

การสืบเสาะวิทยาศาสตร์ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา

Scientific Inquiry in the Next Generation Science Standards

จรรยา ดาสา

ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Email: dahsahc@gmail.com

บทคัดย่อ

การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นหัวใจของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้รับความนิยมและระบุไว้อย่างชัดเจนในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษาในหลายประเทศ รวมถึงประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย ในปี ค.ศ. 2013 ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ ที่เรียกว่า Next Generation Science Standard (NGSS) ซึ่งในมาตรฐานใหม่นี้ไม่ปรากฏคำว่า การสืบเสาะ จึงทำให้เกิดคำถามจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาว่า การสืบเสาะยังคงมีอยู่หรือไม่ในหลักสูตรใหม่นี้ ในบทความนี้จึงได้นำเสนอการวิเคราะห์และเปรียบเทียบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาในหลักสูตรปี ค.ศ.1996 และหลักสูตรยุคใหม่ปี ค.ศ. 2013 ผลการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ พบว่า แม้ว่าคำว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะไม่ปรากฏ แต่การเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะยังคงมีความสำคัญ เพียงแต่ได้ปรับเปลี่ยนมาใช้คำว่า แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมแทน ซึ่งได้ระบุไว้ในหลักสูตรว่า เป็นคำที่เป็นรูปธรรมและสามารถนำไปปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์, มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา, แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม

Abstract

Scientific inquiry has been accepted that it is a heart of learning science, and that states in many standards all over the world including United State of America and Thailand. In 2013, the Next Generation Science Standards (NGSS) was published and in the new standards does not show the word "inquiry". This leads to a question that "is inquiry still emphasized in the NGSS?" This article analyzed and compared the National Science Education Standard (1996) with the Next Generation Science Standards (2013). The analysis results could be

indicated that even the word “inquiry” is not presented in the NGSS but the inquiry process still emphasize. The word “inquiry learning” has been changed to “Science and Engineering Practices” which is more touchable. The practices would help teachers to design the learning environments that engage students to learn science as inquiry.

Keywords: Scientific Inquiry, Next Generation Science Standard, NGSS, Science and Engineering Practices

บทนำ

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการปรับเปลี่ยนจากมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ (National Science Education Standard) ปี ค.ศ. 1996 มาเป็นมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards) ในปี ค.ศ. 2013 ปัจจุบันเริ่มมีการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในหลายรัฐ คำถามที่คนส่วนใหญ่สนใจ คือ มาตรฐานใหม่นี้แตกต่างจากมาตรฐานเดิมอย่างไร และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังคงมีอยู่หรือไม่ ก่อนที่จะตอบคำถามข้างต้นอาจจะมีคำถามว่า ทำไมนักการศึกษาไทยต้องสนใจมาตรฐานหลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้คงจะปฏิเสธไม่ได้ว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของหลาย ๆ ประเทศรวมทั้งประเทศไทยนั้น ได้รับอิทธิพลมาจากมาตรฐานหลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นอย่างมาก การเข้าใจมาตรฐานหลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกาจะทำให้เราเข้าใจหลักสูตรของประเทศไทยมากยิ่งขึ้น รวมถึงเห็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในอนาคต ในบทความนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ ค.ศ. 2013 และเปรียบเทียบกับ มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ค.ศ. 1996 รวมถึงการอภิปรายเกี่ยวกับความสำคัญของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งอาจจะเป็นตัวกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในอนาคต

มาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา ค.ศ. 1996

มาตรฐานหลักสูตรเดิมของประเทศสหรัฐอเมริกา คือ National Science Education Standard (1996) ระบุเป็นมาตรฐานด้านเนื้อหา (Content standard) และเน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งประกอบไปด้วยมาตรฐานด้านเนื้อหาที่เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 มาตรฐาน ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 5 มาตรฐาน โดยแยกการสืบเสาะออกมาเป็นอีก 1 มาตรฐาน อย่างชัดเจน ดังนี้

- แนวคิดและกระบวนการร่วมในวิทยาศาสตร์ (Unifying concepts and processes in science)
- วิทยาศาสตร์คือการสืบเสาะ (Science as inquiry)
- วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical science)
- วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life Science)
- วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ (Earth and space Science)
- วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science and technology)
- วิทยาศาสตร์ในมุมมองของบุคคลและสังคม (Science in personal and social perspectives)
- ประวัติและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (History and nature of science)

