การประเมินผลระหว่างเรียน: ประตูสู่การเติบโตทางวิชาชีพของครูวิทยาศาสตร์และการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์

ลฎาภา ลดาชาติ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สุเทพ เมือง เชียงใหม่ 50200
E-mail: ladapa23@gmail.com

รับบทความ: 20 ตุลาคม 2560 แก้ไขบทความ: 10 เมษายน 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 3 สิงหาคม 2561

บทคัดย่อ

จุดยืนของบทความนี้คือเพื่อนำเสนอว่า การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นแนวทางที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของครูวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน และการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ ในการนี้ บทความเริ่มต้นด้วยนิยาม ลักษณะสำคัญ รูปแบบและแนวทางการประเมินผลระหว่างเรียนในฐานะกลไกที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จากนั้นอภิปรายความท้าทายที่ครูวิทยาศาสตร์อาจประสบในการประเมินผลระหว่างเรียน ตลอดจนความพยายามส่งเสริมให้ครูวิทยาศาสตร์ก้าวข้ามความท้าทายเหล่านั้น ซึ่งนำไปสู่ศักยภาพของการประเมินผลระหว่างเรียนในการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์และการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ บทความยังเสนอแนะหัวข้อวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ในบริบทของประเทศไทย

คำสำคัญ: การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ การประเมินผลระหว่างเรียน การผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์

Formative Assessment: A Gateway to Science Teachers' Professional Growth and Science Education Reform

Ladapa Ladachart

Faculty of Education, Chiang Mai University, Suthep, Muang, Chiang Mai 50200, Thailand
E-mail: ladapa23@gmail.com

Received: 20 October 2017 Revised: 10 April 2018 Accepted: 3 August 2018

Abstract

The position of this article is to present that formative assessment is an approach to facilitating science teachers' learning, developing pedagogical content knowledge, and science education reform. In doing so, the article begins with definitions, key characteristics, formats and approaches to formative assessment as a mechanism that supports science instruction. Then, the article discusses challenges that science teachers might encounter when practicing formative assessment as well as efforts to facilitate science teachers to overcome those challenges. This leads to potentials that formative assessment has for science teacher education and science education reform. The article also highlights research topics about science formative assessment in Thai contexts.

Keywords: Assessment for learning; Formative assessment; Science teacher education

บทนำ

ทฤษฎีการเรียนรู้ในปัจจุบันระบุว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่ใช่การเติมเต็มความรู้ให้กับนักเรียน หากแต่เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนปรับเปลี่ยนความรู้เดิมของตนเองให้สอดคล้องกับความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (Yager, 1991) ความรู้เดิมเป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมักแตกต่างไปจากความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (Allen, 2014) อย่างไรก็ตาม ความรู้เดิมบางอย่างก็มีศักยภาพที่ควรได้รับการพัฒนาต่อยอดให้เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hammer et al., 2012) ครูจึงต้องจัดหาประสบการณ์ที่จะช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงข้อจำกัดและศักยภาพของความรู้เดิมของตนเอง พร้อมทั้งพิจารณาความคิดอื่นที่อาจเป็นไปได้ ทดสอบความมีเหตุผลของแต่ละความคิด จนกระทั่งยอมรับความคิดที่อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ดีที่สุด (Posner et al., 1982) นักเรียนสามารถมีประสบการณ์เช่นนี้ได้จากการสืบเสาะเช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (DeBoer, 2006)

จากทฤษฎีการเรียนรู้ข้างต้น ครูมีบท-

บาทสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนสืบเสาะเพื่อพัฒนาความรู้เดิมให้เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Ladachart and Yuenyong, 2017) ไม่ว่าจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถามและสมมติฐาน ออกแบบการสืบเสาะ เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และลงข้อสรุปจากข้อมูลเพื่อสร้างเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council [NRC], 2000) นอกจากนี้นักเรียนควรได้ชี้แจง ให้เหตุผล และโต้แย้งเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของความรู้นั้น (Suttakun and Ladachart, 2013a) กระบวนการสร้างความรู้เช่นนี้มีความซับซ้อนและไม่ได้เกิดขึ้นอย่างตรงไปตรงมา ทั้งนี้เพราะนักเรียนแต่ละคนมักมีความรู้เดิมเรื่องเดียวกันที่แตกต่างกัน (Ladachart and Ladachart, 2016; Suttakun and Ladachart, 2013b) ในขณะที่นักเรียนคนเดียวก็อาจมีความรู้เดิมเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอีกด้วย (diSessa, 2002)

ด้วยความซับซ้อนของกระบวนการสร้างความรู้ ครูจึงจำเป็นต้องศึกษาความรู้เดิมของนักเรียนล่วงหน้า (Ladachart, 2015) และติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่เสมอ (Ladachart, 2016) โดยเฉพาะในระหว่างที่นักเรียนกำลังสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz–Primo and Furtuk, 2006) “การประเมินผลระหว่างเรียน” (formative assessment, Ministry of Education, 2001) จึงเป็นหน้าที่ที่ครูต้องทำในระหว่างการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อให้ครูแน่ใจว่า นักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ใหม่ได้หรือไม่และอย่างไร นักเรียนคนใดประสบปัญหาอะไรในการสร้างความรู้ใหม่ และครูจะช่วยเหลือนักเรียนเหล่านั้นต่อไปอย่างไร พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 (Office of the Education Council [OEC], 2002) จึงสนับสนุนการประเมินผลระหว่างเรียน โดยการระบุให้ครู “จัดการประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ... และ(ทำ)การทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอน” (มาตรา 26)

จากกรณีศึกษาในประเทศต่าง ๆ องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2005; 2008) พบว่า การใช้การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นประจำช่วยให้ครูประสบผลสำเร็จในการจัดการเรียนการสอน ทั้งในแง่ของการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยรวม การเพิ่มทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองให้กับนักเรียน และการยกระดับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำให้ใกล้เคียงนักเรียนคนอื่น ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการใช้การประเมินผลระหว่างเรียนและผลการเรียนรู้ของนักเรียน (Black and William, 1998; Ruiz–Primo and Furtuk, 2007) เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นการปฏิบัติงานที่ไม่ต้องอาศัยวัสดุหรืออุปกรณ์ที่มีราคาแพง Shavelson et al. (2008) จึงเสนอว่า “สำหรับการลงทุนที่ค่อนข้างน้อย (โดยการใช้การประเมินผลระหว่างเรียน) เราอาจได้เห็นผลที่ใหญ่หลวงต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวนมาก”

อย่างไรก็ตาม การวิจัยและการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ยังไม่มีปรากฏมากนักในประเทศไทย จากการสืบค้นด้วย “กูเกิล” (Google) ในวันที่ 8 ตุลาคม 2560 ด้วยคำสำคัญว่า “formative assessment” ร่วมกับคำว่า “การประเมินผลระหว่างเรียน” ผล

การสืบค้น 10 หน้าแรกแสดงเอกสารทางวิชาการ 4 เรื่อง (Naiyapatana, 2010; Pansiri et al., 2016; Phornphisutthimas, 2014; Ritcharoon, 2016) ซึ่งมีเพียง 1 เรื่องที่กล่าวถึงการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา (Phornphisutthimas, 2014) ผลการสืบค้นนี้บอกเป็นนัยว่าการประเมินผลระหว่างเรียน แม้ปรากฏในตัวบทกฎหมาย (OEC, 2002) แต่ถูกละเลยมาโดยตลอด (Schneider and Plasman, 2011) ครูวิทยาศาสตร์ตลอดจนนักวิจัยยังขาดแนวทางการใช้และการส่งเสริมการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเสียโอกาสในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนไทย

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนงานวิจัยและสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ (formative assessment in science) ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

(1) นิยามและพื้นฐานทางทฤษฎีของการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

(2) ลักษณะสำคัญของการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

(3) รูปแบบและแนวทางการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

(4) ความท้าทายของครูในการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

(5) การส่งเสริมให้ครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

(6) ศักยภาพของการประเมินผลระหว่างเรียนในการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

โดยตอนท้ายของบทความเป็นการสรุปข้อคิดในการนำความรู้ด้านนี้ไปใช้ประโยชน์ในการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการปฏิรูปการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย

นิยามและพื้นฐานทางทฤษฎีของการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

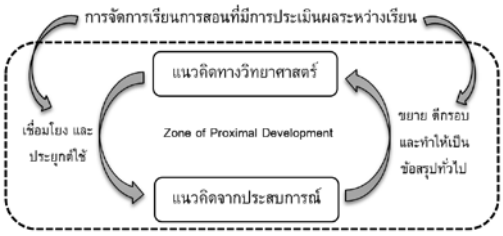
การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการประเมินผลที่เกิดขึ้นจากข้อจำกัดของการประเมินผลแบบเดิม (summative assessment) ซึ่งมักเกิดขึ้น “ในตอนท้าย” ของการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อประเมินว่า นักเรียนได้เรียนรู้อะไรและผ่านตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ การประเมินผลแบบเดิม แม้มีประโยชน์ในแง่ของการสรุปและตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียน แต่ก็ไม่ช่วยให้ครูทราบว่า นักเรียนมีการเรียนรู้อะไรและอย่างไร “ในระหว่าง” การเรียนการสอน ดังนั้น กว่าที่ครูจะทราบว่า นักเรียนคนใดประสบปัญหาอะไร การเรียนการสอนนั้นก็ได้จบสิ้นไปแล้ว ครูจึงไม่มีเวลาไปช่วยเหลือนักเรียนคนนั้นได้อย่างทันท่วงที แต่หากครูมีการประเมินผลระหว่างเรียน ครูจะมีข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ครูปรับการเรียนการสอนได้ตรงกับความต้องการของนักเรียนมากขึ้น การประเมินผลระหว่างเรียนจึงมีวัตถุประสงค์ไม่ใช่เพื่อประเมินหรือตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียน แต่เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น การประเมินผลระหว่างเรียนจึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า “การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้” (assessment for learning, Black et al., 2003; OECD, 2005; 2008)

องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2008) ให้นิยามไว้ว่า “การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้หมายถึงการประเมินความก้าวหน้าและความเข้าใจของนักเรียนอยู่เป็นประจำผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ เพื่อระบุความต้องการเกี่ยวกับการเรียนรู้และปรับการจัดการเรียน

การสอนให้เหมาะสม" Yin and Buck (2015) ได้นิยามในบริบทของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า "การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้คือกระบวนการซ้ำ ๆ ซึ่งครูดึงเอาความคิดของนักเรียนออกมา (และ)ระบุปัญหาของนักเรียนในการทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการตีความคำตอบของนักเรียนเทียบกับเป้าหมายของการเรียนรู้ (ทั้งนี้เพื่อ)ให้ข้อมูลย้อนกลับ...และปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนเพื่อยกระดับความเข้าใจของนักเรียน" ส่วน Bell and Cowie (2002) ได้กล่าวว่า "(การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้) เกี่ยวข้องกับครูที่เก็บรวบรวม ตีความหมาย และกระทำตามข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างที่นักเรียนกำลังเรียนรู้"

