จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21
Objectives of the 21st Century Teaching and Learning in Science

ประสาท เนืองเฉลิม[1]
Prasart Nuangchalerm[1]

บทคัดย่อ

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องปรับการเรียนเปลี่ยนการสอนจากเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไปสู่การพัฒนาทักษะที่จำเป็นเพื่อการดำรงชีวิตและเรียนรู้อย่างเท่าทันการเปลี่ยนแปลง การเรียนเพื่อรู้และเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์คงไม่เพียงพอ แต่ต้องเติมเต็มคุณลักษณะต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสม บทความนี้นำเสนอจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21และการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้สอดคล้องกับบริบททางการศึกษา

คำสำคัญ: ศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ จุดมุ่งหมายทางการศึกษา การเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ศึกษา

Abstract

Twenty first century teaching and learning in science needs to manipulate in learner-centered approach for manipulative skills as well as cognitive skills. It requires not only scientific information, but also other attributes should be fulfilled in the classroom. This article aims to propose objectives of the 21st century teaching and learning in science, using and applying for students' quality in the context of current education.

Keywords: 21st century, learning, objectives of education, teaching and learning, science education

[1] รองศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2] Associate Professor Dr., Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Mahasarakham University E-mail: prasart.n@msu.ac.th

บทนำ

กระแสการเปลี่ยนแปลงของสังคมและวัฒนธรรม ทำให้มนุษย์รู้จักเรียนรู้และทำความเข้าใจในการอยู่ร่วมกันบนพื้นฐานของความแตกต่างและหลากหลายทั้งในเชิงวัฒนธรรมและความซับซ้อนของสังคม กลไกสำคัญประการหนึ่งที่ช่วยให้มนุษย์รู้จักเรียนรู้ที่จะนำวิทยาการต่าง ๆ มาเป็นเครื่องมือต่อยอดความคิดและนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งอำนวยความสะดวกสบาย มนุษย์ได้นำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์อุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้น เพื่อช่วยขยายประสาทสัมผัสที่นำไปสู่การพัฒนาความรู้อีกมากมายในศตวรรษที่ 21 นี้ เราจึงมิอาจปฏิเสธได้ว่าวิทยาศาสตร์มีความสำคัญยิ่งต่อตัวเราและสังคมในฐานะเป็นเครื่องมือทางปัญญาของมนุษยชาติ

การพัฒนาความคิดและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการคิดเชิงระบบและลงมือกระทำตามกระบวนการที่เชื่อถือได้ ความรู้และกระบวนการสร้างความรู้ การสรุปความรู้ที่สามารถอธิบายได้ การสร้างความรู้จึงมีการเรียนการสอนทั้งในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เริ่มให้ความสำคัญกับทักษะและกระบวนการที่ตอบสนองตามธรรมชาติของผู้เรียน อาจกล่าวได้ว่าเมื่อสังคมเริ่มปรับเปลี่ยนและกลืนกลายสู่ยุคฐานความรู้ (Learning society) เศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative economy) และมีการร่วมมือกัน (Collaboration) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่การสอนตัวความรู้หรือเพียงแค่ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ต่อไป หากแต่ต้องพัฒนาผู้เรียนให้รู้จักนำวิทยาศาสตร์มาใช้อย่างเหมาะเจาะและลงตัวกับบริบทของการเรียนการสอน (ประสาท เนืองเฉลิม, 2551)

บทความนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเสนอแนวคิดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21และการนำไปประยุกต์ใช้พัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้สอดรับกับแนวคิดที่ควรจะมีในทางวิทยาศาสตร์ศึกษาและควรจะเป็นตามบริบทของการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ผู้เขียนได้นำเสนอจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ซึ่งมีการสรุปแนวคิดสำคัญที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ในการเรียนการสอน และน่าจะมีประโยชน์ต่อนักการศึกษาที่จะได้ทบทวนและเติมเต็มในห้องเรียนหรือการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในยุคปฏิรูป

การเรียนรู้โลกของวิทยาศาสตร์

การทำความเข้าใจโลกรอบตัวเราอาศัยกระบวนการคิด การปฏิบัติ การพิสูจน์ การตีความ และการสรุป ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับปรัชญาเป็นเรื่องที่แทบแยกออกจากกันมิได้ แต่สำหรับผู้ที่ไม่เคยศึกษาปรัชญาหรือไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้ อาจทึกทักเอาเองว่าศาสตร์ทั้งสองสาขานี้แตกต่างกัน เช่น วิทยาศาสตร์มีความเป็นรูปธรรม (Concrete) ปรัชญามีความเป็นนามธรรม (Abstract) วิทยาศาสตร์ต้องทดลองและพิสูจน์ได้ ปรัชญาพิสูจน์ทดลองไม่ได้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วศาสตร์ทั้งสองล้วนพยายามอธิบายธรรมชาติของความเป็นจริง (Nature of reality)ปรัชญาสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ในลักษณะของ empiricism โดยเชื่อว่าความรู้ไม่เกิดเพียงแค่เกิดจากสิ่งที่สังเกตได้ (Observable) พิสูจน์ได้ (Verifiable) ข้อมูลเชิงประจักษ์ (Objective data) หากแต่มีการนิรนัย (Deductive) จากความคิดและการสัมผัสผ่านประสบการณ์ตรง (White, 1991: 370)ซึ่งการส่งผ่านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และคุณลักษณะต่าง ๆ ของความเป็นวิทยาศาสตร์อาศัยการเรียนการ

สอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เช่นกัน

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าถึงความเป็นวิทยาศาสตร์ ไม่ได้สอนเน้นย้ำให้รู้เฉพาะสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ (Scientific information) เท่านั้น แต่การสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนนั้นเกิดจากการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากซึมซับความรู้ผ่านสังคมและวัฒนธรรม (Fosnot, 1996) ผู้สอนต้องมีความเข้าใจว่ากิจกรรมการเรียนการสอนช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ เข้าใจธรรมชาติการเรียนรู้ เข้าใจความแตกต่างของผู้เรียน (ประสาท เนืองเฉลิม, 2554) นอกจากนี้ต้องมีแนวคิดพื้นฐานว่าการคิดและการทำความเข้าใจบางอย่างของผู้เรียนอาจซับซ้อนกว่าผู้สอน ผู้สอนต้องฝึกให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาจากสภาพปัญหา มิใช่การบอกโดยตรง เพราะผู้เรียนจะไม่เข้าใจวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงจนกว่าจะได้มีประสบการณ์ด้วยตนเอง (Kroll, 2005)

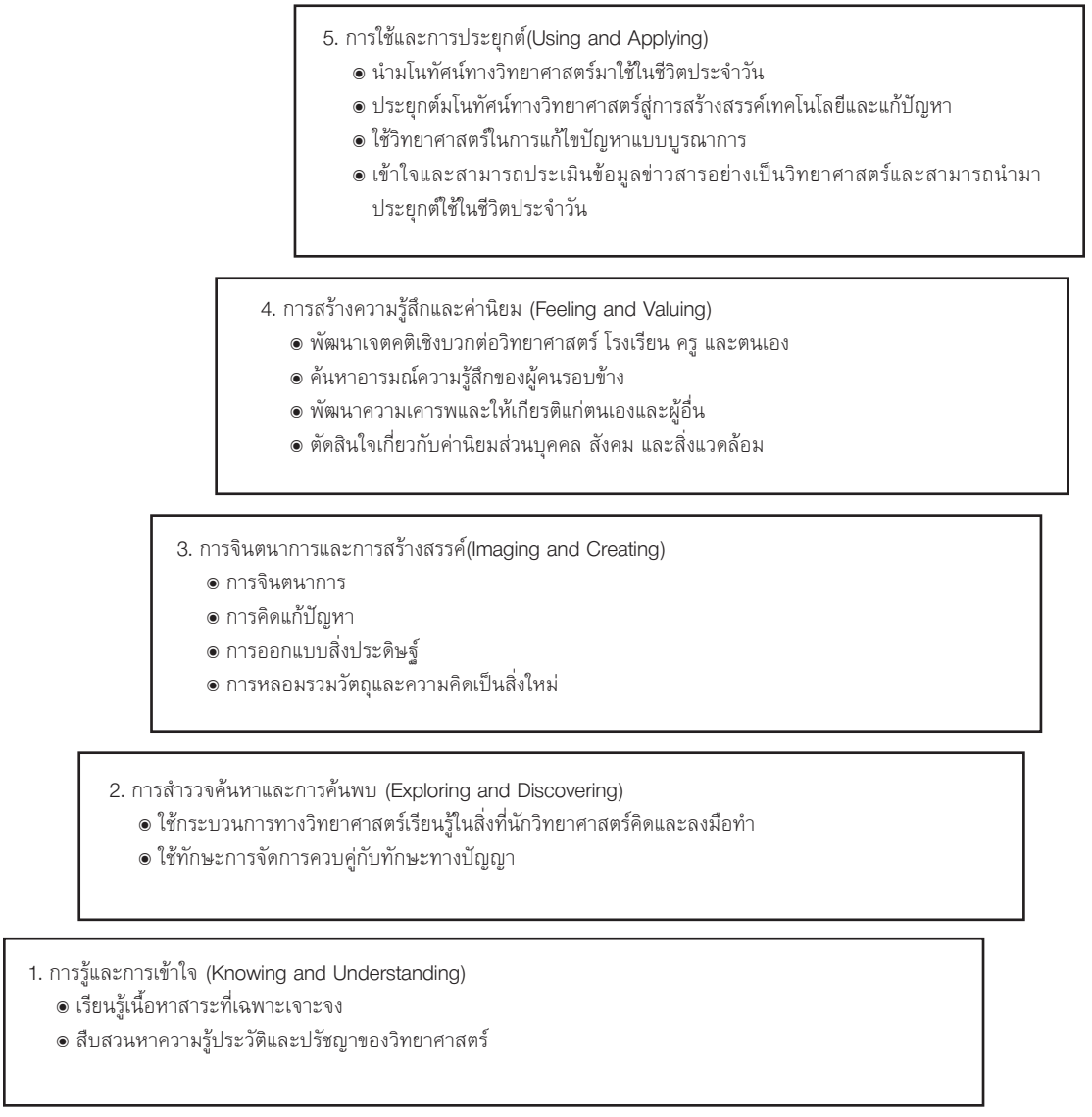
อย่างไรก็ตามการทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกาลสมัย อาจวิเคราะห์ได้จากแต่ละช่วงพัฒนาการของโลกทรรศน์ด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงทำให้เรามองเห็นพัฒนาการทางความคิดและความเป็นไปของกระแสโลกตามสภาพจริง Rachel Carson ได้เขียนหนังสือชื่อ Silent Spring ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ในปี 1962 ที่พยายามสะท้อนให้เห็นถึงผลเสียของการใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรอย่างกว้างขวางส่งผลให้ระบบนิเวศเสียสมดุล สังคมยุคหลังปี 1962 จึงเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับการลดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและแมลง แต่ปัจจุบันประชากรโลกเพิ่มมากขึ้น ความต้องการทางด้านอาหารและพลังงานก็ทวีตามไปด้วย การเพิ่มผลผลิตจึงต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและสังคมยอมรับได้

