

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาล

THE NATURE OF SCIENCE UNDERSTANDING FOR PRESCHOOLERS

ภัสรำไพ จ้อยเจริญ
Pasrampai Choicharoen

นักวิชาการอิสระ
Independent Academic
E-mail: pasrampai@gmail.com

Received: June 8, 2024
Revised: September 19, 2024
Accepted: September 21, 2024

บทคัดย่อ

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบหลักของการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของเด็กและเยาวชนที่ประเทศคาดหวังในยุคปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็ว การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กวัยอนุบาล นำไปสู่การเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ช่วยปลูกฝังลักษณะนิสัยที่ดีในการแสวงหาความรู้แบบนักวิทยาศาสตร์ และเป็นการสร้างประสบการณ์ให้แก่เด็กในการมีส่วนร่วมทางวิทยาศาสตร์ บทความนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะนำเสนอความหมายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสำคัญของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อเด็กวัยอนุบาล องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแนวทางการเสริมสร้างความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับพัฒนาการของเด็กวัยอนุบาล เพื่อสร้างความตระหนักและเป็นแนวทางให้ครูอนุบาล หรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้นำไปประยุกต์ในการจัดประสบการณ์หรือการศึกษาวิจัยต่อไป

คำสำคัญ

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดประสบการณ์วิทยาศาสตร์ เด็กวัยอนุบาล

ABSTRACT

Understanding the nature of science is a key element of science literacy, which is a critical characteristic of children and youth that Thailand expects in today's era of rapid scientific and technological change. Developing understanding of the nature of science in preschool children leads to good attitudes towards science, cultivates good habits in knowledge-seeking like scientists, and enhances children's experiences in participating in science. This article therefore aims to present definition of the nature of science, the importance of understanding the nature of science for preschool children, the components of understanding the nature of science, as well

as guidelines for enhancing understanding of the nature of science that are appropriate for the development of preschoolers, in order to reinforce awareness and provide guidelines for preschooler teachers or related personnel to apply in organizing experiences or further research studies.

Keywords

Understanding the Nature of Science, Organizing Science Experiences, Preschoolers

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว การจะขับเคลื่อนประเทศให้มีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยการพัฒนากำลังคนให้มีการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถของบุคคลในการสืบสอบหาความรู้ เพื่อทำความเข้าใจและสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุน แล้วนำความรู้ความเข้าใจมาใช้ในการชีวิตประจำวันของตนและมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคม การพัฒนาให้บุคคลเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์นับเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2010; Ladachart, Suttakun, & Faikhamta, 2013; National Research Council [NRC], 1996; National Science Technology and Innovation Policy Office [STI], 2017) ผลจากการวิจัยหลายฉบับระบุว่า พัฒนาการการรู้วิทยาศาสตร์ของเด็กประถมไปจนถึงวัยผู้ใหญ่สัมพันธ์กับประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การให้คุณค่าทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในช่วงปฐมวัย (Akerson, Buck, Donnelly, Nargund-Joshi, & Weiland, 2011; NRC, 1996) อาจกล่าวได้ว่าปฐมวัยเป็นช่วงเวลาสำคัญสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับบุคคล โดยคุณลักษณะสำคัญประการหนึ่งของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คือ การมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและนำไปใช้ในการชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยได้บรรจุความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในกรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับอนุบาลไปจนถึงมัธยมศึกษา ดังนั้นการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงควรเริ่มต้นตั้งแต่ปฐมวัยเพื่อเป็นการรู้พื้นฐานให้ผู้เรียนตั้งแต่วัยเริ่มต้น (AAAS, 2010; NRC, 1996)

การมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะช่วยให้เด็กสามารถแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการพิจารณาข้อมูลก่อนการตัดสินใจเชื่อ หรือเลือกสิ่งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม (Ashbrook, 2014; Ladachart, Suttakun, & Faikhamta, 2013; NRC, 1996) ช่วยให้ได้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และตระหนักถึงคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตนเองและสังคม ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นเป็นพื้นฐานในการส่งเสริมให้เด็กเติบโตเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้และผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Lederman, 1992; Nuangchalerm, 2015) ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กวัยอนุบาล แต่ทั้งนี้ก็มีผลการศึกษาระบุว่า เด็กวัยอนุบาลมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลายประการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ เช่น

เด็กเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องเกี่ยวกับยาวิเศษและสารเคมีที่อันตราย วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ยาก เพราะวิทยาศาสตร์มีไว้สำหรับเด็กโตและผู้ใหญ่ไม่ใช่สำหรับเด็กวัยอนุบาล รวมถึง เมื่อให้เด็กวาดภาพ นักวิทยาศาสตร์ ภาพวาดของเด็กมักเป็นบุคคลสวมแว่นตา สวมเสื้อคลุมยาวสีขาว และทำงานอยู่ในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่า นักวิทยาศาสตร์เป็นบุคคลที่ไม่น่าสนใจ ซึ่งเจตคติและความเข้าใจเหล่านี้จะฝังอยู่ในความคิดและจิตใจจนกระทั่งเด็กเติบโตเป็นผู้ใหญ่ และอาจส่งผลกระทบต่อความสำเร็จในการเรียนรู้และการดำเนินชีวิตได้ (Collins, 2010; Karaman, 2017)

ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ระดับอนุบาลเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้วที่จะจัดประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็ก เพื่อป้องกันหรือแก้ไขความเข้าใจที่ยังมีไม่เพียงพอเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ เพราะเด็กวัยอนุบาลอยู่ในวัยที่เต็มไปด้วยความอยากรู้อยากเห็นที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับโลกรอบตัว (Kloos, Baker, Luken, Brown, Pfeiffer, & Carr, 2012) อีกทั้งธรรมชาติของเด็กยังเปิดกว้างในการรับมุมมองทางวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนระดับชั้นอื่นที่มักมีมุมมองและความเข้าใจคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก (Lederman, Bartels, Lederman, & Gnanakkan, 2014) ทั้งนี้ ในประเทศไทยยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลอยู่อย่างจำกัด บทความนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะอธิบายความสำคัญของการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กวัยอนุบาล องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแนวทางการปลูกฝังความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับเด็กในระดับชั้นอนุบาล

ความหมายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความหมายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในงานทางการศึกษาอย่างแพร่หลายเป็นความหมายกว้าง ๆ ที่นำไปใช้กับนักเรียนหรือบุคคลทุกกลุ่มและทุกช่วงวัย โดยนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ ให้นิยามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า เป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ที่สะท้อนให้เห็นความแตกต่างของวิทยาศาสตร์กับศาสตร์แขนงอื่น ๆ (AAAS, 2009) เป็นค่านิยม มุมมอง ความเชื่อเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้ง ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการดำเนินชีวิตของคนและสังคม (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority [ACARA], 2024; Council of Ministers of Education Canada, [CEME], 2013; Faikhamta, 2012; Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2018; Lederman, Lederman, & Antink, 2013)

ความสำคัญของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาล

การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีการออกแบบอย่างเหมาะสมกับพัฒนาการตามวัยของเด็ก จะเสริมสร้างให้เด็กมีความเข้าใจที่ถูกต้องและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ที่คงอยู่ได้นานจนเด็กเติบโต (Akerson, Buck, Donnelly, Nargund-Joshi, & Weiland, 2011; Quigley, Pongsanon, & Akerson, 2011) สามารถสร้างแรงบันดาลใจให้เด็กเกิดความสนใจใฝ่รู้ เกิดความปรารถนาที่จะเรียนรู้และสำรวจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว (Hansson, Leden, & Thulin, 2021) ช่วยให้เด็กรู้วิธีในการแสวงหาความรู้และสร้างความรู้ใหม่ด้วย

ตนเอง คำนึงเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นเหตุเป็นผล และการค้นคว้าหาความรู้ที่ต้องใช้หลักฐานประกอบการอธิบายสิ่งที่ค้นพบ และเข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับตนเองและสังคม รวมทั้ง สามารถนำประสบการณ์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการนำความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปใช้พิจารณา กลั่นกรอง ข้อมูล และตัดสินใจเลือกสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน (Ashbrook, 2014; Ladachart, Suttakun, & Faikhamta, 2013; NRC, 1996) ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่ เด็กวัยอนุบาลจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาล

หน่วยงานและนักวิชาการของต่างประเทศได้อธิบายองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาล ไว้ดังนี้

1. มาตรฐานสำหรับการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (AAAS, 2009) ระบุองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 2 ไว้ 3 ด้าน ได้แก่ 1) โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ 2) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 2

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย (อนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 2)
1. โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์	1.1 รู้ว่าเมื่อใช้วิธีการเดิมในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จะเหมือนเดิม 1.2 คาดคะเนว่าเมื่อการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์แบบเดิมในสถานการณ์ใหม่ ผลลัพธ์ที่ได้จะเหมือนเดิม
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	2.1 รู้ว่าคนเราเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งรอบตัวได้โดยการสังเกตอย่างระมัดระวัง แต่เราสามารถเรียนรู้ได้มากขึ้น โดยการจัดการกระทำบางสิ่งบางอย่างแล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น 2.2 รู้ว่าเครื่องมือต่าง ๆ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิ แวนช่าย ไม้บรรทัด หรือเครื่องชั่งให้ ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ได้มากกว่าการสังเกตด้วยตาเปล่า 2.3 รู้ว่าการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้ถูกต้องแม่นยำเป็นสิ่งสำคัญในวิทยาศาสตร์ เพราะช่วยให้เราเปรียบเทียบผลการศึกษากับของผู้อื่นได้ 2.4 รู้ว่าเมื่อมีคนให้คำอธิบายที่แตกต่างกันเกี่ยวกับสิ่งเดียวกัน เป็นการดีหากเราจะช่วยกันทำการสำรวจตรวจสอบสิ่งนั้นใหม่อีกครั้ง แทนที่จะโต้เถียงกันว่าคำอธิบายของใครถูกต้องกว่า
3. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์	3.1 รู้ว่าทุกคนสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คิดค้นสิ่งต่าง ๆ หรือสร้างความคิดใหม่ ๆ ได้ 3.2 รู้ว่าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การทำงานเป็นทีมและการแลกเปลี่ยนสิ่งที่ค้นพบร่วมกันเป็นสิ่งดี สมาชิกทุกคนในทีมควรได้ค้นพบข้อสรุปและความหมายของสิ่งที่ค้นพบด้วยตนเอง 3.3 รู้ว่าสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับพืชและสัตว์ได้โดยการสังเกตอย่างใกล้ชิด แต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิต และความปลอดภัยของห้องเรียน

