

การสร้างสรรคนวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ ผ่านการเรียนรู้ด้วยโครงงานอย่างมีมาตรฐานขั้นสูงสุด

อัครานทปกรณ ฐเนศวีรภัทร* พรพรหม ชัยฉัตรพรสุข

ฉันทนา เชาวรีปรีชา และสายสวาท สุวัฒน์กัญญา

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

*E-mail: atsawanonthapakorn.T@chula.ac.th

รับบทความ: 7 กันยายน 2561 แก้ไขบทความ: 15 กุมภาพันธ์ 2562 ยอมรับตีพิมพ์: 8 มีนาคม 2562

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายกระบวนการและแนวคิดด้านการเรียนการสอนที่เน้นการสร้างนวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านการทำโครงงานอย่างมีมาตรฐานขั้นสูงสุดตามแนวคิดของ Buck Institute for Education นำเสนอแนวทางการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงนวัตกรรม และวิเคราะห์ตัวอย่างการออกแบบบทเรียนตามมาตรฐานข้างต้น จากการศึกษาเอกสารพบว่า การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงนวัตกรรมต้องฝึกฝนให้ผู้เรียนคิดอย่างสร้างสรรค์ ทำงานอย่างสร้างสรรค์กับผู้อื่น และมีการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นเองไปใช้ นอกจากนี้ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการเสนอความคิดใหม่ กล้าเผชิญกับการวิพากษ์ จัดสิ่งแวดล้อมให้ผู้เรียนมีความมั่นใจว่า กล้าซักถาม และมีการให้ผลป้อนกลับผู้เรียน กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานตามมาตรฐานขั้นสูงสุดมี 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ 2) การสร้างแนวคิดใหม่เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ 3) การนำแนวคิดใหม่ไปปฏิบัติสร้างเป็นนวัตกรรม และ 4) การเผยแพร่นวัตกรรมที่สร้างขึ้น

คำสำคัญ: การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงนวัตกรรม การเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน

นวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ มาตรฐานขั้นสูงสุดของการเรียนรู้ด้วยการทำโครงงาน

Creation of Science Teaching Innovations through Project-based Learning with Gold Standard

Atsawanonthapakorn Thanetweeraphat*, Pornprom Chaichatpornasuk,
Chantana Chaopreecha and Saisaward Suvannakita

Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
*E-mail: atsawanonthapakorn.T@chula.ac.th

Received: 7 September 2018 Revised: 15 February 2019 Accepted: 8 March 2019

Abstract

This article aims to explain instructional process and concepts focused on creation of science teaching innovation through project-based learning with gold standard concurrent to Buck Institute for Education, presents the approach to promote creative thinking and innovative thinking, and analyzes an example of lesson design concurrent to the golden standards. From the documentary studies, it is found that the students can develop their creativity and innovation competency by three ways: think creatively, work creatively with others, and Implement innovation. Moreover, teachers ought to make students' self-confidence for generating or adopting a new idea, and facing with criticism or comments, and manage learning environment emphasized on asking questions, searching key data and giving students feedbacks. The instructional process is highlighted on creative thinking and innovation with research-based model for problem-based learning has 4 stages: 1) analyzing problems and obstacles of learning management, 2) generating a new idea for problem-solving about learning management, 3) creating the innovation based on a new idea, and 4) presenting the new innovation to public.

Keywords: Creative thinking, Innovative thinking, Project-based learning, Science teaching innovation, Gold standard project-based learning

บทนำ

สถานการณ์และสิ่งแวดล้อมรอบตัวมีความซับซ้อนมากขึ้นและมีแนวโน้มเกิดเปลี่ยนแปลง

อย่างรวดเร็วในโลกศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้ผู้เรียนจำเป็นต้องมีสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

กรรม (creativity and innovation) เป็นองค์ประกอบหนึ่งในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (P21 Partnership for 21st Century Learner, 2015a) การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ไปใช้อย่างรอบคอบและนำไปสู่การคิดค้น ออกแบบและใช้ศิลปะสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ที่มีความแปลกใหม่ที่เรียกว่า นวัตกรรม และเป็นการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority, 2018; Friday, 2007)

การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้ศิลปะเป็นพื้นฐานเพียงอย่างเดียว แต่แท้ที่จริงแล้ว ความคิดสร้างสรรค์ล้วนต้องอาศัยพื้นฐานมาจากองค์ความรู้หลากหลายสาขาวิชาและทุกกิจกรรมทางการศึกษาอีกด้วย เช่น งานออกแบบ ต้องอาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และฟิสิกส์ในการสร้างชิ้นงานและการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ดังนั้น พื้นฐานความรู้จากศาสตร์หลากหลายแขนง จึงมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งครูจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนและเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้และทำความเข้าใจประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียน (Cambridge Assessment International Education, 2018)

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการลงมือปฏิบัติอย่างมีขั้นตอน รอบคอบ และใช้วิธีการสอนที่เน้นการผลิตชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ เช่น การทำโครงการ ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งอธิบายกระบวนการและแนวคิดการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม รวมถึงเสนอตัวอย่างการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ที่เอื้อให้ผู้เรียนสามารถสร้างนวัตกรรมผ่านการทำโครงการได้อย่างมีคุณภาพ

องค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

P21 Partnership for 21st Century Learner (2015a) เสนอองค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไว้ 3 ด้าน คือ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานอย่างสร้างสรรค์กับผู้อื่น และการนำนวัตกรรมไปใช้ องค์ประกอบเหล่านี้มีตัวชี้วัดรวม 8 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. การคิดอย่างสร้างสรรค์ (think creatively) เป็นกระบวนการทางสมองที่มีการคิดหลากหลายทิศทางคิดแปลกใหม่จากเดิม ไม่ซ้ำ จนนำไปสู่การสร้างสิ่งใหม่ มีตัวชี้วัด 3 ข้อ คือ

