

วารสารชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพครู

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2564) หน้า 75 - 95

Journal of Teacher Professional Learning Community (JTPLC)

Vol. 1, No. 1, pp. 75-95, January – June 2021

<https://so05.tci-thaijo.org/index.php/jtplc>



การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาในศตวรรษที่ 21 The 21st Century Biology Teaching and Learning

นภาพรณ ไพรพยอม

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (มอดินแดง) จังหวัดขอนแก่น

Napaphan Praipayom

Khon Kaen University Demonstration Secondary School (modindaeng),

Khon Kaen Province, Thailand

Corresponding author email: inapap@kku.ac.th

Received: 1 June 2021

Revised: 15 June 2021

Accepted: 30 June 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายยุทธวิธีและแนวทางการจัดการเรียนรู้ สำหรับชีววิทยา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะที่สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากมโนคติชีววิทยา อยู่ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เป็นสาระการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการให้มี การค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาโดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และมีการลงมือปฏิบัติจริง บทความนี้ จึงนำเสนอ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ที่เน้นให้นักเรียนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและตอบโจทย์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะนำเสนอจะช่วยให้ครูชีววิทยา สามารถเชื่อมต่อกับนักเรียนเจนเนอเรชัน Z (Generation Z) ได้บนพื้นฐานของปรัชญาการสร้างสรรค์องค์ความรู้ บทความนี้ จึงอภิปรายแนวทางในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูชีววิทยากับนักเรียนเจนเนอเรชัน Z (Generation Z) ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาในสถานศึกษา จากนั้นจะนำเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดที่กล่าวข้างต้น 5 วิธี ได้แก่ (1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry 5E) (2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม STS (Science Technology and Social) (3) การจัดการเรียนรู้แบบการใช้โครงงานเป็นฐาน (Project base Learning) (4) การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) (5) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Stem Education) ผู้เขียน เชื่อว่าบทความนี้จะ เป็นประโยชน์ในการจัดการรู้ชีววิทยา และจะเป็นแนวทางผู้สอนและผู้เรียนจะได้เปลี่ยนบทบาทของตนเองเพื่อการเรียนรู้ที่ยั่งยืน สำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21

คำสำคัญ : ทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21, แนวทางการจัดการเรียนรู้, การจัดการเรียนรู้นบนฐานการสร้างสรรค์องค์ความรู้, นักเรียนเจนเนอเรชัน Z, ชีววิทยา

Abstract

The article aimed to clarify Biology teaching approach and strategies for enhancing students' knowledge and skills that will be required in the 21st century. Biology is science and technology content standard which need to be provided through connecting knowledge in everyday life, constructivist teaching and learning as inquiry and problem solving. Students will be engaged to participate in and practice knowledge through scientific inquiry and problem solving. The article, then, present biology teaching approaches and strategies that allow students to apply knowledge in everyday life and obtain the goal of Thailand content standard for basic education B.E. 2551 (revised B.E. 2560). And, these approaches and strategies probably allow teachers to connect to Generation Z student based on philosophy of constructivism. The article discussed significances of biology teaching and learning for enhancing students' skills in the 21st century based on student centred, biology teacher and Gen Z students, and state of problem of biology teaching in school setting. Regarding on above arguments, the article presents 5 approaches or strategies. These included (1) 5E inquiry cycle, (2) Science, Technology, and Society (STS) approach, (3) project based learning, (4) open approach, and (5) STEM education. The author believed that the article may have implications for biology teaching and learning. Teachers and learners may get some ideas to change their role as sustainable teaching and learning for surviving in the 21st century.

Keywords: the 21st century skills, teaching approach, constructivist teaching, gen Z students, biology

1. บทนำ

จากพระบรมราโชวาทของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่กล่าวว่า “บทบาทสำคัญของการเป็นครูคือการพัฒนาประเทศให้เจริญมั่นคงและก่อนที่จะพัฒนาบ้านเมืองให้เจริญได้นั้นจะต้องพัฒนาคนซึ่งได้แก่ เยาวชนของชาติเสียก่อนเพื่อให้เยาวชนเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณค่าสมบูรณ์ทุกด้านจึงสามารถช่วยกันสร้างความเจริญให้แก่ชาติต่อไป” คำกล่าวนี้ยังมีความทันสมัยในปัจจุบันและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสำคัญ 5 ประการคือ ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี ในการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีทั้งหมด 8 สาระนั้นก็มีเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้และมีมาตรฐานครอบคลุมตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญดังกล่าว

การศึกษาในประเทศไทยที่ผ่านมาได้ยึดหลักตามความคิดของนักคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ที่ยึดถือทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้กับผู้รู้ (โชคชัย ยืนยง, 2561) โดยที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันนี้คือทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ (constructivism) ซึ่งเชื่อกันว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย ก่อนที่ครูจะจัด การเรียนการสอนให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบตรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนแต่ละคนสร้างความหมายมโนคติ (Tupsai et.al., 2015; Udomkan et.al., 2015; Yuenyong and Thathong, 2015)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ให้แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับผู้เรียนแต่ละบุคคล เป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยให้สอดคล้องกับความถนัดความสนใจและความต้องการของตน และผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ตั้งแต่วางแผนการเรียนรู้ การลงมือปฏิบัติ การฝึกทักษะกระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูลด้วยตัวเองและผู้เรียนสามารถประเมินความก้าวหน้าของตนเองได้ รวมถึงสามารถเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่เพื่อสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตัวเอง (โชคชัย ยืนยง, 2561) แต่เมื่อเทคโนโลยีสารสนเทศมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ทุกส่วนของโลกสามารถรับรู้ข้อมูลข่าวสารและเชื่อมต่อกันได้อย่างไร้พรมแดน โดยผ่านเครื่องมือดิจิทัลต่างๆ เช่น ไอแพด (Ipad) ไอโฟน (Iphone) สมาร์ทโฟน (Smart phone) คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) เป็นต้น จากสภาพการณ์ของโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนี้ ส่งผลให้ผู้เรียนในยุคปัจจุบันต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในด้านต่างๆ เช่น การใช้ชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ การสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีคุณภาพ พร้อมทั้งต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ที่ทันสมัยและมีทักษะในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นผู้เรียนในยุคนี้จะมีแค่ความเป็นเลิศในเนื้อหาสาระของการเรียนรู้หลักแต่เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพออีกต่อไปแล้ว ผู้เรียนต้องมีทั้งความรู้ทั้งในเนื้อหาสาระหลักและมีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ที่จะถูกนำไปใช้ในการปรับเปลี่ยนความรู้ที่ได้รับมาให้เข้ากับเป้าหมายที่เป็นประโยชน์กับตัวเองและผู้อื่นตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน และขณะเดียวกันครูต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้บอกกล่าว เล่า สาคิต เป็นการแนะนำให้ผู้เรียนมีบทบาทและมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตตามสมรรถนะสำคัญ ซึ่งอาจทำได้โดยผู้สอนต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้สอนต้องกระตุ้นหรือจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เกิดคำถามหรือข้อสงสัยที่ยากค้นพบหรือหาคำตอบที่สงสัยนั้น โดยการลงมือปฏิบัติผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบอย่างสม่ำเสมอ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูลและสามารถวิเคราะห์หรือเลือกข้อมูลที่ได้มาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. แนวทางในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมทางการศึกษาด้วยเช่นกัน ผู้คนในยุคศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะที่เพิ่มเติมจากคนในศตวรรษที่ 20 และ 19 โดยเครือข่าย P21 เห็นว่า เด็กเยาวชนจำเป็นต้องมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมซึ่งมีองค์ประกอบคือ 3R 7C ซึ่ง 3R จะประกอบด้วย ทักษะการอ่าน (Reading) ทักษะการเขียน (Writing) และทักษะเลขคณิต (Arithmetic) ส่วน 7C ประกอบด้วย ทักษะ 7 ด้าน คือ ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and problem solving) ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (communications, information, and media literacy) ด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (collaboration,

