ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

ชาตรี ฝ่ายคำตา

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10900
E-mail: chatreechem@yahoo.com

รับบทความ: 3 มกราคม 2559 ยอมรับตีพิมพ์: 16 มีนาคม 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นกระบวนสืบเสาะเพื่อหาคำตอบในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ศึกษา ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรม ในฐานะนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงจำเป็นต้องเข้าใจ เข้าถึง และติดตามประเด็นและแนวโน้มของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อนำไปสู่ความคิดเกี่ยวกับคำถามวิจัยใหม่ ๆ และจะส่งผลทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และขับเคลื่อนให้วิทยาศาสตร์ศึกษามีความเข้มแข็งมากขึ้น บทความนี้มุ่งอธิบายเกี่ยวกับประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยมีคำถามหลักดังต่อไปนี้ ชุมชนนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นอย่างไร งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเหมือนหรือแตกต่างกับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ประเด็นของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีอะไรบ้าง ทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในบริบทของประเทศไทยควรเป็นอย่างไร

คำสำคัญ: วิทยาศาสตร์ศึกษา การวิจัย บริบทประเทศไทย

Issues and Research Trends in Science Education

Chatree Faikhamta

Science Education Division, Department of Education, Faculty of Education,
Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok 10900, Thailand
E-mail: chatreechem@yahoo.com

Received: 3 January 2016 Accepted: 16 March 2016

Abstract

Research in science education is an inquiry process used to answer various issues in science education. Since society, economics and culture have been changed rapidly, issues and trends in science education have also been changed. As science educators, we should understand, get insight and up-to-date issues and trends in science education research which will lead us to come up with new research questions. These research questions will bring us to new knowledge and strengthen our science education community. This article aims to explain research trends in science education. Main guiding questions of the article are: what is science education community? What are similarities and differences between science and science education researches? What are issues in science education? and what is the direction of science education in Thai context?

Keywords: Science education, Research, Thai context

บทนำ

การวิจัยเป็นกระบวนการสืบเสาะที่มีระเบียบแบบแผนและหลักฐานที่จะนำไปสู่องค์ความรู้ใหม่ ดังนั้นการวิจัยจึงเป็นวิธีการที่สำคัญเพื่อนำมนุษย์ไปสู่ปัญญาและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมได้ ในปัจจุบันการวิจัยทางวิทยาศาสตร์-ศึกษาทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่มากมายและรุด-หน้าไปมาก จะเห็นได้จากผลงานวิจัยทางวิทยา-ศาสตร์ศึกษาที่ตีพิมพ์เผยแพร่กันอย่างหลากหลายทั้งในวารสารวิชาการ วิทยานิพนธ์ หรือเอกสารการประชุมวิชาการ ซึ่งถือว่าเป็นนิมิตหมายอันดีที่จะทำให้วิทยาศาสตร์ศึกษาเข้มแข็งขึ้น ในขณะที่ชาววิทยาศาสตร์ศึกษากำลังก้าวเดินไปอยู่ในสังคมการวิจัยเป็นฐาน (research-based society) นั้น เราควรหยุดคิดและทบทวนกันสักนิดว่าการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยของเราและนานาชาติทั้งในอดีตและปัจจุบันเป็นอย่างไร การที่เรารู้อดีตและปัจจุบันจะทำให้เรารู้อนาคตของ

ตนเองว่าจะเป็นไปในทิศทางใด หากเราไม่รู้อดีตและปัจจุบัน เราก็จะไม่มีอนาคต

บทความนี้เกิดขึ้นจากประสบการณ์และแรงบันดาลใจของผู้เขียนที่ทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับชาติและนานาชาติและการเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของนิสิตระดับปริญญาโทและเอก และพบว่านักวิจัยและนิสิตมักมีคำถามเกี่ยวกับประเด็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามากมาย เช่น

การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นอย่างไร แตกต่างจากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างไร

การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นการวิจัยในเรื่องใดบ้าง

แนวโน้มของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศและนานาชาติเป็นอย่างไร

ผู้เขียนจึงพยายามเรียบเรียงคำตอบเพื่อให้ผู้สนใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ศึกษาเข้าใจชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่เพิ่งเข้าสู่ชุมชนของนักวิทยาศาสตร์ศึกษา อีกทั้งในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ศึกษาไม่ได้จำกัดเฉพาะนักการศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์เท่านั้น แต่อาจรวมไปถึงนักวิทยาศาสตร์และบุคคลที่ทำงานงานบริษัท เอกชนต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่ส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการที่คณะวิทยาศาสตร์ในหลายมหาวิทยาลัยได้เปิดหลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษาขึ้นและบริบทเอกชนให้การสนับสนุนการศึกษาวิทยาศาสตร์และงานวิจัยด้านนี้มากขึ้น ดังนั้นวิทยาศาสตร์ศึกษาจะไม่ใช่แค่ศาสตร์ของกลุ่มคนที่เป็นนักการศึกษาเท่านั้น แต่รวมอยู่ในทุกภาคส่วนที่จะเป็นแรงขับเคลื่อนให้ประชาชนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (scientifically literate person) การขับเคลื่อนดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกภาคส่วนจะได้มองเป้าหมายและทิศทางเดียวกัน รวมทั้งการทำวิจัยเพื่อให้เกิดองค์ความรู้แล้วนำมารวมและเชื่อมโยงให้เกิดภาพใหญ่มากขึ้น

ชุมชนนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นอย่างไร

วิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นแขนงวิชาที่เหมือนกับวิชาชีพอื่นที่มีชุมชน (community) ของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ทำงาน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นโต้แย้งและขับเคลื่อนให้วิทยาศาสตร์ศึกษามีความเข้มแข็ง โดยวิถีธรรมเนียมปฏิบัติของนักวิชาการ (scholar) มักรวมตัวกันจากสิ่งที่ตนสนใจเหมือนกันและอาจเกิดเป็นสมาคมเกิดขึ้น จากนั้นก็มีการประชุมวิชาการ (conference) ร่วมกัน และตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และเป็นการต่อยอดงานวิจัย รวมทั้งเป็นการตรวจสอบคุณภาพและความน่าเชื่อถือของงานวิจัยด้วย

ดังนั้นจุดเริ่มต้นที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเป็นนักวิจัยคือควรรู้จักชุมชนของตนว่าอยู่ตรงไหน ชุมชนนั้นทำอะไร ศึกษาในเรื่องใด แล้วหากเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนนั้นแล้ว เราจะอยู่ในส่วนใด เพื่อตอบคำถามเหล่านี้จึงขอยกตัวอย่างชุมชนหรือสมาคม การประชุมวิชาการและวารสารทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับชาติและนานาชาติ ดังต่อไปนี้

สมาคมแรกของชาววิทยาศาสตร์ศึกษาที่เกิดเป็นรูปธรรมคือ National Association of Research in Science Teaching (NARST) ของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งก็ตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1974 ในปัจจุบันถือว่าเป็นสมาคมในระดับนานาชาติ เพราะมีสมาชิกที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ศึกษาทั่วโลกเข้าร่วมเป็นสมาชิก โดยสมาคมนี้ได้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการที่เรียกว่า NARST conference ทุกปี และริเริ่มให้เกิดวารสารวิจัย Journal of Research in

Science Teaching วารสารดังกล่าวถือว่าเป็นวารสารทางวิทยาศาสตร์ศึกษาที่มีคุณภาพสูงและเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ

ในทวีปยุโรปก็มีสมาคมทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเช่นกันคือ European Science Education Research Association (ESERA) โดยสมาคมนี้ได้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการที่เรียกว่า ESERA conference และริเริ่มให้เกิดวารสารวิจัย International Journal of Science Education สำหรับทวีปออสเตรียเลียก็มีสมาคม Australasian Science Education Research Association (ASERA) โดยสมาคมนี้ได้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการที่เรียกว่า ASERA conference และริเริ่มให้เกิดวารสารวิจัย Research in Science Education

สำหรับประเทศไทยมีสมาคมวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งประเทศไทย (SEAT) โดยสมาคมนี้เกิดขึ้นจากความร่วมมือของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นและมหาวิทยาลัยทักษิณ สมาคมดังกล่าวได้จัดการประชุมระดับนานาชาติที่เรียกว่า The International Conference of Science Educators and Teachers (ISET) และวารสารของสมาคมนี้คือ International Journal of Science Educators and Teachers (IJSET)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าสมาคมและวารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีมากมาย ผู้เขียนจึงเสนอแนะให้ผู้อ่านที่กำลังศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ศึกษางานวิจัยในวารสารที่ได้รับการยอมรับของชุมชนนักวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับนานาชาติดังต่อไปนี้

- Journal of Research in Science Teaching
- International Journal of Science Education
- Science Education
- Research in Science Education
- International Journal of Science and Mathematics Education
- European Journal of Science and Mathematics Education
- Asia-Pacific Journal of Science Education

หากผู้อ่านได้ศึกษาบทความวิจัยในวารสารเหล่านี้ จะพบว่า งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีประเด็นที่หลากหลาย ผู้อ่านลองจินตนาตามว่างานวิจัยที่ตนศึกษาอยู่ในประเด็นใด ทั้งนี้ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเหมือนหรือแตกต่างกับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างไร

จากคำถาม “การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาแตกต่างจากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างไร” ก่อนตอบคำถามนี้ต้องเข้าใจความหมายของคำว่า “วิทยาศาสตร์ศึกษา” ก่อน ในที่นี้วิทยาศาสตร์ศึกษาหมายถึงกระบวนการและความพยายามในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ กระบวนการและความพยายามที่ว่านี้จะเป็นอะไรก็ได้ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับนโยบายการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ การสอน สื่อและเทคโนโลยีการเรียนรู้ แหล่งการเรียนรู้ และอื่น ๆ อีกมากมาย ดังนั้นสิ่งที่การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาแตกต่างจากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์คือคำถามวิจัยหลัก การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเริ่มจากการถามว่า “จะทำอย่างไรให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้” แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์เน้นตอบคำถามว่า “เกิดอะไรขึ้นกับโลก ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมจึงเกิดเช่นนั้น” นักวิทยาศาสตร์

ศึกษาจึงทำวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้และนำความรู้ไปช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้มากที่สุด การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาอาจเป็นการศึกษาและพัฒนาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ นวัตกรรมและสื่อการเรียนรู้ หรือวิธีการประเมินการเรียนรู้ เป็นต้น

ประเด็นของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีอะไรบ้าง

ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีมากมาย เพราะการจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขึ้นกับบริบทและหลายปัจจัย จากการศึกษาหนังสือและวารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา พบว่า มีผู้แบ่งหมวดหมู่ของประเด็นทางวิทยาศาสตร์ศึกษาไว้หลากหลายทั้งเหมือนและแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น International Handbook of Science Education (Fraser et al., 2012) แบ่งประเด็นออกเป็น 11 ประเด็น ได้แก่

1. มุมมองเชิงวัฒนธรรมสังคมและการศึกษาในชุมชนเมือง (sociocultural perspectives and urban education)
2. การเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (learning and conceptual change)
3. การผลิตและพัฒนาวิชาชีพครู (teacher education and professional development)
4. ความเท่าเทียมและความยุติธรรม (equity and social justice)
5. การประเมินการเรียนรู้ (assessment and evaluation)
6. หลักสูตรและการปฏิรูป (curriculum and reform)
7. การโต้แย้งและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (argumentation and nature of science)
8. การเรียนรู้นอกโรงเรียน (out-of-school learning)
9. สภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ (learning environments)
10. การรู้และภาษา (literacy and language)
11. วิธีวิจัย (research methods)

นอกจากนี้ในการประชุมวิชาการ National Association of Research in Science Teaching (NARST) Conference (2016) ได้แบ่งกลุ่มของงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาออกเป็น 16 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดและความเข้าใจของนักเรียน การเปลี่ยนแปลงแนวคิด (science learning, conceptions, understanding, conceptual change)
2. บริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คุณลักษณะของนักเรียน การปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (learning context, student characteristics, interactions)
3. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา (primary science teaching) – ความรู้ในเนื้อหาของครู ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู (pedagogical content knowledge, PCK) วิธีสอน สื่อการสอน
4. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา (secondary science teaching) – ความรู้ในเนื้อหาของครู ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู (pedagogical content knowledge, PCK) วิธีสอน สื่อการสอน
5. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับอุดมศึกษา – (college science teaching) ความรู้ในเนื้อหาของครู ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของ

ครู (pedagogical content knowledge, PCK) วิธีสอน สื่อการสอน

6. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามอัธยาศัย (science learning in informal context)

7. การผลิตครูวิทยาศาสตร์ (pre-service science teacher education)

8. การพัฒนาครูประจำการ (in-service science teacher education)

9. การพัฒนาครูโดยการวิจัย (professsional development through teacher research)

10. หลักสูตรวิทยาศาสตร์ (science curriculum)

11. การวัดและประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (assessment in science learning)

12. ประเด็นวัฒนธรรม สังคม เพศ (cultural, social, and gender Issues)

13. เทคโนโลยีการศึกษา (educational Technology)

14. ประวัติ ปรัชญา และสังคมวิทยาศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ (history, philosophy, and sociology of science)

15. สิ่งแวดล้อมศึกษา (environmental education)

16. นโยบายด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (policy issues)

นอกจากนี้ในหนังสือ Handbook of Research on Science Education (Lederman and Abell, 2014) ได้แบ่งหมวดหมู่กลุ่มของงานวิจัยออกเป็น 6 ประเด็นหลัก ได้แก่

1. ทฤษฎีและวิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (theory and methods of science education research)

2. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (science learning)

3. ความหลากหลายและความเสมอภาคในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (diversity and equity in science learning)

4. การสอนวิทยาศาสตร์ (science teaching)

5. หลักสูตรและการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (curriculum and assessment in science)

6. การผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ (science teacher education)

เพื่อให้ผู้อ่านทราบถึงรายละเอียดประเด็นและแนวโน้มของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา จึงขอนำเสนอตามประเด็นทางวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ปรับตามกรอบของ Handbook of Research on Science Education (Lederman and Abell, 2014) ทั้งนี้กรอบดังกล่าวครอบคลุมประเด็นย่อยของกรอบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น โดยไม่ขอนำเสนอประเด็นที่ 3 ทั้งนี้การศึกษาความหลากหลายและความเสมอภาคในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มักเกิดขึ้นในบริบทของประเทศในทวีปอเมริกาซึ่งเป็นประเทศที่มีคนหลายเชื้อชาติและความแตกต่างระหว่างเพศสูง

ทฤษฎีและวิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

วิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นวิธีวิจัยที่ประยุกต์ทฤษฎีและวิธีวิจัยของศาสตร์อื่นมาใช้โดยเฉพาะวิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์และทางสังคมศาสตร์ ดังนั้นก่อนอื่นต้องเข้าใจว่าวิธีวิจัยของทุกศาสตร์ตั้งอยู่บนฐานของความเชื่อเกี่ยวกับปรัชญาของมนุษย์ ทั้งนี้ปรัชญาที่แตกต่างกันจะนำไปสู่วิธีวิจัยที่แตกต่างกัน ความเชื่อเกี่ยวกับปรัชญาในการวิจัยปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ปฏิฐานนิยม

(positivism) คตินิยมการตีความหมาย (interpretivism) และทฤษฎีวิพากษ์ (critical theory) โดยทั้ง 3 กลุ่ม มองความจริง ความรู้และการได้มาซึ่งความรู้แตกต่างกันแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบความรู้ ความจริง และวิธีการได้มาของความรู้ในวิธีวิจัยที่แตกต่างกัน

คำถาม	ปฏิฐานนิยม	คตินิยมการตีความ	ทฤษฎีวิพากษ์
ความจริงคืออะไร (ontology)	ความจริงแท้มีอยู่จริงและมีความจริงเดียว มีความเป็นเอกเทศ มีความเป็นวัตถุวิสัย (objective) สามารถทำความเข้าใจได้ทั้งหมด มีความเป็นสากล	ความจริงแท้มีอยู่จริง สิ่งที่ถูกสร้างขึ้น ทำให้ความจริงมีหลากหลาย มีความเป็นอัตวิสัย (subjective) แต่สามารถทำความเข้าใจได้บางส่วนเพื่อให้ใกล้เคียงกับความจริงแท้มากที่สุด	ความจริงแท้มีอยู่จริง สามารถทำความเข้าใจได้ และความจริงสร้างจากสังคม วัฒนธรรม จริยธรรม ไม่สามารถแยกขาดจากระบบคุณค่า
ความรู้คืออะไร ได้มาอย่างไร (epistemology)	ความรู้เป็นปรนัย ความรู้กับผู้แสวงหาความรู้เป็นอิสระต่อกัน เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้โดยปราศจากอคติและเพื่อให้ได้ความเป็นวัตถุวิสัย	ความรู้เป็นอัตนัย ความรู้กับผู้แสวงหาความรู้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ต่างก็ส่งอิทธิพลซึ่งกันและกัน ไม่จำเป็นต้องหาแนวทางเพื่อให้ปราศจากอคติ เพราะจิตใจมนุษย์ย่อมีอคติอยู่แล้ว	ความรู้เป็นอัตนัย ความรู้กับผู้แสวงหาความรู้แยกออกจากกันไม่ได้ และความรู้เกิดจากการสนทนาสื่อสารกัน และขึ้นกับค่านิยม การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง
มีวิธีการอย่างไรเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ (methodology)	การทำการทดลอง โดยจัดกระทำหรือควบคุมตัวแปรที่ต้องการศึกษา	การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้แสวงหาความรู้กับสิ่งที่กำลังศึกษาเป็นสิ่งที่เลี่ยงไม่ได้ ความสัมพันธ์ที่ดีส่งผลทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ดี	การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สืบเสาะหาความรู้กับสิ่งที่กำลังศึกษาโดยการสนทนาสื่อสารกัน

วิธีการได้มาซึ่งความรู้หรือระเบียบวิธีวิจัยเป็นสิ่งกำหนดทิศทางในการดำเนินการวิจัย ระเบียบวิธีวิจัยสะท้อนถึงความคิดและความเชื่อของนักวิจัยว่านักวิจัยคิดอย่างไรเกี่ยวกับโลก เช่น หากนักวิจัยคนหนึ่งเชื่อว่าความจริงในโลกนี้สามารถสังเกตและมองเห็นได้โดยไม่จำเป็นต้องลงความเห็นจากสิ่งที่เห็น และเชื่อว่าความจริงที่มีอยู่เป็นความจริงเดี่ยวที่มีอยู่ในโลกนี้แล้ว ความจริงดังกล่าวแยกออกจากกันออกเป็นตัวแปรต่าง ๆ ทำให้การศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ย่อมทำได้โดยอิสระ ตัวแปรและกระบวนการสามารถแยกกันศึกษาอย่างอิสระ วิธีวิจัยที่นักวิจัยคนนั้นใช้อาจได้มาจากกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งอยู่ในกลุ่มปฏิฐานนิยม เมื่อนักวิทยาศาสตร์ศึกษานำมาใช้ระเบียบวิธีวิจัยของกลุ่มนี้มาใช้มักสนใจเกี่ยวกับผลของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตาม (cause and effect) ยกตัวอย่างเช่น ผลของการสอนแบบสืบเสาะต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ดังนั้นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาของกลุ่มนี้ก็ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เรามักเห็นคำถามวิจัยที่ใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง เช่น

- การสอนโดยใช้วิธี X ทำให้ผลสัมฤทธิ์

ของนักเรียนแตกต่างจากการสอนโดยใช้วิธี Y หรือไม่

- การสอนโดยใช้วิธี X ทำให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงกว่าจากการสอนโดยใช้วิธี Y หรือไม่

- การสอนโดยใช้วิธี X ทำให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้วิพากษ์ว่าคำถามเหล่านี้สามารถตอบได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องทำวิจัยก็ได้ เพราะงานวิจัยดังกล่าวส่วนใหญ่กำหนดให้ X เป็นวิธีสอนที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบันและได้รับการยืนยันจากงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วว่าทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงสามารถทำนายได้ว่าวิธีสอนที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบันจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่า หรือกรณีตัวอย่างสุดท้ายก็เช่นกันแม้ว่าครูจะสอนแบบปกติหรือแบบใหม่ โดยส่วนใหญ่นักเรียนก็ย่อมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นอยู่แล้ว

นอกจากนี้ การใช้วิธีวิจัยเชิงทดลองนี้ดังกล่าวมักจะทำให้นักการศึกษาเกิดคำถามขึ้นมาว่า วิธีวิจัยดังกล่าวเหมาะสมหรือไม่ที่จะนำมาใช้กับการวิจัยทางด้านการศึกษา เพราะการวิจัยกับมนุษย์และการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีหรือสิ่งของย่อมแตกต่างกัน เราไม่สามารถควบคุมทุกอย่างหรือจัดกระทำกับตัวแปรได้ ในสภาพจริง เป็นไปไม่ได้ที่จะควบคุมบริบทหรือกลุ่มที่ศึกษาได้ทั้งนี้บริบทและตัวแปรที่ศึกษาไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ดังนั้นการจัดกระทำตัวแปรในการวิจัยเกี่ยวกับมนุษย์ย่อมเป็นไปได้ยากมาก เพราะจัดกระทำหรือควบคุมอย่างไร ก็ไม่มีทางควบคุมให้เหมือนกันทั้งหมด

ประเด็นอีกอย่างหนึ่งที่ถูกวิพากษ์มากก็คือ จริยธรรมของการวิจัย (ethical issue) เพราะการวิจัยเชิงทดลองมักจัดกลุ่มที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เช่น

กลุ่มทดลอง ก คือ นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีใหม่

กลุ่มควบคุม ข คือ นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีเดิม

หากลองจินตนาการดูว่านักเรียนกลุ่ม ข จะน่าสงสารเพียงใด ทั้ง ๆ ที่อาจอยู่ในโรงเรียนเดียวกัน แต่กลับไม่ได้รับความเท่าเทียมกัน โดยต้องเรียนรู้ด้วยวิธีเดิมเพราะว่าครูต้องการทำวิจัยเท่านั้น