1.1 ใช้เทคนิคที่หลากหลายเพื่อสร้างสรรค์แนวคิด เช่น ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น งานประดิษฐ์นี้มีข้อจำกัดอะไรบ้าง มีวิธีการใดบ้างที่ช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าว และแต่ละวิธีมีความเป็นไปได้ในการลงมือปฏิบัติมากน้อยเพียงใด หรืออาจใช้วิธีการระดมสมอง (brainstorming)

1.2 สร้างแนวคิดใหม่และคุ่มคำ รู้จักสังเกตและจดจำสิ่งรอบตัว วิเคราะห์ความเชื่อมโยงของเหตุการณ์ที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกันเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่

1.3 เพิ่มเติมรายละเอียด แก้ไขแนวคิดใหม่ให้ดีขึ้น วิเคราะห์และประเมินแนวคิด เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการสร้างสรรค์ให้มากที่สุด

2. การทำงานอย่างสร้างสรรค์กับผู้อื่น (work creatively with others) เป็นกระบวนการที่เกิดจากแรงขับสองส่วน คือ ตนเองและสภาพแวดล้อม กระตุ้นให้เกิดความกล้าคิด กล้าพูด กล้า-

ทำ ตัวชี้วัดที่แสดงถึงความสามารถในการทำงานอย่างสร้างสรรค์มี 4 ข้อ

2.1 พัฒนาและนำเสนอความคิดใหม่ไปใช้ และสื่อสารแนวคิดใหม่ให้แก่ผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 เปิดกว้างและตอบสนองต่อมุมมองใหม่และแตกต่าง นำข้อเสนอแนะและข้อมูลป้อนกลับของกลุ่มมาใช้ในการทำงาน

2.3 แสดงการริเริ่มและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ในการทำงาน เช่น กล้ายกมือนำเสนอแนวความคิดของตนเองในที่ประชุม การขอแนวความคิดใหม่ของสมาชิกทำงานทุกคนอย่างอิสระ วิจารณ์บนพื้นฐานของเหตุผลและความเป็นไปได้ ตลอดจนเข้าใจข้อจำกัดของโลกแห่งความจริงในการรับแนวคิดใหม่มาใช้

2.4 มองความผิดพลาดเป็นโอกาสของการเรียนรู้และพัฒนางานจนเกิดความสำเร็จ

3. การนำนวัตกรรมไปใช้ (implement innovation) เป็นกระบวนการนำสิ่งประดิษฐ์ใหม่หรือแนวความคิดใหม่ที่สร้างสรรค์ขึ้นไปทดลองใช้จริง โดยมีตัวชี้วัด คือ สร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อสาขาวิชาได้ตามความคิดสร้างสรรค์ที่คิดเอาไว้

จากตัวชี้วัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 8 ข้อ ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ผู้เรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ควรมีสรรถนะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

(1) ผู้เรียนสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิควิธีการที่หลากหลาย ปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่อย่างเต็มที่

(2) ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ สามารถสื่อสารแนวความคิดใหม่ เปิดรับต่อคำแนะนำเพื่อปรับปรุงการทำงาน

มีความเข้าใจกระบวนการสร้างสรรค์ที่ต้องใช้เวลาและอาจเกิดความล้มเหลวก่อนประสบผลสำเร็จ

(3) ผู้เรียนสามารถนำนวัตกรรมไปใช้ นำแนวความคิดใหม่ไปพัฒนาเป็นผลงานที่เป็นรูปธรรมนำไปสู่การพัฒนาเป็นนวัตกรรม

แนวทางการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้กับผู้เรียนวิทยาศาสตร์

การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างลักษณะส่วนบุคคลและสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ ลักษณะส่วนบุคคลที่เอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ เช่น การเปิดกว้างต่อประสบการณ์ ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ตนเอง การมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย ความรู้หรือความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน (domain knowledge) การเต็มใจรับความเสี่ยงที่เหมาะสม และการมีพลังเข้มแข็งต่อการเผชิญกับการวิพากษ์ นอกจากลักษณะส่วนบุคคลแล้ว สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีลักษณะส่วนบุคคลที่เอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ และช่วยสนับสนุนการพัฒนาการคิดสร้างสรรค์อีกด้วย เช่น สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่ยืดหยุ่น การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจตรวจสอบ การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ (P21 Partnership for 21st Century Learner, 2015b) การส่งเสริมให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างกลมกลืน เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้มีนักการศึกษาหลายท่านอธิบายไว้ ซึ่งได้สังเคราะห์และสรุปออกเป็น 5 ด้าน (Fatimah, 2018; Eggen and Kauchak, 2016; Starko, 2015) ดังต่อไปนี้

1. ด้านหลักสูตรและการกำหนดรายวิชา สถานศึกษาคควรมีหลักสูตรหรือรายวิชาที่

สอนเกี่ยวกับชีวิตและลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ ธรรมชาติของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังควรเน้นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการสร้างสรรค์นวัตกรรม เช่น มาตราส่วน เรขาคณิต เครื่องกล การใช้งานอุปกรณ์ช่าง การเขียนแบบแปลน การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

2. ด้านการออกแบบการสอน ครูควรออกแบบการสอนวิธีคิดสร้างสรรค์ให้แก่ผู้เรียนในรายวิชาหรือสาขาที่เรียน เช่น รายวิชาวิทยาศาสตร์ การสอนวิธีคิดสร้างสรรค์อยู่ในกระบวนการเรียนรู้ การศึกษาค้นคว้า การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการสร้างมโนทัศน์และลงข้อสรุปจากผลการสำรวจตรวจสอบ