teamwork and leadership) ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation) ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (computing and ICT literacy) ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง (career and learning self-reliance) ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ (cross-cultural understanding) ซึ่งทักษะเหล่านี้จะต้องอาศัยการจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ การจัดการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้รูปแบบเดิมๆ ในการจัดการเรียนการสอน คือ เน้นการถ่ายทอดความรู้จากครูผู้สอนเพียงอย่างเดียวซึ่งคงยังไม่สามารถจัดการศึกษาให้ตอบโจทย์การปฏิรูปการศึกษาของไทยได้ดังจะเห็นได้จากผลการสำรวจของ IMD World Competitiveness 2012 พบว่าความสามารถในการแข่งขันของไทยภาพรวมอยู่ในอันดับที่ 30 ด้านการศึกษาอยู่ในอันดับที่ 52 และจากผลการจัดอันดับจาก WEF (The World Economic Forum) ไทยถูกจัดอยู่อันดับที่ 77 ซึ่งจากผลการสำรวจดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นในการปฏิรูปการจัดการศึกษาของไทยที่จะต้องเร่งดำเนินการอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ความรู้มากมายที่ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลโดยผ่านทักษะต่างๆ ตามความถนัดและสนใจของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในฐานะที่ผู้เขียนสอนวิชาชีววิทยายังมองเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยาซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้ที่ 4 ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีสาระสำคัญหลายอย่างที่เกี่ยวข้องการใช้ชีวิตในปัจจุบัน เช่นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การเข้าใจระบบการทำงานของร่างกายเพื่อให้เกิดสุขอนามัยที่ดีอันจะนำไปสู่การมีสังคมที่อยู่ดีมีสุขและรู้วิธีการอนุรักษ์ธรรมชาติให้คงอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาเยาวชนให้เป็นพลเมืองที่น่าพาประเทศไปสู่โมเดลไทยแลนด์ 4.0 ที่มีเป้าหมายพัฒนาประเทศให้เป็นประเทศโลกที่หนึ่งภายในปี 2579 (Jedaman et.al., 2018) ด้วยการพัฒนาที่สมดุล 4 มิติ ได้แก่ มีความสมดุลในความมั่นคงทางเศรษฐกิจ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การมีสังคมที่อยู่ดีมีสุข และการเสริมสร้างภูมิปัญญามนุษย์ โดยครูต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนรู้ซึ่งครูชีววิทยาและผู้เรียนต้องร่วมมือกันในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำเอาประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ได้จริง

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 นั้นมีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและทันทั่วทั้งที่ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ผู้สอนจึงต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนด้านต่างๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และด้านทักษะอื่นๆ ตลอดจนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักคิดและสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะชีววิทยาในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติต่อไป (Jedaman et.al., 2018; Yuenyong, 2019) ชีววิทยาเป็นส่วนหนึ่งของสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองอย่างหลากหลายเหมาะสม โดยกำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้ การศึกษาชีววิทยา สารเคมีในสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและ

การถ่ายทอด วิวัฒนาการและความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่างๆของพืชดอก ระบบและการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาในยุคของการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนี้ ต้องคำนึงแนวคิดเกี่ยวกับทักษะแห่งอนาคตใหม่ ซึ่งได้รับการพัฒนาได้รับการพัฒนาจากเครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21th Century Skill : 21) ที่ต้องการให้เยาวชนมีทักษะ 3R 7C โดยกรอบแนวคิดนี้นำเสนอทั้งในส่วนของผู้ผลิตผู้เรียน และระบบสนับสนุนต่างๆ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (ปรับจาก Trilling and Fadel, 2009: p.173)

จากกรอบแนวคิดจะเห็นว่าพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ต้องมีสมรรถนะจำเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม , ทักษะชีวิตและอาชีพการทำงาน และทักษะสารสนเทศสื่อและเทคโนโลยี ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเพื่อพัฒนาทักษะเหล่านี้สามารถทำได้โดยผสมผสานบูรณาการควบคู่ไปกับการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจทำได้โดยสถานศึกษาต้องมีการจัดระบบต่างๆเช่น มีหลักสูตรสถานศึกษาที่ทันสมัย มีสื่อการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและสภาพแวดล้อมต่างๆที่สามารถส่งเสริมสนับสนุนผู้เรียนเป็นผู้รู้หนังสือและมีทักษะในการสืบค้นข้อมูลความรู้ได้ด้วยตนเอง อันนำไปสู่การเป็นผู้มีความรู้ด้านวิชาการที่เข้มแข็งและมีทักษะตามสมรรถนะที่จำเป็นได้อย่างครบถ้วน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์สื่อสารและทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สสวท.,2560) ครูผู้สอนจะต้องทำงานหนักในการเปลี่ยนแปลงตัวเองเพื่อเป็นผู้ชี้แนะและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายของหลักสูตรเพื่อสร้างสมรรถนะของผู้เรียนให้พร้อมสำหรับการเป็นคนไทยยุคไทยแลนด์ 4.0 และผู้เรียนต้องเปลี่ยนบทบาทตัวเองจากการเป็นผู้รับฟัง มาเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริงในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่างๆอย่างต่อเนื่อง, สามารถใช้เทคโนโลยีในการสืบ

เสาะหาความรู้, ออกแบบและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาที่สงสัย, ค้นคว้ากับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง, มีโอกาสนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปบูรณาการกับความรู้จากแขนงวิชาอื่นๆ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. ครูชีวิตวิทยากับนักเรียนเจนเนอเรชัน Z (Generation Z)

นักเรียนในยุคปัจจุบันนี้เป็นนักเรียนที่เกิดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 (ปี ค.ศ. 2000) เป็นต้นมา ถือว่าเป็นนักเรียนในยุคที่เราเรียกว่า เด็ก Gen Z ซึ่งพวกเขาเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะตัวคือ เกิดและเติบโตมาพร้อมกับความสะดวกสบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อยู่ในครอบครัวที่มีความหลากหลายด้านเชื้อชาติ ภาษาและวัฒนธรรม ทำให้สามารถสื่อสารแบบ Multi – task มีความเป็นตัวของตัวเองสูง มีทักษะการคิดวิเคราะห์ มีความคิดสร้างสรรค์ และมีความสงสัย อยากรู้อยากเห็นตลอดจนมีทักษะเป็นผู้ประกอบการ มีความปรารถนาที่จะเปลี่ยนโลกหรือทำสิ่งที่ที่ดีให้เกิดขึ้นจนประสบความสำเร็จและมักจะใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่กับคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน แต่เป็นผู้มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ มีจิตอาสาและนึกถึงผู้อื่นด้วย (อุดม คชินทร, 2560) เด็ก Gen Z คือวัยของการค้นหาตัวตนและต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงมากกว่าเชื่อว่าแค่ทำงานหนักจะประสบความสำเร็จ เด็ก Gen นี้จึงต้องเน้นไปที่การค้นหาตัวตน ควบคู่กับการเพิ่มสกิล (Skill) เพื่อรับมือกับยุค Disruption ที่มีการแข่งขันสูงขึ้นเป็นเท่าตัว แต่จากการสำรวจพบว่า 50% ของเด็กไทยสอบตกด้านการอ่าน เพราะไม่สามารถจับใจความและทำความเข้าใจได้ 53.8% ของเด็กไทยสอบตกวิชาคณิตศาสตร์ และไม่สามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน 46.7% ของเด็กไทยสอบตกวิชาวิทยาศาสตร์เพราะไม่สามารถเข้าใจและประยุกต์ใช้ได้ (Parnn, 2019)

เด็ก Gen Z จำเป็นต้องปรับวิธีการเรียนรู้ซึ่งอาจใช้หลัก “4C” เป็นตัวช่วยสำคัญ หลัก 4C ประกอบด้วย C1: C-Competition หมายถึงการปรับตัวให้เคยชินกับการแข่งขันและความไม่แน่นอนในอนาคต C2: C-Copy หมายถึงการเรียนรู้และต่อยอดได้อย่างรวดเร็ว จากพฤติกรรมของคนรอบตัวและสภาพแวดล้อม C3: C-Challenge หมายถึงการทำลายซึ่งมนุษย์ทุกคนชอบทำอะไรที่ค่อนข้างท้าทาย และมีความยากเล็กน้อยแล้วค่อยๆ ขยับให้ยากขึ้นเพื่อท้าทายความสามารถของตัวเอง C4: C-Confirm หมายถึงการค้นหาตัวตนให้เจอการมีอัตลักษณ์เฉพาะตัวหรือสิ่งที่ยากจะเป็นให้ชัดเจนที่สุด เพื่อค้นพบความสำเร็จในรูปแบบของตัวเอง (วลีรัตน์ หาญเมธีคุณา, 2560) นอกจากนี้ “ความคิดสร้างสรรค์” ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เด็ก Gen Z ควรได้ โดยจากผลการศึกษาของอะโดบี (Adobe) เรื่อง “Gen Z in the Classroom: Creating the Future” ซึ่งสำรวจความคิดเห็นของนักเรียน Gen Z จำนวน 250 คน อายุระหว่าง 11-17 ปี และคุณครู 100 คนในประเทศไทย พบว่า นักเรียน 97% และครู 99% เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในอนาคตของนักเรียน โดยนักเรียน 75% เชื่อว่าอาชีพการทำงานในอนาคตจะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และครู 97% เชื่อว่านักเรียนยุค Gen Z จะทำงานในอาชีพใหม่ๆ ที่ไม่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์เข้ามาเกี่ยวข้องค่อนข้างมาก

