงได้นำเสนอธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มองเห็นคุณค่า คุณประโยชน์ของการส่งเสริมการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยยึดแนวคิดของ The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2009) ซึ่งเป็นการกำหนดแนวทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนักคณิตศาสตร์ มีการเชื่อมโยงแนวความคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สู่มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ มีความมุ่งมั่นเพื่อให้เกิดการปฏิรูปการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ มีการกำหนดวิสัยทัศน์ และกรอบการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน เพื่อให้เกิดเอกภาพในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ กรอบแนวคิดดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายทั่วโลก และนำไปสู่การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งเป็นความรู้เชิงวิทยาศาสตร์หรือการรู้เชิงวิทยาศาสตร์

การที่บุคคลสามารถเข้าใจในทุกแง่มุมของความรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งความเป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทักษะคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ บุคคลสามารถเข้าใจในมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำเอาความรู้นั้นไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถนำไปใช้ดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมทั้งด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) และด้านจิตวิทยาศาสตร์ (Habits of Mind) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การดำเนินกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการ และจิตวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมได้เป็นอย่างดี (ประสาธ เนืองเฉลิม, 2558)

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านการสืบเสาะ วิธีการได้มาซึ่งความรู้ และการนำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้างสรรค์ต่อสังคม ข้อเท็จจริง หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และวิธีที่จะให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประวัติวิทยาศาสตร์ ปรัชญาวิทยาศาสตร์ วัฒนธรรมประเพณีที่มีวิทยาศาสตร์เข้าไปเกี่ยวข้อง ตลอดจนความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน การเรียนรู้เช่นนี้จะทำให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึงการรู้ การใช้ การตัดสินใจ ความมีเหตุมีผล การคิดแบบวิทยาศาสตร์ และการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ ท้ายที่สุดสามารถเปลี่ยนวัฒนธรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จากการบอกเนื้อหาเพียงอย่างเดียว เป็นการพัฒนาเนื้อหาพร้อมกับชี้ให้เห็นกระบวนการให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ ให้มีการอภิปราย ขบคิดเกี่ยวกับความเป็นวิทยาศาสตร์ด้วยความไม่มีอคติ และสร้างเสริมความเป็นจิตวิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียน

บริบทการเรียนการสอนในยุคแห่งการแข่งขันแบบร่วมมือ

เมื่อสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แปรเปลี่ยนไปตามพลวัตของสังคม การเรียนการสอนก็ควรปรับเปลี่ยนกระบวนการทัศน์ใหม่ จากเดิมที่เคยเชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีต้องมาจากความเข้าใจในทฤษฎี การลงมือค้นคว้าคำตอบตามหลักการที่เคยกำหนดมาก่อน แต่เนื่องด้วยศตวรรษที่ 21 ข้อมูลข่าวสารเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แนวคิดที่จะค้นหาความรู้ด้วยตนเองจึงมีความหลากหลายทั้งเทคนิค วิธีการ และช่องทางของการสื่อสาร การศึกษา Mustafa แลคณะ (2017) ได้ชี้ให้เห็นการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การรู้วิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับการประเมินสมรรถนะด้านความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกแห่งอนาคต การเรียนรู้จึงมุ่งพัฒนาสมรรถนะ (Competency) หรือการรู้เรื่อง (Literacy) ดังเช่นโปรแกรมการประเมินผู้เรียนระดับนานาชาติ (Programmed for International Student Assessment: PISA) สะท้อนว่าหลักสูตรและการเรียนการสอนของ

แต่ละประเทศที่เข้าร่วมการประเมินนั้นมีการเตรียมความพร้อมของประชาชนให้มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาและแข่งขันในประชาคมโลกอย่างไร (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

การศึกษา PISA เป็นการศึกษาระยะยาว โดยเริ่มต้นโครงการในปี 2000 จนถึงปัจจุบันการศึกษา PISA มีบทบาทไปทั่วโลก เพื่อประเมินคุณภาพการศึกษากับประเทศที่พัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม นั้นหมายความว่าประเทศใดที่มีการเตรียมความพร้อมของเยาวชนให้มีความรู้ ความสามารถ และสมรรถนะสูงเพื่อเข้าสู่โลกใหม่ในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ย่อมต้องแสวงหาความร่วมมือกับภาคีเครือข่ายเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาของประเทศตนเองให้มีความก้าวหน้าและทัดเทียมกับประเทศอื่นๆ PISA ประเมินผู้เรียนทั้งความรู้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และให้ความสำคัญกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อีกด้วย Nuangchalem and Islami (2018a; 2018b) Eka และคณะ (2018) ได้ชี้ให้เห็นว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับการรู้วิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ในระดับพื้นฐาน กิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่เป็นไปตามการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นลักษณะพื้นฐานของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา PISA 2015 แต่ความสามารถในการท่องจำเนื้อหาอันค่อนข้างสูง ดังนั้นครูจึงควรออกแบบห้องปฏิบัติการ และกิจกรรมที่ทำให้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจริง ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความคิดทางวิทยาศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง การรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ผู้เรียนเป็นคนที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์