3. ด้านการสร้างบรรยากาศห้องเรียนที่เอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ ครูควรมีการส่งเสริมแรงจูงใจภายในสำหรับการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีตัวเลือกในการทำงาน ได้คิดแบบยืดหยุ่น มีการค้นคว้าหาคำตอบ ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์และอภิปรายซักถาม มีการทำงานแบบร่วมมือและทำงานรายบุคคล มีการให้ข้อมูลป้อนกลับที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานและสนับสนุนส่งเสริมการประเมินตนเอง และสร้างบรรยากาศปลอดภัยในการแสดงแนวคิดหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ และแสดงความคิดเห็นของตนเองอย่างมีเหตุผล

4. ด้านการใช้สื่อการเรียนการสอน ครูควรช่วยเหลือผู้เรียนให้สร้างความรู้ในสาขาได้จากการลงมือปฏิบัติงาน โดยการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ เช่น โปรแกรมประยุกต์ที่จำเป็นในการออกแบบชิ้นงาน จัดหาแหล่งเว็บไซต์ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายและมากพอ ให้ผู้เรียนค้นคว้าและจุดประกายความคิดใหม่

5. ด้านการประเมินการเรียนรู้ ครูควรหลีกเลี่ยงการเปรียบเทียบและสร้างความกดดัน แต่ควรเน้นการประเมินเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาชิ้นงานที่ประจักษ์ชัดขึ้นให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

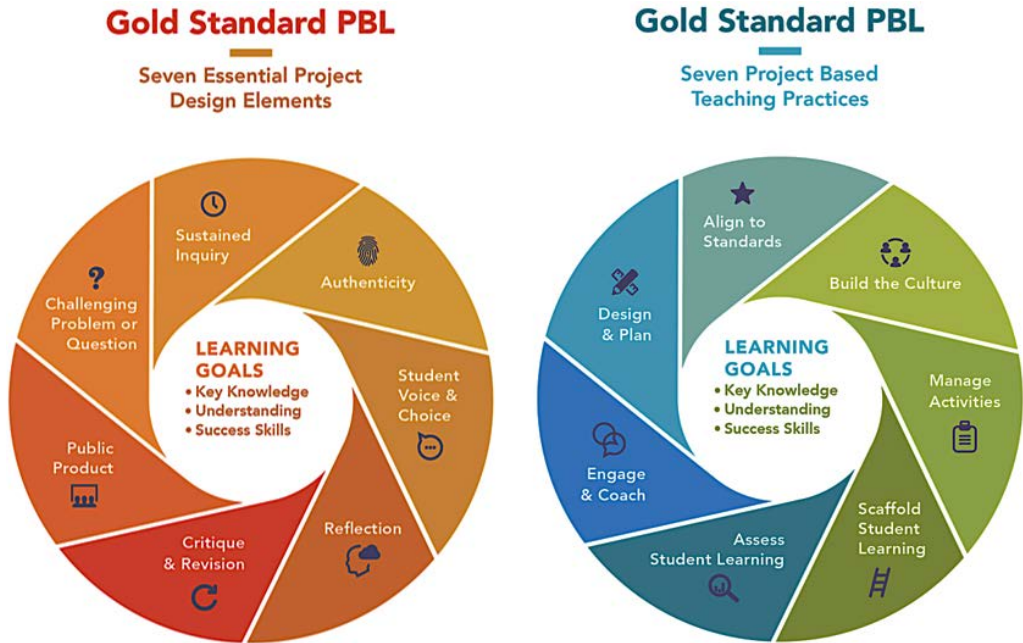
จากแนวทางที่เสนอโดยนักการศึกษาข้างต้น กล่าวได้ว่า การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ต้องพัฒนาให้ผู้เรียนมีลักษณะส่วนบุคคลที่เอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ เช่น การเปิดรับประสบการณ์ต่าง ๆ ความมั่นใจในความสามารถสร้างสรรค์งาน ความเข้มแข็งต่อการเผชิญกับการวิพากษ์และจัดสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการศึกษาค้นคว้า ทดลองและอภิปรายซักถาม ตลอดจนการใช้การประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมการประเมินตนเอง

จากโครงการ... สานสู่นวัตกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ผู้สอนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคย คือ การเรียนรู้จากการทำโครงการ (project-based learning: PBL) โครงการเป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะสำคัญในการเรียนรู้ อีกทั้งยังมุ่งให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้จินตนาการ พัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานผ่านการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้อย่างกว้างขวาง และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ดังนั้นเพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้จากการทำโครงการมีประสิทธิภาพสูงสุดและบรรลุเป้าหมายข้างต้น Buck Institute for Education (2018) จึงเสนอกรอบมาตรฐานของการทำโครงการที่มีคุณภาพ เรียกว่า

มาตรฐานขั้นสูงสุด (gold standard PBL) ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ คือ เป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียน (student learning goals) องค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบโครงการ 7 ด้าน

(seven essential project design elements) และแนวปฏิบัติของการสอนโครงการ (project-based teaching practices) ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ประกอบสำคัญของการออกแบบโครงการและแนวปฏิบัติการสอนโครงการอย่างเป็นทางการขั้นสูงสุด (Buck Institute for Education, 2018)

การจัดการเรียนการสอนโครงการให้มีคุณภาพและเป็นมาตรฐานขั้นสูงสุด มีองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. เป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยการทำโครงการอย่างมีมาตรฐานขั้นสูงสุด เน้นการพัฒนาด้านความรู้เชิงวิชาการและทักษะ โดยแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน คือ