การผลิตอาหารที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Foods: GMFs) เป็นทางเลือกหนึ่งของอนาคตและอาจมีการนำมาใช้ในวงกว้างแต่ผลจากการทำสิ่งนี้ทำให้แมลงศัตรูพืชตามธรรมชาติลดจำนวนลงและระบบนิเวศวิทยาเกิดการเสียสมดุลเช่นกัน และสังคมก็ยังมองว่าความต้องการเพิ่มผลผลิตอาหารก็ยังมีความสำคัญซึ่งจะเห็นได้ว่าผลผลิตทางวิทยาศาสตร์จะสร้างทางเลือกให้กับสังคมเรียนรู้และตระหนักผลกระทบที่จะเกิดขึ้น อารมณ์และความรู้สึกทำให้ความคิดของคนในสังคมเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งบางครั้งมิสามารถแสดงเหตุผลที่เพียงพอได้ ต้องอาศัยทั้งความเชื่อและเหตุผลไปด้วยกัน ทั้งนี้การพัฒนาวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการเกื้อกูลของระบบ 3 ส่วนคือ ตัวเอง สังคม และธรรมชาติแวดล้อม (พระธรรมปิฎก (ป.อ. ปยุตโต), 2542) ซึ่งเป็นการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องปรับพฤติกรรมผู้เรียน ลดการบริโภคนิยม การทำตามอย่าง การเลียนแบบ การพัฒนาจิตใจ มีใจสูง รู้จักรักสันโดษ มีคุณธรรมจริยธรรม พึ่งตนเองได้ และมีปัญญาด้วยการยึดหลักโยนิโสมนสิการ

จุดมุ่งหมายทางการศึกษาวิทยาศาสตร์

จุดมุ่งหมายทางการศึกษาออกเป็นสามส่วนคือ พุทธิพิสัย (Cognitive domain) เน้นด้านสติปัญญาและกลไกการทำงานของสมองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคิด ทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เน้นด้านประสาทสัมผัส การเคลื่อนไหว การคิดและลงมือทำเพื่อแก้ปัญหา และจิตพิสัย (Affective domain) เน้นด้านอารมณ์ ความรู้สึก และการแสดงออก