การประเมินผลระหว่างเรียนมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมทางสังคม (social constructivism, Otero, 2006) ซึ่งอธิบายว่า ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ (Vygotsky, 1978) โดยปฏิสัมพันธ์ทางสังคมสามารถช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งที่นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้โดยลำพัง (zone of proximal development, ZPD) การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นรูปแบบหนึ่งของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างนักเรียนและครู เมื่อครูประเมินผลระหว่างเรียน ครูจำเป็นต้องมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน ทั้งนี้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน ก่อนที่ครูจะสามารถช่วยเหลือให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้นได้ ด้วยการประเมินผลระหว่างเรียน ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างนักเรียนและครูจึงเกิดได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นักเรียนจึงได้ข้อมูลย้อนกลับที่ตรงประเด็น (Sadler, 1989) สามารถเรียนรู้สิ่งที่ตนเองมีศักยภาพ แต่ไม่อาจเรียนรู้ได้โดยลำพัง (Ash and Levitt, 2003)

Otero and Nathan (2008) อธิบายการทำงานของการประเมินผลระหว่างเรียนในกรณีที่นักเรียนกำลังเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน) ไว้ว่า นักเรียนเข้าสู่ห้องเรียนด้วยความรู้เดิมบางอย่าง ซึ่งอาจเป็นแนวคิดที่มีพื้นฐานมาจากประสบการณ์ส่วนตัวของนักเรียน (เช่น แรงเป็นสิ่งขับดันภายในวัตถุ) ในการนี้ นักเรียนจำเป็นต้องทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนคำศัพท์และสัญลักษณ์ต่าง ๆ (เช่น ความเร่ง แรงลัพธ์) ในขณะเดียวกัน นักเรียนต้องพยายามขยายและตีกรอบแนวคิดจากประสบการณ์ของตนเอง ซึ่งอาจอธิบายปรากฏการณ์ได้ในบริบทที่จำกัด (เช่น เหตุการณ์บนโลก) ให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ในบริบทที่กว้างขึ้น (เช่น เหตุการณ์นอกโลก) ในช่วงเวลานี้ นักเรียนจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือจากครู ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทั้งสองแนวคิด ซึ่งการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นกลไกหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ครูได้ช่วยเหลือนักเรียนให้สร้างความเชื่อมโยงนั้นได้ง่ายขึ้น ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทำงานของการประเมินผลระหว่างเรียน (ดัดแปลงจาก Otero and Nathan, 2008)

ลักษณะสำคัญของการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

จากคำนิยามข้างต้น การประเมินผลระหว่างเรียนมีลักษณะสำคัญต่าง ๆ (Bell and Cowie, 2001) ดังนี้

(1) การประเมินผลระหว่างเรียนมีวัตถุประสงค์คือ*การติดตามความก้าวหน้า*ว่า นักเรียนแต่ละคนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร กำลังประสบกับปัญหาอะไรบ้าง และต้องการความช่วยเหลืออะไร วัตถุประสงค์หลักนี้แตกต่างไปจากการประเมินผลแบบเดิม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินและสรุปว่า นักเรียนจะผ่านหรือตก เมื่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เสร็จสิ้นแล้ว แต่การประเมินผลระหว่างเรียนเน้นการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน ณ เวลาต่าง ๆ ในระหว่างการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อให้ครูสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้อย่างทันท่วงที

(2) การประเมินผลระหว่างเรียนเกิดขึ้นในรูปแบบของ*การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนอยู่เป็นประจำ* เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน “ในระหว่าง” การจัดการเรียนการสอน รูปแบบของการประเมินเช่นนี้จึงต้องเกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ (มิใช่แค่ตอนท้ายของการจัดการเรียนการสอน) ทั้งนี้เพื่อให้ครูมีข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่เป็นระยะ ๆ ซึ่งครูสามารถทำได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นการถามตอบ การอภิปราย การสังเกต และการให้ข้อมูลย้อนกลับ

(3) การประเมินผลระหว่างเรียนนำไปสู่*การปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอน*วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนมากขึ้น เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ดังนั้นครูจึงจำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนอยู่เป็นระยะ ๆ มาใช้ในการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนในขณะนั้นให้สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน โดยนักเรียนแต่ละคนอาจมีปัญหาในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกัน ข้อมูลจากการประเมินผลระหว่างเรียนจึงช่วยให้ครูจัดการเรียนการสอนได้อย่างยืดหยุ่นและตรงตามความต้องการของนักเรียนแต่ละคน

(4) การประเมินผลระหว่างเรียนเป็น*การโต้ตอบกันอย่างต่อเนื่องและทำให้ความคิดของนักเรียนก้าวหน้าไปเรื่อย ๆ* หากครูต้องการติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน ครูจำเป็นต้องมีปฏิสัมพันธ์และโต้ตอบกับนักเรียนอยู่เป็นระยะและต่อเนื่อง สาระของการโต้ตอบจะต้องก้าวหน้าหรือลึกซึ้งขึ้นเรื่อย ๆ ไปสู่แนวคิดสำคัญที่เป็นเป้าหมายของการเรียนการสอนเรื่องนั้น การประเมินผลระหว่างเรียนไม่ใช่การโต้ตอบกันเพื่อแสดงว่า ใครถูกหรือผิด หากแต่ครูและนักเรียนมีการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ร่วมกัน พิจารณาความก้าวหน้าของการเรียนรู้ร่วมกัน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ และตัดสินใจร่วมกันว่า นักเรียนควรทำอย่างไรเพื่อให้การเรียนรู้นั้นก้าวหน้าและประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย

(5) การประเมินผลระหว่างเรียนจะเป็น*การทำตามแผนการหรือนอกเหนือแผนการก็ได้* ในระหว่างที่ครูวางแผนการจัดการเรียนการสอนเรื่องใด ๆ ครูสามารถวางแผนไปพร้อมกันได้ว่าตนเองจะติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อไรและอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้ครูประ-

เมินผลระหว่างเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการจัดการเรียนการสอน ณ ช่วงเวลาใดก็ตาม หากครูเกิดความคิดขึ้นมาว่า ตนเองควรติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน ครูก็สามารถทำได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของการประเมินผลที่ไม่เป็นทางการ เช่น การถามนักเรียนเป็นรายบุคคล การฟังนักเรียนที่กำลังอภิปรายร่วมกัน และการสังเกตผลงานที่นักเรียนกำลังทำ

(6) การประเมินผลระหว่างเรียนจะเกิดขึ้นในลักษณะของ*การคาดการณ์ล่วงหน้าหรือการมีปฏิกิริยาย้อนหลัง*ก็ได้ ครูที่มีประสบการณ์สอนเรื่องใดเรื่องหนึ่งมานานมักทราบดีว่า นักเรียนมักประสบปัญหาในการเรียนรู้อะไรบ้างในเรื่องนั้น ด้วยความสามารถในการคาดการณ์ล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหาที่นักเรียนอาจจะต้องประสบ ครูสามารถใช้ประเมินผลระหว่างเรียนเพื่อทดสอบว่า นักเรียนคนใดบ้างที่อาจจะประสบกับปัญหานั้น ทั้งนี้เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนต่อไป แต่ในขณะเดียวกัน ปัญหาในการเรียนรู้บางอย่างก็อาจอยู่เหนือการคาดการณ์ของครู ดังนั้น ครูสามารถใช้การประเมินผลระหว่างเรียนเพื่อติดตามว่า นักเรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้อะไรขึ้นแล้ว ทั้งนี้เพื่อปรับการเรียนการสอน ตลอดจนเพื่อแก้หรือลดปัญหานั้นต่อไปในภายหลัง

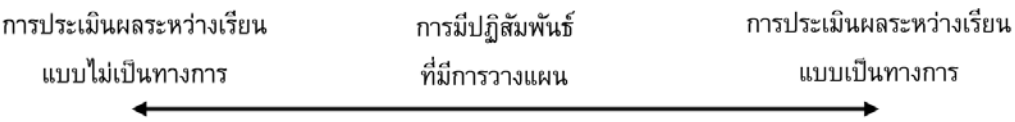
(7) การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับ*ความไม่แน่นอนและความเสี่ยง* ซึ่งครูต้องเผชิญในระหว่างการจัดการเรียนการสอน การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนจริงเป็นเหตุการณ์ที่ซับซ้อน ซึ่งครูไม่สามารถคาดการณ์ได้ทั้งหมดว่า หากครูทำการประเมินผลระหว่างเรียน ครูจะได้รับข้อมูลอะไรจากนักเรียน ซึ่งอาจเป็นข้อมูลใหม่ที่ตนเองไม่เคยทราบมาก่อน และไม่รู้จะโต้ตอบกับข้อมูลนั้นอย่างไร ความรู้สึกไม่แน่นอนอาจทำให้ครูสูญเสียความมั่นใจต่อหน้านักเรียนที่ไม่สามารถให้คำแนะนำหรือข้อมูลย้อนกลับที่ดีได้ โดยครูอาจกังวลว่า ตนเองจะสูญเสียความน่าเชื่อถือและความสามารถในการควบคุมชั้นเรียนไป การใช้การประเมินผลระหว่างเรียนจึงต้องอาศัยความกล้าเสี่ยงจากครูอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

จากลักษณะสำคัญเหล่านี้ คำศัพท์ที่กระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education, 2001) บัญญัติขึ้นเพื่อใช้แทนคำว่า “formative assessment” ก็คือ “การประเมินผลระหว่างเรียน” หรือ “การประเมินผลเพื่อปรับปรุงแก้ไข” ซึ่งแต่ละคำเน้นลักษณะสำคัญที่แตกต่างกันไป คำแรกเน้น “ช่วงเวลา” ของการประเมินผล ซึ่งอยู่ระหว่างการเรียนการสอน ส่วนคำหลังเน้น “วัตถุประสงค์” ของการประเมินผลว่าเป็นไปเพื่อส่งเสริม ปรับปรุง หรือแก้ไขการเรียนรู้ของนักเรียน ด้วยข้อจำกัดของการบัญญัติคำศัพท์ในภาษาไทยเพื่อแทนคำศัพท์ในภาษาอังกฤษ ความหมายบางส่วนจึงตกหล่นไป ในการนี้ ผู้อ่านควรทราบว่า คำคุณศัพท์ “formative” มีพื้นฐานมาจากคำกริยาว่า “form” ซึ่งมีความหมายถึง “ก่อรูปร่าง” บางสิ่งบางอย่างขึ้น (Sadler, 1989: 120) คำว่า “formative assessment” จึงสื่อความหมายถึงการประเมินผลเพื่อทำให้การเรียนรู้เกิดเป็นรูปเป็นร่างขึ้น บทความนี้จะกล่าวถึง “formative assessment” โดยการใช้คำว่า “การประเมินผลระหว่างเรียน”

รูปแบบและแนวทางการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

การประเมินผลระหว่างเรียนมีได้หลายรูปแบบ (Falk, 2012) ในการนี้ Shavelson et al.