1.1 ความรู้สำคัญ (key knowledge) หมายถึง เนื้อหา มโนทัศน์ และองค์ความรู้ ซึ่งการทำโครงการช่วยให้ผู้เรียนรู้จักการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริง แก้ปัญหาหาคำตอบจากข้อคำถามที่ซับซ้อน และสร้างชิ้น-

งานที่มีคุณภาพสูงได้

1.2 ความเข้าใจ (understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ขยายความ เนื้อหา มโนทัศน์ และองค์ความรู้ การทำโครงการจำเป็นต้องอาศัยการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา การสืบค้นแล้วเข้าใจ ช่วยให้ผู้เรียนตกผลึกความคิด มีความรู้ที่ลุ่มลึก และนำไปสู่ความเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์อย่างถ่องแท้

1.3 ทักษะความสำเร็จสำคัญ (key success skills) หมายถึง ทักษะการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานด้วยความรับผิดชอบ ทักษะ

การแก้ปัญหา ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และ ทักษะการสื่อสารความคิด การทำโครงการช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะเหล่านี้ และทำให้การทำงานเกิดความสำเร็จได้ในโลกศตวรรษที่ 21

2. องค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบโครงการ มี 7 ด้าน ดังต่อไปนี้

2.1 ปัญหาหรือข้อคำถามที่มีความท้าทาย (challenging problem or question) คือ การตั้งประเด็นปัญหาที่มีความหมาย หรือคำถามที่ต้องการหาคำตอบ ปัญหาที่ต้องแก้ไข หรือคำถามที่มีความท้าทายและเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน

2.2 การสืบสอบอย่างต่อเนื่อง (sustained inquiry) คือ การขยายผลของการตั้งคำถามไปยังการค้นหาแหล่งเรียนรู้และการประยุกต์ข้อมูลสารสนเทศไปใช้ ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานอย่างเข้มงวดจริงจัง

2.3 ประเด็นที่เกิดขึ้นจริง (authenticity) คือ การใช้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงในการทำโครงการ ทั้งในส่วนของภาระงานและเครื่องมือ มาตรฐานคุณภาพหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นของการทำงาน หรือประเด็นปัญหาที่ผู้เรียนสนใจตระหนักเป็นการส่วนตัว และเกิดขึ้นในชีวิตจริง

2.4 การแสดงความเห็นและทางเลือกของผู้เรียน (student voice and choice) คือ การให้โอกาสผู้เรียนได้ตัดสินใจบางอย่างในการทำโครงการ เช่น วิธีการทำงาน วิธีการสร้างสรรค์ผลงาน

2.5 การให้ผลป้อนกลับ (reflection) คือ การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ประสิทธิผลของการสืบสอบความรู้ และการปฏิบัติกิจกรรม คุณภาพงานของผู้เรียน ปัญหาและอุปสรรค และวิธีการแก้ไขหรือเอาชนะ

อุปสรรค

2.6 การวิจารณ์และการปรับปรุง (critique and revision) คือ การนำผลจากข้อมูลป้อนกลับมาพัฒนา ปรับปรุงกระบวนการทำงาน และผลงาน

2.7 ผลงานสู่สาธารณะ (public product) คือ การเผยแพร่ผลลัพธ์ของการทำโครงการโดยการอธิบาย จัดแสดง และ/หรือ การนำเสนอโครงการของผู้เรียนนอกห้องเรียน

3. การสอนโครงการอย่างมีมาตรฐานขั้นสูงสุด มีแนวทางปฏิบัติสำหรับครู 7 ข้อ ดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบและวางแผนกิจกรรม (design and plan) ครูมีบทบาทในการปรับโครงการให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน รวมถึงพิจารณาถึงสิ่งที่ให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเองได้และไม่ได้

3.2 การวางเกณฑ์มาตรฐาน (align to standards) ครูจำเป็นต้องมีเกณฑ์มาตรฐานเพื่อประเมิน การออกแบบโครงการของผู้เรียนในเบื้องต้นว่าครอบคลุมด้านความรู้สำคัญ ความเข้าใจแล้วหรือไม่

3.3 การสร้างวัฒนธรรมการทำงาน (build the culture) ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนมีอิสระและพัฒนาความคิดโดยการตั้งคำถามปลายเปิด การสร้างจิตวิญญาณของการทำงานเป็นทีม เอาใจใส่ในคุณภาพของผลงาน

3.4 การจัดการด้านกิจกรรม (manage activities) ครูเลือกใช้วิธีการจัดการเกี่ยวกับการทำงานกับผู้เรียนอย่างเหมาะสมและเป็นระบบ เช่น การมอบหมายภาระงาน การกำหนดตารางงาน การตรวจสอบความก้าวหน้าของชิ้นงานและนำเสนอสาธารณะ

3.5 การช่วยส่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (scaffold student learning) ครูจัดเตรียมบทเรียน สื่อการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนไปถึงเป้าหมายของการทำโครงการ

3.6 การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน (assess student learning) ครูควรประเมินผลด้านความรู้สำคัญ ความเข้าใจและทักษะความสำเร็จ ทั้งระหว่างการทำงานและหลังการทำโครงการเสร็จสิ้น นอกจากการประเมินโดยครูแล้ว อาจมีการประเมินตนเองและประเมินโดยเพื่อนร่วมด้วย

3.7 การสร้างความสนใจและการฝึกฝน (engage and coach) ครูสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนเพื่อการเรียนรู้ วิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียนและให้ผลป้อนกลับ ให้กำลังใจในการทำงาน และยกย่องชมเชย

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ เห็นได้ว่า การสอนด้วยโครงการด้วยมาตรฐานขั้นสูงสุดตามแนวคิดของ Buck Institute for Education ให้ครบทุกองค์ประกอบสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านความรู้เนื้อหาลักษณะที่ฝึกการคิดอย่างลุ่มลึก สื่อสารเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างคล่องแคล่ว เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ผ่านการฝึกการทำงานภายใต้บริบทโลกแห่งความเป็นจริง

ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยการลงมือทำโครงการด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานขั้นสูงสุด

คณะผู้นิพนธ์ได้นำแนวคิดการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการตามมาตรฐานขั้นสูงสุดไปใช้จริงในชั้นเรียนรายวิชานวัตกรรม

การสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับปริญญาบัณฑิต รายวิชาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้พัฒนา นวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาของการจัดการเรียนการสอน

กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ การสร้างแนวคิดใหม่เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคในการจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ การนำแนวคิดใหม่ไปปฏิบัติสร้างเป็นผลงานนวัตกรรม และการเผยแพร่นวัตกรรมที่สร้างขึ้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้

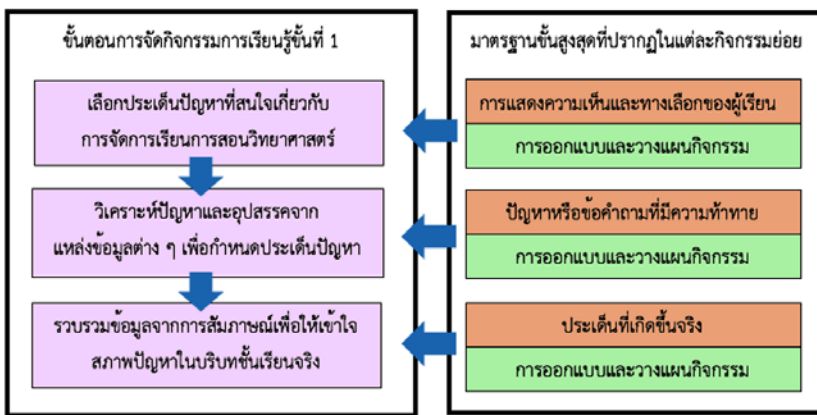
ในคาบเรียนแรก ผู้สอนแนะนำรายวิชาให้ผู้เรียนทราบถึงจุดประสงค์ของการเรียน ที่มุ่งเน้นการให้ผู้เรียนพัฒนานวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ การทำงานดังกล่าวต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเอกของตนเอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ ตลอดจนการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากนั้นให้ผู้เรียนเลือกประเด็นปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สนใจ เพื่อสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ผู้เรียนศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จากเอกสาร ตำรา แบบเรียน ข้อมูลจากสื่อเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการพูดคุยซักถามครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนและนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จากนั้นนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นปัญหาที่สนใจ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนศึกษาวิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอน

ชีววิทยา เรื่อง การเคลื่อนที่ของแมลงแล้วพบว่า บทเรียนนี้ส่วนใหญ่มักจัดการเรียนการสอนด้วยการบรรยายและใช้ภาพจากหนังสือหรือวีดิทัศน์ ประกอบการเรียนรู้จึงเป็นแบบคอยรับความรู้ (passive learning) และสร้างความเข้าใจเรื่องการเคลื่อนไหวและกลไกการเคลื่อนที่ของขาและปีกแมลงด้วย การฟังและจดจำจากภาพ ส่งผลให้ความรู้ไม่

คงทนเพราะไม่ได้สร้างความเข้าใจด้วยตนเอง นิสิตจึงสนใจผลิตนวัตกรรมการสอนชีววิทยาที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้แบบเชิงรุก (active learning) และสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง

จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น สามารถวิเคราะห์สรุปขั้นตอนการสอนและความสอดคล้องกับมาตรฐานขั้นสูงสุด ดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์มาตรฐานขั้นสูงสุดในแต่ละขั้นตอนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1: การศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้

2. การสร้างแนวคิดใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรค ผู้สอนนำผู้เรียนอภิปราย 3 ประเด็นดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะสำคัญของนวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ นวัตกรรมอาจเป็นแนวคิด การปฏิบัติ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือดัดแปลงมาจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้ทันสมัยและใช้ได้ผลดียิ่งขึ้น เมื่อนำนวัตกรรมมาใช้ จะช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิมทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน

2.2 ประเภทและตัวอย่างนวัตกรรม อาทิ สื่อแบบจำลอง 3 มิติ สื่อแอนิเมชัน สื่อการทดลองเสมือนจริง (virtual lab) สื่อความเป็นจริง

เสมือน (augmented reality) สื่อสิ่งประดิษฐ์อุปกรณ์การทดลอง สื่อเกม

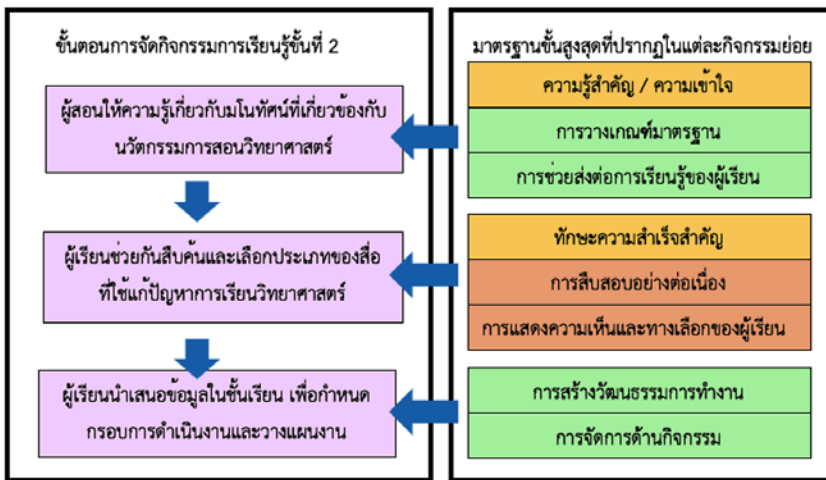
2.3 ธรรมชาติของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ การลงมือปฏิบัติ การสำรวจ การสืบสอบ การทดลอง การอภิปรายดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนมีกรอบการคิดในการสร้างนวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์