ซึ่งจะเห็นได้ว่ามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา ฉบับ ค.ศ. 1996 นั้นได้เน้นที่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มากกว่า ด้านเนื้อหา โดยมีอัตราส่วนถึง 5 ต่อ 3 สำหรับการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตร ก็มุ่งเน้นการเรียนรู้เนื้อหาในบริบทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council [NRC], 1996) เช่นเดียวกับประเทศไทย

เพราะเหตุใดประเทศสหรัฐอเมริกาต้องสร้างมาตรฐานใหม่

วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการดำเนินชีวิตในยุคใหม่และยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมปัจจุบันและในอนาคต ทั้งนี้หลายประเทศ รวมถึงอเมริกา เชื่อว่า ถ้าประเทศใด มีบุคคลที่ประกอบอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีจำนวนมาก แสดงว่าประเทศนั้นจะมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจที่ดีและมีศักยภาพในการแข่งขันในระดับนานาชาติได้ (NRC, 2012) ทั้งนี้การจะเตรียมความพร้อมในการพัฒนาบุคลากรทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีที่ดีได้ ต้องมาจากการวางมาตรฐานหลักสูตรที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ กระบวนการ ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีที่ครบถ้วน รวมถึงปลูกฝังให้เยาวชนของประเทศมีความสนใจและรักที่จะเรียนรู้ และประกอบอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีในอนาคต ในมาตรฐานใหม่นี้ จึงเพิ่มการส่งเสริมการบูรณาการแนวคิดทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี โดยให้เหตุผลว่า การบูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี จะช่วยสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเข้าใจเกี่ยวกับมนุษย์สร้างโลก (Human – build world) โดยให้ความสำคัญกับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ซึ่งก็คือการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM) ที่ประเทศไทยกำลังตื่นตัวกันเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

อีกประเด็นที่สำคัญ คือ ผลการศึกษาการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา ระบุว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 ยังถือว่า

ไม่ประสบผลดังเป้าหมายที่วางไว้ เนื่องจากยังขาดการจัดระบบที่ดีสำหรับการส่งเสริมการเรียนรู้ที่จะพัฒนาในแต่ละปีหรือช่วงชั้น และยังเน้นที่ข้อเท็จจริง เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในประสบการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ทำ (NRC, 2012) ซึ่งจากตรงนี้ทำให้เกิดข้อสงสัยว่า แล้วการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับไว้ในหลักสูตรที่ผ่านมา ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาสิ่งต่าง ๆ บนโลกนี้ได้อย่างไร (NRC, 1996) ทำให้ผลการศึกษาดังกล่าว การจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐานหลักสูตรไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมกับประสบการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ทำ แล้วการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาอย่างช้านาน เราเดินมาถูกทางหรือไม่ กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะยังคงมีอยู่หรือไม่ในมาตรฐานยุคใหม่ เพื่อที่จะตอบคำถามดังกล่าว เราควรจะศึกษาว่า มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standard) เป็นอย่างไร

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards) มีการปรับเปลี่ยนอย่างไร

มาตรฐานยุคใหม่ของสหรัฐอเมริกา เน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สะท้อนถึงความเชื่อมโยงกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมมากยิ่งขึ้นโดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีประสบการณ์ตรง เพราะเชื่อว่าการที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและมีประสบการณ์ตรงจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมในมาตรฐานยุคใหม่นั้นจึงเป็นการบูรณาการระหว่างความรู้ในเนื้อหา กับแนวปฏิบัติที่จำเป็นในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบทางวิศวกรรม แนวคิดและการปฏิบัติจึงหลอมรวมกัน ไม่แยกออกจากกัน โดยระบุในลักษณะที่เป็นผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Performance Expectations) ที่รวมเสาหลัก 3 อันที่สำคัญ ได้แก่ แนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ (Disciplinary Core Ideas, DCIs) แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) และ แนวคิดเชื่อมโยงระหว่างสาขา (Crosscutting Concepts) ดังตัวอย่าง ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังสำหรับระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องโครงสร้างและสมบัติของสาร ที่ระบุว่า

5-PS1-1 Develop a model to describe that matter is made of particles too small to be seen. (พัฒนาแบบจำลองที่อธิบายว่าสารสร้างขึ้นจากอนุภาคขนาดเล็กมากที่ไม่สามารถมองเห็นได้) (ที่ มา Next Generation Science Standards for State by State, 2013, <http://www.nextgenscience.org/5spm-structures-properties-matter>)

ซึ่งผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง 5-PS1-1 ประกอบด้วย 3 เสาหลัก ดังนี้

1. แนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ คือ สสารสามารถแบ่งออกเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้
2. แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ได้แก่ สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และ
3. แนวคิดเชื่อมโยงระหว่างสาขา ได้แก่ ขนาด สัดส่วน และ ปริมาณ ในที่นี้คือ วัตถุในธรรมชาติมีทั้งที่มีขนาดเล็กมาก ๆ และขนาดใหญ่มาก ๆ

อีกประเด็นที่สำคัญ คือ มาตรฐานใหม่นี้ เน้นความเชื่อมโยง ต่อเนื่องและส่งเสริมพัฒนาตามระดับทั้งในด้านของเนื้อหาและแนวปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจและทักษะในปีต่อปี ดังตัวอย่าง แนวคิดหลักเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ในสิ่งมีชีวิต ผู้เรียนจะเริ่มศึกษาตั้งแต่โครงสร้างและการทำงานของอวัยวะภายนอกตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงประถมศึกษาชั้นปีที่ 2 และเมื่อถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 5 จะเริ่มศึกษาโครงสร้างและการทำงานของอวัยวะใน เมื่อเข้าสู่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับเซลล์หน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต การทำงานร่วมกันของเซลล์ในอวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆ จนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย มัธยมศึกษาปีที่ 3 - 6 ผู้เรียนจะได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์ที่มีลักษณะเฉพาะที่ช่วยในการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกาย และการทำงานของระบบใดระบบหนึ่งนั้น เกิดจากการทำงานของหลาย ๆ ส่วน เป็นต้น ดังภาพที่ 1

	K-2	3-5	6-8	9-12
LS1.A	สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมี	สิ่งมีชีวิตมีทั้ง	สิ่งมีชีวิตทุกชนิด	ระบบของกลุ่มเซลล์ที่มี
โครงสร้างและ	อวัยวะภายนอกที่	อวัยวะภายในและ	เกิดจากเซลล์ ใน	ความเฉพาะในสิ่งมีชีวิตทำ
หน้าที่	ทำหน้าที่ใน	ภายนอกซึ่งเป็น	ร่างกายมีกลุ่มเซลล์	ให้การทำงานในระบบที่
(Structure	ชีวิตประจำวัน	โครงสร้างระดับมห	ที่ทำงานร่วมกัน	สำคัญของสิ่งมีชีวิตทำงาน
and function)		ภาคและทำให้เกิด	เพื่อสร้างเป็น	ได้ ในระบบใดระบบหนึ่ง
		การเจริญเติบโต	เนื้อเยื่อและอวัยวะ	ประกอบไปด้วยหลายส่วน
		ดำรงชีวิต แสดง	ที่เฉพาะสำหรับทำ	กลไกการตอบสนองเป็น
		พฤติกรรม และ	หน้าที่ต่าง ๆ ใน	เงื่อนไขภายในของ
		สืบพันธุ์	ร่างกาย	สิ่งมีชีวิตที่กำหนดและ
				ควบคุมพฤติกรรมต่าง ๆ

ภาพที่ 1 การพัฒนาการของแนวคิดหลักในแต่ละช่วงชั้น

ที่มา: Next Generation Science Standard for State by State, 2013,
<http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Appendix%20E%20-20Progressions%20within%20NGSS%20-%200052213.pdf>

การสืบเสาะวิทยาศาสตร์ยังคงมีอยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่หรือไม่

ในมาตรฐานยุคใหม่ หรือ Next Generation Science Standards ไม่มีการปรากฏของคำว่าการสืบเสาะ (inquiry) ในมาตรฐานทั้งในส่วนของมาตรฐานด้านเนื้อหา รวมถึงไม่ปรากฏแทรกอยู่ในมาตรฐานอื่น ๆ แต่ได้ปรากฏ คำใหม่ขึ้นมาแทน คือ แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science and Engineering Practices) เพราะเหตุใดคำว่า การสืบเสาะจึงไม่ปรากฏ แล้วกระบวนการสืบเสาะยังมีอยู่หรือไม่ ได้อธิบายไว้ใน Framework for K-12 Science Education (2012) ดังนี้

.... because the term “inquiry,” extensively referred to in previous standards documents, has been interpreted over time in many different ways throughout the science and education community, part of our intent in articulating **the practices in Dimension 1 is better specify what is meant by inquiry in science** and the range of cognitive, social, and physical practices that it requires.

As in **all inquiry-based approaches to science teaching**, our expectation **is that students will themselves engage in the practices** and not merely learn about them secondhand. Students cannot comprehend scientific practices, nor fully appreciate the nature of scientific knowledge itself, without directly experiencing those practices for themselves (NRC, 2012, p. 30).