(2008) ได้แบ่งการประเมินผลระหว่างเรียนออกเป็นแถบต่อเนื่อง (continuum) โดยฝั่งหนึ่งเป็นการประเมินผลระหว่างเรียนแบบไม่เป็นทางการและไม่มีการวางแผนล่วงหน้า (informal, unplanned formative assessment) และอีกฝั่งหนึ่งเป็นการประเมินผลระหว่างเรียนแบบเป็นทางการและมีการวางแผนล่วงหน้า (formal, planned formative assessment) ดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความหลากหลายของการประเมินผลระหว่างเรียน (Shavelson et al., 2008)

การประเมินผลระหว่างเรียนแบบไม่เป็นทางการ (ภาพที่ 2 ฝั่งซ้ายมือ) เกิดขึ้นเมื่อครูพบกับเหตุการณ์ที่ตนเองไม่คาดการณ์มาก่อน แต่พิจารณาแล้วเห็นว่า เหตุการณ์นั้นให้ข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน ครูจึงศึกษาเพิ่มเติมว่า นักเรียนเข้าใจเรื่องนั้นอย่างไร ซึ่งมักเกิดขึ้นในรูปแบบของการสนทนากับนักเรียน (Ruiz–Primo and Furtuk, 2007) ในขณะที่การประเมินผลระหว่างเรียนแบบเป็นทางการ (ภาพที่ 2 ฝั่งขวามือ) เกิดขึ้นตั้งแต่ครูจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องใด ๆ และสอดแทรกกลวิธีต่าง ๆ ลงในแผนการจัดการเรียนรู้นั้น เช่น การพยากรณ์–การสังเกต–การอธิบาย และการเขียนแผนภาพความคิด (Ayala et al., 2008) ทั้งนี้เพื่อศึกษาว่า ณ ช่วงเวลาหนึ่งเวลาใด นักเรียนมีความคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้นอย่างไร ในการนี้ ครูต้องสร้างโอกาสขึ้นเพื่อให้ตนเองได้ประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ตรงกลางของแถบต่อเนื่องคือการมีปฏิสัมพันธ์ที่มีการวางแผน ซึ่งครูวางแผนอย่างคร่าว ๆ ว่า ตนเองจะมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนด้วยคำถามอะไร แล้วครูจึงค่อยตั้งคำถามนั้นกับนักเรียนในเวลาที่เหมาะสม

เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นกระบวนการที่เป็นพลวัต ซึ่งครูและนักเรียนโต้ตอบกันอย่างต่อเนื่องและคืบหน้าไปเรื่อย ๆ (Bell and Cowie, 2001) นักวิจัยจึงสนใจการประเมินผลระหว่างเรียนอย่างไม่เป็นทางการที่ใช้ภาษาพูดเป็นพิเศษ ตัวอย่างเช่น Duschl and Gitomer (1997) เสนอแนวคิด “การสนทนาเพื่อประเมินผล” (assessment conversation) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ครูรับข้อมูลจากคำพูดของนักเรียน โดยคำพูดนั้นเป็นตัวแทนความคิดของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนในชั้นเรียนเดียวกันอาจมีความคิดได้หลากหลาย ครูจึงต้องบันทึกหรือทำให้ความคิดเหล่านั้นให้ปรากฏต่อนักเรียนทั้งชั้น 2) ครูตระหนักและทำความเข้าใจความคิดที่หลากหลายของนักเรียน ตลอดจนเปรียบเทียบความคิดเหล่านั้นกับเป้าหมายของการเรียนการสอน ในการนี้ ครูอาจต้องเปรียบเทียบทั้งความเหมือนและความต่างระหว่างความคิดแต่ละแบบด้วย จากนั้น 3) ครูจึงใช้ความคิดที่หลากหลายของนักเรียนเพื่อจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนมีความคิดที่สอดคล้องและตรงกันกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

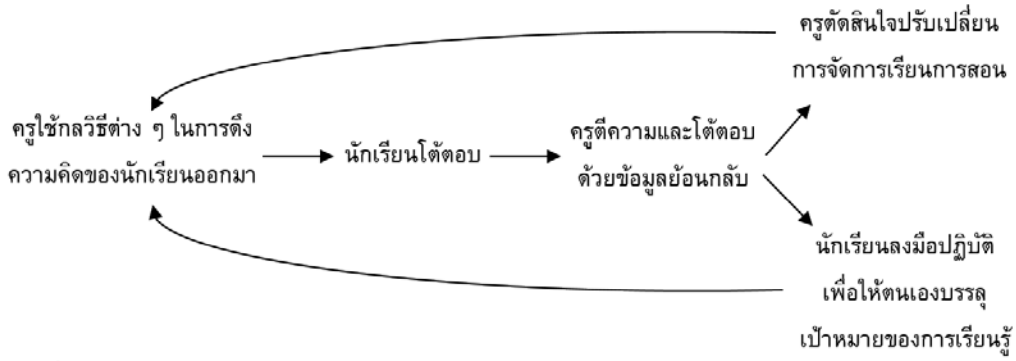
ในทำนองเดียวกัน Ruiz–Primo and Furtak (2006, 2007) เสนอวัฏจักรการสนทนา 4 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย 1) ครูตั้งคำถามที่ดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมา โดยคำถามควรมีลักษณะ

ปลายเปิด ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้แสดงความคิดของตนเองได้อย่างอิสระ จากนั้น 2) นักเรียนจึงตอบคำถามของครูบนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเอง และ 3) ครูทำความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดของนักเรียน ร่วมกับการประเมินว่า ความคิดของนักเรียนนั้นสอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด เมื่อครูทราบความคิดของนักเรียนในเบื้องต้นแล้ว 4) ครูจึงสามารถปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับฐานความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนต่อไป สิ่งที่ Ruiz–Primo and Furtak (2006, 2007) เพิ่มเติมมาจากแนวคิดของ Duschl and Gitomer (1997) คือการกล่าวถึงขั้นตอนที่ 1 (การดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมา) อย่างชัดแจ้ง ในการนี้ ครูสามารถใช้กลวิธีต่าง ๆ ดังในตาราง 1

ตาราง 1 วัฏจักรการประเมินผลระหว่างเรียนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz–Primo and Furtak, 2006)

ขั้นตอน	ตัวอย่างกลวิธี
1. ครูตั้งคำถาม	ครูถามให้นักเรียน: - เปรียบเทียบผลการสังเกต - ประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - สังเกตและอธิบายปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ - สร้างคำอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ - เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน - ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากหลักฐาน - ประเมินคุณภาพของหลักฐาน - เสนอสมมติฐานที่อาจเป็นไปได้
2. นักเรียนตอบคำถามของครู	ครูฟังคำตอบของนักเรียนอย่างตั้งใจ
3. ครูแสดงออกถึงการรับรู้คำตอบของนักเรียน	ครู: - ขยายความคำตอบของนักเรียนให้ชัดเจนหรือละเอียดขึ้น - กล่าวคำตอบของนักเรียนซ้ำ - บันทึกคำตอบของนักเรียนลงในกระดาน - แสดงภาษากายที่แสดงถึงการรับรู้คำตอบของนักเรียน - ถามคำถามเดิมกับนักเรียนคนอื่น ๆ ที่อาจมีความคิดที่แตกต่างไปจากนักเรียนคนเดิม
4. ครูนำคำตอบของนักเรียนมาปรับใช้ “ในระหว่าง” การจัดการเรียนการสอน	ครูนำคำตอบของนักเรียนมา: - กระตุ้นการคิดของนักเรียนโดยการตั้งคำถามอื่น ๆ ที่สืบเนื่องมาจากคำถามแรก - เปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนหลายคน เพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน - ให้ข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวข้องกับคำตอบของนักเรียน - เน้นย้ำลักษณะสำคัญของกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์ - ให้ข้อมูลหรือมุมมองเพิ่มเติมที่นักเรียนละเลยหรือยังคาดไม่ถึง - เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน - เปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

Yin and Buck (2015) สรุปแผนภาพการประเมินผลระหว่างเรียน ดังในภาพที่ 3 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนเช่นเดียวกับแนวคิดของ Ruiz–Primo and Furtak (2006, 2007) ได้แก่ 1) ครูใช้กลวิธีต่าง ๆ ในการดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมา 2) นักเรียนโต้ตอบกับครู 3) ครูตีความและโต้ตอบกับนักเรียนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ และ 4) ครูตัดสินใจปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอน และนักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อให้ตนเองบรรลุตามเป้าหมายของการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ Yin and Buck (2015) เพิ่มเติมเข้ามาจากแนวคิดของ Ruiz–Primo and Furtak (2006, 2007) คือขั้นตอนที่ 4 ซึ่งไม่ใช่เพียงแค่ครูเท่านั้นที่มีบทบาทในการประเมินผลระหว่างเรียน หากแต่นักเรียนเองก็มีบทบาทสำคัญในการกระทำบางอย่าง (เช่น การทำความเข้าใจข้อมูลย้อนกลับจากครู และการทบทวนปัญหาในการเรียนรู้ของตนเอง) ทั้งนี้เพื่อให้ตนเองประสบความสำเร็จตามเป้าหมายของการเรียนรู้ การเพิ่มบทบาทของนักเรียนในกระบวนการประเมินผลระหว่างเรียนสอดคล้องกับสิ่งที่ Sadler (1989) เสนอว่า การประเมินผลระหว่างเรียนต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักติดตามการเรียนรู้ของตนเองมากกว่าการรอรับข้อมูลย้อนกลับจากครู



ภาพที่ 3 วัฏจักรการประเมินผลระหว่างเรียนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Yin and Buck, 2015)

ถึงแม้ว่านักวิจัยสนใจการประเมินผลระหว่างเรียนอย่างไม่เป็นทางการผ่านการสนทนาระหว่างนักเรียนและครู (Duschl and Gitomer, 1997; Ruiz–Primo and Furtak, 2006, 2007; Sezen–Barrie and Kelly, 2017) แต่การประเมินผลระหว่างเรียนไม่ได้จำกัดอยู่ในรูปแบบของการสนทนาเท่านั้น หากยังอยู่ในรูปแบบของการเขียนโต้ตอบกันระหว่างครูกับนักเรียนก็ได้เช่นกัน (Tananquer et al., 2015) จากการทำวิจัยปฏิบัติการแบบร่วมมือ (collaborative action research) เพื่อส่งเสริมให้ครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียน Yin and Buck (2015) พบว่า ในบริบทที่ห้องเรียนมีนักเรียนจำนวนมาก และให้ความสำคัญกับการทดสอบที่มีการแข่งขันสูง การประเมินผลระหว่างเรียนผ่านการสนทนาในชั้นเรียนมีข้อจำกัดทั้งด้านเวลาและการเข้าถึงนักเรียน ภาระงานเขียน (เช่น การให้การบ้านและแบบฝึกหัด) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะภาระงานเขียน “สร้างพื้นที่ส่วนตัวให้กับนักเรียนในการสื่อสารความคิดกับครู” และ “ได้รับข้อมูลย้อนกลับจากครูมากขึ้น” (หน้า 747) ดังนั้น รูปแบบและแนวทางการประเมินผลระหว่างเรียนอย่างมีประสิทธิ-