นอกจากนี้ยังพบว่า เด็ก Gen Z ชอบเรียนวิชาที่เน้นการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเป็นหลัก เพราะมองว่าช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ และช่วยสร้างความพร้อมเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต จะเห็นว่านักเรียนในยุคนี้มีความพร้อมในการเรียนรู้สูงมาก ครูชีววิทยาในยุคนี้จึงต้องให้ความสำคัญในการจัดการห้องเรียนที่สามารถนำเอาเทคโนโลยีมาเสริมในกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ก็ควรนำ EDtech (Education Technology) หรือเทคโนโลยีทางการศึกษามาเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมโยงการเรียนรู้เข้ากับมือถือ การพัฒนาแอปพลิเคชัน การนำเกมเข้ามามีส่วนในการโต้ตอบและสร้างปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน ไปจนถึงการปรับบทเรียนให้มีความเป็นดิจิทัลคอนเทนต์มากขึ้น ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยทั้งด้านการทำงานของครูผู้สอน และการเรียนรู้ของตัวนักเรียนเอง

4. ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาในสถานศึกษา

จากการวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษาทั่วไปในประเทศไทยพบว่า ปัญหาที่พบเห็นบ่อยๆและมีสภาพใกล้เคียงกันในทุกๆกลุ่มวิชาแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านผู้เรียน ด้านผู้สอน ด้านกิจกรรมการสอน โดยมีรายละเอียดของปัญหาที่รวบรวมไว้ในแต่ละด้านดังนี้

ด้านผู้เรียน พบว่าผู้เรียนขาดแรงจูงใจขาดความกระตือรือร้นในการเรียน , มีพื้นฐานครอบครัวที่ขาดความพร้อมขาดความเอาใจใส่ , ขาดการคิดวิเคราะห์ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น , มีพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างมีปัญหาในการอ่าน เขียนและสื่อสาร , มีจำนวนผู้เรียนต่อห้องมากเกินไป , ผู้เรียนมุ่งเน้นการเข้าสิ่งบันเทิง เกม หรือการเข้าสังคมการพูดคุยมากกว่าจะเข้าสู่ด้านการเรียนรู้ , ใช้เครื่องมือในการสืบค้นข้อมูลไม่ถูกต้องและเหมาะสม ขาดการปลูกฝังเป็นสังคมแห่งนักอ่านและที่ผู้เขียนเห็นว่าเป็นปัญหาสำคัญด้านผู้เรียนคือส่วนใหญ่ต้องการเรียนรู้จากการบอกของครู มากกว่าการศึกษาและค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยสังเกตจากการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของผู้เขียนเองซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ณพัชร บัวฉวน และคณะ, 2559) ที่ได้สัมภาษณ์และให้ข้อมูลไว้ว่า “ผู้เรียนไม่ต้องการจะหาความรู้เรื่องที่เรียน ไม่ชอบที่จะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ต้องการให้ครูบอกคำตอบ”

ด้านผู้สอน พบว่าผู้สอนขาดเทคนิควิธีการสอนที่ถูกต้องเหมาะสม ทันสมัย , ผู้สอนมีภาระงานอื่นมากเกินไปทำให้งานสอนด้อยประสิทธิภาพลง , ผู้สอนขาดทักษะด้าน IT , ผู้สอนปฏิเสธการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพราะกลัวว่าเมื่อสื่อเข้ามาแทนที่ตัวเองจะสูญเสียความสำคัญไป , ผู้สอนไม่สร้างความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นให้กับผู้เรียนใช้คำถามที่ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนคิดส่วนใหญ่เป็นคำถามที่เกิดจากความรู้ความจำของผู้เรียน และสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้สอนคือผู้สอนต้องทำความเข้าใจเนื้อหาสาระเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตรให้เข้าใจก่อนดำเนินการเรียนการสอน และหาสื่อหรือนวัตกรรมใหม่ๆมาใช้ในการสอน

ด้านกิจกรรมการสอน พบว่าครูเป็นผู้บอกกล่าวความรู้ให้กับผู้เรียนมากกว่าที่ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง การสอนเป็นการบรรยายตามเอกสารโดยไม่มีการจัดกิจกรรมต่างที่กระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ(ณพัชร, 2559) ว่าครูต้องจัดกิจกรรมการสอน

ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยใช้รูปแบบการจัดการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบต่างๆรวมทั้งจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาให้สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน

จากการวิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษาในประเทศไทยจากงานวิจัยและบทความต่างๆ รวมถึงสิ่งที่ผู้เขียนพบในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาของผู้เขียนเอง คิดว่าปัจจัยหลักที่พบส่วนใหญ่ในส่วนของผู้เรียนคือการใช้สังคมออนไลน์มากเกินไป ทำให้ผู้เรียนแบ่งเวลาในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมน้อยลง ส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะพื้นฐานต่างๆในการจัดระบบการเรียนรู้และต่อเนื่องไปจนถึงการขาดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในส่วนของผู้สอนพบว่าปัจจัยหลักที่พบคือผู้สอนไม่มีเทคนิควิธีสอนที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ขาดความรู้ด้าน IT ที่จะนำมาพัฒนาสื่อการสอนรูปแบบใหม่ให้สนองต่อกระบวนการเรียนรู้ภายใต้ยุคสังคมสารสนเทศ

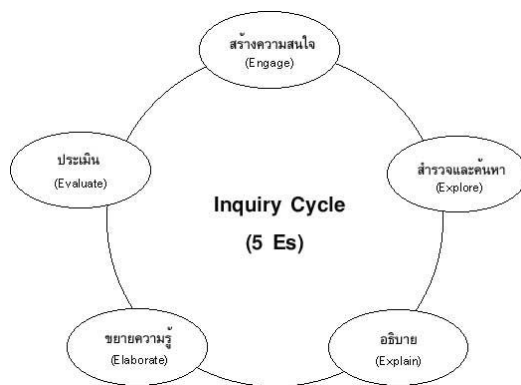
5. แนวการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาในศตวรรษที่ 21

ในบทความนี้ผู้เขียนมีความตั้งใจที่จะนำเสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาที่ได้รวบรวมและวิเคราะห์จากงานวิจัยว่าสามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ที่จะนำเสนอไว้ 5 รูปแบบได้แก่

- 5.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry 5E)
- 5.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS)
- 5.3 การจัดการเรียนรู้แบบการใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning)
- 5.4 การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)
- 5.5 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)

5.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry 5E)

