

การเรียนการสอนที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ TEACHING AND LEARNING THAT EMPHASIZES SCIENTIFIC COMPETENCIES

ลือชา ลดาชาติ¹ และ ลฎาภา ลดาชาติ²
Luecha Ladachart¹ and Ladapa Ladachart²

¹วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา, ²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
¹School of Education University of Phayao, ²Faculty of education, Chiangmai University

Received: October 31, 2018 Revised: July 8, 2019 Accepted: July 18, 2019 Published Online: December 24, 2019

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2543 ถึงแม้ว่าหน่วยงานต่างๆ พยายามยกระดับคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ แต่ผลการประเมินด้านการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย บทความนี้เสนอว่า กิจกรรมการเรียนรู้ต้องเน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ตามนิยามของกรอบการประเมินผล ทั้งนี้เพื่อให้ นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ในการนี้ บทความได้ยกตัวอย่างรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ อาทิ การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่า การวิเคราะห์ฐานข้อมูล การ สร้างคำอธิบายจากหลักฐาน การประเมินหลักฐาน การทดลองเสมือนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการ ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการวิเคราะห์ของ Chinn & Malhotra (2002)

คำสำคัญ: การรู้วิทยาศาสตร์, การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์, โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ, สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

Thailand has participated in the Programme for International Student Assessment (PISA) since 2000. Although organizations attempt to enhance the quality of science education, the results of this assessment on Thai students' scientific literacy has been lower than the average. This article argues that learning activities must emphasize scientific competencies, which are components of scientific literacy as defined in the assessment framework, so that students can have opportunities to develop scientific literacy. In so doing, the article presents examples of learning activities that emphasize scientific competencies such as verbal design of studies, databased analysis, evidence-based explanation building, evidence evaluation, computer-simulated experiments, and hands-on inquiry, which mostly result from Chinn & Malhotra's (2002) analysis.

KEYWORDS: Scientific literacy, Teaching and learning science, Programme for International Student Assessment, Scientific competency

²Corresponding author Tel: 053 944 272

E-mail address: ladapa23@gmail.com

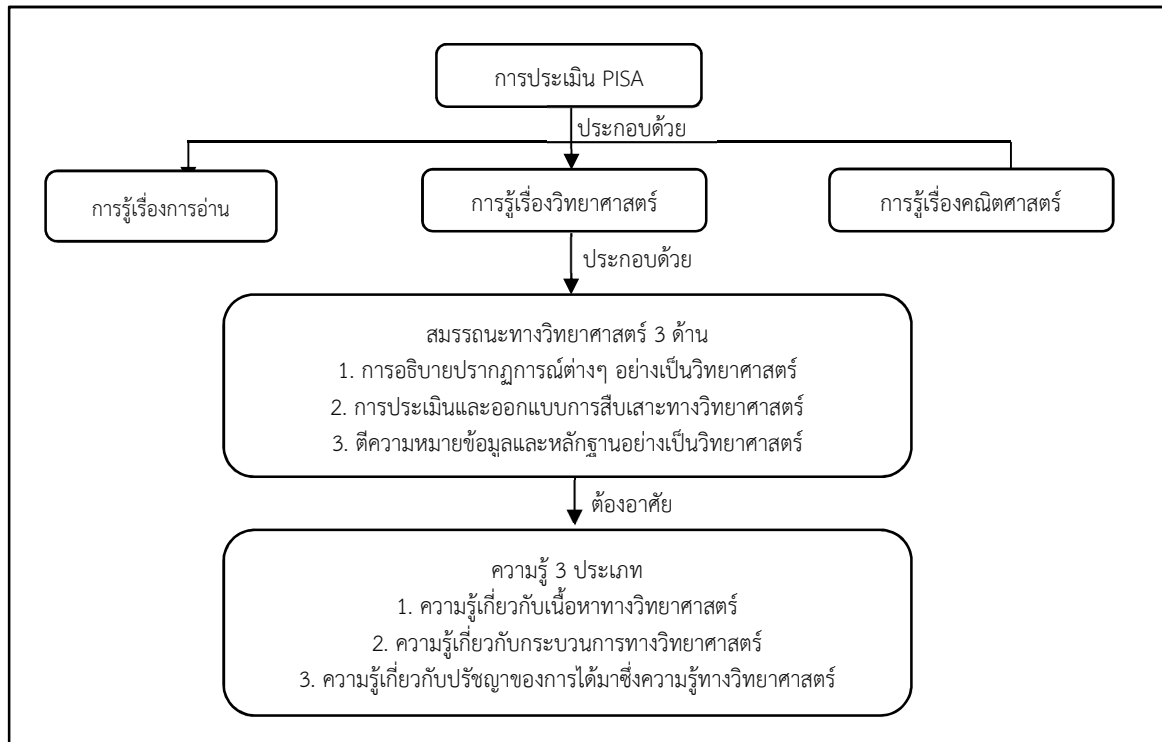
บทนำ

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) เป็นโครงการที่องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Cooperation and Development: OECD) จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบและติดตามว่า นักเรียนที่มีอายุประมาณ 15 ปี จากประเทศต่างๆ สามารถนำความรู้และทักษะที่จำเป็นไปใช้ในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบันได้ดีเพียงใด การดำเนินโครงการนี้ตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานที่ว่า นักเรียนในช่วงวัยนี้จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของแต่ละประเทศในอนาคตอันใกล้ ดังนั้น การประเมินความสามารถของนักเรียนเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่สามารถบ่งชี้ได้ในระดับหนึ่งว่า แต่ละประเทศมีทรัพยากรมนุษย์ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจของตนเองมากน้อยเพียงใด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2554) ผลจากการประเมินนี้ยังช่วยให้แต่ละประเทศได้ทราบถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของการจัดการศึกษาของตนเอง ซึ่งจะมีประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป การประเมินนี้มีขึ้นทุก 3 ปี นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา (รวมทั้งสิ้น 6 ครั้ง) การประเมินครั้งถัดไปจะมีขึ้นในปี ค.ศ. 2018

ในการนี้ องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ เห็นว่า นักเรียนที่มีอายุประมาณ 15 ปี ควรมีความสามารถที่จำเป็นที่สุดในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบัน 3 ด้าน ได้แก่ (1) การรู้เรื่องการอ่าน (Reading literacy) (2) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematic literacy) และ (3) การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) เนื่องจากความสามารถแต่ละด้านมีลักษณะเฉพาะตัว การประเมินแต่ละด้านจึงมีการออกแบบการประเมิน แบบประเมิน เกณฑ์การให้คะแนน และผลการประเมินที่แยกส่วนกัน อย่างไรก็ตาม การประเมินทั้ง 3 ด้านมีรูปแบบที่สอดคล้องกัน โดยนักเรียนจะได้รับการนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือที่ปรากฏตามสื่อต่างๆ พร้อมด้วยคำถามจำนวนหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น คำถามเหล่านี้อาจเป็นแบบถูกผิดเชิงซ้อน แบบเลือกตอบ หรือแบบข้อเขียน คำถามแต่ละข้ออาจมีคะแนนเต็มที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของแต่ละสถานการณ์และความยากง่ายของแต่ละคำถาม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนนที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า (สสวท., 2555) การประเมินนี้เปิดโอกาสให้แต่ละประเทศได้เลือกใช้ภาษาประจำชาติ เพื่อให้ให้นักเรียนจากทุกประเทศแสดงความสามารถของตนเองได้โดยปราศจากข้อจำกัดด้านภาษา

ในส่วนของการประเมินความสามารถด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ แม้กรอบการประเมินมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างในแต่ละครั้ง แต่ในการประเมินครั้งล่าสุดในปี ค.ศ. 2015 องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2013) ได้กำหนดให้มีการประเมิน “สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์” (Scientific competencies) 3 ด้าน ซึ่งเป็นความสามารถในการ (1) “อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์” (Explain phenomena scientifically) (2) “ประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” (Evaluate and design scientific enquiry) และ (3) “ตีความหมายข้อมูลและหลักฐาน อย่างเป็นวิทยาศาสตร์” (Interpret data and evidence scientifically) โดยนักเรียนที่มีอายุประมาณ 15 ปี ต้องแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ออกมาได้เมื่ออยู่ในบริบทต่างๆ ทั้งในระดับส่วนบุคคล ระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือระดับโลก ในการนี้ นักเรียนต้องมีทั้งความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Content knowledge) ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์ (Procedural knowledge) และความรู้เกี่ยวกับปรัชญาของการได้มาซึ่งความวิทยาศาสตร์ (Epistemic knowledge) ดังภาพที่ 1 โดยสิ่งเหล่านี้อาจปรากฏใน “หลักสูตรวิทยาศาสตร์แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551” (สำนัก