ภาพจึงขึ้นอยู่กับบริบทของการจัดการศึกษา

ความท้าทายของครูในการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

ถึงแม้ว่าผลการวิจัยแสดงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการใช้การประเมินผลระหว่างเรียนและการเรียนรู้ของนักเรียน (Black and William, 1998; OECD, 2005; 2008; Ruiz–Primo and Furtuk, 2007) แต่การประเมินผลระหว่างเรียนอย่างมีประสิทธิภาพไม่ใช่เรื่องที่จะเกิดขึ้นโดยง่าย เพียงแค่ครูนำกลวิธีต่าง ๆ ไป “ลองใช้” ในชั้นเรียน (Buck and Trauth–Nare, 2009; Keeley, 2008) ในการประเมินผลระหว่างเรียน ครูไม่เพียงแค่ต้องรู้และสามารถใช้กลวิธีเพื่อดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมาได้เท่านั้น หากแต่ครูยังต้องพยายามทำความเข้าใจความคิดเหล่านั้นและนำความคิดเหล่านั้นไปใช้ในการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอน (Ruiz–Primo and Furtuk, 2007) การประเมินผลระหว่างเรียนจึงเป็นกระบวนการที่ครูต้องรู้จักสังเกต ตีความ และลงข้อสรุปจากคำตอบหรือพฤติกรรมของนักเรียน (Bennett, 2011) ก่อนที่ครูจะตัดสินใจกระทำการบางอย่างบนพื้นฐานของข้อสรุปที่ตนเองสร้างขึ้น (Sabel et al., 2015) การประเมินผลระหว่างเรียนจึงเป็นการปฏิบัติงานที่สร้างความท้าทายหลายประการให้กับครู ซึ่งมีทั้งความท้าทายที่มาจากตัวครูเองและความท้าทายที่เกิดจากบริบทแวดล้อม

มุมมองที่ครูมีต่อการเรียนรู้คือความท้าทายประการแรก ดังที่ Gottheiner and Siegel (2012) ระบุไว้ว่า “หากครูมองการเรียนรู้ว่าเป็นการจดจำสิ่งที่(ครู)บอก ครูก็จะประเมินข้อมูลที่นักเรียนจดจำได้” ในการนี้ งานวิจัยเปิดเผยว่า ครูมักมองนักเรียนเป็นเสมือนผ้าขาว และการเรียนรู้เป็นการแต่งแต้มความรู้ลงบนผ้าขาวนั้น (Otero and Nathan, 2004) ถึงแม้ว่าครูอาจตระหนักว่านักเรียนมีความรู้เดิมอยู่บ้าง (Gomez–Zwiep, 2008) แต่ครูก็มักประเมินเพียงแค่ว่า “นักเรียนรู้หรือไม่รู้” เท่านั้น (Otero, 2006) โดยครูมักถามนิยามของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (เช่น ความหนาแน่นคืออะไร) คำถามที่เน้นความจำ (เช่น สมการความจุความร้อนคืออะไร) หรือคำถามปลายปิด (เช่น ถ้าไม่มีแรง วัตถุจะเคลื่อนที่หรือไม่) ซึ่งหากนักเรียนตอบได้ ครูจะคิดว่านักเรียนรู้เรื่องนั้นแล้ว ทั้ง ๆ ที่คำตอบนั้นอาจมาจากการท่องจำหรือการคาดเดา แต่หากนักเรียนตอบไม่ได้ ครูจะคิดว่านักเรียนยังไม่รู้เรื่องนั้นเลย (Otero and Nathan, 2004) การประเมินในลักษณะสุดโต่งว่า “นักเรียนรู้หรือไม่รู้” แทบไม่ช่วยให้ครูมีข้อมูลสำหรับการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอน (Otero, 2006)

เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความรู้เดิมที่หลากหลายและซับซ้อนแตกต่างกัน (Ladachart and Ladachart, 2016; Suttakun and Ladachart, 2013b) และความรู้เดิมเหล่านั้นไม่จำเป็นต้องเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้เสมอไป (Clement and Zietsman, 1989) ดังนั้นแทนที่ครูจะประเมินเพียงแค่ว่า “นักเรียนรู้หรือไม่รู้” ครูควรทำความเข้าใจความคิดของนักเรียนให้ถ่องแท้ โดยเฉพาะความคิดที่แม้ไม่ถูกต้องทั้งหมด แต่มีศักยภาพที่ครูสามารถต่อยอดให้ถูกต้องมากขึ้นได้ (Otero, 2006) ความคิดเหล่านั้นเป็น “ทรัพยากร” ที่ครูสามารถใช้ประโยชน์ได้ในระหว่างการจัดการเรียนการสอน (Larkin, 2012) ครูต้องรู้จักดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมาเพื่อนำความคิดเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ (Duschl and Gitomer, 1997) ไม่ว่าจะเป็นการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความ

เป็นไปได้ของความคิดของนักเรียน การเปรียบเทียบระหว่างความคิดที่แตกต่างกันของนักเรียน และการถามหาหลักฐานหรือเหตุผลเพื่อยืนยันความคิดของนักเรียน (Russ et al., 2009) ซึ่งจะนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต่อไป (Coffey et al., 2011)

ความท้าทายประการที่สองคือว่า ครูยังขาดกลวิธีในการดึงคำตอบที่สะท้อนความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมาในระหว่างการจัดการเรียนการสอน Kang and Anderson (2015) ศึกษากลวิธีที่นักศึกษาครูที่อยู่ระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ จำนวน 32 คน ใช้ในการดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมา ผลการวิจัยเปิดเผยว่า แม้นักศึกษาเหล่านี้อยู่ในความดูแลของครูประจำการ แต่นักศึกษา 14 คน ยังใช้คำถามที่เน้นการท่องจำ ซึ่งไม่ช่วยให้ตนเองมีข้อมูลเกี่ยวกับความคิดของนักเรียนมากนัก ในทำนองเดียวกัน Gottheiner and Siegel (2012) ศึกษาความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลของครูวิทยาศาสตร์ 5 คน ซึ่งล้วนมีประสบการณ์สอนไม่น้อยกว่า 7 ปี จากการสอบถามเกี่ยวกับวิธีการศึกษาความรู้เดิมของนักเรียน ครูเหล่านี้ระบุถึงการอภิปรายกับนักเรียนว่าเป็นกลวิธีในการดึงความคิดของนักเรียนออกมา โดยการถามคำถามปลายเปิดก่อน ซึ่งตามมาด้วยคำถามที่จำเพาะเจาะจงมากขึ้น ถึงแม้ว่างานวิจัยนำเสนอกลวิธีต่าง ๆ ในการดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏ (Keeley, 2008; Ladachart, 2015; White and Gunstone, 1992) แต่ครูอาจไม่ได้นำกลวิธีเหล่านี้ไปใช้มากนักในทางปฏิบัติ

ความท้าทายประการที่สามคือว่า ครูยังไม่สามารถสังเกต ตีความ และลงข้อสรุปจากคำตอบของนักเรียนได้ (Levin et al., 2009) ในการประเมินผลระหว่างเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ การรู้จักสังเกตและการตีความหมายคำตอบของนักเรียนเป็นความสามารถที่ครูต้องมี (Sezen–Barrie, and Kelly, 2017) Talanquer et al. (2015) เน้นย้ำว่า การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นกระบวนที่เกี่ยวข้องกับการตีความและลงข้อสรุป คำตอบของนักเรียนไม่ใช่หลักฐานที่ชัดเจนในตัวเอง ครูจึงต้องรู้จักอนุมานจากคำตอบของนักเรียนว่านักเรียนมีความคิดอย่างไร (Bennett, 2011) แต่ครูมักประเมินคำตอบของนักเรียนเพียงผิวเผิน (Otero, 2006) และไม่พยายามทำความเข้าใจความคิด ความหมาย หรือเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังคำตอบของนักเรียน (Coffey et al., 2011) การสนทนาในชั้นเรียนจึงมักเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร ได้แก่ 1) ครูถามนักเรียน 2) นักเรียนตอบคำถาม และ 3) ครูประเมินคำตอบของนักเรียนว่าถูกหรือผิด (Lemke, 1990) โดยความคิดของนักเรียนไม่ได้ถูกนำมาต่อยอด ถึงกระนั้นก็ตาม ครูอาจคิดว่าตนเองได้ประเมินผลระหว่างเรียนเป็นปกติอยู่แล้ว (Yin and Buck, 2015) ทั้ง ๆ ที่การถามตอบเช่นนี้ไม่สะท้อนลักษณะสำคัญของการประเมินผลระหว่างเรียน

Duschl and Gitomer (1997) พบว่า ความแม่นยำในเนื้อหามีบทบาทต่อคุณภาพของการประเมินผลระหว่างเรียน ครูที่มีความแม่นยำในเนื้อหามักสังเกตและมองออกว่า ความคิดของนักเรียนเป็นอย่างไร และแตกต่างจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ในทางตรงกันข้าม Ladachart et al. (2010) พบว่า ครูที่ไม่แม่นยำในเนื้อหาอาจมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเช่นเดียวกับนักเรียน ดังนั้นเมื่อนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนออกมา ครูจึงไม่สามารถสังเกตได้ว่า ความเข้าใจนั้นคลาดเคลื่อนไปจากความรู้ทางวิทยา-

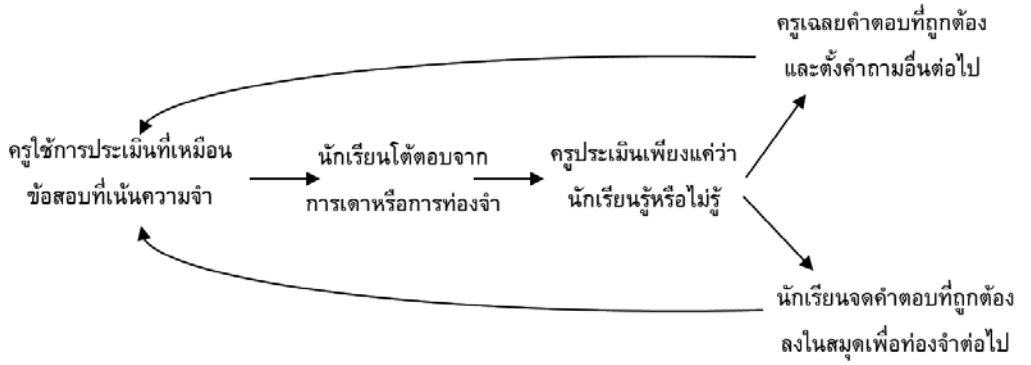
ศาสตร์ ยิ่งไปกว่านั้น ครูอาจละเลยหรือแม้กระทั่งส่งเสริมความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นกับนักเรียน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Talanquer et al. (2015: 606) ที่ยืนยันว่า “การขาดความเข้าใจด้านเนื้อหาในการประเมินผล(ระหว่างเรียน)ส่งผลต่อคุณภาพของการลงข้อสรุป(ความคิดของนักเรียน)” และผลการวิจัยของ Sabel et al. (2015) ที่ระบุว่า “ความรู้ด้านเนื้อหาที่เพิ่มขึ้นช่วยให้ครูมีส่วนร่วมในการคาดการณ์และประเมินความคิดของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น”

ความท้าทายประการที่สี่คือว่า แม้ในกรณีที่ครูสามารถดึงความคิดของนักเรียนให้ปรากฏออกมา ตลอดจนสังเกตและอนุมานความคิดของนักเรียนได้แล้ว ครูอาจไม่สามารถนำผลการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ประโยชน์ในการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนได้ Morrison and Lederman (2003) สำรวจความเข้าใจของครู 4 คนว่า เมื่อครูตรวจพบข้อมูลที่แสดงถึงความคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแล้ว ครูจะตัดสินใจทำอย่างไรกับข้อมูลนั้น ในการนี้ ครู 2 คน ระบุว่า ตนเองจะสอนหรือบรรยายเรื่องนั้นซ้ำ ในขณะที่ครู 1 คน ระบุถึงการนำความคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นไปยกตัวอย่างในชั้นเรียน โดยครู 1 คน ระบุถึงการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนในทำนองเดียวกัน ถึงแม้ว่า Sabel et al. (2015) ประสบผลสำเร็จระดับหนึ่งในการส่งเสริมให้นักศึกษาครูมีความรู้ด้านเนื้อหาและประเมินความคิดของนักเรียนได้ดีขึ้น แต่นักศึกษาครูเหล่านั้นกลับไม่สามารถระบุวิธีสอนในการตอบสนองต่อความคิดของนักเรียนได้ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Falk (2012) ที่ว่า ในการประเมินผลระหว่างเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูจำเป็นต้องมีและใช้ความรู้ด้านวิธีสอน