จากนั้นผู้เรียนศึกษาค้นคว้า จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยเพื่อให้ได้แนวคิดที่นำมาใช้แก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอน ตัวอย่าง เช่น เรื่องการเคลื่อนที่ของแมลง ผู้เรียนสืบค้นแนวคิดต่าง ๆ แล้วเลือกแนวคิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติมาเป็นพื้นฐานของการวางแผนสร้างนวัตกรรมการสอนชีววิทยาประเภทสื่อ

แบบจำลอง (model) ซึ่งแสดงโครงสร้างและกลไก การเคลื่อนไหวของขาและปีกแมลง ที่สามารถ ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อขาของแมลงจาก การงอและเหยียดขาแบบจำลอง ศึกษาการทำงาน ของกล้ามเนื้อปีกจากการขยับปีกแบบจำลอง

ขึ้นและลง

การปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้สามารถวิเคราะห์สรุปขั้นตอนการสอนและความสอดคล้อง กับมาตรฐานขั้นสูงสุด ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์มาตรฐานขั้นสูงสุดในแต่ละขั้นตอนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2: การสร้างแนวคิดใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรค

3. การนำแนวคิดไปปฏิบัติสร้างเป็นผลงานนวัตกรรม

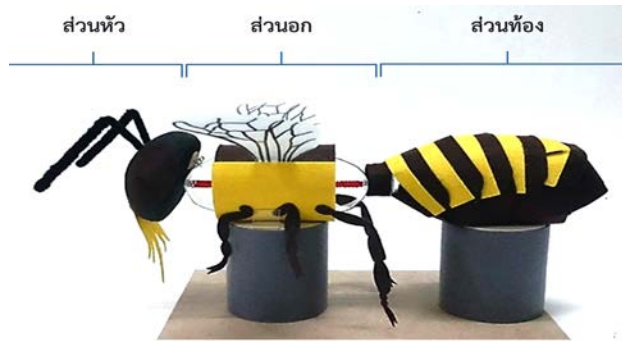
3.1 การออกแบบนวัตกรรม ผู้เรียน ศึกษาข้อดี ข้อจำกัด และข้อบกพร่องของนวัตกรรมที่มีอยู่เดิม แล้วนำข้อดีมาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น แก้ไขข้อบกพร่องหรือข้อจำกัดที่มีอยู่ให้ลดน้อยลง จากนั้นร่างแบบที่จะปรับปรุงหรือดัดแปลงสื่อ เพื่อให้ใช้งานได้ดีมากขึ้น มีความทันสมัย และแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอนได้หรือผู้เรียน อาจารย์เริ่มออกแบบร่างนวัตกรรมขึ้นเอง ไม่ได้พัฒนาต่อยอดจากของเดิม เมื่อร่างแบบหรือออกแบบนวัตกรรมเสร็จแล้ว ผู้เรียนนำเสนอร่างแบบเสนอหน้าชั้นเรียนโดยอธิบายความสำคัญและความเป็นมาในการสร้างนวัตกรรมชิ้นนี้ รวมทั้งอธิบายองค์ประกอบและรายละเอียดต่าง ๆ เช่น

ขนาดและรูปร่าง วัสดุที่จะใช้ วิธีการใช้นวัตกรรม การสอน จากนั้นผู้สอนนำผู้เรียนอภิปรายและให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานในประเด็นต่อไปนี้ (1) ความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับนวัตกรรมเดิมที่มีอยู่ (2) ความเป็นประโยชน์ แก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอน พัฒนาการเรียนรู้ในบทเรียนและทักษะการคิด (3) ความทันสมัย (4) การนำไปใช้ ใช้ง่าย สะดวก และ (5) ความคุ้มค่า

3.2 การผลิตนวัตกรรม ผู้เรียนลงมือผลิตนวัตกรรมต้นแบบ (prototype) ตามแบบที่ได้ร่างไว้ กรณีนวัตกรรมประเภทแบบจำลองหรือสิ่งประดิษฐ์ ผู้เรียนอาจสร้างนวัตกรรมต้นแบบโดยย่อขนาดและใช้วัสดุที่เลียนแบบวัสดุจริงเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานว่าเป็นไปตาม

ที่คิดออกแบบไว้หรือไม่ ต้องแก้ไข ปรับปรุง อะไรบ้าง หลังจากสร้างนวัตกรรมต้นแบบแล้ว ผู้เรียนทดสอบการทำงานของนวัตกรรมต้นแบบว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียน

แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และปรับปรุงนวัตกรรมต้นแบบอีกครั้ง จากนั้นลงมือผลิตนวัตกรรมจริง นวัตกรรมการสอนชีววิทยาที่ผู้เรียนพัฒนาขึ้นดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 นวัตกรรมการสอนชีววิทยาประเภทแบบจำลอง ชื่อแบบจำลองการเคลื่อนที่ของแมลง ผลงานนิสิตปริญญาบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์)