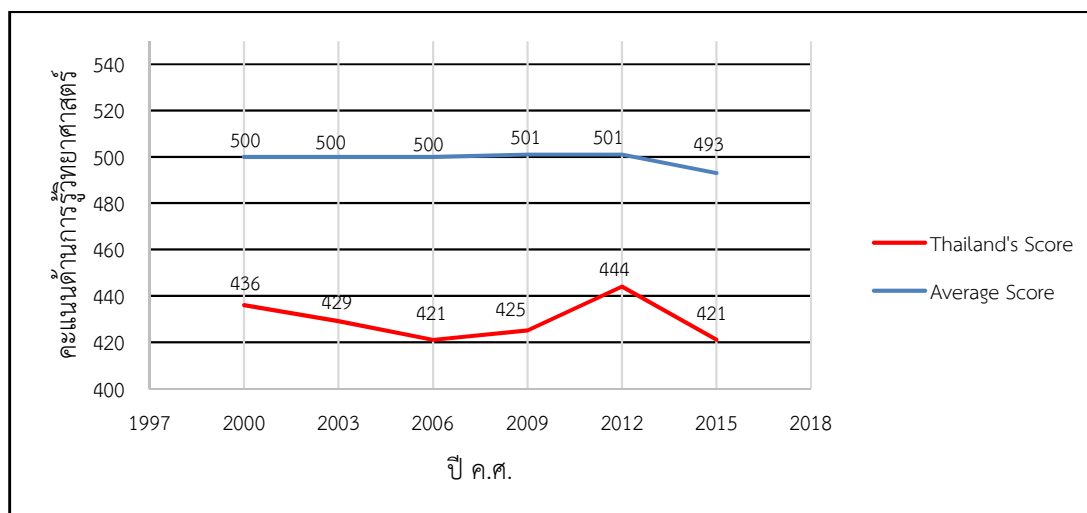
วิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553) หรือไม่ได้ ทั้งนี้เพราะการประเมินระดับนานาชาตินี้ไม่ได้อิงเนื้อหาในหลักสูตรของประเทศใดประเทศหนึ่ง



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการประเมินด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์³

ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติทุกครั้งนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา โดยนักเรียนไทยทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ลดลงในช่วงปี ค.ศ. 2000-2006 และเริ่มทำคะแนนได้สูงขึ้นในปี ค.ศ. 2009 และปี ค.ศ. 2012 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี ค.ศ. 2012 ซึ่งนักเรียนไทยทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (สสวท., 2556) อย่างไรก็ตาม ในปี ค.ศ. 2015 คะแนนกลับลดต่ำลงเท่ากับคะแนนในปี ค.ศ. 2006 ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน (สสวท., 2560ค) นอกจากนี้ เมื่อเทียบกับคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดจากนานาชาติ นักเรียนไทยยังทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้ต่ำกว่าในทุกครั้งของการประเมิน ดังภาพที่ 2 นอกจากนี้ ผลการประเมิน 2 ครั้งล่าสุด (ปี ค.ศ. 2012 และปี ค.ศ. 2015) ยังเปิดเผยด้วยว่า นักเรียนไทยประมาณร้อยละ 34 และ 47 ทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถึงเกณฑ์ขั้นพื้นฐาน (ระดับที่ 2 จาก 6) ขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (สสวท., 2556; สสวท., 2560ข) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอัตราส่วนของนักเรียนจากประเทศอื่นๆ ในทวีปเอเชียด้วยกัน (สสวท., 2556) ผลการประเมินนี้จึงสะท้อนว่า ประเทศไทยยังคงต้องขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ที่มีศักยภาพด้านวิทยาศาสตร์ต่อไปในอนาคต

³องค์ประกอบอื่นๆ เช่น เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ไม่ได้ถูกรวมอยู่ในภาพนี้



ภาพที่ 2 คะแนนเฉลี่ยด้านการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเมื่อเทียบกับคะแนนเฉลี่ย
ของนักเรียนทั้งหมด

จากผลการประเมินที่ผ่านมาข้างต้น ธนาคารโลก (The World Bank, 2012) ได้แสดงความกังวลเกี่ยวกับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยในอนาคต ดังใจความตอนหนึ่งที่ว่า:

“ในขณะที่ประเทศที่มีรายได้น้อยในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้กำลังประสบกับการเพิ่มขึ้นของประชากรวัยหนุ่มสาว แรงงานวัยหนุ่มสาวของประเทศไทยถูกคาดการณ์ว่าจะลดลงร้อยละ 10 ในอีก 10 ปีข้างหน้า ด้วยเหตุนี้จุดแข็งของการแข่งขันภาคแรงงานที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยมาโดยตลอดจะลดลง นี่หมายความว่า ประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ภาคแรงงานที่กำลังลดลงนี้ เพื่อคงความสามารถในการแข่งขันและการเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคต” (ผู้เขียนแปลเป็นภาษาไทย)

ในการนี้ ธนาคารโลก (The World Bank, 2012) ยังให้ข้อเสนอแนะว่า ประเทศไทยจำเป็นต้องเอาชนะความท้าทายพื้นฐาน 2 ประการ ประการที่หนึ่งคือความไม่เท่าเทียมกันของคุณภาพการศึกษา ระหว่างในเมืองและในชนบท ประการที่สองคือความขาดประสิทธิภาพของการจัดการศึกษาโดยรวม

การประเมินผลนักเรียนนานาชาติตลอดช่วงเวลาสิบกว่าปีได้สร้างความตื่นตัวในวงการศึกษาของประเทศไทย กระทรวงศึกษาธิการ (2557) ได้ประกาศ 6 มาตรการเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย:

1. การสร้างความตระหนักเกี่ยวกับความสำคัญของการเข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติให้กับบุคลากรทางการศึกษาและบุคคลทั่วไป
2. การสร้าง รวบรวม เผยแพร่ และส่งเสริมการใช้ข้อสอบที่สอดคล้องกับการประเมินผลนักเรียนนานาชาติในการจัดการเรียนการสอน
3. การสร้างบทอ่านและแบบฝึกหัดสำหรับนักเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์
4. การพัฒนาแบบประเมินระดับความสามารถด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการคัดกรองและวางแผนการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคล

5. การส่งเสริมกลุ่มโรงเรียนที่มีผลการประเมินนักเรียนนานาชาติในระดับที่ดีทั้งในด้านวิชาการและด้านงบประมาณ
6. การสร้างความเข้มแข็งของการกำกับ ติดตาม และประเมินผลการดำเนินงานเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษา

มาตรการในระดับนโยบายเหล่านี้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ “การใช้การสอบขับเคลื่อนการสอน” (ธงชัย ชิวปรีชา, 2555) ซึ่งเสนอให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อสอบเพื่อเน้น “ให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ ได้เขียนคำตอบ ได้แสดงเหตุแสดงผล แสดงวิธีคิด (และ) แสดงวิธีทำ” เน้นข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ เพื่อให้การสอบนั้น “...เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการปฏิรูปการจัดการจัดการเรียนการสอนไปในทิศทางที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น” (หน้าที่ 13) ทั้งนี้เพราะ “ผู้สอนจำนวนไม่น้อยจะศึกษาข้อสอบ โดยเฉพาะข้อสอบระดับชาติ ... แล้วจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนทำข้อสอบเหล่านั้นได้” (หน้าที่ 12) แม้มาตรการในระดับนโยบายเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติงานของครูในโรงเรียน (ไม่มากนัก) แต่สิ่งที่ยังไม่เด่นชัดในมาตรการนี้คือว่า การจัดการเรียนการสอนที่จะพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นอย่างไร การกำหนดมาตรการเชิงนโยบาย (ซึ่งเน้นการสร้าง ความตระหนักและการส่งเสริมให้ครูใช้ข้อสอบที่สอดคล้องกับการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ) อาจยังไม่พอ หากนักเรียนจะทำคะแนนได้ดีในการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ การเน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องเกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน “อย่างเป็นปกติ” (Tsai, 2015)