ความท้าทายประการที่ห้าคือว่า การประเมินผลระหว่างเรียนต้องอาศัยความร่วมมือจากนักเรียน ทั้งนี้เพราะนักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดของตนเองออกมาให้ครูสามารถเข้าใจได้ง่าย แต่หากนักเรียนไม่ให้ความร่วมมือ ซึ่งจะเป็นด้วยเหตุผลอะไรก็ตาม เช่น ความกลัวเสียหน้าเมื่อคำตอบผิด การไม่เห็นประโยชน์จากการตอบคำถามของครู หรือวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่เน้นการแข่งขัน ครูจึงต้องเผชิญกับความท้าทายที่ไม่ได้มาจากปัจจัยส่วนบุคคลของตนเอง ในการนี้ Yin and Buck (2015) พบว่า แม้ครูพยายามประเมินผลระหว่างเรียน โดยการเปลี่ยนแปลงคำถามที่ตนเองใช้ จากคำถามที่เป็นปลายปิดมาเป็นคำถามปลายเปิด แต่นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำมักปฏิเสธการตอบคำถามเหล่านั้น ซึ่งทำให้ครูไม่สามารถเข้าใจความคิดของนักเรียนได้ ในขณะที่ Buck and Trauth–Nare (2009) กลับพบการต่อต้านในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ทั้งนี้เพราะนักเรียนเหล่านั้นเคยประสบผลสำเร็จจากการประเมินผลแบบเดิมที่เน้นความจำ และรู้สึกสับสนเมื่อครูเปลี่ยนมาใช้การประเมินผลแบบใหม่ที่เน้นการถามความคิดขั้นสูงมากขึ้น

ความท้าทายประการที่หกเป็นผลมาจากการวัดและประเมินผลแบบเดิม ซึ่งเน้นการตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นหลัก (Shepard, 2000) การวัดและประเมินผลแบบเดิมก่อให้เกิดวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่ไม่เอื้อต่อการประเมินผลระหว่างเรียน ทั้งนี้เพราะการวัดและประเมินผลแบบเดิม ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพการศึกษา (เช่น ONET) หรือการทดสอบเพื่อคัดเลือกนักเรียนเข้าศึกษาต่อ (เช่น Admission) มักก่อให้เกิดการแข่งขันและการเปรียบ-

เทียบระหว่างนักเรียนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น นักเรียน ผู้ปกครอง หรือแม้กระทั่งผู้บริหารการศึกษา อาจไม่เห็นความสำคัญของการประเมินผลระหว่างเรียนในฐานะเครื่องมือที่จะช่วยให้ตนเอง บุตรหลาน และโรงเรียนประสบผลสำเร็จในการวัดและประเมินผลแบบเดิม การประเมินผลระหว่างเรียนจึงอาจถูกมองเป็นเรื่องเสียเวลา ด้วยเหตุนี้ Shavelson et al. (2008) เห็นว่า การประเมินผลเพื่อตัดสินนักเรียนและการประเมินผลระหว่างเรียนควรสอดคล้องและส่งเสริมกัน การประเมินผลระหว่างเรียนควรช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ ซึ่งปรากฏให้เห็นอย่างเป็นรูปธรรมจากการประเมินผลแบบเดิม (Yin and Buck, 2015)



ภาพที่ 4 วัฏจักรการประเมินผลระหว่างเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบพฤติกรรมนิยม (Yin and Buck, 2015)

ด้วยความท้าทายเหล่านี้ การประเมินผลระหว่างเรียน แม้เป็นแนวคิดที่มีศักยภาพ แต่ก็เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนกว่าการนำกลวิธีไปลองใช้ในชั้นเรียน (Buck and Trauth–Nare, 2009) การประเมินผลระหว่างเรียนอาจถูกบิดเบือนให้คลาดเคลื่อนได้ง่าย ดังในภาพที่ 4 โดยเฉพาะเมื่อครูมีมุมมองต่อการเรียนรู้แบบพฤติกรรมนิยม ซึ่งนักเรียนเป็นเสมือนผ้าขาวที่รอการแต่งแต้มความรู้จากครู ครูจึงประเมินผลระหว่างเรียนเพียงแค่ว่านักเรียนรู้หรือไม่รู้ ซึ่งทำให้นักเรียนตอบคำถามจากการเตาหรือการท่องจำ มากกว่าการแสดงความคิดที่แท้จริงของตนเอง เมื่อครูประเมินแล้ว ครูมักเฉลยและถามคำถามอื่นต่อไป ในขณะที่นักเรียนจดจำคำตอบนั้นเพื่อการประเมินแบบเดิมในอนาคต การประเมินผลเช่นนี้ แม้เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนการสอน แต่ไม่ก็ช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและมีความหมายได้ ครูจึงต้องได้รับการส่งเสริมให้ใช้การประเมินผลระหว่างเรียนตามมุมมองต่อการเรียนรู้แบบสรรคนิยมทางสังคม (ดังในภาพที่ 3 ในหัวข้อก่อนหน้านี้)

การส่งเสริมให้ครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์

ด้วยผลการวิจัยเชิงบวกระหว่างการใช้การประเมินผลระหว่างเรียนและการเรียนรู้ของนักเรียน (Black and William, 1998; OECD, 2005, 2008; Ruiz–Primo and Furtuk, 2007) ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพของการประเมินผลระหว่างเรียนในการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักวิจัยจึงพยายามส่งเสริมความสามารถ

ในการประเมินผลระหว่างเรียนให้กับครูวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากการใช้การประเมินผลระหว่างเรียนอย่างมีประสิทธิภาพไม่ใช่แค่การนำกลวิธีไปลองใช้ในห้องเรียน (Buck and Trauth–Nare, 2009) หากแต่ครูต้องเข้าใจธรรมชาติของการเรียนรู้เสียก่อนว่าเป็นการสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานของความรู้เดิม และการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นการทำความเข้าใจความรู้เดิมและความคิดปัจจุบันที่นักเรียนมีอยู่ ทั้งนี้เพื่อจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ได้ดีและง่ายขึ้น (Gottheiner and Siegel, 2012) นอกจากนี้ การประเมินผลระหว่างเรียนยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนอีกด้วย (Shepard, 2000) การส่งเสริมให้ครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียนในแต่ละบริบทจึงแตกต่างกันไปตามความท้าทายของครู

เนื่องจากครูอาจมีมุมมองต่อการเรียนรู้ว่า นักเรียนเป็นเสมือนผ้าขาวที่รอการแต่งแต้มความรู้ (Gomez–Zwiep, 2008; Otero and Nathan, 2004) นักวิจัยจึงพยายามปรับเปลี่ยนมุมมองนี้ให้สมบูรณ์ โดยการให้ครูได้เผชิญกับความรู้เดิมที่หลากหลายของนักเรียน ตัวอย่างเช่น Otero and Nathan (2008) ให้นักศึกษาครูสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน ในขณะที่ Tanlanquer et al. (2015) นำสิ่งที่นักเรียนเขียนในใบงานมาให้นักศึกษาครูตีความร่วมกัน ส่วน Gottheiner et al. (2012) นำคำถามเพื่อให้ครูคาดการณ์ว่า นักเรียนจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างไรในการตอบคำถามนั้น สิ่งสำคัญในกระบวนการนี้ก็คือการให้ครูหรือนักศึกษาครูได้ประสบด้วยตนเองว่า ความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องใด ๆ มีได้หลากหลายและแตกต่างกัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องถูกทั้งหมดหรือผิดทั้งหมด (Otero and Nathan, 2008) ความรู้เดิมเหล่านั้นอาจมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง แต่อาจมีบางส่วนที่มีศักยภาพ (Larkin, 2012) ซึ่งครูสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อต่อยอดให้นักเรียนพัฒนาเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Hammer et al., 2012) ครูจึงต้องรู้จักมองให้เห็นทั้งข้อจำกัดและศักยภาพที่มีอยู่ในความคิดของนักเรียน

ตัวอย่างเช่น จากการศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และปีที่ 6 จำนวนทั้งสิ้น 101 คน Ladachart and Ladachart (2016) พบความเข้าใจของนักเรียนถึง 8 ประเภท ซึ่งมีความซับซ้อนแตกต่างกันไป นักเรียนบางคนมีความเข้าใจที่เกือบสมบูรณ์ว่า “ภาวะโลกร้อนคือผลจากการที่แก๊สเรือนกระจก (อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์) ดูดกลืนพลังงานให้สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก” (หน้า 98) ในขณะที่นักเรียนบางคนเข้าใจเพียงผิวเผินว่า “ภาวะโลกร้อนคือปัญหาที่มนุษย์สร้างขึ้น” (หน้า 93–94) ถึงกระนั้นก็ตาม ความเข้าใจแบบหลังก็มีบางส่วนที่มีศักยภาพ ซึ่งครูสามารถนำมาเป็นทรัพยากรทางสติปัญญาเพื่อต่อยอดความเข้าใจนี้ให้สมบูรณ์ขึ้นได้ (Larkin, 2012) โดยการ “นำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ...เกี่ยวกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มสูงขึ้น (ซึ่งสัมพันธ์กับคำว่า “โลกร้อน” ก่อนที่ครูจะเชื่อมโยงไปยัง) พฤติกรรม...ที่มนุษย์มีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน” (หน้า 99) ความตระหนักถึงความหลากหลายของความรู้เดิมที่นักเรียนมีจะช่วยให้ครูไม่ได้มองว่า นักเรียนมีเพียงแค่ 2 ประเภท (นักเรียนที่รู้กับนักเรียนที่ไม่รู้) เท่านั้น (Otero, 2006)

การส่งเสริมให้ครูเข้าใจความหลากหลายของความรู้เดิมของนักเรียนสอดคล้องเป็นอย่างดีกับงานวิจัยเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (learning progressions in

science, Ladachart, 2016) ซึ่งแสดงพัฒนาการทางความเข้าใจของนักเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งจากความเข้าใจที่ถูกต้องน้อยไปยังความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ (Black et al., 2011; Duschl et al., 2011; NRC, 2007) เนื่องจากความก้าวหน้าในการเรียนรู้เรื่องใด ๆ เป็นการแสดงว่า ความเข้าใจแบบใดเป็นพื้นฐานของความเข้าใจแบบใดที่ถูกต้องมากขึ้น เช่น ความเข้าใจว่า “การจมลอยของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ” เป็นพื้นฐานของความเข้าใจว่า “การจมลอยของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลต่อปริมาตรของวัตถุ” (Ladachart, 2016) ด้วยเหตุนี้ Furtak (2012) จึงให้ครูร่วมกันวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อให้ครูใช้เป็นกรอบแนวคิดในการประเมินความเข้าใจของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนการสอน ซึ่งผลการวิจัยยืนยันว่า “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ช่วยให้ครูลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผลเกี่ยวกับความคิดของนักเรียน” (หน้า 1205) ถึงแม้ว่าความคิดบางอย่างของนักเรียนอาจอยู่นอกเหนือความก้าวหน้าในการเรียนรู้ก็ตาม