การสอนชีววิทยาในบางเนื้อหา ผู้สอนสามารถสร้างความท้าทายและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจโดยใช้สถานการณ์ในปัจจุบันและแนะนำวิธีการสืบค้นหาข้อมูลที่หลากหลายโดยใช้สื่อสารสนเทศมาเป็นแรงเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ดังที่นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้นำวิธีการสอนแบบ Inquiry มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรชีววิทยา โดยเสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอน เรียกว่า การเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle หรือ 5Es ได้แก่ Engage Explore Explain Elaborate และ Evaluate ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รูปแบบการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es) (สสวท., 2561)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สาขาชีววิทยา ได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่จะสามารถพัฒนากระบวนการคิดระดับสูงของผู้เรียน จึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es) จากต้นแบบของนักการศึกษา BSCs ขึ้นและนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยามีขอบข่ายรายละเอียด 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นของการนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งอาจเกิดจากข้อสงสัยของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการพูดคุยกันในประเด็นที่กำลังเป็นที่น่าสนใจในขณะนั้น หรืออาจเป็นเรื่องราวที่เคยเรียนมาในช่วงที่แล้วมาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม และกำหนดหัวข้อที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจะสร้างกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ทำทนายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย อยากรู้ อยากเห็น หรือเกิดความขัดแย้งในความคิดของตนเองเพื่อนำไปสู่ประเด็นที่ต้องการแก้ปัญหา หรือหาข้อมูลเพิ่มเติม แต่ครูต้องไม่บังคับให้นักเรียนยอมรับในประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะให้นักเรียนไปทำการศึกษา ซึ่งครูอาจใช้วิธีกระตุ้นที่หลากหลาย เช่น การสาธิต การนำเสนอข้อมูล การเล่าเรื่อง/เหตุการณ์ การให้ค้นคว้า/อ่านเรื่อง การอภิปราย/พูดคุยสนทนา การใช้เกม เพื่อสร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องดำเนินการทำกิจกรรมเพื่อตอบข้อสงสัยในประเด็นที่ได้กำหนดเอาไว้ โดยการสำรวจ ทดลอง สืบค้น และรวบรวมข้อมูลที่คิดว่าจะเป็นคำตอบของปัญหา ทำการวางแผนเพื่อกำหนดกรอบในการดำเนินกิจกรรม หรือออกแบบการทดลองเพื่อลงมาปฏิบัติ เช่น การสังเกตสิ่งที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่จะศึกษา การสำรวจ การสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาประกอบการอธิบายจากแหล่งข้อมูลต่างๆ การลงมือทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบเอาไว้ เป็นต้น 3. ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ การสืบค้น การทำการทดลอง มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผลและอภิปรายผล พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นกราฟ ภาพวาด ตาราง แผนผัง หรือสื่อผสมในรูปแบบต่างๆ ว่าข้อมูลนั้นสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ มีการลงข้อสรุปที่ถูกต้องเชื่อถือได้ โดยมีการอ้างอิงเอกสารและหลักฐานชัดเจน

4. ขยายความรู้ (Elaborate) ในขั้นนี้ครูอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น มีการขยายกรอบความคิดที่กว้างขึ้นหรือมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ ความรู้ใหม่หรือมีการนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลหรือทดลอง เพิ่มขึ้น ครูอาจตั้งประเด็นอื่นที่ เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษาอยู่เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม ให้มากขึ้น มีการซักถามนักเรียนให้เกิดความชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยง ความรู้ที่ได้กับความรู้เดิม และนักเรียนสามารถอธิบายความรู้เพิ่มเติมพร้อมทั้งยกสถานการณ์ ตัวอย่าง อธิบายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบและลึกซึ้งยิ่งขึ้นประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่อง อื่นหรือสถานการณ์อื่นๆ หรือสร้างคำถามใหม่และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อ นำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluate) ขั้นนี้นักเรียนต้องระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและ ผลผลิต ตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้ เช่น มีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน มี การอภิปรายเพื่อประเมินปรับปรุง ถ้ายังมีปัญหาให้ศึกษาสืบค้นและทบทวนใหม่อีกครั้ง จะเห็น ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es) ในแต่ละขั้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน การสอน ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ครูเป็นเพียงผู้แนะนำเพื่อให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์เท่านั้น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

5.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ของ Yuenyong (2006)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ของ Yuenyong (2006) (โชคชัย ยืนยง, 2550) ประกอบไปด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issue stage) เป็นการระบุ ประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ขั้นนี้ครูจำเป็นต้องกระตุ้นให้ นักเรียนตระหนักถึงประเด็นทางสังคม เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และชวนซึ่งว่า ตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยหาคำตอบในประเด็นนั้น ๆ เพื่อเป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียน ตระหนักถึงประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อหาคำตอบประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในขั้นนี้ ครูอาจจะนำเสนอสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ในท้องถิ่น ในสื่อสารมวลชน การสำรวจประเด็นทางสังคมในสถานที่จริง นำเสนอผลิตภัณฑ์ของเทคโนโลยี เป็นต้น

2. ขั้นระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ (Identification of potential solution stage) เป็นการให้นักเรียนได้ตรวจสอบศักยภาพของตนเองในการที่จะหาคำตอบของ ประเด็นทางสังคมนั้น ๆ จากที่นักเรียนรับรู้ประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนการหาคำตอบของปัญหา โดยนักเรียนจะตรวจสอบ ศักยภาพของตนเอง ด้วยการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และวางแผนหาความรู้เพิ่มเติมที่จะ สนับสนุนให้นักเรียนหาคำตอบได้

3. ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) ขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้ วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ดังนั้นในขั้นนี้จึงเปิดโอกาสให้ครูได้จัดการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการทดลองและสืบเสาะหาความรู้ เพื่อเป็นฐานข้อมูลที่ดี เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการหาคำตอบของประเด็นทางสังคม

4. ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision – making stage) ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่เรียนมาเพื่อทบทวนแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในแนวทางใด กล่าวคือ นักเรียนได้รวบรวมความรู้วิทยาศาสตร์และศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อจะออกแบบแนวทางการหาคำตอบ โดยการสร้างตัวแบบ ระบบ โครงสร้าง หรือแนวคิดต่าง ๆ เพื่อจะนำไปใช้ได้จริงในสังคม โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงแนวทางนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่ มีผลดีผลเสียอย่างไรสำหรับท้องถิ่นตน

5. ขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage) กระบวนการทางสังคมสะท้อนให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของตน ที่แสดงมาเพื่อแก้ไขปัญหานั้น จากการนำเสนอ หรือกระทำสิ่งที่ออกแบบไว้ในขั้นทำการตัดสินใจในสังคม เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิด หรือตรวจสอบแนวคิดของตนเองให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยขั้นนี้นักเรียนอาจนำเสนอแนวคิดต่อสังคม โดยเขียนจดหมายถึงผู้นำท้องถิ่นเกี่ยวกับประเด็นสังคมต่าง ๆ ตั้งกระทู้แนวทางหาคำตอบในเวบบอร์ด บทบาทสมมุติ โครงการงานวิทยาศาสตร์ จัดนิทรรศการหรือจัดกิจกรรมโครงการรณรงค์ต่าง ๆ และพร้อมกันรับฟังความคิดจากผู้เข้าร่วมโครงการ

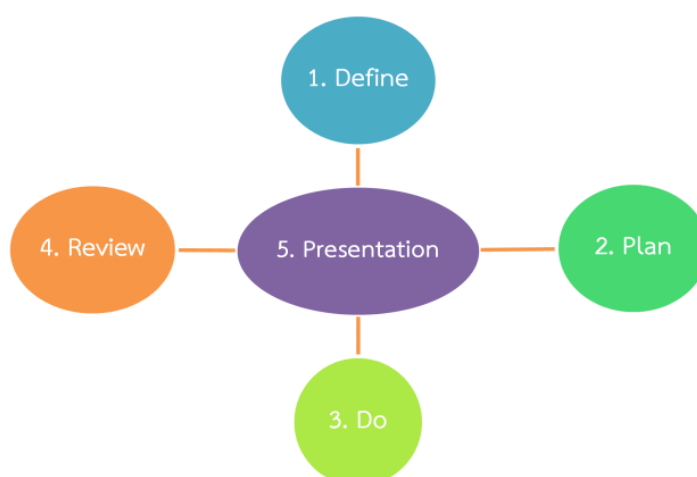
รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบนี้ เป็นการเปิดประเด็นในปัญหาที่ผู้เรียนพบเจอในชีวิตประจำวันนำมาอภิปรายเพื่อตัดสินใจหรือลงความเห็นว่ามีวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนเห็นว่าดีที่สุดและสามารถนำไปใช้ประโยชน์จริง ๆ นั้นคือวิธีการใด ซึ่งนักเรียน Gen Z ที่ต้องเผชิญท้าทายต่าง ๆ ในสังคมศตวรรษที่ 21 โดยจะเห็นได้จากการศึกษาของ Wongsila and Yuenyong (2019) ที่รายงานผลการพัฒนาทักษะการคิดที่จำเป็นในการแก้ปัญหาคำถามท้าทายนักเรียน ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวกับพันธุกรรมและ DNA โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ของ Yuenyong (2006)

5.3 การจัดการเรียนรู้แบบการใช้โครงงานเป็นฐาน (Project base Learning)