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินในปี ค.ศ. 2015 โดย สสวท. (2560ข) นักเรียนไทยไม่ถึงร้อยละ 40 มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่ำทั้ง 3 ด้าน โดยการประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นสมรรถนะที่นักเรียนไทยประสบปัญหามากที่สุด (ร้อยละ 33) ในขณะที่การตีความหมายข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่นักเรียนประสบปัญหาลดลงมา (ร้อยละ 35) ส่วนการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่นักเรียนประสบปัญหาน้อยที่สุด (ร้อยละ 33) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท นักเรียนไทยทำข้อสอบที่เป็นความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 38) แต่จำนวนนักเรียนไทยที่ทำข้อสอบที่เป็นความรู้เกี่ยวกับปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ลดลงเหลือร้อยละ 25 ผลการวิเคราะห์นี้สะท้อนว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังขาดทั้งการบูรณาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ตามปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บทความนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวทางสำหรับครู ทั้งนี้เพื่อให้ครูนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนานักเรียนต่อไป

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน

กรอบการประเมินนักเรียนนานาชาติด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานที่ว่า พลเมืองโลกควรเป็น “ผู้รู้วิทยาศาสตร์” (Scientifically literate persons) ซึ่งปรารถนาที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นหรือข้อถกเถียงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างรอบรู้ มีเหตุผล และมีวิจารณ์ญาณ (OECD, 2013) ทั้งนี้เพราะในสังคมที่เป็นประชาธิปไตยใดๆ พลเมืองเหล่านี้ แม้ไม่ใช่ นักวิทยาศาสตร์ แต่ก็ต้องมีหน้าที่และบทบาทสำคัญในการร่วมแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจ และหาทางออกของประเด็นหรือข้อถกเถียงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ พลเมืองเหล่านี้จึงควรมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น 3 ประการ ซึ่งประกอบด้วยการอธิบาย

ปรากฏการณ์ต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และการตีความหมายข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยในแต่ละสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนควรมีลักษณะย่อยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

สมรรถนะที่ 1 หมายความว่า เมื่อนักเรียนต้องประสบกับปรากฏการณ์ใดๆ นักเรียนสามารถ:

- 1.1. เลือกใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเสนอคำอธิบายของปรากฏการณ์นั้นได้
- 1.2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้น
- 1.3. พยากรณ์สิ่งที่อาจจะหรืออาจเกิดขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น และชี้แจงผลของการพยากรณ์นั้นได้บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 1.4. เสนอสมมติฐานหรือคำอธิบายที่เป็นไปได้เกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น
- 1.5. ระบุแนวทางการนำความรู้หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์เพื่อสังคมได้

2. การประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

สมรรถนะที่ 2 หมายความว่า เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยหรือคำถามใดๆ นักเรียนสามารถ:

- 2.1 นำข้อสงสัยนั้นมาตั้งเป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้
- 2.2 แยกแยะได้ว่า คำถามใดเป็นหรือไม่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 เสนอวิธีการเพื่อตอบคำถามด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
- 2.4 ประเมินวิธีการที่จะตอบคำถามด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
- 2.5 บรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. การตีความหมายข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

สมรรถนะที่ 3 หมายความว่า เมื่อนักเรียนประสบกับข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ นักเรียนสามารถ:

- 3.1 แปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งให้อยู่ในอีกรูปแบบอื่นได้
- 3.2 วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล ตลอดจนลงข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม
- 3.3 บ่งชี้ข้อสมมติพื้นฐาน หลักฐาน และเหตุผลที่ปรากฏอยู่ในข้อความทางวิทยาศาสตร์ได้
- 3.4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มีและที่ไม่มีการสนับสนุนโดยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์
- 3.5 ประเมินข้อโต้แย้งและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลหรือสื่อต่างๆ

ในการที่จะแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ได้ นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ โครงสร้างของสสาร สมบัติของสสาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสสาร แรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน โครงสร้างของสิ่งมีชีวิต ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ ประชากร ระบบนิเวศ ชีวาลัย โครงสร้างของระบบโลก พลังงานในระบบโลก การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก ประวัติของโลก ระบบสุริยะ และเอกภพ เป็นต้น นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์ด้วย อาทิ:

1. การกำหนดตัวแปรประเภทต่าง ๆ เช่น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
2. การวัดข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เช่น การเลือกวิธีการวัด เครื่องมือวัด และหน่วยของการวัด
3. การประเมินและลดความไม่แน่นอนจากการวัด เช่น การวัดซ้ำ และการหาค่าเฉลี่ย

4. การหาค่าความเที่ยงตรงและความแม่นยำของข้อมูล
5. วิธีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ และแผนภูมิ
6. วิธีการควบคุมตัวแปรหรือปัจจัยแทรกซ้อนในการออกแบบการทดลอง เช่น การสุ่มเพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม และการทดลองแบบอำพราง
7. การออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ เช่น การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ในขณะเดียวกัน นักเรียนต้องมีความรู้เกี่ยวกับปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น นักเรียนควรเข้าใจ:

1. ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงข้อสรุป และความแตกต่างระหว่างสมมติฐาน กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
2. ความแตกต่างระหว่างวัตถุประสงค์ของวิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์ของเทคโนโลยี และ วัตถุประสงค์ของศาสตร์สาขาอื่นๆ
3. การให้คุณค่าในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ เช่น การเผยแพร่สู่สาธารณะ การกำจัดหรือลดอคติ และความเป็นวัตถุวิสัย
4. รูปแบบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เช่น การให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลแบบอุปนัย การให้เหตุผลที่อิงแบบจำลอง การให้เหตุผลเชิงอุปมา และการให้เหตุผลเพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุด
5. โครงสร้างของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยข้อสรุป หลักฐาน และการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน
6. บทบาทและหน้าที่ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ
7. ความคลาดเคลื่อนจากการวัด ซึ่งส่งผลต่อระดับความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
8. ประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
9. การทำงานร่วมกันและการตรวจสอบซึ่งกันและกันของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยสร้างความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
10. บทบาทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการหาทางออกเกี่ยวกับประเด็นหรือข้อถกเถียงต่าง ๆ ทางสังคม

ทั้งหมดนี้เป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้านข้างต้น ซึ่งไม่อาจเกิดขึ้นได้จากการฝึกทำข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบในการประเมินผลนักเรียนนานาชาติด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ยกเว้นเสียว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้มีการบูรณาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้อย่างเป็นปกติ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้อย่างต่อเนื่อง

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยได้เรียกร้องมาระยะหนึ่งแล้วว่า ครูควรจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ “อย่างที่ว่าวิทยาศาสตร์เป็น” (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2552) ซึ่งหมายความว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ครูก็ควรจัดการเรียนการสอนให้นักเรียน