สิ่งที่มักเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการส่งเสริมให้ครูมีมุมมองว่า การเรียนรู้คือการพัฒนาความรู้เดิมของนักเรียนให้สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ไม่ใช่การเติมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ลงไปในสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียน) ก็คือการส่งเสริมให้ครูมีทักษะในการสังเกตและทำความเข้าใจความคิดของนักเรียน เนื่องจากการผลิตครูในอดีตที่ผ่านมาตั้งอยู่บนความเชื่อว่า ครูมีการเรียนรู้ตามพัฒนาการที่เป็นขั้นเป็นตอน ตั้งแต่การเรียนรู้ที่จะใช้ชีวิตในโรงเรียนให้ได้เสียก่อน แล้วครูจึงพร้อมที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีสอน และพร้อมที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียนตามลำดับ (Fuller, 1969) การผลิตครูจึงเน้นให้ครูเข้าใจบริบทในโรงเรียนและวิธีสอนต่าง ๆ เป็นหลัก และละเลยการส่งเสริมให้ครูฝึกสังเกต ตีความ และทำความเข้าใจความคิดของนักเรียน (Levin et al., 2009) แต่เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการลงข้อสรุปหรืออนุมานจากคำตอบของนักเรียน (Bennett, 2011) ซึ่งเกิดขึ้นก่อนที่ครูจะตัดสินใจกระทำการใด ๆ เพื่อตอบสนองต่อคำตอบของนักเรียน ครูจึงต้องฝึกสังเกต ตีความ และลงข้อสรุปจากคำตอบของนักเรียนให้แม่นยำ

แม้การประเมินผลระหว่างเรียนต้องการให้ครูสังเกตและตีความสิ่งที่เกิดขึ้น*ในห้อง*เรียน แต่การส่งเสริมความสามารถด้านนี้มักเริ่มต้น*นอก*ห้องเรียนด้วยการให้ครูสังเกตและตีความผลงานของนักเรียนที่นักวิจัยเตรียมไว้ (Falk, 2012; Sabel et al., 2015) ในการนี้ Talanquer et al. (2015) พบว่า ครูแต่ละคนมีแนวโน้มที่แตกต่างกันในการประเมินคำตอบของนักเรียน บางคนเน้นการประเมินในลักษณะถูกหรือผิด โดยปราศจากการระบุหลักฐานและการเจาะจงสิ่งที่นักเรียนควรพัฒนา ในขณะที่บางคนเน้นการทำความเข้าใจและอนุมานสาเหตุที่ทำให้นักเรียนประสบปัญหาในการเรียนรู้ พร้อมทั้งบ่งชี้สิ่งมีศักยภาพที่นักเรียนควรพัฒนาต่อยอด ครูจึงควรได้รับการส่งเสริมให้เปรียบเทียบความแตกต่างและพิจารณาผลที่เกิดขึ้นจากการประเมินแต่ละแบบ นอกจากนี้ Sezen–Barrie and Kelly (2017) ส่งเสริมความสามารถด้านนี้โดยการบันทึกเหตุการณ์ในชั้นเรียนของครู และนำบันทึกนั้นให้ครูได้สะท้อนคิดหลังจากการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเปิดโอกาสให้ครูได้เรียนรู้ว่า ตนเองสนใจหรือละเลยคำตอบใดของนักเรียน ตนเองตีความและลงข้อสรุปจากคำตอบนั้นอย่างไร และตนเองดำเนินการต่อไปอย่างไร

นักวิจัยบางคนใช้บริบทในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมให้ครูรู้จักสังเกต ตีความ และโต้ตอบกับนักเรียน ตัวอย่างเช่น ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ Kang and Anderson (2015) นำเสนอตัวอย่างคำถามหรือกลวิธีในการดึงความคิดของนักเรียนให้กับนักศึกษาครู ซึ่งนักศึกษาครูสามารถเลือกนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ เมื่อนักศึกษาครูนำคำถามหรือกลวิธีไปใช้กับนักเรียนแล้ว นักศึกษาครูได้นำข้อมูลจากนักเรียนมาตีความหมาย ตลอดจนคิดหาวิธีที่จะปรับเปลี่ยนการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยเปิดเผยว่า นักศึกษาครู 18 จาก 32 คน ใช้คำถามหรือกลวิธีที่ช่วยให้ตนเองได้ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดของนักเรียน และในจำนวนนี้ นักศึกษาครู 12 คน เสนอวิธีการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในขณะที่นักศึกษาครู 14 คน ยังคงใช้คำถามหรือกลวิธีที่เน้นการท่องจำ ซึ่งทำให้นักศึกษาครูเหล่านี้ขาดโอกาสในการเรียนรู้ความคิดของนักเรียน ดังนั้นการใช้การประเมินที่เน้นความคิดและการสร้างความหมายจึงมีความสัมพันธ์กับความสนใจที่นักศึกษาครูมีต่อความคิดของนักเรียน และโอกาสที่นักศึกษาครูจะโต้ตอบกับความคิดเหล่านั้น

เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนต้องอาศัยความร่วมมือจากนักเรียน นักวิจัยจึงใช้การวิจัยปฏิบัติการเป็นกลไกในการส่งเสริมให้ครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียนและเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนของตนเอง Yin and Buck (2015) ทำวิจัยปฏิบัติการร่วมกับครูในประเทศจีน ซึ่งการจัดการศึกษาอยู่ภายใต้อิทธิพลของการสอบที่มีการแข่งขันสูง ในตอนแรก ครูเชื่อมั่นว่า ตนเองทำการประเมินผลระหว่างเรียนอยู่เสมอ อย่างไรก็ตาม การประเมินของครูยังคงเน้นคำถามปลายปิดและความจำ ซึ่งทำให้ครูประเมินความสามารถของนักเรียนสูงเกินจริง แต่เมื่อครูเปลี่ยนมาใช้คำถามปลายเปิดที่เน้นความเข้าใจ ครูกลับพบว่า นักเรียนไม่ได้มีความเข้าใจที่ลึกซึ้ง การเปลี่ยนแปลงนี้ ร่วมกับการสร้างเจตคติที่ดีของนักเรียนต่อการประเมินผลระหว่างเรียน ช่วยให้ครูประสบความสำเร็จในการบูรณาการการประเมินผลระหว่างเรียน นอกจากนี้ครูยังได้เรียนรู้ด้วยว่า ภาระงานเขียนเป็นทางเลือกที่ดีในการประเมินผลระหว่างเรียนในบริบททางการศึกษาที่เน้นการสอบแข่งขัน

Buck et al. (2010) ทำการวิจัยปฏิบัติการในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมความสามารถของนักศึกษาครูในการประเมินผลระหว่างเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งมีทั้งการสาธิตการประเมินผลระหว่างเรียนในรายวิชานั้น การบรรยายเกี่ยวกับการใช้การประเมินผลระหว่างเรียนในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การให้นักศึกษาครูออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักร 5Es ที่บูรณาการการประเมินผลระหว่างเรียน และการมอบหมายให้นักศึกษาครูทำวิจัยกรณีศึกษากับนักเรียนในโรงเรียน ในทำนองเดียวกัน Buck and Trauth–Nare (2009) ใช้การทำงานร่วมกับครูในการวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียน และโต้ตอบกับนักเรียนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับผ่านชิ้นงานนั้น งานวิจัยทั้งสองเรื่องสนับสนุนให้ครูและนักศึกษาครูทำวิจัยกรณีศึกษาเกี่ยวกับความคิดของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Levin et al. (2009) ที่ว่า ครูควรเรียนรู้ที่จะสนใจความคิดของนักเรียน “ก่อน” ที่ครูจะเชื่อมโยงไปสู่การปฏิบัติหรือวิธีสอนของตนเอง

"การให้ความสนใจไปที่ความคิดของนักเรียนคือ*ก้าวสำคัญแรก*ในการจัดการเรียนการสอนที่มีการโต้ตอบ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ให้เหตุผลอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ซาบซึ้งธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์" (หน้า 512, ตัวเอียงถูกเน้นโดยผู้เขียน)

ศักยภาพของการประเมินผลระหว่างเรียนในการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

ตั้งแต่ Shulman (1986) เสนอแนวคิดว่า ครูในสาขาวิชาใด ๆ (เช่น ครูวิทยาศาสตร์) จำเป็นต้องมี "ความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน" (pedagogical content knowledge: PCK) ซึ่งเป็นความรู้ที่แตกต่างไปจากความรู้ของผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ (เช่น นักวิทยาศาสตร์) ทั้งนี้เพราะครูไม่เพียงต้องมีความรู้ด้านเนื้อหาเท่านั้น หากแค่ครูจำเป็นต้องมีความรู้ด้วยว่าตนเองจะนำเสนอ จัดการเรียนการสอน และโต้ตอบกับนักเรียนอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหานั้นได้ ต่อมา Magnusson et al. (1999) ได้เสนอกรอบแนวคิดว่า ความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนของครูวิทยาศาสตร์มีหลายองค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้เกี่ยวกับเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียน 4) ความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ 5) ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนวิทยาศาสตร์ การผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ครูมีความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน (van Driel et al., 1998)

กรอบแนวคิดของ Magnusson et al. (1999) เสนอว่า ความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน และเกี่ยวข้องกับความรู้อื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้ในกลุ่มครูชีววิทยา Park and Chen (2012) พบว่า ความรู้ด้านการประเมินผลมักเชื่อมโยงกับความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนและความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buck and Trauth–Nare (2009) และ Yin and Buck (2015) ที่ว่า เมื่อครูเปลี่ยนวิธีการวัดและประเมินผล (เช่น การเปลี่ยนจากการใช้คำถามปลายปิดมาเป็นการใช้คำถามปลายเปิด) ครูมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจของตนเองต่อความคิด การเรียนรู้ และความสามารถของนักเรียน ในการนี้ Park and Oliver (2008) ยังพบด้วยว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดของนักเรียนมีบทบาทสำคัญต่อครูในการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน ดังนั้นข้อเสนอแนะคือว่า

"การเพิ่มความรู้ด้านการประเมินผลจะกระตุ้นให้เกิดความเชื่อมโยงกับความรู้เกี่ยวกับนักเรียนและความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน ซึ่งจะจุดประกายให้เกิดความเชื่อมโยงและความสอดคล้องกันภายในองค์ประกอบต่าง ๆ ของความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนอีกทอดหนึ่ง" (Park and Chen, 2012)

ด้วยบทบาทของความรู้ด้านการประเมินผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน การประเมินผลระหว่างเรียนจึงยิ่งได้รับความสนใจมากขึ้น ทั้งนี้เพราะคุณลักษณะหนึ่งของการประเมินผลระหว่างเรียนคือการทำความเข้าใจความคิดของนักเรียนและการนำข้อมูลนั้นไปปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอน (Bell and Cowie, 2001) Falk (2012) จึงศึกษาความสัมพันธ์