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเสนอว่า ควรปรับเปลี่ยนความคิดจากระเบียบวิธีวิจัยแบบปฏิฐานนิยมมาเป็นระเบียบวิธีวิจัยตามความเชื่อของกลุ่มคตินิยมการตีความหมาย (Guba and Lincoln, 1995) และทฤษฎีวิพากษ์ (critical theory) (Capobianco and Feldman, 2010) มากกว่า โดยทั้งสองกลุ่มมักมุ่งเน้นอธิบายปรากฏการณ์ทางสังคมและมุ่งเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์แตกต่างจากวิทยาศาสตร์เพราะการวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์เป็นไปไม่ได้เลยที่จะควบคุมตัวแปรทั้งหมดและดูผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต้นและตัวแปรตาม การวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรม ความคิด ความเชื่อ ทัศนคติ เจตคติของคน ดังนั้นแทนที่กำจัดตัวแปรก็นำตัวแปรต่าง ๆ เหล่านั้นเข้ามาพิจารณาและอธิบายหรือบรรยายออกมาเป็นข้อความเพื่อทำให้เข้าใจในปรากฏการณ์ดังกล่าว

ดังนั้นแนวโน้มของงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่เป็นวิธีวิจัยเชิงคุณภาพหรือแบบผสมและไม่ค่อยพบวิธีการวิจัยเชิงทดลองใน

งานวิจัยในระดับนานาชาติมากนัก อย่างไรก็ตาม ยังพบงานวิจัยที่เป็นเชิงทดลองในงานวิจัยของประเทศไทยเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะงานวิจัยของนิสิตนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในยุคนั้น ๆ หากความเชื่อและทฤษฎีที่เปลี่ยนแปลงไป (paradigm shift) (Kuhn, 1970) ก็อาจทำให้คำถามและกรอบแนวคิด (framework) ของงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเปลี่ยนแปลงเช่นกัน โดยเฉพาะทฤษฎีการเรียนรู้ตามความเชื่อของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา เช่น แต่ก่อนอาจเชื่อในทฤษฎีการเรียนรู้ตามกลุ่มพฤติกรรมนิยม (behaviorism) และต่อมาเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ตามกลุ่มพุทธินิยม (cognitivism) และในปัจจุบันเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ซึ่งจะเห็นว่าการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในปัจจุบันมักได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพราะถือว่าเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ร่วมสมัย

งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในช่วง 4 ทศวรรษที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) (Tobin and Tippins, 1993) งานวิจัยบุกเบิกเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นงานวิจัยของ Piaget ที่กล่าวถึงทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนและการคิดของเด็ก โดย Piaget กล่าวว่า เด็กสามารถสร้างความหมายและความเข้าใจของเขาเองได้จากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นได้เช่นกัน จากแนวคิดดังกล่าวทำให้นักการศึกษาจำนวนมากได้ศึกษาและขยายแนวคิดดังกล่าวโดยเฉพาะงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดและการเรียนรู้แนวคิด เช่น Driver and Easley (1978) ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ Gilbert et al. (1982) ศึกษาแนวคิดทางเลือกของผู้เรียนในหนังสือชื่อว่า Children's Science และ Driver (1983) ตีพิมพ์หนังสือชื่อว่า The Pupil as Scientist และผลงานวิจัยตีพิมพ์ Osborne and Freyberg (1985)

จากนั้นเป็นต้นมา มีงานวิจัยที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียนจำนวนมาก ทั้งนี้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเชื่อว่าแนวคิดของผู้เรียนเป็นสิ่งที่สำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอน เพราะการรู้แนวคิดของผู้เรียนจะเป็นพื้นฐานสำหรับให้ครูใช้ตัดสินใจว่าจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างไร เพื่อไม่ให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Eberle and Keeley, 2008) จากการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันและเรียกแนวคิดของผู้เรียนว่า alternative conceptions หรือ children's science หรือ naïve understanding หรือ student conceptual framework (Bell, 1993) ตัวอย่างคำถามวิจัยในกลุ่มนี้ เช่น

- นักเรียนมีแนวคิดเรื่องไฟฟ้าอย่างไร
- นักเรียนเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับไฟฟ้าอย่างไร
- นักเรียนแสดงภาพทางความคิดหรือสร้างแบบจำลองทางความคิดอย่างไรเกี่ยวกับการละลายของสาร
- แนวคิดของนักเรียนในแต่ละระดับเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นอย่างไร

นอกเหนือจากการวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียนแล้ว ในปัจจุบันยังมีการวิจัยเพื่อศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียนในมิติอื่น ๆ ด้วย ทั้งนี้ Duit

and Treagust (2003) ได้วิพากษ์ว่า การศึกษาแนวคิดที่เน้นเฉพาะการคิดของผู้เรียน (cognition domain) เท่านั้น เป็นการมองการเรียนรู้ในเชิงญาณวิทยา (epistemological perspective) เท่านั้น แต่ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีหลายมิติไม่ใช่เพียงแนวคิด ดังนั้นแนวคิดควรจะมีความเชื่อมโยงกับประเด็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยี และวัฒนธรรม และควรมองมิติด้านจิตพิสัย (affective domain) เพราะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในบริบทเกี่ยวข้องกับความรู้สึกของผู้เรียน นอกจากนี้การเรียนรู้ไม่ควรเน้นที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (learning science) เท่านั้น แต่ควรเรียนรู้กระบวนการ (science process) และเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (learning about science)

จากการวิพากษ์กล่าวทำให้เกิดงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับประเด็นใหม่ ๆ เช่น

- การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) (Smith et al., 2012) คือความสามารถของผู้เรียนในการตัดสินใจประเด็นทางวิทยาศาสตร์ในสังคม โดยใช้พื้นฐานความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์สามารถสะท้อนจากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

- ความสามารถในการแสดงตัวแทน (representation) (Chandrasegaran et al., 1997; Kallunki, 2013) การให้เหตุผลเชิงอุปมา (analogical reasoning) (Mozzer and Justi, 2012) และแบบจำลองทางความคิด (mental model) (Coll and Treagust, 2001; Krell et al., 2015) ประเด็นเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากการมองว่านอกเหนือจากจะศึกษามุมมองเชิงญาณวิทยา (epistemology) ของนักเรียนซึ่งเน้นเรื่องแนวคิดของนักเรียนแล้ว ควรศึกษามุมมองเชิงภววิทยา (ontology) ของนักเรียนด้วย โดยมุมมองนี้เป็นการศึกษาว่าผู้เรียนคิดตัดสินหรือมองวัตถุและเหตุการณ์อย่างไร

- ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science) (Schwartz et al., 2004; Wahbeh and Abd-El-Khalick, 2014) ประเด็นนี้ไม่ใช่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษามุมมองหรือการอธิบายของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม

- ทักษะการโต้แย้ง (argumentation skills) (Berland and Hammer, 2012; Evagorou et al., 2012) และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) (Tsui and Treagust, 2010; Yeo and Gilbert, 2014) ทั้งสองประเด็นนี้มีลักษณะคล้ายกัน คือ เป็นความพยายามในการยืนยันหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของเหตุผล ทั้งนี้เริ่มมีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาทำวิจัยมากขึ้น แม้ว่าทั้งสองประเด็นไม่ใช่ประเด็นใหม่ เพราะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่แล้ว แต่นักวิทยาศาสตร์ศึกษามองว่าควรเน้นให้มากขึ้น จึงได้ทำการศึกษาวิจัยประเด็นนี้ให้ชัดเจนมากขึ้น โดยองค์ประกอบของการโต้แย้งประกอบด้วย 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อสรุป (claim) เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ 2) หลักฐาน (evidence) เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อสนับสนุน ยืนยัน หรือหักล้างข้อสรุป และ 3) คำชี้แจง (justification) เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน (Samson and Schleigh,