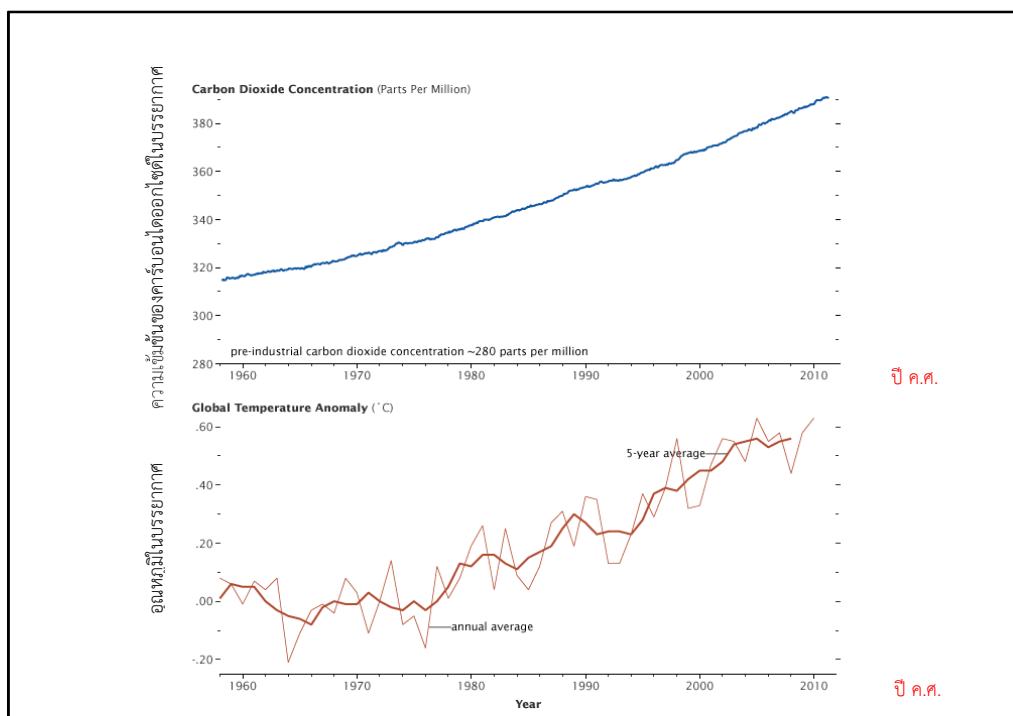
ได้ฝึกสร้างและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการที่เหมือนหรือคล้ายกัน ตัวอย่างเช่น จีระวรรณ เกษสิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงคำ (2553) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ “ไม่ใช่เพียงการ (ให้นักเรียน) ทำตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์” หากแต่นักเรียนต้อง “เข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังวิธีการหรือขั้นตอนเหล่านั้น” ในทำนองเดียวกัน ศักดิ์ศรี สุภาธร (2554) เสนอแนะว่า ครูควรมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามที่ตนเองสนใจ แทน “การทดลองแบบดั้งเดิม...ตามที่คู่มือบอก (ซึ่ง) มีความท้าทายทางสติปัญญาค่อนข้างน้อย” ข้อเรียกร้องเหล่านี้บอกเป็นนัยว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกและพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2559)

ในการนี้ จากการศึกษาและวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนตามที่ปรากฏในแบบเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป Chinn & Malhotra (2002) ได้เสนอแนะว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ควรเรียบง่ายและตรงไปตรงมาจนเกินไป (เช่น การทดลองอย่างง่ายที่มีการระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามอย่างละ 1 ตัวไว้แล้ว การสังเกตอย่างง่ายที่มีการระบุลักษณะเป้าหมายของการสังเกตไว้ล่วงหน้า และการสาธิตอย่างง่ายที่มุ่งเน้นการนำเสนอหรือยืนยันแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างตรงไปตรงมา) แต่ควรคงความซับซ้อนทางสติปัญญาไว้ระดับหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสและท้าทายให้นักเรียนได้คิด ปฏิบัติ ลงข้อสรุป และให้เหตุผล เหมือนเช่นเดียวกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ไม่ทราบคำตอบล่วงหน้าว่า ผลการศึกษาของตนเองจะเป็นอย่างไร การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะที่คงความซับซ้อนไว้ในระดับหนึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ต่อไปนี้เป็นแนวทางและตัวอย่างการจัดการเรียนการสอน (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2560; สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557; Chinn & Malhotra, 2002) ที่ครูวิทยาศาสตร์สามารถใช้เพื่อเน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ

1. การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่า (Verbal design of studies)

การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้แม้ในโรงเรียนที่ขาดแคลนอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการที่ครูนำเสนอเหตุการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น นักเรียนจะได้ออกแบบการศึกษาเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น โดยนักเรียนอาจร่วมกันทำเป็นรายกลุ่ม จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการออกแบบการศึกษาของตนเอง ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ และครูได้ประเมิน วิพากษ์ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการศึกษานั้น กระบวนการนี้จะช่วยให้นักเรียนตรวจสอบว่าการออกแบบการศึกษา (ทั้งของตนเองและของผู้อื่น) สามารถตอบได้ตรงคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ทั้งในแง่ของการกำหนดตัวแปรต่างๆ การตั้งสมมติฐาน การจัดกระทำให้ตัวแปรต้นมีได้หลายค่า การเลือกวิธีการและเครื่องมือเพื่อวัดค่าของตัวแปรตาม การควบคุมค่าของตัวแปรควบคุมให้คงตัว การออกแบบตารางบันทึกข้อมูล การเลือกวิธีการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล และการคาดการณ์ว่า ข้อมูลลักษณะใดที่จะสนับสนุนหรือหักล้างสมมติฐานนั้น เป็นต้น นอกจากนี้ นักเรียนยังได้พิจารณาเพื่อหาวิธีการลดความคลาดเคลื่อนและสร้างความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาอีกด้วย แม้นักเรียนยังไม่ได้ลงมือปฏิบัติตามการออกแบบการศึกษาด้วยตนเองก็ตาม

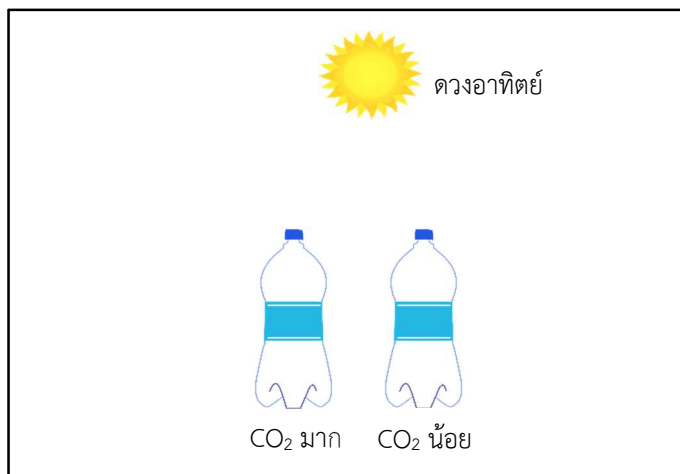
ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่าคือกิจกรรมเรื่อง “ภาวะโลกร้อน” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) กิจกรรมนี้เริ่มต้นด้วยการนำเสนอสถานการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีส่วนคล้ายกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศของโลก ดังภาพที่ 3 จากนั้น ครูจึงนำเสนอคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นหรือไม่” ในการนี้ ครูอาจจำเป็นต้องย้ำกับนักเรียนว่า โลกได้รับพลังงานแทบทั้งหมดมาจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบของแสงแดดและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ จากนั้น ครูจึงให้นักเรียนออกแบบการศึกษาเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นี้ เนื่องจากนักเรียนไม่อาจทำการศึกษากับบรรยากาศของโลกได้โดยตรง ดังนั้น นักเรียนจึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองที่คล้ายกับบรรยากาศของโลกและทำการทดลองกับแบบจำลองนั้น (สมรรถนะที่ 1.2)



ภาพที่ 3 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศของโลก
ที่มา: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/page5.php>

ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจเสนอวิธีการทดลอง (สมรรถนะที่ 2.1) โดยการใช้ขวดพลาสติกใส 2 ใบ เพื่อจำลองเป็นบรรยากาศของโลกภายใต้ 2 เงื่อนไข โดยขวดใบหนึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าขวดอีกใบหนึ่ง ดังภาพที่ 4 จากนั้น นักเรียนนำขวดพลาสติกใสทั้งคู่ไปตากแดด และวัดอุณหภูมิของอากาศภายในขวดแต่ละใบในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบว่า ความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในขวดทั้ง 2 ใบหรือไม่ ในการนี้ นักเรียนจะได้ประเมินวิธีการทดลองนี้ว่า (สมรรถนะที่ 2.2) ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมอื่นๆ ของการทดลองนี้คืออะไร นักเรียนจะจัดกระทำตัวแปรต้นให้มีหลายค่าได้อย่างไร นักเรียนจะวัดค่าของตัวแปรตามอย่างไรและด้วยเครื่องมือใด นักเรียนจะควบคุมตัวแปรอื่นๆ ให้มีค่าคงตัวอย่างไร และนักเรียนจะออกแบบตารางบันทึกผล