ระหว่างการใช้การประเมินผลระหว่างเรียนกับการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน ซึ่งผลการวิจัยเปิดเผยว่า ทั้งสองมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในระหว่างที่ครูประเมินผลระหว่างเรียนนั้น ครูต้องใช้ความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนที่ตนเองมี โดยเฉพาะความรู้ด้านหลักสูตรและความรู้ด้านวิธีสอน ทั้งนี้เพื่อพิจารณาว่า นักเรียนประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายของหลักสูตรหรือไม่ และทบทวนวิธีสอนเพื่อพัฒนาให้นักเรียนบรรลุตามเป้าหมายนั้น ในขณะเดียวกัน การประเมินผลระหว่างเรียนก็ช่วยให้ครูได้พัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนให้สมบูรณ์ขึ้น ทั้งการเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียน การสร้างความเชื่อมโยงของเนื้อหาในหลักสูตร และการปรับปรุงวิธีการประเมินผลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากผลการวิจัยข้างต้น ยิ่งครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียนที่เน้นความคิดและเหตุผลของนักเรียน ครูก็ยิ่งมีโอกาสได้พัฒนาความรู้ของตนเองเกี่ยวกับความคิดของนักเรียน และเชื่อมโยงความรู้นั้นกับความรู้ด้านอื่น ๆ ของความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนให้สอดคล้องกันมากยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้าม ยิ่งครูใช้การประเมินผลระหว่างเรียนที่เน้นความจำ (หรือไม่ใช้เลย) ครูก็ยิ่งขาดโอกาสได้เรียนรู้เกี่ยวกับความคิดและเหตุผลของนักเรียน และจำกัดโอกาสในการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน ในการนี้ Kang and Anderson (2015) จึงเปรียบเทียบแบบแผนเช่นนี้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในวงการเศรษฐศาสตร์ว่า “คนรวยยิ่งรวย คนจนยิ่งจน” (หน้า 889) ดังนั้นแทนที่ครูจะได้รับการส่งเสริมให้มีความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนแบบทั่วไป (เช่น วัฏจักร 5Es) โดยปราศจากการเจาะจงเนื้อหาและความคิดของนักเรียน ครูควรได้รับการส่งเสริมให้ได้เรียนรู้เกี่ยวกับความคิดและเหตุผลของนักเรียนก่อน ซึ่งการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นวิธีการหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ครูได้เรียนรู้ความคิดและเหตุผลของนักเรียน อันจะนำไปสู่การเรียนรู้ด้านอื่น ๆ รวมทั้งการเรียนรู้ด้านวิธีสอนอย่างมีเป้าหมายที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากขึ้น

ผลการวิจัยของ Falk (2012) ยังสอดรับกับการทบทวนงานวิจัยของ Schneider and Plasman (2011) ทั้งนี้เพื่อสังเคราะห์ว่า ครูวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่จะพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนอย่างไร (science teacher learning progressions to develop PCK) ข้อค้นพบสำคัญคือว่า ประสบการณ์ตรงกับนักเรียนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนของครูวิทยาศาสตร์ ดังนั้นข้อเสนอแนะคือ

> “มันจะเป็นประโยชน์สำหรับครูที่จะคิดเกี่ยวกับนักเรียน*เป็นอันดับแรก* แล้วจึงค่อยเน้นไปที่การสอน” (หน้า 556) และ “โปรแกรม(การผลิตครู)ต้องให้ครูได้มีประสบการณ์ที่มีความหมายกับนักเรียน*ก่อน*การช่วยเหลือให้ครูมีการปฏิบัติ(การสอน)ที่กว้างขวางหลากหลายมากขึ้น” (หน้า 559, ตัวเอียงถูกเน้นโดยผู้เขียน)

ข้อเสนอแนะนี้สวนทางกับความเชื่อเดิมเกี่ยวกับการผลิตและพัฒนาครูที่ว่า ครูต้องเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีสอนก่อน แล้วครูจึงค่อยเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียน (Fuller, 1969)

เนื่องจากการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นวิธีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ครูได้มีปฏิสัมพันธ์และเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียน (Yin and Buck, 2015) และเนื่องจากการเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียนเป็นพื้นฐานสำคัญให้ครูได้พัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน (Schneider

and Plasman, 2011) การประเมินผลระหว่างเรียนจึงเป็นเสมือนประตูสู่การพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน ซึ่งเป็นความรู้ที่จำเป็นสำหรับการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Magnusson et al., 1999) อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมการประเมินผลระหว่างเรียนกลับถูกละเลย (Schneider and Plasman, 2011) โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับการส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน แม้มันดูเหมือนจะตรงไปตรงมาว่า หากครูจะเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนการสอน ครูก็ต้องได้รับการส่งเสริมให้มีความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน แต่นั่นอาจเป็นมุมมองที่ตื้นเกินไป จุดเปลี่ยนของการปฏิรูปการศึกษาอาจไม่ได้เริ่มต้นจากวิธีสอน แต่อาจเป็นความเข้าใจที่ครูมีต่อความคิดและการเรียนรู้ของนักเรียน (Ladachart, 2016) ซึ่งการประเมินผลระหว่างเรียนอาจช่วยปูทางไปสู่จุดนั้นได้

ข้อคิดสำหรับการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทย

ในอดีตที่ผ่านมา ประเทศไทยมีความพยายามอย่างมากในการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพทัดเทียมนานาชาติ ความพยายามส่วนใหญ่เป็นการส่งเสริมแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ โดยเฉพาะการสืบเสาะแบบ 5Es (Bybee et al., 2006; Ketsing and Roadrangka, 2011) อย่างไรก็ตาม ความพยายามนั้นยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังผลที่ปรากฏในโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) หลายครั้งที่ผ่านมา (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2013) และเมื่อไม่นานมานี้ ด้วยแรงกดดันทางเศรษฐกิจและสังคม ประเทศไทยได้ริเริ่มความพยายามครั้งใหม่โดยการส่งเสริม “สะเต็มศึกษา” (STEM Education, IPST, 2014) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการวิทยาศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น ได้แก่ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Kijkuakul, 2015) ความพยายามเหล่านี้บ่งบอกว่า ประเทศไทยให้ความสำคัญกับแนวทางหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ เป็นพิเศษ

แต่การทุ่มเทให้กับแนวทางการจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ แม้เป็นเรื่องจำเป็น แต่ไม่ใช่ไม่มีผลข้างเคียง ดังเช่น Levin et al. (2009) ตั้งข้อสังเกตในบริบทของการผลิตครูวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การเตรียมครูยังเน้น ... ไปที่สิ่งต่าง ๆ ที่ครูทำ ตั้งแต่วิธีสอนไปยังกลวิธีการจัดการ(ชั้นเรียน) ... *แนวทางนี้ดึงความสนใจของครูไปที่ตัวเองและการกระทำของตัวเอง ซึ่งเป็นราคาที่ต้องแลกมาด้วยความสนใจไปที่เหตุผล(และความคิด)ของนักเรียน*” (ตัวเอียงถูกเน้นโดยผู้เขียน) ข้อความนี้ก่อให้เกิดคำถามขึ้นว่า การส่งเสริมให้ครูเรียนรู้แนวทางการจัดการเรียนการสอนใหม่เพียงอย่างเดียวไปริดรอนโอกาสในการเรียนรู้เรื่องอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนหรือไม่ หากข้อสรุปจากการทบทวนงานวิจัยของ Schneider and Plasman (2011) เป็นจริงว่าครูมีแนวโน้มที่จะเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนจากการเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียน “ก่อน” วิธีสอน การเริ่มต้นการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ด้วยจุดเน้นที่แนวทางหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ อาจไม่ใช่คำตอบ

ประเทศไทยอาจต้องลองพิจารณาเส้นทางใหม่ในการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยครูที่มีความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน

(Magnussion et al., 1999) แต่ในการส่งเสริมให้ครูพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอนนั้น ประเทศไทยอาจลองเปลี่ยนจากเดิมที่เริ่มต้นด้วยแนวทางการจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ มาเป็นการส่งเสริมให้ครูเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้เดิม ความคิด และการเรียนรู้ของนักเรียน (Schneider and Plasman, 2011) ซึ่งครูสามารถทำได้โดยการประเมินผลระหว่างเรียน การส่งเสริมให้ครูวิทยาศาสตร์ประเมินผลระหว่างเรียนยังไม่ปรากฏมากนัก และการวิจัยโดยครูก็ยังคงเน้นการประเมินประสิทธิภาพของวิธีสอน สื่อ และนวัตกรรมเป็นส่วนใหญ่ (Ladachart, 2016) ความพยายามเล็กน้อยปรากฏให้เห็นในโครงการ Inquiring Mind “ครูไทย หัวใจสืบเสาะ” (Ladachart, 2013) ซึ่งมุ่งเน้นให้ครูทำวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อตีความและทำความเข้าใจความคิดของนักเรียน (Ladachart, 2015) แนวทางนี้อาจช่วยให้ครูได้พัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน และปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น

บทสรุปและการวิจัยในอนาคต

บทความนี้เป็นการสังเคราะห์องค์ความรู้จากการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าในระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องต่าง ๆ อย่างไร กำลังประสบกับปัญหาอะไรบ้าง และต้องการความช่วยเหลืออะไร อันจะนำไปสู่การปรับการเรียนการสอนให้ตรงตามความต้องการของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น การประเมินผลระหว่างเรียนมีได้หลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยให้ความสนใจไปที่การประเมินแบบไม่เป็นทางการ ซึ่งครูมักเจอกับความท้าทายหลายประการ ครูจึงควรได้รับการส่งเสริมให้มีความสามารถในการประเมินผลระหว่างเรียน ซึ่งจะช่วยให้ครูพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน เนื่องจากการวิจัยด้านการประเมินผลระหว่างเรียนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังคงมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยจำนวนมากจึงยังเป็นที่ต้องการ โดยเฉพาะงานวิจัยที่ตอบคำถามเหล่านี้

(1) ครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินผลระหว่างเรียนอย่างไร

(2) ครูวิทยาศาสตร์มีมุมมองต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างไร

(3) ครูวิทยาศาสตร์มีมุมมองต่อความรู้เดิมของนักเรียนอย่างไร และตอบสนองต่อความรู้เดิมของนักเรียนอย่างไร

(4) ครูวิทยาศาสตร์มีการประเมินผลระหว่างเรียนหรือไม่ ใช้กลวิธีใด อย่างไร และมีอุปสรรคอะไร

(5) สิ่งเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินผลระหว่างเรียน มุมมองต่อการเรียนรู้ของนักเรียน มุมมองต่อความรู้เดิมของนักเรียน และการใช้การประเมินผลระหว่างเรียน มีความสัมพันธ์กันหรือไม่และอย่างไร

(6) การศึกษาผลของการส่งเสริมการประเมินผลระหว่างเรียนให้กับครูวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ความคิดของนักเรียน การสะท้อนคิดจากเหตุการณ์ในห้องเรียน การใช้ความก้าวหน้าในการเรียนรู้เป็นกรอบแนวคิดในการประเมินผลระหว่างเรียน การทำวิจัยกรณีศึกษาความคิดของนักเรียน และการทำวิจัยปฏิบัติการเพื่อบูรณาการการประเมินผลระหว่างเรียน พร้อมทั้งการเปรียบเทียบผลของแต่ละรูปแบบในบริบทที่แตกต่างกัน

(7) การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและครูที่ใช้การประเมินผลระหว่างเรียน

(8) การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน (เช่น การสนทนาและภาระงานเขียน) ต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

(9) การติดตามการพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาผสานวิธีสอน ทั้งในภาพรวมและในองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ของครูที่ใช้การประเมินผลระหว่างเรียน

เอกสารอ้างอิง

Allen, M. (2014). **Misconceptions in Primary Science**. Maidenhead: Open University.