2013)

- ทักษะการแก้ปัญหา (problem-solving skills) คือ ทักษะของนักเรียนในการระบุปัญหา สืบค้นและวางแผนในการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา (Balliet and Riggs, 2015) ทั้งนี้ประเด็นนี้มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ทำวิจัยมาหลายทศวรรษ แต่เนื่องจากการแก้ปัญหาในบริบทการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไปในแต่ละยุคสมัย ทักษะการแก้ปัญหาก็กลับมามีความสำคัญอีกครั้ง

การสอนวิทยาศาสตร์

ดังที่กล่าวมาแล้วว่างานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เน้นอธิบายกระบวนการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อิทธิพลของทฤษฎีดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ โดยจะเห็นว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันได้เน้นจุดหมายสาระและกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเต็มความสามารถ สอดคล้องกับความถนัด ความสนใจ และความต้องการของผู้เรียน การจัดกระบวนการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในช่วง 4 ทศวรรษที่ผ่านมามักเริ่มจากคำถามว่าจะทำอย่างไรให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ดังนั้นจึงมีความพยายามศึกษาหาวิธีการสอนที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุด ทั้งนี้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ทำวิจัยและพัฒนาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ขึ้นมากมายหลายวิธีและมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน หากแบ่งกลุ่มวิธีสอนตามกรอบแนวคิดทฤษฎี (theoretical framework) เกี่ยวกับการเรียนรู้อาจแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1. กลุ่ม personal constructivism งานวิจัยของกลุ่มนี้เน้นการศึกษาวิธีพัฒนาความคิด การคิด แนวคิดของผู้เรียน ตัวอย่างวิธีสอนของกลุ่มนี้ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงแนวคิดของผู้เรียน (conceptual change) (Amin, 2015; She, 2004) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) (Barak and Hussein-Farraj, 2013)

2. กลุ่ม social constructivism งานวิจัยของกลุ่มนี้เน้นการศึกษาวิธีสอนที่ช่วยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น ครู เพื่อนร่วมชั้น ผู้ปกครอง วิธีสอนที่อยู่บนพื้นฐานของกลุ่มนี้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (cooperative learning) (Acar and Tarhan, 2008)

3. กลุ่ม socio-cultural constructivism งานวิจัยของกลุ่มนี้พยายามพัฒนาวิธีสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากบริบททางสังคมและวัฒนธรรมหรือใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์ในสังคมมาเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ (socioscientific issues) (Albe, 2008; Christenson et al., 2014) ตัวอย่างของวิธีสอนของกลุ่มนี้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (science, technology and society (STS) approach) (Abualrob and Daniel, 2013) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (context-based learning) (Gilbert et al., 2011)

นอกจากอิทธิพลของความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้จะส่งผลต่อการวิจัยเกี่ยวกับการสอนแล้ว ความต้องการของสังคมและเป้าหมายการเรียนรู้ของในแต่ยุคสมัยก็มีอิทธิพลต่อวิธีสอนเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ในปัจจุบันมีนักวิจัยที่พยายามศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งต้องเป็นผู้ที่

คิดแก้ปัญหา ตัดสินใจ ลงมือปฏิบัติ สร้างสรรค์ชิ้นงานและอื่น ๆ เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตในโลกปัจจุบันและอนาคตได้ วิธีสอนที่ได้รับความสนใจมากในขณะนี้คือจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) (Dickerson et al., 2014; Roth and Eijck, 2010) องค์ความรู้ที่เกิดจากการวิจัยในประเด็นดังกล่าวยังมีน้อย

ในบางกรณีการวิจัยวิธีสอนเกิดจากการพัฒนาวิธีสอนเก่าให้ทันสมัยและสนองแต่การเปลี่ยนแปลงของสังคม เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) (Wu and Wu, 2011) เป็นวิธีสอนที่มีนักวิจัยทำการศึกษามายาวนานเพราะวิธีสอนนี้สะท้อนถึงความเป็นวิทยาศาสตร์ได้ดี ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดองค์ความรู้เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อเวลาผ่านไปนักวิจัยหลายคนเห็นว่า เป้าหมายการเรียนรู้ควรเพิ่มประเด็นต่าง ๆ มากขึ้น จึงได้เพิ่มเติมจุดเน้นเหล่านั้นในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ให้มากขึ้น เช่น เน้นการโต้แย้งให้มากขึ้น (argument-based inquiry (ABI)) (Nichols et al., 2015) เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (model-based inquiry (MBI)) (Campbell et al., 2012) หรือเน้นให้ผู้เรียนสะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน (explicit-reflective NOS inquiry) (Faikhamta, 2013; Schwartz et al., 2004)

อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยเรื่องใดเรื่องหนึ่งนักวิจัยอาจไม่ตั้งชื่อของวิธีสอนอย่างชัดเจน บางครั้ง อาจนำวิธีสอนหลาย ๆ วิธีมาใช้ร่วมกันเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุด หรืออาจใช้เพียงกรอบแนวคิดทฤษฎีมาเป็นหลักขับเคลื่อนการวิจัย (guiding principles) เท่านั้นก็ได้ ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ก็ไม่จำเป็นต้องระบุชื่อของวิธีสอน แต่ขอให้มีหลักหรือกรอบแนวคิดของกิจกรรมที่ชัดเจน

หลักสูตรและการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หากเปรียบเทียบสัดส่วนจำนวนงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้กับหลักสูตรและการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติพบว่าจำนวนงานวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตรและการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีค่อนข้างน้อยกว่า

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เน้นการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมกับบริบทในระดับต่าง ๆ เช่น หลักสูตรระดับประเทศหรือหลักสูตรระดับท้องถิ่น (Thorolfsson et al., 2012) ทั้งนี้บางประเทศมีกลุ่มชาติพันธุ์ที่หลากหลาย จึงเกิดคำถามวิจัยเกิดขึ้นว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เหมาะกับวัฒนธรรมและชาติพันธ์ของกลุ่มคนเหล่านั้นควรเป็นอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยที่พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในประเทศนิวซีแลนด์ (Bell, 1987) ให้สอดคล้องกับกลุ่มของชาวเมารีซึ่งเป็นชนพื้นถิ่นโดยเฉพาะ นอกจากนี้อาจมีการศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ (Fawns, 1998)

สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินการเรียนรู้มักเริ่มต้นจากคำถามว่า จะวัดและประเมินการเรียนรู้ผู้เรียนอย่างไร คำถามดังกล่าวถูกขับเคลื่อนจากงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อนักวิทยาศาสตร์ศึกษาสนใจในการทำวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ในประเด็นใด การวิจัยเกี่ยวกับการวัดและประเมินในประเด็นนั้นก็จะตามมา เช่น เมื่องานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาสนใจ

แนวคิดหรือกระบวนการคิดของผู้เรียน งานวิจัยจึงเน้นพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วัดแนวคิด (Caleon and Subramaniam, 2010) หากงานวิจัยเน้นการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ งานวิจัยก็จะเน้นการศึกษาเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Chen, 2006; Deng et al., 2011) นอกจากนี้นักวิจัยพยายามพัฒนาเครื่องมือวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพ สามารถวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง ทั้งนี้ในอดีตอาจเน้นการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน (standardized test) หรือแบบเขียนตอบในกระดาษ (paper and pencil test) แต่ในปัจจุบันกรอบแนวคิดในการเรียนรู้เปลี่ยนไป การประเมินการเรียนรู้เน้นการพิจารณาสมรรถนะและการปฏิบัติของผู้เรียน ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาวิธีการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงและเน้นการวัดสมรรถนะของผู้เรียนจึงเป็นจุดเน้นของการวิจัยในด้านนี้ (Garcia-Mila et al., 2011)

การผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์

งานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มุ่งเน้นศึกษาอยู่ 2 ประเด็นคำถาม ได้แก่ ครูควรรู้และสามารถทำอะไรได้และมีวิธีการพัฒนาความรู้และการปฏิบัติของครูอย่างไร

สำหรับในประเด็นแรก พบว่าในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสำคัญและสนใจเกี่ยวกับความรู้ของครูมากขึ้น งานวิจัยเริ่มให้ความสนใจว่ามนุษย์เรียนรู้ได้อย่างไร คิดอย่างไร สร้างความรู้อย่างไร แนวคิดดังกล่าวมีผลต่อการศึกษาความรู้ของครูว่าครูเรียนรู้ที่จะสอนอย่างไร (learning how to teach) (Borko and Putnam, 1996) ความรู้ใดบ้างที่จำเป็นต่อการสอนของครู ทั้งนี้ความรู้เป็นสิ่งที่จะกำหนดทิศทางของการปฏิบัติการสอนของครู หากครูมีความรู้ดีก็ทำให้เชื่อว่าครูจะสามารถสอนได้อย่างดีด้วยเช่นกัน Shulman (1986) ได้เรียกร้องให้เกิดการทำวิจัยเกี่ยวกับความรู้สำหรับการสอนให้มากขึ้น โดยความรู้ที่เขาเสนอ ได้แก่ ความรู้ในเนื้อหาสาระ (subject matter content knowledge) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร (curricular knowledge) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (pedagogical content knowledge, PCK) โดยเฉพาะในประเด็น PCK มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก (Magnusson et al., 1999; Park and Oliver, 2008) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อของครู (Boesdorfer and Lorsbach, 2014) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู (Faikhamta, 2013) การปฏิบัติการสอนของครู (Zembal-Saul et al., 2000) รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อและการสอนของครู (Bhattacharyya et al., 2009)

นอกจากนักวิจัยจะศึกษาความรู้และการปฏิบัติการสอนของครูแล้ว ยังศึกษาวิธีการพัฒนาความรู้และการปฏิบัติการนั้น โดยจะเห็นแนวโน้มของงานวิจัยที่พยายามหาวิธีให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองได้และสามารถพัฒนาการสอนด้วยตนเอง เน้นให้ครูได้เรียนรู้และปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ซึ่งเป็นชุมชนที่เกิดขึ้นจากตัวของครูเอง ใช้กระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ (learning community) แทนการที่การรับความรู้จากนักการศึกษาเพียงอย่างเดียว วิธีการพัฒนาครูที่พบในการวิจัย เช่น การทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (action research) (Capobianco and Feldman, 2010) การศึกษาบทเรียน (lesson study) (Akerson et al, 2015) การฝึกประสบการณ์วิชาชีพ (teaching

practice) (Zembal-Saul et al., 2000) การสะท้อนความคิด (reflection) (Abell et al., 2009)

ทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในบริบทของประเทศไทยควรเป็นอย่างไร

ประเด็นและแนวโน้มงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับนานาชาติเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้เราทราบว่าทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทยจะเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับนานาชาติแล้ว เราอยู่ตรงไหนและจะทำอย่างไรเพื่อทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย มีความเป็นสากลและสร้างองค์ความรู้อย่างแท้จริง ผู้เขียนขอเสนอแนะทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยดังต่อไปนี้

1. *ปรับวิธีวิจัยให้เน้นการตอบคำถาม "อย่างไร" มากกว่า "ใช่หรือไม่"* ดังที่กล่าวมาแล้วว่ากระบวนทัศน์ของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาได้เปลี่ยนไปแล้ว การวิจัยเน้นการอธิบายปรากฏการณ์ทางสังคมตามกรอบแนวคิดการตีความ (interpretivist paradigm) ดังนั้นคำถามวิจัยมักเป็นคำถามว่า "อย่างไร" แทนคำถามว่า "ใช่หรือไม่" ทั้งนี้การวิธีการหาคำตอบว่าวิธีสอนว่าอะไรดีกว่ากันหรือวิธีสอนดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่อาจไม่เพียงพอ เพราะผลการวิจัยที่ผ่านมาทราบอยู่แล้ว วิธีสอนนั้นดีและมีแนวโน้มจะส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน คำถามวิจัยที่ควรจะเน้น คือ จะใช้วิธีสอนนั้นอย่างไรให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน โรงเรียน เนื้อหา หรือชุมชน ยกตัวอย่าง เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งของนักเรียนมีลักษณะอย่างไร

2. *เปลี่ยนการวิจัยมิติของการเรียนรู้จาก "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน" เป็นมิติอื่นที่มีความหลากหลายมากขึ้น* จะเห็นว่างานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยมีจำนวนมากที่เน้นศึกษาและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนซึ่งส่วนใหญ่วัดออกมาเป็นคะแนน แต่การเรียนรู้ในปัจจุบันมีหลายมิติมาก โดยเฉพาะทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่เราต้องศึกษาและพัฒนาให้มากขึ้น สิ่งที่เหล่านี้ยังเป็นช่องว่างอยู่มากเพราะยังไม่มีข้อความรู้ว่านักเรียนไทยมีทักษะเหล่านี้อย่างไร และจะมีวิธีการพัฒนาทักษะเหล่านี้อย่างไร ดังนั้นจึงขอเสนอแนะว่าควรศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ในมิติต่าง ๆ เช่น การรู้วิทยาศาสตร์ การเรียนรู้สะเต็มศึกษา ทักษะการโต้แย้ง การให้เหตุผล การคิดขั้นสูง ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทักษะการสืบเสาะหาความรู้

3. *ปรับการวิจัยที่ทันสมัยและเหมาะกับบริบทไทย* คำถามวิจัยในสาขาวิชาใด ๆ รวมทั้งวิทยาศาสตร์ศึกษามักได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น อาจเกิดจากปัญหาและความต้องการของสังคม ความเชื่อ ทฤษฎี และปรัชญาของกลุ่มการศึกษาหรือนักวิจัย ประสบการณ์ตรงของผู้วิจัย ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการของสังคมที่มีอิทธิพลต่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา ในอดีตวิทยาศาสตร์ศึกษามุ่งเน้นให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า ในปัจจุบันสังคมเปลี่ยนไป ปัญหาสังคมต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย มนุษย์ต้องแข่งขันและร่วมมือกันมากขึ้น ต้องมีทักษะหลายด้านมากขึ้นเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตในสังคมที่วุ่นวาย ดังนั้นจุดมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษาจะเปลี่ยนไปซึ่งไม่เพียงแต่เน้นให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์แล้ว แต่นักเรียนควรสามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็น

ทางวิทยาศาสตร์ในสังคม ดังนั้นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงมุ่งที่จะศึกษาและหาวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ในสังคม