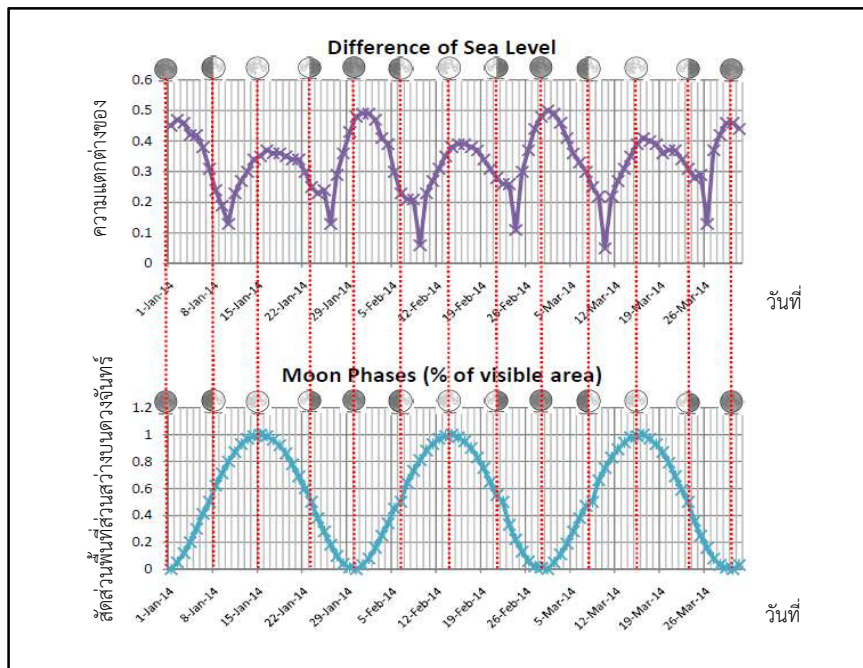
การทดลองอย่างไร เป็นต้น นอกจากนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ด้วยว่า (สมรรถนะที่ 2.3) ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองอาจเกิดขึ้นได้ด้วยสาเหตุใด และนักเรียนจะสร้างความน่าเชื่อถือของผลการทดลองนี้ได้อย่างไร ทั้งหมดนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของการทดลองที่ยุติธรรม (Fair experiment)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบการศึกษาเพื่อทดสอบบทบาทของคาร์บอนไดออกไซด์ในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอากาศ

2. การวิเคราะห์ฐานข้อมูล (Database analysis)

การวิเคราะห์ฐานข้อมูลเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอสถานการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น ครูจึงนำเสนอชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือ ชุดข้อมูลนี้อาจเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและ/หรือข้อมูลเชิงคุณภาพแต่ต้องมีความซับซ้อนระดับหนึ่ง ซึ่งจะท้าทายและดึงดูดให้นักเรียนพยายามวิเคราะห์หาคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น จากนั้น ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์ชุดข้อมูลนั้นด้วยตัวเอง ในการนี้ นักเรียนอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและความคิดสร้างสรรค์ในการหาวิธีการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายชัดเจนมากยิ่งขึ้น จากนั้น นักเรียนจึงร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการลงข้อสรุปที่เหมาะสมบนพื้นฐานของผลการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น โดยนักเรียนจำเป็นต้องให้เหตุผลเพื่อชี้แจงการลงสรุปของตนเองด้วย จนกระทั่งนักเรียนทั้งชั้นได้ข้อสรุปที่ดีที่สุดร่วมกัน



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของระดับน้ำทะเลสูงสุดและต่ำสุด กับสัดส่วนพื้นที่สว่างของดวงจันทร์ในแต่ละวัน

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการวิเคราะห์ฐานข้อมูลคือกิจกรรมเรื่อง “น้ำขึ้น น้ำลง” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอวิดีโอเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้น ครูจึงถามนักเรียนว่า “น้ำทะเลขึ้นถึงจุดสูงสุดและลงถึงจุดต่ำสุดกี่ครั้งในรอบ 1 วัน” จากนั้น ครูอาจนำเสนอข้อมูลระดับน้ำทะเลของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (2557) ซึ่งอยู่ในรูปแบบของตัวเลขในตาราง เพื่อให้ นักเรียนลองแปลงข้อมูลที่เป็นตัวเลขนี้ให้อยู่ในรูปแบบของกราฟที่มีเวลาเป็นแกนนอนและระดับน้ำทะเลเป็นแกนตั้ง (สมรรถนะที่ 3.1) จากนั้น นักเรียนต้องตีความหมายกราฟนั้น (สมรรถนะที่ 3.2) ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนลงข้อสรุปได้ว่า น้ำทะเลจะขึ้นถึงจุดสูงสุดและลงถึงจุดต่ำสุดอย่างละ 2 ครั้งในรอบ 1 วัน โดยช่วงเวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดจะห่างกันประมาณ 6 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกัน ครูอาจให้นักเรียนลองตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่อาจเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง (สมรรถนะที่ 1.4) โดยหนึ่งในสาเหตุเหล่านั้นควรเป็นดวงจันทร์ จากนั้น ครูอาจนำเสนอข้อมูลลักษณะของดวงจันทร์ที่มีส่วนมืดและส่วนสว่างเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละคืน ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณได้ในรูปแบบของร้อยละของพื้นที่ส่วนสว่างของดวงจันทร์ในแต่ละคืน (Calendar-365, 2015) ในการนี้ ครูอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนลองวิเคราะห์ข้อมูล 2 ชุด (ข้อมูลระดับน้ำทะเล และข้อมูลลักษณะของดวงจันทร์) เพื่อตรวจสอบว่า ข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่และอย่างไร ในการนี้ นักเรียนอาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (เช่น MS Excel) ในการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการนี้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน จนกระทั่งนักเรียนได้กราฟที่แสดงว่า ผลต่างของระดับน้ำทะเลสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันจะเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของลักษณะดวงจันทร์ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังภาพที่ 5 ซึ่งเป็น

หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนข้อสรุปที่ว่า ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม ข้อสรุปนี้จะเป็นพื้นฐานสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงไทดอล (Tidal force) ต่อไป

3. การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (Evidence-Based Explanation Building)

การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐาน การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอสถานการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะคำถามที่มุ่งอธิบายว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใด ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้น ครูจึงนำเสนอหลักฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้น ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้ลงข้อสรุปจากหลักฐานเหล่านั้นทีละขั้น ในการนี้ ครูอาจจำเป็นต้องร่วมอภิปรายกับนักเรียนว่า การลงข้อสรุปแบบใดเป็นการลงข้อสรุปที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน การลงข้อสรุปแบบใดเป็นการลงข้อสรุปที่เกินจากหลักฐาน และการลงข้อสรุปแบบใดที่คลาดเคลื่อนไปจากหลักฐาน (ลือชา ลดาชาติ, กมลรัตน์ ฉิมพาลี, ณิชัชฌา อาโยวงษ์, นพคุณ แวงกุดเรือ, สำเร็จ สระขาว, ชื่นหทัย หวังเอียด, และ จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2558) เมื่อนักเรียนได้ลงข้อสรุปจากหลักฐานทั้งหมดแล้ว ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำข้อสรุปต่างๆ จากหลักฐานเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ ครูอาจเน้นย้ำเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น คำอธิบายนั้นต้องตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ คำอธิบายนั้นต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน คำอธิบายนั้นต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น และคำอธิบายนั้นต้องไม่ขัดแย้งกันในตัวเอง เป็นต้น