Ash, D., and Levitt, K. (2003). Working within the zone of proximal development: Formative assessment and professional development. **Journal of Science Teacher Education** 14(1): 23–48.

Ayala, C. C., Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., Brandon, P. R., Yin, Y., Furtak, E. M., Young, D. B., and Tomita, M. K. (2008). From formal embedded assessments to reflective lessons: The development of formative assessment studies. **Applied Measurement in Education** 21(4): 315–334.

Bell, B., and Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. **Science Education** 85(5): 536–553.

Bell, B., and Cowie, B. (2002). **Formative Assessment and Science Education**. New York: Kluwer Academic.

Bennett, R. E. (2011). Formative assessment: A critical review. **Assessment in Education: Principle. Policy, and Practice** 18(1): 5–25.

Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B., and William, D. (2003). **Assessment for Learning: Putting It into Practice**. New York: Open University.

Black, P., and William, D. (1998). Assessment and classroom learning. **Assessment in Education: Principles, Policy and Practice** 5(1): 7–74.

Black, P., Wilson, M., and Yao, S. (2011). Road maps for learning: A guide to the navigation of learning progression. **Measurement** 9(2): 71–123.

Buck, G. A., and Trauth–Nare, A. E. (2009). Preparing teachers to make the formative assessment process integral to science teaching and learning. **Journal of Science Teacher Education** 20(5): 475–494.

Buck, G. A., Trauth–Nare, A., and Kaftan, J. (2010). Making formative assessment discernable to pre–service teachers of science. **Journal of Research in Science Teaching** 47(4): 402–421.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications**. Retrieved from http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSC

S_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_0.pdf, April 4, 2014.

Clement, J., and Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. **International Journal of Science Education** 11(special issue): S54–S65.

Coffey, J. E., Hammer, D., Levin, D. M., and Grant, T. (2011). The missing disciplinary substance of formative assessment. **Journal of Research in Science Teaching** 48(10): 1109–1136.

DeBoer, G. E. (2006). Historical perspective on inquiry teaching in schools. In Flick, L., and Lederman, N. (Eds.). **Scientific Inquiry and the Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education**. (pp. 17–35). Dordrecht: Kluwer Academic.

diSessa, A. A. (2002). What "conceptual ecology" is a good idea. In Limon, M., and Masson, L. (Eds.). **Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice**. (pp. 29–60). Dordrecht: Kluwer Academic.

Duschl, R. A., and Gitomer, D. H. (1997). Strategies and challenges to changing the focus of assessment and instruction in science classrooms. **Educational Assessment** 4(1): 37–73.

Duschl, R., Maeng, S., and Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. **Studies in Science Education** 47(2): 123–182.

Falk, A. (2012). Teachers learning from professional development in elementary science: Reciprocal relations between formative assessment and pedagogical content knowledge. **Science Education** 96(2): 265–290.

Fuller, F. F. (1969). Concerns of teachers: developmental conceptualization. **American Educational Research Journal** 6(2): 207–225.

Furtak, E. M. (2012). Linking a learning progression for natural selection to teachers' enactment of formative assessment. **Journal of Research in Science Teaching** 49(9): 1181–1210.

Gomez–Zwiep, S. (2008). Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions: Implications for practice and Teacher Education. **Journal of Science Teacher Education** 19(5): 437–454.

Gottheiner, D. M., and Siegel, M. A. (2012). Experienced middle school science teachers' assessment literacy: Investigating knowledge of students' conceptions in genetics and ways to shape instruction. **Journal of Science Teacher Education** 23(5): 531–557.

Hammer, D., Goldberg, F., and Fargason, S. (2012). Responsive teaching and the be-

ginnings of energy in a third grade classroom. **Review of Science, Mathematics and ICT Education** 6(1): 51–72.

Kang, H., and Anderson, C. W. (2015). Supporting preservice science teachers' ability to attend and respond to student thinking by design. **Science Education** 99(5): 863–895.

Keeley, P. (2008). **Science Formative Assessment: 75 Practical Strategies for Linking Assessment, Instruction, and Learning**. California: Corwin.

Ketsing, J., and Roadrangka, V. (2011). Inquiry–based instruction for science teaching. **Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University** 30(1): 84–105. (in Thai)

Kijkuakul, S. (2015). STEM education. **Journal of Education Naresuan University** 17(2): 201–207. (in Thai)

Ladachart, L. (2013). **Inquiring Mind Project: Past, Present and Future**. Retrieved from http://www.inquiringmind.in.th/publications, October 8, 2017. (in Thai)

Ladachart, L. (2015). **Qualitative Research for Science Teachers**. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Ladachart, L. (2016). Learning progressions in science. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 7(1): 141–162. (in Thai)

Ladachart, L. and Ladachart, L. (2016). From students' explanations towards a way to learning design about global warming. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 7(1): 88–102. (in Thai)

Ladachart, L., Nashon, S. M., and Roadrangka, V. (2010). A Thai physics teacher's conceptual difficulties while teaching unfamiliar content. **KKU Research Journal** 15(4): 304–316.

Ladachart, L., and Yuenyong, C. (2017). Using Scientific–inquiry activities for developing teachers' and supervisors' scientific literacy. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 38(1): 482–492. (in Thai)

Larkin, D. (2012). Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. **Science Education** 96(5): 927–959.

Lemke, J. L. (1990). **Talking Science: Language, Learning, and Values**. Norwood, NJ: Ablex.

Levin, D. M., Hammer, D., and Coffey, J. E. (2009). Novice teachers' attention to student thinking. **Journal of Teacher Education** 60(2): 142–154.

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 Pedago-**

gical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education. (pp. 95–132). Netherlands: Springer.

Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learners' prior knowledge. **Science Education** 88(6): 970–983.

Ministry of Education. (2001). **Legislative Educational Terminologies**. Bangkok: Department of Academics. (in Thai)

Morrison, J. A., and Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. **Science Education** 87(6): 849–867.

Naiyapatana, O. (2010). Assessment in classroom: Evolution and new thought for learning. **Srinakharinwirot Research and Development (Journal of Humanities and Social Sciences)** 2(3): 1–12. (in Thai)

National Research Council [NRC]. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Washington, DC: The National Academies.

National Research Council [NRC]. (2007). **Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K–8**. Washington, DC: The National Academies.

Office of the Education Council [OEC]. (2002). **The National Education Act B.E. 2542 (Amendments B.E. 2545)**. Bangkok: Prikwarn Graphic. (in Thai)

Organisation for Economic Co–operation and Development [OECD]. (2005). **Formative Assessment: Improving Learning in Secondary Classrooms**. Retrieved from https://www.oecd.org/edu/ceri/35661078.pdf, April 22, 2016.

Organisation for Economic Co–operation and Development [OECD]. (2008). **Assessment for Learning**. Retrieved from http://www.oecd.org/site/educeri21st/40600533.pdf, April 22, 2016.

Otero, V. K. (2006). Moving beyond the "get it or don't" conception of formative assessment. **Journal of Teacher Education** 57(3): 247–255.

Otero, V. K., and Nathan, M. (2004). "After I gave students their prior knowledge…" pre–service teachers' conceptions of student prior knowledge. **AIP Conference Proceedings** 720(141): doi:http://dx.doi.org/10.1063/1.1807274.

Otero, V. K., and Nathan, M. (2008). Preservice elementary teachers' views of their students' prior knowledge of science. **Journal of Research in Science Teaching** 45(4): 497–523.

Pansiri, W., Lapanachokdee, W., and Ekwarangkoon, P. (2016). The development of the assessment for learning model of mathematics for Rajamangala University of Technology Rattanakosin. **Journal of Education Mahasarakham University**

10(4): 115–132. (in Thai)

Park, S., and Chen, Y. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. **Journal of Research in Science Teaching** 49(7): 922–941.

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

Phornphisutthimas, S. (2014). How do learning assessments assist learners to effectively learn sciences in the 21st century? **RMUTSB Academic Journal** 2 (1): 81–90. (in Thai)

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, W., and Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education** 66(2): 211–227.

Ritcharoon, P. (2016). Assessment for learning development. **STOU Education Journal** 9(1): 1–17. (in Thai)

Ruiz–Primo, M. A. and Furtuk, E. M. (2006). Informal formative assessment and scientific inquiry: Exploring teachers' practices and student learning. **Educational Assessment** 11(3&4): 205–235.

Ruiz–Primo, M. A., and Furtuk, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. **Journal of Research in Science Teaching** 44(1): 57–84.

Russ, R. S., Coffey, J. E., Hammer, D., and Hutchison, P. (2009). Making classroom assessment more accountable to scientific reasoning: A case for attending to mechanistic thinking. **Science Education** 93(5): 875–891.

Sabel, J. L., Forbes, C. T., and Zangori, L. (2015). Promoting prospective elementary teachers' learning to use formative assessment for life science instruction. **Journal of Science Teacher Education** 26(4): 419–445.

Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. **Instructional Science** 18(2): 119–144.

Schneider, R. M., and Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. **Review of Educational Research** 81(4): 530–565.

Sezen–Barrie, A., and Kelly, G. J. (2017). From the teacher's eyes: Facilitating teachers noticing on informal formative assessments (IFAs) and exploring the challenges to effective implementation. **International Journal of Science Educ-**

ation 39(2): 181–212.

Shavelson, R. J., Young, D. B., Ayala, C. C., Brandon, P. R., Furtak, E. M., Ruiz-Primo, M. A., Tomita, M. K., and Yin, Y. (2008). On the impact of curriculum–embedded formative assessment on learning: A collaboration between curriculum and assessment developers. **Applied Measurement in Education** 21(4): 295–314.

Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. **Educational Researcher** 29(7): 1–14.

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

Suttakun, L., and Ladachart, L. (2013a). Fourth grade students' scientific reasoning. **Naresuan University Journal: Science and Technology** 21(3): 107–123. (in Thai)

Suttakun, L., and Ladachart, L. (2013b). Sixth graders' mental model about magnet and magnetic force. **Humanities and Social Science Journal, Ubon Ratchathani University** 4(1): 90–105. (in Thai)

Talanquer, V., Bolger, M., and Tomanek, D. (2015). Exploring prospective teachers' assessment practices: Noticing and interpreting student understanding in the assessment of written work. **Journal of Research in Science Teaching** 52(5): 585–609.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2013). **Results of PISA 2012 in Mathematics, Reading and Science: Executive Summary**. Samut Prakan: Advance Printing Service. (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2014). **STEM Education**. Retrieved from http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/Intro-to-STEM.pdf, December 12, 2016. (in Thai)

van Driel, J. H., Verloop, N., and de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. **Journal of Research in Science Teaching** 35(6): 673–695.

Vygotsky, L. S. (1978). **Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge: Hardvard University.

White, R., and Gunstone, R. (1992). **Probing Understanding**. London: The Falmer.

Yager, R. E. (1991). The Constructivist learning model: Towards real reform in science education. **The Science Teacher** 58(6): 52–57.

Yin, X., and Buck, G. A. (2015). There is another choice: An exploration of integrating formative assessment in a Chinese high school chemistry classroom through collaborative action research. **Cultural Studies of Science Education** 10(3): 719–752.