4. *เปลี่ยนการวิจัยวิธีสอนให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้* จะเห็นว่า งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยบางส่วนใช้วิธีสอนที่มีอยู่เดิมโดยไม่ได้พัฒนาให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ นักวิจัยมักจะใช้วิธีสอนที่นักการศึกษาเสนอไว้มาใช้ในงานวิจัยเลย ซึ่งจริง ๆ แล้วก็สามารถทำได้ แต่หากเพิ่มเติมรวมวิธีสอนที่หลากหลายและหาจุดเน้นของวิธีสอนนั้นให้มากขึ้นจะทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่มากขึ้น เช่น เป้าหมายการเรียนรู้คือการให้ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้ ผู้วิจัยอาจใช้วิธีการสอนที่เน้นให้เขาได้ใช้แบบจำลองในการอธิบายร่วมกับการใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้วิธีสอนดังกล่าวอาจเรียกว่าการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการสร้างแบบจำลอง การเพิ่มเติมหรือหาจุดเน้นของวิธีสอนของวิธีสอนจะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้วิจัยอ่านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องให้มากและสังเคราะห์ออกมาจนเห็นช่องว่าง (gap) ของวิธีสอนที่ตนศึกษา

ปัญหาหนึ่งของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยคือการสอนที่ใช้ยังอยู่ในกรอบทฤษฎีพฤติกรรมนิยม ดังจะเห็นจากวิธีสอนที่นักวิจัยศึกษา เช่น computer assisted instruction (CAI) ซึ่งหากเปรียบเทียบจากงานวิจัยในต่างประเทศมักจะไม่ค่อยพบแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่างานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามักพัฒนา “ชุดการสอน” แล้วใช้ชุดการสอนดังกล่าว โดยชุดการสอนมักเป็นฐานการเรียนรู้ให้นักเรียนอ่านใบความรู้หรือสื่อต่าง ๆ เอง แต่ผู้วิจัยกล่าวอ้างว่าเป็นการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการกล่าวอ้างดังกล่าวเป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อน ทั้งนี้วิธีสอนหรือชุดการสอนควรมีความยืดหยุ่น ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสืบเสาะเชิงวิทยาศาสตร์มากกว่าการอ่านความรู้ที่ค้นพบมาแล้วเพียงอย่างเดียว

5. *เพิ่มประเด็นในการศึกษาทั้งในระดับปฏิบัติและนโยบาย* หากเราพิจารณาประเด็นทางวิทยาศาสตร์ศึกษาจะเห็นว่ามีประเด็นที่เกี่ยวข้องมากมาย ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม การขับเคลื่อนให้วิทยาศาสตร์ศึกษาประสบความ สำเร็จได้ต้องอาศัยองค์ความรู้จากหลากหลายด้าน ดังนั้น ควรมีการวิจัยในหลากหลายด้านเพื่อนำองค์ความรู้มาต่อเป็น Jigsaw เพื่อตอบโจทย์เกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบันให้ได้ โดยเฉพาะด้านการผลิตครูวิทยาศาสตร์ หลักสูตรและการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเชิงนโยบายมีค่อนข้างน้อย อีกทั้งในปัจจุบันผู้อ่านและบริโภคงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่ยังเป็นนักวิทยาศาสตร์ศึกษา นิสิตนักศึกษาและครู แต่ยังมีส่วนน้อยที่ผู้บริหารหรือผู้กำหนดนโยบายจะนำไปใช้ในการตัดสินใจ หากผู้วิจัยได้ทำวิจัยเชิงนโยบายจะทำให้ได้ข้อความรู้เพื่อใช้ในการตัดสินใจและทิศทางของวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยได้ โดยเฉพาะในปัจจุบันที่เราได้นำวิธีสอนและหลักสูตรของต่างประเทศมาปรับใช้ในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนามาตรฐานหลักสูตรและการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

บทสรุป

ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามีหลากหลายและเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาทั้งในระดับชาติและนานาชาติต้องการงานวิจัยใหม่และมีคุณค่า ดังนั้นงานวิจัยที่เกิดขึ้นควรมีคำถามวิจัยใหม่และส่งผลให้เกิดข้อความรู้ใหม่ ผู้วิจัยควรพยายามหาช่องว่างของงานวิจัย (research gap) เพื่อให้ได้มาซึ่งคำถามวิจัยใหม่ที่จะมาต่อยอดงานวิจัยเดิม โดยช่องว่างของงานวิจัยจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้วิจัยอ่านและศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาว่ามีข้อค้นพบอะไรและอะไรที่ยังไม่มีคำตอบ ช่องว่างของงานวิจัยอาจเป็นการเรียนรู้ของผู้เรียน วิธีสอน กลุ่มที่ศึกษา บริบท และวิธีวิจัยก็ได้ เช่น เมื่อผู้วิจัยศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดในเรื่องสมดุลเคมีของผู้เรียนแล้ว พบว่า มีงานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวและมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่หาวิธีพัฒนาและเปลี่ยนแนวคิดของผู้เรียนในเรื่องสมดุลเคมี ดังนั้นในกรณีช่องว่างของการวิจัยคือวิธีสอน ผู้วิจัยอาจทำวิจัยเพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในเรื่องสมดุลเคมีเพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยเดิม หรืออีกตัวอย่างหนึ่งคือขณะนี้มีหลายประเทศกำลังอยู่ในช่วงปรับหลักสูตรและใช้หลักสูตรที่สอดคล้องกับสะเต็มศึกษา (STEM education) แต่ยังมีงานวิจัยน้อยมากที่ศึกษาว่าการรู้สะเต็มคืออะไรและผู้เรียนมีการรู้สะเต็มหรือไม่อย่างไร ในกรณีนี้ช่องว่างของการวิจัยคือการเรียนรู้ของผู้เรียน

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอเชิญชวนให้นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ครู นิสิตนักศึกษา ผู้บริหาร นักพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกันสร้างสรรค์งานวิจัยให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ โดยเฉพาะงานวิจัยที่เหมาะสมกับวัฒนธรรมและสังคมไทย เพราะจะเห็นว่าประเทศไทยได้นำแนวคิดทฤษฎีจากประเทศฝั่งตะวันตกมาใช้ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ แต่ปัจจุบันการจัดการศึกษายังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก หากนักวิจัยศึกษาแนวทางหรือวิธีต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมและสังคมไทยก็น่าจะช่วยแก้ปัญหาได้ส่วนหนึ่ง ผู้เขียนเชื่อว่าจะช่วยให้วิทยาศาสตร์ศึกษาของไทยก้าวหน้าต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Abell, S. K., Appleton, K., and Hanuscin, D. L. (2009). **Designing and Teaching the Elementary Science Methods Course**. New York: Routledge.

Abualrob, M. A., and Daniel, E. G. (2013). The delphi technique in identifying learning objectives for the development of science, technology and society modules for Palestinian ninth grade science curriculum. **International Journal of Science Education** 35(15): 2538–2558.

Acar, B., and Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. **Research in Science Education** 38(4): 401–420.

Albe, V. (2008) When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. **Research in Science Education** 38(1): 67–90.

Amin, T. G. (2015). Conceptual metaphor and the study of conceptual change: Research

synthesis and future directions. **International Journal of Science Education** 37(5-6): 966–991.

Akerson, V., Pongsanon, K., Roger, M. A., Carter, I., and Galindo, E. (2015). Exploring the use of lesson study to develop elementary preservice teachers' pedagogical content knowledge for teaching nature of science**. International Journal of Science and Mathematics Education**. Online First: 1–20.