ที่มา: AAAS (2009)

2. Hansson, Leden & Thulin (2021) นักวิชาการชาวสวีเดนได้ปรับปรุงองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของ McComas (2020) ให้เหมาะสมกับเด็กอายุ 2-6 ปี โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1) กระบวนการและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ 2) ลักษณะและข้อจำกัดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) อิทธิพลและการมีส่วนร่วมของบุคคลในวิทยาศาสตร์ ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 2 องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กอายุ 2-6 ปี

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย (สำหรับเด็กอายุ 2-6 ปี)
1. กระบวนการและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	1.1 รู้ว่าการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้เครื่องมือและวิธีการได้หลากหลายลักษณะ 1.2 รู้ว่าการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์ 1.3 รู้ว่าการสังเกต การลงความเห็นข้อมูล และการสร้างข้อสรุปมีความแตกต่างกัน
2. ลักษณะและข้อจำกัดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	2.1 รู้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม 2.2 รู้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน เชื่อถือได้ แต่ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อค้นพบใหม่เกิดขึ้น
3. อิทธิพลและการมีส่วนร่วมของบุคคลในวิทยาศาสตร์	3.1 รู้ว่าวิทยาศาสตร์เริ่มต้นจากความสนใจใฝ่รู้ของบุคคล 3.2 รู้ว่านักวิทยาศาสตร์เป็นอาชีพหนึ่ง เป็นบุคคลธรรมดาที่มีความอดทน พยายาม และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ไม่ใช่ยอดมนุษย์ที่มีพลังพิเศษ 3.3 รู้ว่าทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในวิทยาศาสตร์

ที่มา: Hansson, Leden & Thulin (2021)

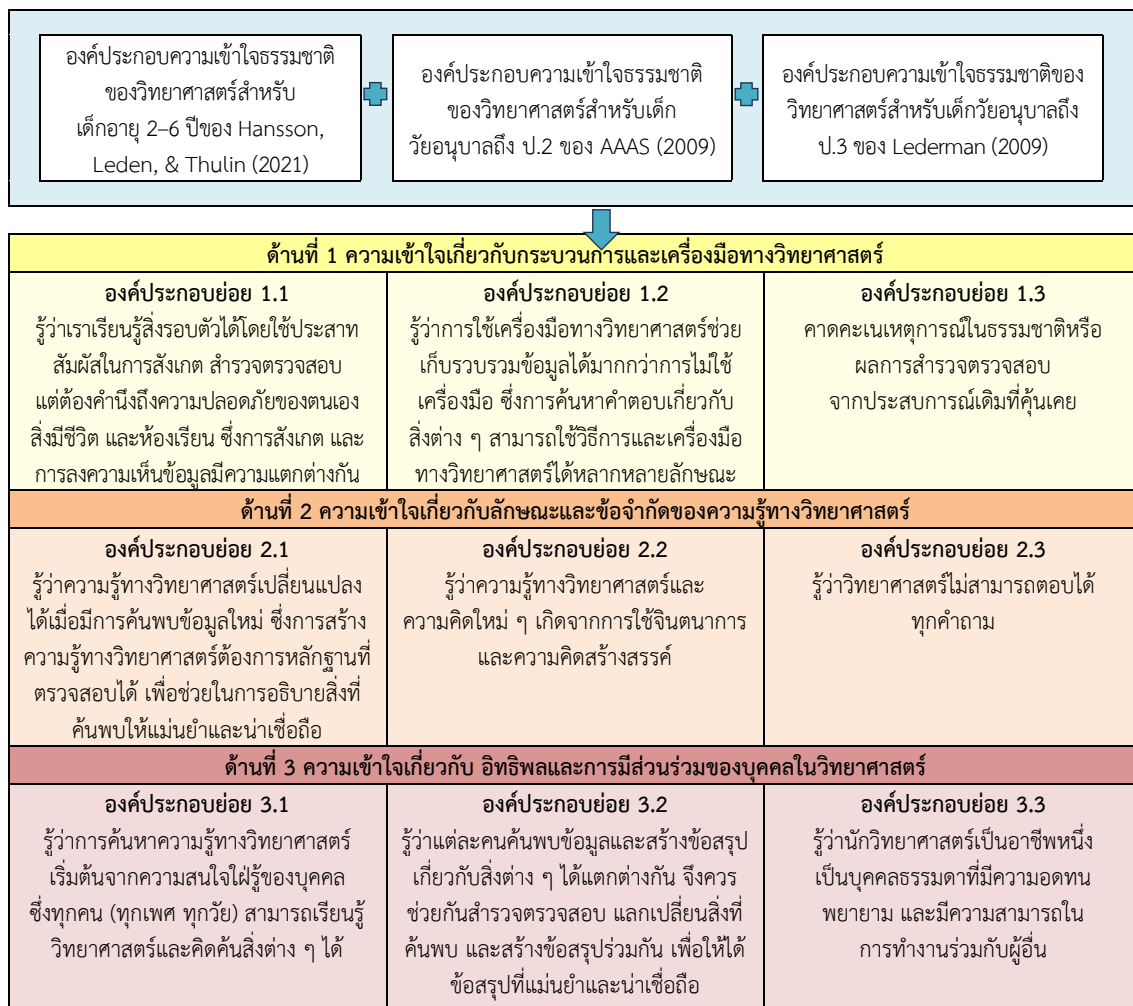
3. Lederman (2009) ระบุองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กระดับชั้นอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 3 ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 3 องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กระดับชั้นอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 3

องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สำหรับเด็กระดับชั้นอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 3
1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการค้นพบข้อมูลใหม่ 2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล - การสังเกต คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์ - การลงความเห็นข้อมูล เป็นการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต 3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ และการใช้เหตุผลของมนุษย์ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการสังเกตและการลงความเห็นข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว 4) การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ 5) ภูมิหลัง ประสบการณ์ ความชื่นชอบ และความรู้ของบุคคลมีอิทธิพลต่อการตีความสิ่งที่ค้นพบ

ที่มา: Lederman (2009)

ผู้เขียนวิเคราะห์ความสอดคล้องขององค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้กรอบของ Hansson, Leden, & Thulin (2021) เป็นหลักในการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็น องค์ประกอบที่มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และได้รับพัฒนาขึ้นมาสำหรับเด็กวัยอนุบาลโดยเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) กระบวนการและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ 2) ลักษณะและข้อจำกัด ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) อิทธิพลและการมีส่วนร่วมของบุคคลในวิทยาศาสตร์ ผลจากการ วิเคราะห์พบว่า องค์ประกอบทั้ง 3 ด้านนี้สอดคล้องกับองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของ AAAS (2009) และ Lederman (2009) ผู้เขียนสรุปองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลจาก 3 แหล่งข้อมูล ได้เป็น 3 ด้าน 9 องค์ประกอบย่อย ดังแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 1 สรุปองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาล

แนวทางการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาล

การจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลควรได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับพัฒนาการตามวัยของเด็ก โดยควรมีลักษณะดังนี้

1. จุดมุ่งหมายการเรียนรู้

ครูควรระบุความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายในการพัฒนาเด็กอย่างชัดเจน ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการที่เด็กใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific mind) และเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude toward science) ที่รวมถึงการเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม (Khishfe & Lederman, 2006; Nuangchaleram, 2015)

2. เนื้อหาสาระ

การกำหนดเนื้อหาสาระเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรเริ่มจากแนวคิดและทักษะที่เป็นรูปธรรม เช่น การเรียนรู้เกี่ยวกับการสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล แล้วค่อย ๆ พัฒนาไปสู่แนวคิดที่เป็นนามธรรม เช่น การเรียนรู้ว่าประสบการณ์เดิมของบุคคลส่งผลต่อการตีความสิ่งที่ค้นพบ (Akerson, Weiland, Pongsanon, & Nargund, 2010; Akerson, Buck, Donnelly, Nargund-Joshi, & Weiland, 2011; Quigley, Pongsanon, & Akerson, 2011)

3. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูควรออกแบบกิจกรรมให้เด็กเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะและการเล่น ที่เด็กได้ลงมือสำรวจตรวจสอบข้อมูลด้วยตนเอง ควรเปิดโอกาสให้เด็กได้แลกเปลี่ยนถึงสิ่งที่ได้กระทำและสิ่งที่ค้นพบร่วมกับเพื่อนในรูปแบบต่าง ๆ และได้สะท้อนคิดหรือแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังจากที่ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเด็กเล็กได้ดีกว่าการไม่ได้กล่าวถึงหรือชี้ชวนให้เด็กได้ตระหนักถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Ashbrook, 2014; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 1992; Nuangchaleram, 2015) นอกจากนี้ การนำวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับประวัติของนักวิทยาศาสตร์ เรื่องราวหรือประเด็นในชีวิตประจำวันของเด็กมาใช้อย่างเป็นสื่อกลางในการจัดประสบการณ์ จะช่วยให้เด็กเห็นความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับการดำเนินชีวิตอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ที่เด็กได้เรียนรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เกิดเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายที่จะก่อให้เกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และประสบการณ์ที่ดีในการแสวงหาความรู้ควบคู่ไปกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Ashbrook, 2014; Nuangchaleram, 2015) ทั้งนี้ สิ่งสำคัญในการจัดประสบการณ์ให้เด็กวัยอนุบาล คือ การสนับสนุนและช่วยเหลือจากครู และการให้เด็กได้มีโอกาสประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ (Akerson, Weiland, Pongsanon, & Nargund, 2010; Akerson, Buck, Donnelly, Nargund-Joshi, & Weiland, 2011; Quigley, Pongsanon, & Akerson, 2011)