กล่าวคือ การสืบเสาะที่ใช้ในมาตรฐานก่อนหน้านั้น ได้มีการตีความหมายไปในหลายทาง ซึ่งอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นในมาตรฐานใหม่นี้ ได้เปลี่ยนมาใช้คำว่า **แนวปฏิบัติ** เพื่อให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นว่า แนวทางการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นั้นมีแนวปฏิบัติอย่างไร ทั้งนี้กรอบมาตรฐานใหม่นี้ มีความคาดหวังว่า ผู้เรียนจะได้มีส่วนร่วมกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างแท้จริง เพราะเชื่อว่า ถ้าผู้เรียนไม่ได้รับประสบการณ์ตรงในการปฏิบัติ ผู้เรียนจะขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงขาดความเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ยังได้มีการอธิบายเพิ่มเติมว่า ที่เลือกใช้คำว่าแนวปฏิบัติ ไม่ใช่ ทักษะ (Skills) เพื่อที่จะเน้นว่าการมีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์นั้น ไม่ได้ต้องการเพียง ทักษะ แต่รวมถึงความรู้ในแต่ละแนวปฏิบัตินั้น ๆ ด้วย

We use the term “practices” instead of a term such as “skills” to emphasize that engaging in scientific investigation requires not only skill but also knowledge that is specific to each practice (NRC, 2012, p. 30)

โดยสรุปการสืบเสาะ ยังเป็นแนวทางที่ยังใช้กันอยู่ แต่เพื่อให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้นำคำว่า แนวทางการปฏิบัติมาใช้แทน เนื่องจาก แนวทางปฏิบัติจะระบุได้ชัดเจนกว่าว่าการสืบเสาะนั้นสามารถทำอย่างไร ผู้เรียนต้องมีประสบการณ์อย่างไรที่เป็นการสืบเสาะหรือผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในแนวปฏิบัติอย่างไร เพื่อแน่ใจว่าผู้เรียนเข้าใจและมีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะที่แท้จริง

การสืบเสาะและแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์สัมพันธ์กันอย่างไร

การใช้คำว่าแนวปฏิบัติแทนการสืบเสาะ จะช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากจะระบุถึงแนวทางในการปฏิบัติไว้อย่างชัดเจน เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจว่า แนวทางปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบเสาะได้อย่างไร จะต้องทราบองค์ประกอบของกระบวนการสืบเสาะและแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มีอะไรบ้าง และสัมพันธ์กันอย่างไร

กระบวนการสืบเสาะที่ได้ระบุไว้ในสภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 2000) มี 5 ลักษณะเฉพาะ ที่เรียกว่า 5 features of inquiry คือ

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (คำถามที่สามารถตรวจสอบได้) (Learner engages in scientifically oriented questions)
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Learner gives priority to evidence in responding to questions)
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (Learner formulates explanations from evidence)
4. ผู้เรียนเชื่อมต่อกำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Learner connects explanations to scientific knowledge)
5. ผู้เรียนสื่อสารและประเมินคำอธิบาย (Learner communicates and justifies explanations)

สำหรับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้รวมถึงแนวทางปฏิบัติทางวิศวกรรมเข้าไว้ด้วย เนื่องจากมาตรฐานยุคใหม่ได้เน้นความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ด้วย จึงเรียกว่า แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) ซึ่งประกอบไปด้วย 8 แนวปฏิบัติ (NRC, 2012) ดังนี้

1. ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ และระบุปัญหาทางวิศวกรรม (Asking questions (for science) and defining problems (for engineering))
2. สร้างและใช้แบบจำลอง (Developing and using models)
3. วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ (Planning and carrying out investigations)

4. วิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล (Analyzing and interpreting data)
5. ใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ (Using mathematics and computational thinking)
6. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม (Constructing explanation (for science) and designing solutions (for engineering))
7. มีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐาน (Engaging in argument from evidence)
8. สืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล (Obtaining, evaluating, and communicating information)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จะพบว่า ผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์ วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐาน มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถาม โดยมีหลักการหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนหลักฐานที่มี และสื่อสารหรือประเมินคำอธิบายได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล ทั้งนี้ในการมีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะอาจจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการวางแผนของผู้สอนว่าเป็นกระบวนการสืบเสาะแบบใด แบบโครงสร้าง (Structure inquiry) หรือแบบเปิด (Open inquiry) แต่สำหรับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมนั้น เป็นการระบุอย่างชัดเจนในมาตรฐาน ว่าผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วมในแนวปฏิบัติแต่ละข้ออย่างไร และเมื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญของการสืบเสาะและแนวปฏิบัติจะพบว่า แนวปฏิบัตินั้นยังครอบคลุมลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน ดังตารางที่ 1