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการประเมินหลักฐานคือกิจกรรมเรื่อง “ไขปริศนานกฟินช์” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการทบทวนความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จากนั้น ครูจึงนำเสนอเหตุการณ์ภัยแล้งครั้งใหญ่ที่เกาะแห่งหนึ่งในหมู่เกาะกาลาปากอส ในปี ค.ศ. 1977 ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ (รวมทั้งนกฟินช์) ในเกาะแห่งนั้นล้มตายเป็นจำนวนมาก สถานการณ์นี้นำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ได้อย่างไร” ในการนี้ ครูให้นักเรียนพิจารณาและลงข้อสรุปจากหลักฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับนกฟินช์ (สมรรถนะที่ 3.2) เช่น (1) ประชากรนกฟินช์ในฤดูกาลต่างๆ ในช่วงปี ค.ศ. 1973 – 1978 (2) ชนิดอาหารและลักษณะจะงอยปากของนกฟินช์ (3) ขนาดจะงอยปากและสัดส่วนอาหารที่นกฟินช์กิน (4) ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ “ก่อน” และ “หลัง” การเกิดภัยแล้ง (5) ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ในช่วงปี 1976 – 1984 (6) จำนวนนกฟินช์และความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช (7) ความอุดมสมบูรณ์ ความแข็งแรง และขนาดของเมล็ดพืช (8) ขนาดตัวเฉลี่ยของนกฟินช์ “ก่อน” และ “หลัง” การเกิดภัยแล้ง และ (9) ปริมาณน้ำฝนและการออกไข่ของนกฟินช์ จากนั้น ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน แล้วครูจึงให้นักเรียนนำข้อสรุปเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบาย (สมรรถนะที่ 1.1) ทั้งนี้เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ได้อย่างไร” โดยคำอธิบายนั้นต้องแสดงความเชื่อมโยงระหว่างภัยแล้ง (สาเหตุ) กับความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ที่ลดลง (ผลที่เกิดขึ้น) บนพื้นฐานของหลักฐานต่างๆ

4. การประเมินหลักฐาน (Evidence evaluation)

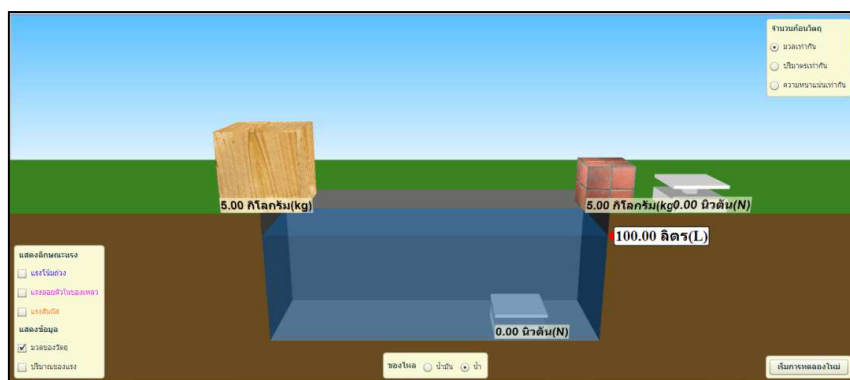
การประเมินหลักฐานเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการตีความหมายและประเมินหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอสถานการณ์ที่จะนำไปสู่คำถาม ซึ่งยังคงเป็นประเด็นหรือข้อถกเถียงกันในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ จากนั้น ครูจึงนำเสนอทฤษฎีหรือคำอธิบายต่างๆ ที่อาจเป็นคำตอบของคำถามนั้น ร่วมกับการนำเสนอหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้พิจารณา ประเมิน และให้เหตุผลว่า ทฤษฎีหรือคำอธิบายใดตอบคำถามนั้นได้ดีที่สุด ในการนี้ นักเรียนแต่ละคนจำเป็นต้องเลือกทฤษฎีหรือคำอธิบายที่ตนเองเห็นด้วยมากที่สุด ในขณะที่เดียวกัน เมื่อครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้อภิปรายร่วมกันแล้ว นักเรียนก็ต้องพยายามโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตามทฤษฎีหรือคำอธิบายที่ตนเองได้เลือกไว้ และพยายามใช้เหตุผลเพื่อโต้แย้งหรือหักล้างความน่าเชื่อถือของทฤษฎีหรือคำอธิบายอื่นๆ ทั้งนี้การพิจารณา ประเมิน และให้เหตุผลทั้งหมดต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่จำเป็นที่สุดอย่างน้อย 3 ประการ ได้แก่ ข้อสรุป (หรือคำตอบของคำถาม) หลักฐาน และการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน (ลฎาภา สุทธิกุล และ ลือชา ลดาชาติ, 2556)

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการประเมินหลักฐานคือกิจกรรมเรื่อง “กำเนิดดวงจันทร์” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอวิดีโอที่ค้น ซึ่งจะนำไปสู่คำถามที่ว่า “ดวงจันทร์(ของโลก)เกิดขึ้นได้อย่างไร” ซึ่งจะตามมาด้วยการนำเสนอทฤษฎีต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ในอดีตได้เสนอไว้ เช่น (1) ทฤษฎีฟิชชันที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์ครึ่งหนึ่งเคยเป็นส่วนหนึ่งของโลก แต่เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ดวงจันทร์จึงหลุดออกจากโลกไป (2) ทฤษฎีเนบิวลาที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เกิดขึ้นมาพร้อม ๆ และด้วยกระบวนการเดียวกันกับโลก ซึ่งก็คือการรวมกันของกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กในเอกภพ (3) ทฤษฎีแคปเจอร์ที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เดิมเป็นอุกกาบาตที่โคจรผ่านมาใกล้โลก และถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดเอาไว้ และ (4) ทฤษฎีไจแอนท์โคลิชั่นที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เกิดจากการที่อุกกาบาตขนาดใหญ่พุ่งชนโลก จนมวลของโลกและมวลของอุกกาบาตพุ่งกระจายไปรอบโลก ก่อนที่มวลเหล่านั้นจะกลับมารวมกันอีกครั้งและกลายเป็นดวงจันทร์ จากนั้น ครูจึงให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาและเลือกทฤษฎีที่ตนเองเห็นด้วยมากที่สุด แล้วครูจึงนำเสนอหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น รูปร่างของดวงจันทร์ ขนาดและมวลของดวงจันทร์ (เมื่อเทียบกับโลก) ลักษณะการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ ลักษณะการโคจรรอบโลกของดวงจันทร์ และองค์ประกอบของหินจากดวงจันทร์ (เมื่อเทียบกับองค์ประกอบของหินโลก) เป็นต้น ในการนี้ นักเรียนต้องพิจารณาและประเมินหลักฐานเหล่านี้ว่าสนับสนุนแต่ละทฤษฎีที่ตนเองได้เลือกไว้หรือไม่ (สมรรถนะที่ 3.5) ทั้งนี้เพื่อโน้มน้าวและโต้แย้งกับผู้อื่นที่เห็นต่างไปจากตนเอง ในระหว่างนี้ นักเรียนจะได้พิจารณาด้วยว่า (สมรรถนะที่ 3.4) ข้อโต้แย้งใดที่มีและไม่มีหลักฐานสนับสนุนโดยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งนักเรียนทั้งหมดได้ข้อสรุปร่วมกันว่า ทฤษฎีใดอธิบายการเกิดดวงจันทร์ได้ดีที่สุด

5. การทดลองเสมือนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-simulated experiments)

การทดลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างละเอียด แม้นักเรียนไม่สามารถสังเกตสิ่งที่ตนเองต้องการได้โดยตรง เช่น แรงดึงดูดระหว่างมวล พลังงาน

และสนามแม่เหล็ก เป็นต้น นอกจากนี้ เนื่องจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติในปี ค.ศ. 2015 (และในครั้งต่อไป) จะเป็นการประเมินด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งนักเรียนไม่เพียงแค่พิมพ์หรือเลือกคำตอบในหน้าจอเท่านั้น หากแต่นักเรียนยังต้องทำการทดลองเสมือนกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย ดังนั้น แนวทางการจัดการเรียนการสอนนี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งกับการเตรียมความพร้อมนักเรียนสำหรับการประเมินผลนักเรียนนานาชาติในอนาคต การจัดการเรียนการสอนด้วยการทดลองเสมือนเริ่มต้นจากการนำเสนอคำถามทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถทำการทดลองเพื่อหาคำตอบได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้น นักเรียนจึงออกแบบการทดลองโดยการกำหนดตัวแปรต่างๆ การตั้งสมมติฐาน และการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ในกรณีนี้ ครูอาจให้นักเรียนนำเสนอการออกแบบการทดลอง และร่วมอภิปรายกับนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของการทดลองที่ยุติธรรม (Fair experiment) จากนั้น นักเรียนจึงทำการทดลองกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จนกระทั่งนักเรียนได้ข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 6 โปรแกรมทดลองเสมือน PhET เรื่อง “การลอยตัวในของเหลว”