ตัวอย่างแนวการจัดประสบการณ์ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กวัยอนุบาลได้ เช่น การสะท้อนคิดอย่างชัดแจ้ง (Explicit Reflective Instruction) การสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry-based Instruction) แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science, Technology and Society Approach) และการศึกษาประวัติของวิทยาศาสตร์

(Akerson, Weiland, Pongsanon, & Nargund, 2010; Akerson, Buck, Donnelly, Nargund-Joshi, & Weiland, 2011; Alan & Erdoğan, 2018; Quigley, Pongsanon, & Akerson, 2011)

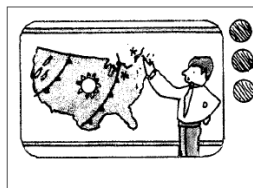
4. การประเมินการเรียนรู้

เครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กเล็กที่ได้รับการนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับเด็กวัยอนุบาลในงานวิจัยของต่างประเทศ มี 2 ฉบับ ดังนี้

1) View of Nature of Science Form E (VNOS-E)

แบบประเมิน VNOS-E ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Judith Lederman และ Eun Kyung Ko ในปี ค.ศ. 2003 นับเป็นเครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฉบับแรกที่ได้รับการออกแบบอย่างเฉพาะเจาะจงให้เหมาะสมกับพัฒนาการของเด็กอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ยังมีข้อจำกัดในการอ่านและเขียน เครื่องมือประเมินฉบับนี้มีการใช้รูปภาพเพื่อสื่อสารให้เด็กสามารถทำความเข้าใจข้อคำถามได้ และใช้วิธีการสัมภาษณ์เด็กเป็นกลุ่มเล็กหรือรายบุคคล ร่วมกับการให้เด็กวาดภาพตอบคำถาม เพื่อให้ได้รายละเอียดในคำตอบของเด็ก VNOS-E ประกอบด้วยข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 7 ข้อ มีประเด็นการประเมิน 5 ประเด็น ได้แก่ (1) ความเข้าใจว่าความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Tentativeness) (2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล (Observations and Inferences) (3) ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Creativity) (4) ความเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ (Empirical basis) และ (5) ความเข้าใจว่าภูมิหลัง ประสบการณ์ ความชื่นชอบ และความรู้ของบุคคลมีอิทธิพลต่อการตีความสิ่งที่ค้นพบ (Subjectivity) โดยคำถามทั้ง 7 ข้อนี้ ใช้เวลาในการประเมินเด็กน้อยกว่า 1 ชั่วโมง (Lederman & Ko, 2004) ดังแผนภาพดังนี้

- 1) วิทยาศาสตร์ คืออะไร
- 2) (a) หนูได้เรียนวิชาอะไรอีกบ้าง (b) วิทยาศาสตร์แตกต่างจากวิชาอื่นอย่างไร
- 3) นักวิทยาศาสตร์มักพยายามเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโลกรอบตัว หนูคิดว่าสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์รู้จะเปลี่ยนแปลงในอนาคตหรือไม่
- 4) (a) นักวิทยาศาสตร์รู้ได้อย่างไรว่าไดโนเสาร์เคยอาศัยอยู่บนโลกนี้
(b) นักวิทยาศาสตร์มั่นใจได้อย่างไรว่าไดโนเสาร์มีลักษณะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด
- 5) นานมาแล้วเมื่อไดโนเสาร์ทุกตัวบนโลกตาย นักวิทยาศาสตร์มีความคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับสาเหตุและวิธีการที่ไดโนเสาร์เสียชีวิต หากนักวิทยาศาสตร์ทุกคนมีข้อเท็จจริงเกี่ยวกับไดโนเสาร์เหมือนกัน แล้วทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงมีความคิดเห็นไม่เหมือนกัน
- 6) นักข่าวพยากรณ์อากาศแสดงรูปภาพว่าพวกเขาคิดว่าอากาศจะเป็นอย่างไรในวันพรุ่งนี้ พวกเขาใช้ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์มากมายเพื่อช่วยในการสร้างภาพเหล่านี้ หนูคิดว่า นักข่าวพยากรณ์อากาศสนใจเกี่ยวกับรูปภาพนี้ได้อย่างไร เพราะเหตุใด
- 7) (a) หนูคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการในการทำงานหรือไม่ ใช่ หรือ ไม่ใช่
(b) ถ้าตอบว่า “ไม่ใช่” ให้อธิบายว่าทำไม
(c) ถ้าตอบว่า “ใช่” หนูคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการเมื่อไร