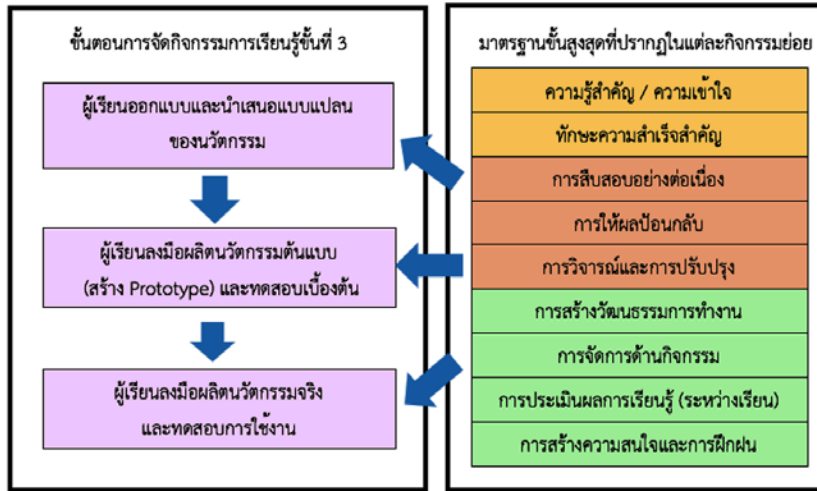
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรม ผู้เรียนนำนวัตกรรมมาทดลองสอนในสถานการณ์จำลองห้องเรียน จัดการเรียนการสอนและใช้นวัตกรรมตามที่ได้ออกแบบกิจกรรมไว้ โดยให้เพื่อน ๆ แสดงบทบาทสมมติเป็นนักเรียนและผู้เรียนเจ้าของนวัตกรรมแสดงบทบาทเป็นครูผู้สอน มีการนำเข้าสู่บทเรียน แบ่งกลุ่มนักเรียน (ถ้ามี) นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเรียนรู้ผ่านนวัตกรรม เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนและสรุปบทเรียน ในขณะที่กำลังจัดกิจกรรมนั้นมีการบันทึกเทปเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้นวัตกรรม หลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนแล้ว ผู้สอนนำผู้เรียนอภิปรายผลของการใช้นวัตกรรมในสถานการณ์จำลองห้องเรียนของผู้เรียนแต่ละคน อาจเริ่มจากให้ผู้เรียนเจ้าของนวัตกรรมเป็นผู้สะท้อนคิดเพื่อประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมของตนเอง จากนั้นจึงให้เพื่อน ๆ อภิปรายและให้ข้อมูล

ป้อนกลับร่วมกัน หรือให้เพื่อน ๆ อภิปรายร่วมกันและให้ข้อมูลป้อนกลับก่อน แล้วจึงให้เจ้าของผลงานเป็นผู้สะท้อนคิดก็ได้ การนำนวัตกรรมการสอน เรื่อง การเคลื่อนที่ของแมลง ไปใช้ทดลองสอนเพื่อน และให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อปรับปรุงนวัตกรรม

การปฏิบัติกิจกรรมในขั้นสร้างนวัตกรรมสามารถวิเคราะห์สรุปขั้นตอนการสอนและความสอดคล้องกับมาตรฐานขั้นสูงสุดดังในภาพที่ 5

4. การเผยแพร่นวัตกรรม

ผู้เรียนทุกคนเผยแพร่นวัตกรรมที่ปรับปรุงและแก้ไขให้สมบูรณ์แล้วเผยแพร่แก่สาธารณะในลักษณะการจัดแสดงนิทรรศการ สาธิตการใช้นวัตกรรม นำเสนอสถานการณ์จำลองการใช้นวัตกรรม และเผยแพร่ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ของสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ การเผยแพร่ผลงานนวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์แก่สาธารณะโดยการจัดแสดงนิทรรศการ ดังในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์มาตรฐานขั้นสูงสุดในแต่ละขั้นตอนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นที่ 3: การนำแนวคิดไปปฏิบัติสร้างเป็นผลงานนวัตกรรม



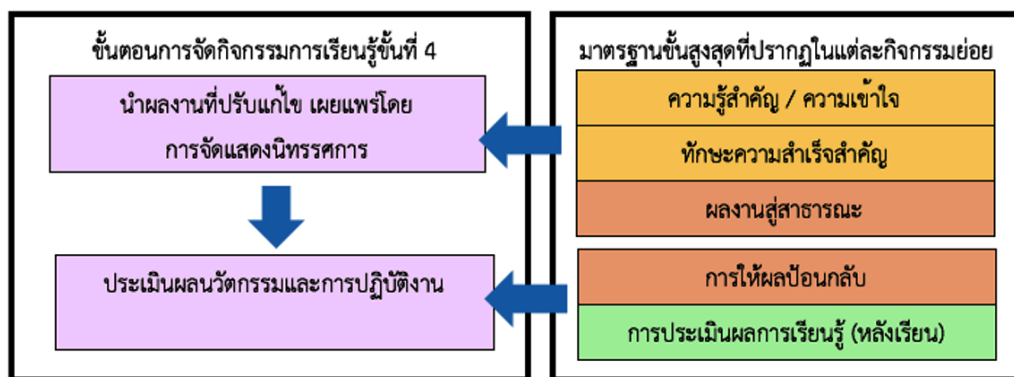
ภาพที่ 6 การเผยแพร่นวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์โดยการจัดแสดงนิทรรศการ

หลังจากมีการเผยแพร่ผลงานแล้ว ผู้สอนได้ให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดเห็นในการพัฒนาความรู้สำคัญ ความเข้าใจ และการพัฒนาทักษะที่จำเป็น หลังการเรียนรู้ด้วยการทำโครงการ ประเด็นสำคัญที่ใช้ในการสะท้อนความคิด เน้นในด้านอุปสรรคและข้อจำกัดในการนำนวัตกรรม การสอนวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชั้นเรียนและแนวทางในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาวัตกรรมการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น นวัตกรรมที่ใช้ผ่านสมาร์ตโฟนจำเป็นต้องใช้ระบบปฏิบัติการที่สอดคล้องกับแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น นวัตกรรมประเภทสื่อสามมิติจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความ

คงทนเมื่อนำมาใช้ซ้ำ แนวทางการใช้คำถามที่สอดคล้องไปกับนวัตกรรมที่พัฒนาไปใช้ในชั้นเรียน การฝึกให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองหลังใช้นวัตกรรมช่วยทำให้เกิดความเข้าใจองค์ความรู้ในสาขาวิชาเฉพาะทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เนื่องจากการออกแบบ ผลิต และสร้างสรรค์ชิ้นงานที่มีคุณภาพได้ต้องมาจากความเข้าใจองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องนั้นอย่างลึกซึ้งมากพอ จึงจะสามารถนำไปใช้ในเป็นนวัตกรรมการสอนให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาเกิดความเข้าใจและบรรลุวัตถุประสงค์ของการสอน ในด้านทักษะ ผู้เรียนมีความเห็นว่า ตนเองได้รับการพัฒนาทักษะ

การแก้ปัญหา โดยเฉพาะการปรับปรุงชิ้นงานให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานขั้นสูง สุด ผักกาดการบริหารจัดการเรื่องงบประมาณ เวลา และการวางแผนงานเป็น การเรียนในรายวิชานี้ช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานและสามารถ

เอาไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานสอนจริงในสถานศึกษาได้เป็นอย่างดี การปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้สามารถวิเคราะห์สรุปขั้นตอนการสอนและความสอดคล้องกับมาตรฐานขั้นสูงสุดดังในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์มาตรฐานขั้นสูงสุดในแต่ละขั้นตอนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4: การเผยแพร่ นวัตกรรม

บทสรุป

การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นสมรรถนะสำคัญที่ควรพัฒนาและส่งเสริมให้ผู้เรียนผ่านการทำโครงการ เนื่องจากลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนมีลักษณะที่เอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ สนับสนุนการศึกษาค้นคว้า ทดลอง และอภิปรายซักถาม โครงการที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานต้องวางเป้าหมายให้ผู้เรียนเกิดความรู้สำคัญ มีความเข้าใจในองค์ความรู้เฉพาะด้าน และมีทักษะความสำเร็จสำคัญ โครงการที่มีมาตรฐานควรมีองค์ประกอบสำคัญตามกรอบแนวคิดของ Buck Institute for Education กล่าวคือ โครงการควรเริ่มจากปัญหาหรือข้อคำถามที่มีความท้าทายและเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ใช้กระบวนการสืบสอบอย่างต่อเนื่อง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นฝึกให้มีการวิพากษ์วิจารณ์เพื่อพัฒนาผลงาน ให้ผลป้อนกลับกับผู้

เรียนอย่างต่อเนื่อง และเผยแพร่นวัตกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นออกสู่สาธารณะ องค์ประกอบเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนหรือไม่ขึ้นอยู่กับครูผู้สอนได้วางบทบาทและหน้าที่ของตนเองในกิจกรรมโครงการไว้อย่างไร ทั้งนี้ควรเป็นไปตามกรอบมาตรฐานขั้นสูงสุดดังต่อไปนี้ คือ ครูต้องมีการวางแผนและออกแบบกิจกรรมให้เหมาะกับบริบทผู้เรียน กำหนดเกณฑ์การประเมินผลงานให้ครอบคลุมความรู้สำคัญและความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง สร้างวัฒนธรรมการทำงานเป็นทีมให้กับผู้เรียน วางแผนการจัดการผู้เรียนอย่างเป็นระบบ ส่งเสริมให้คำแนะนำและผลป้อนกลับกับผู้เรียน เพื่อให้สามารถผลิตผลงานได้ตามมาตรฐานและมีคุณภาพ เมื่อครูได้วางบทบาทหน้าที่และปฏิบัติ การดูแลผู้เรียนดังที่กล่าวมาข้างต้น จะส่งผลให้ผู้เรียนไปสู่ความสำเร็จในการทำงาน สามารถริเริ่มและผลิตนวัตกรรมที่มีคุณภาพ มีความหมายต่อการ

เรียนรู้ และสามารถแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน

เอกสารอ้างอิง

- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority. (2018). **Critical and Creative Thinking**. Retrieved from <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/general-capabilities/critical-and-creative-thinking/>, September 1, 2018.
- Buck Institute of Education. (2018). **What Is PBL**. Retrieved from: <https://www.pblworks.org/what-is-pbl>, September 1, 2018.
- Cambridge Assessment International Education. (2018). **Developing the Cambridge Learner Attributes**. Retrieved from <http://www.cambridgeinternational.org/.../426483-chapter-4-innovation-and-creativity.pdf>, August 7, 2018.
- Eggen, D. P., and Kauchak, P. D. (2016). **Educational Psychology: Windows on the Classroom**. Pearson: Malaysia.
- Fatimah, B. P. (2018). **Creativity and Innovation in Teaching and Learning, Supervision and Assessment**. Retrieved from <http://languageacademy.utm.my/fatima/innovation-and-creativity-in-teaching-and-learning-approach/>, August 15, 2018.
- Friday, O. O. (2007). **The value of creativity and innovation in entrepreneurship**. Retrieved from <http://www.asiaentrepreneurshipjournal.com/AJESIII2Okpara.pdf>, September 1, 2018.
- Starko, J. A. (2015). **Creativity in the Classroom**. Taylor & Francis: New York.
- The Partnership for 21st Century Learning. (2015a). **P21's framework for 21st Century Learning**. Retrieved from <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>, August 21, 2018.
- The Partnership for 21st Century Learning. (2015b). **What We Know about Creativity**. Retrieved from http://www.p21.org/storage/documents/docs/Research/P21_4Cs_Research_Brief_Series-Creativity.pdf, August 15, 2018.