ในขณะที่ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยีการสื่อสาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ อย่างรวดเร็วทั้งด้านการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม เศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดชัดเจนจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและการสื่อสาร คือ การเปลี่ยนแปลงของสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปโดยสิ้นเชิง แต่ทุกวันนี้กลายเป็นสังคมแห่งการแข่งขัน เน้นความสะดวกสบาย และรวดเร็ว มีการรับข้อมูลข่าวสารจากหลากหลายช่องทาง และมีการส่งต่อแบ่งปันข้อมูลกันผ่านช่องทางที่หลากหลายจนกลายเป็นสังคมนิยมข้อมูล สิ่งเหล่านี้ทำให้ความแตกต่างระหว่างชนบทและเมืองน้อยลง ซึ่งน่าจะเป็นผลดีกลับส่งผลทางลบต่อสังคมของประเทศโดยภาพรวม ทางออกที่ดีและมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในศตวรรษที่ 21 นั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาต้องช่วยกันสร้างสภาพแวดล้อมของการแข่งขันแบบร่วมมือ

การเรียนรู้แห่งการเปลี่ยนแปลง

ความเปลี่ยนแปลงทางสังคมส่งผลต่อวัฒนธรรมการเรียนการสอน ผู้เรียนยุคใหม่ไวต่อข้อมูลข่าวสาร และความรู้สึกต่างๆ ผู้เรียนสามารถค้นคว้าและเข้าถึงความรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แต่การได้มาซึ่งข้อมูลเหล่านั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ สังเคราะห์ว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อตนเองอย่างแท้จริง ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จึงควรได้รับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่จำเป็นและสอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของความเป็นวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ทักษะการคิดวิจารณ์ญาณ (Critical Thinking) ผู้เรียนสามารถคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศต่างๆ สามารถประเมินผลและประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศและความรู้ต่างๆ ได้อย่างมีเหตุมีผล

ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration Skill) ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข มีความเป็นผู้นำ เป็นผู้ตาม สามารถแสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นได้อย่างเหมาะสม ทำให้งานของส่วนรวมประสบความสำเร็จ บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทักษะการสื่อสาร (Communication Skill) ผู้เรียนสามารถสื่อสารกับเพื่อน ผู้สอน และบุคคลอื่นๆ ในการทำงานร่วมกัน การสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ ความคิดเห็นระหว่างกันได้ รวมถึงสามารถอธิบาย และนำเสนอข้อมูลข่าวสารให้ผู้อื่นรับรู้โดยใช้ภาษาที่ถูกต้องและสื่อสารได้อย่างชัดเจน เข้าใจได้ง่าย

ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ต้องมีความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน ในการเรียนรู้ การประยุกต์ความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ รวมถึงสามารถสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ เทคนิค วิธีการ และ/หรือกระบวนการต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมได้

ทักษะทางดิจิทัล (Digital Skill) ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อการค้นคว้า การเรียนรู้ การแลกเปลี่ยน และการแบ่งปันความรู้ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม สามารถคัดกรอง

ข้อมูล วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินข้อมูลได้อย่างเหมาะสม สามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ มีจริยธรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ไม่ทำผิดกฎหมายเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ทักษะทางอาชีพและการใช้ชีวิต (Career Skill & Life Skill) ได้แก่วิธีการปรับตัวเพื่อรับการเปลี่ยนแปลงทั้งบทบาทหน้าที่ บริบท สภาพแวดล้อม และสภาพที่ได้รับความยืดหยุ่นในการทำงานและการดำรงชีวิตมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นผู้ที่มีความเป็นตัวของตัวเองที่มีศักยภาพและความสามารถหลากหลาย สามารถทำงานได้หลายหน้าที่ และจัดสรรแบ่งเวลาได้เหมาะสมระหว่างการทำงานและการใช้ชีวิต รวมถึงสามารถจัดการกับปัญหาต่างๆ ในที่ทำงานและในการใช้ชีวิตได้อย่างมีเหตุผล ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีภาวะผู้นำ และมีความรับผิดชอบประพฤติปฏิบัติตนอยู่ในศีลธรรม และจรรยาบรรณในวิชาชีพของตนอย่างเคร่งครัด