ภาพที่ 2 ข้อคำถามใน VNOS-E

ที่มา: Lederman and Ko (2004)

2) Young Children's Views of Science Questionnaire (YCVS)

ในปี ค.ศ. 2008 Judith Lederman ได้พัฒนาแบบประเมิน YCVS สำหรับใช้ประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของเด็กวัยอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 2 YCVS มีประเด็นการประเมิน 5 ประเด็นเช่นเดียวกับ VNOS-E (Lederman, 2009) โดยแบ่งคำถามออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามที่ใช้ในการสำรวจความรู้ของเด็กเกี่ยวกับความแตกต่างของวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่น ซึ่งหากพบว่า เด็กไม่มีความรู้ในส่วนนี้อย่างชัดเจน ผู้สัมภาษณ์ไม่จำเป็นต้องถามคำถามที่เหลือ และตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามที่ใช้ในการประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงมาจาก VNOS-E การให้คะแนนคำตอบของเด็กไม่มีภาระเป็นค่าตัวเลข แต่จะระบุถึงระดับมุมมองทางวิทยาศาสตร์ว่า มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่เพียงพอ (Naïve) หรือมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ (Informed) (Lederman, 2009) ตัวอย่างข้อคำถามดังแผนภาพดังนี้

ตอนที่ 1 คำถามต่อไปนี้ เป็นการสำรวจความรู้ของเด็กเกี่ยวกับความแตกต่างของวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่น	
1) หนูเล่าให้ฟังได้หรือไม่ ว่าหนูรู้อะไรเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์บ้าง	8) นักวิทยาศาสตร์คืออะไร
2) หนูเคยเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนบ้างหรือไม่	9) นักวิทยาศาสตร์ทำอะไร
3) หนูเรียนอะไรบ้าง เล่าให้ฟังได้ไหม	10) นักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร
4) หนูเคยเรียนวิทยาศาสตร์ที่อื่นนอกจากที่โรงเรียนหรือไม่ ที่ไหน	11) หนูเคยเห็นนักวิทยาศาสตร์หรือไม่
5) หนูได้ทำ/ ได้เรียนอะไรบ้าง	12) หนูรู้จักนักวิทยาศาสตร์สักคนไหม
6) วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสิ่งอื่นที่หนูเคยเรียนอย่างไร	13) นักวิทยาศาสตร์คนนั้นทำอะไร
7) หนูได้บอกครูเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มากมาย ดังนั้น วิทยาศาสตร์คืออะไร	
ตอนที่ 2 สถานการณ์และคำถามต่อไปนี้ ใช้ในการประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างคำถาม มีดังนี้	
ให้ผู้สัมภาษณ์ถามเด็กว่า หนูรู้จักไดโนเสาร์หรือไม่ เล่าให้ครูฟังหน่อยว่าหนูรู้อะไรเกี่ยวกับไดโนเสาร์บ้าง (ถ้าสัมภาษณ์เด็กเป็นกลุ่ม ใช้คำถามว่า มีใครรู้จักไดโนเสาร์บ้าง ให้แต่ละคนบอกสิ่งที่หนูรู้เกี่ยวกับไดโนเสาร์มาคนละ 1 อย่าง จากนั้นผู้สัมภาษณ์ถามคำถามต่อไปนี้	
1) นักวิทยาศาสตร์รู้อย่างไรว่าไดโนเสาร์มีจริง ในเมื่อพวกเขาไม่เคยเห็นไดโนเสาร์เลยสักคน	
2) นักวิทยาศาสตร์คิดว่าไดโนเสาร์เป็นอย่างไร ทำไมพวกเขาถึงคิดว่าเป็นอย่างนั้น	
3) นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีความคิดเห็นเหมือนกันเสมอไปเกี่ยวกับเหตุผลที่ทำให้ไดโนเสาร์ตายทั้งหมด ทำไมพวกเขาถึงมีความคิดเห็นไม่เหมือนกัน	
4) ถ้าเพื่อนของหนูบอกว่า รู้เหตุผลว่าเกิดอะไรขึ้นกับไดโนเสาร์ เพื่อนของหนูต้องทำอะไรจึงจะทำให้ไดโนเสาร์เชื่อ เพราะอะไรต้องทำเช่นนั้น	
(หากเด็กสับสนกับคำถามเกี่ยวกับไดโนเสาร์ ผู้สัมภาษณ์อาจเลือกใช้คำถามต่อไปนี้แทน 1) ผู้พยากรณ์อากาศในทีวีใช้วิทยาศาสตร์อย่างไร 2) ผู้พยากรณ์อากาศในทีวีตัดสินใจได้อย่างไรว่าอากาศจะเป็นอย่างไรในวันนี้ 3) นักพยากรณ์อากาศไม่เห็นด้วยกับสภาพอากาศในแต่ละวันเสมอไป หนูคิดว่าทำไมเขาถึงไม่เห็นด้วย)	