ทางพฤติกรม (Krathwohl, 2002) McCormack and Yager (1989) ได้เสนอการสอนวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้สอนได้ออกแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ โดยกำหนดเป็นจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้ การรู้และเข้าใจ (Knowing and understanding) การสำรวจค้นหาและการค้นพบ (Exploring and discovering) การจินตนาการและการสร้างสรรค์ (Imaging and creating) การรู้สึกและเห็นคุณค่า (Feeling and valuing) และการใช้และการปรับประยุกต์ (Using and applying) ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักจำกัดอยู่เพียงแค่ 2 ขั้นแรก (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 1 สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เริ่มจากการให้ความรู้ความเข้าใจ ซึ่งเป็นการให้สารสนเทศที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการต่อยอดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับอื่น ขั้นที่สอง เป็นการสำรวจและการค้นพบ เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งพุทธิพิสัยและทักษะพิสัย เมื่อพัฒนาจนเกิดความชำนาญแล้วก็จะเข้าสู่ขั้นที่ 3 คือการจินตนาการและการสร้างสรรค์ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนานวัตกรรมและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) เมื่อนั้นผู้เรียนก็สามารถเข้าสู่ขั้นที่ 4 ก็คือการสร้างความรู้สึกและค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการปรับทัศนคติ (Attitude) และมุมมองต่อวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) เมื่อถึงขั้นนี้แล้วผู้เรียนสามารถใช้และประยุกต์วิทยาศาสตร์สู่การพัฒนาตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นองค์รวม (Applications and connection)จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีคุณค่าและความหมาย (Yager, 2007)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษนี้จึงปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายทางการศึกษาซึ่งถือว่าเป็นปรัชญาที่สำคัญ โดยให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับครอบครัว ชุมชน ทั้งในแบบที่เป็นทางการและแบบที่ไม่เป็นทางการ กิจกรรมการเรียนรู้ต้องผ่านการปฏิบัติทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558; Nuangchalerm, 2014) ผู้สอนต้องปรับตัวและทำหน้าที่เป็นผู้คอยชี้แนะและอำนวยความสะดวก เปิดพื้นที่ในการเรียนรู้แก่ผู้เรียนอย่างอิสระส่งเสริมโอกาสในค้นคว้าหาคำตอบด้วยตัวผู้เรียนเอง และผู้สอนต้องเสาะแสวงหาและนำเสนอแหล่งเรียนรู้ตามความเหมาะสมการเรียนรู้จะมีคุณค่าและความหมายที่แท้จริงเมื่อผู้เรียนเข้าไปมีประสบการณ์ตรง นำไปสู่การคิด การเข้าใจ การตัดสินใจ การลงมือทำ และการเข้าไปมีความรู้สึกกับสิ่งที่กระทำ (Carin and Bass, 1997; Eyler and Giles, 1999)

การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน

จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนเมื่อมีความรู้ความเข้าใจแล้ว ต้องมีทักษะ คุณลักษณะ และเข้าถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นๆและสิ่งแวดล้อมรอบตัวผู้เรียนสามารถสร้างความหมายในการค้นหาคำอธิบายรู้จักสร้างความคิดจากเหตุการณ์ในกิจกรรมการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเองผู้สอนเป็นเพียงผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวก ประสาท เนืองเฉลิม (2558) ได้สรุปแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

◉ การจัดสภาพแวดล้อมที่เพิ่มความซับซ้อนของกิจกรรมการเรียนถ้าผู้เรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมที่ง่ายแล้ว ก็จะเกิดการเรียนรู้และทำความเข้าใจในเนื้อหา ผู้สอนควรกำหนดสถานการณ์หรือสร้างปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น ถ้าเป็นปัญหาหรือสภาพการณ์ที่ผู้เรียนพบในห้องเรียนมีความสัมพันธ์กับผู้เรียนโดยตรงจะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ในการเรียนรู้ได้มากขึ้น

◉ การจัดเตรียมบรรยากาศให้ผู้เรียนได้ทำงานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันผู้เรียนได้ช่วยเหลือกัน แต่ละคนเกิดการเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาต่างๆซึ่งการกระทำเช่นนี้จะเป็นการเสริมสร้างประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้นส่งเสริม

การอภิปรายและการมีส่วนร่วมรับผิดชอบในการเรียนรู้

◉ การจัดเตรียมเนื้อหาหรือสื่อการสอนต่าง ๆต้องให้สอดคล้องกันมีการนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มองปัญหาในหลายแง่มุม

◉ การให้ความสำคัญกับการสะท้อนความคิดเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความหมายของสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นการที่ผู้เรียนได้รู้ถึงความคิดของตนเองทำให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาและพัฒนาวิธีการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ ๆในระดับที่สูงขึ้น