Balliet, R. N., and Riggs, E. M. (2015). Students' problem solving approaches for developing geologic models in the field. **Journal of Research in Science Teaching** 52(8): 1109–1131.

Barak, M., and Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating model-based learning and animations for enhancing students' understanding of proteins structure and function. **Research in Science Education** 43(2): 619–636.

Bell, B. (1987) Science curriculum development in New Zealand a historical account. **Research in Science Education** 17(1): 244–252.

Bell, B. (1993). **Children' Science, Constructivism and Learning in Science**. Australia: Deakin University Press.

Berland, L. K., and Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. **Journal of Research in Science Teaching** 49(1): 68–94.

Bhattacharyya, S., Volk, T., and Lumpe, A. (2009). The Influence of an extensive inquiry-based field experience on preservice elementary student teachers' science teaching beliefs. **Journal of Science Teacher Education** 20: 199–218.

Boesdorfer, S., and Lorsbach, A. (2014). PCK in action: Examining one chemistry teacher's practice through the lens of her orientation toward science teaching. **International Journal of Science Education** 36(13): 2111–2132.

Borko, H., and Putnam, R. T. (1996). Learning to Teach. In Berliner, D. C., and Calfee, R. C. (Eds.), **Handbook of Educational Psychology** (pp. 673–708). New York: Macmillan.

Caleon, I., and Subramaniam, R. (2010). Do students know what they know and what they do not know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. **Research in Science Education** 40: 313–337.

Campbell, T., Oh, P.S., and Neilson, D. (2012). Discursive modes and their pedagogical functions in model-based inquiry (MBI) classrooms. **International Journal of Science Education** 34(15): 2393–2419.

Capobianco, B. M., and Feldman, A. (2010). Repositioning Teacher Action Research

in Science Teacher Education. **Journal of Science Teacher Education** 21(8); 909–915.

Chandrasegaran, A., Treagust, D. F., and Mocerino, M. (1997). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school pupils' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. **Chemical Education Research and Practice** 8(3): 293–207.

Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. **Science Education** 90: 803–819.

Christenson, N. Rundgren, S. C., and Zeidler, D. L. (2014). The relationship of discipline background to upper secondary students' argumentation on socioscientific issues. **Research in Science Education** 44(4): 581–601.

Coll, R. K., and Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. **Research in Science Education** 31: 357–382.

Deng, F., Chen, D., Tsai, C.-C., and Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. **Science Education** 95: 961–999.

Dickerson, D. Craig, A. E., Steward, O., Chappell, S., and Hathcock, S. (2014). The examination of a pullout STEM program for urban upper elementary students. **Research in Science Education** 44(3): 483–506.

Driver, R., and Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**. 10: 37–40.

Duit, R., and Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. **International Journal of Science Education** 25: 671–688.

Eberle, F., and Keeley, P. (2008). Formative assessment probes: A look at how probes uncover conceptual connections. **Science and Children**. January, 50–54.

Evagorou, M, Jimenez-Aleixandre, M. P., and Osborne, J. (2012). "Should we kill the grey squirrels?" A study exploring students' justifications and decision-making. **International Journal of Science Education** 34(3): 401–428.

Faikhamta, C. (2013). The Development of in-service science teachers' understandings of and orientations to teaching the nature of science within a PCK-based NOS course. **Research in Science Education** 43(2):847–869.

Fawns, R. (1998). The democratic argument for science curriculum reform in Britain

and Australia: 1935–1945. **Research in Science Education** 28(3): 281–299.

Fraser, B. J., Tobin K. G., and McRobbie C. J. (2012). **Second international handbook of science education**. New York, USA: Springer.

Garcia-Mila, M., Andersen, C., and Rojo, N. E. (2011). Elementary students' laboratory record keeping during scientific inquiry. **International Journal of Science Education** 33(7): 915–942.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., and Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. **International Journal of Science Education** 33(6): 817–837.

Gilbert, J. K., Osborne, R., and Fensham, P. (1982). Children's science and its consequences for Teaching. **Science Education** 66(4): 623–633.

Guba, E. G., and Lincoln, Y. S. (1995). Competing paradigms in qualitative research. In Denzin, N. K. and Lincoln, Y. S. (Eds.), **Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks, CA: SAGE.

Kallunki, V. (2013). How to measure qualitative understanding of DC-circuit phenomena – Taking a closer look at the external representations of 9-year-old. **Research in Science Education** 43(2): 827–845.

Kuhn, T. S. (1970). **The Structure of Scientific Revolutions**. 2nd ed. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Krell, M., Reinisch, B., and Krüger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. **Research in Science Education** 45: 367–393.

Lederman, N. G., and Abell, S. K. (Eds.). (2014). **Handbook of Research on Science Education (Vol. II)**. New York, USA: Routledge.

Magnusson, S., Krajcik, J., and Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In Gess-Newsome, J. and Lederman, N. G (Eds.), **Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Mozzer, N. B., and Justi, R. (2012). Students' Pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. **International Journal of Science Education** 34(3): 429–458.

National Association of Research in Science Teaching (NARST) Conference. (2016). **Annual International Conference.** Retrieved from https://www.narst.org/annual conference/2016conference.cfm, February 5, 2016.

Nichols, K., Gillies, R., and Hedberg, J. (2015). Argumentation-based collaborative inquiry in science through representational work: impact on primary students' representational fluency. **Research in Science Education**. OnlineFirst: 1–22.

Osborne, R., and Freyberg, P. (1985). **Learning in Science: The implications of Children's Science**. Auckland: Heinemann Education.

Roth, W.-M., and van Eijck, M. (2010). Fullness of life as minimal unit: STEM learning across the life span. **Science Education** 94: 1027–1048.

Park, S., and Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in Science Education** 38(3): 261–284.

Sampson, V., and Schleigh, S. (2013). **Scientific Argumentation in Biology: 30 classroom activities**. Arlington, VA: NSTA.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., and Crawford, B. A. (2004). Views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific Inquiry. **Science Education** 88: 610–645.

She, H. C. (2004). Facilitating changes in ninth grade students' understanding of dissolution and diffusion through DSLM instruction. **Research in Science Education** 34(4): 503–526.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher** 15(2): 4–14.

Smith, K. V., Loughran, J., Berry, A., and Dimitrakopoulos, C. (2012). Developing scientific literacy in a primary school. **International Journal of Science Education** 34(1): 127–152.

Thorolfsson, M., Finnbogason, G. E., and Mac donald, A. (2012). A perspective on the intended science curriculum in iceland and its 'Transformation' over a period of 50 Year. **International Journal of Science Education** 34(17): 2641–2665.

Tobin, K., and Tippins, D. J. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. In Tobin, K. (Ed.), **The Practice of Constructivism in Science Education**. Washington D.C.: AAAS Press.

Tsui, C., and Treagust, D. F. (2010). Evaluating Secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. **International Journal of Science Education** 32: 1073–1098.

Wahbeh, N., and Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the translation of nature of science understanding into instructional practice: teachers' nature of science pedagogical content knowledge. **International Journal of Science Education**

36(3): 425–466.

Wu, H.-K., and Wu, C. L. (2011). Exploring the development of fifth graders' practical epistemologies and explanation skills in inquiry-based learning classrooms. **Research in Science Education** 41(3): 319–340.

Yeo, J., and Gilbert, J. K. (2014) Constructing a scientific explanation – A narrative account. **International Journal of Science Education** 36(11): 1902–1935.

Zembal-Saul, C., Blumenfeld, P., and Krajcik, J. (2000). Influence of guided cycles of planning, teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. **Journal of Research in Science Teaching** 37(4): 318 –339.