ภาพที่ 3 ตัวอย่างข้อคำถามใน YCVS

ที่มา: Lederman (2009)

จากการศึกษาลักษณะเครื่องมือและการเปรียบเทียบข้อคำถามของ VNOS-E และ YCVS ผู้เขียนสรุปได้ว่า การประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) ควรเริ่มจากการประเมินประสบการณ์ของเด็กเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ก่อนว่า เด็กเคยได้รับประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะประสบการณ์ของเด็กมีผลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2) ควรใช้การสัมภาษณ์ในการประเมินเด็ก โดยใช้คำถามปลายเปิดที่มีภาษาเหมาะสมกับการรับรู้ของเด็กเล็ก ให้เด็กได้แสดงความคิดเห็น ประกอบการให้เหตุผลหรือยกตัวอย่างสนับสนุนความคิดเห็น

3) ควรใช้คำถามในการสัมภาษณ์ที่ค่อย ๆ กระตุ้นการคิดของเด็กอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ดังนั้นแบบประเมินเด็กเล็กอาจประกอบด้วยคำถามย่อย ๆ มากกว่าคำถามที่ใช้กับเด็กในระดับอื่น

4) ควรใช้รูปภาพที่สื่อความชัดเจนประกอบการสัมภาษณ์ เนื่องจากเด็กวัยอนุบาลมีข้อจำกัดในการอ่านและเขียน และควรให้โอกาสเด็กได้ใช้วิธีการที่หลากหลายในการสื่อสารคำตอบ โดยคำนึงถึงความแตกต่างของเด็กรายบุคคลเป็นสำคัญ

5) เนื้อหาที่ใช้ในคำถามควรเป็นเรื่องใกล้ตัวเด็ก เหมาะสมกับพัฒนาการและการเรียนรู้ของเด็ก

6) ควรนำเครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของสากลมาพัฒนาต่อยอดหรือปรับใช้ให้เข้ากับบริบทไทย ดังนี้

6.1) ปรับเนื้อหาให้สอดคล้องกับประสบการณ์หรือชีวิตประจำวันของเด็กไทย เพื่อให้เด็กเชื่อมโยงประสบการณ์ได้ง่าย เช่น เรื่องไดโนเสาร์อาจใกล้ตัวเด็กเกินไป และไม่เชื่อว่าเด็กทุกคนจะสนใจไดโนเสาร์

6.2) ปรับบริบทของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเด็กอนุบาลไทยเรียนรู้แบบบูรณาการ ไม่ได้แยกเรียนเป็นสาระวิชา ในคำถามจึงไม่ควรกล่าวถึงวิทยาศาสตร์ในลักษณะของวิชาที่เด็กได้เรียน แต่อาจกล่าวถึงในลักษณะของประสบการณ์ที่เด็กได้รับแทน

สรุป

การปลูกฝังเด็กวัยอนุบาลให้มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการที่เหมาะสมกับพัฒนาการตามวัยของเด็กนั้น จะป้องกันการมีเจตคติที่ไม่ดีและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ที่อาจฝังลึกไปจนถึงวัยผู้ใหญ่ ช่วยให้เด็กมีประสบการณ์ในการแสวงหาความรู้ซึ่งอยู่บนฐานของการใช้เหตุผล ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป โดยการวางรากฐานให้เด็กวัยอนุบาลมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องนั้นย่อมได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแก้ไขความเข้าใจผิดเมื่อเด็กเติบโตแล้ว องค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับเด็กวัยอนุบาลประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและข้อจำกัดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลและการมีส่วนร่วมของบุคคลในวิทยาศาสตร์ ส่วนแนวทางการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กวัยอนุบาลนั้นมี 4 ประการ ได้แก่ 1) จุดมุ่งหมายการเรียนรู้: ควรกำหนดจุดมุ่งหมายการพัฒนาความเข้าใจ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน 2) เนื้อหาสาระ: ควรจัดลำดับเนื้อหาสาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากแนวคิดรูปธรรมไปสู่แนวคิดที่เป็นนามธรรม 3) กิจกรรมการเรียนรู้: ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่อยู่บนฐานการสืบสอบและการเล่น และ 4) การประเมินการเรียนรู้: ควรใช้วิธีการประเมินที่เหมาะสมกับความสามารถตามวัยของเด็กแต่ละบุคคล และคำนึงถึงบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของเด็ก

ทั้งนี้ ครูอนุบาล นิสิตนักศึกษา หน่วยงานต้นสังกัด และผู้ที่สนใจอาจนำข้อมูลที่น่าเสนอในบทความนี้ไปทำการศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือและมีประโยชน์ต่อการพัฒนาเด็กในวงกว้างต่อไป เช่น การพัฒนาองค์ประกอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลโดยใช้วิธีการทางสถิติ การพัฒนาเครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กวัยอนุบาลในบริบทไทย รวมทั้ง การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กวัยอนุบาล