◉ ผู้เรียนไม่ใช่เป็นเพียงฝ่ายรับหรือเป็นผู้ตอบรับแต่ควรมีส่วนร่วมในการคิดตัดสินใจและได้รับโอกาส เพื่อออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามความต้องการของตนเองบ้าง

การจัดการเรียนการสอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการสำรวจและมีการค้นพบด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการกระทำการฝึกฝนทางปัญญาสามารถเข้าร่วมในกิจกรรมและได้ลงมือกระทำจริง และการทำงานร่วมกันประสบการณ์เหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อแนวคิดของผู้เรียนในการเรียนรู้ต่อไปโดยเน้นว่าความรู้ที่มีอยู่แล้วในตัวผู้เรียนจะพัฒนาขึ้นขณะที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ผู้สอน และสภาพแวดล้อมผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้หรือสร้างความหมายจากการบ่มเพาะทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ด้วยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปลูกฝังอย่างเป็นองค์รวม ซึ่งเป็นแนวทางของวิทยาศาสตร์วิสัย (Scientism) ที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในศตวรรษนี้และศตวรรษหน้าอีกด้วย

ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาจึงควรทำความเข้าใจในแนวทางและวิธีการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานที่ว่าผู้สอนมิได้ทำหน้าที่เพียงแค่ส่งผ่านความรู้เท่านั้น แต่ต้องเติมเต็มทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้แก่ผู้เรียนอย่างสมดุล (ประสาท เนืองเฉลิม, 2554; ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2555; ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2557) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มที่ ได้เปิดกว้างทางความคิด มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ พัฒนาชีวิตด้วยทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จากจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่าแค่การซึมซับความรู้ภายในห้องเรียน ส่งเสริมคุณลักษณะต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ดำรงชีวิตและช่วยค้ำจุนให้ผู้เรียนสามารถอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุข (วิจารณ์ พานิช, 2553; Marzano and others, 2001)

จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรได้รับการทบทวนและปรับประยุกต์ใช้ในการศึกษา คงไม่ใช่แค่เพียงการสอนความรู้หรือถ่ายทอดความรู้ หากต้องถ่ายทอดทักษะ ประสบการณ์ และจิตวิญญาณของความเป็นวิทยาศาสตร์ลงไปในกระบวนการเรียนการสอน มองให้เห็นและทำความเข้าใจให้เป็นเช่นวิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในฐานะที่เป็นผู้ออกแบบการเรียนรู้ จัดกิจกรรมการเรียนการสอน และประเมินการเรียนรู้หากมีการนำจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไปวิเคราะห์และออกแบบในการเรียนการสอนแล้วจะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้เข้าใจตนเองและผู้อื่นอย่างเป็นวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ประสาท เนืองเฉลิม. (2551). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Socioscientific. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 2(3): 99-106.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2554). *หลักสูตรการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม). มหาสารคาม:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พระธรรมปิฎก (ป.อ. ปยุตโต). (2542). *การพัฒนาที่ยั่งยืน*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิโกมลคีมทอง.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2555). (บรรณาธิการ). *เพื่อความเป็นเลิศของการครุศึกษาไทย*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2557). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21: ต้องก้าวให้พ้นกับดักของตะวันตก*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

Carin, A.A. and Bass, J.E. (1997). *Teaching science as inquiry*. 9th ed. New Jersey: Merrill Prentice Hall.

Eyler, J. and Giles, D.E. (1999). *Where's the learning in service-learning?*. San Francisco: Jossey-Bass.

Fosnot, C.T. (1996). *Constructivism: Theory, oerspectives, and practice*. New York: Teachers College Press.

Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*. 41(4): 212-218.

Kroll, L.R. Constructivism in teacher education: Rethinking how we teach teachers, in Kroll, L.R., Cossey, R., Donahue, D.M., Galguera, T., LaBoskey, V.K., Richert, A.E., and Tucker, P. (2005). (Editors). *Teaching as principled practice: Managing complexity for social justice*. Sage: California.

Marzano, R.J., Pickering, D.J. and Pollock, J.E. (2001). *Classroom instruction that works: Research-based strategies for increasing student achievement*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

McCormack, A.J. and Yager, R.E. (1989). A new taxonomy of science education. *The Science Teacher*. 56(2): 47-48.

Nuangchalerm, P. (2014). Self-efficacy and civic engagement in undergraduate students: Empirical results of a service learning program in Thailand. *International Journal for Service Learning in Engineering*. 9(2): 150-156.

White, T.I. (1991). *Discovering philosophy*. New Jersey: Prentice Hall.

Yager, R.E. (2007). How are we stacking up?: Current reform in science education twelve years after publication of the National Science Education Standards. *Iowa Science Teachers Journal*. 34(3): 19-25.