ที่มา: <https://phet.colorado.edu/th/simulation/buoyancy>

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการทดลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คือ กิจกรรมเรื่อง “ทำไมจม ทำไมลอย” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการให้นักเรียนสังเกตว่า วัตถุบางอย่างจมน้ำ ในขณะที่วัตถุบางอย่างลอยน้ำ ในการนี้ ครูจึงให้นักเรียนเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับสมบัติของวัตถุที่ทำให้วัตถุจมหรือลอยน้ำ (สมรรถนะที่ 1.4) ซึ่งอาจเป็นมวลของวัตถุ น้ำหนักของวัตถุ ขนาดของวัตถุ ปริมาตรของวัตถุ หรือชนิดวัสดุของวัตถุ เป็นต้น จากนั้น ครูจึงอภิปรายกับนักเรียนเพื่อนำข้อสงสัยนั้นมาตั้งเป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะคำถามที่จะนำไปสู่การทดลองวิทยาศาสตร์ (สมรรถนะที่ 2.1) เช่น การจมหรือลอยของวัตถุใด ๆ ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุนั้นหรือไม่ ซึ่งต้องมีการระบุทั้งตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่นักเรียนสามารถสังเกตและวัดค่าได้ จากนั้น นักเรียนจึงออกแบบการทดลองเพื่อตอบคำถามนั้น (สมรรถนะที่ 2.3) และนำเสนอการออกแบบการทดลองของตนเอง ซึ่งจะตามมาด้วยการประเมินการออกแบบการทดลองเหล่านั้น (สมรรถนะที่ 2.4) จากนั้น นักเรียนจึงลงมือทำการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PhET เรื่อง “การลอยตัวในของเหลว” (University of Colorado, 2015) ดังภาพที่ 6 ซึ่งเน้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมด้วยตัวเองโดยไม่มีการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยตรง เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลจากการทดลองกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว นักเรียนจึงตีความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (สมรรถนะที่ 3.2)

6. การลงมือปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Hands-on Inquiry)

การลงมือปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับการส่งเสริมมาเป็นเวลานาน แต่ก็อาจยังไม่เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายในโรงเรียนทั่วไป การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอเหตุการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น นักเรียนจะร่วมกันเสนอสมมติฐานที่อาจเป็นคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะตามมาด้วยการออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น โดยนักเรียนร่วมกันออกแบบเป็นรายกลุ่มตามสมมติฐานที่ตนเองได้ตั้งขึ้น หลังจากนั้น นักเรียนนำเสนอการออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้ประเมิน วิพากษ์ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นั้น เมื่อนักเรียนปรับปรุงการออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของตนเองแล้ว นักเรียนจึงลงมือทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งนักเรียนได้ข้อมูลและข้อสรุปที่บ่งชี้ว่า สมมติฐานที่นักเรียนได้ตั้งไว้มีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ ครูสามารถบูรณาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้ตลอดเวลาของการลงมือปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนด้วยการลงมือปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมเรื่อง “ปริมาตรหายไปไหน” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการให้นักเรียนทำนายและสังเกตปริมาตรรวมของของเหลว เมื่อนักเรียนผสมระหว่างน้ำ 50 ลบ.ซม. และแอลกอฮอล์ 50 ลบ.ซม. ซึ่งนักเรียนจะเห็นว่า ปริมาตรรวมของของเหลวจะมีค่าน้อยกว่า 100 ลบ.ซม. ในการนี้ ครูจึงนำเสนोकำถามกับนักเรียนว่า เหตุใดปริมาตรรวมของของเหลวผสมจึงมีค่าน้อยกว่าผลรวมระหว่างปริมาตรเดิมของของเหลว 2 ชนิด จากนั้น นักเรียนจึงร่วมกันเสนอสมมติฐานหรือคำอธิบายที่เป็นไปได้ (สมรรถนะที่ 1.4) โดยนักเรียนจำนวนหนึ่งมักคิดว่า การลดลงของปริมาตรรวมของของเหลวผสมเป็นเพราะการสูญหายไปของปริมาณของของเหลวชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งสองชนิด ไม่ว่าจะโดยการหกหรือการระเหยในระหว่างการผสม ในขณะที่นักเรียนอีกจำนวนหนึ่งคิดว่า การลดลงของปริมาตรรวมของของเหลวผสมเป็นเพราะสาเหตุอื่น เช่น การละลาย หรือการแทรกตัวของอนุภาคของของเหลว ในการนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันออกแบบทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า ปริมาณของของเหลวสูญหายไประหว่างการผสมหรือไม่ (สมรรถนะที่ 2.3) ซึ่งนักเรียนสามารถทำได้โดยการชั่งและเปรียบเทียบมวลของของเหลวก่อนและหลังการผสม จากนั้น เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอแล้ว ครูจึงนำอภิปรายเพื่อประเมิน วิพากษ์ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการทดลองของแต่ละกลุ่ม (สมรรถนะที่ 2.4) รวมทั้งเสนอแนะวิธีการเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง เช่น การทำซ้ำ และการหาค่าเฉลี่ย (สมรรถนะที่ 2.5) จนกระทั่งนักเรียนได้ข้อมูลและข้อสรุปว่า แม้ “ปริมาตร” ของของเหลวผสมจะลดลงจากเดิม แต่ “ปริมาณ” ของของเหลวผสมไม่ได้สูญหายไปไหน ทั้งนี้เพราะมวลของของเหลวก่อนและหลังการผสมมีค่าคงเดิม

จากนั้น นักเรียนจึงทำการออกแบบและทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานอื่นต่อไป โดยครูอาจร่วมกันนำเสนอแบบจำลองทางความคิดที่ว่า สารทุกชนิดจะประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งนักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (สมรรถนะที่ 1.2) แล้วครูจึงค่อยนำเสนอสมมติฐานใหม่ที่ว่า การลดลงของปริมาตรรวมของของเหลวผสมอาจเกิดจากการแทรกตัวของอนุภาคของของเหลว 2 ชนิด จากนั้น ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานใหม่นี้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจจะเปรียบเทียบปริมาตรรวมของของเหลวผสมด้วยวิธีการ 2 แบบ โดยแบบที่ 1 เป็นการผสมที่

มีการเขย่าหลังจากการผสม และแบบที่ 2 เป็นการผสมที่ไม่มีการเขย่าหลังจากการผสม เนื่องจากการเขย่าสามารถช่วยให้เกิดการแทรกตัวของอนุภาคของของเหลว 2 ชนิดได้ดีขึ้น ดังนั้น หากผลการทดลองนี้แสดงว่า ปริมาตรของของเหลวผสมในกรณีที่มีการเขย่าเหลือน้อยกว่าปริมาตรของของเหลวผสมในกรณีที่ไม่มีการเขย่า ผลการทดลองนี้จึงสนับสนุนสมมติฐานการแทรกตัวของอนุภาคของของเหลว 2 ชนิด ในการนี้ ครูสามารถอภิปรายร่วมกับนักเรียนได้ว่า การสรุปผลการทดลองนี้ตั้งอยู่บนข้อสมมติพื้นฐานที่ว่า “สสารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมาก” (สมรรถนะที่ 3.3) จากนั้น ครูอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนลองนำสมมติฐานการแทรกตัวของของเหลวไปอธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์อื่น ๆ เช่น เหตุใดนักเรียนจึงเห็นของเหลวทั้งหมดมีสีม่วงอมชมพู เมื่อเราหยดผงต่างทึบลงไปลงในน้ำเปล่า (สมรรถนะที่ 1.1) และเมื่อนักเรียนผสมระหว่างน้ำกับน้ำมันพืช สสารทั้งสองจะแทรกตัวกันหรือไม่ และปริมาตรรวมของของเหลวทั้งสองจะเป็นอย่างไร (สมรรถนะที่ 1.3) เป็นต้น