References

- Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V. & Weiland, I. S. (2011). The Importance of Teaching and Learning Nature of Science in the Early Childhood Years. **Journal of Science Education and Technology**. 20(5), 537-549.
- Akerson, V. L., Weiland, I., Pongsanon, K. & Nargund, V. (2010). Evidence-based strategies for teaching nature of science to young children. **Journal of Kirsehir Education Faculty**. 11(4), 61-78.
- Alan, Ü. & Erdogan, S. (2018). Of course, scientists haven't seen dinosaurs on the beach: Turkish kindergartners' developing understanding of the nature of science through explicit-reflective instruction. **Early Childhood Education Journal**. 46(6), 695-706.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (2009). **Benchmarks online**. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (2010). **Exploring the Nature of Science**. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/guides/science.pdf>.
- Ashbrook, P. (2014). The early years: The nature of science in early childhood. **Science and Children**. 52(1), 24-25.
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority [ACARA]. (2024). **The Australian Curriculum: Science (Version 8.4)**. Retrieved from <https://shorturl.asia/UQCTm>.

- Collins, M. (2010). **Start science sooner: Excellence in science education must begin in kindergarten**. Retrieved from <https://www.scientificamerican.com/article/start-science-sooner/>.
- Council of Ministers of Education, Canada [CEME]. (2013). **Science Assessment Framework**. Retrieved from <https://www.cmec.ca/docs/pcap/pcap2013/Science-Framework-EN-April2013.pdf>.
- Faikhanta, C. (2012). **Thammachāt khōng wittayāsāt** [The nature of science]. Retrieved from <https://sites.google.com/site/kuscience/assignments/homeworkforweekofoctober25th>.
- Hansson, L., Leden, L. & Thulin, S. (2021). Nature of science in early years science teaching. **European Early Childhood Education Research Journal**. 29(5), 795-807. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2021.1968463>.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2018). **Khūmū kānchai laksūt rāiwichā phūnthān wittayāsāt klum sārā kānriānrū wittayāsāt (chabap prapprung Phō, Sō, sōngphanhārōjhoksip) tām laksūt kæn klāng kānsuksā naphūn thān Phutthasakkarāt sōngphanhārōjhasip'et radap matthayommasuksā tōn plāi** [Manual for basic science curriculum at the high school level (revised edition 2017) according to the Basic Education Core Curriculum 2008]. Retrieved from <https://www.scimath.org/e-books/8415/flippingbook/>.
- Karaman, A. (2017). Eliciting the views of prospective elementary and preschool teachers about the nature of science. **European Journal of Educational Research**. 7(1), 45-61.
- Khishfe, R. & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus non-integrated. **Journal of Research in Science Teaching**. 43(4), 395-418. <https://doi.org/10.1002/tea.20137>.
- Kloos, H., Baker, H., Luken, E., Brown, R., Pfeiffer, D. & Carr, V. (2012). Preschoolers learning science: Myth or reality? In H. Kloos, B. J. Morris, & J. L. Amaral (Eds.), **Current topics in children's learning and cognition** (pp.45-60). Rijeka, Croatia: In Tech Open Access Publisher.

- Ladachart, L., Suttakun, L. & Faikhamta, C. (2013). Khwām tæktāng thī samkhan rawāng kān songsoēm kān rīan kānsōn thammachāt khōng wıthayāsāt phāinoḵ læ phāinai prathet Thai [A critical difference between the promotion of "nature of science" instruction outside and inside Thailand]. **Kasetsart journal: social sciences**. 34(2), 269–282.
- Lederman, N. G. (1992). Student's and teacher's conceptions of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**. 29(4), 331-353.
- Lederman, J. S. (2009). **Young children's' views of science**. Unpublished manuscript. Illinois Institute of Technology, Chicago.
- Lederman, J. S. & Ko, E. K. (2004). **Views of nature of science Form E**. Unpublished paper. Illinois Institute of Technology, Chicago.
- Lederman, J., Bartels, S., Lederman, N. & Gnanakkan, D. (2014). Demystifying Nature of science. **Science and Children**. 52(1), 40-45.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**. 1(3), 138-147.
- McComas, W. F. (2020). Principle Elements of Nature of Science: Informing Science Teaching while Dispelling the Myths. In W. F. McComas (Ed), **Nature of Science in Science Instruction** (pp. 35–65). Cham: Springer.
- National Research Council [NRC]. (1996). **National science education standards**. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Science Technology and Innovation Policy Office [STI]. (2017). **Three goals of developing Thailand's research and innovation human resources to support the manufacturing and service sectors, including increasing graduate production**. Retrieved from http://www.sti.or.th/news-detail.php?news_type=2&news_id=278.
- Nuangchalerms, P. (2015). **Kānrīanrū wıthayāsāt nai satawat thī yīsip'et** [Learning science in the 21st century]. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Quigley, C., Pongsanon, K. & Akerson, V. L. (2011). If We Teach Them, They Can Learn: Young Students Views of Nature of Science During an Informal Science Education Program. **Journal of Science Teacher Education**. 22(2), 129-149.