การเรียนการสอนจึงต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น นำธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาปรับใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งจะให้ประสบการณ์ตรง และสร้างบรรยากาศในการเรียนการสอน การเรียนรู้ในห้องเรียนมีความสำคัญต่อการเรียน และการประยุกต์ใช้ในสภาพความเป็นจริงที่อยู่ในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและคุณค่า เกิดทักษะที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นการพัฒนาความคิดคู่ไปกับความสามารถในการทำงาน (Munise et.al., 2015) เป็นไปตามที่ Gökhan and Orhan (2018) ได้ชี้ให้เห็นว่าการศึกษาผลของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในห้องเรียนมีผลต่อการเพิ่มความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สู่การสร้างพลโลก

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีช่วยพัฒนาวิธีการคิดและแนวทางการใช้ชีวิตของคนยุคใหม่ ซึ่ง American Association for the Advancement of Science (1989) ได้กำหนดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็น 3 ประเด็น ได้แก่

โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วยความคิดและสติปัญญา แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความคงทนและแปรเปลี่ยนได้น้อย เพราะผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นความถูกต้องแม่นยำ

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน และประจักษ์พยานเพื่อยืนยันความถูกต้อง การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ต้องมีการพิสูจน์ด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุป วิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ การทำนายปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ในอนาคตหรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน การรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ต้องมีความถูกต้องแม่นยำและปราศจากความลำเอียง

กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) กิจกรรมของมนุษยชาติเป็นกิจกรรม ทางสังคมที่ซับซ้อน แดกแขนงเป็นสาขาต่างๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ และมีความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การสร้างเยาวชนให้เป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นให้เยาวชนสามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการมีทักษะการคิด เรียนรู้ ทำงาน แก้ปัญหา สื่อสาร และร่วมมือทำงาน เกิดจากการสร้างจิตใน 2 ลักษณะคือ สร้างให้รู้จักคิด และสร้างให้เป็นมนุษย์ที่มีความเข้าใจในวิถีชีวิตของแต่ละปัจเจกและวัฒนธรรมที่แตกต่าง ซึ่งจะทำให้มีการปฏิบัติต่อผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม มีเมตตาและรู้จักการให้ การศึกษาแห่งศตวรรษที่ 21 จึงต้องปรับกระบวนการเพื่อเตรียมเยาวชน ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มองสิ่งต่างๆ รอบตัวตามที่ควรจะเป็น โดยปราศจากอคติขวางกั้นกระบวนการเรียนรู้ นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ก็มุ่งหมายที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุล ทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็น พลเมืองไทย และเป็นพลโลก มีความรู้และทักษะพื้นฐาน สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

บทสรุป

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองในการสร้างระบบความคิดและแนวทางการแสวงหาความรู้ การเตรียมตัวเพื่อมุ่งสู่การเป็นพลโลกที่มีคุณภาพ สามารถเข้าใจในวิทยาศาสตร์ รัฐวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสร้างสรรค์สังคมเพื่อให้เกิดการอยู่ร่วมกันอย่างสันติ สิ่งเหล่านี้ล้วนได้รับการบรรจุไว้ในหลักสูตรและการเรียนการสอน แต่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะเกิดมรรคผลก็ต่อเมื่อกระบวนการเรียนการสอนได้นำมาใช้อย่างเป็นรูปธรรมผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้และลงมือกระทำด้วยตนเองให้มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. ประสาท เนื่องเฉลิม. (2556). *การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. *ครุศาสตร์สาร*, 7(1): 131-135.
- ประสาท เนื่องเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลือชา ลดาชาติ ลฎาภา สุทธกุล และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2556). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศ. *วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม)*, 34: 269-282.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันนี้ พูร์งนี้: รายงานจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2006*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2556). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ (ตอนที่ 2). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 15: 137-142.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2009). Benchmarks Online: The nature of science, Retrieved 2009, from <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. Oxford University Press.
- Eka, C. P., Setiya, U., Didi, T. C., Lilik H., & Dadi, R. (2018). Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. *Journal of Technology and Science Education*, 8(4): 453-472.
- Gökhan, S., & Orhan, K. (2018). The effect of out-of-school science learning environment on the understanding the nature of science of the 7th grade students in secondary school . *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 6(4): 23-31.
- Hammerman, R. D., Hammerman, M .W. & Hammerman, L. E. (1994). *Teaching in the outdoor*. New York: Interstatate publishers.
- Munise, S. K., Gultekin, C., & Cemil, A. (2015). The influence of documentary films on 8th grade students' views about nature of science. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(3): 797-808.
- Mustafa, C., Nurcan, C., Yasemin, T., & Sundus, Y. (2017). Turkish version of students' ideas about nature of science questionnaire: A validation study. *International Journal of Progressive Education*, 13: 42-51.

- Nuangchalerm, P. & Islami, R.A.Z. (2018a). Comparative study between Thai and Indonesian novice science teacher students in content of science. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 6(2): 23-29.
- Nuangchalerm, P. Islami, R.A.Z. (2018b). Context of science on environmental conservation: Comparative study between Thai and Indonesian novice science teacher students. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 4(1): 60-67.