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ การฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงานและได้ผลการจัดกิจกรรมเป็นผลงานแบบรูปธรรม (ดุขฎิ โยเหลาและคณะ, 2557) การเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจมากในปัจจุบัน McDonell (2007) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นรูปแบบหนึ่งของ Child- centered Approach ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานตามระดับทักษะที่ตนเองมีอยู่ เป็นเรื่องที่สนใจและรู้สึกสบายใจที่จะทำ นักเรียนได้รับสิทธิในการเลือกที่จะตั้งคำถามอะไร และต้องการผลผลิตอะไรจากการทำงานชิ้นนี้ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนอุปกรณ์และจัดประสบการณ์ให้แก่ นักเรียน สนับสนุนการแก้ปัญหา และสร้างแรงจูงใจให้แก่ นักเรียน โดยลักษณะของการเรียนรู้แบบโครงงาน มีดังนี้

- นักเรียนกำหนดการเรียนรู้ของตนเอง
- เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สิ่งแวดล้อมจริง
- มีฐานจากการวิจัย หรือ องค์ความรู้ที่เคยมี
- ใช้แหล่งข้อมูล หลายแหล่ง
- ผังตรึงด้วยความรู้และทักษะบางอย่าง (embedded with knowledge and skills)
- ใช้เวลามากพอในการสร้างผลงาน
- มีผลผลิต

การเรียนรู้แบบโครงงานนั้น มีแนวคิดสอดคล้องกับ John Dewey เรื่อง “Learning by doing” ซึ่งได้กล่าวว่า “Education is a process of living and not a preparation for future living.” (Efstratia, 2014) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ชีวิต ในระหว่างเรียน ได้พัฒนาทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่ไปสอดคล้องกับหลักพัฒนาการคิดของ Bloom การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานนั้นจึงเป็นเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ถือได้ว่าเป็น การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือทำเองผ่านทักษะกระบวนการ ต่างๆ โดยมีครูเป็นผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ดังนั้นครูจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ และมีความแม่นยำในเนื้อหาพร้อมอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนขณะที่ทำกิจกรรม โดยการ จัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานนี้ มีขั้นตอนแตกต่างกันไปบ้างซึ่งในบทความนี้ขอเสนอ แนวคิดที่ถูกพิจารณาแล้วว่าเหมาะสมกับบริบทของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา คือ การจัดการ เรียนรู้ตามโมเดลจักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL ของ วิจารย์ พานิช ที่มีความเชื่อว่า หาก ต้องการให้การเรียนรู้มีพลังและฝังอยู่ในตัวผู้เรียนได้ ต้องเป็นการเรียนรู้ที่เรียนโดยการลงมือทำ เป็นโครงการ (Project) ร่วมมือกันทำเป็นทีม และทำกับปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง ซึ่งส่วนของวง ล้อแต่ละชิ้น ได้แก่ Define, Plan, Do, Review และ Presentation ตามภาพที่ 3



ภาพ 3 โมเดล จักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL (วิจารย์ พานิช, 2555)

1. Define คือ ขั้นตอนการทำให้สมาชิกของทีมงานรวมทั้งครูด้วยมีความชัดเจนร่วมกันว่า คำถาม ปัญหา ประเด็น ความท้าทายของโครงการคืออะไร ปัญหานี้ทำให้เกิดการเรียนรู้อะไร

2. Plan คือ การวางแผนการทำงานในโครงการโดยครูก็ต้องวางแผนร่วมกับนักเรียน กำหนดแผนการทำงาน ครูทำหน้าที่เป็นโค้ช เตรียมอุปกรณ์ต่างไว้อำนวยความสะดวกในการทำโครงการของผู้เรียน และที่สำคัญ เตรียมคำถามไว้ถามทีมงานเพื่อกระตุ้นให้คิดถึงประเด็นสำคัญ บางประเด็นที่ผู้เรียนมองข้าม โดยถือหลักว่าครูต้องไม่เข้าไปช่วยเหลือจนทีมงานขาดโอกาสคิดเองแก้ปัญหาเอง ผู้เรียนที่เป็นทีมงานก็ต้องวางแผนงานของตน แบ่งหน้าที่รับผิดชอบ การประชุมพบปะพูดคุยกันระหว่างทีมงาน มีการแลกเปลี่ยนข้อค้นพบใหม่ๆ แลกเปลี่ยนคำถาม แลกเปลี่ยนวิธีการ ยิ่งทำความเข้าใจร่วมกันไว้ชัดเจนเพียงใด งานในขั้น Do ก็จะสามารถเลื่อนไหลดีเพียงนั้น

3. Do คือ การลงมือทำ เมื่อมีการลงมือทำมักจะพบปัญหาที่ไม่คาดคิดเสมอ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทักษะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสืบค้นข้อมูล ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ทักษะการจัดการความขัดแย้ง ทักษะในการทำงานภายใต้ทรัพยากรจำกัด ทักษะในการค้นหาความรู้เพิ่มเติม ทักษะในการทำงานในสภาพที่ทีมงานมีความแตกต่างหลากหลาย ทักษะการทำงานในสภาพกดดัน ทักษะในการบันทึกผลงาน ทักษะในการวิเคราะห์ผลและแลกเปลี่ยนข้อวิเคราะหกับเพื่อนร่วมทีม เป็นต้น ในขั้นตอนนี้ ครูและผู้เรียนจะได้มีโอกาสสังเกต ทำความรู้จักและเข้าใจผู้เรียนเป็นรายคน

4. Review คือ การทบทวนการเรียนรู้ที่ไม่ใช่แค่ทบทวนว่า โครงการได้ผลตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ แต่จะต้องทบทวนว่างานหรือกิจกรรมแต่ละขั้นตอนได้ให้บทเรียนอะไรบ้าง โดยเอาทั้งขั้นตอนที่ประสบความสำเร็จและขั้นตอนที่ล้มเหลวมาทำความเข้าใจ และวางแผนวิธีทำงานใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสมรวมทั้งเอาเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันหรือเหตุการณ์ที่ภาคภูมิใจ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ขั้นตอนนี้เป็นการเรียนรู้แบบทบทวนไตร่ตรอง (reflection)

5. Presentation คือ การนำเสนอโครงการต่อหน้าชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ทำให้การเรียนรู้ต่อเนื่องกับขั้นตอน Review ทำให้เกิดการทบทวนขั้นตอนของงานและการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเข้มข้น แล้วเอามานำเสนอในรูปแบบที่เราใจ ให้อารมณ์และให้ความรู้ ทีมงานของผู้เรียนอาจสร้างนวัตกรรมในการนำเสนอก็ได้ เช่น ทำเป็นรูปเล่มรายงาน และนำเสนอด้วยสื่อดิจิทัล การจัดนิทรรศการ หรือนำเสนอเป็นละคร เป็นต้น

5.4 การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)

การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางการสอนที่เน้นใช้สถานการณ์ปัญหา(Problem Situations) ปัญหาเชิงกระบวนการ(Process Problems) และปัญหาที่ค้นคว้าได้อย่างเปิดและวัตถุประสงค์ของการสอนของชั้นเรียนของตนให้ถ่องแท้ วิธีสอนแบบเปิดที่เราใช้จึงขึ้นอยู่กับปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นด้านหลัก โดยปัญหาที่ว่านี้รวมถึงสถานการณ์ปัญหา ปัญหาเชิงกระบวนการ ปัญหาปลายเปิด และขั้นตอนการดำเนินการ (Procedures) ของปัญหาเหล่านี้ รวมทั้งเงื่อนไขและวัตถุประสงค์ของชั้นเรียนนั้นด้วย (Nohda , 1991; Woranetsudathip, N. and Yuenyong, 2015)

นภาพร วรเนตรสุดาทิพย์ (2020) ได้นิยามความหมายของปัญหา ดังนี้ “ ปัญหาเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนต้องทำงานชิ้นหนึ่ง ซึ่งปกติครูจะเป็นผู้กำหนดให้ และเมื่อเจอแล้วสำหรับนักเรียนคนนั้นยังไม่มีแนวทางที่กำหนดไว้ก่อนว่าจะแก้ปัญหานั้นอย่างไร” โดยทั่วไปเราจะถือว่ายังไม่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนคนใดคนหนึ่ง ถ้าหากว่าเขาสามารถแก้ปัญหานั้นได้ทันทีทันใด สำหรับการศึกษาครั้งนี้ผู้เขียนใช้ความหมายของปัญหาดังที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้ การนำปัญหาไปใช้ขึ้นอยู่กับความตั้งใจของครูเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของเขาตั้งในแง่มุมมองต่อไปนี้