สำหรับการให้ความสำคัญกับหลักฐานในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะต้องวางแผนได้ว่าหลักฐานใดที่สามารถใช้ในการตอบคำถามนี้ได้ และจะวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบอย่างไร เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานนั้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติด้านการวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ และเมื่อผู้เรียนได้ข้อมูลมาแล้ว ผู้เรียนต้องวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล เพื่อดูว่าข้อมูลใดสามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานได้ ในส่วนของการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานและเชื่อมต่อกับคำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ในแนวปฏิบัติได้กล่าวถึงเฉพาะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อพิจารณาในเป้าหมายของแนวปฏิบัตินี้ ได้ระบุไว้ว่า ผู้เรียนสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้จากทฤษฎีองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและเชื่อมโยงกับแบบจำลองและหลักฐานที่มี ซึ่งครอบคลุมลักษณะสำคัญข้อที่ 3 และ 4 ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 5 ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม

ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม
1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์	ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ และระบุปัญหาทางวิศวกรรม
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์	วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือ
4. ผู้เรียนเชื่อมต่อกับคำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม
5. ผู้เรียนสื่อสารและประเมินคำอธิบาย	สืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล

นอกจากนี้แนวปฏิบัติยังให้ความสำคัญกับการสร้างและใช้แบบจำลอง และการใช้คณิตศาสตร์ เนื่องจากในการอธิบายปรากฏการณ์หรือการสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น บ่อยครั้งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างและใช้แบบจำลองในการอธิบาย เพื่อให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์หรือทำนายสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ อีกทั้งหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้อาจไม่ได้มีเพียงแต่การบรรยายลักษณะ แต่รวมถึงข้อมูลที่เป็นตัวเลข ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคำนวณในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นตัวเลขเหล่านี้ ด้วย

บทสรุป

การเปลี่ยนแปลงของมาตรฐานหลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาจากหลักสูตร ค.ศ. 1996 มาเป็นหลักสูตรยุคใหม่นั้น มีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ การหลอมรวมกันระหว่างความรู้ในเนื้อหา กับแนวปฏิบัติที่จำเป็นในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าด้วยกัน โดยระบุในลักษณะที่เป็นผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Performance Expectations) ที่รวมเสาหลัก 3 อันที่สำคัญ ได้แก่ แนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ (Disciplinary Core Ideas, DCIs) แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) และ แนวคิดเชื่อมโยงระหว่างสาขา (Crosscutting Concepts) เน้นความเชื่อมโยง ต่อเนื่องและส่งเสริมพัฒนาตามระดับทั้งในด้านของเนื้อหาและแนวปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจและทักษะในปีต่อปี ในลักษณะของการพัฒนาการเรียนรู้ (Learning Progression) และแม้ว่าจะไม่มีการปรากฏของคำว่า การสืบเสาะ (inquiry) ในมาตรฐาน แต่ได้ปรากฏ คำใหม่ขึ้นมาแทน คือ แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science and Engineering Practices) ซึ่งการใช้คำว่า แนวปฏิบัติจะเน้นให้เห็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ครูผู้สอนและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถจัดการเรียนรู้หรือออกแบบประเมินที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในแนวทางเดียวกันมากยิ่งขึ้น เนื่องจาก แนวทางปฏิบัติจะระบุได้ชัดเจนกว่าว่าการสืบเสาะนั้นสามารถ

ทำอย่างไร ผู้เรียนต้องมีประสบการณ์อย่างไรที่เป็นการสืบเสาะหรือผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในแนวปฏิบัติอย่างไร ดังนั้นในมาตรฐานยุคใหม่ (Next generation science standards) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะยังคงเป็นหัวใจสำคัญของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเรียกว่า การเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะ หรือ แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรม เมื่อพิจารณาความหมายของการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ได้ให้ความหมายของ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ว่า “เป็นการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือ วิธีการอื่น ๆ เช่น การสำรวจ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การทดลอง การสร้างแบบจำลอง การสืบค้นข้อมูล เป็นต้น” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, น. 105) ก็จะพบว่าสอดคล้องกับแนวปฏิบัติในมาตรฐานยุคใหม่ค่อนข้างมาก

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. 2552. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- BSCS. 2006. **BSCS Science: An Inquiry Approach.** Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- National Research Council. 1996. **National Science Education Standards.** Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. 2000. **Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning.** Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. 2012. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.** Washington, D.C.: National Academy Press.
- Next Generation Science Standard for State by State. 2013. Retrieved February 20, 2015, from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>