สรุป

จากผลการประเมินนักเรียนนานาชาติทุกครั้งที่ผ่านมา นักเรียนทำคะแนนด้านการรู้วิทยาศาสตร์ได้น้อย โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากนานาชาติประเทศ จากการวิเคราะห์ผลการประเมินนักเรียนนานาชาติในปี ค.ศ. 2015 สวท. (2560ข) พบว่า นักเรียนไทยมีประสบผลสำเร็จในการตอบคำถามที่วัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้านแตกต่างกัน โดยนักเรียนไทยประสบปัญหาในการการออกแบบและประเมินการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (สมรรถนะที่ 2) เป็นจำนวนมากที่สุด ในขณะที่การตีความหมายข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (สมรรถนะที่ 3) เป็นสมรรถนะที่มีจำนวนนักเรียนไทยประสบปัญหาน้อยที่สุด ถึงกระนั้นจำนวนนักเรียนที่ประสบปัญหาในสมรรถนะทั้ง 3 ด้านยังคงสูงเกินกว่าครึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของ ลีอา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง (2559) ที่เปิดเผยว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการโน้มน้าวและโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์ การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ การตีความลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และการตั้งสมมติฐานและคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ ตามลำดับ ดังนั้น ครูจึงต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ให้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม กิจกรรมการเรียนรู้แต่ละรูปแบบมีข้อจำกัดในตัวเอง และไม่อาจตอบสนองวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ทุกด้านพร้อมกันได้ ตัวอย่างเช่น การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่าไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่เดียวกัน การวิเคราะห์ฐานข้อมูลก็ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการศึกษาด้วยตนเอง ดังนั้น ครูจึงต้องมีความชัดเจนในวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้แต่ละครั้งว่า ตนเองต้องการเน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านใด และเลือกรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การเรียนรู้นั้น (Hodson, 2014) นอกจากนี้ กิจกรรมการเรียนรู้เพียงลำพังอาจไม่ใช่คำตอบสุดท้าย ดังที่ Mortimer & Scott (2003) ได้กล่าวไว้ว่า “กิจกรรมต่างๆ อาจน่าสนใจ สร้างแรงจูงใจ และมีประโยชน์ในการพัฒนาความคิด(ของนักเรียน) แต่พวกมันพุดด้วยตัวเองไม่ได้” แม้กิจกรรมผ่านการคิดและออกแบบมาเป็นอย่างดีเพื่อเน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ แต่นั่นก็ไม่ได้หมายความว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นจะปรากฏชัดเจนในระหว่างการนำกิจกรรมเหล่านั้นไปใช้จริง ทั้งนี้เพราะกิจกรรมเหล่านั้น “พุดด้วยตัวเอง

ไม่ได้” ครูจึงมีบทบาทสำคัญในการเน้นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมเหล่านั้นให้ปรากฏเด่นชัดขึ้น (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2559) นอกจากนี้ หากครูนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนเหล่านี้ไปใช้อย่างสม่ำเสมอ ครูควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วยว่า:

1. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายประเภท เช่น การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการทดลองทางวิทยาศาสตร์
2. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดเริ่มต้นและขับเคลื่อนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่คำตอบหรือข้อสรุปของคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น
3. คำถามทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความสอดคล้องกัน
4. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีได้หลากหลายและไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน
5. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจลักษณะสำคัญเหล่านี้จะมีส่วนช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายมากขึ้น (ลือชา ลดาชาติ และ กาญจนา มหาลี, 2560; Lederman, Lederman, Bartos, Bartels, Meyer, & Schwartz, 2014) การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ จะช่วยให้ครูพัฒนานักเรียนไทยให้มีคุณลักษณะต่าง ๆ ได้ตรงตามความคาดหวังของสังคมโลกมากขึ้น มันคงเป็นเรื่องที่ดีไม่น้อย หากการจัดการเรียนการสอนและการสอบจะขับเคลื่อนไปพร้อมกัน

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. (2557). **ระดับน้ำทำนายสูงสุด-ต่ำสุด ปี 2557**. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2557, ค้นเมื่อ <http://www.hydro.navy.mi.th/services2014.htm>
- กระทรวงศึกษาธิการ (2557). **ข่าวสำนักงานรัฐมนตรี 19/2557: การประชุมเพื่อยกระดับผลการทดสอบ PISA**. ค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2557, จาก <http://www.moe.go.th/websm/2014/jan/019.html>
- จิระวรรณ เกษสิงห์ และ วรณทิพา รอดแรงคำ. (2553). กรณีศึกษาความเข้าใจและการปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)**, 31(1), 1 – 16.
- ธงชัย ชิวปรีชา. (2555). การใช้การสอบขับเคลื่อนการสอน. **นิตยสาร สสวท.**, 40(175), 12 – 13.
- พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. (2552). สอนวิทยาศาสตร์อย่างไรที่วิทยาศาสตร์เป็น. **วารสารวิทยาศาสตร์**, 63(1), 84 – 89.
- ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. **วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 21(3), 107 – 123.

- ลือชา ลดาชาติ, กมลรัตน์ ฉิมพาลี, นิรัชฌา อาโยวงษ์, นพคุณ แวงกุดเรือ, สำเร็จ สระขาว, ชื่นหทัย หวังเอียด, และคณะ (2558). การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย สาขาสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปะ**, 35(1), 171 – 206.
- ลือชา ลดาชาติ, และ กาญจนา มหาลี. (2560). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 7(2), 284-310.
- ลือชา ลดาชาติ, และ โชคชัย ยืนยง. (2559). สิ่งทีครูวิทยาศาสตร์ไทยควรเรียนรู้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ. **วารสารปาริชาติ**, 28(2), 108-137.
- _____. (2560). การใช้กิจกรรมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของครูและศึกษานิเทศก์. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สังคมศาสตร์)**, 38(1), 482-492.
- ศักดิ์ศรี สุภาธร. (2554). กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**, 22(3), 331 – 343.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). **กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009**. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- _____. (2555). **ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ PISA และ TIMSS: วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- _____. (2556). **ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร**. สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พรินติ้ง เซอร์วิส.
- _____. (2560ก). **ประเด็นหลักและนัยทางการศึกษาจาก PISA 2015: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร**. กรุงเทพฯ: ชัคเชสพับลิเคชั่น.
- _____. (2560ข). **สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015**. ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2560, จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa-2015-basic-summary>
- _____. (2560ค). **สรุปผลการวิจัย PISA 2015**. ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2560, จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa2015summaryreport>
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- _____. (2557). **กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย (น.ส.พ. ฟ้ามืองไทย).
- Calendar-365. (2015). **Moon Calendar**. Retrieved May 28, 2015, from <http://www.calendar-365.com/moon/moon-calendar.html>
- Chinn, C.A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. **Science Education**, 86(2), 175 – 218.

- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals Demand Different Learning Methods. **International Journal of Science Education**, 36(15), 2534-2553.
- Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartos, S.A., Bartels, S.L., Meyer, A. A., & Schwartz, R.S. (2014). Meaningful Assessment of Learners' Understandings About Scientific Inquiry—The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching**, 51(1), 65 – 83.
- Mortimer, E.F., & Scott, P.H. (2003). **Meaning Making in Secondary Science Classrooms**. Berkshire: Open University Press.
- Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2013). **PISA 2015: Draft Science Framework**. Retrieved March 11, 2014, from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>
- The World Bank. (2012). **Learning Outcomes in Thailand: What Can We Learn from International Assessment?**. Retrieved March 5, 2014, from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2723>
- Tsai, C. (2015). Improving Students' PISA Scientific Competencies through Online Argumentation. **International Journal of Science Education**, 37(2), 321-339.
- University of Colorado. (2015). **PhET Interactive Simulations**. Retrieved May 29, 2015, from <https://phet.colorado.edu/th/>