ก) ปัญหาแบบใดที่ครูต้องการให้นักเรียนกำหนดขึ้น (Formulate) จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

ข) มีแนวทางการคิดหลากหลายเพียงใดที่ครูต้องการให้นักเรียนคิดออกให้ได้จากปัญหาที่กำหนดให้

ค) ปัญหาในระดับที่สูงขึ้นชนิดที่ครูต้องการให้นักเรียนสร้างจากปัญหาเดิมที่กำหนดให้

ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมโดยใช้ปัญหาปลายเปิดมี 3 ขั้นตอน (Woranetsudathip, Yuenyong, and Nguyen, 2021) คือ

1. กำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอปัญหาให้นักเรียนได้เผชิญ โดยครูไม่ได้แนะวิธีการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ซึ่งลักษณะของปัญหาอยู่ในรูปของสถานการณ์ เช่น การเล่นเกมปัญหานั้น ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ซึ่งวิธีการแก้ปัญหานั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของครูตั้งใจจะกำหนดปัญหาว่ปัญหาที่ครูต้องการให้นักเรียนได้แก้ไขสถานการณ์ที่กำหนดเป็นปัญหาชนิดใด ซึ่งชนิดของปัญหาปลายเปิด มี 3 ชนิด คือ 1) กระบวนการเปิด คือวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องหลายทาง 2) ผลลัพธ์เปิด คือมีคำตอบถูกหลายคำตอบ 3) แนวทางการพัฒนาเปิดคือ สามารถที่จะพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ได้ หลากหลายโดยการเปลี่ยนเงื่อนไขหรือคุณลักษณะ หรือวิธีคิดที่ครูต้องการให้นักเรียนนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหามีวิธีและปัญหาที่ครูต้องการให้นักเรียนสร้างขึ้นจากปัญหาเดิมเป็นปัญหาประเภทใด

2. แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนด้วยวิธีการที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยนักเรียนแต่ละคนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความสามารถและประสบการณ์ของแต่ละคน และครูกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายถึงความเกี่ยวข้องของแต่ละวิธีและนำมาบูรณาการเข้าด้วยกัน

3. ขยายปัญหาเป็นขั้นตอนการขยายปัญหาใหม่ โดยอาศัยฐานจากปัญหาเดิมและพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหา

จากการที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่สร้างขึ้นให้มีคำตอบที่เปิดกว้างคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ หรือวิธีการหรือแนวทางการหาคำตอบได้หลายวิธี นักเรียนที่มีความสามารถที่ต่างกันจะสามารถตอบสนองต่อปัญหาได้ในแนวทางที่ต่างกัน โดยประโยชน์ของการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ที่รายงานของ นภาพร วรเนตรสุดาทิพย์ (2020) และ Woranetsudathip (2021) มีประเด็นที่น่าจะใช้เป็นแนวปฏิบัติในชั้นเรียนอื่นๆ ดังนี้

1. นักเรียนจะได้คิดวิเคราะห์ช่วยส่งเสริมทักษะการคิดได้ดี เพราะกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจะกระตุ้นการคิดของนักเรียนตลอดเวลา

2. ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลทั้งด้านความรู้ ความสนใจ วิธีการคิด เนื่องจากนักเรียนทุกคนจะมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมนี้ ตามความสามารถของนักเรียนแต่ละคน แม้กระทั่งนักเรียนที่เรียนอ่อนได้สนุกสนานกับปัญหาปลายเปิดนี้
3. ช่วยพัฒนาทักษะด้านต่างๆ เช่น ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ทักษะการตัดสินใจ ทักษะการอภิปรายในขณะดำเนินกิจกรรม
4. ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ที่เกิดจากความต้องการหรือความสงสัยที่เกิดจากตนเอง เพราะกระบวนการการเปิดนั้นเริ่มมีปัญห
5. เป็นการฝึกทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองจากการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ และการฝึกคิดหาปัญหาที่จะต่อยอดเพื่อความกระจำชัดในคำตอบ
6. ส่งเสริมให้ครูมีความกระตือรือร้นในการเรียนการสอน โดยเฉพาะการคิดหาประเด็นปัญหากิจกรรมการเรียนการสอน
7. ส่งเสริมการคิดของนักเรียน และครูผู้สอนต่างมีภาระในการคิดเพื่อการเรียนรู้ตนเอง ในสถานะที่แตกต่างกัน
8. เป็นการบูรณาการเนื้อหา และทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างกลมกลืน
9. ทำให้การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เป็นไปได้ง่ายขึ้น ไม่ต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ที่เป็นกรอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ใช้เพียงกรอบด้านสาระการเรียนรู้ในการจัดกระบวนการเรียนการสอน

5.5 การจัดการเรียนสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็มศึกษา คือ เป็นแนวทางการจัดการเรียนที่เน้นพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาวิชาต่างๆ ด้วยการนำความรู้ไปปฏิบัติใช้เพื่อหาคำตอบให้กับสถานการณ์ปัญหาต่างๆ ในชีวิตจริง ดังนั้น ความรู้ที่จำเป็นในการสอนนักเรียนจึงเป็นการบูรณาการความรู้ต่างๆ หลากหลาย แต่ความรู้ที่สำคัญในการบูรณาการมี 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ดังนั้น คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (Moore et.al., 2015; Yuenyong, 2019)

จากการที่สะเต็มศึกษาเน้นการปฏิบัติความรู้สำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ครูจึงจำเป็นต้องฝึกให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหา หรือที่เรียกว่า ทักษะในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อย่างไรก็ตาม ทักษะทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหา เหล่านี้ มีหลากหลายมากมายขึ้นอยู่กับตัวผู้เรียนและบริบท โดยแต่ละคนอาจจะต้องทักษะที่จำเป็นไม่เหมือนกัน บางทีนักเรียนอาจจะได้ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ด้วยการใช้ทักษะที่แตกต่างกัน ดังนั้น ทักษะเหล่านี้จึงเรียกรวมๆ ว่า soft skills เพื่อจะจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหา มโนคติตามหลักสูตร การปฏิบัติความรู้เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และการพัฒนา soft skills การจัดการเรียนจึงต้องการสอนที่เน้นการปฏิบัติในลักษณะของการใช้กระบวนการทางเทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม หรือ กระบวนการอื่นๆ ที่ให้แนวทางการปฏิบัติ (Sohsomboon and Yuenyong, 2021; Sutaphan and Yuenyong,

2019). ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำ ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎ เหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและ การหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการ กับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะสำคัญดังนี้ เช่น 1) เป็น การสอนที่เน้นการบูรณาการ 2) เน้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3) เน้นการจัดการ เรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน 4) เน้นการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม หรือ กระบวนการอื่นๆ ที่ให้แนวทางการปฏิบัติ 5) ช่วยนักเรียน สร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ 6) เน้นการ พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 6) ทำทลายความคิดของนักเรียน และ 6) เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับการบูรณาการสหวิทยาการ (Sutaphan and Yuenyong, 2019)

สำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีการประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนไทยและ ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ สะเต็มศึกษาการสืบเสาะในบริบทเป็นฐาน (Duc, et.al., 2019; Mordeno, et.al., 2019; Fachrunnisa et.al., 2021) แนวทางการจัดการเรียนรู้สะ เต็มศึกษาการสืบเสาะในบริบทเป็นฐาน ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Sutaphan and Yuenyong (2019) ได้เสนอกรอบแนวคิดของแนวทางการสอนสะเต็มศึกษาว่าเป็นเรื่องเกี่ยวกับการ เสริมสร้างนักเรียนให้สามารถบูรณาการการใช้วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี และความรู้อื่น ๆ เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาหรือสร้างผลิตภัณฑ์ผ่านการสืบเสาะในบริบทเป็นฐาน โดยแนวทางการสอนการสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น จะเริ่มจากประเด็นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจึงทำให้กิจกรรมการเรียนรู้สามารถสร้าง สมดุลในการแก้ปัญหาภายใต้แนวคิดของเทคโนโลยีและวิศวกรรม ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้ จะต้องจัดให้มีกิจกรรมเกี่ยวกับความรู้ขั้นตอนทางเทคโนโลยี ซึ่งนักเรียนจะรับรู้เกี่ยวกับการ ออกแบบ การสร้างแบบจำลอง การแก้ปัญหา ระบบแนวทาง การวางแผนโครงการ การประกัน คุณภาพและการเพิ่มประสิทธิภาพในระหว่างการพัฒนาต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์โดยเสนอกรอบ ทฤษฎีของแนวทางการสอนสะเต็มศึกษาการสืบเสาะในบริบทเป็นฐานได้ดัดแปลงมาจากการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ สังคมและเทคโนโลยี (Yuenyong, 2006) 5 ขั้นตอน โดย เพิ่มเป็น 7 ขั้นตอน (Sutaphan & Yuenyong, 2019) ดังนี้

(1) ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issue stage) เป็นการระบุ ประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขั้นนี้ผู้สอนจำเป็นต้องกระตุ้นให้ นักเรียนตระหนักถึงประเด็นทางสังคม เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและชาวซึ่งว่าตน มีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยหาคำตอบในประเด็นนั้น ๆ เพื่อเป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียน ตระหนักถึงประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อหาคำตอบประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในขั้นนี้ ผู้สอนอาจจะนำเสนอประเด็นทางสังคมอาจเกี่ยวข้อง กับปัญหาในท้องถิ่นตามบริบทหรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางสังคม วัฒนธรรมและเทคโนโลยี ปัญหาอาจรวมถึงภัยพิบัติ (เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว สึนามิ ฯลฯ) มลพิษปัญหาสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีชีวภาพสุขภาพเครื่องสำอาง ระบบนิเวศ พลังงานหรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ หรืออาจมีการนำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

(2) ขั้นระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ (Identification of potential solution stage) เป็นการให้นักเรียนได้ตรวจสอบศักยภาพของตนเองในการที่จะหาคำตอบของประเด็นทางสังคมนั้น ๆ จากที่นักเรียนรับรู้ประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนการหาคำตอบของปัญหา โดยนักเรียนจะตรวจสอบศักยภาพของตนเอง ด้วยการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และวางแผนหาความรู้เพิ่มเติมที่จะสนับสนุนให้นักเรียนหาคำตอบได้ กิจกรรมการเรียนรู้อาจกระตุ้นให้นักเรียนชี้แจงสิ่งที่พวกเขามุ่งเน้นไปที่การผสมผสานความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อออกแบบต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ (นวัตกรรม) เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตของเรา จากนั้นนักเรียนควรมีส่วนร่วมในการเสนอว่าจะต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความรู้ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อะไรบ้าง ในขั้นต้องการความรู้

(3) ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) ขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ดังนั้น ในขั้นนี้จึงเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับประเภทของความรู้ที่ได้รับการยกระดับการระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นักเรียนควรมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ตามความจำเป็นในการตัดสินใจหาวิธีการ ทางเลือกและแนวทางแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

(4) ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision – making stage) ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่เรียนมาเพื่อทบทวนแนวทางแก้ไขปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในแนวทางใด กล่าวคือ นักเรียนได้รวบรวมความรู้วิทยาศาสตร์และศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อจะออกแบบแนวทางการหาคำตอบ โดยการสร้างตัวแบบ สร้างผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีหรือแนวคิดต่าง ๆ เพื่อจะนำไปใช้ได้จริงในสังคม โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงแนวทางนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่ มีผลดีหรือผลเสียอย่างไรสำหรับท้องถิ่น ขั้นตอนการตัดสินใจได้รับการออกแบบให้นักเรียนใช้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ความรู้และอื่น ๆ เพื่อการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นักเรียนต้องเลือกระหว่างทางเลือกอื่นของการแก้ปัญหาโดยเปรียบเทียบข้อเสนอแนะและข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบให้ได้มากที่สุด จากนั้นนักเรียนจะต้องทำการร่างแบบหรือสร้างแบบขึ้น

(5) ขั้นพัฒนาต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ (Development of prototype or product stage) ขั้นนี้นักเรียนจะได้ลงมือพัฒนาต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ตามแนวทางที่นักเรียนได้ออกแบบและทำการตัดสินใจไว้ ผู้สอนจำเป็นต้องมอบหมายกิจกรรมเกี่ยวกับการออกแบบทางวิศวกรรมให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ที่จำเป็น และใช้ทักษะ soft skills ที่เหมาะสมกับตัวนักเรียน สำหรับการแก้ปัญหา โดยกรอบแนวคิดของการออกแบบกระบวนการทางวิศวกรรมทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดเชิงเทคโนโลยีและวิศวกรรม นั่นคือ “การรู้จำ (descriptive knowledge) และความรู้ขั้นตอน “การรู้จำ” (procedural knowledge) ด้วยการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ ในระหว่างที่นักเรียนพัฒนาต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์

(6) ขั้นทดสอบและประเมินผลต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ (Test and evaluate the solution) ในขั้นนี้ นักเรียนต้องจัดหาวิธีการวัสดุหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิสูจน์ต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ และนักเรียนจะต้องพัฒนากรอบแนวคิดของพวกเขาวouldทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างไรและทำได้อย่างไร ซึ่งกรอบแนวคิดของการทดสอบและการประเมินผลอาจจะใช้ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ความต้องการของมนุษย์ ธุรกิจและแนวปฏิบัติทางอุตสาหกรรม การบูรณาการความรู้เหล่านี้ในการพัฒนากรอบแนวคิดการทดสอบและประเมินผลตรวจสอบจะช่วยให้นักเรียนได้แน่ใจว่า ต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ "สามารถใช้งานได้หรือไม่" นอกจากนั้น เมื่อนักเรียนได้ดำเนินการทดสอบและประเมินผลต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ ตามกรอบที่กลุ่มของตนวางไว้แล้ว นักเรียนจะต้องวางแผนเตรียมการนำเสนอที่ดีเกี่ยวกับกิจกรรมภาคปฏิบัติหรือการทดลองเพื่อนำเสนอใจครูและเพื่อน ๆ ให้ยอมรับที่จะใช้ต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ นั้นๆ เพื่อทดสอบหรือพิสูจน์ความต้องการของมนุษย์การดำเนินธุรกิจและอุตสาหกรรมก็ได้

(7) ขั้นกระบวนการทางสังคมและผลสำเร็จของการตัดสินใจ (Socialization and completion decision stage) กระบวนการทางสังคมสะท้อนให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของตนที่แสดงมาเพื่อแก้ไขปัญหา นั้น จากการนำเสนอหรือกระทำสิ่งที่ออกแบบไว้ในขั้นทำการตัดสินใจในสังคม เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดหรือ ตรวจสอบแนวคิดของตนเองให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยขั้นนี้นักเรียนอาจนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป กระบวนการทางสังคมและขั้นตอนการตัดสินใจที่เสร็จสมบูรณ์เมื่อสอบถามในตอนท้ายด้วยการให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนการวางแผนการออกแบบและการสร้างนวัตกรรมที่พวกเขาต้องแบ่งปันต้นแบบ หรือผลิตภัณฑ์ (นวัตกรรม) ขั้นตอนนี้ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้มองเห็นคุณค่าและความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา สำหรับการแก้ปัญหา ระหว่างการแบ่งปันในสังคม นักเรียนสะท้อนอะไร แรงมของความรู้สะเต็มศึกษาถูกนำไปใช้ในการออกแบบและจากวิธีการที่ดีที่สุดของนักเรียนที่เป็นไปได้ทำให้เกิดขึ้นและสามารถใช้ในชีวิตจริงได้ ผู้สอนประเมินนักเรียนผ่านความคิดสร้างสรรค์ต่อนักเรียน การวางแผนออกแบบและสร้างนวัตกรรม นำเสนอแนวคิดในการออกแบบและสร้างนำเสนอวิธีการทดสอบและประเมินการแก้ปัญหา และยังนำเสนอว่าต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ (นวัตกรรม) เป็นไปได้ได้อย่างไร อธิบายว่าเป็นของจริง นักเรียนต้องทำอะไรบางอย่างในฐานะคนที่เป็นส่วนหนึ่งของสังคมโดยรายงานข้อเสนอในการแก้ไขปัญหา นักเรียนอาจแสดงวิธีแก้ปัญหาในที่สาธารณะหรือนักเรียนสามารถสื่อสารผลิตภัณฑ์โครงการวิทยาศาสตร์แนวคิดการออกแบบระบบการเสนอหรือความมุ่งมั่นต่อหัวหน้าชุมชนหรือแบ่งปันไปยังโซเชียลมีเดียและหนังสือพิมพ์ จากนั้นนักเรียนต้องรายงานสิ่งที่เรียนรู้จากการตรวจสอบความถูกต้องหรือแบ่งปันข้อเสนอหรือผลิตภัณฑ์ผ่านการขัดเกลาทางสังคมกระบวนการ จากนั้นนักเรียนแบ่งปันสิ่งที่เรียนรู้จากความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ จากนั้นนักเรียนต้องการถูกขอให้เขียนสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้จากการไตร่ตรองเหล่านั้นซึ่งพวกเขาอาจได้รับแนวคิดเพิ่มเติมเพื่อนำกลับมาการออกแบบและการตัดสินใจเสร็จสิ้น

6. บทสรุป

การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาในศตวรรษที่ 21 เป็นความตั้งใจของผู้เขียนในการนำเสนอแนวคิดสำหรับครูผู้สอนชีววิทยาให้ตระหนักถึงการจัดการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และสามารถเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ตามบริบทของผู้เรียนโดยยึดหลักที่ว่าจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 นั้น ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ตามทักษะที่ได้ระบุไว้ คือ 3R 7C เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะในรายวิชาต่างๆที่หลากหลาย โดยควรเน้นการจัดการเรียนการสอนตามทักษะหรือสมรรถนะนำวิธีการและนวัตกรรมการเรียนรู้โดยการบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการคิดวิเคราะห์และทักษะการคิดขั้นสูง และการใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ที่สำคัญ กระตุ้นและสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชนโดยการระดมสรรพกำลังและทรัพยากรการเรียนรู้ในชุมชนมาสนับสนุนการเรียนการสอนบรรยากาศการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนต้องสร้างการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สภาพการณ์จริงที่เกิดขึ้นจริงในสังคมและการสร้างชุมชนการเรียนรู้โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างเพื่อนครูเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของห้องเรียน นำเทคโนโลยีหรืออุปกรณ์การเรียนรู้เข้ามาช่วยในการเรียนการสอน ออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้มีความหลากหลาย สนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านช่องทางการเรียนรู้ที่หลากหลายทั้งในห้องเรียนและการเรียนรู้แบบออนไลน์ สรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 คือ สอนน้อยลงทำให้เรียนรู้ได้มากขึ้น (teach less , learn more) หมายถึง ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายหรือ ครูคอยบอกเล่าให้น้อยลง แต่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้น หรือเป็นการเรียนรู้โดยตรง (Active learning) โดยมุ่งจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองมากที่สุด โดยใช้ทักษะต่างๆในการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ลงมือปฏิบัติ คิด แก้ปัญหา ริเริ่มสร้างสรรค์ ทำงานเป็นกลุ่ม สรุปเป็นความรู้และสามารถนำเสนอได้อย่างเหมาะสม ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความนี้จะประโยชน์ในการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนและผู้เรียนต้องเปลี่ยนบทบาทของตนเองเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป

4. เอกสารอ้างอิง

- โชคชัย ยืนยง. (2550) การใช้แนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (STS approach). วารสารวิชาการ ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2550
- โชคชัย ยืนยง (2561) ยุทธวิธีการจัดการเรียนรู้โมเดลพิสิกส์. ขอนแก่น: โรงพิมพ์ขอนแก่นการพิมพ์
- ณพัฐอร บัวฉวน, นฤมล ยุตาคม, พจนารถ สุวรรณรงค์. (2559). สภาพการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขามนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์.
- ดุขฎิ โยเหลา และ คณษ. (2557). การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน: จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนไทย. กรุงเทพมหานคร : หจก. ทิพย์วิสุทธิ.

- นภาพร วรเนตรสุตาทิพย์ (2020) กิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ปัญหาแบบเปิด เพื่อส่งเสริมการรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน. วารสารสำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 28(2): 1 – 11
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561) BSCS.
<http://biology.ipst.ac.th/?p=688>
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์, 2555. 416 หน้า.
- อุดม คชินทร. (2561). “การเปลี่ยนแปลงของวงการศึกษาในยุคของคนรุ่น Z”. เอกสารประกอบการบรรยายที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย (ทปอ.) งานมหกรรมอุดมศึกษา University Xpo:อุดมศึกษา-พลังขับเคลื่อนประเทศไทย 4.0 (Universities, the driver of Thailand 4.0).
- Duc, NM Linh, NQ and Yuenyong C (2019) Implement of STEM education in Vietnamese high school: unit of acid-base reagent from purple cabbage. Journal of Physics: Conference Series 1340 (1), 012029
- Efstratia, D. (2014). Experiential education through projectbasedlearning. Procedia- SocialandBehavioralSciences,152,1256-1260.
- Fachrunnisa, R Suwono, H Yuenyong, C Sutaphan, S and Praipayom, N (2021) Eco-friendly fashion: A STEM sandpit project in Indonesian senior high school. Journal of Physics: Conference Series 1835 (1), 012046
- Jedaman, P., Buaraphan, K., Yuenyong, C., Suksup, C., and Kraisiwattana, B. (2018). Development strategies for science learning management to transition in the 21st century of Thailand 4.0. AIP Conference Proceedings. 1923, 030073-1 – 030073-5.
- McDonnell, K. (2007). Can 40 seconds of compassion reduce patient anxiety. Journal of Clinical Oncology, 17(1), 371.
- Nohda, N. (1991). Paradigm of the "Open-approach" method in mathematics teaching: Focus on mathematical problem solving. International Reviews on Mathematical Education (= ZDM,) 23 (2), 32-37.
- Mordeno, IC Sabac, AM Roulo, AJ Bendong, HD Buan, A and Yuenyong C (2019) Developing the Garbage Problem in Iligan City STEM Education Lesson Through Team Teaching. Journal of Physics: Conference Series 1340 (1), 012046
- Parnn (2019) <https://urbancreature.co/the-lost-generation/> [19 March 2019]

- Sohsomboon, P and Yuenyong, C. (2021). Strategies for Teacher Utilizing Ethnography as a Way of Seeing for STEAM Education. Journal of Physics: Conference Series 1933 (1), 012080 (SCOPUS)
- Sutaphan, S and Yuenyong, C (2021). Examine pre-service science teachers' existing ideas about STEM education in school setting. Journal of Physics: Conference Series 1835 (1), 012002 (SCOPUS)
- Sutaphan, S. Yuenyong, C. (2019). STEM Education Teaching approach: Inquiry from the Context Based. Journal of Physics: Conference Series, 1340 (1), 012003 (SCOPUS)
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). 21st century skills: Learning for life in our time. San Francisco, John Wiley & Sons.
- Tupsai, J., Yuenyong, C., Taylor, P.C. (2015). Initial implementation of constructivist physics teaching in Thailand: A case of bass pre-service teacher. Mediterranean Journal of Social Sciences, 6(2), 506-513.
- Udomkan, W., Suwannoi, P., Chanpeng, P., Yuenyong, C. (2015). Thai Pre-service Chemistry Teachers' Constructivist Teaching Performances. Mediterranean Journal of Social Sciences, 6(4 S3), 223-232.
- Wongsila, S. and Yuenyong, C. (2019) Enhancing grade 12 students' critical thinking and problem-solving ability in learning of the STS genetics and DNA technology unit. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 7 (2), 215-235
- Woranetsudathip, N. (2021) Examine First Grade Students' Strategies of Solving Open-ended Problems on Addition. Asia Research Network Journal of Education, 1 (1), 15-24
- Woranetsudathip, N. and Yuenyong, C. (2015). Enhancing grade 1 Thai students' learning about mathematical ideas on addition through lesson study and open approach. Mediterranean Journal of Social Sciences, 6(2S1), 28-33.
- Woranetsudathip, N, Yuenyong, C, and Nguyen, TT (2021). The innovative lesson study for enhancing students' mathematical ideas about addition and subtraction through open approach. Journal of Physics: Conference Series, 1835 (1), 012061
- Yuenyong, C. (2019). Lesson learned of building up community of practice for STEM education in Thailand. AIP Conference Proceedings. 2081, 020002-1 – 020002-6. (View online: <https://doi.org/10.1063/1.5093997>)
- Yuenyong, C. and Thathong, K. (2015). Physics teachers' constructing knowledge base for physics teaching regarding constructivism in Thai contexts. Mediterranean Journal of Social Sciences, 6(2), 546-553.